



ใบรับรองวิทยานิพนธ์  
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต (เทคโนโลยีและการจัดการสิ่งแวดล้อม)

ปริญญา

เทคโนโลยีและการจัดการสิ่งแวดล้อม

วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม

สาขา

ภาควิชา

เรื่อง ปัจจัยการปล่อยสารมลพิษในอากาศจากรถยนต์ที่ใช้เครื่องยนต์เบนซิน และรถยนต์ขนาดเล็กที่ใช้เครื่องยนต์ดีเซล

Air Pollutants Emission Factor from Light Duty Gasoline and Light Duty Diesel Vehicles

นามผู้วิจัย นายเทอดศักดิ์ เพชรเปล่งสี

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

( อาจารย์จตุติมา รุ่งรัตนอุบล, วท.ค. )

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

( อาจารย์ธีรเวช ทิพย์สีแสง, วท.ค. )

หัวหน้าภาควิชา

( ผู้ช่วยศาสตราจารย์จักรกฤษณ์ มหัจฉริยวงศ์, Ph.D. )

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

( รองศาสตราจารย์กัญญา ธีระกุล, D.Agr. )

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ ..... เดือน ..... พ.ศ. ....

สืบสิงห์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

ปัจจัยการปล่อยสารมลพิษในอากาศจากรถยนต์  
ที่ใช้เครื่องยนต์เบนซิน และรถยนต์ขนาดเล็กที่ใช้เครื่องยนต์ดีเซล

Air Pollutants Emission Factor  
from Light Duty Gasoline and Light Duty Diesel Vehicles

โดย

นายเทอดศักดิ์ เพชรเปล่งสี

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์  
เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (เทคโนโลยีและการจัดการสิ่งแวดล้อม)

พ.ศ. 2553

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เทอดศักดิ์ เพชรเปล่งสี 2553: ปัจจัยการปล่อยสารมลพิษในอากาศจากรถยนต์ที่ใช้  
เครื่องยนต์เบนซินและรถยนต์ขนาดเล็กที่ใช้เครื่องยนต์ดีเซล ปรินญาวิทยาศาสตร์  
มหาบัณฑิต (เทคโนโลยีและการจัดการสิ่งแวดล้อม) สาขาวิชาเทคโนโลยีและการจัดการ  
สิ่งแวดล้อม ภาควิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก:  
อาจารย์ฐิติมา รุ่งรัตนอุบล, วท.ค. 155 หน้า

งานศึกษานี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาอัตราการระบายสารมลพิษในอากาศ (Emission  
Factor: EF) และอัตราการใช้เชื้อเพลิง (Fuel Consumption: FC) ของรถยนต์ โดยรถยนต์ตัวอย่าง  
จะถูกทดสอบบน Chassis Dynamometer ทำการเก็บตัวอย่างแบบปริมาตรคงที่ (Constant Volume  
Sampling: CVS) จากปลายท่อไอเสีย ขณะรถยนต์ขับเคลื่อนที่ระดับความเร็วและความเร่งที่  
แตกต่างกัน โดยใช้วัฏจักรรูปแบบการขับจี้กรุงเทมหานคร รถยนต์ที่ศึกษาประกอบด้วยรถยนต์  
ที่ใช้เครื่องยนต์เบนซิน (รถยนต์นั่งเก๋ง) (Light Duty Gasoline Vehicle: LG) ที่ใช้น้ำมันเบนซิน  
ชนิด 91, 95, น้ำมันแก๊สโซฮอล์ชนิด 91, 95, E20, แก๊สปิโตรเลียมเหลว และรถยนต์ขนาดเล็กที่ใช้  
เครื่องยนต์ดีเซล (รถกระบะ) (Light Duty Diesel Vehicle: LD) ที่ใช้น้ำมันดีเซลหมุนเร็วธรรมดา  
และน้ำมันดีเซลหมุนเร็วบี 5

ผลการศึกษาพบว่ารถยนต์ที่ใช้เครื่องยนต์เบนซินมีอัตราการระบายสารมลพิษ  
ไฮโดรคาร์บอน (Hydro Carbon: HC) = 0.736, คาร์บอนมอนอกไซด์ (Carbon Monoxide: CO) =  
2.342, ออกไซด์ของไนโตรเจน (Oxides of Nitrogen: NO<sub>x</sub>) = 1.133, คาร์บอนไดออกไซด์  
(Carbon Dioxide: CO<sub>2</sub>) = 164 (กรัมต่อกิโลเมตร) และปริมาณการใช้เชื้อเพลิง (Fuel Consumption:  
FC) = 12.907 กิโลเมตรต่อลิตร และรถยนต์ขนาดเล็กที่ใช้เครื่องยนต์ดีเซลมีอัตราการระบาย สาร  
มลพิษ HC = 0.105, CO = 0.446, NO<sub>x</sub> = 1.119, CO<sub>2</sub> = 222, มลพิษอนุภาค (Particulate Matter:  
PM) = 0.086 (กรัมต่อกิโลเมตร) และมีค่า FC = 12.108 กิโลเมตรต่อลิตร ปริมาณการปลดปล่อย  
สารมลพิษรวม (Emission Load: EL) ซึ่งใช้ถนนลาดพร้าวเป็นเส้นทางทดสอบ ในเวลา 07.00-  
19.00 น. ได้ HC = 159, CO = 521, NO<sub>x</sub> = 358, CO<sub>2</sub> = 58,984 (ตันต่อปี), PM = 10 ตันต่อปี  
(เฉพาะรถยนต์ขนาดเล็กที่ใช้เครื่องยนต์ดีเซล) ปริมาณการใช้เชื้อเพลิงรวมของรถยนต์ที่ใช้  
เครื่องยนต์เบนซิน = 15,477 พันลิตรต่อปี และรถยนต์ขนาดเล็กที่ใช้เครื่องยนต์ดีเซล = 9,730 พัน  
ลิตรต่อปี

ลายมือชื่อนิติ

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

Therdsak Phetblengsri 2010: Air Pollutants Emission Factor from Light Duty Gasoline and Light Duty Diesel Vehicles. Master of Science (Environmental Technology and Management), Major Field: Environmental Technology and Management, Department of Environmental Science. Thesis Advisor: Miss. Thitima Rungratanaubon, Ph.D. 155 pages.

The aim of this research is to study the Emission Factor (EF) and Fuel Consumption (FC) of motor vehicles. The car sample was tested on Chassis Dynamometer. The exhaust sample was collected directly from the tailpipe using Constant Volume Sampling (CVS) system while the car was driving with the variation in speed and acceleration following the Bangkok driving pattern. The car samples were comprised of the light duty gasoline vehicles (passenger car) which using gasoline 91, 95 and gasohol 91, 95, E20 and liquefied petroleum gas (LPG) as their fuel, and the light duty diesel vehicles (truck) which using regular diesel and biodiesel (B5) as their fuel.

The study revealed that the emission factors of the light duty gasoline vehicles were: HC = 0.736, CO = 2.342, NO<sub>x</sub> = 1.133, CO<sub>2</sub> = 164 (gram per kilometer) and FC = 12.907 (kilometer per liter) respectively. For the light duty diesel vehicles, the emission factors were: HC = 0.105, CO = 0.446, NO<sub>x</sub> = 1.119, CO<sub>2</sub> = 222, PM = 0.086 (gram per kilometer) and FC = 12.108 (kilometer per liter), respectively. The total emission load (EL) was evaluated by using the Ladprao road at during times 07.00 am to 07.00 pm as tested route. There were HC = 159, CO = 521, NO<sub>x</sub> = 358, CO<sub>2</sub> = 58,984 (tons per year), PM = 10 tons per year (for light duty diesel vehicle only) and total fuel consumption of light duty gasoline vehicle = 15,477 thousand-liter per year and light duty diesel vehicle = 9,730 thousand-liter per year, respectively.

---

Student's signature

---

Thesis Advisor's signature

## กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณ ดร.จิตติมา รุ่งรัตนอุบล กรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก ดร. ชีรเวช ติตย์สีแสง กรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ที่ได้ให้ความกรุณาคำปรึกษาในการศึกษาค้นคว้าวิจัย คำแนะนำ ตลอดจนตรวจแก้ไขวิทยานิพนธ์จนเสร็จสมบูรณ์ รวมทั้งคำแนะนำเพิ่มเติมจาก รศ.ดร. บงกชรัตน์ ปิณฑินต์ ประธานการสอบ และ รศ.ดร. เขาวลิต รัตนธรรมสกุล ผู้ทรงคุณวุฒิ ภายนอก ที่ได้ให้ความกรุณาตรวจแก้ไขวิทยานิพนธ์ให้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบคุณ กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ที่ได้ให้ทุนสนับสนุนสำหรับการศึกษา โดยเฉพาะ งานนักเรียนทุน (คุณสมชาย อินจ่อหอ) สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี แห่งชาติ (สวทช.) ที่เป็นผู้ดำเนินการเกี่ยวกับด้านทุนการศึกษาได้อย่างมีประสิทธิภาพ ขอขอบคุณ อาจารย์ภาควิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อมทุกท่าน ที่ได้อบรมสั่งสอนและมอบความรู้อันเป็น ประโยชน์อย่างยิ่งในการนำไปใช้ประโยชน์ต่อการปฏิบัติงาน และขอขอบคุณ คุณอิทธิพล พ่ออามาตย์ รวมทั้งเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการตรวจวัดมลพิษจากยานพาหนะ กรมควบคุมมลพิษ ที่ได้ ให้ความช่วยเหลืออนุเคราะห์ด้านต่างๆ ที่เกี่ยวข้องในการดำเนินการวิจัยในครั้งนี้

ด้วยความดีและประโยชน์อันใดเนื่องจากวิทยานิพนธ์เล่มนี้ ขอมอบแด่ คุณพ่อพุทธ เพชรเปล่งสี คุณแม่เกลี้ยง เพชรเปล่งสี และครอบครัว (นางจุฑามาศ เพชรเปล่งสี ด.ช. จินฉัตร เพชรเปล่งสี ด.ญ. กัญญาณัฐ เพชรเปล่งสี) ที่ให้การสนับสนุนเป็นกำลังใจและช่วยเหลือผู้วิจัยมา โดยตลอดในทุกเรื่อง

เทอดศักดิ์ เพชรเปล่งสี

ตุลาคม 2553

## สารบัญ

## หน้า

|                                                                                                                                    |     |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| สารบัญ                                                                                                                             | (1) |
| สารบัญตาราง                                                                                                                        | (2) |
| สารบัญภาพ                                                                                                                          | (5) |
| คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ                                                                                                          | (7) |
| คำนำ                                                                                                                               | 1   |
| วัตถุประสงค์                                                                                                                       | 3   |
| การตรวจเอกสาร                                                                                                                      | 4   |
| อุปกรณ์และวิธีการ                                                                                                                  | 34  |
| อุปกรณ์                                                                                                                            | 34  |
| วิธีการ                                                                                                                            | 51  |
| ผลและวิจารณ์                                                                                                                       | 59  |
| สรุปและข้อเสนอแนะ                                                                                                                  | 103 |
| สรุป                                                                                                                               | 103 |
| ข้อเสนอแนะ                                                                                                                         | 105 |
| เอกสารและสิ่งอ้างอิง                                                                                                               | 106 |
| ภาคผนวก                                                                                                                            | 111 |
| ภาคผนวก ก ข้อมูลการทดสอบสารมลพิษและปริมาณการใช้เชื้อเพลิง รถยนต์<br>ที่ใช้เครื่องยนต์เบนซินและรถยนต์ขนาดเล็กที่ใช้เครื่องยนต์ดีเซล | 112 |
| ภาคผนวก ข รายละเอียดเครื่องมือและอุปกรณ์ห้องปฏิบัติการรถยนต์เบนซิน<br>และรถยนต์ขนาดเล็กที่ใช้เครื่องยนต์ดีเซล                      | 129 |
| ภาคผนวก ค ภาพเครื่องมือและอุปกรณ์ห้องปฏิบัติการตรวจวัดรถยนต์ที่ใช้<br>เครื่องยนต์เบนซินและรถยนต์ขนาดเล็กที่ใช้เครื่องยนต์ดีเซล     | 152 |
| ประวัติการศึกษาและการทำงานของผู้นวิจัย                                                                                             | 155 |

## สารบัญตาราง

| ตารางที่                                                                                                                                                                                                                               | หน้า |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| 1 อัตราการระบายสารมลพิษจากไอเสียและปริมาณการใช้เชื้อเพลิงต่อคัน รถยนต์ที่ใช้เครื่องยนต์เบนซิน ที่ความเร็วเฉลี่ย 23.4 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ตามชนิดเชื้อเพลิง                                                                              | 61   |
| 2 อัตราการระบายสารมลพิษจากไอเสียและปริมาณการใช้เชื้อเพลิงต่อคัน รถยนต์ที่ใช้เครื่องยนต์เบนซิน ที่ความเร็วเฉลี่ย 33.2 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ตามชนิดเชื้อเพลิง                                                                              | 64   |
| 3 อัตราการระบายสารมลพิษจากไอเสียและปริมาณการใช้เชื้อเพลิงต่อคัน รถยนต์ที่ใช้เครื่องยนต์เบนซิน ที่ความเร็วเฉลี่ย 42.9 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ตามชนิดเชื้อเพลิง                                                                              | 67   |
| 4 อัตราการระบายสารมลพิษจากไอเสียและปริมาณการใช้เชื้อเพลิงต่อคัน รถยนต์ที่ใช้เครื่องยนต์เบนซิน ความเร็วรวมทั้ง 3 ช่วงความเร็ว ความเร็วเฉลี่ย 33.5 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ตามชนิดเชื้อเพลิง                                                  | 71   |
| 5 อัตราการระบายสารมลพิษจากไอเสียและปริมาณการใช้เชื้อเพลิงต่อคัน รถยนต์ขนาดเล็กที่ใช้เครื่องยนต์ดีเซล ที่ความเร็วเฉลี่ย 23.1 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ตามชนิดเชื้อเพลิง                                                                       | 77   |
| 6 อัตราการระบายสารมลพิษจากไอเสียและปริมาณการใช้เชื้อเพลิงต่อคัน รถยนต์ขนาดเล็กที่ใช้เครื่องยนต์ดีเซล ที่ความเร็วเฉลี่ย 33.9 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ตามชนิดเชื้อเพลิง                                                                       | 79   |
| 7 อัตราการระบายสารมลพิษจากไอเสียและปริมาณการใช้เชื้อเพลิงต่อคัน รถยนต์ขนาดเล็กที่ใช้เครื่องยนต์ดีเซล ที่ความเร็วเฉลี่ย 46.8 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ตามชนิดเชื้อเพลิง                                                                       | 80   |
| 8 อัตราการระบายสารมลพิษจากไอเสียและปริมาณการใช้เชื้อเพลิงต่อคัน รถยนต์ขนาดเล็กที่ใช้เครื่องยนต์ดีเซล ความเร็วรวมทั้ง 3 ช่วงความเร็ว ที่ความเร็วเฉลี่ย 35.3 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ตามชนิดเชื้อเพลิง                                        | 82   |
| 9 ปริมาณการจำหน่ายเชื้อเพลิง รถยนต์เบนซิน ประจำปี พ.ศ. 2551<br>จากสถานีบริการจำหน่ายเชื้อเพลิง                                                                                                                                         | 85   |
| 10 ปริมาณการจำหน่ายเชื้อเพลิง รถยนต์ดีเซล ประจำปี พ.ศ. 2551<br>จากสถานีบริการจำหน่ายเชื้อเพลิง                                                                                                                                         | 86   |
| 11 อัตราการระบายสารมลพิษจากไอเสียและปริมาณการใช้เชื้อเพลิงต่อคัน รถยนต์ที่ใช้เครื่องยนต์เบนซิน ที่ความเร็วเฉลี่ย 23.4, 33.2, 42.9 และเฉลี่ยรวมทั้ง 3 ช่วงความเร็ว 33.5 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ตามสัดส่วนการใช้เชื้อเพลิง ประจำปี พ.ศ. 2551 | 88   |

## สารบัญตาราง (ต่อ)

| ตารางที่                                                                                                                                                                                                                                                                      | หน้า |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| 12 อัตราการระบายสารมลพิษจากไอเสียและปริมาณการใช้เชื้อเพลิงต่อคัน รถยนต์ขนาดเล็กที่ใช้เครื่องยนต์ดีเซล ที่ความเร็วเฉลี่ย 23.1, 33.9, 46.8 และเฉลี่ยรวมทั้ง 3 ช่วงความเร็ว 35.3 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ตามสัดส่วนการใช้เชื้อเพลิง ประจำปี พ.ศ. 2551                                 | 89   |
| 13 การเปรียบเทียบอัตราการระบายสารมลพิษจากไอเสียและปริมาณการใช้เชื้อเพลิงต่อคัน รถยนต์ที่ใช้เครื่องยนต์เบนซิน และรถยนต์ขนาดเล็กที่ใช้เครื่องยนต์ดีเซล ที่ช่วงความเร็ว 20-30, 30-40, 40-60 และความเร็วรวม 20-60 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ตามสัดส่วนการใช้เชื้อเพลิง ประจำปี พ.ศ. 2551 | 91   |
| 14 ปริมาณการจราจร ช่วงเวลา 07.00-19.00 น. ถนนลาดพร้าว กรุงเทพมหานคร ประจำปี พ.ศ. 2551                                                                                                                                                                                         | 93   |
| 15 ประเมินการปลดปล่อยมลพิษจากไอเสียและปริมาณการใช้เชื้อเพลิงของรถยนต์ที่ใช้เครื่องยนต์เบนซิน ที่ความเร็วเฉลี่ย 23.4, 33.2, 42.9 และเฉลี่ยรวม 3 ช่วงความเร็ว 33.5 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ถนนลาดพร้าว กรุงเทพมหานคร                                                                 | 95   |
| 16 ประเมินการปลดปล่อยมลพิษจากไอเสียและปริมาณการใช้เชื้อเพลิงของรถยนต์ขนาดเล็กที่ใช้เครื่องยนต์ดีเซล ที่ความเร็วเฉลี่ย 23.1, 33.9, 46.8 และเฉลี่ยรวม 3 ช่วงความเร็ว 35.3 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ถนนลาดพร้าว กรุงเทพมหานคร                                                          | 97   |
| 17 ประเมินการปลดปล่อยมลพิษจากไอเสียและปริมาณการใช้เชื้อเพลิงรวม ของรถยนต์ที่ใช้เครื่องยนต์เบนซินและรถยนต์ขนาดเล็กที่ใช้เครื่องยนต์ดีเซล ถนนลาดพร้าว กรุงเทพมหานคร                                                                                                             | 100  |
| 18 การเปรียบเทียบการปลดปล่อยมลพิษจากไอเสียและปริมาณการใช้เชื้อเพลิง ของรถยนต์ที่ใช้เครื่องยนต์เบนซินและรถยนต์ขนาดเล็กที่ใช้เครื่องยนต์ดีเซล ถนนลาดพร้าว กรุงเทพมหานคร ที่ความเร็วต่างๆ                                                                                        | 101  |

## สารบัญตาราง (ต่อ)

| ตารางผนวกที่                                                                                                                                                                                     | หน้า |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| ก1 ข้อมูลการทดสอบสารมลพิษและปริมาณการใช้เชื้อเพลิง รถยนต์ที่ใช้เครื่องยนต์เบนซิน ที่ความเร็วเฉลี่ย 23.4 กิโลเมตรต่อชั่วโมง                                                                       | 113  |
| ก2 ข้อมูลการทดสอบสารมลพิษและปริมาณการใช้เชื้อเพลิง รถยนต์ที่ใช้เครื่องยนต์เบนซิน ที่ความเร็วเฉลี่ย 33.2 กิโลเมตรต่อชั่วโมง                                                                       | 116  |
| ก3 ข้อมูลการทดสอบสารมลพิษและปริมาณการใช้เชื้อเพลิง รถยนต์ที่ใช้เครื่องยนต์เบนซิน ที่ความเร็วเฉลี่ย 42.9 กิโลเมตรต่อชั่วโมง                                                                       | 119  |
| ก4 ข้อมูลการทดสอบสารมลพิษและปริมาณการใช้เชื้อเพลิง รถยนต์ที่ใช้เครื่องยนต์เบนซิน ที่ความเร็วเฉลี่ย 33.5 กิโลเมตรต่อชั่วโมง (สรุปจากความเร็วเฉลี่ย 23.4, 33.2 และ 42.9 กิโลเมตรต่อชั่วโมง)        | 122  |
| ก5 ข้อมูลการทดสอบสารมลพิษและปริมาณการใช้เชื้อเพลิง รถยนต์ขนาดเล็กที่ใช้เครื่องยนต์ดีเซล ที่ความเร็วเฉลี่ย 23.1 กิโลเมตรต่อชั่วโมง                                                                | 125  |
| ก6 ข้อมูลการทดสอบสารมลพิษและปริมาณการใช้เชื้อเพลิง รถยนต์ขนาดเล็กที่ใช้เครื่องยนต์ดีเซล ที่ความเร็วเฉลี่ย 33.9 กิโลเมตรต่อชั่วโมง                                                                | 126  |
| ก7 ข้อมูลการทดสอบสารมลพิษและปริมาณการใช้เชื้อเพลิง รถยนต์ขนาดเล็กที่ใช้เครื่องยนต์ดีเซล ที่ความเร็วเฉลี่ย 46.8 กิโลเมตรต่อชั่วโมง                                                                | 127  |
| ก8 ข้อมูลการทดสอบสารมลพิษและปริมาณการใช้เชื้อเพลิง รถยนต์ขนาดเล็กที่ใช้เครื่องยนต์ดีเซล ที่ความเร็วเฉลี่ย 33.5 กิโลเมตรต่อชั่วโมง (สรุปจากความเร็วเฉลี่ย 23.1, 33.9 และ 46.8 กิโลเมตรต่อชั่วโมง) | 128  |
| ข1 รายละเอียดทางเทคนิค ห้องปฏิบัติการตรวจวัดรถยนต์ที่ใช้เครื่องยนต์เบนซิน                                                                                                                        | 130  |
| ข2 รายละเอียดทางเทคนิค ห้องปฏิบัติการตรวจวัดรถยนต์ขนาดเล็กที่ใช้เครื่องยนต์ดีเซล                                                                                                                 | 141  |

## สารบัญภาพ

| ภาพที่ |                                                                                                                                                          | หน้า |
|--------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| 1      | แผนผังการทดสอบสารมลพิษรถยนต์ที่ใช้เครื่องยนต์เบนซิน                                                                                                      | 35   |
| 2      | แผนผังการทดสอบสารมลพิษรถยนต์ขนาดเล็กที่ใช้เครื่องยนต์ดีเซล                                                                                               | 36   |
| 3      | แชสซิสไดนาโมมิเตอร์ (Chassis dynamometer)                                                                                                                | 39   |
| 4      | พัดลมระบายความร้อนรถยนต์ (Cooling fan)                                                                                                                   | 40   |
| 5      | อุปกรณ์ควบคุมระบบระบบ Chassis dynamometer                                                                                                                | 40   |
| 6      | ระบบเก็บตัวอย่าง (Exhaust gas sampling system)                                                                                                           | 41   |
| 7      | ระบบวิเคราะห์ไอเสีย (Emission analysis system)                                                                                                           | 43   |
| 8      | อุปกรณ์เก็บตัวอย่าง เครื่องซั่ง และตู้อบกระดาษตัวอย่างสารมลพิษอนุภาค                                                                                     | 44   |
| 9      | รูปแบบการขับที่กรุงเทพมหานครสำหรับรถยนต์ที่ใช้เครื่องยนต์เบนซิน                                                                                          | 45   |
| 10     | รูปแบบการขับที่กรุงเทพมหานครสำหรับรถยนต์ขนาดเล็กที่ใช้เครื่องยนต์ดีเซล                                                                                   | 46   |
| 11     | ระบบควบคุมการทำงานและประมวลผลข้อมูลการทดสอบมลพิษจากรถยนต์                                                                                                | 47   |
| 12     | แก้สมมาตรฐานสำหรับปรับเทียบเครื่องมือวิเคราะห์ไอเสีย                                                                                                     | 48   |
| 13     | ตัวอย่างกระดาษกรองสำหรับเก็บตัวอย่างสารมลพิษอนุภาค (PM)                                                                                                  | 49   |
| 14     | เครื่องซั่งน้ำหนักรถยนต์และการซั่งน้ำหนักรถยนต์                                                                                                          | 50   |
| 15     | แผนผังการวิจัยทดสอบอัตราการระบายสารมลพิษจากไอเสียและปริมาณการใช้เชื้อเพลิง รถยนต์ที่ใช้เครื่องยนต์เบนซิน และรถยนต์ขนาดเล็กที่ใช้เครื่องยนต์ดีเซล         | 58   |
| 16     | กราฟแสดงเปรียบเทียบ Emission factor และ Fuel consumption รถยนต์ที่ใช้เครื่องยนต์เบนซิน แยกชนิดเชื้อเพลิง                                                 | 76   |
| 17     | กราฟแสดงเปรียบเทียบ Emission factor และ Fuel consumption รถยนต์ขนาดเล็กที่ใช้เครื่องยนต์ดีเซล แยกชนิดเชื้อเพลิง                                          | 84   |
| 18     | กราฟแสดงเปรียบเทียบ Emission factor และ Fuel consumption รถยนต์ที่ใช้เครื่องยนต์เบนซินและรถยนต์ขนาดเล็กที่ใช้เครื่องยนต์ดีเซล ตามสัดส่วนการใช้เชื้อเพลิง | 92   |
| 19     | กราฟแสดงเปรียบเทียบ Emission load และ Total fuel consumption รถยนต์ที่ใช้เครื่องยนต์เบนซินและรถยนต์ขนาดเล็กที่ใช้เครื่องยนต์ดีเซล                        | 98   |

## สารบัญภาพ (ต่อ)

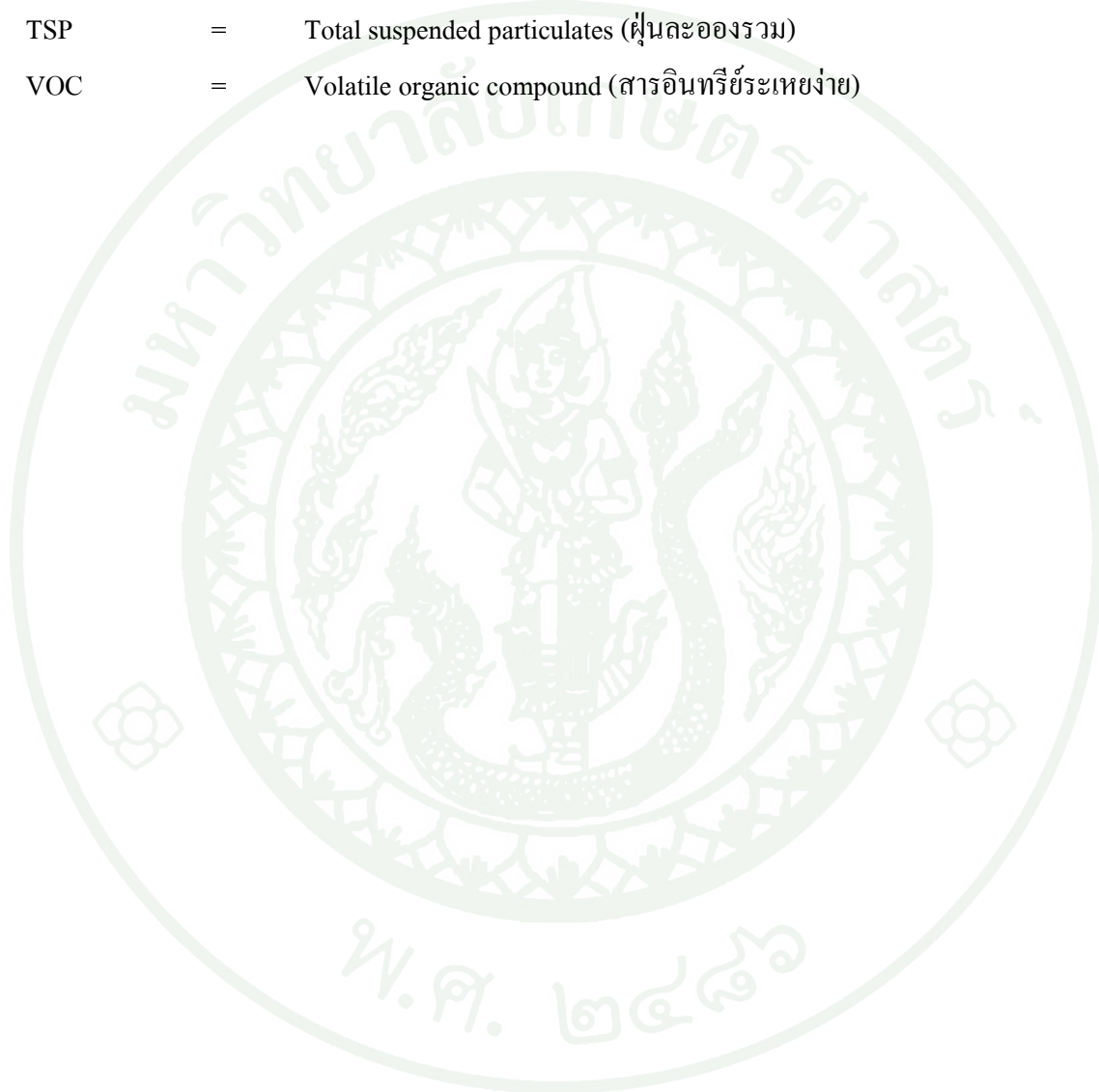
| ภาพผนวกที่                                                       | หน้า |
|------------------------------------------------------------------|------|
| ค1 ระบบ Chassis dynamometer                                      | 153  |
| ค2 ระบบเครื่องวิเคราะห์สารมลพิษจากไอเสีย                         | 153  |
| ค3 การทดสอบสารมลพิษจากไอเสียรถยนต์ที่ใช้เครื่องยนต์เบนซิน        | 154  |
| ค4 การทดสอบสารมลพิษจากไอเสียรถยนต์ขนาดเล็กที่ใช้เครื่องยนต์ดีเซล | 154  |

## คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ

|                                 |   |                                                           |
|---------------------------------|---|-----------------------------------------------------------|
| B5                              | = | Bio-Diesel (น้ำมันดีเซลที่มีส่วนผสมของไบโอดีเซลประเภท     |
| เมทิลเอสเทอร์ของกรดไขมัน ร้อยละ |   | 5 โดยปริมาตร)                                             |
| CC                              | = | Volume of cylinder (ปริมาตรความจุกระบอกสูบรถยนต์)         |
| CLD                             | = | Chemi luminescence detector                               |
| CNG                             | = | Compressed natural gas (แก๊สธรรมชาติอัด)                  |
| CO                              | = | Carbon monoxide (แก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์)                    |
| CO <sub>2</sub>                 | = | Carbon dioxide (แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์)                     |
| CVS                             | = | Constan volume sampling (การเก็บตัวอย่างแบบปริมาตรคงที่)  |
| D                               | = | Diesel (น้ำมันดีเซลหมุนเร็วธรรมดา)                        |
| EF                              | = | Emission factor (ปัจจัยการระบายสารมลพิษ)                  |
| FC                              | = | Fuel consumption (ปริมาณการใช้เชื้อเพลิง)                 |
| FID                             | = | Flame ionization detector                                 |
| FL                              | = | Emission load (การปลดปล่อยสารมลพิษ)                       |
| E20                             | = | Gasohol E20 (น้ำมันเบนซินออกเทน 95 ที่มีส่วนผสมของเอทานอล |
|                                 |   | แปลงสภาพร้อยละ 20 โดยปริมาตรในน้ำมันเบนซิน)               |
| E85                             | = | Gasohol E85 (น้ำมันเบนซินออกเทน 95 ที่มีส่วนผสมของเอทานอล |
|                                 |   | แปลงสภาพร้อยละ 85 โดยปริมาตรในน้ำมันเบนซิน)               |
| g/km                            | = | gram per kilometer (กรัมต่อกิโลเมตร)                      |
| HC                              | = | Hydro carbon (แก๊สไฮโดรคาร์บอน)                           |
| km                              | = | kilometer (กิโลเมตร)                                      |
| kJ                              | = | kilojoule (กิโลจูล)                                       |
| km/l                            | = | kilometer per liter (กิโลเมตรต่อลิตร)                     |
| LPG                             | = | Liquefied petroleum gas (แก๊สปิโตรเลียมเหลว)              |
| NDIR                            | = | Non dispersive infrared                                   |
| NO <sub>x</sub>                 | = | Oxides of nitrogen (แก๊สออกไซด์ของไนโตรเจน)               |
| O <sub>3</sub>                  | = | Ozone (โอโซน)                                             |
| Pb                              | = | Lead (ตะกั่ว)                                             |
| ppm                             | = | parts per million (ส่วนในล้านส่วน)                        |
| ppb                             | = | parts per billion (ส่วนในพันล้านส่วน)                     |

### คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ (ต่อ)

|                 |   |                                                  |
|-----------------|---|--------------------------------------------------|
| ppt             | = | parts per trillion (ส่วนในล้านล้านส่วน)          |
| PM              | = | Particulate matter (สารมลพิษอนุภาค)              |
| SO <sub>2</sub> | = | Sulphur dioxide (แก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์)          |
| TSP             | = | Total suspended particulates (ฝุ่นละอองรวม)      |
| VOC             | = | Volatile organic compound (สารอินทรีย์ระเหยง่าย) |



## ปัจจัยการปล่อยสารมลพิษในอากาศจากรถยนต์ ที่ใช้เครื่องยนต์เบนซิน และรถยนต์ขนาดเล็กที่ใช้เครื่องยนต์ดีเซล

### Air Pollutants Emission Factor from Light Duty Gasoline and Light Duty Diesel Vehicles

#### คำนำ

การเพิ่มขึ้นของปริมาณยานพาหนะบนถนนในกรุงเทพมหานคร เป็นหนึ่งในสาเหตุสำคัญที่ก่อให้เกิดปัญหาสารมลพิษในอากาศ ก่อให้เกิดผลกระทบทางด้านสุขภาพ และด้านสิ่งแวดล้อมที่มีระดับความรุนแรงสูงอย่างต่อเนื่อง โดยเฉพาะอย่างยิ่งในเขตเมืองที่มีปริมาณการจราจรหนาแน่น ผลการติดตามตรวจสอบคุณภาพอากาศ กรมควบคุมมลพิษ ในรายงานสถานการณ์และจัดการปัญหามลพิษทางอากาศและเสียง ประจำปี 2548, 2549, 2550 และ 2551 พบว่าปริมาณฝุ่นขนาดเล็ก บริเวณริมถนนเส้นทางการจราจรหลายสาย ในเขตกรุงเทพมหานคร เกินกว่ามาตรฐาน ได้แก่ ถนนดินแดง ถนนพระราม 6 ถนนพระราม 4 ถนนอินทรีพิทักษ์ และถนนลาดพร้าว และนอกจากนี้ยังพบปริมาณแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ สูงขึ้นบริเวณถนนประชาธิปไตย และสุขุมวิท (สำนักจัดการคุณภาพอากาศและเสียง กรมควบคุมมลพิษ, 2548, 2549, 2550 และ 2551) สำหรับสารมลพิษที่สำคัญที่เกิดจากยานพาหนะประเภท รถยนต์และรถจักรยานยนต์ ได้แก่ แก๊สไฮโดรคาร์บอน แก๊สออกไซด์ของไนโตรเจน แก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ สารมลพิษอนุภาค (ฝุ่นละออง) รวมทั้งสารอินทรีย์ระเหยง่าย ซึ่งมีปริมาณการระบายแตกต่างกันไปขึ้นกับปัจจัยหลายอย่าง เช่น อายุการใช้งานของรถยนต์ ขนาดปริมาตรความจุกระบอกสูบของเครื่องยนต์ สภาพความสมบูรณ์ของเครื่องยนต์ การบำรุงรักษาเครื่องยนต์ ประสิทธิภาพของอุปกรณ์ลดสารมลพิษ เทคโนโลยีที่ใช้กับเครื่องยนต์ ชนิดของเครื่องยนต์ รูปแบบการขับขี่ ปริมาณการจราจรที่มีผลต่อความเร็วของการขับขี่ เชื้อเพลิง และอื่นๆ โดยเฉพาะเชื้อเพลิงที่ใช้กับรถยนต์ในปัจจุบัน มีหลายชนิดเชื้อเพลิงสำหรับเลือกใช้ เช่น รถยนต์เบนซิน เชื้อเพลิงที่จำหน่ายและใช้กับรถยนต์ดังกล่าว ได้แก่ น้ำมันเบนซิน ออกเทน 91, 95, น้ำมันแก๊สโซฮอล์ 10 ออกเทน 91, 95, น้ำมันแก๊สโซฮอล์ 20, น้ำมันแก๊สโซฮอล์อี 85, แก๊สปิโตรเลียมเหลว (LPG), แก๊สธรรมชาติอัด (CNG) รถยนต์ดีเซล เชื้อเพลิงที่จำหน่าย ได้แก่ น้ำมันดีเซลหมุนเร็วธรรมดา และน้ำมันดีเซลหมุนเร็วบี 5

งานวิจัยนี้มีจุดประสงค์ เพื่อให้ทราบถึงอัตราการระบายสารมลพิษจากไอเสีย (Emission factor: EF) ปริมาณการใช้เชื้อเพลิง (Fuel consumption: FC) รวมทั้งปริมาณการปลดปล่อยสารมลพิษ (Emission load: EL) จากรถยนต์ที่ใช้เครื่องยนต์เบนซินและรถยนต์ขนาดเล็กที่ใช้เครื่องยนต์ดีเซล ซึ่งมีความจำเป็นและสำคัญยิ่งในการใช้ประโยชน์ข้อมูลเพื่อกำหนดแนวทางในการวางแผน และมาตรการที่เหมาะสมในการป้องกัน และควบคุมปัญหามลพิษทางอากาศจากยานพาหนะ ประเภทรถยนต์ เช่น การจัดการด้านการจราจรให้เหมาะสม เพื่อลดการระบายสารมลพิษในไอเสียจากยานพาหนะ ในแต่ละพื้นที่และถนน การประเมินสารมลพิษที่ระบายออกจากรถยนต์เพื่อใช้กำหนดมาตรการต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง การกำหนดบังคับใช้กฎหมายมาตรฐานรถยนต์ และรถจักรยานยนต์ที่เข้มงวด การกำหนดคุณภาพของรถยนต์ การควบคุมจำนวนยานพาหนะ การกำหนดอายุการใช้งานของรถยนต์ การกำหนดคุณภาพน้ำมันเชื้อเพลิงที่มีผลต่อการระบายสารมลพิษจากไอเสีย เป็นต้น ทั้งนี้เพื่อประโยชน์ในการบริหารจัดการปัญหาสิ่งแวดล้อมอย่างบูรณาการ และยั่งยืนเหมาะสมกับสถานการณ์ ในปัจจุบันและภาวะการณ์ในอนาคตของพื้นที่ต่อไป

## วัตถุประสงค์

1. ศึกษาหาปริมาณอัตราการระบายสารมลพิษจากไอเสีย (Emission factor) และอัตราการใช้เชื้อเพลิง (Fuel consumption) รถยนต์ที่ใช้เครื่องยนต์เบนซินและรถยนต์ขนาดเล็กที่ใช้เครื่องยนต์ดีเซล โดยใช้วิธีการรูปแบบการจับจีกรุงเทพมหานคร
2. ศึกษาหาปริมาณการปลดปล่อยสารมลพิษ (Emission load) ที่ระบายออกจากแหล่งกำเนิดประเภทยานพาหนะ (รถยนต์ที่ใช้เครื่องยนต์เบนซินและรถยนต์ขนาดเล็กที่ใช้เครื่องยนต์ดีเซล) โดยใช้กรณีศึกษาถนนและเส้นทางจราจรกรุงเทพมหานครที่มีระดับสารมลพิษในอากาศสูง
3. เพื่อเปรียบเทียบปริมาณการปลดปล่อยสารมลพิษ รถยนต์ที่ใช้เครื่องยนต์เบนซินและรถยนต์ขนาดเล็กที่ใช้เครื่องยนต์ดีเซล ที่ระดับความเร็วแตกต่างกัน ตามวิธีการรูปแบบการจับจีกรุงเทพมหานคร

## การตรวจเอกสาร

### สารมลพิษในอากาศ

#### 1. ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับสารมลพิษอากาศ

"มลพิษ" ได้ถูกบัญญัติไว้ในมาตรา 4 พระราชบัญญัติ ส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อม พ.ศ. 2535 โดยให้คำจำกัดความว่า หมายความว่า ของเสีย วัตถุอันตราย และมลสารอื่น ๆ รวมทั้งกาก ตะกอน หรือสิ่งตกค้างจากสิ่งเหล่านั้น ที่ถูกปล่อยทิ้งจากแหล่ง กำเนิดสารมลพิษ หรือที่มีอยู่ใน สิ่งแวดล้อมตามธรรมชาติ ซึ่งก่อให้เกิดหรืออาจ ก่อให้เกิดผลกระทบต่อคุณภาพสิ่งแวดล้อม หรือ ภาวะที่เป็นพิษภัยอันตรายต่อ สุขภาพอนามัยของประชาชนได้ และให้หมายความรวมถึง รังสี ความ ร้อน แสง เสียง กลิ่น ความสั่นสะเทือน หรือเหตุรำคาญอื่น ๆ ที่เกิดหรือถูกปล่อย ออกจาก แหล่งกำเนิดสารมลพิษ (ฝ่ายตรวจและบังคับการ กรมควบคุมมลพิษ, 2549)

"อากาศเสีย" ได้ถูกบัญญัติไว้ในมาตรา 4 พระราชบัญญัติ ส่งเสริมและรักษาคุณภาพ สิ่งแวดล้อม พ.ศ. 2535 หมายความว่า ของเสียที่อยู่ในสภาพเป็น ไอเสีย กลิ่นควัน แก๊ส เขม่า ฝุ่น ละออง เถ้าถ่าน หรือมลสารอื่นที่มีสภาพละเอียด บางเบาจนสามารถรวมตัวอยู่ในบรรยากาศได้ (ฝ่ายตรวจและบังคับการ กรมควบคุมมลพิษ, 2549)

พจนีย์ (2536) ได้อธิบายและให้ความหมายของ สารมลพิษในอากาศ คือ สิ่งแปลกปลอมใน อากาศที่มีอยู่ในปริมาณและระยะเวลาที่อาจจะก่อให้เกิดอันตรายต่อชีวิตมนุษย์ สัตว์ พืช ทรัพย์สิน รบกวนความสุขสบายของสิ่งมีชีวิต ทรัพย์สิน หรือ การดำเนินธุรกิจ

วงศ์พันธ์ และคณะ (2543) ได้อธิบายความหมายของภาวะสารมลพิษในอากาศ หมายถึง ภาวะของอากาศ ซึ่งมีสารเจือปนอยู่ในปริมาณที่มากพอและเป็นระยะเวลาที่ยาวนาน ที่จะทำให้เกิดผลเสียต่อสุขภาพอนามัยของคน สัตว์ พืช และวัสดุต่างๆ สารที่กล่าวถึงอาจจะเป็นธาตุหรือ สารประกอบ อาจเกิดขึ้นเองตามธรรมชาติหรืออาจเกิดจากการกระทำของมนุษย์ และอาจอยู่ในรูป ของแก๊ส หยดของเหลว หรืออนุภาคของแข็งก็ได้ สารมลพิษในอากาศหลักที่สำคัญ คือ ฝุ่นละออง แก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ แก๊สออกไซด์ของไนโตรเจน แก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ตะกั่ว และแก๊ส โอโซน

1.1 ระบบภาวะสารมลพิษทางอากาศ (Air pollution system) มีส่วนประกอบ 3 ส่วน ที่มีความสัมพันธ์กัน คือ แหล่งกำเนิดสารมลพิษทางอากาศ (Emission sources) อากาศหรือบรรยากาศ (Atmosphere) และผู้ได้รับผลเสียหรือผลกระทบ (Receptors) ดังนี้ (นพภาพร, 2547)

1.1.1 แหล่งกำเนิดสารมลพิษทางอากาศ (Emission sources) เป็นแหล่งที่ก่อให้เกิดมลพิษทางอากาศ และระบายมลพิษสู่อากาศภายนอก โดยที่ชนิดและปริมาณของมลพิษทางอากาศที่ถูกระบายออกสู่อากาศนั้น ขึ้นอยู่กับประเภทของแหล่งกำเนิดมลพิษ และวิธีการควบคุมการระบายมลพิษจากไอเสียอากาศ

1.1.2 อากาศหรือบรรยากาศ (Atmosphere) เป็นส่วนของระบบที่รองรับสารมลพิษอากาศที่ถูกระบายจากแหล่งกำเนิดต่างๆ และเป็นตัวกลาง (Medium) ให้สารมลพิษอากาศที่ถูกระบายออกสู่อากาศ มีการแพร่กระจายออกไป

1.1.3 ผู้ได้รับผลเสียหรือผลกระทบ (Receptors) เป็นส่วนของระบบที่สัมผัสกับสารมลพิษในอากาศ ทำให้ได้รับความเสียหายหรืออันตราย โดยผู้รับผลเสียอาจเป็นสิ่งที่มีชีวิต เช่น คน พืชและสัตว์หรือเป็นสิ่งที่ไม่มีชีวิต เช่น เสื้อผ้า อาคาร บ้านเรือน วัสดุและสิ่งก่อสร้างต่าง ๆ ความเสียหายหรือผลกระทบที่เกิดขึ้น จะมีความรุนแรงมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของปริมาณสารมลพิษในอากาศและระยะเวลาที่สัมผัส

จากส่วนประกอบของระบบภาวะสารมลพิษทางอากาศ จะเห็นได้ว่าปริมาณและชนิดของสารมลพิษที่ถูกระบายออกจากแหล่งกำเนิด สถานะทางอุตุนิยมวิทยา และสภาพภูมิประเทศ จะเป็นตัวกำหนดชนิด ปริมาณและความเข้มข้นของสารมลพิษที่เจือปนอยู่ในอากาศ ส่วนคุณภาพอากาศจะเป็นตัวกำหนดถึงลักษณะและความรุนแรงของผลกระทบที่เกิดขึ้น (Air pollution effects)

1.2 ประเภทของแหล่งกำเนิดสารมลพิษทางอากาศ (Sources of air pollutants) แหล่งกำเนิดสารมลพิษทางอากาศแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภทใหญ่ๆ คือ

1.2.1 แหล่งกำเนิดตามธรรมชาติ (Natural sources) เป็นแหล่งกำเนิดที่ก่อให้เกิดสารมลพิษทางอากาศตามกระบวนการทางธรรมชาติ ไม่มีการกระทำของมนุษย์เข้าไปเกี่ยวข้อง เช่น ภูเขาไฟระเบิด ไฟป่า ทะเล และมหาสมุทรซึ่งเป็นแหล่งกำเนิดของละอองเกลือ เป็นต้น

1.2.2 แหล่งกำเนิดที่เกิดจากกิจกรรมของมนุษย์ (Man-made sources) เป็นแหล่งกำเนิดที่เกิดจากกิจกรรมของมนุษย์ทำให้มีการระบายสารมลพิษทางอากาศ แบ่งออกได้เป็น 2 ประเภท คือ

ก. แหล่งกำเนิดที่เคลื่อนที่ได้ (Mobile Sources) ได้แก่ รถยนต์ เรือยนต์ เครื่องบิน เป็นต้น

ข. แหล่งกำเนิดที่อยู่กับที่ (Stationary Sources) หมายถึง แหล่งกำเนิดที่ไม่สามารถเคลื่อนที่ได้ เช่น โรงงานอุตสาหกรรม ซึ่งสารมลพิษทางอากาศเกิดจากการใช้เชื้อเพลิงและเกิดจากกระบวนการผลิตต่าง ๆ ดังนี้

1) กระบวนการเผาไหม้ของหม้อไอน้ำ เตาเผาซึ่งมีวัตถุประสงค์ ในการก่อให้เกิดพลังงานความร้อน เช่น เตาเผาเพิ่มความร้อน เตาเผากำจัดของเสีย นอกจากจะทำให้เกิด  $\text{SO}_2$   $\text{NO}_x$  เหมม่าและ CO แล้วบางครั้งก็ยังมีไฮโดรคาร์บอน ไฮโดรเจนคลอไรด์และไดออกซินเกิดขึ้นอีกด้วย

2) การถลุงและแปรรูปโลหะในกระบวนการถลุงแร่ เช่น การเผาและอบจะเกิดการแพร่กระจายของทองแดง ตะกั่ว สังกะสี แคดเมียมปรอทและธาตุอื่น ๆ ในสินแร่ในการอบแร่ที่ปนอยู่กับกำมะถัน นอกจากจะเกิด  $\text{SO}_2$  เป็นจำนวนมากแล้วยังมี  $\text{NO}_x$  และเหมม่าเกิดขึ้นอีกด้วย

3) การทำงานเกี่ยวข้องกับวัตถุดิบที่มีลักษณะเป็นผง เช่น การบดวัตถุดิบ การคัดแยก การผสม แปรรูปและการขนส่งที่จะก่อให้เกิดฝุ่นละออง

4) การกลั่นเชื้อเพลิงเหลว ซึ่งการใช้สารละลายและสีจะทำให้เกิดไฮโดรคาร์บอน

5) การแพร่กระจายของแก๊สพิษ เกิดจากการจัดการที่ขาดความระมัดระวัง การกระจายของสารเคมีทางการเกษตร เช่น ยาฆ่าแมลง ยาฆ่าหญ้า เป็นต้น

6) การก่อสร้างทำให้เกิดฝุ่นละออง

### 1.3 ประเภทของสารมลพิษในอากาศ

กรมอนามัย (2544) ได้อธิบายและแบ่งประเภทของสารมลพิษในอากาศออกเป็น 2 ประเภท ตามลักษณะการเกิด ได้แก่

1.3.1 สารมลพิษในอากาศปฐมภูมิ เป็นสารมลพิษในอากาศที่เกิดและถูกระบายออกจากแหล่งกำเนิดโดยตรง เช่น แก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์ แก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ แก๊สออกไซด์ของไนโตรเจน จีเอ็ม และเขม่าควันดำ ที่เกิดจากการเผาเชื้อเพลิงในยานพาหนะ และเตาเผาในโรงงานอุตสาหกรรม เป็นต้น

1.3.2 สารมลพิษในอากาศทุติยภูมิ เป็นสารมลพิษในอากาศที่ไม่ได้เกิดและถูกระบายออกจากแหล่งกำเนิดใดๆ แต่เกิดขึ้นในบรรยากาศทั่วไป จากปฏิกิริยาเคมีระหว่างสารมลพิษในอากาศปฐมภูมิด้วยกันเอง หรือปฏิกิริยาเคมีระหว่างสารมลพิษในอากาศปฐมภูมิกับสารประกอบอื่นๆ ที่อยู่ในบรรยากาศ เช่น แก๊สโอโซน ซึ่งเกิดจากปฏิกิริยาเคมีโฟโตเคมีคอล ออกซิเดชัน (Photochemical oxidation) ระหว่างแก๊สออกไซด์ของไนโตรเจนกับสารประกอบไฮโดรคาร์บอนที่อยู่ในบรรยากาศ โดยมีแสงแดดเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ทั้งแก๊สออกไซด์ของไนโตรเจน และสารประกอบไฮโดรคาร์บอนเป็นสารมลพิษในอากาศปฐมภูมิที่มีแหล่งกำเนิดหลักมาจากการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงในยานพาหนะประเภทต่างๆ

### 1.4 สารมลพิษในบรรยากาศ

1.4.1 คาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) เป็นแก๊สที่ไม่มีสี ไม่มีกลิ่น แหล่งที่มาอาจจำแนกได้เป็นแหล่งที่มาจากธรรมชาติและแหล่งที่เกิดจากการกระทำของมนุษย์ ได้แก่ การเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์ของเชื้อเพลิงที่มีคาร์บอนเป็นองค์ประกอบ เมื่อเปรียบเทียบปริมาณสารมลพิษทั้งหมดที่ปล่อยสู่บรรยากาศโดยการกระทำของมนุษย์ พบว่าคาร์บอนมอนอกไซด์ที่ได้จากการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์มีปริมาณมากที่สุด คาร์บอนมอนอกไซด์ที่เกิดจากกิจกรรมของมนุษย์มากกว่าครึ่งหนึ่งมาจากท่อไอเสียรถยนต์ ดังนั้นปริมาณของ CO ในเมืองใหญ่ที่มีการจราจรคับคั่งและติดขัดก็จะมีมากกว่าพื้นที่อื่นๆ

1.4.2 ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO<sub>2</sub>) ที่พบในบรรยากาศอยู่ในรูปสารประกอบ 3 ชนิด คือ SO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S และ SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> SO<sub>2</sub> มีความสำคัญที่สุด เพราะมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและสุขภาพของ

มนุษย์โดยตรง เป็นแก๊สที่ไม่มีสี มีกลิ่นกรด จุดเดือดลบ 10 องศาเซลเซียส แหล่งที่มา 2 แหล่ง คือ จากการกระทำของมนุษย์และแหล่งธรรมชาติ  $\text{SO}_2$  ที่เกิดจากการกระทำของมนุษย์ที่สำคัญ คือ การเผาไหม้เชื้อเพลิง (Fossil fuel) เช่น ถ่านหินและน้ำมันปิโตรเลียม เนื่องจากเชื้อเพลิงเหล่านี้มีสารประกอบของซัลเฟอร์อยู่ในเชื้อเพลิง ดังนั้นเมื่อมีการเผาไหม้เชื้อเพลิงเหล่านี้ซัลเฟอร์จะถูกออกซิไดซ์เป็น  $\text{SO}_2$

1.4.3 ออกไซด์ของไนโตรเจน ( $\text{NO}_x$ ) สามารถรวมกับออกซิเจน เกิดเป็นออกไซด์ได้หลายแบบเช่น ไนตรัสออกไซด์ ( $\text{N}_2\text{O}$ ) ไนตริกออกไซด์ ( $\text{NO}$ ) ไนโตรเจนไดรอกไซด์ ( $\text{N}_2\text{O}_3$ ) เป็นต้น ออกไซด์ของไนโตรเจน ที่ปล่อยออกสู่บรรยากาศโดยการกระทำ ของมนุษย์มี 2 ชนิด คือ  $\text{NO}$  และ  $\text{NO}_2$  แหล่งกำเนิดส่วนใหญ่จะมาจากการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงเช่น การเผาไหม้น้ำมันเชื้อเพลิงของเครื่องยนต์หรือเครื่องจักรในโรงงานอุตสาหกรรม และเนื่องจาก  $\text{NO}_2$  มีความสามารถในการละลายน้ำได้ดี ดังนั้น  $\text{NO}_2$  จะสามารถอยู่ในบรรยากาศได้โดยเฉลี่ย 3 วัน โดยที่  $\text{NO}_2$  จะรวมตัวกับละอองน้ำในอากาศหรือน้ำฝนเกิดเป็นกรดไนตริก ( $\text{HNO}_3$ ) เป็นสาเหตุให้เกิดฝนกรด (Acid rain)

1.4.4 ไฮโดรคาร์บอน (HC) ไฮโดรคาร์บอนในอากาศส่วนใหญ่เกิดจากแหล่งธรรมชาติเป็นส่วนใหญ่ ประมาณได้ว่าสูงถึงร้อยละ 95 ซึ่งเกิดจากกระบวนการทางชีววิทยาทั่วไปของพืชและสัตว์ เช่น การเน่าเปื่อยของซากพืชโดยกระบวนการย่อยสลายของจุลินทรีย์ แบบไร้ออกซิเจน (Anaerobic bacteria) ซึ่งจะให้เกิดมีเทน ( $\text{CH}_4$ ) ส่วนไฮโดรคาร์บอนที่เกิดจากการกระทำของมนุษย์ได้แก่ การเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์ของน้ำมันเชื้อเพลิงถ่านหิน ถ่านไม้ ตลอดจนการระเหยของตัวทำละลายสารอินทรีย์ในโรงงานอุตสาหกรรม เป็นต้น

1.4.5 ฝุ่นละออง (Particulates) ได้แก่ อนุภาคซึ่งแขวนลอยในอากาศในรูปของหยดของเหลวหรือของแข็งเล็กๆ ที่เกิดจากธรรมชาติได้แก่ ฝุ่นละอองจากดินแห้ง ละอองเกสรดอกไม้ คาร์บอนจากไฟไหม้ป่าหรือวัตถุที่เกิดจากการระเบิดของภูเขาไฟ ส่วนที่เกิดจากการกระทำ ของมนุษย์ ได้แก่ วัตถุจากปล่องไฟของโรงงานอุตสาหกรรม สเปรย์ของยากำจัดศัตรูพืชและสัตว์ ขี้เถ้าจากกระบวนการเผาไหม้ และคาร์บอนท่อนไอเสียรถยนต์

1.4.6 โอโซน ( $\text{O}_3$ ) เป็นแก๊สที่ไม่มีสี มีจุดเดือดลบ 111.9 องศาเซลเซียส มีปริมาณในบรรยากาศของโทรโปสเฟียร์มีปริมาณน้อยมาก คือ 0.02 ppm โดยปริมาตร แหล่งที่ทำให้เกิดโอโซนในชั้นโทรโปสเฟียร์ที่สำคัญ คือ โอโซนที่เคลื่อนย้ายมาจากชั้นสตราโตสเฟียร์โดยการแลกเปลี่ยน

ระหว่างชั้นโทรโปสเฟียร์และชั้นสตราโตสเฟียร์ โอโซนที่เกิดขึ้นในบรรยากาศ มักเกิดจากปฏิกิริยาโฟโตเคมีคัล (Photochemical reaction) และ โอโซนที่เกิดจากแหล่งธรรมชาติ

1.5 ผลกระทบจากสารมลพิษอากาศ ทำให้เกิดผลต่อสิ่งต่างๆ ได้มากมาย เช่น เป็นอันตรายต่อสุขภาพอนามัยของคนและสัตว์ทำลายพืช ทำให้วัสดุเสียหาย ทำให้เกิดผลกระทบแก่สภาพภูมิอากาศ และเป็นอันตรายต่อสิ่งแวดล้อมและระบบนิเวศวิทยา โดยที่ลักษณะและความรุนแรงของผลกระทบที่เกิดขึ้นจะขึ้นอยู่กับชนิดและความเข้มข้นของสารมลพิษอากาศ รวมทั้งระยะเวลาของการสัมผัสกับสารมลพิษอากาศ นอกจากนี้สารมลพิษอากาศบางชนิดยังอาจมีผลที่เสริมฤทธิ์กัน (Synergism) ทำให้ผลที่เกิดขึ้นทวีความรุนแรงมากขึ้นกว่าผลที่เกิดขึ้นหากมีเพียงสารมลพิษอากาศเพียงชนิดใดชนิดหนึ่งเท่านั้น หรืออาจมีผลหักล้างซึ่งกันและกัน (Antagonism) ทำให้ผลที่เกิดขึ้นมีความรุนแรงน้อยลง (นพภาพร, 2547)

1.5.1 ผลกระทบต่อสุขภาพอนามัยของมนุษย์ มีความสำคัญมากที่สุด เนื่องจากเกี่ยวข้องกับชีวิตและความแข็งแรงสมบูรณ์ของมนุษย์ อันตรายที่เกิดขึ้นอาจเริ่มตั้งแต่การก่อให้เกิดความรำคาญ ระคายเคือง เกิดการเปลี่ยนแปลงในร่างกายโดยไม่แสดงอาการ จนกระทั่งมีอาการชัดเจนและถึงขั้นเสียชีวิต นอกจากนี้อันตรายต่อสุขภาพอาจจะไม่ได้เกิดขึ้นโดยตรงเนื่องจากสารมลพิษอากาศเพียงอย่างเดียว แต่อาจเกิดโดยทางอ้อมจากโรคแทรกซ้อนที่เกิดขึ้น เมื่อร่างกายอ่อนแอจากการได้รับหรือสัมผัสกับสารมลพิษอากาศ โดยปกติแล้วมนุษย์จะรับสารมลพิษอากาศเข้าสู่ร่างกายโดยการหายใจ และการสัมผัสทางผิวหนังและนัยน์ตา

1.5.2 ผลกระทบของสารมลพิษต่อ พืช คนและสัตว์ จากข้อพิสูจน์ต่าง ๆ ได้พบว่าสารมลพิษในอากาศมีผลกระทบต่อสุขภาพของคนและสัตว์เป็นอันตรายต่อพืชผลธัญญาหารต่าง ๆ ทำให้เครื่องอุปโภคต่าง ๆ เสียหาย ทำให้อากาศเป็นพิษหมอกมัว และกั้นการแผ่รังสีของแสงอาทิตย์ การวัดความเสียหายต่อสิ่งต่าง ๆ จากสารมลพิษนั้นยากมาก ไม่สามารถจะชี้ขาดลงไปได้

1.5.3 ผลกระทบของสารมลพิษต่อพืช สารกลุ่ม Phototoxicants ที่ถือว่าเป็นอันตราย และทำความเสียหายให้กับพืชมากที่สุด ได้แก่ สารประกอบของ  $\text{SO}_2$  และ Peroxyacetyl nitrate (PAN) และ Ethylene ซึ่งเป็น oxide ของพวก Photochemical นอกจากนั้น สารที่ก่อความเสียหายต่อพืชอีกคือ สารประกอบคลอไรด์ ไฮโดรคลอไรด์ แอมโมเนีย และปรอท พืชสามารถจะรับสารมลพิษเหล่านี้โดยการหายใจเข้าเมื่อสารพิษเหล่านี้อยู่ที่ใบก็จะทำลายคลอโรฟิลล์ (ส่วนสีเขียวของพืช) และ

หยุดการสังเคราะห์เป็นเหตุให้พืชไม่เจริญเติบโตและบางที่อาจถึงตายได้ ส่วนใหญ่อาการมักจะเริ่มที่ใบก่อน และถ้าไม่รีบปรับปรุงแก้ไขพืชก็อาจจะตายในที่สุด

1.6 หน่วยวัดสารมลพิษ หน่วยที่ใช้วัดความเป็นสารมลพิษ มี 3 แบบ ดังนี้ (พุลพร, 2537)

1.6.1 หน่วยวัดโดยปริมาตร ppm (Parts per million) เป็นหน่วยส่วนของล้าน คิดเป็นปริมาตร แต่ถ้าจำนวนสูงมากขึ้นก็อาจใช้หน่วย pphm หรือ ppb คือ เป็นส่วนของร้อยล้าน

ppm = parts per million

ppb = parts per billion

pphm = parts per hundred million

1.6.2 หน่วยวัดโดยน้ำหนัก  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (Microgram per cubicmeter) เป็นการวัดน้ำหนักของสารมลพิษต่อปริมาตรเป็นลูกบาศก์เมตรของอากาศ ส่วนใหญ่มักจะใช้วัดพวกสารที่เป็นของแข็งหรือของเหลว แต่บางที่ก็ใช้วัดสารเป็นแก๊สที่มีน้ำหนักมากก็ได้ อาจจะไม่แปลงหน่วยได้โดยใช้น้ำหนักโมเลกุลและปริมาตร 1 โมเลกุลของสารที่สภาวะ  $25^\circ\text{C}$  1 atm เช่น  $1 \mu\text{g}/\text{m}^3 = (\text{ppm} \times 24,500/\text{mol. Wt.}) \times 10^{-6}$

1.6.3 หน่วยวัดโดยน้ำหนัก  $\text{g}/\text{km}$  (กรัมต่อกิโลเมตร) เป็นหน่วยวัดสารมลพิษ เป็นน้ำหนักต่อระยะทางจะใช้ในการวัดสารมลพิษจากเครื่องยนต์ โดยใช้กระบวนการวัดด้วยเครื่องเก็บตัวอย่างแบบปริมาตรคงที่ Constant volume sampler (CVS)

## 2. แหล่งกำเนิดสารมลพิษและสารมลพิษในอากาศจากรถยนต์

ฝ่ายมลพิษทางอากาศจากยานพาหนะ กรมควบคุมมลพิษ (2538) ได้อธิบายแหล่งถึงกำเนิดสารมลพิษทางอากาศจากรถยนต์ ไว้ว่า กรณีพิจารณาการทำงานของเครื่องยนต์ และระบบการเผาไหม้ของเครื่องยนต์จะพบว่าแหล่งกำเนิดสารมลพิษจากรถยนต์ได้ 3 แหล่ง

2.1 การระเหยจากเชื้อเพลิง (Fuel evaporation gas) ไฮโดรคาร์บอนระเหยออกมาจากส่วนต่างๆ ของเครื่องยนต์ เช่น จากถังน้ำมันและคาร์บูเรเตอร์ ปริมาณจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับอุณหภูมิของบรรยากาศ อุณหภูมิของเครื่องยนต์ และความสามารถในการระเหยของน้ำมัน จากสัดส่วนของ

ไฮโดรคาร์บอนที่ระบายออกทั้งหมดจากเครื่องยนต์ประมาณได้ว่า จะมีไฮโดรคาร์บอนระบายออก 20 % จากระบบนี้ ในเครื่องยนต์เบนซิน สำหรับเครื่องยนต์ดีเซล เมื่อพิจารณาจุดเดือดของน้ำมัน ดีเซลจะพบว่า สูงกว่าอุณหภูมิบรรยากาศมาก และองค์ประกอบของเครื่องยนต์ก็ไม่มีระบบ คาร์บูเรเตอร์จึงไม่มีการระบายออกของไฮโดรคาร์บอน

2.2 การระบายจากห้องเครื่อง (Crank case) จะมีบางส่วนของไอดี ซึมผ่านลูกสูบออกมาใน จังหวะอัดที่อ่างน้ำมันเครื่อง เล็กน้อยในจังหวะกำลัง ซึ่งมักจะเป็นแก๊สไฮโดรคาร์บอนทั้งสิ้น เครื่องยนต์เบนซิน ไฮโดรคาร์บอนจะระบายออกจากระบบนี้ 25 % ของไฮโดรคาร์บอนทั้งหมดที่ ระบายออกจากระบบ ส่วนเครื่องยนต์ดีเซลไฮโดรคาร์บอนจากไอเสียประมาณ 1 % ของ ไฮโดรคาร์บอน ทั้งหมดที่ระบายออกจากเครื่องยนต์ดีเซล

2.3 การระบายออกจากไอเสีย (Exhaust gas) สารมลพิษจากแหล่งนี้เป็นส่วนที่มีอันตราย และมีปริมาณมากที่สุด ซึ่งมาจากผลการสันดาปของเชื้อเพลิงและสารอื่นๆ เช่น ไฮโดรคาร์บอนที่ ยังไม่เผาไหม้และเผาไหม้บางส่วน แก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ที่มาจากการเผาไหม้ไม่สมบูรณ์ ออกไซด์ของไนโตรเจน ที่เกิดจากการเผาไหม้ของไนโตรเจนกับอากาศที่อุณหภูมิสูง และยังมีควัน ดำ อันเป็นลักษณะเฉพาะสำหรับเครื่องยนต์ดีเซลอีกด้วย

### 3. การตรวจวัดสารมลพิษในอากาศจากเครื่องยนต์

ฝ่ายมลพิษทางอากาศจากยานพาหนะ กรมควบคุมมลพิษ (2538) ได้อธิบายระบบเครื่องมือ สำหรับการตรวจวัดสารมลพิษทางอากาศจากยานพาหนะ ไว้ดังนี้

3.1 ระบบ Non-dispersive infrared analyzer: NDIR ตรวจวัดแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) และแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ (CO<sub>2</sub>) หลักการทำงาน โดยอาศัยรังสีอินฟราเรด (Infrared) จะ ดูดกลืนสารต่างชนิดกันได้ไม่เท่ากัน สารต่างชนิดกันจะดูดกลืนรังสีอินฟราเรดที่ความยาวคลื่น ต่างกัน เช่น คาร์บอนไดออกไซด์ (CO<sub>2</sub>) จะดูดกลืนรังสีอินฟราเรดที่ความยาวคลื่น 4 ถึง 4.5 ไมครอน และคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) จะดูดกลืนรังสีอินฟราเรดที่ความยาวคลื่น 4.5 ถึง 5 ไมครอน

การทำงานของเครื่องมือ ลักษณะของเครื่องมือวัดจะประกอบด้วยแหล่งกำเนิดรังสี อินฟราเรดซึ่งมีลักษณะเหมือนกันสองอัน แหล่งกำเนิดรังสีนี้จะฉายรังสีอินฟราเรดผ่านหลอดซึ่ง

บรรจุแก๊สไว้ โดยแหล่งกำเนิดแต่ละอันจะฉายรังสีอินฟราเรดผ่านหลอดแต่ละหลอดแยกกัน หลอดหนึ่งจะบรรจุแก๊สเชื้อไว ซึ่งแก๊สเชื้อไวจะไม่ดูดกลืนรังสีอินฟราเรด ซึ่งหลอดนี้ เรียกว่าหลอดอ้างอิง (Reference Cell) ส่วนอีกหลอดหนึ่งซึ่งแสงอินฟราเรดฉายผ่านนั้นจะปล่อยให้แก๊สไอเสียที่ต้องการวิเคราะห์ไหลผ่าน แก๊สไอเสียจะถูกวิเคราะห์นั้นเรียกว่า แก๊สตัวอย่าง หลอดนี้จึงถูกเรียกว่าหลอดตัวอย่าง (Sample Cell) หลังจากที่รังสีอินฟราเรดได้ฉายผ่านหลอดทั้งสองแล้ว รังสีที่ผ่านออกไปจะถูกตรวจจับโดยตัวตรวจจับ (Detector) ซึ่งได้ติดตั้งไว้ที่ปากทางออกของหลอดทั้งสอง ที่ตัวตรวจจับนี้ภายในจะเป็นห้อง (Chamber) ส่วนที่รับแสงอินฟราเรดจากหลอดอ้างอิงจะเรียกว่าห้องอ้างอิง และส่วนที่รับแสงอินฟราเรดจากหลอดตัวอย่างเรียกว่า ห้องตัวอย่าง (Sample Chamber) ห้องสองห้องนี้มีลักษณะเหมือนกันทุกอย่าง และถูกแยกออกจากกันด้วยแผ่นบาง ๆ ซึ่งยึดหยุ่นได้ แผ่นบางนี้เรียกว่า แผ่นไดอะแฟรม (Diaphragm) ที่ห้องอ้างอิงและห้องตัวอย่างจะถูกบรรจุไว้ด้วยแก๊สซึ่งสามารถจะดูดกลืนรังสีอินฟราเรดไว้ได้

รังสีอินฟราเรดจากแหล่งกำเนิดฉายผ่านหลอดทั้งสองซึ่งในหลอดทั้งสองได้บรรจุแก๊สไว้แล้ว แสงอินฟราเรดที่ออกจากหลอดทั้งสองจะมีปริมาณที่ไม่เท่ากัน ถ้าในหลอดตัวอย่างมีสารที่ต้องการวัดความเข้มข้นอยู่ สารตัวอย่างจะทำการดูดกลืนรังสีอินฟราเรดไป ปริมาณมากน้อยขึ้นอยู่กับปริมาณของสารนั้น ดังนั้น แสงอินฟราเรดที่ออกจากหลอดอ้างอิงจึงมีปริมาณมากกว่าแสงอินฟราเรดที่ออกจากหลอดตัวอย่าง จึงทำให้อุณหภูมิในห้องตัวอย่างต่ำกว่าอุณหภูมิในห้องอ้างอิง ดังนั้นความดันในห้องอ้างอิงจึงสูงกว่าความดันในห้องตัวอย่างด้วย และที่แผ่นไดอะแฟรมได้ติดตั้งปั๊มโลหะไว้ด้วย แต่ปั๊มโลหะนี้จะอยู่กับที่ ไม่เคลื่อนย้ายไปไหน แต่แผ่นไดอะแฟรมจะยืดออกตามความดันแตกต่างที่เกิดขึ้น จึงทำให้เกิดระยะแตกต่างขึ้นระหว่างแผ่นไดอะแฟรมและปั๊มโลหะ ระยะห่างที่แตกต่างกันเมื่อความดันที่แต่ละความดันนี้จะให้ค่าความจุไฟฟ้า (Capacitance) ต่างกันด้วย และจากค่าคาปาซิแตนซ์หรือค่าความจุที่ได้นี้เราสามารถให้แทนค่าความเข้มข้นของสารตัวที่ต้องการวัดได้ แต่ในการทำงานจริงนั้นจะต้องทำให้ค่าความจุที่ปรากฏออกมาเป็นสัญญาณแบบสลับ (Alternating Signal) เสียก่อน เพื่อจะนำไปเข้าเครื่องขยายสัญญาณได้ การจะทำให้สัญญาณกลายเป็นสัญญาณสลับก็สามารถทำได้โดยติดตั้งไบพัด เพื่อเอาไว้ตัดลำแสงอินฟราเรดจากแหล่งกำเนิดทั้งสองอันไม่ให้ฉายเข้าไปในหลอดทั้งสองหลอด อุณหภูมิและความดันในห้องของตัวตรวจจับก็จะลดลงสู่สภาวะเหมือนไม่มีสารอะไรในหลอดทั้งสองหลอด ค่าความจุก็แสดงตามนั้นแล้วไบพัดก็จะหมุนปล่อยในลำแสงอินฟราเรดฉายตามปกติอีก สัญญาณความจุก็จะเพิ่มขึ้น ไบพัดนี้จะต่อเข้ากับมอเตอร์ไฟฟ้า ทำให้หมุนอยู่เช่นนี้ตลอดการวัดสัญญาณความจุที่ได้จึงได้ออกมาเป็นสัญญาณสลับ

การปรับแต่ง การปรับแต่งสามารถทำได้โดยทำการผ่านแก๊สซึ่งทราบความเข้มข้นเข้าไปที่หลอดตัวอย่าง แล้วจึงทำการปรับสเกลและปรับศูนย์ด้วยแก๊สที่ทราบความเข้มข้น สามารถสร้างกราฟสำหรับปรับแต่ง (Calibration curve) ขึ้นมาได้ ในทางปฏิบัติกราฟจะถูกเขียนระหว่างจุดสองจุดและจะสมมุติว่าเป็นกราฟเส้นตรง โดยการ interpolation แบบเส้นตรง ความยาวของหลอดจะถูกเลือกค่านั้นสเกลจะอยู่ในช่วงเส้นตรงของความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นและการดูดกลืนพลังงาน

ความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานที่ตกกระทบและพลังงานที่ถูกดูดกลืน ความยาวของหลอดและความเข้มข้นของสารที่ต้องการวัด ดังสมการ

$$E_a = E_i(1 - e^{-kcl})$$

เมื่อ  $E_a$  = พลังงานที่ถูกดูดกลืน  
 $E_i$  = พลังงานที่ตกกระทบ  
 $k$  = ค่าคงที่ของการดูดกลืน  
 $c$  = ความเข้มข้นของสารที่สนใจ  
 $L$  = ความยาวของหลอดบรรจุแก๊ส

3.2 ระบบ Flame ionization detector: FID ตรวจวัดแก๊สไฮโดรคาร์บอน (HC) หลักการทำงาน ใช้หลักการที่ว่า เมื่อเผาไฮโดรคาร์บอนบริสุทธิ์ (Pure  $H_2$ ) กับอากาศ เปลวไฟที่ได้จะมีการแตกตัว (Ionization) น้อยมาก ถ้ามีโมเลกุลของไฮโดรคาร์บอนรวมเข้าไปเพียงเล็กน้อยเท่านั้น การแตกตัวเพิ่มขึ้นอย่างมหาศาล การแตกตัวจะเป็นสัดส่วนกับจำนวนคาร์บอนอะตอมโมเลกุลของไฮโดรคาร์บอน ไฮโดรคาร์บอนทุกชนิด พาราฟิน (Paraffin) โอลีฟิน (Olefin) อะโรเมติก (Aromatic) ฯลฯ จะมีผลตอบสนองกับการวัดได้เท่าๆ กัน แต่จะต่างกับพื้นที่ถ้าโมเลกุลของไฮโดรคาร์บอนนี้ประกอบด้วยอะตอมของออกซิเจนและอะตอมของไนโตรเจน

การทำงานของเครื่องมือ อุปกรณ์ต่างๆ ของระบบวิเคราะห์ FID จะประกอบไปด้วยส่วนของเครื่องเผา ตัวรวบรวมประจุ (Ion Collector) และวงจรไฟฟ้าเครื่องเผาจะประกอบด้วยหลอดคาปิลารี (Capillary) ซึ่งแก๊สตัวอย่างและของผสมของไนโตรเจนและไฮโดรเจนบริสุทธิ์จะถูกนำมาใช้ อากาศที่ใช้ในการสันดาปจะถูกนำมาจากรอบๆ หลอดคาปิลารี เมื่อผสมได้เข้ากันดีแล้ว ส่วนผสมนี้จะถูกเผาโดยเส้นลวดร้อน ซึ่งได้ติดตั้งอยู่ที่ส่วนบนสุดของเครื่องเผา

ตัวรวมประจุและหลอดคาปิลารีจะถูกต่อเข้ากับวงจรไฟฟ้า สนามไฟฟ้าสถิตในบริเวณที่เกิดเปลวจะถูกผลิตขึ้นโดยแบตเตอรี่ซึ่งมีขั้วบวกลบ มันจะทำให้ประจุหรืออิเล็กตรอนวิ่งไปที่เปลว และประจุบวกวิ่งไปหาตัวรวบรวมประจุ สัญญาณกระแสไฟฟ้าแบบกระแสตรงที่ได้ จะเป็นสัดส่วนกับจำนวนประจุที่เกิดขึ้นสัญญาณแบบกระแสตรง จะถูกทำให้กลายเป็นกระแสสลับ เพื่อทำการขยายสัญญาณขึ้นแล้ว กระบวนการซึ่งทำให้อ่านออกมาได้เป็นค่าความเข้มข้นของไฮโดร คาร์บอน ในแก๊สไอเสียต่อไป

ระบบการไหล ความไวของระบบ FID จะมีผลโดยอัตราการไหลของแก๊สตัวอย่างและ ส่วนผสมของไฮโดรเจนกับไนโตรเจน วิธีหนึ่งที่จะใช้ในการควบคุมอัตราการไหลของแก๊สแต่ละ ชนิด คือ ปลดปล่อยแก๊สแต่ละชนิดไหลผ่านหลอด capillary อัตราการไหลจะขึ้นอยู่กับพื้นที่หน้าตัด ของหลอด capillary เพื่อให้ได้ผลดีหลอด capillary ควรจะสะอาดและความดันที่เกิดขึ้นใน capillary ควรคงที่และควรได้รับการควบคุมด้วย เนื่องจาก FID มีความไวต่ำมากกับไอน้ำ จึงมีความจำเป็นที่ จะต้องทำการควบแน่น  $H_2O$  ก่อน เพื่อป้องกันการอุดตันของระบบ ซึ่งเป็นผลให้เกิดความผิดพลาด ขึ้นได้เนื่องไม่ได้รับความร้อนใน FID หัวเผาและหลอดตัวอย่างซึ่งจะถูกให้ความร้อนขึ้นไปถึง 350-400 องศาฟาเรนไฮต์ สิ่งเหล่านี้จะลดการควบแน่นของไฮโดรคาร์บอน ซึ่งในแก๊สตัวอย่างอาจ กลายเป็นไอน้ำในระบบขึ้นได้

3.3 ระบบ Chemi luminescent dectector: CLD การตรวจวัดแก๊สออกไซด์ของไนโตรเจน ( $NO_x$ ) หลักการทำงานของเครื่องมือ Chemi luminescent dectector ตัวอย่างซึ่งประกอบด้วย  $NO$  จะ ไหลเข้าสู่กระบอกซึ่งสวมเข้ากับ Flow reactor ซึ่งมีความดันต่ำ โดยทั่วๆ ไปจะมีค่าประมาณ 5-7 torr ขณะเดียวกัน Ozone ซึ่งจะถูกผลิตขึ้นใน Ozonator จะถูกดันเข้าสู่ Reactor และผสมกันอย่างดี กับ  $NO$  ตัวอย่างในบริเวณที่ใกล้กับตัวตรวจจับปฏิกิริยาระหว่าง  $NO$  และ  $O_3$  จะเกิดขึ้นซึ่งได้ผลิต โมเลกุลของ  $NO_2$  บางตัวที่ถูกกระตุ้นทางอิเล็กตรอนออกมา การสลายตัวเข้าสู่สภาพเดิมของโมเลกุล ที่ถูกกระตุ้นจะปล่อยแสงในช่วงความยาวคลื่น 0.6-3 ไมครอน และถูกตรวจจับโดย Photomultiplier สัญญาณจะถูกขยายและส่งผ่านไปยังตัวบันทึก

#### 4. เชื้อเพลิงและการเผาไหม้

พลพร (2537) ได้อธิบายถึง เชื้อเพลิงสำหรับเครื่องยนต์เผาไหม้ภายใน คุณสมบัติของเชื้อเพลิง และกระบวนการเผาไหม้ ดังนี้

4.1 เชื้อเพลิงสำหรับเครื่องยนต์เผาไหม้ภายในเป็นสารผสมไฮโดรคาร์บอน ที่มีโมเลกุลและน้ำหนักต่าง ๆ กัน สารผสมไฮโดรคาร์บอน นี้ได้จากการกลั่นน้ำมันดิบปิโตรเลียม ซึ่งสามารถแบ่งน้ำมันดิบเป็น 2 ชนิดคือเป็น Paraffin base หรือ Naptha base ในการกลั่นแยกส่วนต่างๆ ออกนั้น อาศัยสารไฮโดรคาร์บอน ที่มีจุดเดือดต่างกัน ส่วนเบาที่มีจุดเดือดต่ำกว่า เช่น  $C_4H_{10}$  (Butane)  $C_3H_8$  (Propane)  $C_2H_6$  (Ethane) จะแยกออกมาก่อน แล้วต่อมาก็จะเป็นแก๊สโซลีน แนปทา คีโรซีน ดีเซล น้ำมันหล่อลื่น และขี้ผึ้งหรือยางมะตอย

4.2 คุณสมบัติของเชื้อเพลิง ที่ใช้ส่วนใหญ่จะเป็นสารประกอบของไฮโดรคาร์บอน ประกอบด้วย

4.2.1 ค่าความร้อน (Heating value) คือ ปริมาณความร้อนที่เชื้อเพลิงให้หลังจากการเผาไหม้ต่อหนึ่งหน่วยน้ำหนัก ซึ่งอาจหาได้โดยใช้ Gas calorimeter หรือ Bomb calorimeter ค่าความร้อนที่ทดลองได้จาก Calorimeter จะเป็นค่าความร้อนสูงกว่า (Higher heating value) สำหรับในการใช้งานมักจะใช้ค่าความร้อนต่ำกว่า (Lower heating value) มาใช้ในการคำนวณ

4.2.2 ความสามารถในการระเหย (Volatility) คือ ความสามารถในการระเหยต่ออุณหภูมิของเชื้อเพลิงไฮโดรคาร์บอน คุณสมบัติของการระเหยต่ออุณหภูมินี้มีความสำคัญต่อการใช้งานคือ เชื้อเพลิงส่วนที่ระเหยเท่านั้นจึงจะเกิดการสันดาป อุณหภูมิในการใช้งานของเครื่องยนต์มีค่าต่างๆ กัน จึงจำเป็นต้องเลือกเชื้อเพลิงที่เหมาะสมกับอุณหภูมินั้นๆ เพื่อให้เกิดการสันดาปที่สมบูรณ์

4.2.3 เลขออกเทน (Octane number) คือ ตัวเลขบอกความต้านทานต่ออุณหภูมิ และความดันในการติดไฟ ถ้าความดันและอุณหภูมิสูงก็เรียกว่า เชื้อเพลิงนั้นมี Octane number สูง โดยเทียบกับเชื้อเพลิง Iso-octane  $C_8H_{18}$  ซึ่งมี Octane No. = 100 และเชื้อเพลิง Normal-heptane  $C_7H_{16}$  ซึ่งมี Octane No. = 0 การทำให้น้ำมันเบนซิน Gasoline มีค่า Octane สูงขึ้น มักจะใช้สารเติมแต่ง เช่น Methyl tertiary butyl ether (MTBE) และเอทานอล

4.2.4 เลขซีเทน (Cetane number) คือ ตัวเลขที่บอกว่าในความดันและอุณหภูมิหนึ่งๆ เชื้อเพลิงจะสามารถติดไฟได้เร็วแค่ไหน โดยเฉพาะน้ำมันดีเซล โดยเทียบกับน้ำมัน Cetane  $C_{16}H_{34}$  จะมี Cetane No. = 100 และน้ำมัน Alpha methyl-naphthalene  $C_{11}H_{10}$  ซึ่งมี Cetane No. = 0

4.2.5 จุดวาบไฟ (Flash point) คือ อุณหภูมิที่เชื้อเพลิงสามารถจะให้ไอ และติดไฟวาบขึ้นได้

4.2.6 จุดติดไฟ (Fire point) คือ อุณหภูมิที่เชื้อเพลิงสามารถจะให้ไอ และติดไฟต่อไปได้เอง

4.2.7 ความถ่วงจำเพาะ คือ น้ำหนักของน้ำมันต่อปริมาตรของน้ำที่อุณหภูมิเดียวกัน ธรรมดาทั่วไปนิยมใช้เป็น API Gravity (American Petroleum Institute) ซึ่งหาจาก  $API\ Gravity = 141.5 / (Sp. Gr. At\ 60F/60F) - 131.5$  โดยทั่วไป ถ้า API Gravity สูงน้ำมันนั้นจะมีค่าซีเทนสูงด้วย

4.2.8 ปริมาณกำมะถัน คือ ปริมาณกำมะถันที่มีในเชื้อเพลิง ถ้าปริมาณกำมะถันมากจะทำให้โทษกับเครื่องยนต์ โดยที่กำมะถันทำปฏิกิริยากับออกซิเจน และน้ำจะกลายเป็นกรดกำมะถัน ซึ่งจะกัดโลหะให้ผุกร่อนไป

4.2.9 Carbon residue คือ ปริมาณคาร์บอนที่ยังเหลือในเชื้อเพลิงหลังจากเผาไหม้แล้ว อาจจะเป็นเพราะปริมาณอากาศ หรือออกซิเจนไม่พอ หรือเพราะภาวะที่ไม่เหมาะสม ทำให้เกิดการสันดาปที่ไม่สมบูรณ์และมีปริมาณคาร์บอนเหลืออยู่จะเป็นรูปของคาร์บอน หรือสารประกอบก็ได้

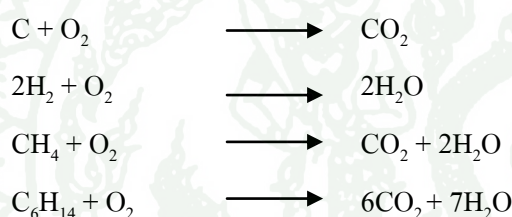
4.2.10 Ash คือ ขี้เถ้าที่เหลือหลังจากเผาเชื้อเพลิงแล้ว ถ้าเชื้อเพลิงใดมีขี้เถ้ามาก ก็ต้องมีกระบวนการขจัดขี้เถ้า ดังนั้น จึงไม่เหมาะสมที่จะนำมาใช้ในเครื่องยนต์สันดาปภายใน

4.3 กระบวนการเผาไหม้ คือ การเกิดการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงอาจเป็นเชื้อเพลิงแข็ง เหลว หรือแก๊สก็ได้ หลังจากการเผาไหม้แล้วก็จะให้พลังงานความร้อนออกมา ซึ่งจะนำไปแปลงเป็นพลังงานรูปอื่นตามต้องการ ในกระบวนการสันดาป ต้องหาวิธีที่ทำได้ง่าย และหลังสันดาปแล้วให้พลังงานมากและสามารถจะควบคุมพลังงานนั้นได้ด้วย ในการเกิดการสันดาป เป็นการเกิดปฏิกิริยาทางเคมีของสารขึ้น ซึ่งมี 2 แบบ ได้แก่ Exothermic Reaction คือ การเกิดปฏิกิริยาทางเคมีแล้วมีการคาย หรือ

จ่ายพลังงานออกจากกระบวนการ และ Endothermic Reaction คือ การเกิดปฏิกิริยาทางเคมีโดยมีการดูดพลังงานความร้อนเข้าไปเพื่อทำปฏิกิริยา

4.3.1 อากาศ ในการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงนั้น จำเป็นต้องมีออกซิเจนเข้าช่วยในการทำปฏิกิริยา ออกซิเจนที่นำมาใช้ในกระบวนการก็มักจะเป็นออกซิเจนจากอากาศธรรมดาทั่วไป นอกจากจะมีออกซิเจนแล้ว ยังมีสารอื่นปนอยู่ด้วยคือ ไนโตรเจน อาร์กอน ฮีเลียม คริปตอน ซีนอน คาร์บอนไดออกไซด์ และไอน้ำ แต่ส่วนผสมส่วนใหญ่จะเป็น  $O_2$  และ  $N_2$  ส่วนสารอื่นๆ ดังกล่าวข้างต้นนั้นมีน้อยมาก

4.3.2 สมการของการเผาไหม้ การเผาไหม้ของเชื้อเพลิงก็ใช้ปฏิกิริยาเคมี โดยเขียนสมการเคมีขึ้นแล้วก็ Balance สมการให้เกิดการสมดุลกัน เช่น



ก. กระบวนการเผาไหม้จะใช้อากาศโดยตรงเข้าไปช่วยในการเผาไหม้โดยไม่แยก  $N_2$  ออก ด้วยเหตุที่  $N_2$  เป็นแก๊สเฉื่อย ไม่เกิดปฏิกิริยากับเชื้อเพลิง แต่ก็มีผลเสียคือ ทำให้เกิดปฏิกิริยาข้างลงเนื่องจากกีดขวางทางในการทำปฏิกิริยาทางเชื้อเพลิงกับ  $O_2$  นอกจากนั้น  $N_2$  ยังดูดเอาความร้อนที่เกิดจากการเผาไหม้ไปด้วย ทำให้อุณหภูมิของการเผาไหม้ลดลง

ข. การเผาไหม้ของเชื้อเพลิงในอุปกรณ์ที่ใช้ในปัจจุบันจะไม่ต้องการให้เกิดปฏิกิริยาเร็วและไม่ต้องการให้อุณหภูมิสูงเกินไป เพราะจะทำให้การควบคุมพลังงานที่ได้ยากแล้ว อุณหภูมิสูง ยังจะทำให้ชิ้นส่วนต่าง ๆ ที่เป็นโลหะเกิดการเสียหายได้ จึงเป็นการเหมาะสมที่จะใช้อากาศธรรมดาเข้าไปช่วยในการสันดาปของเชื้อเพลิง

## 5. การเผาไหม้และการเกิดสารมลพิษในเครื่องยนต์เบนซิน

พูลพร (2537) ได้อธิบายถึงเครื่องยนต์เบนซินหรือที่เรียกว่า Gasoline Engine ไว้ว่าเป็นเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันเบนซิน (Gasoline) หรือแก๊สหุงต้ม (Liquified Petroleum Gas-LPG) เป็นเชื้อเพลิง การจุดระเบิดต้องใช้หัวเทียนในการช่วยจุดไฟ ให้อัตราส่วนจะเป็นสารผสมของเชื้อเพลิง และอากาศที่มีอัตราส่วนเหมาะสม ก่อนถูกดูดเข้าเครื่องยนต์ ไม่ว่าจะเป็นน้ำมันเบนซินหรือแก๊สหุงต้ม เป็นสารผสมของไฮโดรคาร์บอน คือ มีธาตุ C และ H เพียงแต่ส่วนผสมต่างกัน ในน้ำมันเบนซินทั่ว ๆ ไปใน ตลาดจะมีส่วนผสมต่างกันไปเล็กน้อย ขึ้นอยู่กับกระบวนการกลั่น

น้ำมันเบนซินจะประกอบด้วยไฮโดรคาร์บอนอิ่มตัว (Saturated Hydrocarbon) ร้อยละ 45-60 อะโรมาติกไฮโดรคาร์บอน (Aromatic Hydrocarbon) ร้อยละ 30-50 และโอเลฟินไฮโดรคาร์บอน (Olefin Hydrocarbon) ร้อยละ 5-10 น้ำมันเบนซินจะเป็นของเหลว เมื่อถูกดูดผ่านเข้าคาร์บูเรเตอร์จะกลายเป็นไอผสมกับอากาศเป็นสารผสมอย่างดีก่อน เข้าเครื่องยนต์ ส่วนแก๊สหุงต้มนั้นเป็นสารผสมของโพรเพน ( $C_3H_8$ ) และบิวเทน ( $C_4H_{10}$ ) ที่ขายตามท้องตลาดจะมีอัตราส่วนต่างกันอย่างมากมาย ปริมาณของโพรเพนผสมอยู่ตั้งแต่ร้อยละ 10-90 กรณีปริมาณโพรเพนยิ่งมาก ค่าความร้อนของแก๊สก็จะสูงขึ้น แก๊สหุงต้มที่ใช้ในรถยนต์นั้นจะมีสถานะเป็นของเหลวโดยการอัดเพื่อสะดวกในการเก็บและขนย้าย ก่อนจะนำแก๊สนี้ผสมกับอากาศในคาร์บูเรเตอร์ จะต้องผ่านหม้อต้ม (Vaporizer) เพื่อให้เป็นไอก่อนจะได้สารผสมที่เป็นเนื้อเดียวกัน

ส่วนผสมของอากาศและเชื้อเพลิงที่เหมาะสมจากคาร์บูเรเตอร์จะถูกดูดเข้าห้องเผาไหม้แล้วถูกอัดจนถึงอัตราส่วนกำลังอัดที่กำหนด หัวเทียนก็จะช่วยจุดทำให้เกิดระเบิดและเกิดการสันดาปขึ้น

5.1 การเผาไหม้ในเครื่องยนต์เบนซิน การสันดาปในเครื่องยนต์เบนซินจะมีประสิทธิภาพดีและให้สารมลพิษที่เป็นพิษน้อยนั้น มีปัจจัยที่จะต้องควบคุมหลายตัว และบางตัวจะมีความสัมพันธ์หรือผลกระทบต่อกัน นอกจากนั้นรูปแบบห้องเผาไหม้ จังหวะการจุดระเบิด และตัวแปรต่าง ๆ ของเครื่องยนต์ยังมีผลกระทบต่อการสันดาปด้วย ซึ่งในทางปฏิบัติจะต้องพิจารณาแต่ละค่าให้เหมาะสมเพื่อให้ได้ประสิทธิภาพสูงสุดโดยมีสารมลพิษที่อยู่ในขีดจำกัดด้วย

5.1.1 อัตราส่วนอากาศและน้ำมัน การจุดระเบิดและการสันดาปที่ดินั้น จะมีผลเนื่องมาจากอัตราส่วนของอากาศและเชื้อเพลิงมาก โดยเฉพาะต้องอยู่ในช่วงที่เหมาะสม ซึ่งมีผลกระทบโดยตรงต่อการลามของเปลวและอุณหภูมิของเปลว การลามของเปลวในเครื่องยนต์

เบนซินที่เหมาะสมนั้น จะต้องมีอัตราส่วนอากาศต่อเชื้อเพลิง (น้ำมันเบนซิน) ในช่วง 10-17 อุณหภูมิเปลวสูงสุดนั้นจะเกิดเมื่อส่วนผสมหนาเล็กน้อย คืออยู่ในช่วงประมาณ 13.5 หรือ 14 (ส่วนผสมที่พอดี นั้น ประมาณ 14.6 ขึ้นอยู่กับกระบวนการกลั่นของน้ำมันจากโรงกลั่น) และอุณหภูมิเปลวจะลดลงเมื่อส่วนผสมหนาขึ้นหรือบางลง และอุณหภูมิจะต่ำสุดเมื่อถึงอัตราส่วนของสารผสมน้ำมันและอากาศที่เปลวไม่สามารถจะลามต่อไป ความเร็วสูงสุดของเปลวจะเกิดที่อัตราส่วนของอากาศและเชื้อเพลิงต่ำกว่า อยู่ในช่วงประมาณ 12 หรือ 13 และจะลดลงไม่ว่าอัตราส่วนจะเพิ่มขึ้นหรือลดลงตามแบบกราฟของอุณหภูมิ สำหรับกำลังจากเครื่องยนต์นั้นจะเพิ่มหรือลดตามกราฟของความเร็วของอุณหภูมิเปลว

5.1.2 การผสมและการแจกจ่ายส่วนผสม (Formation and Distribution) เครื่องยนต์เบนซินทั่วไปโดยเฉพาะที่ใช้ในรถยนต์ จะต้องสามารถปรับตัวให้เข้ากับความเร่งและภาระตามที่ต้องการ คาร์บูเรเตอร์จะทำหน้าที่ผสมเชื้อเพลิงและอากาศให้หนาหรือบาง เพื่อให้เครื่องยนต์ทำงานได้ตามต้องการ กำลังของเครื่องยนต์จะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับปริมาณเชื้อเพลิงในส่วนผสม ซึ่งถูกควบคุมโดยสูญญากาศจากกระบอกสูบ ชิ้นส่วนที่ทำหน้าที่ควบคุมสูญญากาศจากกระบอกสูบ คือ ลิ้นผีเสื้อ (Throttle) ในคาร์บูเรเตอร์

5.2 สารมลพิษจากเครื่องยนต์เบนซิน เชื้อเพลิงที่ใช้ในเครื่องยนต์เบนซินจะเป็นน้ำมันเบนซินหรือแก๊สหุงต้มก็ได้ ซึ่งเชื้อเพลิงจะถูกดูดเข้าไปในคาร์บูเรเตอร์ผสมกับอากาศเป็นอย่างดี แล้วจึงแจกจ่ายต่อไปยังห้องเผาไหม้ในกระบวนการเผาไหม้  $\text{CO}_2$  และ  $\text{H}_2\text{O}$  จะเกิดขึ้นแต่เนื่องจากในอากาศมีปริมาณ  $\text{N}_2$  อยู่ร้อยละ 79 ในสภาวะที่อุณหภูมิสูงก็อาจทำให้เกิด  $\text{NO}_x$  ได้ (ส่วนใหญ่จะเป็น  $\text{NO}$  และ  $\text{NO}_2$ )  $\text{CO}$  ก็อาจเกิดได้เนื่องจากการสันดาปที่ไม่สมบูรณ์ แต่ถ้า  $\text{O}_2$  เพิ่มขึ้น ก็จะเปลี่ยนเป็น  $\text{CO}_2$  ต่อไป ในขณะเดียวกัน  $\text{HC}$  ก็อาจเกิดขึ้นได้หากการสันดาปไม่สมบูรณ์ และจะปล่อยออกมาในจังหวะคาย ดังนั้น ไอเสียจะมีส่วนประกอบต่างกันขึ้นอยู่กับกระบวนการเผาไหม้ และปัจจัยอื่นๆ ที่สัมพันธ์กัน ส่วนประกอบของไอเสียในขณะที่มีอัตราส่วนอากาศต่อเชื้อเพลิงอย่างดี (Stoichiometric) และเผาไหม้ตามปกติ

5.2.1 คาร์บอนมอนอกไซด์ ความเข้มข้นของ  $\text{CO}$  ในภาวะสมดุล (Equilibrium คือ อุณหภูมิความดันคงที่ที่ขณะหนึ่ง) จะลดลงอย่างรวดเร็วหากเพิ่มอัตราส่วนอากาศต่อเชื้อเพลิง และอุณหภูมิของแก๊สที่เผาไหม้ก็จะลดลง และหากปฏิกิริยาทางเคมีสมดุล ความเข้มข้นของ  $\text{CO}$  ที่อุณหภูมิไอเสียจะต่ำเมื่อส่วนผสมบางและจะมีปริมาณ  $\text{O}_2$  เหลือ แต่ความจริงแล้ว ความเข้มข้นของ  $\text{CO}$  ไม่เป็นไปตามภาวะสมดุล  $\text{CO}$  จะเข้มข้นกว่า ทำให้อุณหภูมิและความดันของไอเสียไม่เป็นไป

ตามอัตราส่วนอากาศและเชื้อเพลิง เนื่องจากความเร็วในการ Oxidize ของ CO หยุตไป จึงทำให้เกิด CO เพิ่มขึ้นมากจนหะคายของลูกสูบ

5.2.2 ไฮโดรคาร์บอน ที่อุณหภูมิสูง ความเร็วในการ Oxidize ของ HC จะเร็วมาก HC ที่เกิดในไอเสียเนื่องจากการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์โดยเฉพาะส่วนผสมหนา สาเหตุของ HC ที่ไม่เผาไหม้นั้น ก่อนข้างขุ่นยาก ธรรมดาผนังห้องเผาไหม้จะมีอุณหภูมิต่ำ และเปลวจะไม่ลามไปที่ที่มีส่วนผสมน้อย (ตรงบริเวณผนังห้องเผาไหม้) ดังนั้นส่วนผสมตรงนั้นจะไม่เผาไหม้ และยังคงเป็น HC อยู่และเคลื่อนที่ออกจากผนังในจังหวะคายและผสมกับแก๊สที่เผาไหม้แล้วที่อุณหภูมิสูง และหากยังมีปริมาณ  $O_2$  เหลือในกระบอกสูบมากจะเห็นว่ายังเผาไหม้ได้ต่อไป และหากอุณหภูมิไอเสียสูงการเผาไหม้อาจเผาไปเรื่อย ๆ จนวาล์วไอเสียเปิดแล้วยังเผาต่อไปในท่อไอเสีย อย่างไรก็ตามปริมาณ HC จะเพิ่มขึ้นกรณีอัตราส่วนอากาศต่อเชื้อเพลิงลดลงเพราะปริมาณ  $O_2$  ช่วยในการเผาไหม้ไม่เพียงพอ

5.2.3 ออกไซด์ของไนโตรเจน ( $NO_x$ ) ออกไซด์ของไนโตรเจนจากเครื่องยนต์เบนซิน ส่วนใหญ่จะเป็นสารประกอบของ NO และ  $NO_2$  เล็กน้อย และหาก NO ถูกปล่อยออกไปในอากาศจะ Oxidize ต่อไป เป็น  $NO_2$  ความเข้มข้นของ NO ในไอเสียขึ้นโดยตรงกับอุณหภูมิสูงสุดของการสันดาปและอัตราส่วนอากาศต่อเชื้อเพลิง ความเข้มข้นของ NO ที่ภาวะสมดุลระหว่างการเผาไหม้แบบปริมาตรคงที่นั้นจะสูงสุดที่อัตราส่วนอากาศต่อเชื้อเพลิง (เบนซิน) = 18 ไม่รวมการสูญเสียความร้อนไป กรณีใช้ส่วนผสมหนาจะเห็นว่าปริมาณ NO ลดลงเร็วมาก ความเข้มข้นของ NO ในไอเสียจากเครื่องยนต์จริงจะสูงกว่ามากไม่เป็นไปตามภาวะสมดุล เป็นผลกระทบต่อดัชนีความดันระหว่างจังหวะคายด้วยความเร็วของการ Oxidize ของ NO จะช้ามาก กรณีส่วนผสมบางส่วนอยู่ในภาวะอุณหภูมิสูงนานเกินไป NO เกิดขึ้นเรื่อยๆ แก๊สที่เผาไหม้แล้วจนถึงขีดสูงสุดของความเข้มข้นในภาวะสมดุล หลังจากนั้น NO จะแตกตัวในจังหวะคาย ความเข้มข้นจะลดลงไปเล็กน้อย อย่างไรก็ตามการแตกตัวของ NO ช้ามาก ความเข้มข้นลดลงน้อยมากเทียบกับอุณหภูมิที่ลด ปริมาณ NO ที่ออกในไอเสียจึงสูง

5.3 ปัจจัยที่มีผลต่อสารมลพิษจากเครื่องยนต์เบนซิน ปัจจัยที่มีผลต่อสารมลพิษทั้งปริมาณและอัตราส่วนนั้นส่วนใหญ่มักมีความสัมพันธ์กัน ในการพิจารณาจะเน้นเฉพาะส่วนที่มีผลกระทบจริงๆ สำหรับความสัมพันธ์และผลกระทบของปัจจัยต่างๆ ต่อกันนั้นจะสรุปพอเป็นสังเขป

5.3.1 อัตราส่วนผสม (อากาศต่อเชื้อเพลิง) โดยทั่วไปความเข้มข้นของสารมลพิษจากไอเสียแปรตามส่วนผสม และสามารถพูดได้ว่าสารมลพิษ CO แปรตามอัตราส่วนผสมโดยตรง ปัจจัยอื่นมีผลน้อยมาก แต่ปริมาณ HC และอัตราเชื้อเพลิงจำเพาะจะเพิ่มถ้าส่วนผสมบางไป เนื่องจากการลามของเปลวไฟที่ไม่สมบูรณ์และการเผาไหม้ที่ผิดเวลา ปริมาณ NO จะสูงที่สุดที่ส่วนผสม 16 และจะลดลงอย่างรวดเร็วหากส่วนผสมหมดหรือบางกว่านี้

5.3.2 เวลาจุดระเบิดต่ำ เวลาจุดระเบิดต่ำความเข้มข้นของ  $\text{NO}_x$  จะลดลงอย่างรวดเร็ว จากค่าอัตราส่วนพอดี ในเครื่องยนต์ทั่วไปที่ไม่มีอุปกรณ์ควบคุมสารมลพิษ หากตั้งการจุดระเบิดต่ำไป  $10^\circ\text{CA}$  ความเข้มข้นของ  $\text{NO}_x$  จะลดลงร้อยละ 30-40 และกำลังขาออกลดลงด้วย อัตราการเกิด  $\text{NO}_x$  จะลดลงร้อยละ 20 อัตราการเกิด  $\text{NO}_x$  เป็นผลจากอุณหภูมิของการสันดาปและการบำรุงรักษา ระบบจุดระเบิดการเกิด  $\text{NO}_x$  จะลดลงเร็วกว่าทางด้านของส่วนผสมหนา การจุดระเบิดต่ำจะลดปริมาณ HC ด้วย เนื่องมาจากเผาไหม้ไม่ทันทำให้เผาต่อไปในจังหวะคายและอาจเผาต่อไปในท่อไอเสีย อุณหภูมิไอเสียอาจเพิ่มขึ้น ดังนั้นหากส่วนผสมบางปริมาณ HC จะต่ำ

5.3.3 สภาวะไอดี อุณหภูมิไอดีสูงจะทำให้เพิ่ม  $\text{NO}_x$  และทำให้อากาศเข้าห้องเผาไหม้บางลงทำให้กำลังตกด้วย สำหรับผลกระทบของอุณหภูมิไอดีต่อ HC นั้นน้อยมาก แต่ความดันไอดีต่ำจะลดปริมาณ  $\text{NO}_x$  แต่เพิ่ม HC ความชื้นในอากาศมากจะมีผลทำให้  $\text{NO}_x$  ลดเนื่องจากทำให้อุณหภูมิเปลวต่ำลงจะเห็นได้ชัดขึ้นหากส่วนผสมบาง

5.3.4 แก๊สค้าง หากมีแก๊สค้างในกระบอกสูบมาก จะทำให้อุณหภูมิแก๊สที่เผาไหม้ต่ำลง ปริมาณ HC จะเพิ่มและเกิด  $\text{NO}_x$  ด้วย ในเครื่องยนต์ 2 จังหวะจะเห็นว่าปริมาณ  $\text{NO}_x$  น้อย เพราะการค้างจะมีมากในกระบอกสูบอยู่แล้ว

5.3.5 ความดันกลับจากไอเสีย ความดันกลับจากไอเสียออกไม่สะดวก หรือออกไม่ทัน จะทำให้เกิดความดันกลับขึ้น ทำให้มีแก๊สค้างในกระบอกสูบมากขึ้น ลดปริมาณ  $\text{NO}_x$  แต่มีผลต่อ HC น้อยมาก

5.3.6 อุณหภูมิน้ำหล่อเย็น อุณหภูมิน้ำหล่อเย็นสูงขึ้นจะช่วยลด HC ได้เล็กน้อย แต่ขณะเดียวกันก็เพิ่มปริมาณ  $\text{NO}_x$

5.3.7 ข้อมูลจำเพาะของเครื่องยนต์ รูปแบบห้องเผาไหม้ที่มีอัตราส่วนพื้นที่ผิวของผนังต่อปริมาตรห้องเผาไหม้ไม่มาก จะทำให้ปริมาณ HC ต่ำ ปริมาณ  $\text{NO}_x$  มาก ทั้งนี้ขึ้นกับตำแหน่งของการวางหัวเทียนด้วย อัตราส่วนกำลังอัดสูงจะให้กำลังดีและประสิทธิภาพสูง บางกรณีอัตราส่วนกำลังสูงจะเพิ่ม HC และลด  $\text{NO}_x$  แต่หากใช้ส่วนผสมบาง ปริมาณ  $\text{NO}_x$  จะเพิ่มขึ้น ปริมาตรช่วงชักเพิ่มจะลด HC และเพิ่ม  $\text{NO}_x$  ทำนองเดียวกับอัตราส่วนช่วงชักต่อเส้นผ่าศูนย์กลาง

5.3.8 สภาพการใช้งาน ความเร็วรอบของเครื่องยนต์มีผลต่อ CO HC และ  $\text{NO}_x$  น้อยมากภาระสูงจะให้  $\text{NO}_x$  มาก ภาระต่ำ รอบต่ำจะให้ HC และ CO สูง ความเข้มข้นของ  $\text{NO}_x$  จะเปลี่ยนแปลงไปตามความเร็วรอบและกำลังเพลลา และแปรตามส่วนผสมและเวลาจุดระเบิดด้วย

5.3.9 ชนิดของเชื้อเพลิง เครื่องยนต์เบนซินที่ใช้ LPG เป็นเชื้อเพลิงจะให้ HC ต่ำกว่าเครื่องที่ใช้เบนซินมาก และ  $\text{NO}_x$  ก็สูงกว่มาก ทั้งนี้เพราะ LPG สามารถผสมเป็นเนื้อเดียวกับอากาศได้ดี การลุกไหม้สมบูรณ์กว่า จึงไม่มี HC เหลือมากนัก และการเผาไหม้ที่ดีก็จะเพิ่มอุณหภูมิแก๊สเผาไหม้ ทำให้ปริมาณ  $\text{NO}_x$  เพิ่มขึ้น

## 6. การเผาไหม้และการเกิดสารมลพิษในเครื่องยนต์ดีเซล

พลพร (2537) ได้อธิบายถึงกระบวนการเผาไหม้ในเครื่องยนต์ดีเซลและเครื่องยนต์เบนซินนั้น ว่าแตกต่างกันมาก ในเครื่องยนต์เบนซินสารผสมของอากาศกับเชื้อเพลิงจะถูกดูดเข้าในจังหวะดูด และสารผสมนี้จะถูกอัดจนถูกสูบเคลื่อนที่จนเกือบถึงจุดศูนย์กลางตายบน หัวเทียนจะช่วยจุดไฟเพื่อให้เกิดการเผาไหม้ สารผสมนี้ต้องไม่ติดไฟเองไม่ว่าก่อนหรือหลังหัวเทียนจุด มิฉะนั้นจะเกิดการน็อกขึ้น ซึ่งทำให้เครื่องยนต์เสียดังประสิทธิภาพตก ส่วนในเครื่องยนต์ดีเซลนั้นในจังหวะดูดจะดูดแต่อากาศอย่างเดียว แล้วอากาศนี้จะถูกอัดจนถูกสูบเกือบถึงจุดศูนย์กลางตายบน อากาศนี้จะมีความดันและอุณหภูมิสูง เมื่อน้ำมันฉีดเข้ามา หยดของน้ำมันที่มีขนาดไม่เท่ากัน ก็จะได้รับความร้อน และผิวของหยดน้ำมันก็จะระเหยออก ไขมันจะผสมกับอากาศที่ถูกอัดนั้น และเกิดเป็นสารผสมขึ้น สารผสมที่เกิดขึ้นในลูกสูบนี้ จะมีอัตราส่วนผสมอากาศและเชื้อเพลิงต่างกันไปในแต่ละแห่งและแต่ละเวลา การเผาไหม้จะเกิดขึ้นเมื่ออุณหภูมิและอัตราส่วนของอากาศและเชื้อเพลิงพอดีกัน ธรรมดาหยดน้ำมันขนาดต่างๆที่ถูกฉีดเข้ามาจะกระจายไปทั่วกระบอกสูบ และในกระบอกสูบอากาศจะหมุน เวียนวนไป ทำให้เกิดการเผาไหม้ขึ้นได้หลายๆ แห่งไม่แน่นอนแต่ทั่วๆไป ไฟจะติดหลายๆ จุดรอบๆ บริเวณที่ฉีดน้ำมันเข้ามาก่อน

## 6.1 การเผาไหม้ในเครื่องยนต์ดีเซล สามารถแบ่งออกได้ 4 ช่วงคือ

6.1.1 ช่วงจุดไฟล่า (Delay period หรือ Ignition delay) คือช่วงเวลาระหว่างที่เริ่มฉีดน้ำมันจนถึงจุดที่เริ่มติดไฟ ช่วงนี้มีความสำคัญมากต่อสมรรถนะของเครื่องยนต์ รวมทั้งผลกระทบอย่างมากต่อการสิ้นเปลืองและไอเสีย เมื่อช่วงจุดไฟล่าสั้น การเผาไหม้จะจะไม่รุนแรง การสิ้นเปลืองจะน้อย เสียหาย และ  $\text{NO}_x$  ไอเสียจะน้อย ช่วงจุดไฟล่านี้ขึ้นอยู่กับ Cetane number ของเชื้อเพลิงอุณหภูมิและความดันของการอัด การตั้งเวลาการฉีด และการหมุนเวียนของแก๊สในกระบอกสูบ ช่วงนี้จะสั้นเมื่อ Cetane number สูง ความดันและอุณหภูมิสูง ตั้งการฉีดน้ำมันช้า

6.1.2 ช่วงความดันขึ้นเร็ว (Rapid pressure rise period) คือช่วงเวลาที่เริ่มติดไฟ จนถึงความดันสูงสุด หรือช่วงความดันเพิ่มอย่างรวดเร็ว ถ้าความดันขึ้นเร็วเกินไปจะทำให้เครื่องยนต์น็อก และเกิดการสั่น กำลั้งเครื่องยนต์จะตกมีสารมลพิษในไอเสียมาก อัตราความดันจะดีก็ต่อเมื่อช่วงจุดไฟล่าสั้นพอเหมาะ ถ้าช่วงยังยาว อัตราความดันจะยิ่งสูง ทั้งนี้เพราะถ้าช่วงไฟล่ายาวปริมาณเชื้อเพลิงที่ฉีดเข้ามาในกระบอกสูบจะสะสมมากขึ้นเมื่อเกิดการติดไฟ ก็จะติดหลายๆ จุดขึ้นพร้อมๆ กันทำให้ความดันเพิ่มสูงอย่างรวดเร็วเกินไป

6.1.3 ช่วงการเผาไหม้ลาม (Combustion propagation) ความจริงแล้วการเผาไหม้นั้นเกิดขึ้นในช่วงที่ 2 แล้ว เมื่อมีการติดไฟขึ้นแล้วการเผาไหม้ก็จะลามทันที แต่ในช่วงที่ 2 นั้น การเผาไหม้ลามอย่างรวดเร็ว สำหรับในช่วงที่ 3 การลามจะค่อยสม่ำเสมอขึ้นแล้วก็ช้าลง ทั้งนี้เพราะเชื้อเพลิงที่ถูกฉีดเข้ามาอยู่เรื่อยๆ จะระเหย และดึงความร้อนจากกระบอกสูบเชื้อเพลิงที่ระเหยจะกระจายไปทั่วกระบอกสูบและผสมกับอากาศและติดไฟต่อไป แต่การติดไฟที่สมบูรณ์จะใช้เวลานานขึ้น เพราะสารผสมกระจายไปสม่ำเสมอและปริมาณ  $\text{O}_2$  ในกระบอกสูบก็ลดลง แก๊สไอเสียที่เกิดขึ้นและวนเวียนไปรบกวนการเผาไหม้ กรณีเช่นนี้ เชื้อเพลิงที่ยังไม่เผาจะมีความร้อนสูงแต่ขาด  $\text{O}_2$  กระบวนการเช่นนี้ทำให้เกิดอนุภาคของแข็ง ซึ่งส่วนใหญ่จะเป็นธาตุคาร์บอน

6.1.4 ช่วงหลังการเผาไหม้ ช่วงนี้น้ำมันหยุดฉีดแล้ว แต่การเผาไหม้ยังลามต่อไป เชื้อเพลิงที่กระจายไปรอบๆ กระบอกสูบที่ขาด  $\text{O}_2$  และสารอนุภาคของแข็งที่เกิดขึ้นจะลามติดไฟอย่างช้าๆ แม้ว่าลิ้นที่หัวฉีดจะปิดแล้วแต่ก็จะเกิดน้ำมันรั่วออกมาอีกเนื่องจากความดันที่ค้างในท่อน้ำมัน ส่วนของน้ำมันที่รั่วนี้บางที่เรียก Secondary Injection (การฉีดตกค้าง) จะไม่สามารถเผาไหม้ได้อย่างสมบูรณ์ได้จะทำให้เกิดควันดำ และ HC ในไอเสียที่ออกมา

6.2 สารมลพิษจากเครื่องยนต์ดีเซล สารมลพิษจากเครื่องยนต์ดีเซล ที่มีปริมาณมากที่สุดจากไอเสีย ได้แก่  $\text{NO}_x$  และอนุภาคของแข็ง (ควันดำ) มี HC และ CO บ้างแล้วแต่กรณี นอกจากนี้ภาวะสารมลพิษที่ถือว่าร้ายแรงอีกคือกลิ่นและเสียง และแอลดีไฮด์ จะเห็นว่าแตกต่างจากเครื่องยนต์เบนซิน ทั้งนี้เนื่องจากกระบวนการทำงาน การสันดาปภายในกระบอกสูบ และคุณสมบัติของเชื้อเพลิงต่างกัน

6.2.1 คาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) กระบวนการเกิด CO ในเครื่องยนต์ดีเซลมีส่วนคล้ายคลึงกับการเกิด CO ในเครื่องยนต์เบนซินกล่าวคือ CO จะเกิดมากหากอัตราการให้อากาศเพิ่มและลดอย่างรวดเร็ว ซึ่งเป็นกระบวนการของการเกิดควันดำด้วย ธรรมดาทั่วไปจะเดินเครื่องยนต์ดีเซลด้วยอากาศที่มากกว่าอยู่แล้ว คืออัตราการให้อากาศจะเป็น 1.2-10 เท่า ดังนั้นปริมาณ CO ที่เกิดจึงน้อยมากเมื่อเทียบกับเครื่องยนต์เบนซิน

6.2.2 ไฮโดรคาร์บอน (HC) เครื่องยนต์ดีเซลจะปล่อย HC ออกมาน้อยมากด้วยเหตุผลเดียวกับการปล่อย CO แต่ปริมาณ HC จะเพิ่มด้วยเหตุอื่นอีกด้วย

ก. ส่วนผสมของอากาศและเชื้อเพลิงที่หนาจะสัมผัสผนังเสื้อสูบที่อุณหภูมิต่ำ ซึ่งเป็นเหตุให้เกิด HC ที่ไม่ได้ทำปฏิกิริยากับ  $\text{O}_2$  และไม่เกิดการเผาไหม้เลย

ข. หากส่วนผสมบางมากเกินไป เปลวไฟจะดับ ทำให้เกิด HC มาก

ค. น้ำมันหล่อล้นหัวฉีดฉีดแล้ว ส่วนที่เหลือเป็นหยดนี้ไม่สามารถเผาต่อไปได้ ทำให้เกิด HC

ง. เชื้อเพลิงหล่อลื่นในเสื้อสูบและกระบอกสูบเผาไหม้ไม่หมด จะทำให้เกิด HC

6.2.3 ออกไซด์ของไนโตรเจน ( $\text{NO}_x$ ) การเกิด  $\text{NO}_x$  ก็เกิดทำนองเดียวกับเครื่องยนต์เบนซินเป็นการยากที่จะบอกว่า  $\text{NO}_x$  เกิดมากน้อยเท่าไรและเกิดจากที่ไหนในกระบอกสูบ เนื่องจากอัตราส่วนของอากาศและเชื้อเพลิงกับอุณหภูมินั้น เปลี่ยนแปรตามกันอย่างซับซ้อนมากระหว่างช่วงของการเกิดการสันดาปในกระบอกสูบที่มี  $\text{O}_2$  มาก จะเป็นการสันดาปที่ดี การเผาไหม้จะสมบูรณ์และรวดเร็ว ทำให้อุณหภูมิสูงมาก และอุณหภูมิจะสูงอยู่นาน  $\text{NO}_x$  จึงเกิดในช่วงนี้มาก

6.2.4 ควันดำ (Black smoke) น้ำมันที่ฉีดเข้ากระบอกสูบ แยกกระจายออกไปได้ยาก และมีความหนาแน่นสูง เมื่อแกนน้ำมันนี้ปะทะอุณหภูมิสูงในกระบอกสูบและขนาด  $O_2$  ช่วยในการสันดาปเนื่องจาก  $O_2$  ถูกใช้หมดไปแล้ว จะทำให้เกิดละอองคาร์บอนขึ้น เป็นผลให้เกิดควันดำทำนองเดียวกัน เชื้อเพลิงที่ฉีดมาแตะกระบอกสูบ เลื้อยสูบ และเชื้อเพลิงหยดหลังการฉีดน้ำมันจะทำให้เกิดเป็นควันดำด้วย

6.3 ปัจจัยที่มีผลต่อสารมลพิษจากเครื่องยนต์ดีเซล ปัจจัยที่มีผลกระทบต่อสารมลพิษจากเครื่องยนต์ดีเซลที่สำคัญนั้น คือ รูปแบบของห้องเผาไหม้ดังได้กล่าวมาแล้ว การเผาไหม้ที่ดีในเครื่องยนต์ดีเซลนั้น จะต้องพยายามให้อากาศที่ถูกอัดเข้าไบนั้นได้ใช้มากที่สุด เพื่อให้เกิดการผสมของเชื้อเพลิงและอากาศอย่างเป็นเนื้อเดียวกัน ให้มีการสูญเสียความร้อนจากผนังเลื้อยสูบน้อยที่สุดในเครื่องยนต์ดีเซลที่มีรอบต่ำ แต่ละช่วงชักจะมีเวลานานพอที่จะให้อากาศและเชื้อเพลิงผสมกันได้ดี ส่วนใหญ่จะใช้ห้องเผาไหม้แบบฉีดโดยตรง (Direct Injection Type-DI) สำหรับเครื่องยนต์ดีเซลที่มีรอบสูง จะมีเวลาในช่วงการสันดาปสั้นมาก ฉะนั้นให้อากาศและเชื้อเพลิงได้ผสมเป็นเนื้อเดียวกัน ได้มีการออกแบบให้ฉีดน้ำมันให้กระจาย และห้องเผาไหม้ก็ต้องออกแบบให้อากาศได้หมุนเวียนอย่างดี เพื่อเกิดการผสมที่เป็นเนื้อเดียวกันจะได้ลูกไหม้อย่างสมบูรณ์ได้ รูปแบบห้องเผาไหม้ชนิดต่าง ๆ อาจแยกได้ดังนี้

6.3.1 แบบฉีดตรง (Direct Injection Type-DI) ช่วงว่างบนหัวลูกสูบคือห้องเผาไหม้ เชื้อเพลิงจะถูกฉีดกระจายเข้าหาลูกสูบจากหัวฉีดแบบหลายๆ รู ซึ่งวางอยู่ในตำแหน่งตรงกลางของห้องเผาไหม้ ในห้องเผาไหม้แบบฉีดตรงการสันดาปของเชื้อเพลิงเกิดขึ้นเป็นลำดับ

6.3.2 แบบฉีดโดยอ้อม (Indirect Injection Type-IDI) แบบฉีดโดยอ้อมจะเพิ่มการเผาไหม้ช่วย (Sub-chamber) อีกห้องหนึ่ง โดยมีทางต่อเชื่อมกันระหว่างเผาไหม้ทั้งสองห้องเข้าห้องเผาไหม้แบบฉีดโดยอ้อมนี้จะทำให้เกิดสหมุนเวียนได้ดีขึ้นมาก เชื้อเพลิงจะถูกฉีดเข้าห้องเผาไหม้ช่วยก่อนและบางส่วนจะถูกเผาโดย glow plug ทำให้อุณหภูมิและความดันในห้องเผาไหม้ช่วยสูงมาก เป็นผลให้ปลั๊กกระแทกส่วนผสมและน้ำมันเข้าห้องเผาไหม้หลัก (Main chamber) อย่างแรงไปตามทางต่อเชื่อม (Tunnel) ทำให้เกิดการสันดาปอย่างสมบูรณ์ขึ้นในห้องเผาไหม้หลัก

### 6.3.3 ระบบการฉีดเชื้อเพลิง

ก. การตั้งเวลาฉีด เวลาของการฉีดน้ำมันมีผลต่อการจุดระเบิดของเครื่องยนต์มาก การฉีดน้ำมันเข้าเพื่อให้ได้กำลังมากและประหยัดนั้นทำให้การจุดระเบิดช้าลง เพราะความดันและอุณหภูมิระหว่างช่วงจุดระเบิดขึ้นสูงมาก และทำให้เวลาของการสันดาปส่วนผสมน้อยลงด้วย  $\text{NO}_x$  ก็น้อยลง การฉีดน้ำมันช้าลงจะลดอัตราส่วนกำลังอัด อุณหภูมิสูงสุดจะลดลง และช่วงเวลาของอุณหภูมิสูงนี้จะน้อย  $\text{NO}_x$  จะน้อยลง

ข. อัตราการฉีดน้ำมัน ปริมาณของน้ำมันที่ฉีดเข้ากระบอกสูบต่อหน่วยเวลา คือ อัตราการฉีดน้ำมัน ซึ่งมีผลกระทบต่อการผสมเชื้อเพลิงกับอากาศ การเผาไหม้และการลามของเปลว รวมถึงการเกิด  $\text{NO}_x$  เสีย และการน็อกของเครื่องยนต์ด้วย อัตราการฉีดเชื้อเพลิงโดยเฉพาะในช่วงของการจุดระเบิดล่านั้นมีผลต่อ  $\text{NO}_x$  มาก การฉีดที่ไม่สมบูรณ์ จะทำให้เกิดการเผาไหม้ล่าช้า ส่วนใหญ่จะเนื่องจากการออกแบบปริมาตรของช่วงในหัวฉีด (Nozzle Sack) หรือคลื่นความดันในท่อส่งน้ำมัน ซึ่งจะเป็นผลให้เกิดควันดำ CO และ HC

### 6.3.4 ระบบไอดี

ก. การหมุนเวียนของอากาศในห้องเผาไหม้ ในเครื่องยนต์ดีเซลนั้น ธรรมชาติจะมีอากาศเกินพออยู่แล้ว แต่จะมีบางแห่งในห้องเผาไหม้ที่มีเชื้อเพลิงมาก ซึ่งจะเป็นผลทำให้เกิดควันดำ CO และ HC ได้ การขจัดปัญหานี้ทำได้โดยต้องพยายามให้เชื้อเพลิงที่ถูกฉีดเข้าไปแล้วทำปฏิกิริยากับอากาศเร็วที่สุด อากาศที่หมุนวนอยู่ในห้องเผาไหม้จะเป็นประโยชน์เมื่อเข้าผสมกับเชื้อเพลิง การหมุนวนของอากาศเกิดจากระบบไอดี และการบีบอัดของอากาศจะเกิดที่หัวของลูกสูบ

ข. ปริมาณไอดี แม้ในเครื่องยนต์ดีเซลจะมีปริมาตรอากาศมากเกินพออยู่แล้ว แต่การอัดอากาศเพิ่มขึ้นอาจใช้เทอร์โบชาร์จเจอร์จะช่วยให้ลดควันดำ ลดปริมาณ CO และ HC ได้

ค. คุณภาพไอดี ความชื้นในอากาศมีผลต่อไอเสียมาก ความชื้นยิ่งสูงปริมาณ  $\text{NO}_x$  ยิ่งมากและหากอุณหภูมิไอดีสูง  $\text{NO}_x$  สูง แต่ควันดำจะเพิ่มเล็กน้อย และกำลังตกเพราะมวลอากาศน้อยลง

ง. แก๊สค้ำ หากมีแก๊สค้ำในกระบอกสูบจะทำให้อุณหภูมิในการเผาไหม้ต่ำลง  $\text{NO}_x$  จะลดลง แต่ขณะเดียวกันปริมาณ  $\text{O}_2$  ในการเผาไหม้ก็น้อยลง ซึ่งจะทำให้เกิดควันดำมากขึ้น ความจริงแล้วแก๊สค้ำในเครื่องยนต์ดีเซลไม่เป็นปัญหาเลย เพราะในแก๊สไอเสียที่ค้ำนั้นจะมีปริมาณ  $\text{O}_2$  มากอยู่แล้ว และหากมีแก๊สค้ำ ปริมาณ  $\text{NO}_x$  ที่ลดลงก็น้อยมากเมื่อเทียบกับปริมาณทั้งหมด

6.3.5 อัตราส่วนกำลังอัด อัตราส่วนกำลังอัดสูง จะทำให้อุณหภูมิสูงของไอดีที่เข้าสู่ห้องเผาไหม้เร็วขึ้น ปริมาณ HC จะลดลงหากอัตราส่วนกำลังอัดสูงขึ้น และ  $\text{NO}_x$  จะลดลงด้วยสำหรับในห้องเผาไหม้แบบฉีดโดยอ้อม แต่ในห้องเผาไหม้แบบฉีดโดยตรงปริมาณ HC ลดลง และ  $\text{NO}_x$  เพิ่มขึ้น

6.3.6 ตัวแปรต่างๆ เช่น ภาระในเครื่องยนต์ ความเร็วรอบ ถ้าอัตราส่วนอากาศและน้ำมันคงที่ การเปลี่ยนความเร็วรอบจะทำให้ค่า  $\text{NO}_x$  และควันดำเปลี่ยนแปลงเล็กน้อย สภาพการขับเคลื่อนเครื่องยนต์ ในเครื่องยนต์ดีเซลการควบคุมการขับเคลื่อน (หรือภาระของเครื่องยนต์) โดยปรับปริมาณน้ำมันที่ฉีดเข้าเท่านั้น ไม่เหมือนในเครื่องยนต์เบนซินซึ่งปรับภาระโดยเหยียบคันเร่ง ซึ่งจะเพิ่มอัตราส่วนอากาศน้ำมัน ทำให้ HC และ CO เพิ่ม

6.3.7 เชื้อเพลิง ค่าครรชนีซีเทนจะมีผลต่อการจุดไฟล่าและมีผลต่อ  $\text{NO}_x$  ด้วย แต่ธรรมชาติของเชื้อเพลิงที่มีผลน้อยอยู่แล้ว โดยเฉพาะค่าควันดำ หากเชื้อเพลิงที่เดิมแบบเรียบจะทำให้ควันดำเพิ่มขึ้น สำหรับคุณสมบัติตัวอื่นของเชื้อเพลิง ก็มีผลกระทบต่อสารมลพิษเช่นกัน

## 7. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Singh *et al.*, (2008) ได้ศึกษาแนวโน้มการปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจก จากภาคขนส่งทางบกในประเทศอินเดีย ระหว่างปี ค.ศ. 1980 ถึงปี ค.ศ. 2000 พบว่าประเทศอินเดียมีการปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกเทียบเท่า แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ 59 เมกกะตัน ในปี ค.ศ.1990 เพิ่มขึ้นในปริมาณที่สูงขึ้นเป็น 106 เมกกะตัน และในปี ค.ศ. 2000 การปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกเทียบเท่า แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ ที่ปลดปล่อยทั้งหมดในประเทศอินเดียนั้น ได้มีการรายงานเพิ่มขึ้นจาก 988 เมกกะตัน ซึ่งอัตราการเติบโตทางด้านเศรษฐกิจมีผลต่อการปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจก โดยมีผลทำให้ภาคการขนส่งทางบก มีการระบายการปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกเทียบเท่าแก๊ส

คาร์บอนไดออกไซด์ไม่น้อยกว่า 8 % ของปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกเทียบเท่าแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ ทั้งหมดในช่วงระหว่างปี ค.ศ. 1900-2000 การเพิ่มขึ้นของการปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจก ซึ่งมีผลต่อการเกิดโอโซนที่เป็นอันตราย สำหรับแนวทางการดำเนินการแก้ไขเพื่อลดการปลดปล่อยสารดังกล่าวภาครัฐประกอบด้วย การออกแบบเทคโนโลยีที่เหมาะสม นโยบายที่เหมาะสม รวมทั้งได้ให้ความสำคัญเกี่ยวกับกิจกรรมที่ก่อให้เกิดปัญหาดังกล่าว

Japan Transport Cooperation Association., (2004) ได้ศึกษาโครงการแก้ปัญหาสิ่งแวดล้อมของโลกในภาคการขนส่งของประเทศไทย โดยเลือกพื้นที่กรุงเทพมหานครเป็นกรณีศึกษา โดยได้ทำการศึกษารูปแบบการจราจรในกรุงเทพมหานครที่ความเร็วแตกต่างกัน รวมทั้งทำการทดสอบรถยนต์ในประเภทต่างๆ ที่มีในประเทศไทย บน Chassis dynamometer จากการศึกษายพอัตราการปลดปล่อยแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ ( $\text{CO}_2$ ) ในปี 2002 ในภาคการขนส่งต่างๆ เช่น ทางถนน รถไฟ ทางอากาศ และทางน้ำ จากการใช้เชื้อเพลิงชนิดต่างๆ เช่น แก๊สธรรมชาติ (NGV) แก๊สปิโตรเลียมเหลว (LPG) น้ำมันเบนซิน 91 น้ำมันเบนซิน 95 น้ำมันดีเซลหมุนเร็ว น้ำมันดีเซลหมุนช้า น้ำมันเครื่องบินและอื่นๆ รวมทั้งสิ้น 60,008,486 tCO<sub>2</sub> โดยแบ่งได้ในภาคการขนส่งที่เป็นบนท้องถนนเท่ากับ 47,677,849 tCO<sub>2</sub> ภาคการขนส่งทางรถไฟเท่ากับ 346,146 tCO<sub>2</sub> ภาคการขนส่งทางอากาศเท่ากับ 9,327,485 tCO<sub>2</sub> ภาคการขนส่งทางน้ำเท่ากับ 3,205,465 tCO<sub>2</sub> และนอกจากนี้ ได้ทำการประเมินอัตราการปลดปล่อย แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ ( $\text{CO}_2$ ) ในกรุงเทพมหานคร จากภาคการขนส่งทางบกบนท้องถนนในปี 2002 สามารถสรุปได้ดังนี้ เชื้อเพลิงแก๊สธรรมชาติ (NGV) มีการปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจก 2,913 tCO<sub>2</sub> แก๊สปิโตรเลียมเหลว (LPG) 156,886 tCO<sub>2</sub> น้ำมันเบนซิน 91 2,050,676 tCO<sub>2</sub> น้ำมันเบนซิน 95 1,428,501 tCO<sub>2</sub> และน้ำมันดีเซลหมุนเร็วเท่ากับ 6,869,184 tCO<sub>2</sub> และผลรวมจากการปลดปล่อยในภาคการขนส่งบนท้องถนนในเขตกรุงเทพมหานคร รวมทั้งสิ้น 10,508,161 tCO<sub>2</sub>

Durbin *et al.*, (2007) ได้ศึกษาการปลดปล่อยสารมลพิษจากรถยนต์บรรทุก โดยนำรถยนต์เข้าทดสอบบน Chassis dynamometer จากการทดสอบรถยนต์ยี่ห้อ FORD รุ่น F350 ปี 1999 ระหว่างน้ำมันดีเซลและน้ำมันไบโอดีเซล B20 ในหน่วยของ g/mile พบว่าแก๊สไฮโดรคาร์บอนรวม (THC), แก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO), และสารมลพิษอนุภาค (PM) มีสัดส่วนการลดลงของสารมลพิษดังกล่าวทั้งสามเพียงเล็กน้อย ในขณะที่แก๊สออกไซด์ของไนโตรเจน (NO<sub>x</sub>) มีสัดส่วนการเพิ่มขึ้นในปริมาณไม่มาก จากการใช้เชื้อเพลิงน้ำมันไบโอดีเซล B20 เปรียบเทียบกับน้ำมันเชื้อเพลิงดีเซล และสรุปไว้ว่าการระบายสารมลพิษและปริมาณการใช้เชื้อเพลิงระหว่างน้ำมันดีเซลและน้ำมันไบโอดีเซล B20 มีความแตกต่างในปริมาณที่ไม่สูง

Graham *et al.*, (2008) ได้ศึกษาการระบายไอเสียจากรถยนต์บรรทุกทุกชนิดขนาดใหญ่ (Emission factor) ของประเทศแคนาดา โดยทดสอบกับรถยนต์ขนส่งสินค้า รุ่นปี 2003 และรถยนต์ขนส่งสินค้า รุ่นปี 1999 จากการใช้เชื้อเพลิงดีเซล, น้ำมันดีเซล B2, น้ำมันดีเซล B5 ได้ผลสรุปดังนี้

รถยนต์ขนส่งสินค้า รุ่นปี 2003 การใช้เชื้อเพลิงดีเซลมีการระบายสารมลพิษจากไอเสีย ดังนี้  $\text{CO}_2 = 1493$ ,  $\text{CH}_4 = 0.0035$ ,  $\text{N}_2\text{O} = 0.0081$  กรัมต่อกิโลเมตร, อัตราการใช้เชื้อเพลิง 57.2 ลิตร/100 กิโลเมตร

เชื้อเพลิงดีเซล B2 มีการระบายสารมลพิษจากไอเสียดังนี้  $\text{CO}_2 = 1494$ ,  $\text{CH}_4 = 0.0078$ ,  $\text{N}_2\text{O} = 0.0114$ , อัตราการใช้เชื้อเพลิง 56.1 ลิตร/100 กิโลเมตร

เชื้อเพลิงดีเซล B5 มีการระบายสารมลพิษจากไอเสีย ดังนี้  $\text{CO}_2 = 1469$ ,  $\text{CH}_4 = 0.0037$ ,  $\text{N}_2\text{O} = 0.0095$  กรัมต่อกิโลเมตร, อัตราการใช้เชื้อเพลิง 55.3 ลิตร/100 กิโลเมตร

และรถยนต์ขนส่งสินค้า รุ่นปี 1999 สรุปได้ดังนี้ การใช้เชื้อเพลิงดีเซลมีการระบายสารมลพิษจากไอเสีย ดังนี้  $\text{CO}_2 = 1447$ ,  $\text{CH}_4 = 0.0068$ ,  $\text{N}_2\text{O} = 0.0119$  กรัมต่อกิโลเมตร, อัตราการใช้เชื้อเพลิง 55.4 ลิตร/100 กิโลเมตร

เชื้อเพลิงดีเซล B2 มีการระบายสารมลพิษจากไอเสีย ดังนี้  $\text{CO}_2 = 1477$ ,  $\text{N}_2\text{O} = 0.0107$  กรัมต่อกิโลเมตร, อัตราการใช้เชื้อเพลิง 55.3 ลิตร/100 กิโลเมตร

เชื้อเพลิงดีเซล B5 มีการระบายสารมลพิษจากไอเสีย ดังนี้  $\text{CO}_2 = 1427$ ,  $\text{CH}_4 = 0.0035$ ,  $\text{N}_2\text{O} = 0.0133$  กรัมต่อกิโลเมตร, อัตราการใช้เชื้อเพลิง 53.63 ลิตร/100 กิโลเมตร

กองจัดการคุณภาพอากาศและเสียง กรมควบคุมมลพิษ. (2543) ได้ศึกษาการปรับปรุงฐานข้อมูลแหล่งกำเนิดมลพิษทางอากาศและประเมินผลกระทบต่อคุณภาพอากาศในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล ได้ทำการตรวจวัดหาปริมาณการระบายสารมลพิษจากไอเสีย (Emission factor) จากยานพาหนะ 4 ประเภท ทำการทดสอบบน Chassis dynamometer กับยานพาหนะต่างๆ ได้แก่ รถยนต์ขนาดใหญ่เครื่องยนต์ดีเซล รถยนต์ขนาดเล็กเครื่องยนต์ดีเซล รถยนต์เบนซิน และรถจักรยานยนต์ สามารถสรุปผลการตรวจวัด ได้ดังนี้

1. รถยนต์ขนาดใหญ่เครื่องยนต์ดีเซล มีผลอัตราการระบายสารมลพิษจากไอเสีย  $\text{NO}_x = 28.478$ ,  $\text{SO}_2 = 0.534$ ,  $\text{CO} = 11.887$ ,  $\text{PM} = 1.855$ ,  $\text{HC} = 3.074$  (กรัมต่อกิโลเมตรต่อคัน) อัตราการใช้ น้ำมัน 1.58 กิโลเมตรต่อลิตร

2. รถยนต์ขนาดเล็กเครื่องยนต์ดีเซล มีผลอัตราการระบายสารมลพิษจากไอเสีย  $\text{NO}_x = 4.116$ ,  $\text{SO}_2 = 0.117$ ,  $\text{CO} = 2.177$ ,  $\text{PM} = 0.398$ ,  $\text{HC} = 0.984$  (กรัมต่อกิโลเมตรต่อคัน) อัตราการใช้ น้ำมัน 7.24 กิโลเมตรต่อลิตร

3. รถยนต์เบนซิน มีผลอัตราการระบายสารมลพิษจากไอเสีย  $\text{NO}_x = 1.460$ ,  $\text{SO}_2 = 0.182$ ,  $\text{CO} = 5.745$ ,  $\text{PM} = 0.005$ ,  $\text{HC} = 1.535$  (กรัมต่อกิโลเมตรต่อคัน) อัตราการใช้น้ำมัน 8.13 กิโลกรัมต่อลิตร

4. รถจักรยานยนต์ มีผลอัตราการระบายสารมลพิษจากไอเสีย  $\text{NO}_x = 0.051$ ,  $\text{SO}_2 = 0.0041$ ,  $\text{CO} = 5.868$ ,  $\text{PM} = 0.150$ ,  $\text{HC} = 8.552$  (กรัมต่อกิโลเมตรต่อคัน) อัตราการใช้น้ำมัน 35.94 กิโลกรัมต่อลิตร

สำนักจัดการคุณภาพอากาศและเสียง กรมควบคุมมลพิษ. (2543) ได้ศึกษา โครงการตรวจวัดมลพิษทางอากาศจากรถยนต์ที่ใช้แก๊สโซฮอล์ ได้ศึกษาการระบายสารมลพิษจากไอเสียจากรถยนต์และรถจักรยานยนต์ที่ใช้แก๊สโซฮอล์ 91 และ 95 เป็นเชื้อเพลิง พร้อมทั้งประเมินผลกระทบต่อคุณภาพอากาศในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล ทำการทดสอบบน Chassis dynamometer เปรียบเทียบระหว่างการใช้น้ำมันแก๊สโซฮอล์กับน้ำมันเบนซินพบว่า การเปลี่ยนแปลงเฉลี่ยของสารมลพิษทั่วไปจากไอเสียรถยนต์และอัตราการใช้เชื้อเพลิง มีผลสรุปได้ดังนี้ แก๊สไฮโดรคาร์บอน (HC) เพิ่มขึ้น 5.73 % แก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) ลดลง 14.97 % แก๊สออกไซด์ของไนโตรเจน ( $\text{NO}_x$ ) เพิ่มขึ้น 12.20 % แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ ( $\text{CO}_2$ ) เพิ่มขึ้น 3.93 % และอัตราการใช้น้ำมันเชื้อเพลิง (FC) 0.55 % สำหรับผลแตกต่างที่เกิดขึ้นได้อธิบายว่ารถยนต์แต่ละคันจะมีปริมาณการระบายสารมลพิษจากไอเสียหรือแนวโน้มการเกิดสารมลพิษแต่ละประเภทแตกต่างกันไป และไม่ใช้รถยนต์ทุกคันที่ใช้น้ำมันแก๊สโซฮอล์แล้วจะมีการระบายสารมลพิษจากไอเสีย แก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ลดลงหรือปริมาณแก๊สออกไซด์ของไนโตรเจนเพิ่มขึ้น เนื่องจากความแตกต่างของประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องยนต์และอุปกรณ์ลดสารมลพิษที่มีการติดตั้งมากับรถยนต์แตกต่างกัน

อิทธิพล. , (2549) ได้ทำการศึกษาการพัฒนาศูนย์ระบายสารมลพิษของแหล่งกำเนิดประเภทเคลื่อนที่ได้โดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์และการทดสอบสารมลพิษ โดยใช้แบบจำลองคณิตศาสตร์ โมบาย 6 ที่ถูกพัฒนาในปี 2002 โดย US.EPA มาใช้พัฒนาศูนย์ระบายสารมลพิษจากแหล่งกำเนิดสารมลพิษประเภทเคลื่อนที่ได้ ได้แก่ CO, HC,  $\text{NO}_x$  และ PM รวมทั้งการประเมินสารมลพิษที่เกิดขึ้นจากแหล่งกำเนิดประเภทเคลื่อนที่ได้ในช่วงเวลาต่างๆ มาใช้เป็นเครื่องมือในการพัฒนาศูนย์ระบายสารมลพิษในประเทศไทยร่วมกับการทดสอบสารมลพิษในห้องปฏิบัติการเพื่อทำการประเมินปริมาณสารมลพิษที่เกิดขึ้นจากยานพาหนะในเขตกรุงเทพมหานคร และจากการใช้แบบจำลองนี้พบว่าปริมาณสารมลพิษในบรรยากาศจากยานพาหนะ ในเขตกรุงเทพมหานคร ปี 2004

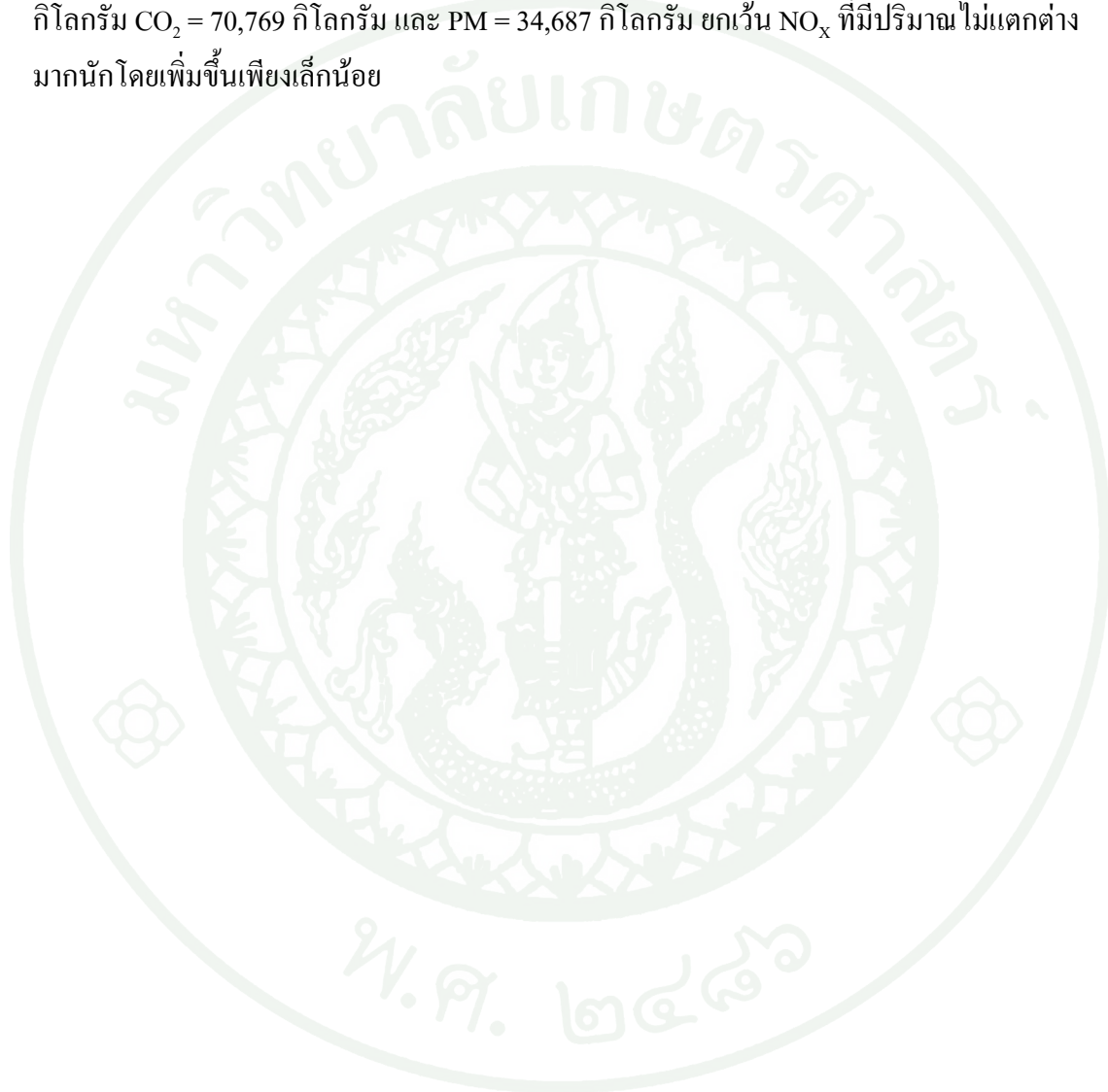
พบว่าปริมาณ CO = 3,170 กิโลตันต่อปี HC = 418 กิโลตันต่อปี NO<sub>x</sub> = 495 กิโลตันต่อปี PM = 54 กิโลตันต่อปี

ณัฐชนก และคณะ., (2549) ได้ทำการศึกษาขนาดของฝุ่นละอองจากไอเสียรถยนต์เครื่องยนต์ดีเซลในประเทศไทย ได้ทำการทดสอบโดยนำรถยนต์ขึ้นวิ่งบนแท่นทดสอบและทำการเก็บตัวอย่างฝุ่นละอองที่ระบายออกมาจากท่อไอเสีย จำนวน 27 คัน รถยนต์ดีเซลขนาดเล็ก 12 คัน รถยนต์ดีเซลขนาดใหญ่ 15 คัน การศึกษาวิจัยพบว่า ขนาดของฝุ่นละอองของรถยนต์ทั้ง 2 ประเภท มีขนาดแตกต่างกัน โดยจากตัวอย่างขนาดฝุ่นละอองที่เก็บพบว่ามีขนาดตั้งแต่ 18 ไมครอน ไปจนถึงขนาดเล็กกว่า 0.18 ไมครอน สรุปได้ว่า รถยนต์ดีเซลขนาดเล็ก มีขนาดฝุ่นละอองเล็กกว่า 10 ไมครอน คิดเป็นร้อยละ 89.41 ฝุ่นละอองขนาดระหว่าง 0.18-0.32 ไมครอน มีปริมาณมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 20.27 ของปริมาณฝุ่นละอองที่เก็บจากตัวอย่างทั้งหมด สำหรับรถยนต์ดีเซลขนาดใหญ่ พบว่ามีขนาดฝุ่นละอองไม่แตกต่างกับฝุ่นละอองที่ระบายออกจากท่อไอเสีย รถยนต์ดีเซลขนาดเล็ก ผลสรุปพบว่า ฝุ่นละอองที่มีขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน คิดเป็นร้อยละ 91.77 และฝุ่นละอองขนาดระหว่าง 0.56-1 ไมครอน พบปริมาณมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 17.82 ของปริมาณฝุ่นละอองที่เก็บจากตัวอย่าง

เทอดศักดิ์ และคณะ., (2549) ได้ศึกษาเปรียบเทียบขนาดและปริมาณฝุ่นละอองจากไอเสียรถยนต์ดีเซล ระหว่างเชื้อเพลิงประเภทไบโอดีเซลและน้ำมันดีเซล ได้ทำการทดสอบในห้องปฏิบัติการด้านยานยนต์ โดยทดสอบกับรถยนต์ดีเซลขนาดเล็ก จำนวน 1 คัน นำรถยนต์ขึ้นทดสอบบน Chassis dynamometer ขับเคลื่อนรถยนต์ตามวัฏจักรแบบมาตรฐานและทำการเก็บตัวอย่างฝุ่นละอองที่ระบายออกจากไอเสียรถยนต์ดังกล่าว จากการใช้เชื้อเพลิงประเภทน้ำมันไบโอดีเซลและน้ำมันดีเซลธรรมดาหมุนเร็ว ผลการทดสอบพบว่าฝุ่นละอองที่ระบายออกมาจากไอเสียมีขนาดระหว่าง 0.65-7.0 ไมครอน และปริมาณความเข้มข้นระหว่าง 0.534-2.31 กรัมต่อลูกบาศก์เมตร โดยผลจากการใช้น้ำมันไบโอดีเซลพบว่า ปริมาณฝุ่นละอองที่ระบายออกมาจากท่อไอเสียรถยนต์ตัวอย่างเท่ากับ 2.31 กรัมต่อลูกบาศก์เมตร และฝุ่นละอองส่วนใหญ่มีขนาดระหว่าง 1.1-2.1 ไมครอน คิดเป็นร้อยละ 61 ของฝุ่นละอองทั้งหมด สำหรับผลจากการใช้น้ำมันดีเซลธรรมดาพบว่า ปริมาณฝุ่นละอองที่ระบายออกมาจากไอเสียรถยนต์มีค่าเท่ากับ 0.523 กรัมต่อลูกบาศก์เมตร โดยขนาดฝุ่นละอองส่วนใหญ่มีขนาดระหว่าง 7.0 ไมครอน ถึงมากกว่า 7.0 ไมครอน คิดเป็นร้อยละ 35.6

กรมพัฒนาพลังงานและอนุรักษ์พลังงานทดแทน. (2547) ได้ทำการศึกษาโครงการเมืองสะอาดอากาศบริสุทธิ์ การวิจัยสาธิตการผลิตและการใช้ไบโอดีเซลเป็นเชื้อเพลิงในรถยนต์รับจ้าง

สองแถวในจังหวัดเชียงใหม่ โดยทำการทดสอบกับรถยนต์รับจ้างสองแถวในจังหวัดเชียงใหม่ นำรถยนต์ตัวอย่างมาขึ้นบนแท่นทดสอบ Chassis dynamometer เพื่อเปรียบเทียบสารมลพิษและฝุ่นละอองที่ระบายออกจากไอเสีย ผลการศึกษาพบว่า ปริมาณน้ำมันไบโอดีเซล ที่ใช้ผสมกับดีเซลหมุนเร็วปี 2 และ ปี 5 จำนวนที่ผสม 38,029 ลิตร ก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสารมลพิษต่างๆ และปริมาณฝุ่นละออง ในปริมาณที่ลดลงเมื่อเทียบกับน้ำมันดีเซล ได้แก่ CO = 183 กิโลกรัม HC = 68 กิโลกรัม CO<sub>2</sub> = 70,769 กิโลกรัม และ PM = 34,687 กิโลกรัม ยกเว้น NO<sub>x</sub> ที่มีปริมาณไม่แตกต่างกันมากนักโดยเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อย



## 8. กรอบแนวคิดในการวิจัย

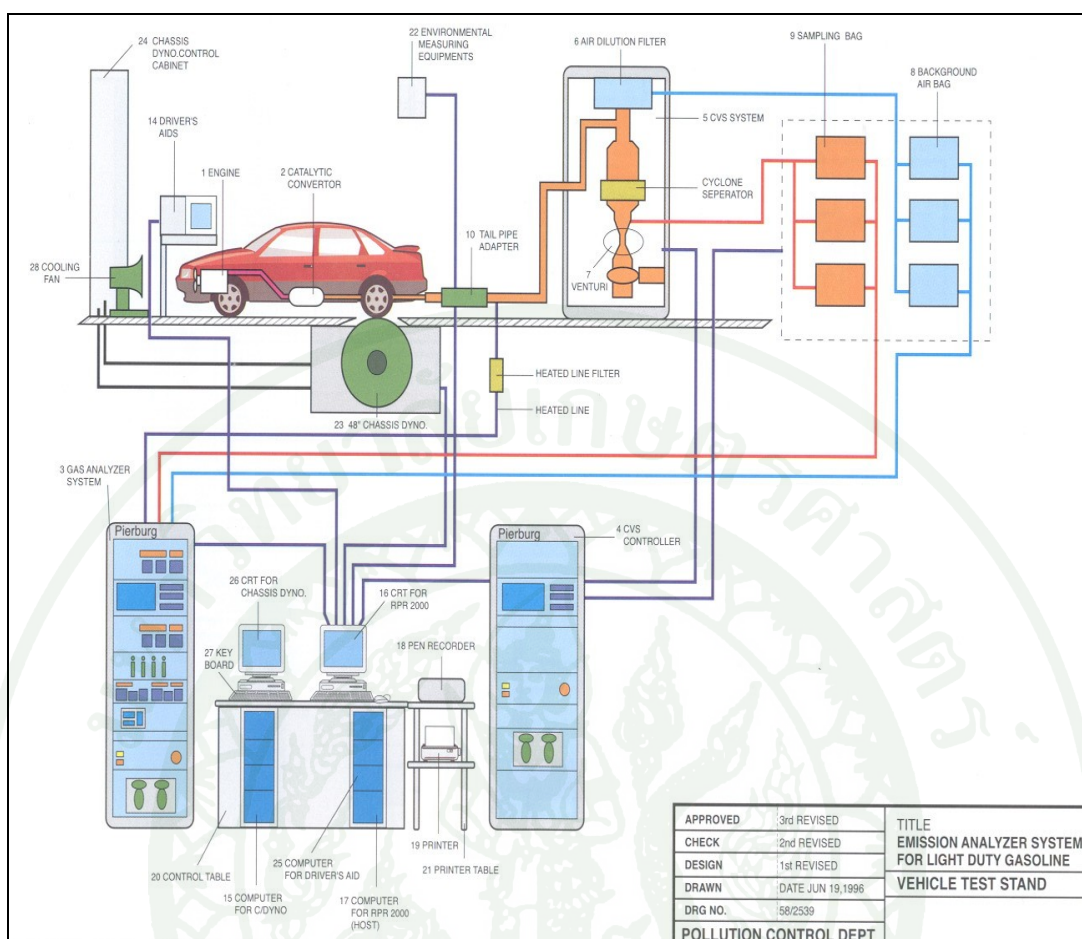


## อุปกรณ์และวิธีการ

### อุปกรณ์

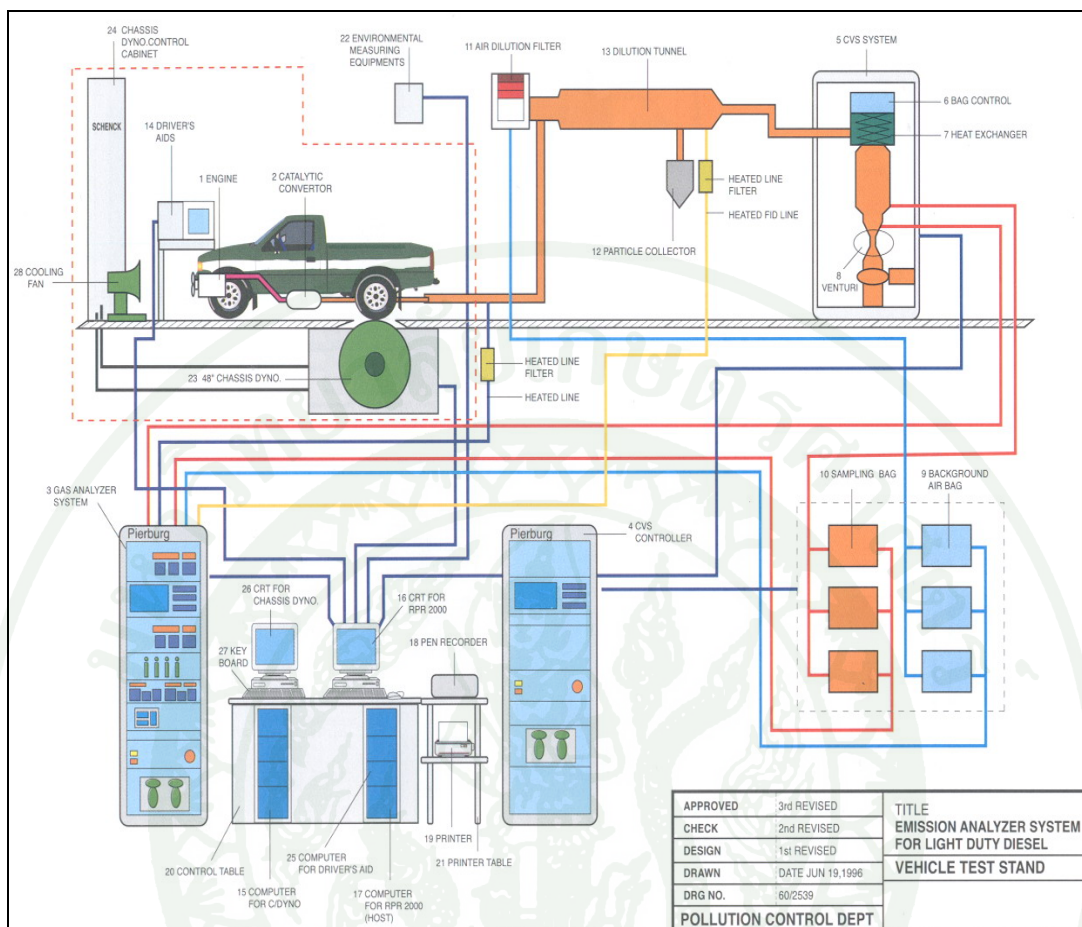
การศึกษาวิจัยในครั้งนี้ เป็นการศึกษาเพื่อทราบถึงอัตราการระบายสารมลพิษจากไอเสีย (Emission factor) และปริมาณการใช้เชื้อเพลิง (Fuel consumption) จากเครื่องยนต์ที่ใช้เครื่องยนต์เบนซินและรถยนต์ขนาดเล็กที่ใช้เครื่องยนต์ดีเซล สารมลพิษจากไอเสียประกอบด้วย แก๊สไฮโดรคาร์บอน (HC) แก๊สออกไซด์ของไนโตรเจน (NO<sub>x</sub>) แก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ (CO<sub>2</sub>) สารมลพิษอนุภาค (PM) (เฉพาะรถยนต์ขนาดเล็กที่ใช้เครื่องยนต์ดีเซล) ซึ่งเกิดจากการใช้เชื้อเพลิงชนิดต่างๆ เช่น รถยนต์ที่ใช้เครื่องยนต์เบนซิน ได้แก่ น้ำมันเบนซินออกเทน 91, น้ำมันเบนซินออกเทน 95, น้ำมันแก๊สโซฮอล์ 10 ออกเทน 91, น้ำมันแก๊สโซฮอล์ 10 ออกเทน 95, น้ำมันแก๊สโซฮอล์ 20 ออกเทน 95, แก๊สปิโตรเลียมเหลว (LPG) รถยนต์ขนาดเล็กที่ใช้เครื่องยนต์ดีเซล ได้แก่ น้ำมันดีเซลหมุนเร็วธรรมดา น้ำมันดีเซลหมุนเร็วบี 5 ที่มีจำหน่ายในสถานบริการเชื้อเพลิง ตามประกาศกรมธุรกิจพลังงาน และนอกจากนี้ยังได้ประเมินการปลดปล่อยสารมลพิษจากไอเสีย (Emission load) ปริมาณการใช้เชื้อเพลิงรวม (Total fuel consumption) รวมทั้งการเปรียบเทียบในแต่ละช่วงความเร็ว ในถนนที่มีการจราจรหนาแน่นเพื่อเป็นกรณีศึกษา

การศึกษาวิจัยได้ดำเนินการ ณ ห้องปฏิบัติการตรวจวัดมลพิษจากยานพาหนะ กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ตั้งอยู่เลขที่ 138/28 หมู่ที่ 2 ถนนรังสิตนครนายก ตำบลรังสิต อำเภอธัญบุรี จังหวัดปทุมธานี ประกอบด้วย ห้องปฏิบัติการรถยนต์เบนซิน และห้องปฏิบัติการรถยนต์ดีเซลขนาดเล็ก ที่ได้รับการรับรองมาตรฐาน ISO/IEC 17025 ด้านการทดสอบทั้งสองห้องปฏิบัติการฯ เครื่องมือและอุปกรณ์มีลักษณะการทำงาน โดยเป็นการจำลองการขับเคลื่อนท้องถนนมาทำการทดสอบในห้องปฏิบัติการด้านยานยนต์ โดยเก็บตัวอย่างไอเสียตลอดการขับ ซึ่งจะมีสภาพใกล้เคียงกับการใช้งานจริง เป็นวิธีมาตรฐานสากลที่ใช้ในปัจจุบัน โดยกำหนดในมาตรฐานต่างประเทศ เช่น Directive 96/69/EEC (EURO II), Directive 1999/102/EC(A) (EURO III) และมาตรฐานในประเทศไทย ได้แก่ มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 2155-2546 และ มอก. 2160-2546 โดยมีแผนผังการทดสอบสารมลพิษจากเครื่องยนต์ที่ใช้เครื่องยนต์เบนซิน (แสดงในภาพที่ 1) และแผนผังการทดสอบสารมลพิษรถยนต์ขนาดเล็กที่ใช้เครื่องยนต์ดีเซล (แสดงในภาพที่ 2) ซึ่งประกอบด้วยเครื่องมือและอุปกรณ์ต่างๆ ที่สำคัญมีรายละเอียดดังนี้



ภาพที่ 1 แผนผังการทดสอบสารมลพิษรถยนต์ที่ใช้เครื่องยนต์เบนซิน

ที่มา: ห้องปฏิบัติการตรวจวัดมลพิษจากยานพาหนะ กรมควบคุมมลพิษ (2551)



ภาพที่ 2 แผนผังการทดสอบสารมลพิษรถยนต์ขนาดเล็กที่ใช้เครื่องยนต์ดีเซล

ที่มา: ห้องปฏิบัติการตรวจวัดมลพิษจากยานพาหนะ กรมควบคุมมลพิษ (2551)

## 1. รถยนต์ที่ใช้ในการทดสอบ

รถยนต์ที่ใช้ในการทดสอบเป็นรถที่ใช้งานทั่วไปบนท้องถนน มีช่วงอายุการใช้งานของรถยนต์ไม่เกิน 15 ปี เพื่อเป็นตัวแทนในการทดสอบหาอัตราการระบายสารมลพิษจากไอเสียจากท่อไอเสีย ได้แก่ HC, NO<sub>x</sub>, CO, CO<sub>2</sub>, PM และปริมาณการใช้เชื้อเพลิง (FC) รถยนต์ต้องมีสภาพและความเหมาะสมทางด้านสภาพเครื่องยนต์ และมีความสมบูรณ์พร้อมสำหรับการทดสอบได้ตลอดวัฏจักรการขับขี่ ไม่มีการรั่วไหลของระบบระบายไอเสียของรถยนต์ เพื่อให้สามารถเก็บตัวอย่างไอเสียได้ถูกต้อง ประกอบด้วย

1.1 รถยนต์ที่ใช้เครื่องยนต์เบนซิน ได้แก่ รถยนต์ส่วนบุคคล (รถยนต์นั่งเก๋ง) รถยนต์โดยสารสาธารณะ (Taxi) มีขนาดเครื่องยนต์อยู่ระหว่าง 1300 – 3200 ลูกบาศก์เซนติเมตร รวมทั้งสิ้น 67 คัน ประกอบด้วย รถยนต์ยี่ห้อ Toyota 43 คัน Honda 7 คัน Mitsubishi 7 คัน Nissan 7 คัน Isuzu 1 คัน BMW 1 คัน Benz 1 คัน รายละเอียด ยี่ห้อ รุ่น ระยะทางการใช้งาน ปริมาตรความจุกระบอกสูบ และชนิดการใช้เชื้อเพลิงของรถยนต์ตัวอย่าง (รายละเอียดในภาคผนวก ก1)

1.2 รถยนต์ขนาดเล็กที่ใช้เครื่องยนต์ดีเซล ได้แก่ รถปิกอัพ (กระบะ) และรถตู้ มีขนาดเครื่องยนต์อยู่ระหว่าง 2500 – 3000 ลูกบาศก์เซนติเมตร รวมทั้งสิ้น 17 คัน ประกอบด้วย รถยนต์ยี่ห้อ Toyota 7 คัน Isuzu 5 คัน Mitsubishi 3 คัน Nissan 1 คัน Mazda 1 คัน รายละเอียด ยี่ห้อ รุ่น ระยะทางการใช้งาน ปริมาตรความจุกระบอกสูบและชนิดการใช้เชื้อเพลิงของรถยนต์ตัวอย่าง (รายละเอียดในภาคผนวก ก5)

## 2. เชื้อเพลิงที่ใช้ทดสอบ

การใช้เชื้อเพลิงกับรถยนต์ตัวอย่างที่ใช้ทดสอบกับรถยนต์ทั้งสองประเภท จะทดสอบตามสภาพเดิมของรถยนต์ที่ใช้เชื้อเพลิงตามที่รถยนต์คันนั้นใช้อยู่ ณ ปัจจุบัน เพื่อให้เป็นไปตามสภาพการใช้งานจริงของรถยนต์แต่ละคัน ยกเว้นรถยนต์บางคันที่ใช้เชื้อเพลิงร่วมจะทำการทดสอบเชื้อเพลิงที่ใช้ร่วมด้วย เช่น รถยนต์เบนซินติดตั้งแก๊สปิโตรเลียมเหลว (LPG) และสามารถใช้เชื้อเพลิงเบนซินได้ จะทำการทดสอบเชื้อเพลิงเบนซินและเชื้อเพลิงแก๊สปิโตรเลียมเหลวทั้งสองชนิดเชื้อเพลิง หรือรถยนต์ดีเซลที่เจ้าของใช้เชื้อเพลิงดีเซลหมุนเร็วธรรมดา สลับน้ำมันดีเซลหมุนเร็วบี 5 จะทำการทดสอบทั้ง 2 เชื้อเพลิง รวมทั้งทดสอบเปรียบเทียบในรถยนต์คันเดียวกันเพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของการระบายสารมลพิษจากไอเสียและปริมาณการใช้เชื้อเพลิงที่เกิดขึ้น

รายละเอียดของเชื้อเพลิงประกอบด้วย ทั้งนี้เชื้อเพลิงที่ใช้ทดสอบกับรถยนต์ตัวอย่างจะเป็นเชื้อเพลิงเดิมที่มีอยู่ในรถยนต์ตัวอย่างคันนั้นและเป็นเชื้อเพลิงที่เป็นไปตามรายละเอียดข้อกำหนดลักษณะและคุณภาพของเชื้อเพลิง ที่เป็นไปตามประกาศกรมธุรกิจพลังงาน

2.1 เชื้อเพลิงรถยนต์ที่ใช้เครื่องยนต์เบนซิน รวมทั้งสิ้น 6 ชนิดเชื้อเพลิง ได้แก่ น้ำมันเบนซินออกเทน 91, น้ำมันเบนซินออกเทน 95 รายละเอียดข้อกำหนดลักษณะและคุณภาพของน้ำมันเบนซิน เป็นไปตามประกาศกรมธุรกิจพลังงาน เรื่อง กำหนดลักษณะและคุณภาพของน้ำมันเบนซิน พ.ศ. 2549 (กรมธุรกิจพลังงาน, 2549) น้ำมันแก๊สโซฮอล์ 10 ออกเทน 91, น้ำมันแก๊สโซฮอล์ 10 ออกเทน 95, น้ำมันแก๊สโซฮอล์ 20 ออกเทน 95 รายละเอียดข้อกำหนดลักษณะและคุณภาพของน้ำมันแก๊สโซฮอล์ เป็นไปตามประกาศกรมธุรกิจพลังงาน เรื่อง กำหนดลักษณะและคุณภาพของน้ำมันแก๊สโซฮอล์ พ.ศ. 2550 (กรมธุรกิจพลังงาน, 2550) แก๊สปิโตรเลียมเหลว (LPG) รายละเอียดข้อกำหนดลักษณะและคุณภาพของแก๊สปิโตรเลียมเหลว เป็นไปตามประกาศกรมธุรกิจพลังงาน เรื่อง กำหนดลักษณะและคุณภาพของแก๊สปิโตรเลียมเหลว พ.ศ. 2547 (กรมธุรกิจพลังงาน, 2547)

2.2 เชื้อเพลิงรถยนต์ขนาดเล็กที่ใช้เครื่องยนต์ดีเซล รวมทั้งสิ้น 2 ชนิดเชื้อเพลิง ได้แก่ น้ำมันดีเซลหมุนเร็วธรรมดา น้ำมันดีเซลหมุนเร็วบี 5 รายละเอียดข้อกำหนดลักษณะและคุณภาพของน้ำมันดีเซล เป็นไปตามประกาศกรมธุรกิจพลังงาน เรื่อง กำหนดลักษณะและคุณภาพของน้ำมันดีเซล พ.ศ. 2550 (กรมธุรกิจพลังงาน, 2550)

### 3. ระบบแชสซิสไดนาโมมิเตอร์ (Chassis dynamometer system)

ระบบแชสซิสไดนาโมมิเตอร์ ซึ่งทำหน้าที่สร้างแรงต้านในการทดสอบตามน้ำหนักของรถยนต์รวมทั้งสร้างแรงต้านตามความเร็วของการทดสอบ และตามสภาวะการณ์ของการทดสอบจริง น้ำหนักรวมของรถยนต์ (Gross vehicle weight) รายละเอียดลักษณะเฉพาะของระบบ Chassis dynamometer (รายละเอียดในภาคผนวก ข1) สำหรับรถยนต์ที่ใช้เครื่องยนต์เบนซิน (รายละเอียดในภาคผนวก ข2) สำหรับรถยนต์ขนาดเล็กที่ใช้เครื่องยนต์ดีเซล ประกอบด้วยอุปกรณ์ที่สำคัญ 3 ส่วน ดังนี้

3.1 แชสซิสไดนาโมมิเตอร์ (Chassis dynamometer) เป็นอุปกรณ์ทางกล (Mechanical unit) ประกอบด้วย ลูกกลิ้ง (Roller) แบบ Single roller ที่สามารถชดเชยความสูญเสียทางกล (Mechanical loss) ได้โดยอัตโนมัติ (แสดงในภาพที่ 3)



ภาพที่ 3 แชสซิสไดนาโมมิเตอร์ (Chassis dynamometer)

ที่มา: ห้องปฏิบัติการตรวจวัดมลพิษจากยานพาหนะ กรมควบคุมมลพิษ (2551)

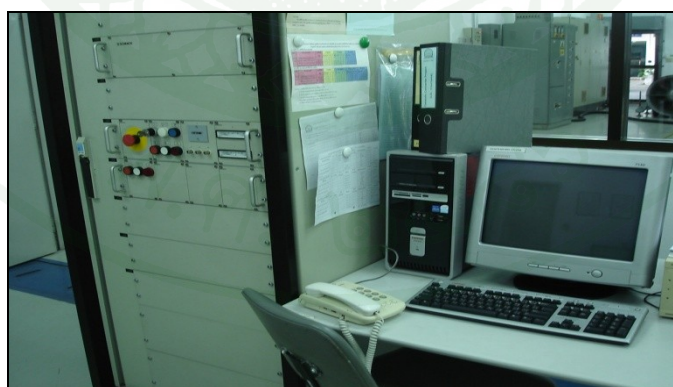
3.2 พัดลมระบายความร้อน (Cooling fan) ทำหน้าที่สร้างลมให้เสมือนกับการขับขี่ บนถนน เพื่อระบายความร้อนของระบบเครื่องยนต์ที่เกิดจากการทำงานของเครื่องยนต์ และทำงานร่วมกับแชสซิสไดนาโมมิเตอร์ โดยสามารถให้ความเร็วแปรผันตามความเร็วของรถยนต์ในขณะที่ทำการทดสอบตามความเร็วของลูกกลิ้ง โดยขนาดของพัดลมสามารถทำให้ความเร็วของลมที่พัดผ่านรถยนต์ มีความเร็วเท่ากับรถยนต์ที่วิ่งอยู่จริงตามวัฏจักรรูปแบบการขับขี่ (แสดงในภาพที่ 4)



ภาพที่ 4 พัดลมระบายความร้อนรถยนต์ (Cooling fan)

ที่มา: ห้องปฏิบัติการตรวจวัดมลพิษจากยานพาหนะ กรมควบคุมมลพิษ (2551)

3.3 อุปกรณ์ควบคุม (Control unit) เป็นชุดควบคุมการทำงานของแซชชีสไดนาโมมิเตอร์และพัดลมระบายความร้อน สามารถตั้งเงื่อนไขการทำงานสร้างแรงต้านในการทดสอบและควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ทางกลต่างๆ ของระบบได้ตามข้อกำหนดของมาตรฐานสากลและเงื่อนไขภาวะของการทดสอบ สามารถบันทึกความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วกับเวลาในการทดสอบได้ เพื่อประเมินความถูกต้องของรูปแบบการทดสอบ (แสดงในภาพที่ 5)

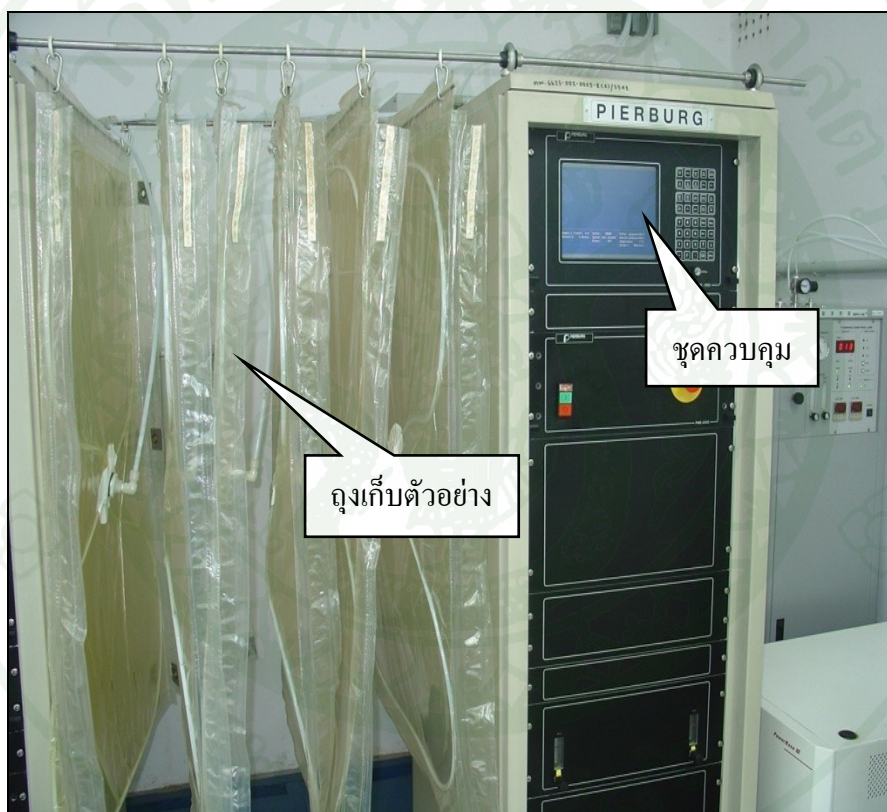


ภาพที่ 5 อุปกรณ์ควบคุมระบบระบบ Chassis dynamometer

ที่มา: ห้องปฏิบัติการตรวจวัดมลพิษจากยานพาหนะ กรมควบคุมมลพิษ (2551)

#### 4. ระบบเก็บตัวอย่าง (Exhaust gas sampling system) (แสดงในภาพที่ 6)

เป็นเครื่องมืออุปกรณ์ที่ใช้เก็บตัวอย่างจากท่อไอเสียรถยนต์โดยการเจือจางด้วยอากาศ โดยใช้ Critical flow venturi (CFV) ควบคุมอัตราการไหลของตัวอย่างผสมให้คงที่ และส่งไปยังถุงเก็บตัวอย่าง สำหรับการตรวจวัดสารมลพิษชนิดนี้จะเรียกว่าระบบเก็บตัวอย่างโดยการเจือจางไอเสีย (Constant volume sampler: CVS) รายละเอียดในภาคผนวก ข1 สำหรับรถยนต์ที่ใช้เครื่องยนต์เบนซิน และรายละเอียดในภาคผนวก ข2 สำหรับรถยนต์ขนาดเล็กที่ใช้เครื่องยนต์ดีเซล เครื่องมือประกอบไปด้วย



ภาพที่ 6 ระบบเก็บตัวอย่าง (Exhaust gas sampling system)

ที่มา: ห้องปฏิบัติการตรวจวัดมลพิษจากยานพาหนะ กรมควบคุมมลพิษ (2551)

4.1 ชุดเก็บตัวอย่าง (Sampling unit) ที่ทำหน้าที่ผสมไอเสียให้ถูกเจือจางด้วยอากาศอย่างต่อเนื่องและผสมเป็นเนื้อเดียวกัน มีอุปกรณ์กำจัดฝุ่นและความชื้น รวมทั้งอุปกรณ์วัดปริมาตรของตัวอย่างอากาศที่ผสมที่ตรวจสอบได้

4.2 ชุดชุดตัวอย่างผสม ที่สามารถควบคุมอัตราการไหลของตัวอย่างผสมให้คงที่อย่างต่อเนื่อง

4.3 ถุงเก็บตัวอย่าง (Sampling bag) แบ่งได้ 2 ชุด ประกอบด้วย ชุดที่ 1 ทำหน้าที่เก็บตัวอย่างไอเสียที่ถูกเจือจางด้วยอากาศจากรถยนต์ และชุดที่ 2 เก็บอากาศที่ใช้เจือจางไอเสีย โดยที่ถุงเก็บตัวอย่างทั้ง 2 ชุด จะเก็บตัวอย่างต่อเนื่องตลอดการทดสอบ

4.4 ชุดควบคุม (Controller unit) ทำหน้าที่ควบคุมชุดอุปกรณ์ตามข้อ 4 ให้ทำงานสอดคล้องได้อย่างถูกต้องและมีความสัมพันธ์ตลอดการทดสอบ

5. ระบบวิเคราะห์ไอเสีย (Emission analysis system) (แสดงในภาพที่ 7) รายละเอียดในภาคผนวก ข1 สำหรับรถยนต์ที่ใช้เครื่องยนต์เบนซิน และรายละเอียดในภาคผนวก ข2 สำหรับรถยนต์ขนาดเล็กที่ใช้เครื่องยนต์ดีเซล ได้แก่

5.1 แก๊สไฮโดรคาร์บอน (HC) ตรวจวัดวิเคราะห์ปริมาณไอเสียแบบฟเลมไอออนไนเซชัน (Flame ionization detector: FID) สามารถปรับช่วงการวัดได้ 4 ช่วงการวัด ค่าของช่วงการวัดเปลี่ยนแปลงได้ไม่จำกัด ระหว่าง 0-10,000 ppm

5.2 แก๊สออกไซด์ของไนโตรเจน ( $\text{NO}_x$ ) ตรวจวัดวิเคราะห์ปริมาณไอเสียแบบเคมีลูมิเนสเซนซ์ (Chemiluminescence detector: CLD) สามารถปรับช่วงการวัดได้ 4 ช่วงการวัด ค่าของช่วงการวัดเปลี่ยนแปลงได้ไม่จำกัด ระหว่าง 0-10,000 ppm

5.3 แก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) ตรวจวัดวิเคราะห์ปริมาณไอเสียแบบนอนดิสเพอร์ซีฟอินฟราเรด (Non-dispersive infrared analyzer: NDIR) สามารถปรับช่วงการวัดได้ 4 ช่วงการวัด ค่าของช่วงการวัดเปลี่ยนแปลงได้ไม่จำกัด ระหว่าง 0-6 %



ภาพที่ 7 ระบบวิเคราะห์ไอเสีย (Emission analysis system)

ที่มา: ห้องปฏิบัติการตรวจวัดมลพิษจากยานพาหนะ กรมควบคุมมลพิษ (2551)

5.4 แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ ( $\text{CO}_2$ ) ตรวจวัดวิเคราะห์ปริมาณไอเสียแบบนอนดิสเพอร์ซีฟอินฟราเรด (Non-dispersive infrared analyzer: NDIR) สามารถปรับช่วงการวัดได้ 4 ช่วงการวัด ค่าของช่วงการวัดเปลี่ยนแปลงได้ไม่จำกัด ระหว่าง 0-10 %

5.5 สารมลพิษอนุภาค (PM) ตรวจวัดโดยการชั่งน้ำหนักด้วยเครื่องชั่งน้ำหนัก (Micro balance) โดยทำการชั่งกระดาดก่อนและหลังเก็บตัวอย่าง ตรวจวัดเฉพาะรถยนต์ขนาดเล็กที่ใช้เครื่องยนต์ดีเซล (แสดงในภาพที่ 8)

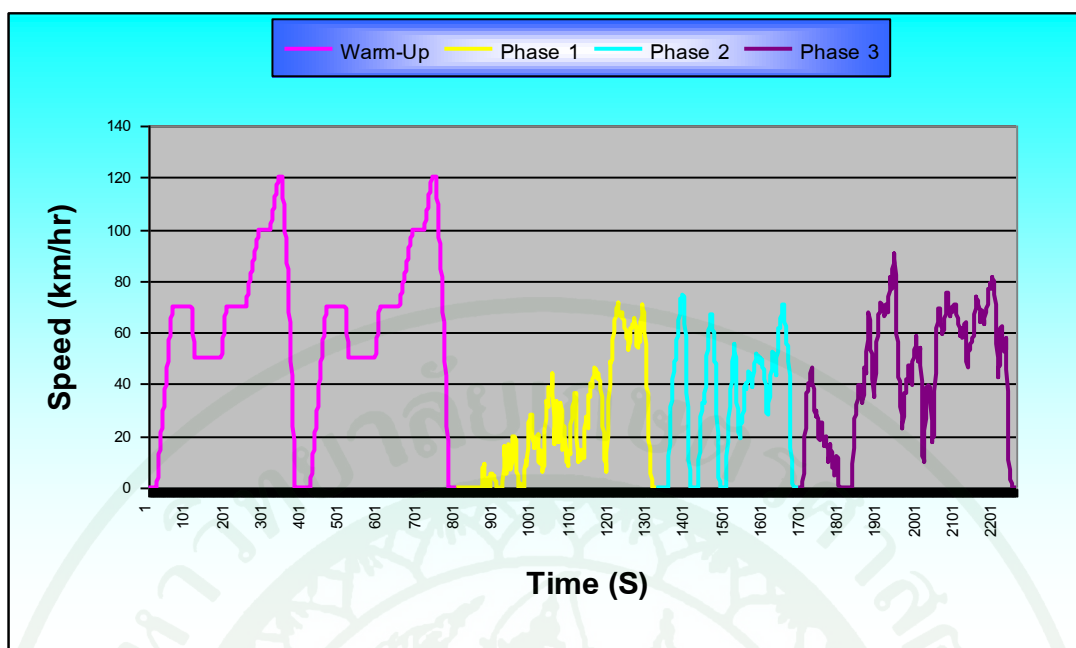


ภาพที่ 8 อุปกรณ์เก็บตัวอย่าง เครื่องชั่ง และตู้อบกระดาดตัวอย่างสารมลพิษอนุภาค

ที่มา: ห้องปฏิบัติการตรวจวัดมลพิษจากยานพาหนะ กรมควบคุมมลพิษ (2551)

6. วัฏจักรและรูปแบบการทดสอบ โดยการขับเคลื่อนรถยนต์ตัวอย่าง บนแชสซิสไดนาโมมิเตอร์ (Chassis dynamometer) โดยใช้รูปแบบการขับที่กรุงเทพมหานคร ดังนี้

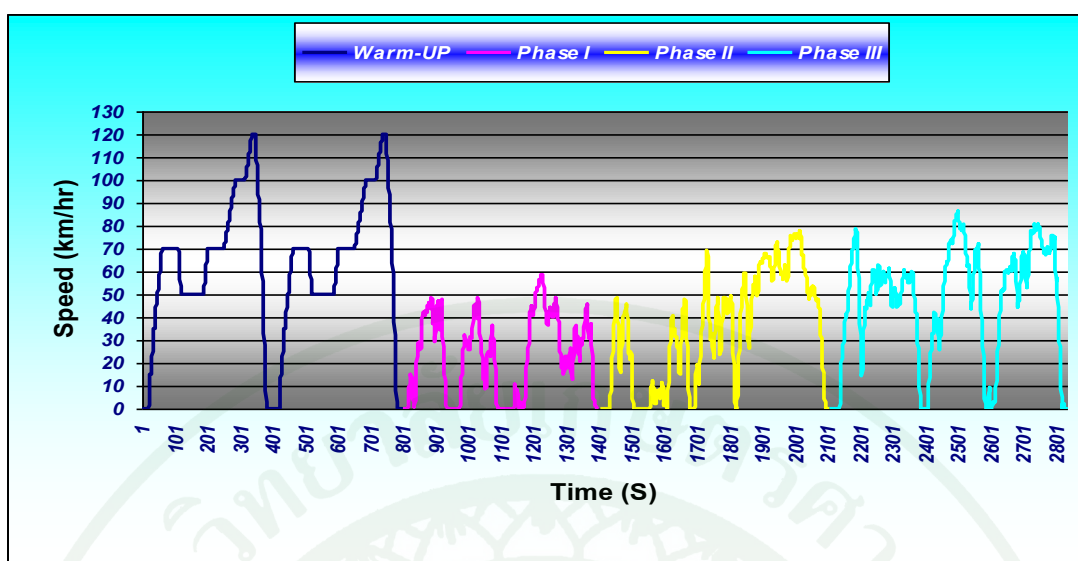
6.1 รถยนต์ที่ใช้เครื่องยนต์เบนซิน ขับเคลื่อนตามวัฏจักรแบบการขับที่กรุงเทพมหานคร ประกอบด้วย 4 ส่วน ส่วนที่ 1 เป็นการปรับสภาพเครื่องยนต์ให้อยู่ในสภาพพร้อมสำหรับการใช้งาน (Warm up) โดยขับที่รถยนต์ตามวัฏจักรตามรูปแบบที่กำหนด ความเร็วระหว่าง 0-120 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ความเร็วเฉลี่ย 62.6 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ระยะเวลา 800 วินาที ระยะทางรวม 13.9 กิโลเมตร ส่วนที่ 2 (PHASE 1) ความเร็วระหว่าง 0-71.4 กิโลเมตรต่อชั่วโมง เป็นการเก็บตัวอย่างในช่วงความเร็วระหว่าง 20-30 กิโลเมตร/ชั่วโมง ความเร็วเฉลี่ย 23.4 กิโลเมตรต่อชั่วโมง รวมระยะเวลาการขับ 520 วินาที ระยะทางรวม 3.4 กิโลเมตร ส่วนที่ 3 (PHASE 2) ความเร็วระหว่าง 0-74.4 กิโลเมตรต่อชั่วโมง เป็นการเก็บตัวอย่างในช่วงความเร็วระหว่าง 30-40 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ความเร็วเฉลี่ย 33.2 กิโลเมตรต่อชั่วโมง รวมระยะเวลาการขับ 368 วินาที ระยะทางรวม 2.1 กิโลเมตร ส่วนที่ 4 (PHASE 3) ความเร็วระหว่าง 0-90.9 กิโลเมตรต่อชั่วโมง เป็นการเก็บตัวอย่างในช่วงความเร็วระหว่าง 40-60 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ความเร็วเฉลี่ย 42.9 กิโลเมตรต่อชั่วโมง รวมระยะเวลาการขับ 568 วินาที ระยะทางรวม 3.3 กิโลเมตร (แสดงในภาพที่ 9)



ภาพที่ 9 รูปแบบการขี่จักรยานกรุงเทพมหานครสำหรับรถยนต์ที่ใช้เครื่องยนต์เบนซิน

ที่มา: ห้องปฏิบัติการตรวจวัดมลพิษจากยานพาหนะ (2551)

6.2 รถยนต์ขนาดเล็กที่ใช้เครื่องยนต์ดีเซล ขับเคลื่อนตามวัฏจักรรูปแบบการขี่ กรุงเทพมหานคร ประกอบด้วย 4 ส่วน ส่วนที่ 1 เป็นการปรับสภาพเครื่องยนต์ให้อยู่ในสภาพพร้อมสำหรับการใช้งาน (WARM UP) โดยขี่รถตามวัฏจักรตามรูปแบบที่กำหนด ความเร็วระหว่าง 0-120 กิโลเมตรต่อชั่วโมง คิดเป็นความเร็วเฉลี่ย 62.6 กิโลเมตรต่อชั่วโมง เป็นระยะเวลา 800 วินาที ระยะทางรวม 13.9 กิโลเมตร ส่วนที่ 2 (PHASE 1) ความเร็วระหว่าง 0-59.0 กิโลเมตรต่อชั่วโมง เป็นการเก็บตัวอย่างในช่วงความเร็วระหว่าง 20-30 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ความเร็วเฉลี่ย 23.1 กิโลเมตรต่อชั่วโมง รวมระยะเวลาการขี่ 601 วินาที ระยะทางรวม 3.8 กิโลเมตร ส่วนที่ 3 (PHASE 2) ความเร็วระหว่าง 0-77.6 กิโลเมตรต่อชั่วโมง เป็นการเก็บตัวอย่างในช่วงความเร็วระหว่าง 30-40 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ความเร็วเฉลี่ย 33.9 กิโลเมตรต่อชั่วโมง รวมระยะเวลาการขี่ 706 วินาที ระยะทางรวม 3.3 กิโลเมตร ส่วนที่ 3 (PHASE 3) ความเร็วระหว่าง 0-86.4 กิโลเมตรต่อชั่วโมง เป็นการเก็บตัวอย่างในช่วงความเร็วระหว่าง 40-60 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ความเร็วเฉลี่ย 46.8 กิโลเมตรต่อชั่วโมง รวมระยะเวลาการขี่ 730 วินาที ระยะทางรวม 3.8 กิโลเมตร (แสดงภาพที่ 10)



ภาพที่ 10 รูปแบบการขับขี่กรุงเทพมหานครสำหรับรถยนต์ขนาดเล็กที่ใช้เครื่องยนต์ดีเซล

ที่มา: ห้องปฏิบัติการตรวจวัดมลพิษจากยานพาหนะ (2551)

#### 7. ระบบควบคุมการทำงานและประมวลผลข้อมูลการทดสอบสารมลพิษจากรถยนต์ (Vehicle emission test control system) (แสดงในภาพที่ 11)

เป็นชุดเครื่องมือที่ใช้ควบคุมการทำงานของเครื่องมือต่อเชื่อมต่างๆ ในระบบและรับข้อมูลจากเครื่องมือมาประมวลผล ประกอบด้วยเครื่องมือหลัก 2 ส่วน คือ เครื่องควบคุมการทำงานและประมวลผลเป็นระบบคอมพิวเตอร์และเครื่องพิมพ์ มีโปรแกรมควบคุมการทำงานของเครื่องมือต่อเชื่อมต่างๆ ให้ทำงานสอดคล้องกัน มีโปรแกรมตรวจสอบการทำงานและความผิดปกติที่อาจเกิดขึ้นกับเครื่องมือต่อเชื่อมต่างๆ มีโปรแกรมสำหรับการปรับเทียบเครื่องมือ สามารถรายงานผลการตรวจวัดมลพิษต่อกิโลเมตร

อุปกรณ์ช่วยการขับขี่ (Driver's Aid) เป็นอุปกรณ์แสดงภาวะการขับขี่รถยนต์ทดสอบ โดยเปรียบเทียบกับภาวะการขับขี่รถยนต์ตามวัฏจักรรูปแบบการขับขี่ เพื่อช่วยให้เจ้าหน้าที่ผู้ขับขี่รถยนต์ทดสอบสามารถขับขี่ได้อย่างเป็นไปอย่างถูกต้อง โดยจะแสดงรายละเอียดความเร็วของการขับขี่ ตำแหน่งเกียร์ที่ใช้ในการขับขี่ ค่าความเบี่ยงเบนของการขับขี่ รายละเอียดในภาคผนวก ข1 สำหรับรถยนต์ที่ใช้เครื่องยนต์เบนซิน และรายละเอียดในภาคผนวก ข2 สำหรับรถยนต์ขนาดเล็กที่ใช้เครื่องยนต์ดีเซล



ภาพที่ 11 ระบบควบคุมการทำงานและประมวลผลข้อมูลการทดสอบสารมลพิษจากรถยนต์

ที่มา: ห้องปฏิบัติการตรวจวัดมลพิษจากยานพาหนะ (2551)

#### 8. แก๊สชนิดต่างๆ และกระดวยเก็บตัวอย่างสารมลพิษอนุภาค

แก๊สชนิดต่างๆ สำหรับการวิเคราะห์และปรับเทียบเครื่องมือตรวจวัด (รายละเอียดในภาคผนวก ข1) สำหรับรถยนต์ที่ใช้เครื่องยนต์เบนซิน และ (รายละเอียดในภาคผนวก ข2) สำหรับรถยนต์ขนาดเล็กที่ใช้เครื่องยนต์ดีเซล

##### 8.1 แก๊สมาตรฐานสำหรับปรับเทียบเครื่องมือวิเคราะห์ไอเสีย (แสดงในภาพที่ 12) ดังนี้

8.1.1 แก๊สผสมระหว่าง  $C_3H_8$  และไนโตรเจนบริสุทธิ์สำหรับปรับเทียบเครื่องมือตรวจวิเคราะห์แก๊สไฮโดรคาร์บอน

8.1.2 แก๊สผสมระหว่าง NO และไนโตรเจนบริสุทธิ์สำหรับปรับเทียบเครื่องมือตรวจวิเคราะห์แก๊สออกไซด์ของไนโตรเจน

8.1.3 แก๊สผสมระหว่าง CO และไนโตรเจนบริสุทธิ์สำหรับปรับเทียบเครื่องมือตรวจวิเคราะห์แก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์

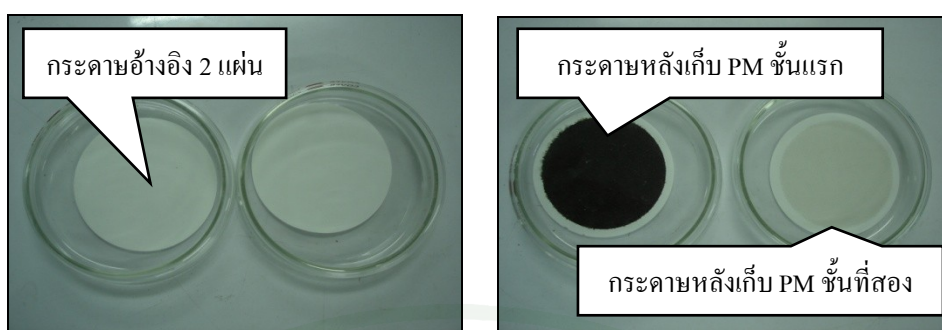
#### 8.1.4 แก๊สผสมระหว่าง CO<sub>2</sub> และไนโตรเจนบริสุทธิ์สำหรับปรับเทียบเครื่องมือ ตรวจวิเคราะห์แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์



ภาพที่ 12 แก๊สมาตรฐานสำหรับปรับเทียบเครื่องมือ

ที่มา: ห้องปฏิบัติการตรวจวัดมลพิษจากยานพาหนะ (2551)

8.2 กระดาษกรองเก็บตัวอย่างสารมลพิษอนุภาค (PM) เป็นกระดาษกรองสำหรับเก็บตัวอย่างสารมลพิษอนุภาค โดยก่อนการเก็บตัวอย่างจะนำกระดาษไปอบและควบคุมอุณหภูมิไว้ระหว่าง 20 ถึง 30 องศาเซลเซียส ตลอดจนทดสอบ ความชื้นสัมบูรณ์ของอากาศในห้องทดสอบ และอากาศที่ใช้ทดสอบต้องอยู่ระหว่าง 5.5 ถึง 12.2 กรัมของไอน้ำต่อ 1 กิโลกรัมของอากาศแห้งเป็นเวลา 8 ชั่วโมงขึ้นไป และนำไปชั่งหาน้ำหนักก่อนการเก็บตัวอย่าง เมื่อเก็บตัวอย่างเรียบร้อยแล้วนำไปอบภายใต้สภาวะเดียวกันในการเตรียมกระดาษเก็บตัวอย่าง และนำไปชั่งเพื่อหาน้ำหนักกระดาษที่ใช้ในการทดสอบรถยนต์ตัวอย่าง จะประกอบไปด้วย กระดาษอ้างอิง จำนวน 2 แผ่นเพื่อใช้อ้างอิงในการชั่งหาน้ำหนักความแตกต่างก่อนเก็บตัวอย่างไอเสียและหลังจากเก็บตัวอย่างไอเสีย และกระดาษสำหรับเก็บตัวอย่างสารมลพิษอนุภาค จำนวน 2 แผ่น ต่อ 1 วัฏจักรการขับขี (รถยนต์ 1 คัน ใช้กระดาษรวมทั้งหมด 6 แผ่น 3 วัฏจักรการขับขี) แผ่นที่ 1 เก็บตัวอย่างชั้นแรก แผ่นที่ 2 เก็บตัวอย่างชั้นที่สอง กรณีที่ชั้นที่สองมีปริมาณฝุ่นมากกว่า 5 % ของชั้นแรกให้นำปริมาณฝุ่นชั้นที่สองมาคำนวณหาปริมาณฝุ่นด้วย (แสดงในภาพที่ 13)



ภาพที่ 13 ตัวอย่างกระดวยกรองสำหรับเก็บตัวอย่างสารมลพิษอนุภาค (PM)

ที่มา: ห้องปฏิบัติการตรวจวัดมลพิษจากยานพาหนะ (2551)

#### 9. อื่นๆ ที่เกี่ยวข้องในการทดสอบสารมลพิษจากไอเสียรถยนต์

9.1 เครื่องบันทึกผลด้วยกราฟ (Multichannel recorder) สำหรับบันทึกค่าสารมลพิษที่วัดได้จากเครื่องวิเคราะห์ค่าสารมลพิษเพื่อใช้ประมวลผลความต้องการของการทดสอบ

9.2 Inclined – tube manometer ใช้วัดความดันภายใน crankcase ของเครื่องยนต์ ความคลาดเคลื่อนไม่เกิน  $\pm 0.01$  KPa

9.3 เครื่องวัดอุณหภูมิแบบ U – TUBE วัดอุณหภูมิที่มีค่าความผิดพลาดไม่เกิน  $\pm 1.0$  องศาเซลเซียส

9.4 เครื่องวัดความดันบรรยากาศแบบ Precision fortin barometer สำหรับวัดความดันบรรยากาศในห้องทดสอบมีความละเอียด  $\pm 0.01$  KPa และมี Sencor วัดความดันบรรยากาศในห้องทดสอบที่มีความละเอียด  $\pm 0.01$  KPa แสดงผลบนจอคอมพิวเตอร์ประมวลผลอัตโนมัติ

9.5 เครื่องวัดความชื้นสัมบูรณ์แบบ Precision hair hygrometer สำหรับวัดความชื้นสัมบูรณ์ (Absolute humidity) ในห้องทดสอบที่มีความละเอียด  $\pm 5$  % และมี Sencor วัดความชื้นสัมบูรณ์ในห้องทดสอบที่มีความละเอียด  $\pm 5$  % แสดงผลบนจอคอมพิวเตอร์ประมวลผลอัตโนมัติ

9.6 เครื่องชั่งน้ำหนักรถยนต์ สำหรับชั่งน้ำหนักรถยนต์ที่ใช้ในการทดสอบเพื่อให้ได้น้ำหนักที่แท้จริงของการทดสอบ โดยก่อนนำรถยนต์ขึ้นบน Chassis dynamometer จะทำการชั่งน้ำหนักของรถยนต์ตัวอย่างที่แท้จริงเพื่อให้ได้ค่าน้ำหนักที่ถูกต้อง เพื่อนำค่าที่ได้ไปปรับเทียบระบบ Chassis dynamometer และน้ำหนักที่ชั่งได้ให้บวกเพิ่มอีก 100 กิโลกรัม เพื่อแทนน้ำหนักของเจ้าหน้าที่ขับรถตัวอย่างทดสอบ ทั้งนี้เป็นไปตามรายละเอียดของมาตรฐานการทดสอบที่กำหนดไว้ (แสดงในภาพที่ 14)



ภาพที่ 14 เครื่องชั่งน้ำหนักรถยนต์และการชั่งน้ำหนักรถยนต์

ที่มา: ห้องปฏิบัติการตรวจวัดมลพิษจากยานพาหนะ (2551)

## วิธีการ

ทดสอบรถยนต์ที่ใช้เครื่องยนต์เบนซิน และรถยนต์ขนาดเล็กที่ใช้เครื่องยนต์ดีเซล จากการใช้เชื้อเพลิงชนิดต่างๆ เพื่อให้ทราบปริมาณสารมลพิษที่ระบายออกจากท่อไอเสีย ได้แก่ แก๊สไฮโดรคาร์บอน (HC) แก๊สออกไซด์ของไนโตรเจน ( $\text{NO}_x$ ) แก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ ( $\text{CO}_2$ ) สารมลพิษอนุภาค (PM) (เฉพาะรถยนต์ขนาดเล็กที่ใช้เครื่องยนต์ดีเซล) และปริมาณการใช้เชื้อเพลิง (FC) โดยข้อมูลที่ได้ดังกล่าว นำมาใช้ประเมินการจัดทำอัตราการระบายสารมลพิษจากไอเสีย (Emission factor) หน่วยกรัมต่อกิโลเมตรต่อคัน ปริมาณการใช้เชื้อเพลิง (Fuel consumption) หน่วยกิโลเมตรต่อลิตรต่อคัน และนำค่าที่ได้มาประเมินการปลดปล่อยสารมลพิษ (Emission load) หน่วยตันต่อปี ปริมาณการใช้เชื้อเพลิงรวม (Total fuel consumption) หน่วยลิตรต่อปี โดยใช้ถนนลาดพราวเป็นกรณีศึกษาการปลดปล่อย นอกจากนี้ยังได้ประเมินการปลดปล่อยสารมลพิษ ปริมาณการใช้เชื้อเพลิงรวม ตามช่วงความเร็วเพื่อหาความแตกต่างของสารมลพิษและการใช้เชื้อเพลิง โดยมีรายละเอียดขั้นตอนการทดสอบ ดังนี้

### 1. ขั้นตอนการทดสอบสารมลพิษจากไอเสีย และอัตราการใช้เชื้อเพลิงจากรถยนต์ (ห้องปฏิบัติการตรวจวัดมลพิษจากยานพาหนะ, ม.ป.ป.)

1.1 เตรียมรถยนต์ตัวอย่างก่อนการทดสอบ เพื่อให้การทดสอบรถยนต์เป็นไปตามมาตรฐานสากลที่ถูกต้องและมีความผิดพลาดจากการทดสอบรถยนต์ตัวอย่าง ซึ่งการเตรียมรถยนต์ตัวอย่างให้พร้อมก่อนการทดสอบเป็นขั้นตอนสำคัญ โดยรถยนต์ตัวอย่างจะได้รับทำความสะอาดเพื่อป้องกันฝุ่นที่ติดมากับตัวรถยนต์ที่มีผลต่อการทดสอบสารมลพิษอนุภาค (PM) สำหรับการทดสอบรถยนต์ขนาดเล็กที่ใช้เครื่องยนต์ดีเซล การชั่งน้ำหนักรถยนต์ตัวอย่าง (กิโลกรัม) เป็นสิ่งสำคัญเพื่อให้ได้ค่าของน้ำหนักแท้จริงเพื่อใช้สำหรับปรับตั้งระบบ Chassis dynamometer ตรวจสอบสภาพความพร้อมก่อนการทดสอบ ได้แก่ การตรวจสอบสภาพของเครื่องยนต์ ไม่มีการรั่วไหลของน้ำมันเครื่อง การตรวจสอบระบบเบรก ระบบเกียร์ ธรรมดาหรือเกียร์อัตโนมัติ เพื่อใช้ประกอบการเลือกวัฏจักรรูปแบบการขับขี่ที่ถูกต้อง (วัฏจักรรูปแบบการขับขี่ จะแยกระหว่างเกียร์ธรรมดาและเกียร์อัตโนมัติ) ระบบท่อไอเสียจะต้องไม่ชำรุดหรือมีจุดรั่วไหลซึ่งจะมีผลต่อสารมลพิษไอเสียที่ออกมา การตรวจสอบความดันลมยางทั้ง 4 ล้อของรถยนต์ตัวอย่างให้เป็นไปตามข้อกำหนดข้อแนะนำจากบริษัทผู้ผลิตรถยนต์และบริษัทผู้ผลิตยาง และเชื้อเพลิงมีเพียงพอสำหรับการขับเคลื่อนตลอดวัฏจักรและตลอดการทดสอบ ซึ่งขั้นตอนนี้จะมีรายละเอียดของใบตรวจเช็คที่ครอบคลุมรายละเอียดทั้งหมด เพื่อเป็นการป้องกันความผิดพลาดหรือตรวจสอบไม่ครบทุกรายการ

1.2 ตรวจสอบชนิดของเชื้อเพลิงรถยนต์ตัวอย่าง เพื่อให้การตรวจวัดปริมาณการใช้เชื้อเพลิงเป็นไปอย่างถูกต้อง ซึ่งจะมีผลต่อการคำนวณปริมาณการใช้เชื้อเพลิง โดยรายละเอียดที่สำคัญได้แก่ ค่าความถ่วงจำเพาะของน้ำมัน (Fuel density) เพื่อนำค่าดังกล่าวไปใช้ในการคำนวณและประมวลผลปริมาณการใช้เชื้อเพลิง สำหรับค่าที่เลือกใช้จะใช้ค่ากลาง เช่น น้ำมันดีเซลธรรมดาหมุนเร็ว ค่าความถ่วงจำเพาะของน้ำมันอยู่ระหว่าง 0.81-0.87 กรัมต่อมิลลิเมตร จะเลือกใช้ค่าความถ่วงจำเพาะ 0.845 กรัมต่อมิลลิเมตร ค่าความถ่วงจำเพาะของน้ำมันที่ใช้ในการทดสอบรวมทั้งหมด 8 ชนิดเชื้อเพลิงนี้ จะใช้ค่าที่อ้างอิงที่กำหนดในคุณลักษณะของเชื้อเพลิงที่เป็นไปตามประกาศของกรมธุรกิจพลังงาน

1.3 รถยนต์ตัวอย่างขึ้นแท่นทดสอบบน Chassis dynamometer รถยนต์ตัวอย่างที่ผ่านการตรวจสอบสภาพความพร้อมเรียบร้อยแล้วจะนำขึ้นแท่นทดสอบเพื่อตรวจสอบความพร้อมในการจำลองสภาพรถยนต์ ให้เสมือนสภาพการขับขี่จริงบนท้องถนน ในขั้นตอนนี้จะประกอบด้วย การปรับตั้งค่าแรงต้านของรถยนต์ตัวอย่าง โดยปรับตั้งตามค่าน้ำหนักที่ได้ทำการชั่งไว้ และหลังจากนั้นผู้ขับขี่รถยนต์จะทำการขับเคลื่อนรถยนต์ตัวอย่างตามวัฏจักรรูปแบบที่กำหนดเพื่อสร้างความคุ้นเคยกับรถยนต์และตรวจสอบความพร้อมของรถยนต์

1.4 เตรียมข้อมูลรถยนต์ตัวอย่างและรูปแบบการขับขี่ ก่อนที่จะทำการทดสอบ ผู้ควบคุมการทดสอบจะทำการเตรียมรายละเอียดคุณลักษณะของรถยนต์ตัวอย่าง ได้แก่ รายละเอียดทางด้านเทคนิคของรถยนต์และเครื่องยนต์ เช่น ปริมาตรความจุกระบอกสูบของเครื่องยนต์ น้ำหนักของรถยนต์ที่ใช้ทดสอบโดยน้ำหนักที่ได้ให้บวกเพิ่มอีก 100 กิโลกรัม เพื่อเป็นตัวแทนของผู้ขับรถทดสอบและเชื้อเพลิง รูปแบบวัฏจักรการขับขี่กรุงเทพมหานคร ซึ่งข้อมูลดังกล่าวนี้จะใช้ใส่เข้าไปในโปรแกรมของการทดสอบ ทั้งเพื่อการสืบค้นข้อมูลของรถยนต์ตัวอย่างที่ได้ทำการทดสอบในอนาคตหรือเมื่อต้องการทราบรายละเอียดต่างๆ เช่น รายละเอียดของรถยนต์ตัวอย่าง รายละเอียดเงื่อนไขการทดสอบ

1.5 เตรียมเครื่องมือและระบบทดสอบ การเตรียมเครื่องมือประกอบด้วย ระบบแชสซิสไดนาโมมิเตอร์ (Chassis dynamometer system) ระบบเก็บตัวอย่าง (Exhaust gas sampling system) ระบบวิเคราะห์ไอเสีย (Emission analysis system) ระบบควบคุมการทำงานและประมวลผลข้อมูลการทดสอบสารมลพิษจากรถยนต์ (Vehicle emission test control system) และระบบอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง เมื่อมีความพร้อมแล้วจึงดำเนินการทดสอบ

1.6 เตรียมกระดาศกรอง สำหรับทดสอบรถยนต์ขนาดเล็กที่ใช้เครื่องยนต์ดีเซล ในการทดสอบสารมลพิษอนุภาค (PM) ขั้นตอนการเตรียมกระดาศกรองทั้งก่อนการทดสอบและหลังเก็บตัวอย่างมีความสำคัญ สารมลพิษอนุภาคหรือฝุ่นละอองที่เกิดจากรถยนต์ขนาดเล็กที่ใช้เครื่องยนต์ดีเซลเป็นสารมลพิษที่สำคัญที่ระบายออกจากไอเสีย จะถูกเก็บโดยกระดาศกรองโดยน้ำหนักของกระดาศกรองที่แตกต่างกันระหว่างก่อนและหลังเก็บตัวอย่างจะใช้ประเมินหาปริมาณน้ำหนักสารมลพิษอนุภาคจากรถยนต์ตัวอย่าง

1.7 ทดสอบรถยนต์และเก็บตัวอย่างสารมลพิษจากไอเสีย ทดสอบสารมลพิษจากรถยนต์จะเริ่มดำเนินการได้ต่อเมื่อทุกขั้นตอนที่กล่าวมาความพร้อม โดยรถยนต์ตัวอย่างจะขับเคลื่อนตามวัฏจักรรูปแบบที่กำหนดเลือกไว้ ด้วยความเร็วและระยะเวลาที่กำหนด ในขณะที่เดียวกันระบบเก็บตัวอย่างสารมลพิษจะทำการเก็บตัวอย่างไอเสียจากรถยนต์ตัวอย่างและอากาศที่ใช้เจือจางไอเสีย ในแต่ละช่วงเวลาที่กำหนดในวัฏจักรรูปแบบการขับเข้าห้องเก็บตัวอย่างต่อเนื่องตลอดวัฏจักรการขับ โดยที่ภาวะทดสอบในห้องทดสอบต้องควบคุมอุณหภูมิไว้ระหว่าง 20 ถึง 30 องศาเซลเซียส ตลอดการทดสอบ ความชื้นสัมบูรณ์ของอากาศในห้องทดสอบและอากาศที่ใช้ทดสอบต้องอยู่ระหว่าง 5.5 ถึง 12.2 กรัมของไอน้ำต่อ 1 กิโลกรัมของอากาศแห้ง สำหรับการทดสอบและการเก็บตัวอย่างแยกได้ดังนี้

1.7.1 รถยนต์ที่ใช้เครื่องยนต์เบนซินดำเนินการทดสอบและเก็บตัวอย่างตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 2160-2546 รถยนต์ที่ใช้เครื่องยนต์เบนซิน เฉพาะด้านความปลอดภัย : สารมลพิษจากรถยนต์ ระดับที่ 7 (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์, 2547) โดยการศึกษานี้จะใช้วัฏจักรรูปแบบการขับที่ตามรูปแบบการขับที่กรุงเทพมหานคร รายละเอียดตามอุปกรณ์ ข้อ 6.1 รถยนต์ที่ใช้เครื่องยนต์เบนซิน ขับเคลื่อนตามวัฏจักรแบบการขับที่กรุงเทพมหานคร

1.7.2 รถยนต์ขนาดเล็กที่ใช้เครื่องยนต์ดีเซล ดำเนินการทดสอบและเก็บตัวอย่างตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 2155-2546 รถยนต์ขนาดเล็กที่ใช้เครื่องยนต์ดีเซล เฉพาะด้านความปลอดภัย : สารมลพิษจากรถยนต์ ระดับที่ 6 (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์, 2547) โดยการศึกษานี้จะใช้วัฏจักรรูปแบบการขับที่ตามรูปแบบการขับที่กรุงเทพมหานคร รายละเอียดตาม อุปกรณ์ ข้อ 6.2 รถยนต์ขนาดเล็กที่ใช้เครื่องยนต์ดีเซล ขับเคลื่อนตามวัฏจักรแบบการขับที่กรุงเทพมหานคร

1.8 วิเคราะห์ผล ระบบวิเคราะห์จะทำการวิเคราะห์สารมลพิษจากถุงเก็บตัวอย่างอากาศ ที่ใช้การเจือจางไอเสีย และถุงเก็บตัวอย่างไอเสียที่ถูกเจือจางด้วยอากาศแล้วนั้น เครื่องวิเคราะห์สารมลพิษจะทำการวิเคราะห์ผลและประเมินปริมาณสารมลพิษในหน่วยของน้ำหนัก กรัมต่อกิโลเมตร ของสารมลพิษต่างๆ แต่ละชนิด จากเครื่องคอมพิวเตอร์ที่มีโปรแกรมเฉพาะของระบบวิเคราะห์ไอเสีย

1.9 ประมวลผลข้อมูล คอมพิวเตอร์ที่มีโปรแกรมเฉพาะของการทดสอบจะคำนวณสารมลพิษจากการเก็บตัวอย่างไอเสีย สารมลพิษจะนำมาประเมินผลในรูปปริมาณหน่วยของน้ำหนัก (กรัมต่อกิโลเมตร) และปริมาณการใช้เชื้อเพลิงประเมินผลในหน่วยระยะทางต่อปริมาณเชื้อเพลิง (กิโลเมตรต่อลิตร) การคำนวณค่าปริมาณสารมลพิษและอัตราการใช้เชื้อเพลิง คำนวณตามวิธีที่กำหนดใน Directive 96/69/EC (EURO II), Directive 1999/102/EC (A) (EURO III), มอก. 2155-2546 และ มอก. 2160-2546

2. ค่าอัตราการระบายสารมลพิษจากไอเสีย (emission factor) กรัมต่อกิโลเมตรต่อคัน และปริมาณการใช้เชื้อเพลิง (Fuel consumption) กิโลเมตรต่อลิตรต่อคัน แยกตามชนิดเชื้อเพลิง และช่วงความเร็วของการทดสอบ รถยนต์ที่ใช้เครื่องยนต์เบนซินและรถยนต์ขนาดเล็กที่ใช้เครื่องยนต์ดีเซล โดยการนำเอาข้อมูลในแต่ละคันที่ได้ทำการทดสอบ เพื่อศึกษาจัดทำอัตราการระบายสารมลพิษจากไอเสีย และปริมาณการใช้เชื้อเพลิง คัดจากค่าเฉลี่ยที่ได้จากจำนวนการทดสอบของแต่ละรถยนต์ และชนิดของเชื้อเพลิง สามารถแยกได้ดังนี้

2.1 รถยนต์ที่ใช้เครื่องยนต์เบนซิน ได้ดำเนินการทดสอบกับรถยนต์ จำนวนทั้งสิ้น 67 คัน โดยมีขนาดเครื่องยนต์อยู่ระหว่าง 1,300-3,200 ลูกบาศก์เซนติเมตร ช่วงอายุการใช้งานของรถยนต์ไม่เกิน 15 ปี รถยนต์ที่ใช้ทดสอบประกอบด้วย รถยนต์ยี่ห้อ Toyota 43 คัน Honda 7 คัน Mitsubishi 7 คัน Nissan 7 คัน Isuzu 1 คัน BMW 1 คัน Benz 1 คัน และเชื้อเพลิงที่ใช้ทดสอบรวมจำนวนทั้งสิ้น 6 ชนิดเชื้อเพลิง จำนวนการทดสอบรวม 76 ตัวอย่าง (รถยนต์ที่ติดตั้งเชื้อเพลิงร่วมเบนซินและแก๊สปิโตรเลียมเหลว ทดสอบเชื้อเพลิงทั้งสองชนิดในรถคันเดียวกัน) (รายละเอียดในภาคผนวกที่ ก1-ก4) ดังนี้

2.1.1 น้ำมันเบนซินออกเทน 91 จำนวนการทดสอบรวม 13 ตัวอย่าง ประกอบด้วย รถยนต์ยี่ห้อ Toyota 8 คัน Honda 2 คัน Mitsubishi 1 คัน และ Nissan 2 คัน

2.1.2 น้ำมันเบนซินออกเทน 95 จำนวนการทดสอบรวม 17 ตัวอย่าง ประกอบด้วย รถยนต์ยี่ห้อ Toyota 7 คัน Honda 1 คัน Mitsubishi 3 คัน Nissan 4 คัน BMW 1 คัน และ Benz 1 คัน

2.1.3 น้ำมันแก๊สโซฮอล์ 10 ออกเทน 91 จำนวนการทดสอบรวม 7 ตัวอย่าง ประกอบด้วย รถยนต์ยี่ห้อ Toyota 6 คัน และ Nissan 1 คัน

2.1.4 น้ำมันแก๊สโซฮอล์ 10 ออกเทน 95 จำนวนการทดสอบรวม 23 ตัวอย่าง ประกอบด้วย รถยนต์ยี่ห้อ Toyota 12 คัน Honda 2 คัน Mitsubishi 1 คัน Nissan 5 คัน BMW 1 คัน Benz 1 คัน และ Isuzu 1 คัน

2.1.5 น้ำมันแก๊สโซฮอล์ 20 ออกเทน 95 จำนวนการทดสอบรวม 5 ตัวอย่าง ประกอบด้วย รถยนต์ยี่ห้อ Toyota 3 คัน และ Honda 2 คัน

2.1.6 เชื้อเพลิงแก๊สปิโตรเลียมเหลว จำนวนการทดสอบรวม 11 ตัวอย่าง ประกอบด้วย รถยนต์ยี่ห้อ Toyota 7 คัน Mitsubishi 3 คัน และ Nissan 1 คัน

2.2 รถยนต์ขนาดเล็กที่ใช้เครื่องยนต์ดีเซล การทดสอบได้ดำเนินการทดสอบกับรถยนต์จำนวนทั้งสิ้น 17 คัน โดยมีขนาดเครื่องยนต์อยู่ระหว่าง 2,500-3,000 ลูกบาศก์เซนติเมตร ช่วงอายุการใช้งานของรถยนต์ไม่เกิน 15 ปี ประกอบด้วย รถยนต์ยี่ห้อ Toyota 7 คัน Isuzu 5 คัน Mitsubishi 3 คัน Nissan 1 คัน Mazda 1 คัน และใช้เชื้อเพลิง 2 ชนิด จำนวนการทดสอบ 22 ตัวอย่าง (รถยนต์ตัวอย่างบางคันได้ทดสอบทั้งสองเชื้อเพลิง ดีเซลหมุนเร็วธรรมดาและดีเซลหมุนเร็วบี 5) (รายละเอียดในภาคผนวก ก5-8) ดังนี้

2.2.1 น้ำมันดีเซลหมุนเร็วธรรมดา จำนวนการทดสอบรวม 11 ตัวอย่าง ประกอบด้วย รถยนต์ยี่ห้อ Toyota 4 คัน Isuzu 3 คัน Mitsubishi 2 คัน Nissan 1 คัน และ Mazda 1 คัน

2.2.2 น้ำมันดีเซลหมุนเร็วบี 5 จำนวนการทดสอบรวม 11 ตัวอย่าง ประกอบด้วย รถยนต์ยี่ห้อ Toyota 5 คัน Isuzu 4 คัน และ Mitsubishi 2 คัน

3. คำนวณค่าเฉลี่ยอัตราการระบายสารมลพิษจากไอเสีย (emission factor) ชนิดต่างๆ กรัมต่อกิโลเมตรต่อคัน และปริมาณการใช้เชื้อเพลิง (Fuel consumption) กิโลเมตรต่อลิตรต่อคัน ตามชนิดของเชื้อเพลิงของรถยนต์ที่ใช้เครื่องยนต์เบนซินและรถยนต์ขนาดเล็กที่ใช้เครื่องยนต์ดีเซล และตามช่วงความเร็วของการทดสอบ ได้แก่ ความเร็วระหว่าง 20-30, 30-40 และ 40-60 กิโลเมตรต่อชั่วโมง รวมทั้งความเร็วรวมทั้ง 3 ช่วงความเร็ว เป็นความเร็วระหว่าง 20-60 กิโลเมตรต่อชั่วโมง โดยใช้ข้อมูลที่ได้จากการทดสอบจากรถยนต์ทั้ง 2 ประเภท และเชื้อเพลิงชนิดต่างๆ

4. คำนวณอัตราการระบายสารมลพิษจากไอเสีย (emission factor) ชนิดต่างๆ กรัมต่อกิโลเมตร และปริมาณการใช้เชื้อเพลิง (Fuel consumption) กิโลเมตรต่อลิตร ตามสัดส่วนการใช้ น้ำมันเชื้อเพลิง รถยนต์ทั้ง 2 ประเภท สามารถหาได้จากสัดส่วนปริมาณการจำหน่ายเชื้อเพลิงในเขตกรุงเทพมหานคร ประจำปี 2551 และตามช่วงความเร็วของการทดสอบ ได้แก่ ความเร็วระหว่าง 20-30, 30-40 และ 40-60 กิโลเมตรต่อชั่วโมง รวมทั้งความเร็วรวมทั้ง 3 ช่วงความเร็ว เป็นความเร็วระหว่าง 20-60 กิโลเมตรต่อชั่วโมง เนื่องจากว่ารถยนต์ที่วิ่งใช้งานบนท้องถนนไม่สามารถแยกปริมาณจำนวนของรถยนต์ที่ใช้เชื้อเพลิงแต่ละชนิดที่วิ่งใช้งานบนท้องถนนได้ แต่สามารถประมาณการได้ โดยดูจากสัดส่วนการใช้น้ำมันเชื้อเพลิง

5. เลือกถนน และข้อมูลปริมาณการจราจรในพื้นที่กรุงเทพมหานคร เป็นกรณีศึกษา เพื่อประเมินการปลดปล่อยสารมลพิษ (Emission load) ชนิดต่างๆ ตันต่อปี และปริมาณรวมการใช้เชื้อเพลิง (Total fuel consumption) ลิตรต่อปี รถยนต์ที่ใช้เครื่องยนต์เบนซินและรถยนต์ขนาดเล็กที่ใช้เครื่องยนต์ดีเซล ตามช่วงความเร็วของการทดสอบ ได้แก่ ความเร็วระหว่าง 20-30, 30-40 และ 40-60 กิโลเมตรต่อชั่วโมง รวมทั้งความเร็วรวมทั้ง 3 ช่วงความเร็ว เป็นความเร็วระหว่าง 20-60 กิโลเมตรต่อชั่วโมง โดยได้เลือกถนนลาดพร้าวเป็นเส้นทางทดสอบ เนื่องจากข้อมูลผลการติดตามตรวจสอบคุณภาพอากาศ กรมควบคุมมลพิษ ประจำปี 2548, 2549 และ 2550 พบว่าปริมาณฝุ่นขนาดเล็กบริเวณริมถนนเส้นทางการจราจรถนนลาดพร้าวสูงเกินกว่ามาตรฐาน และแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ บริเวณเส้นทางการจราจรมีปริมาณที่สูงขึ้น (กรมควบคุมมลพิษ, 2548, 2549, 2550 และ 2551)

6. เปรียบเทียบความแตกต่างการปลดปล่อยไอเสียชนิดต่างๆ และปริมาณการใช้เชื้อเพลิง ที่มีผลต่อความเร็ว ข้อมูลที่ได้จากการทดสอบความเร็วในช่วงต่างๆ ได้แก่ ความเร็วระหว่าง 20-30, 30-40 และ 40-60 กิโลเมตรต่อชั่วโมง รวมทั้งความเร็วรวมทั้ง 3 ช่วงความเร็ว เป็นความเร็วระหว่าง

20-60 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ความเร็ว 20-30, 30-40 และ 40-60 กิโลเมตรต่อชั่วโมง นำมาเปรียบเทียบ เพื่อหาความแตกต่างของการปลดปล่อยไอเสียแต่ละชนิดและปริมาณรวมการใช้เชื้อเพลิง

สรุปวิธีการขั้นตอนการทดสอบสารมลพิษจากไอเสียจากรถยนต์ที่ใช้เครื่องยนต์เบนซิน และรถยนต์ขนาดเล็กที่ใช้เครื่องยนต์ดีเซล เพื่อจัดทำอัตราการระบายสารมลพิษและอัตราการใช้เชื้อเพลิง ตั้งแต่ขั้นตอนแรกจนถึงขั้นตอนสุดท้ายการเปรียบเทียบความแตกต่างของการปลดปล่อยไอเสียในแต่ละช่วงความเร็ว สามารถสรุปได้เป็นแผนผัง (แสดงรายละเอียดในภาพที่ 15)





**ภาพที่ 15** แผนผังการวิจัยทดสอบอัตราการระบายสารมลพิษจากไอเสียและปริมาณการใช้เชื้อเพลิง รถยนต์ที่ใช้เครื่องยนต์เบนซิน และรถยนต์ขนาดเล็กที่ใช้เครื่องยนต์ดีเซล

## ผลและวิจารณ์

การศึกษาวิจัย ปัจจัยการปล่อยสารมลพิษในอากาศจากรถยนต์ที่ใช้เครื่องยนต์เบนซินและรถยนต์ขนาดเล็กที่ใช้เครื่องยนต์ดีเซล แบ่งหัวข้อการศึกษาวิจัยได้ดังนี้

1. อัตราการระบายสารมลพิษจากไอเสีย (Emission factor) กรัมต่อกิโลเมตรต่อคัน และปริมาณการใช้เชื้อเพลิง (Fuel consumption) กิโลเมตรต่อลิตรต่อคัน รถยนต์ที่ใช้เครื่องยนต์เบนซิน แยกตามชนิดเชื้อเพลิง
2. อัตราการระบายสารมลพิษจากไอเสีย (Emission factor) กรัมต่อกิโลเมตรต่อคัน และปริมาณการใช้เชื้อเพลิง (Fuel consumption) กิโลเมตรต่อลิตรต่อคัน รถยนต์ขนาดเล็กที่ใช้เครื่องยนต์ดีเซล แยกตามชนิดเชื้อเพลิง
3. อัตราการระบายสารมลพิษจากไอเสีย (Emission factor) กรัมต่อกิโลเมตรต่อคัน และปริมาณการใช้เชื้อเพลิง (Fuel consumption) กิโลเมตรต่อลิตรต่อคัน รถยนต์ที่ใช้เครื่องยนต์เบนซิน และรถยนต์ขนาดเล็กที่ใช้เครื่องยนต์ดีเซล ตามสัดส่วนการใช้เชื้อเพลิง ในกรุงเทพมหานคร ประจำปี พ.ศ. 2551
4. ประเมินการปลดปล่อยสารมลพิษจากไอเสีย (Emission load) ตันต่อปี และปริมาณการใช้เชื้อเพลิงรวม (Total fuel consumption) ลิตรต่อปี ถนนลาดพร้าว กรุงเทพมหานคร ประจำปี พ.ศ. 2551

**1. อัตราการระบายสารมลพิษจากไอเสีย (Emission factor) กรัมต่อกิโลเมตรต่อคัน และปริมาณการใช้เชื้อเพลิง (Fuel consumption) กิโลเมตรต่อลิตรต่อคัน รถยนต์ที่ใช้เครื่องยนต์เบนซิน แยกตามชนิดเชื้อเพลิง**

1.1 อัตราการระบายสารมลพิษจากไอเสียและปริมาณการใช้เชื้อเพลิง ที่ช่วงความเร็วระหว่าง 20-30 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ความเร็วเฉลี่ย 23.4 กิโลเมตรต่อชั่วโมง มีผลการทดสอบ (แสดงรายละเอียดในตารางผนวกที่ ก1) และหาค่าเฉลี่ยการทดสอบ (รายละเอียดแสดงในตารางที่ 1) ได้ดังนี้

1.1.1 น้ำมันเบนซินออกเทน 91 มีอัตราการระบายสารมลพิษจากไอเสีย แก๊สไฮโดรคาร์บอน 0.659 กรัมต่อกิโลเมตร แก๊สออกไซด์ของไนโตรเจน 0.713 กรัมต่อกิโลเมตร แก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ 4.099 กรัมต่อกิโลเมตร แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ 179.593 กรัมต่อกิโลเมตร และปริมาณการใช้เชื้อเพลิง 12.941 กิโลเมตรต่อลิตร

1.1.2 น้ำมันเบนซินออกเทน 95 มีอัตราการระบายสารมลพิษจากไอเสีย แก๊สไฮโดรคาร์บอน 0.730 กรัมต่อกิโลเมตร แก๊สออกไซด์ของไนโตรเจน 0.961 กรัมต่อกิโลเมตร แก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ 4.513 กรัมต่อกิโลเมตร แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ 226.684 กรัมต่อกิโลเมตร และปริมาณการใช้เชื้อเพลิง 10.575 กิโลเมตรต่อลิตร

1.1.3 น้ำมันแก๊สโซฮอล์ 10 ออกเทน 91 มีอัตราการระบายสารมลพิษจากไอเสีย แก๊สไฮโดรคาร์บอน 0.391 กรัมต่อกิโลเมตร แก๊สออกไซด์ของไนโตรเจน 0.458 กรัมต่อกิโลเมตร แก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ 2.296 กรัมต่อกิโลเมตร แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ 189.625 กรัมต่อกิโลเมตร และปริมาณการใช้เชื้อเพลิง 12.573 กิโลเมตรต่อลิตร

1.1.4 น้ำมันแก๊สโซฮอล์ 10 ออกเทน 95 มีอัตราการระบายสารมลพิษจากไอเสีย แก๊สไฮโดรคาร์บอน 0.614 กรัมต่อกิโลเมตร แก๊สออกไซด์ของไนโตรเจน 0.675 กรัมต่อกิโลเมตร แก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ 3.413 กรัมต่อกิโลเมตร แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ 229.367 กรัมต่อกิโลเมตร และปริมาณการใช้เชื้อเพลิง 10.965 กิโลเมตรต่อลิตร

1.1.5 น้ำมันแก๊สโซฮอล์ 20 ออกเทน 95 มีอัตราการระบายสารมลพิษจากไอเสีย แก๊สไฮโดรคาร์บอน 0.398 กรัมต่อกิโลเมตร แก๊สออกไซด์ของไนโตรเจน 0.547 กรัมต่อกิโลเมตร

แก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ 2.351 กรัมต่อกิโลเมตร แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ 165.405 กรัมต่อกิโลเมตร และปริมาณการใช้เชื้อเพลิง 14.452 กิโลเมตรต่อลิตร

1.1.6 แก๊สปีโตรเลียมเหลว มีอัตราการระบายสารมลพิษจากไอเสีย แก๊สไฮโดรคาร์บอน 2.221 กรัมต่อกิโลเมตร แก๊สออกไซด์ของไนโตรเจน 2.258 กรัมต่อกิโลเมตร แก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ 4.022 กรัมต่อกิโลเมตร แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ 160.059 กรัมต่อกิโลเมตร และปริมาณการใช้เชื้อเพลิง 9.427 กิโลเมตรต่อลิตร

**ตารางที่ 1** อัตราการระบายสารมลพิษจากไอเสียและปริมาณการใช้เชื้อเพลิงต่อคัน รถยนต์ที่ใช้เครื่องยนต์เบนซิน ที่ความเร็วเฉลี่ย 23.4 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ตามชนิดเชื้อเพลิง

| เชื้อเพลิง              | ค่าเฉลี่ยอัตราการระบายสารมลพิษจากไอเสีย (g/km) |                 |       |                 | ค่าเฉลี่ยการใช้เชื้อเพลิง (km/l) |
|-------------------------|------------------------------------------------|-----------------|-------|-----------------|----------------------------------|
|                         | HC                                             | NO <sub>x</sub> | CO    | CO <sub>2</sub> |                                  |
| เบนซินออกเทน 91         | 0.659                                          | 0.713           | 4.099 | 179.593         | 12.941                           |
| ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน     | 1.018                                          | 0.771           | 6.622 | 28.539          | 1.975                            |
| เบนซินออกเทน 95         | 0.730                                          | 0.961           | 4.513 | 226.684         | 10.575                           |
| ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน     | 1.293                                          | 1.384           | 4.072 | 46.015          | 2.477                            |
| แก๊สโซฮอล์ 10 ออกเทน 91 | 0.391                                          | 0.458           | 2.296 | 189.625         | 12.573                           |
| ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน     | 0.896                                          | 0.788           | 5.155 | 35.513          | 1.923                            |
| แก๊สโซฮอล์ 10 ออกเทน 95 | 0.614                                          | 0.675           | 3.413 | 229.367         | 10.965                           |
| ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน     | 1.500                                          | 1.114           | 6.359 | 68.674          | 2.852                            |
| แก๊สโซฮอล์ 20 ออกเทน 95 | 0.398                                          | 0.547           | 2.351 | 165.405         | 14.452                           |
| ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน     | 0.156                                          | 0.103           | 0.520 | 32.731          | 2.904                            |
| แก๊สปีโตรเลียมเหลว      | 2.221                                          | 2.258           | 4.022 | 160.059         | 9.427                            |
| ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน     | 1.311                                          | 0.418           | 3.855 | 11.941          | 0.620                            |

อัตราการระบายสารมลพิษจากไอเสียและปริมาณการใช้เชื้อเพลิง รถยนต์ที่ใช้เครื่องยนต์เบนซิน ช่วงความเร็วระหว่าง 20-30 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ความเร็วเฉลี่ย 23.4 กิโลเมตรต่อชั่วโมง พบว่าการทดสอบกับเชื้อเพลิงทั้ง 6 ชนิด อัตราการระบายสารมลพิษจากไอเสียแก๊สไฮโดรคาร์บอน เชื้อเพลิงน้ำมันแก๊สโซฮอล์ 10 ออกเทน 91 และ 20 ออกเทน 95 มีอัตราการระบายสารมลพิษจาก

ไอเสียใกล้เคียงกันและต่ำที่สุดของกลุ่มเชื้อเพลิงที่ทำการทดสอบ ในขณะที่แก๊สปีโตรเลียมเหลวมีอัตราการระบายสูงสุด แก๊สออกไซด์ของไนโตรเจน เชื้อเพลิงน้ำมันเบนซินโซฮอล์ 10 ออกเทน 91 มีอัตราการระบายต่ำสุด แก๊สปีโตรเลียมเหลวมีอัตราการระบายสูงสุด แก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ เชื้อเพลิงน้ำมันแก๊สโซฮอล์ 10 ออกเทน 91 และ 20 ออกเทน 95 มีอัตราการระบายที่ใกล้เคียงกัน และต่ำกว่าทุกเชื้อเพลิง ในขณะที่น้ำมันเบนซินออกเทน 95 มีอัตราการระบายสูงสุด สำหรับแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ซึ่งเป็นแก๊สสำคัญที่มีผลกระทบต่อกระบวนการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ พบว่าแก๊สปีโตรเลียมเหลวจะมีการระบายต่ำสุดของเชื้อเพลิงที่ทำการทดสอบ เชื้อเพลิงน้ำมันเบนซินออกเทน 95 และน้ำมันแก๊สโซฮอล์ 10 ออกเทน 95 มีอัตราการระบายใกล้เคียงกันสูงสุดของกลุ่ม และปริมาณการใช้เชื้อเพลิงน้ำมันเบนซินแก๊สโซฮอล์ 20 ออกเทน 95 มีปริมาณการใช้ที่ต่ำกว่าทุกกลุ่ม เชื้อเพลิงแก๊สปีโตรเลียมเหลวมีปริมาณการใช้เชื้อเพลิงสูงสุด หมายความว่าในปริมาณเชื้อเพลิงที่เท่ากันรถยนต์ที่ใช้เชื้อเพลิงแก๊สปีโตรเลียมเหลววิ่งได้ระยะทางน้อยกว่า

การเปรียบเทียบอัตราการระบายสารมลพิษจากไอเสียและปริมาณการใช้เชื้อเพลิงของเชื้อเพลิงที่ทำการทดสอบโดยที่คิดภายใต้เงื่อนไขเฉพาะความแตกต่างของเชื้อเพลิงเท่านั้น เนื่องจากการทดสอบนี้ได้อ้างอิงจากรถยนต์ตัวอย่างที่ได้ทำการทดสอบในสภาพการใช้งานจริง เชื้อเพลิงน้ำมันเบนซินออกเทน 91 และ 95 เมื่อเปรียบเทียบกับเชื้อเพลิงน้ำมันแก๊สโซฮอล์ 10 ออกเทน 91 และ 95 พบว่ารถยนต์ที่ใช้เชื้อเพลิงน้ำมันแก๊สโซฮอล์ 10 ออกเทน 91 และ 95 มีอัตราการระบายสารมลพิษจากไอเสียที่ต่ำกว่า ได้แก่ แก๊สไฮโดรคาร์บอน แก๊สออกไซด์ของไนโตรเจน และแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ สำหรับแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์มีอัตราการระบายที่สูงกว่า นั้นแสดงให้เห็นรถยนต์ที่ใช้เชื้อเพลิงน้ำมันแก๊สโซฮอล์ 10 ออกเทน 91 และ 95 เป็นเชื้อเพลิงสำหรับรถยนต์ มีผลทำให้เกิดการเผาไหม้ที่สมบูรณ์ของเครื่องยนต์ จึงมีผลทำให้อัตราการระบายสารมลพิษจากไอเสียลดลง ในตรงกันข้ามการเผาไหม้ที่สมบูรณ์นี้มีผลทำให้สำหรับแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ระบายสูงขึ้น สำหรับเชื้อเพลิงน้ำมันแก๊สโซฮอล์ 20 ออกเทน 95 พบว่าอัตราการระบายสารมลพิษจากไอเสียในภาพรวมมีการระบายสารมลพิษจากไอเสียที่ต่ำกว่าน้ำมันเบนซินออกเทน 91 และ 95 รวมทั้งน้ำมันแก๊สโซฮอล์ 10 ออกเทน 91 และ 95 นอกจากนี้ผลการทดสอบยังสอดคล้องกับงานวิจัยของกรมควบคุมมลพิษ ที่ทำการวิจัยเมื่อปี พ.ศ. 2551 โครงการตรวจวัดสารมลพิษในอากาศจากรถยนต์ที่ใช้แก๊สโซฮอล์ โดยพบว่าการเปลี่ยนแปลงสารมลพิษที่ลดลง ได้แก่ แก๊สไฮโดรคาร์บอน แก๊สออกไซด์ของไนโตรเจน และอัตราการใช้เชื้อเพลิงที่ประหยัดเพิ่มขึ้น (สำนักจัดการคุณภาพอากาศและเสียง กรมควบคุมมลพิษ, 2551)

1.2 อัตราการระบายสารมลพิษจากไอเสียและปริมาณการใช้เชื้อเพลิง ที่ช่วงความเร็วระหว่าง 30-40 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ความเร็วเฉลี่ย 33.2 กิโลเมตรต่อชั่วโมง มีผลการทดสอบ (แสดงรายละเอียดในตารางผนวกที่ ก2) และหาค่าเฉลี่ยการทดสอบ (รายละเอียดแสดงในตารางที่ 2) ได้ดังนี้

1.2.1 น้ำมันเบนซินออกเทน 91 มีอัตราการระบายสารมลพิษจากไอเสีย แก๊สไฮโดรคาร์บอน 0.553 กรัมต่อกิโลเมตร แก๊สออกไซด์ของไนโตรเจน 0.685 กรัมต่อกิโลเมตร แก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ 2.787 กรัมต่อกิโลเมตร แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ 165.065 กรัมต่อกิโลเมตร และปริมาณการใช้เชื้อเพลิง 14.572 กิโลเมตรต่อลิตร

1.2.2 น้ำมันเบนซินออกเทน 95 มีอัตราการระบายสารมลพิษจากไอเสีย แก๊สไฮโดรคาร์บอน 0.548 กรัมต่อกิโลเมตร แก๊สออกไซด์ของไนโตรเจน 0.914 กรัมต่อกิโลเมตร แก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ 3.536 กรัมต่อกิโลเมตร แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ 188.160 กรัมต่อกิโลเมตร และปริมาณการใช้เชื้อเพลิง 12.574 กิโลเมตรต่อลิตร

1.2.3 น้ำมันแก๊สโซฮอล์ 10 ออกเทน 91 มีอัตราการระบายสารมลพิษจากไอเสีย แก๊สไฮโดรคาร์บอน 0.311 กรัมต่อกิโลเมตร แก๊สออกไซด์ของไนโตรเจน 0.398 กรัมต่อกิโลเมตร แก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ 2.171 กรัมต่อกิโลเมตร แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ 168.826 กรัมต่อกิโลเมตร และปริมาณการใช้เชื้อเพลิง 14.216 กิโลเมตรต่อลิตร

1.2.4 น้ำมันแก๊สโซฮอล์ 10 ออกเทน 95 มีอัตราการระบายสารมลพิษจากไอเสีย แก๊สไฮโดรคาร์บอน 0.458 กรัมต่อกิโลเมตร แก๊สออกไซด์ของไนโตรเจน 0.623 กรัมต่อกิโลเมตร แก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ 2.581 กรัมต่อกิโลเมตร แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ 208.412 กรัมต่อกิโลเมตร และปริมาณการใช้เชื้อเพลิง 12.871 กิโลเมตรต่อลิตร

1.2.5 น้ำมันแก๊สโซฮอล์ 20 ออกเทน 95 มีอัตราการระบายสารมลพิษจากไอเสีย แก๊สไฮโดรคาร์บอน 0.015 กรัมต่อกิโลเมตร แก๊สออกไซด์ของไนโตรเจน 0.150 กรัมต่อกิโลเมตร แก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ 0.609 กรัมต่อกิโลเมตร แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ 142.770 กรัมต่อกิโลเมตร และปริมาณการใช้เชื้อเพลิง 17.030 กิโลเมตรต่อลิตร

### 1.2.6 แก๊สปีโตรเลียมเหลว มีอัตราการระบายสารมลพิษจากไอเสีย แก๊ส

ไฮโดรคาร์บอน 1.760 กรัมต่อกิโลเมตร แก๊สออกไซด์ของไนโตรเจน 2.357 กรัมต่อกิโลเมตร แก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ 2.485 กรัมต่อกิโลเมตร แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ 140.881 กรัมต่อกิโลเมตร และปริมาณการใช้เชื้อเพลิง 10.863 กิโลเมตรต่อลิตร

**ตารางที่ 2** อัตราการระบายสารมลพิษจากไอเสียและปริมาณการใช้เชื้อเพลิงต่อคัน รถยนต์ที่ใช้เครื่องยนต์เบนซิน ที่ความเร็วเฉลี่ย 33.2 กิโลเมตร ตามชนิดเชื้อเพลิง

| เชื้อเพลิง              | ค่าเฉลี่ยอัตราการระบายสารมลพิษจากไอเสีย (g/km) |                 |       |                 | ค่าเฉลี่ยการใช้เชื้อเพลิง (km/l) |
|-------------------------|------------------------------------------------|-----------------|-------|-----------------|----------------------------------|
|                         | HC                                             | NO <sub>x</sub> | CO    | CO <sub>2</sub> |                                  |
| เบนซินออกเทน 91         | 0.553                                          | 0.685           | 2.787 | 165.065         | 14.572                           |
| ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน     | 1.414                                          | 1.161           | 5.142 | 33.711          | 2.915                            |
| เบนซินออกเทน 95         | 0.548                                          | 0.914           | 3.536 | 188.160         | 12.574                           |
| ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน     | 1.000                                          | 1.512           | 5.647 | 35.572          | 2.406                            |
| แก๊สโซฮอล์ 10 ออกเทน 91 | 0.311                                          | 0.398           | 2.171 | 168.826         | 14.216                           |
| ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน     | 0.789                                          | 0.943           | 5.114 | 34.050          | 2.583                            |
| แก๊สโซฮอล์ 10 ออกเทน 95 | 0.458                                          | 0.623           | 2.581 | 208.412         | 12.871                           |
| ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน     | 1.348                                          | 1.149           | 5.611 | 91.179          | 2.708                            |
| แก๊สโซฮอล์ 20 ออกเทน 95 | 0.015                                          | 0.150           | 0.609 | 142.770         | 17.030                           |
| ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน     | 0.009                                          | 0.039           | 0.106 | 25.081          | 3.088                            |
| แก๊สปีโตรเลียมเหลว      | 1.760                                          | 2.357           | 2.485 | 140.881         | 10.863                           |
| ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน     | 1.071                                          | 0.545           | 2.350 | 8.743           | 0.598                            |

อัตราการระบายสารมลพิษจากไอเสียและปริมาณการใช้เชื้อเพลิงรถยนต์ที่ใช้เครื่องยนต์เบนซิน ช่วงความเร็วระหว่าง 30-40 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ความเร็วเฉลี่ย 33.2 กิโลเมตร พบว่า แก๊สไฮโดรคาร์บอนและแก๊สออกไซด์ของไนโตรเจน เชื้อเพลิงแก๊สปีโตรเลียมเหลวมีการระบายสูงสุดเป็นไปในทิศทางเดียวกับการทดสอบในช่วงความเร็ว 20-30 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ขณะที่เชื้อเพลิงแก๊สโซฮอล์ 20 ออกเทน 95 ระบายต่ำสุด แก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ เชื้อเพลิงเบนซินออกเทน 95 มีการระบายสูงสุดของกลุ่ม แก๊สโซฮอล์ 20 ออกเทน 95 ระบายต่ำสุด และจะแตกต่างกับช่วง 20-30 กิโลเมตรต่อชั่วโมงที่พบว่าเชื้อเพลิงแก๊สโซฮอล์ 10 ออกเทน 91 ระบายต่ำกว่า นั้นอาจแสดงให้เห็น

เห็นว่าที่ความเร็วรอบของเครื่องยนต์ที่สูงขึ้นอาจมีผลทำให้การเผาไหม้เชื้อเพลิงได้สมบูรณ์ขึ้นทั้งนี้วิเคราะห์ผลจากข้อมูลการทดสอบรถยนต์ตัวอย่าง สำหรับแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ แก๊สปิโตรเลียมเหลวมีการระบายต่ำสุด เชื้อเพลิงเบนซินอี 10 ออกเทน 95 ระบายสูงสุด ซึ่งจะมีผลเช่นเดียวกับการทดสอบในช่วงความเร็ว 20-30 ที่เชื้อเพลิงที่มีส่วนผสมของเอทานอล 10 % มีการระบายก๊าซชนิดนี้สูงกว่าเชื้อเพลิงชนิดอื่นที่ทำการทดสอบ สำหรับปริมาณการใช้เชื้อเพลิงพบว่าแก๊สปิโตรเลียมเหลวมีปริมาณการใช้น้ำมันสูงสุด แก๊สโซฮอล์อี 20 ออกเทน 95 ปริมาณการใช้ต่ำสุด เมื่อมีระยะทางที่เท่ากัน สำหรับการทดสอบช่วงความเร็ว 30-40 เมื่อเทียบกับช่วงความเร็ว 20-30 กิโลเมตรต่อชั่วโมง พบว่าการระบายสารมลพิษไปในทิศทางเดียวกัน ได้แก่ เชื้อเพลิงก๊าซปิโตรเลียมเหลวระบายสารมลพิษสูงกว่าทุกกลุ่มเชื้อเพลิง เช่น HC และ NO<sub>x</sub> รวมทั้งปริมาณการใช้เชื้อเพลิงที่สูงเช่นเดียวกัน ขณะที่อัตราการระบายสารมลพิษที่ต่ำกว่าทุกกลุ่มเป็นเชื้อเพลิงแก๊สโซฮอล์อี 20 ออกเทน 95 ได้แก่ HC, NO<sub>x</sub>, CO รวมทั้งปริมาณการใช้เชื้อเพลิงที่วิ่งได้ระยะทางมากกว่า

เปรียบเทียบการระบายสารมลพิษจากไอเสียและปริมาณการใช้เชื้อเพลิงภายใต้เงื่อนไขและสถานะเดียวกับช่วงความเร็ว 20-30 กิโลเมตรต่อชั่วโมง เชื้อเพลิงน้ำมันเบนซินออกเทน 91 และ 95 เปรียบเทียบกับเชื้อเพลิงน้ำมันแก๊สโซฮอล์อี 10 ออกเทน 91 และ 95 พบว่ารถยนต์ที่ใช้เชื้อเพลิงน้ำมันแก๊สโซฮอล์อี 10 ออกเทน 91 และ 95 มีการระบายสารมลพิษจากไอเสียที่ต่ำกว่า ได้แก่ แก๊สไฮโดรคาร์บอน แก๊สออกไซด์ของไนโตรเจน และแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ มีผลไปในทิศทางที่สอดคล้องกับช่วงความเร็ว 20-30 กิโลเมตรต่อชั่วโมง สำหรับแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์มีการระบายที่สูงขึ้นเมื่อใช้น้ำมันเบนซินแก๊สโซฮอล์อี 10 ออกเทน 91 และ 95 โดยเปรียบเทียบที่ค่าออกเทนที่เท่ากัน ดังนี้ เบนซินค่าออกเทน 91 เปรียบเทียบกับแก๊สโซฮอล์ค่าออกเทน 91 และเบนซินค่าออกเทน 95 เปรียบเทียบกับแก๊สโซฮอล์ค่าออกเทน 95 เนื่องจากว่ารถส่วนใหญ่ที่ใช้ทดสอบจะเป็นรถที่มีปริมาตรความจุกระบอกสูบที่ใกล้เคียงกัน สำหรับปริมาณการใช้เชื้อเพลิงแก๊สโซฮอล์อี 10 ออกเทน 91 มีปริมาณการใช้ที่สูงขึ้นเมื่อเทียบกับน้ำมันเบนซินออกเทน 91 ในขณะที่แก๊สโซฮอล์อี 10 ออกเทน 95 มีปริมาณการใช้ลดลงเมื่อเทียบกับน้ำมันเบนซินออกเทน 95 น้ำมันเบนซินออกเทน 91 และ 95 แก๊สโซฮอล์อี 10 ออกเทน 91 และ 95 เมื่อเปรียบเทียบอัตราการระบายสารมลพิษจากไอเสียกับแก๊สโซฮอล์อี 20 ออกเทน 95 พบว่าแก๊สโซฮอล์อี 20 ออกเทน 95 มีการระบายสารมลพิษจากไอเสียต่ำกว่าทุกสารมลพิษที่ทำการทดสอบรวมทั้งปริมาณการใช้เชื้อเพลิงใช้ในปริมาณที่ต่ำกว่า สำหรับเชื้อเพลิงแก๊สปิโตรเลียมเหลวพบว่าการระบายสารมลพิษจากไอเสีย แก๊สไฮโดรคาร์บอน แก๊สออกไซด์ของไนโตรเจน มีการระบายที่สูงกว่าเชื้อเพลิงชนิดอื่น ยกเว้นแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ที่ระบายใกล้เคียงกับแก๊สโซฮอล์อี 20 ออกเทน 95 และต่ำกว่าเชื้อเพลิงชนิดอื่นๆ

1.3 อัตราการระบายสารมลพิษจากไอเสียและปริมาณการใช้เชื้อเพลิง ที่ช่วงความเร็วระหว่าง 40-60 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ความเร็วเฉลี่ย 42.9 กิโลเมตรต่อชั่วโมง มีผลการทดสอบ (แสดงรายละเอียดในตารางผนวกที่ ก3) และหาค่าเฉลี่ยการทดสอบ (รายละเอียดแสดงในตารางที่ 3) ได้ดังนี้

1.3.1 น้ำมันเบนซินออกเทน 91 มีอัตราการระบายสารมลพิษจากไอเสีย แก๊สไฮโดรคาร์บอน 0.229 กรัมต่อกิโลเมตร แก๊สออกไซด์ของไนโตรเจน 0.688 กรัมต่อกิโลเมตร แก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ 2.294 กรัมต่อกิโลเมตร แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ 158.134 กรัมต่อกิโลเมตร และปริมาณการใช้เชื้อเพลิง 15.132 กิโลเมตรต่อลิตร

1.3.2 น้ำมันเบนซินออกเทน 95 มีอัตราการระบายสารมลพิษจากไอเสีย แก๊สไฮโดรคาร์บอน 0.233 กรัมต่อกิโลเมตร แก๊สออกไซด์ของไนโตรเจน 0.866 กรัมต่อกิโลเมตร แก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ 2.298 กรัมต่อกิโลเมตร แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ 157.707 กรัมต่อกิโลเมตร และปริมาณการใช้เชื้อเพลิง 15.237 กิโลเมตรต่อลิตร

1.3.3 น้ำมันแก๊สโซฮอล์ 10 ออกเทน 91 มีอัตราการระบายสารมลพิษจากไอเสีย แก๊สไฮโดรคาร์บอน 0.317 กรัมต่อกิโลเมตร แก๊สออกไซด์ของไนโตรเจน 0.394 กรัมต่อกิโลเมตร แก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ 2.595 กรัมต่อกิโลเมตร แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ 159.782 กรัมต่อกิโลเมตร และปริมาณการใช้เชื้อเพลิง 14.890 กิโลเมตรต่อลิตร

1.3.4 น้ำมันแก๊สโซฮอล์ 10 ออกเทน 95 มีอัตราการระบายสารมลพิษจากไอเสีย แก๊สไฮโดรคาร์บอน 0.135 กรัมต่อกิโลเมตร แก๊สออกไซด์ของไนโตรเจน 0.593 กรัมต่อกิโลเมตร แก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ 1.321 กรัมต่อกิโลเมตร แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ 162.143 กรัมต่อกิโลเมตร และปริมาณการใช้เชื้อเพลิง 15.130 กิโลเมตรต่อลิตร

1.3.5 น้ำมันแก๊สโซฮอล์ 20 ออกเทน 95 มีอัตราการระบายสารมลพิษจากไอเสีย แก๊สไฮโดรคาร์บอน 0.018 กรัมต่อกิโลเมตร แก๊สออกไซด์ของไนโตรเจน 0.215 กรัมต่อกิโลเมตร แก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ 0.762 กรัมต่อกิโลเมตร แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ 135.724 กรัมต่อกิโลเมตร และปริมาณการใช้เชื้อเพลิง 17.808 กิโลเมตรต่อลิตร

### 1.3.6 แก๊สปีโตรเลียมเหลว มีอัตราการระบายสารมลพิษจากไอเสีย แก๊ส

ไฮโดรคาร์บอน 1.407 กรัมต่อกิโลเมตร แก๊สออกไซด์ของไนโตรเจน 2.338 กรัมต่อกิโลเมตร แก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ 1.754 กรัมต่อกิโลเมตร แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ 131.764 กรัมต่อกิโลเมตร และปริมาณการใช้เชื้อเพลิง 11.744 กิโลเมตรต่อลิตร

**ตารางที่ 3** อัตราการระบายสารมลพิษจากไอเสียและปริมาณการใช้เชื้อเพลิงต่อคัน รถยนต์ที่ใช้เครื่องยนต์เบนซิน ที่ความเร็วเฉลี่ย 42.9 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ตามชนิดเชื้อเพลิง

| เชื้อเพลิง              | ค่าเฉลี่ยอัตราการระบายสารมลพิษจากไอเสีย (g/km) |                 |       |                 | ค่าเฉลี่ยการใช้เชื้อเพลิง (km/l) |
|-------------------------|------------------------------------------------|-----------------|-------|-----------------|----------------------------------|
|                         | HC                                             | NO <sub>x</sub> | CO    | CO <sub>2</sub> |                                  |
| เบนซินออกเทน 91         | 0.229                                          | 0.688           | 2.294 | 158.134         | 15.132                           |
| ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน     | 0.458                                          | 0.936           | 2.923 | 29.410          | 2.705                            |
| เบนซินออกเทน 95         | 0.233                                          | 0.866           | 2.298 | 157.707         | 15.237                           |
| ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน     | 0.390                                          | 1.500           | 3.732 | 30.331          | 2.600                            |
| แก๊สโซฮอล์ 10 ออกเทน 91 | 0.317                                          | 0.394           | 2.595 | 159.782         | 14.890                           |
| ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน     | 0.789                                          | 0.771           | 5.922 | 31.993          | 2.564                            |
| แก๊สโซฮอล์ 10 ออกเทน 95 | 0.135                                          | 0.593           | 1.321 | 162.143         | 15.130                           |
| ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน     | 0.279                                          | 1.180           | 2.092 | 33.563          | 2.999                            |
| แก๊สโซฮอล์ 20 ออกเทน 95 | 0.018                                          | 0.215           | 0.762 | 135.724         | 17.808                           |
| ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน     | 0.012                                          | 0.071           | 0.250 | 21.848          | 2.971                            |
| แก๊สปีโตรเลียมเหลว      | 1.407                                          | 2.338           | 1.754 | 131.764         | 11.744                           |
| ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน     | 0.842                                          | 0.452           | 1.695 | 6.956           | 0.589                            |

อัตราการระบายสารมลพิษจากไอเสียและปริมาณการใช้เชื้อเพลิง รถยนต์ที่ใช้เครื่องยนต์เบนซิน ช่วงความเร็วระหว่าง 40-60 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ความเร็วเฉลี่ย 42.9 กิโลเมตรต่อชั่วโมง พบว่ามีทิศทางการระบายสอดคล้องกับช่วงความเร็ว 30-40 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ได้แก่ แก๊สไฮโดรคาร์บอน แก๊สออกไซด์ของไนโตรเจน และแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ เชื้อเพลิงน้ำมันแก๊สโซฮอล์ 20 มีอัตราการระบายต่ำสุด ในขณะที่เชื้อเพลิงแก๊สปีโตรเลียมเหลวมีอัตราการระบายสารมลพิษจากไอเสียแก๊สไฮโดรคาร์บอน แก๊สออกไซด์ของไนโตรเจน สูงสุดของกลุ่มตัวอย่างเชื้อเพลิงที่ทำการทดสอบ แก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ เชื้อเพลิงน้ำมันแก๊สโซฮอล์ 10 ออกเทน 91 มีอัตรา

ระบายสูงสุด เชื้อเพลิงน้ำมันแก๊สโซฮอล์อี 20 ออกเทน 95 มีอัตราการระบายต่ำสุด สำหรับแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์เชื้อเพลิงน้ำมันแก๊สโซฮอล์อี 10 ออกเทน 95 มีอัตราการระบายสูงสุดและเชื้อเพลิงน้ำมันแก๊สโซฮอล์อี 20 ออกเทน 95 มีการระบายต่ำสุดของกลุ่มเชื้อเพลิงที่ทำการทดสอบ ปริมาณการใช้เชื้อเพลิงน้ำมันแก๊สโซฮอล์อี 20 ออกเทน 95 มีอัตราการใช้เชื้อเพลิงต่ำสุด เชื้อเพลิงแก๊สปิโตรเลียมเหลวมีอัตราการการใช้เชื้อเพลิงมากที่สุด สำหรับการทดสอบช่วงความเร็ว 20-30, 30-40 และ 40-60 กิโลเมตรต่อชั่วโมง พบว่าการระบายสารมลพิษและปริมาณการใช้เชื้อเพลิง ที่ความเร็วช่วง 30-40 และ 40-60 ไปในทิศทางเดียวกัน ยกเว้น แก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ ที่พบว่าเชื้อเพลิงแก๊สโซฮอล์อี 10 ออกเทน 91 มีการระบายที่สูงกว่า สำหรับช่วงความเร็ว 20-30 กิโลเมตรต่อชั่วโมง มีการระบายสารมลพิษที่แตกต่างจากช่วงความเร็ว 30-40 และ 40-60 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ได้แก่ HC และ NO<sub>x</sub> ที่ระบายสูงกว่าทั้งสองช่วงที่ทำการทดสอบ

เปรียบเทียบการระบายสารมลพิษจากไอเสียและอัตราการใช้เชื้อเพลิง น้ำมันเบนซินออกเทน 91, 95 เปรียบเทียบกับน้ำมันแก๊สโซฮอล์อี 10 ออกเทน 91 พบว่าการใช้เชื้อเพลิงน้ำมันแก๊สโซฮอล์อี 10 ออกเทน 91, 95 มีอัตราการระบายสารมลพิษจากไอเสียที่สูงกว่า ได้แก่ แก๊สไฮโดรคาร์บอน แก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ และแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งจะแตกต่างจากช่วงความเร็ว 20-30 และ 30-40 ที่สารมลพิษดังกล่าวมีการระบายต่ำกว่า จากข้อมูลสามารถประมาณได้ว่าการทดสอบทั้ง 3 ช่วง พบว่าช่วงที่ความเร็ว 40-60 เชื้อเพลิงที่มีส่วนผสมเอทานอล 10 % พบว่ามีการระบายสารมลพิษจากไอเสียดังกล่าวเพิ่มขึ้น ซึ่งอาจจะมีส่วนสัมพันธ์กับความเร็วรอบของเครื่องยนต์ เครื่องยนต์ที่สูงขึ้น สำหรับแก๊สออกไซด์ของไนโตรเจน มีอัตราการระบายที่ใกล้เคียงกัน น้ำมันเบนซินออกเทน 95 เปรียบเทียบกับน้ำมันแก๊สโซฮอล์อี 10 ออกเทน 95 แก๊สไฮโดรคาร์บอน แก๊สออกไซด์ของไนโตรเจน และแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ เมื่อใช้น้ำมันแก๊สโซฮอล์อี 10 ออกเทน 95 จะมีการระบายสารมลพิษจากไอเสียที่ต่ำกว่า ยกเว้นแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์จะมีการระบายที่สูงกว่า สำหรับปริมาณการใช้เชื้อเพลิงพบว่าน้ำมันแก๊สโซฮอล์อี 10 ออกเทน 91 และ 95 สามารถประหยัดเชื้อเพลิงได้ดีกว่าน้ำมันเบนซินออกเทน 91 และ 95 เชื้อเพลิงน้ำมันแก๊สโซฮอล์อี 20 ออกเทน 95 พบว่าสารมลพิษ ได้แก่ แก๊สไฮโดรคาร์บอน แก๊สออกไซด์ของไนโตรเจน แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ และแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ที่มีอัตราการระบายที่ต่ำกว่าเชื้อเพลิงทั้งหมดที่ได้ทำการทดสอบ รวมทั้งปริมาณการใช้เชื้อเพลิงที่สามารถประหยัดเชื้อเพลิงได้ดีกว่าทุกเชื้อเพลิงที่ทำการทดสอบ สำหรับเชื้อเพลิงแก๊สปิโตรเลียมเหลวมีอัตราการระบายสารมลพิษจากไอเสีย แก๊สไฮโดรคาร์บอน แก๊สออกไซด์ของไนโตรเจน และแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ มีการระบายที่สูงกว่าทุกชนิดของเชื้อเพลิงที่ได้ทำการทดสอบ ยกเว้นแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ที่มีการระบายต่ำกว่าทุกกลุ่มของการทดสอบ และนอกจากนี้ปริมาณการใช้เชื้อเพลิงที่มีอัตราการใช้ที่สูงกว่าทุกเชื้อเพลิง

การทดสอบรถยนต์ตัวอย่างที่ได้ดำเนินการทั้งหมดในการหาอัตราการระบายสารมลพิษจากไอเสียและปริมาณการใช้เชื้อเพลิงทั้งสามช่วงความเร็วได้แก่ ที่ความเร็วเฉลี่ย 23.4, 33.2 และ 42.9 กิโลเมตรต่อชั่วโมง พบว่าการระบายสารมลพิษจากไอเสียและปริมาณการใช้เชื้อเพลิงมีความแตกต่างกัน กรณีเปรียบเทียบเชื้อเพลิงน้ำมันเบนซินออกเทน 91 และ 95 กับน้ำมันแก๊สโซฮอล์ 10 ออกเทน 91 95 และอี 20 ออกเทน 95 พบว่ารถยนต์ที่ใช้เชื้อเพลิงน้ำมันแก๊สโซฮอล์เป็นส่วนผสมโดยรวมพบว่าสามารถลดการระบายสารมลพิษจากไอเสีย ได้แก่ แก๊สไฮโดรคาร์บอน แก๊สออกไซด์ของไนโตรเจน และแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ นอกจากนี้ยังสามารถลดปริมาณการใช้เชื้อเพลิงลงได้ ส่วนแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์พบว่าเมื่อใช้เชื้อเพลิงที่มีส่วนผสมของแก๊สโซฮอล์มีอัตราการระบายที่สูงขึ้นทั้งนี้จะมีผลมาจากเชื้อเพลิงที่สามารถทำให้การเผาไหม้ในเครื่องยนต์เกิดความสมบูรณ์มากขึ้น สำหรับเชื้อเพลิงแก๊สปิโตรเลียมเหลวพบว่าจะมีการระบายสารมลพิษจากไอเสีย ได้แก่ แก๊สไฮโดรคาร์บอน แก๊สออกไซด์ของไนโตรเจน และแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ สูงขึ้นกว่าทุกชนิดของเชื้อเพลิงที่ทำการทดสอบ รวมทั้งปริมาณการใช้เชื้อเพลิงก็สูงขึ้นด้วยเช่นกัน ยกเว้นแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ที่มีอัตราการระบายต่ำกว่าทุกเชื้อเพลิงที่ได้ทำการทดสอบ สาเหตุน่าจะมาจกขบวนการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์เมื่อเทียบกับเชื้อเพลิงอื่นๆ ที่ได้ทำการทดสอบ รวมทั้งการปรับแต่งเครื่องยนต์ไม่ถูกต้องจากการใช้เชื้อเพลิง LPG รวมทั้งรถยนต์มีอายุการใช้งานที่ค่อนข้างมากเมื่อเทียบกับรถยนต์ตัวอย่างที่ใช้ทดสอบกับเชื้อเพลิงอื่นๆ

1.4 อัตราการระบายสารมลพิษจากไอเสีย และปริมาณการใช้เชื้อเพลิง รวมช่วงความเร็วทั้ง 3 ช่วง ได้แก่ 20-30, 30-40, 40-60 เป็นช่วงความเร็วระหว่าง 20-60 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ความเร็วเฉลี่ย 33.5 กิโลเมตรต่อชั่วโมง มีผลการทดสอบ (แสดงรายละเอียดในตารางผนวกที่ ก4) และหาค่าเฉลี่ยการทดสอบ (รายละเอียดแสดงในตารางที่ 4) ได้ดังนี้

1.4.1 น้ำมันเบนซินออกเทน 91 มีอัตราการระบายสารมลพิษจากไอเสีย แก๊สไฮโดรคาร์บอน 0.376 กรัมต่อกิโลเมตร แก๊สออกไซด์ของไนโตรเจน 0.690 กรัมต่อกิโลเมตร แก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ 2.720 กรัมต่อกิโลเมตร แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ 165.111 กรัมต่อกิโลเมตร และปริมาณการใช้เชื้อเพลิง 14.302 กิโลเมตรต่อลิตร

1.4.2 น้ำมันเบนซินออกเทน 95 มีอัตราการระบายสารมลพิษจากไอเสีย แก๊สไฮโดรคาร์บอน 0.378 กรัมต่อกิโลเมตร แก๊สออกไซด์ของไนโตรเจน 0.894 กรัมต่อกิโลเมตร แก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ 2.871 กรัมต่อกิโลเมตร แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ 175.821 กรัมต่อกิโลเมตร และปริมาณการใช้เชื้อเพลิง 13.413 กิโลเมตรต่อลิตร

1.4.3 น้ำมันแก๊สโซฮอล์อี 10 ออกเทน 91 มีอัตราการระบายสารมลพิษจากไอเสีย แก๊สไฮโดรคาร์บอน 0.339 กรัมต่อกิโลเมตร แก๊สออกไซด์ของไนโตรเจน 0.422 กรัมต่อกิโลเมตร แก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ 2.447 กรัมต่อกิโลเมตร แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ 169.694 กรัมต่อกิโลเมตร และปริมาณการใช้เชื้อเพลิง 13.787 กิโลเมตรต่อลิตร

1.4.4 น้ำมันแก๊สโซฮอล์อี 10 ออกเทน 95 มีอัตราการระบายสารมลพิษจากไอเสีย แก๊สไฮโดรคาร์บอน 0.275 กรัมต่อกิโลเมตร แก๊สออกไซด์ของไนโตรเจน 0.611 กรัมต่อกิโลเมตร แก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ 1.865 กรัมต่อกิโลเมตร แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ 181.531 กรัมต่อกิโลเมตร และปริมาณการใช้เชื้อเพลิง 13.554 กิโลเมตรต่อลิตร

1.4.5 น้ำมันแก๊สโซฮอล์อี 20 ออกเทน 95 มีอัตราการระบายสารมลพิษจากไอเสีย แก๊สไฮโดรคาร์บอน 0.112 กรัมต่อกิโลเมตร แก๊สออกไซด์ของไนโตรเจน 0.282 กรัมต่อกิโลเมตร แก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ 1.121 กรัมต่อกิโลเมตร แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ 144.903 กรัมต่อกิโลเมตร และปริมาณการใช้เชื้อเพลิง 16.642 กิโลเมตรต่อลิตร

1.4.6 แก๊สปิโตรเลียมเหลว มีอัตราการระบายสารมลพิษจากไอเสีย แก๊สไฮโดรคาร์บอน 1.703 กรัมต่อกิโลเมตร แก๊สออกไซด์ของไนโตรเจน 2.331 กรัมต่อกิโลเมตร แก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ 2.509 กรัมต่อกิโลเมตร แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ 141.584 กรัมต่อกิโลเมตร และปริมาณการใช้เชื้อเพลิง 10.819 กิโลเมตรต่อลิตร

**ตารางที่ 4** อัตราการระบายสารมลพิษจากไอเสียและปริมาณการใช้เชื้อเพลิงต่อคัน รถยนต์ที่ใช้เครื่องยนต์เบนซิน ความเร็วรวมทั้ง 3 ช่วงความเร็ว ความเร็วเฉลี่ย 33.5 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ตามชนิดเชื้อเพลิง

| เชื้อเพลิง                                               | ค่าเฉลี่ยอัตราการระบายสารมลพิษจากไอเสีย<br>(g/km) |                 |         |                 | ค่าเฉลี่ยการใช้<br>เชื้อเพลิง (km/l) |
|----------------------------------------------------------|---------------------------------------------------|-----------------|---------|-----------------|--------------------------------------|
|                                                          | HC                                                | NO <sub>x</sub> | CO      | CO <sub>2</sub> |                                      |
| เบนซินออกเทน 91                                          | 0.376                                             | 0.690           | 2.720   | 165.111         | 14.302                               |
| ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน                                      | 0.665                                             | 0.895           | 3.531   | 28.126          | 2.466                                |
| เบนซินออกเทน 95                                          | 0.378                                             | 0.894           | 2.871   | 175.821         | 13.413                               |
| ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน                                      | 0.611                                             | 1.477           | 4.423   | 32.282          | 2.326                                |
| แก๊สโซฮอล์ 10 ออกเทน 91                                  | 0.339                                             | 0.422           | 2.447   | 169.694         | 13.787                               |
| ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน                                      | 0.828                                             | 0.828           | 5.615   | 32.925          | 2.479                                |
| แก๊สโซฮอล์ 10 ออกเทน 95                                  | 0.275                                             | 0.611           | 1.865   | 181.531         | 13.554                               |
| ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน                                      | 0.630                                             | 1.154           | 3.193   | 41.629          | 2.782                                |
| แก๊สโซฮอล์ 20 ออกเทน 95                                  | 0.112                                             | 0.282           | 1.121   | 144.903         | 16.642                               |
| ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน                                      | 0.046                                             | 0.052           | 0.237   | 25.280          | 2.981                                |
| แก๊สปิโตรเลียมเหลว                                       | 1.703                                             | 2.331           | 2.509   | 141.584         | 10.819                               |
| ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน                                      | 1.001                                             | 0.443           | 2.326   | 8.533           | 0.580                                |
| ผลการทดสอบสมมุติฐานทางสถิติ Analysis of Variance (ANOVA) |                                                   |                 |         |                 |                                      |
| F                                                        | 7.556                                             | 5.000           | 0.296   | 2.971           | 4.764                                |
| P                                                        | 0.000 **                                          | 0.001 **        | 0.913 * | 0.017 ***       | 0.001 **                             |

หมายเหตุ \* ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

\*\* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01

\*\*\* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ทั้งนี้สภาพการจราจรและการขับจีริงบนท้องถนนพบว่า จะมีการใช้ความเร็วที่แตกต่างกันมีทั้งความเร็วต่ำความเร็วสูงสลับกันขึ้นอยู่กับปริมาณการจราจรในช่วงนั้นๆ เช่น ช่วงความเร็วเร่งด่วนความเร็วของการขับจีริงอาจไม่สูงนัก และนอกช่วงโมงเร่งด่วนความเร็วที่ได้อาจสูงขึ้น จึงสามารถสรุปผลรวมโดยรวมทุกช่วงความเร็วที่ได้ทำการทดสอบ ทั้ง 3 ช่วงความเร็ว เป็นช่วงความเร็ว 20-60 กิโลเมตรต่อชั่วโมง และได้ความเร็วเฉลี่ย 33.5 กิโลเมตรต่อชั่วโมง นำมาสรุปรวมและจัดทำ อัตราการระบายสารมลพิษจากไอเสียทางอากาศจากไอเสีย (Emission factor) และปริมาณการใช้เชื้อเพลิง (Fuel consumption) โดยแยกตามชนิดของเชื้อเพลิง มาทดสอบค่าทางสถิติ Analysis of Variance (ANOVA) พบว่าสารมลพิษ HC, NO<sub>x</sub> และ FC แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 0.01 CO<sub>2</sub> แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 0.05 และ CO ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 0.05 เหตุผลน่าจะมาจากปัจจัยต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง ดังนี้ รถยนต์ที่ใช้ทดสอบมีความแตกต่างกันของอายุการใช้งาน ระยะทางการใช้งาน การเสื่อมสภาพของเครื่องยนต์ ปริมาตรความจุกระบอกสูบแตกต่างกันข้อมูลของการทดสอบพบว่า ปริมาตรความจุกระบอกสูวยิ่งสูง มีผลทำให้การระบายสารมลพิษจากไอเสียปริมาณการใช้เชื้อเพลิงสูงตามไปด้วย ชนิดของเชื้อเพลิง เทคโนโลยีที่ใช้ในรถยนต์ และการเสื่อมสภาพของอุปกรณ์จัดไอเสีย (Catalytic converter) รวมทั้งวัสดุที่ใช้ทำอาจไม่ได้ออกแบบมาสำหรับเชื้อเพลิงทางเลือกที่เป็นแก๊สโซฮอล์

การทดสอบรถยนต์ที่ใช้เครื่องยนต์เบนซิน เพื่อจัดทำอัตราการระบายสารมลพิษจากไอเสียทางอากาศจากยานพาหนะ ในปัจจุบันพบว่ารถยนต์ที่ใช้ในบนท้องถนนในเขตกรุงเทพมหานคร มีรถยนต์หลายยี่ห้อและรุ่นของรถยนต์ ที่ใช้งานที่หลากหลาย รวมทั้งส่วนแบ่งของตลาดรถยนต์ในแต่ละยี่ห้อที่แตกต่างกัน ตลอดจนอายุการใช้งานของรถยนต์ที่มีอายุการใช้งานตั้งแต่ 1 ปี เป็นต้นไปถึงอายุการใช้งาน 15 ปี หรือมากกว่า รวมถึงเชื้อเพลิงที่มีจำหน่ายตามสถานบริการสำหรับรถยนต์เบนซิน มีทั้งหมด 8 เชื้อเพลิง ได้แก่ น้ำมันเบนซินออกเทน 91, 95 น้ำมันแก๊สโซฮอล์ 10 ออกเทน 91, 95 น้ำมันแก๊สโซฮอล์ 20 ออกเทน 95 แก๊สปิโตรเลียมเหลว (LPG) แก๊สธรรมชาติอัด (CNG/NGV) และน้ำมันแก๊สโซฮอล์ 85 ออกเทน เชื้อเพลิงแต่ละชนิดที่กล่าวมาพบว่ามีสัดส่วนการใช้ที่แตกต่างกันขึ้นอยู่กับปัจจัยต่างๆ เช่น ค่าออกเทนของน้ำมันที่เหมาะสมตามที่บริษัทผู้ผลิตรถยนต์แนะนำ ซึ่งบางรุ่นใช้ได้กับค่าออกเทน 95 หรือบางรุ่นใช้ได้กับค่าออกเทน 91 ขึ้นไป และรถยนต์ที่เป็นรถเก่าไม่สามารถใช้น้ำมันเบนซินแก๊สโซฮอล์ได้เนื่องจากอาจจะทำให้เครื่องยนต์เดินไม่เรียบเนื่องจากบริษัทผู้ผลิตไม่ได้ออกแบบเครื่องให้สามารถใช้น้ำมันเบนซินแก๊สโซฮอล์ ส่วนรถยนต์ในรุ่นใหม่ๆตั้งแต่ปี 2551 ส่วนใหญ่จะสามารถใช้เชื้อเพลิงแก๊สโซฮอล์ได้ในสัดส่วนไม่เกิน 20 % ของน้ำมันเบนซิน สำหรับน้ำมันแก๊สโซฮอล์ 85 นั้นเป็นเชื้อเพลิงที่รัฐบาลได้สนับสนุนการ

ใช้งานแต่เนื่องจากว่ารถยนต์ในปัจจุบันมีเพียงบางบริษัทเท่านั้นที่มีรถยนต์จำหน่ายที่สามารถใช้เชื้อเพลิงนี้ได้ ได้แก่ รถยนต์ยี่ห้อ VOLVO ซึ่งเป็นรถยนต์มีราคาแพง ทำให้ขณะนี้ยังไม่เป็นที่แพร่หลาย สำหรับเชื้อเพลิงแก๊สปิโตรเลียมเหลว (LPG) ในปัจจุบันจะได้รับความนิยมเพิ่มขึ้นซึ่งก่อนหน้านี้จะจำกัดอยู่เฉพาะรถยนต์โดยสารสาธารณะ (TAXI) เนื่องจากราคาน้ำมันเบนซินมีราคาที่สูงขึ้น ประกอบกับราคาการติดตั้งที่ไม่สูงมากเมื่อเทียบกับการติดตั้ง แก๊สธรรมชาติอัด สำหรับแก๊สธรรมชาติอัด (CNG) ยังไม่ได้รับความนิยมเท่าที่ควรเนื่องจากปริมาณการบรรจุแก๊สในแต่ละครั้งได้ปริมาณไม่มากนัก ทำให้ได้ระยะทางการใช้งานน้อย ประกอบกับราคาการติดตั้งมีราคาสูงและสถานบริการไม่ครอบคลุมทุกพื้นที่ จากจำนวนเชื้อเพลิงที่มีจำหน่ายหลายชนิด ทำให้การเลือกชนิดเชื้อเพลิงสำหรับการจัดทำอัตราภาระบายสารมลพิษจากไอเสียจากยานพาหนะ จึงเลือกทำเชื้อเพลิง 6 ชนิด ยกเว้นเชื้อเพลิงน้ำมันแก๊สโซฮอล์ E85 ที่ไม่ได้จัดทำเนื่องจากว่าไม่มีรถยนต์ตัวอย่างที่ใช้ทดสอบ และเชื้อเพลิงแก๊สธรรมชาติอัดจำนวนรถยนต์ยังมีปริมาณจำนวนไม่มาก ซึ่งมีเฉพาะกลุ่ม ได้แก่ Taxi เนื่องจากเป็นข้อกำหนดของกรมการขนส่งทางบกที่บังคับการติดตั้งเฉพาะแก๊สธรรมชาติอัด

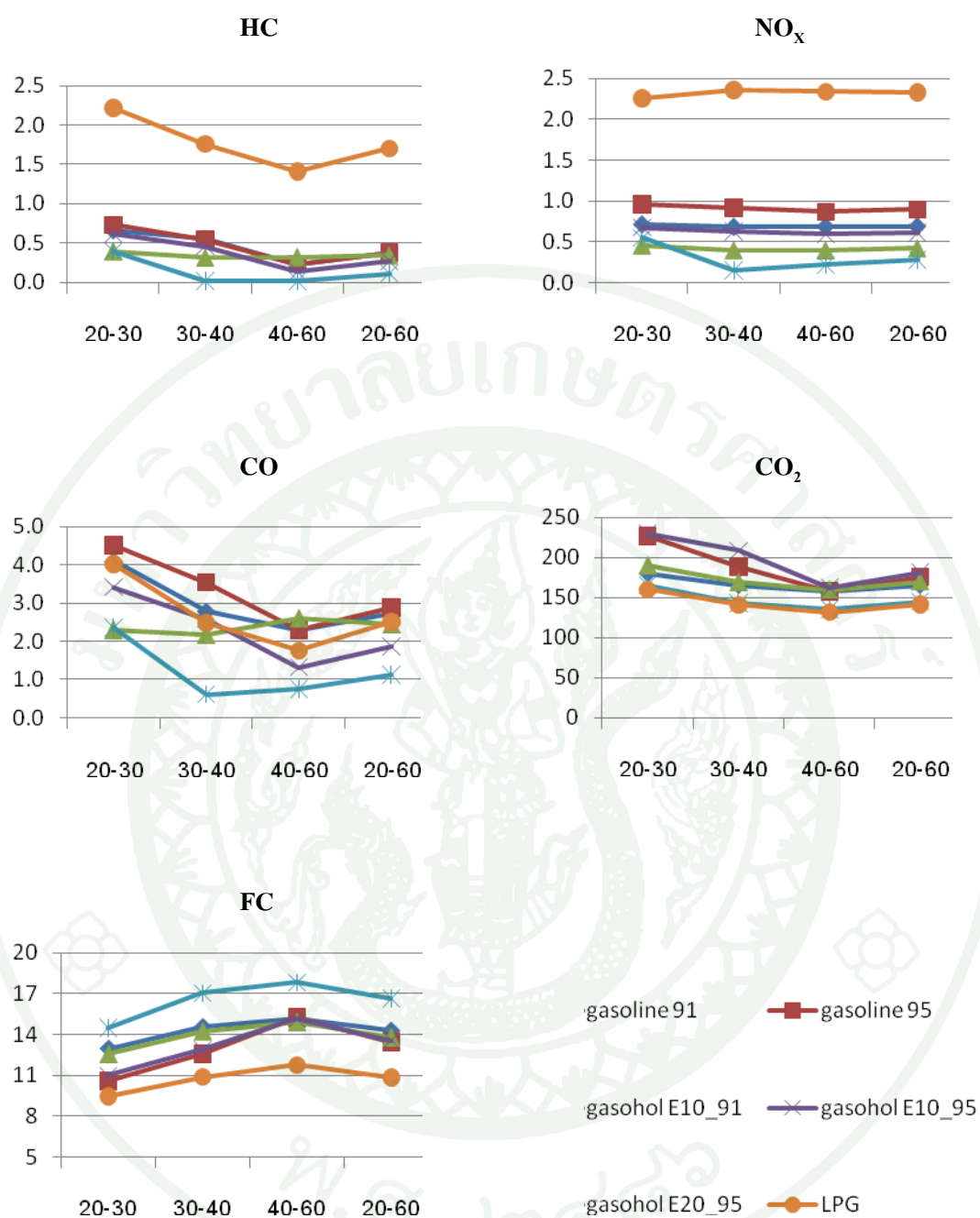
อัตราภาระบายสารมลพิษจากไอเสียและอัตราการใช้เชื้อเพลิงในรถยนต์เบนซิน ช่วงความเร็วระหว่าง 20-30 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ความเร็วเฉลี่ย 23.4 กิโลเมตรต่อชั่วโมง และช่วงความเร็วระหว่าง 30-40 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ความเร็วเฉลี่ย 33.2 กิโลเมตรต่อชั่วโมง พบว่าอัตราภาระบายสารมลพิษจากไอเสียที่ทำการทดสอบทั้งหมดได้แก่ HC, NO<sub>x</sub>, CO, และ CO<sub>2</sub> รวมทั้งปริมาณการใช้เชื้อเพลิง จะมีทิศทางและแนวโน้มไปในแนวทางเดียวกัน ดังนี้ น้ำมันเบนซินออกเทน 91 และ 95 เมื่อเทียบกับน้ำมันแก๊สโซฮอล์ 10 ออกเทน 91 และ 95 ปรากฏว่า สารมลพิษ HC, NO<sub>x</sub> และ CO เมื่อใช้น้ำมันแก๊สโซฮอล์ มีอัตราภาระบายสารมลพิษจากไอเสียดังกล่าวลดลง ในขณะที่ใช้ CO<sub>2</sub> มีอัตราภาระบายที่เพิ่มขึ้น ปริมาณการใช้เชื้อเพลิงลดลง (น้ำมันในหนึ่งหน่วยเดียวกันเมื่อใช้น้ำมันเบนซินแก๊สโซฮอล์รถยนต์สามารถวิ่งได้ระยะทางมากกว่า) ซึ่งสอดคล้องกับกรมควบคุมมลพิษที่ได้ดำเนินโครงการตรวจวัดสารมลพิษในอากาศจากรถยนต์ที่ใช้แก๊สโซฮอล์ พบว่าสารมลพิษ HC, NO<sub>x</sub>, CO<sub>2</sub> เกิดการเปลี่ยนแปลงค่าเฉลี่ยลดลงเมื่อใช้น้ำมันแก๊สโซฮอล์ และปริมาณการใช้เชื้อเพลิงลดลง (สำนักจัดการคุณภาพอากาศและเสียง กรมควบคุมมลพิษ 2551) ซึ่งส่วนหนึ่งเกิดจากการเผาไหม้ที่สมบูรณ์ขึ้นนั่นเองสามารถดูผลจากปริมาณ CO<sub>2</sub> ที่สูงขึ้น ส่วนน้ำมันแก๊สโซฮอล์ 20 ออกเทน 95 พบว่าอัตราภาระบายสารมลพิษจากไอเสียเมื่อเทียบกับน้ำมันเบนซินออกเทน 91, 95 และน้ำมันแก๊สโซฮอล์ 10 ออกเทน 91, 95 มีอัตราภาระบายสารมลพิษจากไอเสียที่ต่ำกว่า สำหรับรถยนต์เบนซินที่ใช้เชื้อเพลิงแก๊สปิโตรเลียมเหลว การระบายสารมลพิษจากไอเสีย HC และ NO<sub>x</sub> มีการระบายที่สูงกว่าเมื่อเทียบกับเชื้อเพลิงอื่นๆ ที่ได้ทำการทดสอบส่วนสารมลพิษ CO<sub>2</sub> มี

ปริมาณที่ต่ำ รวมทั้งอัตราการใช้เชื้อเพลิงที่ใช้มากกว่าเมื่อเทียบในระหว่างที่เท่ากัน จากปริมาณการระบาย  $\text{CO}_2$  ที่ต่ำและการใช้เชื้อเพลิงที่สูงขึ้นทำให้สามารถสรุปได้ว่าการเผาไหม้ของเครื่องยนต์ที่ไม่สมบูรณ์นั่นเอง สำหรับช่วงความเร็วระหว่าง 40-60 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ความเร็วเฉลี่ย 42.9 กิโลเมตรต่อชั่วโมง การระบายสารมลพิษจากไอเสียจะไปในทิศทางเดียวกับช่วงความเร็ว 20-30 และ 30-40 ที่กล่าวมาในข้างต้น ยกเว้นน้ำมันแก๊สโซฮอล์ 10 ออกเทน 91 ที่มีการระบาย HC และ CO ที่สูงขึ้นเพียงเล็กน้อย การระบายสารมลพิษจากไอเสียเมื่อเปรียบเทียบตามช่วงความเร็วทั้ง 3 พบว่าการระบายสารมลพิษจากไอเสีย HC, CO,  $\text{NO}_x$  และ  $\text{CO}_2$  จะมีการระบายลดลงมากที่สุดเมื่อความเร็วอยู่ระหว่าง 40-60 กิโลเมตรต่อชั่วโมง เมื่อเทียบกับความเร็วระหว่าง 20-30 และ 30-40 กิโลเมตรต่อชั่วโมงรวมทั้งปริมาณการใช้เชื้อเพลิงที่ต่ำลงได้ระยะทางมากขึ้น นั้นแสดงให้เห็นว่ารถยนต์ที่มีความเร็วเพิ่มขึ้นที่เหมาะสม จะสามารถลดการระบายสารมลพิษจากไอเสียและลดปริมาณการใช้เชื้อเพลิงลงได้ (รายละเอียดแสดงในภาพที่ 16) และนอกจากนี้ได้สอดคล้องกับรายงาน สำนักงานนโยบายและแผนการขนส่งและจราจร ที่ได้รายงานการระบายสารมลพิษจากรถยนต์เบนซินที่ความเร็วเฉลี่ย 7.5, 14.7, 23.4, 33.3, 42.9, 70 และ 90 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ในรายงานพบว่า THC,  $\text{NO}_x$ , CO และ  $\text{CO}_2$  โดยรวมพบว่าสารมลพิษดังกล่าวมีอัตราการระบายลดลงที่ความเร็วเพิ่มขึ้น ซึ่งสารมลพิษที่ความเร็วเฉลี่ย 7.5 กิโลเมตรต่อชั่วโมงมีอัตราการระบายสูงสุด และความเร็วเฉลี่ย 90 กิโลเมตรต่อชั่วโมง มีอัตราการระบายต่ำสุด ของความเร็วทั้งหมด 7 ความเร็ว รวมทั้งปริมาณการใช้เชื้อเพลิงที่พบว่าความเร็วเฉลี่ย 7.5 มีปริมาณการใช้เชื้อเพลิงสูงสุดของกลุ่มความเร็วที่ทดสอบ และที่ความเร็วเฉลี่ย 70 กิโลเมตรต่อชั่วโมงมีปริมาณการใช้เชื้อเพลิงต่ำสุด (สำนักงานนโยบายและแผนการขนส่งและจราจร, 2551)

การระบายสารมลพิษจากไอเสียสาเหตุสำคัญน่าจะมาจากเชื้อเพลิงแต่ละชนิดที่มีคุณสมบัติเฉพาะที่แตกต่างกัน ที่มีผลต่อการทำงานของระบบกำจัดไอเสีย รวมทั้งการเสื่อมสภาพของอุปกรณ์กำจัดไอเสีย (Catalytic Converter) ซึ่งจะมีอายุการใช้งานประมาณ 50,000 ไมล์ หรือประมาณ 5 ปี (Nevers, 1995) ทำให้ไม่สามารถกำจัดสารมลพิษต่างๆ ได้ รวมทั้งความแตกต่างของประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องยนต์และอุปกรณ์ลดสารมลพิษที่มีการติดตั้งมากับรถยนต์ เทคโนโลยีที่ใช้ในเครื่องยนต์เนื่องจากเครื่องยนต์ไม่ได้ออกแบบมาสำหรับใช้เชื้อเพลิงแก๊สโซฮอล์มาตั้งแต่ต้น สาเหตุเหล่านี้ล้วนเป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้รถยนต์เบนซินมีอัตราการระบายสารมลพิษจากไอเสียและอัตราการใช้เชื้อเพลิงที่แตกต่างกัน

ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานที่ได้จากการทดสอบพบว่ามีค่าที่สูง ผู้วิจัยขอเสนอความคิดเห็น เนื่องจากการทดสอบนี้เป็นการทดสอบเพื่อจัดทำอัตราการระบายสารมลพิษและปริมาณการใช้เชื้อเพลิง

จากรถยนต์ที่ใช้เครื่องยนต์เบนซิน ทดสอบกับเชื้อเพลิง 6 ชนิด พบว่ามีปัจจัยต่างๆ ที่มีผลต่อค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ได้แก่ กลุ่มรถยนต์ตัวอย่างที่ทำการทดสอบในครั้งนี้ไม่ได้ปีนรถยนต์คันเดียวที่ใช้ทดสอบทุกชนิดเชื้อเพลิง เนื่องจากต้องการแสดงข้อมูลที่ได้ให้เป็นข้อมูลที่เกิดจากการใช้เชื้อเพลิงจริงของรถยนต์แต่ละคัน ซึ่งในปัจจุบันการใช้เชื้อเพลิงของผู้ใช้รถยนต์ส่วนใหญ่จะเน้นไปที่เชื้อเพลิงที่มีราคาถูกและรถยนต์สามารถใช้งานได้กับเชื้อเพลิงนั้น อายุการใช้งานของรถยนต์และเครื่องยนต์เป็นตัวแปรสำคัญเนื่องจากรถยนต์เมื่อมีอายุการใช้งานหรือระยะทางที่มากขึ้นย่อมมีผลต่อการเสื่อมสภาพของรถยนต์รวมทั้งอุปกรณ์ชุดไอเสียที่เสื่อมสภาพตามอายุการใช้งานเช่นกันจะมีความสัมพันธ์ต่อการระบายสารมลพิษจากไอเสีย เช่น รถยนต์ที่มีสภาพการเสื่อมสภาพมากย่อมมีการปลดปล่อยหรือระบายไอเสียที่สูงกว่ารถยนต์ที่มีอายุการใช้งานไม่มาก เทคโนโลยีด้านยานยนต์ถือเป็นสิ่งสำคัญหลักของการทำงานของเครื่องยนต์ โดยเฉพาะรถยนต์ที่มีเทคโนโลยีสมัยใหม่ในปัจจุบันที่ออกแบบระบบการจ่ายเชื้อเพลิงที่สามารถครอบคลุมเชื้อเพลิงเบนซินทั่วไปรวมทั้งเชื้อเพลิงแก๊สโซฮอล์ ซึ่งรถยนต์จะสามารถปรับเปลี่ยนระบบการจ่ายเชื้อเพลิงได้เหมาะสมกับชนิดของเชื้อเพลิง สำหรับรถยนต์ที่มีเทคโนโลยีไม่เหมาะสมจะเผาไหม้เชื้อเพลิงได้ไม่หมด จะมีผลต่อการระบายสารมลพิษจากไอเสียเป็นอย่างมากโดยเฉพาะในยานยนต์รุ่นเก่า คุณสมบัติของเชื้อเพลิงถือการเป็นตัวแปรต้นที่ก่อให้เกิดการระบายสารมลพิษจากไอเสีย เช่นก่อนหน้านี้ได้มีการเติมตะกั่วเป็นสารเติมแต่งในน้ำมันเบนซินซึ่งจะมีผลต่อการระบายไอเสียทำให้คุณภาพอากาศมีปริมาณสารตะกั่วที่สูงซึ่งในปัจจุบันนี้ได้ยกเลิกไปแล้วซึ่งเป็นตัวอย่างหนึ่งที่เห็นได้ชัดในเรื่องของคุณภาพน้ำมัน การบำรุงรักษาเครื่องยนต์และการปรับแต่งเครื่องยนต์ที่เหมาะสมเป็นส่วนสำคัญอีกอย่างหนึ่งที่สำคัญมากเนื่องจากโดยทั่วไปรถยนต์จะต้องได้รับการปรับแต่งที่ถูกต้อง การบำรุงรักษาตามระยะเวลา เช่น การเปลี่ยนถ่ายน้ำมันเครื่องเปลี่ยนไส้กรองอากาศ ตามระยะกำหนด และการบำรุงรักษาอย่างต่อเนื่องจะช่วยลดการปลดปล่อยสารมลพิษจากไอเสียจากเครื่องยนต์ได้เป็นอย่างดี



ภาพที่ 16 กราฟแสดงเปรียบเทียบ Emission factor และ Fuel consumption รถยนต์ที่ใช้เครื่องยนต์เบนซิน แยกชนิดเชื้อเพลิง

หมายเหตุ แกน Y สารมลพิษ HC, NO<sub>x</sub>, CO, CO<sub>2</sub>, PM (กรัมต่อกิโลเมตรต่อกัน) และ FC (กิโลเมตรต่อลิตรต่อกัน)  
แกน X ช่วงความเร็วระหว่าง (กิโลเมตรต่อชั่วโมง)

## 2. อัตราการระบายสารมลพิษจากไอเสีย (Emission factor) กรัมต่อกิโลเมตรต่อคัน และปริมาณการใช้เชื้อเพลิง (Fuel consumption) กิโลเมตรต่อลิตรต่อคัน รอยนต์ขนาดเล็กที่ใช้เครื่องยนต์ดีเซล แยกตามชนิดเชื้อเพลิง

2.1 อัตราการระบายสารมลพิษจากไอเสียและปริมาณการใช้เชื้อเพลิง ที่ช่วงความเร็วระหว่าง 20-30 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ความเร็วเฉลี่ย 23.1 กิโลเมตรต่อชั่วโมง มีผลการทดสอบ (แสดงรายละเอียดในตารางผนวกที่ ก5) และหาค่าเฉลี่ยการทดสอบ (รายละเอียดแสดงในตารางที่ 5) ได้ดังนี้

2.1.1 น้ำมันดีเซลหมุนเร็ว มีอัตราการระบายสารมลพิษจากไอเสีย แก๊สไฮโดรคาร์บอน 0.206 กรัมต่อกิโลเมตร แก๊สออกไซด์ของไนโตรเจน 1.686 กรัมต่อกิโลเมตร แก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ 0.881 กรัมต่อกิโลเมตร แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ 311.244 กรัมต่อกิโลเมตร สารมลพิษอนุภาค 0.112 กรัมต่อกิโลเมตร และปริมาณการใช้เชื้อเพลิง 8.865 กิโลเมตรต่อลิตร

2.1.2 น้ำมันดีเซลหมุนเร็วบี 5 มีอัตราการระบายสารมลพิษจากไอเสีย แก๊สไฮโดรคาร์บอน 0.131 กรัมต่อกิโลเมตร แก๊สออกไซด์ของไนโตรเจน 1.562 กรัมต่อกิโลเมตร แก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ 0.789 กรัมต่อกิโลเมตร แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ 290.405 กรัมต่อกิโลเมตร สารมลพิษอนุภาค 0.093 กรัมต่อกิโลเมตร และปริมาณการใช้เชื้อเพลิง 9.511 กิโลเมตรต่อลิตร

**ตารางที่ 5** อัตราการระบายสารมลพิษจากไอเสียและปริมาณการใช้เชื้อเพลิงต่อคัน รอยนต์ขนาดเล็กที่ใช้เครื่องยนต์ดีเซล ที่ความเร็วเฉลี่ย 23.1 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ตามชนิดเชื้อเพลิง

| เชื้อเพลิง          | ค่าเฉลี่ยอัตราการระบายสารมลพิษจากไอเสีย (g/km) |                 |       |                 |       | ค่าเฉลี่ยการใช้เชื้อเพลิง (km/l) |
|---------------------|------------------------------------------------|-----------------|-------|-----------------|-------|----------------------------------|
|                     | HC                                             | NO <sub>x</sub> | CO    | CO <sub>2</sub> | PM    |                                  |
| ดีเซลหมุนเร็วธรรมดา | 0.206                                          | 1.686           | 0.881 | 311.244         | 0.112 | 8.865                            |
| ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน | 0.251                                          | 0.980           | 0.752 | 71.192          | 0.076 | 2.040                            |
| ดีเซลหมุนเร็วบี 5   | 0.131                                          | 1.562           | 0.789 | 290.405         | 0.093 | 9.511                            |
| ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน | 0.156                                          | 0.937           | 0.429 | 67.125          | 0.046 | 1.931                            |

อัตราการระบายสารมลพิษจากไอเสียและปริมาณการใช้เชื้อเพลิง รถยนต์ขนาดเล็กที่ใช้เครื่องยนต์ดีเซล ที่ช่วงความเร็วระหว่าง 20-30 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ความเร็วเฉลี่ย 23.1 กิโลเมตรต่อชั่วโมง จากการใช้เชื้อเพลิงทั้งสองชนิด ได้แก่ น้ำมันดีเซลหมุนเร็วธรรมดา และน้ำมันดีเซลหมุนเร็ว บี 5 พบว่าอัตราการระบายสารมลพิษจากไอเสียที่ทำการทดสอบ ได้แก่ แก๊สไฮโดรคาร์บอน แก๊สออกไซด์ของไนโตรเจน แก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ และสารมลพิษอนุภาคพบว่าเมื่อใช้น้ำมันดีเซลหมุนเร็ว บี 5 สามารถลดการระบายสารมลพิษจากไอเสียดังกล่าวได้ และนอกจากนี้ปริมาณการใช้เชื้อเพลิงน้ำมันดีเซลหมุนเร็ว บี 5 สามารถประหยัดเชื้อเพลิงได้เช่นกัน ผลดังกล่าวได้สอดคล้องกับผลการทดสอบ กรมพัฒนาพลังงานและอนุรักษ์พลังงานทดแทน ได้ ทำการศึกษา โครงการเมืองสะอาดอากาศบริสุทธิ์ การวิจัยสาธิตการผลิตและการใช้ไบโอดีเซลเป็นเชื้อเพลิงในรถยนต์รับจ้างสองแถวในจังหวัดเชียงใหม่ โดยทำการทดสอบกับรถยนต์รับจ้างสองแถวในจังหวัดเชียงใหม่ นำรถยนต์ตัวอย่างมาขึ้นบนแท่นทดสอบ Chassis dynamometer เพื่อเปรียบเทียบสารมลพิษและฝุ่นละอองที่ระบายออกจากไอเสีย ผลการศึกษาพบว่า น้ำมันไบโอดีเซลก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสารมลพิษต่างๆ และประมาณฝุ่นละออง ในปริมาณที่ลดลง ได้แก่ CO, HC, CO<sub>2</sub>, PM = 34,687 กิโลกรัม ยกเว้น NO<sub>x</sub> ที่มีปริมาณไม่แตกต่างกันมากนักโดยเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อย (กรมพัฒนาพลังงานและอนุรักษ์พลังงานทดแทน, 2547)

2.2 อัตราการระบายสารมลพิษจากไอเสียและปริมาณการใช้เชื้อเพลิง ที่ช่วงความเร็วระหว่าง 30-40 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ความเร็วเฉลี่ย 33.9 กิโลเมตรต่อชั่วโมง มีผลการทดสอบ (แสดงรายละเอียดในตารางผนวกที่ ก6) และหาค่าเฉลี่ยการทดสอบ (รายละเอียดแสดงในตารางที่ 6) ดังนี้

2.2.1 น้ำมันดีเซลหมุนเร็วธรรมดา มีอัตราการระบายสารมลพิษจากไอเสีย แก๊สไฮโดรคาร์บอน 0.110 กรัมต่อกิโลเมตร แก๊สออกไซด์ของไนโตรเจน 1.134 กรัมต่อกิโลเมตร แก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ 0.368 กรัมต่อกิโลเมตร แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ 223.505 กรัมต่อกิโลเมตร สารมลพิษอนุภาค 0.099 กรัมต่อกิโลเมตร และปริมาณการใช้เชื้อเพลิง 11.845 กิโลเมตรต่อลิตร

2.2.2 น้ำมันดีเซลหมุนเร็ว บี 5 มีอัตราการระบายสารมลพิษจากไอเสีย แก๊สไฮโดรคาร์บอน 0.066 กรัมต่อกิโลเมตร แก๊สออกไซด์ของไนโตรเจน 1.119 กรัมต่อกิโลเมตร แก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ 0.397 กรัมต่อกิโลเมตร แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ 216.070 กรัมต่อกิโลเมตร สารมลพิษอนุภาค 0.072 กรัมต่อกิโลเมตร และปริมาณการใช้เชื้อเพลิง 12.355 กิโลเมตรต่อลิตร

การทดสอบอัตราการระบายสารมลพิษจากไอเสียและปริมาณการใช้เชื้อเพลิง รถยนต์ขนาดเล็กที่ใช้เครื่องยนต์ดีเซล ที่ช่วงความเร็วระหว่าง 30-40 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ความเร็วเฉลี่ย 33.9 กิโลเมตรต่อชั่วโมง จากข้อมูลอัตราการระบายสารมลพิษจากไอเสียจากการใช้เชื้อเพลิงทั้งสองชนิด น้ำมันดีเซลหมุนเร็วธรรมดาและน้ำมันดีเซลหมุนเร็วบี 5 แสดงให้เห็นว่าเชื้อเพลิงน้ำมันดีเซลหมุนเร็วบี 5 มีอัตราการระบายสารมลพิษจากไอเสียที่น้อยกว่าน้ำมันดีเซลหมุนเร็วธรรมดา ได้แก่ แก๊สไฮโดรคาร์บอน แก๊สออกไซด์ของไนโตรเจน แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ และสารมลพิษอนุภาค สำหรับแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์มีอัตราการระบายที่ใกล้เคียงกัน สำหรับปริมาณการใช้เชื้อเพลิง น้ำมันดีเซลหมุนเร็วบี 5 สามารถประหยัดเชื้อเพลิงได้ดีกว่าน้ำมันดีเซลเล็กน้อย

**ตารางที่ 6** อัตราการระบายสารมลพิษจากไอเสียและปริมาณการใช้เชื้อเพลิงต่อคัน รถยนต์ขนาดเล็กที่ใช้เครื่องยนต์ดีเซล ที่ความเร็วเฉลี่ย 33.9 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ตามชนิดเชื้อเพลิง

| เชื้อเพลิง          | ค่าเฉลี่ยอัตราการระบายสารมลพิษจากไอเสีย (g/km) |                 |       |                 |       | ค่าเฉลี่ยการใช้เชื้อเพลิง (km/l) |
|---------------------|------------------------------------------------|-----------------|-------|-----------------|-------|----------------------------------|
|                     | HC                                             | NO <sub>x</sub> | CO    | CO <sub>2</sub> | PM    |                                  |
| ดีเซลหมุนเร็วธรรมดา | 0.110                                          | 1.134           | 0.368 | 223.505         | 0.099 | 11.845                           |
| ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน | 0.157                                          | 0.522           | 0.358 | 33.841          | 0.073 | 1.692                            |
| ดีเซลหมุนเร็วบี 5   | 0.066                                          | 1.119           | 0.397 | 216.070         | 0.072 | 12.355                           |
| ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน | 0.062                                          | 0.399           | 0.218 | 23.772          | 0.034 | 1.192                            |

2.3 อัตราการระบายสารมลพิษจากไอเสียและปริมาณการใช้เชื้อเพลิง ที่ช่วงความเร็วระหว่าง 40-60 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ความเร็วเฉลี่ย 46.8 กิโลเมตรต่อชั่วโมง มีผลการทดสอบ (แสดงรายละเอียดในตารางผนวกที่ ก7) และหาค่าเฉลี่ยการทดสอบ (รายละเอียดแสดงในตารางที่ 7) ได้ดังนี้

2.3.1 น้ำมันดีเซลหมุนเร็วธรรมดา มีอัตราการระบายสารมลพิษจากไอเสีย แก๊สไฮโดรคาร์บอน 0.091 กรัมต่อกิโลเมตร แก๊สออกไซด์ของไนโตรเจน 0.994 กรัมต่อกิโลเมตร แก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ 0.384 กรัมต่อกิโลเมตร แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ 199.993 กรัมต่อกิโลเมตร สารมลพิษอนุภาค 0.076 กรัมต่อกิโลเมตร และปริมาณการใช้เชื้อเพลิง 13.450 กิโลเมตรต่อลิตร

### 2.3.2 น้ำมันดีเซลหมุนเร็วปี 5 มีอัตราการระบายสารมลพิษจากไอเสีย แก๊ส

ไฮโดรคาร์บอน 0.069 กรัมต่อกิโลเมตร แก๊สออกไซด์ของไนโตรเจน 0.922 กรัมต่อกิโลเมตร แก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ 0.383 กรัมต่อกิโลเมตร แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ 200.716 กรัมต่อกิโลเมตร สารมลพิษอนุภาค 0.078 กรัมต่อกิโลเมตร และปริมาณการใช้เชื้อเพลิง 13.280 กิโลกรัมต่อลิตร

**ตารางที่ 7** อัตราการระบายสารมลพิษจากไอเสียและปริมาณการใช้เชื้อเพลิงต่อคัน รถยนต์ขนาดเล็กที่ใช้เครื่องยนต์ดีเซล ที่ความเร็วเฉลี่ย 46.8 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ตามชนิดเชื้อเพลิง

| เชื้อเพลิง          | ค่าเฉลี่ยอัตราการระบายสารมลพิษจากไอเสีย (g/km) |                 |       |                 |       | ค่าเฉลี่ยการใช้เชื้อเพลิง (km/l) |
|---------------------|------------------------------------------------|-----------------|-------|-----------------|-------|----------------------------------|
|                     | HC                                             | NO <sub>x</sub> | CO    | CO <sub>2</sub> | PM    |                                  |
| ดีเซลหมุนเร็วธรรมดา | 0.091                                          | 0.994           | 0.384 | 199.993         | 0.076 | 13.450                           |
| ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน | 0.122                                          | 0.507           | 0.324 | 28.584          | 0.062 | 2.101                            |
| ดีเซลหมุนเร็วปี 5   | 0.069                                          | 0.922           | 0.383 | 200.716         | 0.078 | 13.280                           |
| ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน | 0.057                                          | 0.398           | 0.208 | 19.345          | 0.040 | 1.418                            |

อัตราการระบายสารมลพิษจากไอเสียและปริมาณการใช้เชื้อเพลิง รถยนต์ขนาดเล็กที่ใช้เครื่องยนต์ดีเซล ที่ช่วงความเร็วระหว่าง 40-60 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ความเร็วเฉลี่ย 46.8 กิโลเมตรต่อชั่วโมง การใช้เชื้อเพลิงน้ำมันดีเซลหมุนเร็วปี 5 มีการระบายสารมลพิษจากไอเสียใกล้เคียงกับน้ำมันดีเซลหมุนเร็วธรรมดา ยกเว้นปริมาณการใช้เชื้อเพลิงที่มีผลแตกต่างเนื่องจากข้อมูลพบว่าปริมาณการใช้เชื้อเพลิงเพิ่มขึ้นเล็กน้อยเมื่อเทียบกับน้ำมันดีเซลหมุนเร็วธรรมดา จากข้อมูลนี้จะมีความแตกต่างจากความเร็วช่วง 20-30 และ 30-40 ที่พบว่าน้ำมันดีเซลหมุนเร็วปี 5 จะประหยัดเชื้อเพลิงกว่าน้ำมันดีเซล อัตราการระบายสารมลพิษและปริมาณการใช้เชื้อเพลิง ที่ช่วงความเร็ว 20-30, 30-40 และ 40-60 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ของการทดสอบรถยนต์ตัวอย่างพบว่ามีทิศทางไปในแนวทางเดียวกันทั้งหมด และนอกจากนี้ยังพบว่าช่วงความเร็วของการทดสอบทั้งสาม ช่วงความเร็ว 40-60 กิโลเมตรต่อชั่วโมง มีอัตราการระบายสารมลพิษต่ำสุดของช่วงความเร็วของการทดสอบ รวมทั้งมีอัตราการใช้เชื้อเพลิงที่ต่ำกว่าช่วงอื่นที่ทำการทดสอบ

2.4 อัตราการระบายสารมลพิษจากไอเสีย และปริมาณการใช้เชื้อเพลิง รวมช่วงความเร็วทั้ง 3 ช่วง ได้แก่ 20-30, 30-40, 40-60 เป็นช่วงความเร็วระหว่าง 20-60 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ความเร็ว

เฉลี่ย 35.3 กิโลเมตรต่อชั่วโมง มีผลการทดสอบ (แสดงรายละเอียดในตารางผนวกที่ ก8) และหาค่าเฉลี่ยการทดสอบ (รายละเอียดแสดงในตารางที่ 8) ได้ดังนี้

2.4.1 น้ำมันดีเซลหมุนเร็วธรรมดา มีอัตราการระบายสารมลพิษจากไอเสีย แก๊สไฮโดรคาร์บอน 0.114 กรัมต่อกิโลเมตร แก๊สออกไซด์ของไนโตรเจน 1.133 กรัมต่อกิโลเมตร แก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ 0.444 กรัมต่อกิโลเมตร แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ 222.900 กรัมต่อกิโลเมตร สารมลพิษอนุภาค 0.088 กรัมต่อกิโลเมตร และปริมาณการใช้เชื้อเพลิง 12.068 กิโลเมตรต่อลิตร

2.4.2 น้ำมันดีเซลหมุนเร็วบี 5 มีอัตราการระบายสารมลพิษจากไอเสีย แก๊สไฮโดรคาร์บอน 0.076 กรัมต่อกิโลเมตร แก๊สออกไซด์ของไนโตรเจน 1.076 กรัมต่อกิโลเมตร แก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ 0.450 กรัมต่อกิโลเมตร แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ 218.512 กรัมต่อกิโลเมตร สารมลพิษอนุภาค 0.078 กรัมต่อกิโลเมตร และปริมาณการใช้เชื้อเพลิง 12.236 กิโลเมตรต่อลิตร

ผลรวมทุกช่วงความเร็วที่ได้ทำการทดสอบ ทั้ง 3 ช่วงความเร็ว เป็นช่วงความเร็ว 20-60 กิโลเมตรต่อชั่วโมง และได้ความเร็วเฉลี่ย 35.3 กิโลเมตรต่อชั่วโมง และนำข้อมูลที่ได้นี้ทำการทดสอบรถยนต์ขนาดเล็กที่ใช้เครื่องยนต์ดีเซล อัตราการระบายสารมลพิษจากไอเสียทางอากาศจากไอเสีย (Emission factor) และปริมาณการใช้เชื้อเพลิง (Fuel consumption) โดยแยกตามชนิดของเชื้อเพลิง มาทดสอบค่าทางสถิติ t-test พบว่าอัตราการระบายสารมลพิษจากไอเสียทางอากาศจากไอเสีย และปริมาณการใช้เชื้อเพลิง ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 0.05 ปัจจัยที่ทำให้ไม่มีความแตกต่างกัน ส่วนหนึ่งมาจากสัดส่วนของน้ำมันไบโอดีเซลที่มีค่าความแตกต่างกันเพียง 3 % ซึ่งถือว่าน้อยมาก เนื่องจากน้ำมันดีเซลหมุนเร็วธรรมดา กรมธุรกิจพลังงานได้บังคับให้บริษัทผู้จำหน่ายน้ำมันดีเซลหมุนเร็วธรรมดา จะต้องมือน้ำมันไบโอดีเซลผสมอยู่ 1-2 % .ในส่วนของน้ำมันดีเซลหมุนเร็วบี 5 จะมีน้ำมันไบโอดีเซลผสมอยู่ 4-5 % และนอกจากนี้การพัฒนาเครื่องยนต์ดีเซลในประเทศไทยนั้น ยังสามารถใช้ไบโอดีเซลได้ทั้งรถยนต์เก่าและรถยนต์ใหม่ จึงไม่มีความแตกต่างกันในส่วนของการระบายสารมลพิษจากไอเสียและเชื้อเพลิง ซึ่งจะแตกต่างจากรถยนต์เบนซินที่อาจจะจำกัดทางด้านเทคโนโลยีในส่วนของการยนต์เก่าและรถยนต์ใหม่ และนอกจากนี้อัตราการระบายสารมลพิษจากไอเสียจะพบว่าจากการทดสอบความเร็วเฉลี่ยทั้ง 3 ความเร็วเฉลี่ย พบว่าอัตราความเร็วสูง 35.5 กิโลเมตรต่อชั่วโมงของการทดสอบทั้งสามช่วงความเร็ว อัตราการระบายสารมลพิษจากไอเสียจะต่ำลงในทุกสารมลพิษที่ทำการทดสอบ รวมทั้งปริมาณการใช้เชื้อเพลิงจะได้ระยะทางที่มากขึ้นตามไปด้วย

**ตารางที่ 8** อัตราการระบายสารมลพิษจากไอเสียและปริมาณการใช้เชื้อเพลิงต่อคัน รอยนต์ดัดขนาด เล็กที่ใช้เครื่องยนต์ดีเซล ความเร็วรวมทั้ง 3 ช่วงความเร็ว ที่ความเร็วเฉลี่ย 35.3 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ตามชนิดเชื้อเพลิง

| เชื้อเพลิง                         | ค่าเฉลี่ยอัตราการระบายสารมลพิษจากไอเสีย (g/km) |                 |        |                 |        | ค่าเฉลี่ยการใช้เชื้อเพลิง (km/l) |
|------------------------------------|------------------------------------------------|-----------------|--------|-----------------|--------|----------------------------------|
|                                    | HC                                             | NO <sub>x</sub> | CO     | CO <sub>2</sub> | PM     |                                  |
| ดีเซลหมุนเร็วธรรมดา                | 0.114                                          | 1.133           | 0.444  | 222.900         | 0.088  | 12.068                           |
| ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน                | 0.155                                          | 0.548           | 0.371  | 32.548          | 0.068  | 1.866                            |
| ดีเซลหมุนเร็วบี 5                  | 0.076                                          | 1.076           | 0.450  | 218.512         | 0.078  | 12.236                           |
| ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน                | 0.068                                          | 0.441           | 0.232  | 22.757          | 0.037  | 1.208                            |
| ผลการทดสอบสมมุติฐานทางสถิติ t-test |                                                |                 |        |                 |        |                                  |
| T                                  | 0.760                                          | 0.264           | 0.041  | 0.362           | 0.423  | 0.251                            |
| P                                  | 0.456*                                         | 0.794*          | 0.968* | 0.721*          | 0.677* | 0.804*                           |

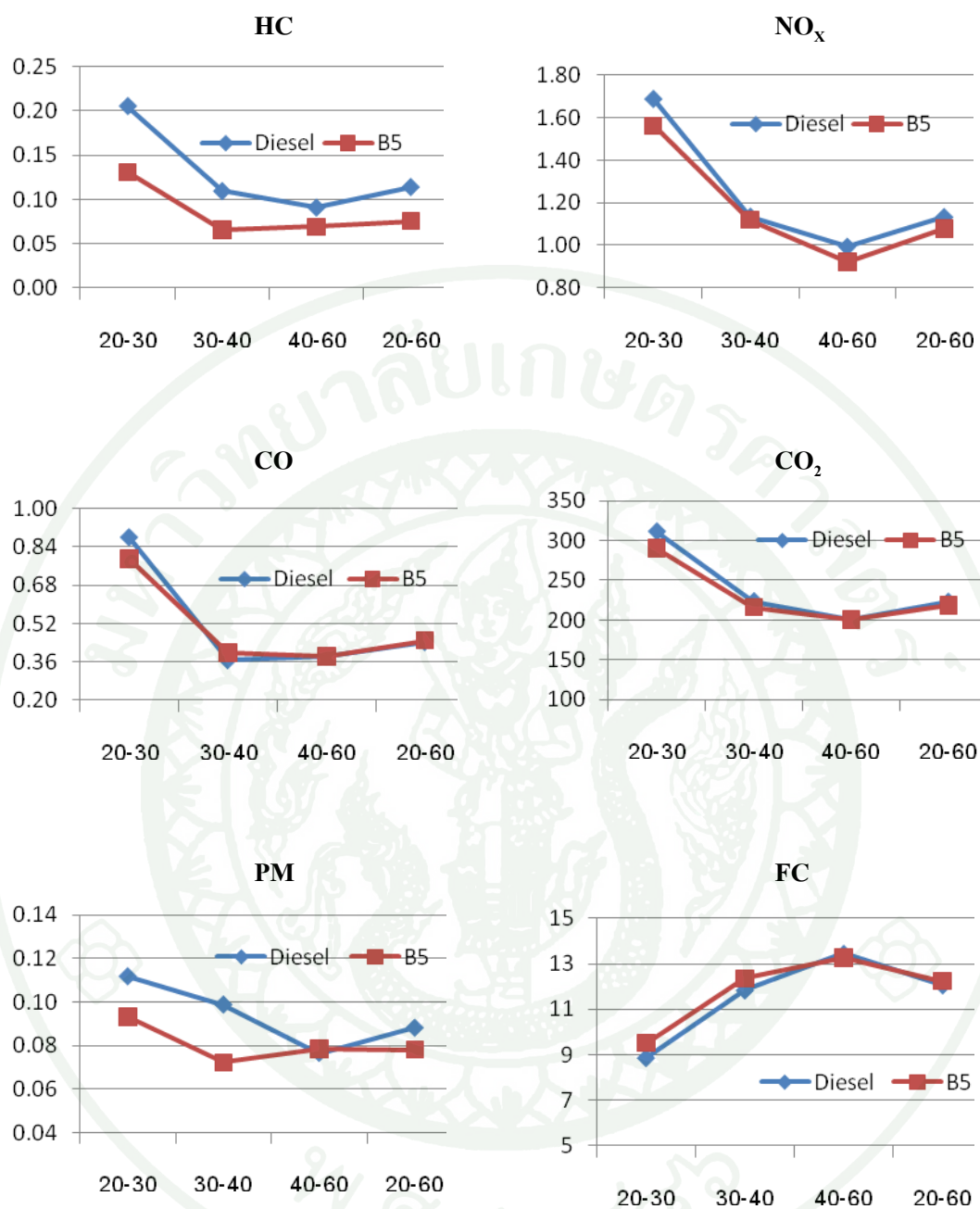
หมายเหตุ \* ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

อัตราการระบายสารมลพิษจากไอเสียและอัตราการใช้เชื้อเพลิงในรถยนต์ดีเซล พบว่า อัตราการระบายสารมลพิษจากไอเสีย ได้แก่ NO<sub>x</sub>, CO, CO<sub>2</sub> จะมีความแตกต่างของอัตราการระบายสารมลพิษจากไอเสียเล็กน้อยระหว่างการใช้น้ำมันดีเซลหมุนเร็วพื้นฐานเทียบกับน้ำมันดีเซลหมุนเร็วบี 5 สำหรับ HC พบว่าในรถยนต์ดีเซลเมื่อใช้น้ำมันดีเซลหมุนเร็วบี 5 จะสามารถลดการระบาย HC ได้ สำหรับ PM เมื่อใช้น้ำมันดีเซลหมุนเร็วบี 5 ที่ความเร็วเฉลี่ย 23.1 และ 33.9 กิโลเมตรต่อชั่วโมง จะลดการระบายสารมลพิษสารมลพิษอนุภาคลงได้ ในขณะที่ความเร็ว 46.8 กิโลเมตรต่อชั่วโมงอัตราการระบายสารมลพิษจากไอเสียอนุภาคจะมีค่าใกล้เคียงกัน ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยที่ได้มีการศึกษาไว้ก่อนหน้านี้ (Durbin *et al.*, 2007) ซึ่งศึกษาปริมาณการระบายสารมลพิษจากไอเสียจากรถยนต์บรรทุก ยี่ห้อ FORD รุ่น F350 ปี 1999 ระหว่างน้ำมันดีเซลและน้ำมันไบโอดีเซลชนิด B20 ในหน่วยของ g/mile พบว่าไฮโดรคาร์บอน คาร์บอนมอนอกไซด์ และสารมลพิษอนุภาค มีสัดส่วนการลดลงของสารมลพิษดังกล่าวเพียงเล็กน้อย ในขณะที่การศึกษาการระบายไอเสียจากรถยนต์ดีเซลขนาดใหญ่ (รถบรรทุก) ของประเทศแคนาดา จากการใช้เชื้อเพลิงดีเซล น้ำมันดีเซลชนิด B2 น้ำมันดีเซลชนิด B5 พบว่า คาร์บอนมอนอกไซด์ไม่มีความแตกต่างกัน และอัตราการใช้เชื้อเพลิงมีความแตกต่างกันเล็กน้อย และนอกจากนี้ยังสอดคล้องไปในทิศทางกับผลการศึกษา

(กรมพัฒนาพลังงานและอนุรักษ์พลังงานทดแทน, 2547) ที่ได้ศึกษาในโครงการเมืองสะอาดอากาศบริสุทธิ์ การวิจัยสาธิตการผลิตและการใช้ไบโอดีเซลเป็นเชื้อเพลิงในรถยนต์รับจ้างสองแถวในจังหวัดเชียงใหม่ พบว่าเมื่อใช้น้ำมันไบโอดีเซลสามารถลดการระบายสารมลพิษ ได้แก่ HC, CO, CO<sub>2</sub>, และ PM สำหรับ NO<sub>x</sub> มีความแตกต่างเพียงเล็กน้อย (รายละเอียดแสดงในภาพที่ 17) รวมทั้งผลการศึกษาวิจัย (Korbitz., 1999) ได้รายงานไว้ว่าไอเสียที่เกิดจากการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงไบโอดีเซลที่ใช้ผลิตน้ำมันพืชเปรียบเทียบกับเชื้อเพลิงดีเซล พบว่ามีปริมาณสารมลพิษและปริมาณฝุ่นละอองลดลง โดยสามารถลดปริมาณก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ แก๊สไฮโดรคาร์บอน และฝุ่นละอองขนาดเล็ก ส่วนแก๊สไนโตรเจนออกไซด์มีปริมาณเพิ่มขึ้นเล็กน้อย

อัตราการระบายสารมลพิษจากไอเสียและปริมาณการใช้เชื้อเพลิงของรถยนต์ขนาดเล็กที่ใช้เครื่องยนต์ดีเซล ระหว่างการใช้น้ำมันดีเซลหมุนเร็วธรรมดาเทียบกับน้ำมันดีเซลหมุนเร็วบี 5 จากการทดสอบที่ความเร็วเฉลี่ย ทั้งสามช่วงความเร็วได้แก่ 23.1, 33.9 และ 46.8 กิโลเมตรต่อชั่วโมง พบว่าภาพรวมของการระบายสารมลพิษจากไอเสียที่ความเร็วเฉลี่ย 23.1 และ 33.9 กิโลเมตร พบว่าสารมลพิษทุกตัวที่ทำการทดสอบ ได้แก่ แก๊สไฮโดรคาร์บอน แก๊สออกไซด์ของไนโตรเจน แก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ สารมลพิษอนุภาค เมื่อมีการใช้เชื้อเพลิงน้ำมันดีเซลหมุนเร็วบี 5 มีการระบายที่ต่ำกว่าการใช้เชื้อเพลิงน้ำมันดีเซลหมุนเร็วธรรมดา และปริมาณการใช้เชื้อเพลิงจากการใช้น้ำมันดีเซลหมุนเร็วบี 5 สามารถประหยัดเชื้อเพลิงได้ดีกว่าเช่นเดียวกัน ในขณะที่ความเร็วเฉลี่ย 46.8 กิโลเมตรต่อชั่วโมง พบว่าสารมลพิษมีอัตราการระบายที่ใกล้เคียงกัน ปริมาณการใช้เชื้อเพลิงเพิ่มขึ้นเล็กน้อย โดยผลการศึกษานี้มีผลไปในทิศทางสอดคล้องกับการศึกษา (สำนักจัดการคุณภาพอากาศและเสียง กรมควบคุมมลพิษ, 2549) ในโครงการศึกษาผลกระทบทางด้านเศรษฐกิจจากการใช้น้ำมันไบโอดีเซล ที่สรุปไว้ว่าอัตราการใช้เชื้อเพลิงน้ำมันไบโอดีเซลเปรียบเทียบกับน้ำมันดีเซลผลที่ได้ไม่แตกต่างกัน

นอกจากนี้คุณสมบัติทางกายภาพของน้ำมันไบโอดีเซลคล้ายกับน้ำมันดีเซลหมุนเร็วธรรมดา แต่น้ำมันไบโอดีเซลให้การเผาไหม้ที่สะอาดกว่า ไอเสียที่เกิดขึ้นจึงมีคุณภาพดีกว่า ทั้งนี้เพราะมีออกซิเจนเป็นองค์ประกอบหลักประมาณ 10 % โดยน้ำหนักที่อยู่ในไบโอดีเซล มีผลทำให้การสันดาปที่สมบูรณ์กว่าน้ำมันดีเซลหมุนเร็วธรรมดา และนอกจากนี้ยังไม่มีกำมะถันในไบโอดีเซล จึงไม่มีปัญหาเรื่องสารซัลเฟด และที่สำคัญคือลดมลพิษจากซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ไฮโดรคาร์บอน คาร์บอนมอนอกไซด์ ฝุ่นละออง (สำนักจัดการคุณภาพอากาศและเสียง กรมควบคุมมลพิษ, 2549) ดังนั้นอาจกล่าวได้ว่า การใช้น้ำมันไบโอดีเซลชนิดที่มีปริมาณไบโอดีเซลผสมในปริมาณไม่สูง เพื่อทดแทนการใช้น้ำมันดีเซลสามารถทำได้โดยไม่ก่อให้เกิดสารมลพิษเพิ่มขึ้นในอากาศ



ภาพที่ 17 กราฟแสดงเปรียบเทียบ Emission factor และ Fuel consumption รอยนต์ขนาดเล็กที่ใช้เครื่องยนต์ดีเซล แยกชนิดเชื้อเพลิง

หมายเหตุ แกน Y สารมลพิษ HC, NO<sub>x</sub>, CO, CO<sub>2</sub>, PM (กรัมต่อกิโลเมตรต่อคัน) และ FC (กิโลเมตรต่อลิตรต่อคัน)  
แกน X ช่วงความเร็วระหว่าง (กิโลเมตรต่อชั่วโมง)

**3. อัตราการระบายสารมลพิษจากไอเสีย (Emission factor) กรัมต่อกิโลกรัมต่อกัน และปริมาณการใช้เชื้อเพลิง (Fuel consumption) กิโลเมตรต่อลิตรต่อกัน รถยนต์ที่ใช้เครื่องยนต์เบนซินและรถยนต์ขนาดเล็กที่ใช้เครื่องยนต์ดีเซล ตามสัดส่วนการใช้เชื้อเพลิง ในกรุงเทพมหานคร ประจำปี พ.ศ. 2551**

อัตราการระบายสารมลพิษจากไอเสียและปริมาณการใช้เชื้อเพลิง ตามสัดส่วนการใช้เชื้อเพลิง จากรถยนต์ทั้ง 2 ประเภท หาได้จากสัดส่วนการจำหน่ายเชื้อเพลิงในเขตกรุงเทพมหานคร ประจำปี 2551 เนื่องจากว่ารถยนต์ที่วิ่งใช้งานบนถนนไม่สามารถแยกปริมาณจำนวนของรถยนต์ที่ใช้เชื้อเพลิงแต่ละชนิดที่วิ่งใช้งานบนท้องถนนได้ แต่จะสามารถประมาณการได้โดยดูจากสัดส่วนการใช้เชื้อเพลิง ปริมาณการจำหน่ายเชื้อเพลิงจากสถานีบริการเชื้อเพลิงในเขตกรุงเทพมหานครในรอบปี พ.ศ. 2551 สามารถแยกตามประเภทของรถยนต์ได้ดังนี้

เชื้อเพลิงที่ใช้กับรถยนต์เบนซิน ได้แก่ น้ำมันเบนซินออกเทน 91 มีสัดส่วนการใช้ 17.421 % น้ำมันเบนซินออกเทน 95 มีสัดส่วนการใช้ 6.297 % น้ำมันแก๊สโซฮอล์ 10 ออกเทน 91 มีสัดส่วนการใช้ 13.156 % น้ำมันแก๊สโซฮอล์ 10 ออกเทน 95 มีสัดส่วนการใช้ 32.227 % น้ำมันแก๊สโซฮอล์ 20 ออกเทน 95 มีสัดส่วนการใช้ 0.788 % และแก๊สปิโตรเลียมเหลว มีสัดส่วนการใช้ 30.110 % (กรมธุรกิจพลังงาน, 2551) (รายละเอียดแสดงในตารางที่ 9)

**ตารางที่ 9** ปริมาณการจำหน่ายเชื้อเพลิง รถยนต์เบนซิน ประจำปี พ.ศ. 2551 จากสถานีบริการจำหน่ายเชื้อเพลิง

| ปริมาตรการจำหน่าย    | เบนซิน 91 | เบนซิน 95 | โซฮอล์ 91 | โซฮอล์ 95 | E20    | LPG     |
|----------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|--------|---------|
| ปริมาตร (พันลิตร)    | 446,146   | 161,261   | 336,926   | 825,304   | 20,179 | 771,102 |
| รวมปริมาตร (พันลิตร) |           |           | 2,560,918 |           |        |         |
| สัดส่วนการใช้ (%)    | 17.421    | 6.297     | 13.156    | 32.227    | 0.788  | 30.110  |

ที่มา: ดัดแปลงจาก กรมธุรกิจพลังงาน (2551)

เชื้อเพลิงที่ใช้กับรถยนต์ดีเซล ได้แก่ น้ำมันดีเซลหมุนเร็วธรรมดา ปริมาณการใช้ มีสัดส่วนการใช้ 76.5 % และน้ำมันดีเซลหมุนเร็วบี 5 มีสัดส่วนการใช้ 23.5 % (กรมธุรกิจพลังงาน, 2551) (รายละเอียดแสดงในตารางที่ 10)

**ตารางที่ 10** ปริมาณการจำหน่ายเชื้อเพลิง รถยนต์ดีเซล ประจำปี พ.ศ. 2551  
จากสถานีบริการจำหน่ายเชื้อเพลิง

| ปริมาตรการจำหน่าย    | น้ำมันดีเซลหมุนเร็วธรรมดา | น้ำมันดีเซลหมุนเร็วบี 5 |
|----------------------|---------------------------|-------------------------|
| ปริมาตร (พันลิตร)    | 1,406,112                 | 431,862                 |
| รวมปริมาตร (พันลิตร) | 1,837,974                 |                         |
| สัดส่วนการใช้ (%)    | 76.5                      | 23.5                    |

**ที่มา:** คัดแปลงจาก กรมธุรกิจพลังงาน (2551)

การหาอัตราการระบายสารมลพิษจากไอเสียและปริมาณการใช้เชื้อเพลิง จากระถยนต์ที่ใช้เครื่องยนต์เบนซินและรถยนต์ขนาดเล็กที่ใช้เครื่องยนต์ดีเซล สามารถหาได้ดังสมการที่ 1 และ 2 โดยใช้ข้อมูลปริมาณการจำหน่ายเชื้อเพลิงในเขตกรุงเทพมหานคร ประจำปี 2551 จากสถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิง ของกรมธุรกิจพลังงาน เป็นข้อมูลพื้นฐานในการหาอัตราการระบายสารมลพิษจากไอเสียและปริมาณการใช้เชื้อเพลิง

อัตราการระบายสารมลพิษจากไอเสีย (EF) ของสารมลพิษชนิด “A” ของรถยนต์ที่ใช้เครื่องยนต์เบนซินหรือรถยนต์ขนาดเล็กที่ใช้เครื่องยนต์ดีเซล = [(การปล่อยสารมลพิษ “A” จากการใช้น้ำมันชนิดที่ 1 × สัดส่วนการใช้น้ำมันชนิดที่ 1)+(การปล่อยสารมลพิษ “A” จากการใช้น้ำมันชนิดที่ 2 × สัดส่วนการใช้น้ำมันชนิดที่ 2) + (การปล่อยสารมลพิษ “A” จากการใช้น้ำมันชนิดที่ 3 × สัดส่วนการใช้น้ำมันชนิดที่ 3) .....]

(1)

ปริมาณการใช้เชื้อเพลิง (FC) ของรถยนต์ที่ใช้เครื่องยนต์เบนซินหรือรถยนต์ขนาดเล็กที่ใช้เครื่องยนต์ดีเซล = [(ปริมาณการใช้เชื้อเพลิงชนิดที่ 1 × สัดส่วนการใช้น้ำมันชนิดที่ 1)+(ปริมาณการใช้เชื้อเพลิงชนิดที่ 2 × สัดส่วนการใช้น้ำมันชนิดที่ 2) + (ปริมาณการใช้เชื้อเพลิงชนิดที่ 3 × สัดส่วนการใช้น้ำมันชนิดที่ 3) .....]

(2)

3.1 อัตราการระบายสารมลพิษจากไอเสียและปริมาณการใช้เชื้อเพลิง รถยนต์ที่ใช้เครื่องยนต์เบนซิน ตามสัดส่วนการใช้เชื้อเพลิง ประจำปี พ.ศ. 2551 ในเขตกรุงเทพมหานคร (รายละเอียดแสดงในตารางที่ 11) ดังนี้

3.1.1 ที่ช่วงความเร็วระหว่าง 20-30 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ความเร็วเฉลี่ย 23.4 กิโลเมตรต่อชั่วโมง มีอัตราการระบายสารมลพิษจากไอเสีย ดังนี้ แก๊สไฮโดรคาร์บอน 1.069 กรัมต่อกิโลเมตร แก๊สออกไซด์ของไนโตรเจน 1.147 กรัมต่อกิโลเมตร แก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ 3.630 กรัมต่อกิโลเมตร แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ 193.924 กรัมต่อกิโลเมตร และปริมาณการใช้เชื้อเพลิง 11.060 กิโลเมตรต่อลิตร

3.1.2 ที่ช่วงความเร็วระหว่าง 30-40 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ความเร็วเฉลี่ย 33.2 กิโลเมตรต่อชั่วโมง มีอัตราการระบายสารมลพิษจากไอเสีย ดังนี้ แก๊สไฮโดรคาร์บอน 0.849 กรัมต่อกิโลเมตร แก๊สออกไซด์ของไนโตรเจน 1.141 กรัมต่อกิโลเมตร แก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ 2.579 กรัมต่อกิโลเมตร แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ 173.524 กรัมต่อกิโลเมตร และปริมาณการใช้เชื้อเพลิง 12.753 กิโลเมตรต่อลิตร

3.1.3 ที่ช่วงความเร็วระหว่าง 40-60 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ความเร็วเฉลี่ย 42.9 กิโลเมตรต่อชั่วโมง มีอัตราการระบายสารมลพิษจากไอเสีย ดังนี้ แก๊สไฮโดรคาร์บอน 0.564 กรัมต่อกิโลเมตร แก๊สออกไซด์ของไนโตรเจน 1.123 กรัมต่อกิโลเมตร แก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ 1.846 กรัมต่อกิโลเมตร แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ 151.498 กรัมต่อกิโลเมตร และปริมาณการใช้เชื้อเพลิง 14.107 กิโลเมตรต่อลิตร

3.1.4 ที่ช่วงความเร็วรวมทั้ง 3 ช่วงความเร็ว ระหว่าง 20-60 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ความเร็วเฉลี่ย 33.5 กิโลเมตรต่อชั่วโมง มีผลการทดสอบดังนี้ แก๊สไฮโดรคาร์บอน 0.736 กรัมต่อกิโลเมตร แก๊สออกไซด์ของไนโตรเจน 1.133 กรัมต่อกิโลเมตร แก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ 2.342 กรัมต่อกิโลเมตร แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ 164.435 กรัมต่อกิโลเมตร และปริมาณการใช้เชื้อเพลิง 12.907 กิโลเมตรต่อลิตร

**ตารางที่ 11** อัตราการระบายสารมลพิษจากไอเสียและปริมาณการใช้เชื้อเพลิงต่อคัน รถยนต์ที่ใช้เครื่องยนต์เบนซิน ที่ความเร็วเฉลี่ย 23.4, 33.2, 42.9 และเฉลี่ยรวมทั้ง 3 ช่วงความเร็ว 33.5 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ตามสัดส่วนการใช้เชื้อเพลิง ประจำปี พ.ศ. 2551

| ความเร็วเฉลี่ย<br>(กิโลเมตรต่อชั่วโมง) | อัตราการระบายสารมลพิษจากไอเสีย (g/km) |                 |       |                 | ค่าเฉลี่ยการใช้<br>เชื้อเพลิง (km/l) |
|----------------------------------------|---------------------------------------|-----------------|-------|-----------------|--------------------------------------|
|                                        | HC                                    | NO <sub>x</sub> | CO    | CO <sub>2</sub> |                                      |
| 23.4                                   | 1.069                                 | 1.147           | 3.630 | 193.924         | 11.060                               |
| ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน                    | 0.250                                 | 0.250           | 0.482 | 25.789          | 1.298                                |
| 33.2                                   | 0.849                                 | 1.141           | 2.579 | 173.524         | 12.753                               |
| ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน                    | 0.197                                 | 0.246           | 0.320 | 23.469          | 1.509                                |
| 42.9                                   | 0.564                                 | 1.123           | 1.846 | 151.498         | 14.107                               |
| ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน                    | 0.162                                 | 0.262           | 0.195 | 18.867          | 1.723                                |
| 33.5                                   | 0.736                                 | 1.133           | 2.342 | 164.435         | 12.907                               |
| ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน                    | 0.194                                 | 0.260           | 0.275 | 20.895          | 1.559                                |

3.2 อัตราการระบายสารมลพิษจากไอเสียและปริมาณการใช้เชื้อเพลิง รถยนต์ขนาดเล็กที่ใช้เครื่องยนต์ดีเซล ตามสัดส่วนการใช้เชื้อเพลิง ประจำปี พ.ศ. 2551 ในเขตกรุงเทพมหานคร (รายละเอียดแสดงในตารางที่ 12) ดังนี้

3.2.1 ที่ช่วงความเร็วระหว่าง 20-30 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ความเร็วเฉลี่ย 23.1 กิโลเมตรต่อชั่วโมง มีอัตราการระบายสารมลพิษจากไอเสีย ดังนี้ แก๊สไฮโดรคาร์บอน 0.188 กรัมต่อกิโลเมตร แก๊สออกไซด์ของไนโตรเจน 1.657 กรัมต่อกิโลเมตร แก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ 0.859 กรัมต่อกิโลเมตร แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ 306.347 กรัมต่อกิโลเมตร สารมลพิษอนุภาค 0.107 กรัมต่อกิโลเมตร และปริมาณการใช้เชื้อเพลิง 9.017 กิโลเมตรต่อลิตร

3.2.2 ที่ช่วงความเร็วระหว่าง 30-40 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ความเร็วเฉลี่ย 33.9 กิโลเมตรต่อชั่วโมง มีอัตราการระบายสารมลพิษจากไอเสีย ดังนี้ แก๊สไฮโดรคาร์บอน 0.099 กรัมต่อกิโลเมตร แก๊สออกไซด์ของไนโตรเจน 1.131 กรัมต่อกิโลเมตร แก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ 0.375 กรัมต่อกิโลเมตร แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ 221.757 กรัมต่อกิโลเมตร สารมลพิษอนุภาค 0.092 กรัมต่อกิโลเมตร และปริมาณการใช้เชื้อเพลิง 11.965 กิโลเมตรต่อลิตร

3.2.3 ที่ช่วงความเร็วระหว่าง 40-60 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ความเร็วเฉลี่ย 46.8 กิโลเมตรต่อชั่วโมง มีอัตราการระบายสารมลพิษจากไอเสีย ดังนี้ แก๊สไฮโดรคาร์บอน 0.086 กรัมต่อกิโลเมตร แก๊สออกไซด์ของไนโตรเจน 0.977 กรัมต่อกิโลเมตร แก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ 0.384 กรัมต่อกิโลเมตร แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ 200.163 กรัมต่อกิโลเมตร สารมลพิษอนุภาค 0.077 กรัมต่อกิโลเมตร และปริมาณการใช้เชื้อเพลิง 13.410 กิโลเมตรต่อลิตร

3.2.4 ที่ช่วงความเร็วรวมทั้ง 3 ช่วงความเร็ว ระหว่าง 20-60 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ความเร็วเฉลี่ย 35.3 กิโลเมตรต่อชั่วโมง มีผลการทดสอบดังนี้ แก๊สไฮโดรคาร์บอน 0.105 กรัมต่อกิโลเมตร แก๊สออกไซด์ของไนโตรเจน 1.119 กรัมต่อกิโลเมตร แก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ 0.446 กรัมต่อกิโลเมตร แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ 221.869 กรัมต่อกิโลเมตร สารมลพิษอนุภาค 0.086 กรัมต่อกิโลเมตร และปริมาณการใช้เชื้อเพลิง 12.108 กิโลเมตรต่อลิตร

**ตารางที่ 12** อัตราการระบายสารมลพิษจากไอเสียและปริมาณการใช้เชื้อเพลิงต่อกัน รถยนต์ขนาดเล็กที่ใช้เครื่องยนต์ดีเซล ที่ความเร็วเฉลี่ย 23.1, 33.9, 46.8 และเฉลี่ยรวมทั้ง 3 ช่วงความเร็ว 35.3 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ตามสัดส่วนการใช้เชื้อเพลิง ประจำปี พ.ศ. 2551

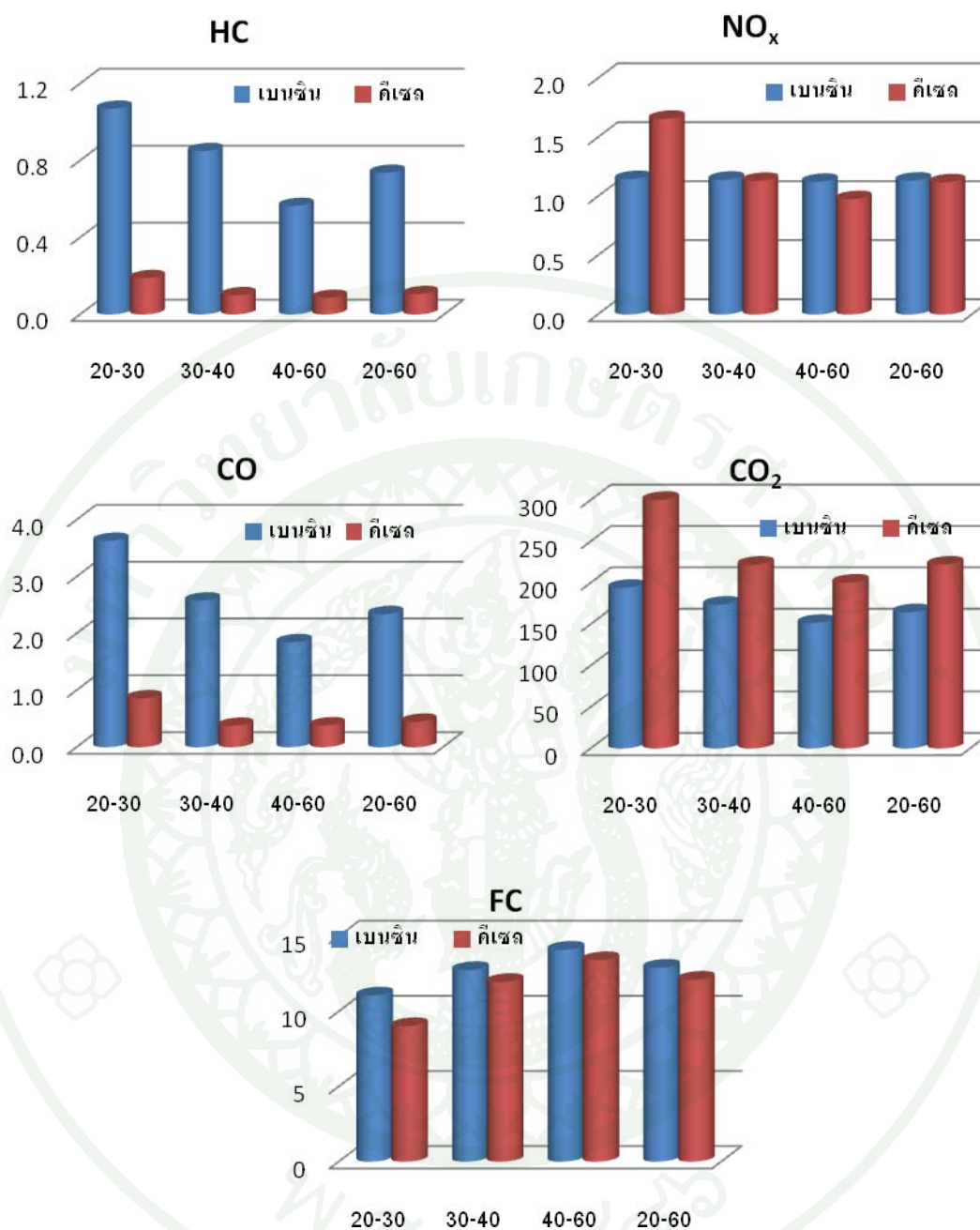
| ความเร็วเฉลี่ย<br>(กิโลเมตรต่อชั่วโมง) | อัตราการระบายสารมลพิษจากไอเสีย (g/km) |                 |       |                 |       | ค่าเฉลี่ยการใช้<br>เชื้อเพลิง (km/l) |
|----------------------------------------|---------------------------------------|-----------------|-------|-----------------|-------|--------------------------------------|
|                                        | HC                                    | NO <sub>x</sub> | CO    | CO <sub>2</sub> | PM    |                                      |
| 23.1                                   | 0.188                                 | 1.657           | 0.859 | 306.347         | 0.107 | 9.017                                |
| ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน                    | 0.090                                 | 0.652           | 0.345 | 120.107         | 0.045 | 3.215                                |
| 33.9                                   | 0.099                                 | 1.131           | 0.375 | 221.757         | 0.092 | 11.965                               |
| ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน                    | 0.048                                 | 0.428           | 0.133 | 84.998          | 0.041 | 4.355                                |
| 46.8                                   | 0.086                                 | 0.977           | 0.384 | 200.163         | 0.077 | 13.410                               |
| ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน                    | 0.038                                 | 0.384           | 0.144 | 74.830          | 0.028 | 5.069                                |
| 35.3                                   | 0.105                                 | 1.119           | 0.446 | 221.869         | 0.086 | 12.108                               |
| ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน                    | 0.049                                 | 0.434           | 0.166 | 84.265          | 0.035 | 4.495                                |

จากข้อมูลที่ได้จากการทดสอบรถยนต์ที่ใช้เครื่องยนต์เบนซินและรถยนต์ขนาดเล็กที่ใช้เครื่องยนต์ดีเซล ทั้งสามช่วงความเร็ว (20-30, 30-40 และ 40-60) พบว่าอัตราการระบายสารมลพิษที่ทำการทดสอบทั้งหมดลดลงในแต่ละช่วงความเร็วมีทิศทางไปทางเดียวกัน โดยพบว่าช่วงความเร็ว 20-30 กิโลเมตรต่อชั่วโมง มีอัตราการระบายสารมลพิษทั้งหมดสูงสุดของกลุ่ม และที่ช่วงความเร็ว 40-60 กิโลเมตรต่อชั่วโมง มีอัตราการระบายสารมลพิษทั้งหมดต่ำสุดของกลุ่ม สำหรับปริมาณการใช้เชื้อเพลิงที่ช่วงความเร็ว 20-30 กิโลเมตรต่อชั่วโมง มีอัตราการใช้ น้ำมันสูงสุดของกลุ่ม หมายถึงได้ระยะทางน้อยลงต่อเชื้อเพลิง 1 ลิตร และที่ช่วงความเร็ว 40-60 กิโลเมตรต่อชั่วโมง มีอัตราการใช้น้ำมันต่ำสุดของกลุ่ม สามารถจะบอกได้ว่าค่าความเร็วของการทดสอบทั้ง 3 ช่วง ช่วงความเร็ว 40-60 ที่ได้จากการทดสอบเป็นช่วงที่สามารถลดสารมลพิษและลดการใช้เชื้อเพลิงได้เป็นอย่างดีสำหรับรถยนต์ทั้งสองประเภทนี้

เปรียบเทียบการระบายสารมลพิษและปริมาณการใช้เชื้อเพลิงต่อกัน ที่ช่วงความเร็วระหว่าง 20-60 กิโลเมตรต่อชั่วโมง พบว่ารถยนต์ที่ใช้เครื่องยนต์เบนซินมีการระบายสารมลพิษมากกว่ารถยนต์ขนาดเล็กที่ใช้เครื่องยนต์ดีเซล ได้แก่ แก๊สไฮโดรคาร์บอน 601 % แก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ 425 % และรถยนต์ขนาดเล็กที่ใช้เครื่องยนต์ดีเซลมีการระบายสารมลพิษมากกว่ารถยนต์ที่ใช้เครื่องยนต์เบนซิน ได้แก่ แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ 34 % สำหรับแก๊สออกไซด์ของไนโตรเจนมีการระบายที่ไม่แตกต่างกันมากนัก ปริมาณการใช้เชื้อเพลิงรถยนต์เบนซินสามารถประหยัดเชื้อเพลิงได้ดีกว่ารถยนต์ขนาดเล็กที่ใช้เครื่องยนต์ดีเซล 7 % จากข้อมูลที่ได้นี้สามารถบอกได้ว่ารถยนต์ที่ใช้เครื่องยนต์ดีเซลมีปริมาณความจุระบอกลูกที่สูงกว่ารถยนต์ที่ใช้เครื่องยนต์เบนซินมีการระบายแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์หรือแก๊สเรือนกระจกที่สูงกว่า นอกจากนี้ข้อมูลการระบายสารมลพิษต่อกันสามารถนำมาใช้บริหารจัดการด้านการระบายสารมลพิษจากไอเสียได้อย่างมีประสิทธิภาพเนื่องจากสามารถคำนวณการปลดปล่อยสารมลพิษและปริมาณการใช้เชื้อเพลิงโดยรวมได้ทั้งหมดต่อระยะทางต่อกัน (รายละเอียดแสดงในตารางที่ 13 และภาพที่ 18)

**ตารางที่ 13** การเปรียบเทียบอัตราการระบายสารมลพิษจากไอเสียและปริมาณการใช้เชื้อเพลิงต่อคัน รถยนต์ที่ใช้เครื่องยนต์เบนซิน และรถยนต์ขนาดเล็กที่ใช้เครื่องยนต์ดีเซล ที่ช่วงความเร็ว 20-30, 30-40, 40-60 และความเร็วรวม 20-60 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ตามสัดส่วนการใช้เชื้อเพลิง ประจำปี พ.ศ. 2551

| รถยนต์                  | ช่วงความเร็ว<br>(ก.ม./ชม.) | อัตราการระบายสารมลพิษจากไอเสีย<br>(g/km) |                 |       |                 | ค่าเฉลี่ยการใช้<br>เชื้อเพลิง (km/l) |
|-------------------------|----------------------------|------------------------------------------|-----------------|-------|-----------------|--------------------------------------|
|                         |                            | HC                                       | NO <sub>x</sub> | CO    | CO <sub>2</sub> |                                      |
| เบนซิน                  | 20-30                      | 1.069                                    | 1.147           | 3.630 | 193.924         | 11.060                               |
| ดีเซล                   | 20-30                      | 0.188                                    | 1.657           | 0.859 | 306.347         | 9.017                                |
| ผลต่าง % (เบนซิน-ดีเซล) |                            | -469                                     | +31             | -323  | +37             | -23                                  |
| เบนซิน                  | 30-40                      | 0.849                                    | 1.141           | 2.579 | 173.524         | 12.753                               |
| ดีเซล                   | 30-40                      | 0.099                                    | 1.131           | 0.375 | 221.757         | 11.965                               |
| ผลต่าง % (เบนซิน-ดีเซล) |                            | -758                                     | -1              | -588  | +22             | -7                                   |
| เบนซิน                  | 40-60                      | 0.564                                    | 1.123           | 1.846 | 151.498         | 14.107                               |
| ดีเซล                   | 40-60                      | 0.086                                    | 0.977           | 0.384 | 200.163         | 13.410                               |
| ผลต่าง % (เบนซิน-ดีเซล) |                            | -556                                     | -15             | -381  | +24             | -5                                   |
| เบนซิน                  | 20-60                      | 0.736                                    | 1.133           | 2.342 | 146.435         | 12.907                               |
| ดีเซล                   | 20-60                      | 0.105                                    | 1.119           | 0.446 | 221.869         | 12.108                               |
| ผลต่าง % (เบนซิน-ดีเซล) |                            | -601                                     | -1              | -425  | +34             | -7                                   |



ภาพที่ 18 กราฟแสดงเปรียบเทียบ Emission factor และ Fuel consumption รถยนต์ที่ใช้เครื่องยนต์เบนซินและรถยนต์ขนาดเล็กที่ใช้เครื่องยนต์ดีเซล ตามสัดส่วนการใช้เชื้อเพลิง

หมายเหตุ แกน Y สารมลพิษ HC, NO<sub>x</sub>, CO, CO<sub>2</sub> (กรัมต่อกิโลเมตรต่อคัน) และ FC (กิโลเมตรต่อลิตรต่อคัน)  
แกน X ช่วงความเร็วระหว่าง (กิโลเมตรต่อชั่วโมง)

**4. ประเมินการปลดปล่อยสารมลพิษจากไอเสีย (Emission load) ต้นต่อปี และปริมาณการใช้เชื้อเพลิงรวม (Total fuel consumption) ลิตรต่อปี ถนนลาดพร้าว กรุงเทพมหานคร ประจำปี พ.ศ. 2551**

ประเมินการปลดปล่อยสารมลพิษจากไอเสียและปริมาณการใช้เชื้อเพลิง รถยนต์ที่ใช้เครื่องยนต์เบนซินและรถยนต์ขนาดเล็กที่ใช้เครื่องยนต์ดีเซล โดยใช้ถนนลาดพร้าวเป็นเส้นทางทดสอบการปลดปล่อยสารมลพิษและปริมาณการใช้เชื้อเพลิง ตลอดทั้งปี จำเป็นต้องทราบข้อมูลปริมาณการจราจร เพื่อใช้ประเมินปริมาณการปลดปล่อยสารมลพิษในอากาศจากรถยนต์ทั้ง 2 ประเภทนี้ ตามข้อมูลของสำนักงานการจราจรและขนส่ง กรุงเทพมหานคร มีรายละเอียดดังนี้ ปริมาณการจราจรในถนนลาดพร้าว (แยกบางกะปิถึงแยกลาดพร้าว) มีความยาว 10.75 กิโลเมตร ในช่วงเวลา 07.00-19.00 น. มีปริมาณรถยนต์เบนซิน (รถเก๋ง) จำนวน 50,910 คันต่อวัน ปริมาณรวมทั้งปี 18,582,150 คัน สำหรับรถยนต์ดีเซล (ปิกอัพ/รถตู้) จำนวน 30,023 คันต่อวัน ปริมาณรวมทั้งปี 10,958,395 คัน (สำนักงานการจราจรและขนส่ง กรุงเทพมหานคร, 2550) (รายละเอียดแสดงในตารางที่ 14)

**ตารางที่ 14** ปริมาณการจราจร ช่วงเวลา 07.00-19.00 น. ถนนลาดพร้าว กรุงเทพมหานคร ประจำปี พ.ศ. 2551

| ช่วงเวลา                      | ประเภทยานพาหนะ (คัน) |                  |
|-------------------------------|----------------------|------------------|
|                               | รถยนต์นั่ง           | รถปิกอัพและรถตู้ |
| เร่งด่วนเช้า (07.00-09.00 น.) | 10,544               | 3,728            |
| นอกเร่งด่วน (09.00-16.00 น.)  | 27,546               | 18,922           |
| เร่งด่วนเย็น (16.00-19.00 น.) | 12,820               | 7,373            |
| รวมทุกช่วง (07.00-19.00 น.)   | 50,910               | 30,023           |
| รวมตลอดทั้งปี 365 วัน         | 18,582,150           | 10,958,395       |

ที่มา: คัดแปลงจาก สำนักงานการจราจรและขนส่ง กรุงเทพมหานคร (2551)

การประเมินการปลดปล่อยสารมลพิษจากไอเสียและปริมาณการใช้เชื้อเพลิง รถยนต์ที่ใช้เครื่องยนต์เบนซินและรถยนต์ขนาดเล็กที่ใช้เครื่องยนต์ดีเซล โดยใช้ถนนลาดพร้าวเป็นเส้นทางทดสอบการปลดปล่อยสารมลพิษและปริมาณการใช้เชื้อเพลิง ในช่วงเวลา 07.00-19.00 น. ในตลอด 1 ปี สามารถประเมินได้จากสมการที่ 3 และ 4 ดังนี้

|                                                                               |   |
|-------------------------------------------------------------------------------|---|
| ปริมาณการปลดปล่อยสารมลพิษ (Emission load) ตันต่อปี = $EF \times TV \times TD$ | 3 |
|-------------------------------------------------------------------------------|---|

|                                                                                |   |
|--------------------------------------------------------------------------------|---|
| ปริมาณการใช้เชื้อเพลิง (Fuel consumption) ลิตรต่อปี = $(TD \div FC) \times TV$ | 4 |
|--------------------------------------------------------------------------------|---|

เมื่อ EF = อัตราการระบายสารมลพิษจากไอเสีย HC, CO, NO<sub>x</sub>, CO<sub>2</sub>, PM กรัมต่อกิโลเมตร (Emission Factor) จากระยะทางที่ใช้เครื่องยนต์เบนซิน หรือรถยนต์ขนาดเล็กที่ใช้เครื่องยนต์ดีเซล

TV = จำนวนรถยนต์ที่ใช้เครื่องยนต์เบนซิน หรือรถยนต์ขนาดเล็กที่ใช้เครื่องยนต์ดีเซล ที่วิ่งในถนนลาดพร้าวในช่วงเวลากำหนด (Total Vehicle)

TD = ระยะทางของถนนลาดพร้าวจากแยกบางกะปิถึงแยกลาดพร้าว 10.75 กิโลเมตร (Total Distance)

FC = ปริมาณใช้เชื้อเพลิง (Fuel consumption) กิโลเมตรต่อลิตร จากระยะทางที่ใช้เครื่องยนต์เบนซิน หรือรถยนต์ขนาดเล็กที่ใช้เครื่องยนต์ดีเซล

4.1 ประเมินการปลดปล่อยสารมลพิษจากไอเสียและปริมาณการใช้เชื้อเพลิงของรถยนต์ที่ใช้เครื่องยนต์เบนซิน ถนนลาดพร้าว ในช่วงเวลา 07.00-19.00 น. ประจำปี พ.ศ. 2551 (รายละเอียดแสดงในตารางที่ 15 และภาพที่ 19) ดังนี้

4.1.1 การปลดปล่อยสารมลพิษจากไอเสียและปริมาณการใช้เชื้อเพลิงของรถยนต์ที่ใช้เครื่องยนต์เบนซิน ที่ช่วงความเร็วระหว่าง 20-30 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ความเร็วเฉลี่ย 23.4 กิโลเมตรต่อชั่วโมง มีผลการปลดปล่อยสารมลพิษ ดังนี้ แก๊สไฮโดรคาร์บอน 214 ตันต่อปี แก๊สออกไซด์ของไนโตรเจน 229 ตันต่อปี แก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ 725 ตันต่อปี แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ 38,738 ตันต่อปี และปริมาณการใช้เชื้อเพลิง 18,061 พันลิตรต่อปี

4.1.2 การปลดปล่อยสารมลพิษจากไอเสียและปริมาณการใช้เชื้อเพลิงของรถยนต์ที่ใช้เครื่องยนต์เบนซิน ที่ช่วงความเร็วระหว่าง 30-40 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ความเร็วเฉลี่ย 33.2 กิโลเมตร

ต่อชั่วโมง มีผลการปลดปล่อยสารมลพิษ ดังนี้ แก๊สไฮโดรคาร์บอน 170 ตันต่อปี แก๊สออกไซด์ของไนโตรเจน 228 ตันต่อปี แก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ 515 ตันต่อปี แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ 34,663 ตันต่อปี และปริมาณการใช้เชื้อเพลิง 15,663 พันลิตรต่อปี

4.1.3 การปลดปล่อยสารมลพิษจากไอเสียและปริมาณการใช้เชื้อเพลิงของรถยนต์ที่ใช้เครื่องยนต์เบนซิน ที่ช่วงความเร็วระหว่าง 40-60 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ความเร็วเฉลี่ย 42.9 กิโลเมตรต่อชั่วโมง มีผลการปลดปล่อยสารมลพิษ ดังนี้ แก๊สไฮโดรคาร์บอน 113 ตันต่อปี แก๊สออกไซด์ของไนโตรเจน 224 ตันต่อปี แก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ 369 ตันต่อปี แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ 30,263 ตันต่อปี และปริมาณการใช้เชื้อเพลิง 14,160 พันลิตรต่อปี

4.1.4 การปลดปล่อยสารมลพิษจากไอเสียและปริมาณการใช้เชื้อเพลิงของรถยนต์ที่ใช้เครื่องยนต์เบนซิน ที่ช่วงความเร็วเฉลี่ยรวม 3 ช่วงความเร็ว ระหว่าง 20-60 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ความเร็วเฉลี่ย 33.5 กิโลเมตรต่อชั่วโมง มีผลการปลดปล่อยสารมลพิษ ดังนี้ แก๊สไฮโดรคาร์บอน 147 ตันต่อปี แก๊สออกไซด์ของไนโตรเจน 226 ตันต่อปี แก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ 468 ตันต่อปี แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ 32,847 ตันต่อปี และปริมาณการใช้เชื้อเพลิง 15,477 พันลิตรต่อปี

**ตารางที่ 15** ประเมินการปลดปล่อยสารมลพิษจากไอเสียและปริมาณการใช้เชื้อเพลิงของรถยนต์ที่ใช้เครื่องยนต์เบนซิน ที่ความเร็วเฉลี่ย 23.4, 33.2, 42.9 และเฉลี่ยรวม 3 ช่วงความเร็ว 33.5 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ถนนลาดพร้าว กรุงเทพมหานคร

| ความเร็วเฉลี่ย<br>(กิโลเมตรต่อชั่วโมง) | การปลดปล่อยสารมลพิษ (ตันต่อปี) |                 |     |                 | การใช้เชื้อเพลิง<br>(พันลิตรต่อปี) |
|----------------------------------------|--------------------------------|-----------------|-----|-----------------|------------------------------------|
|                                        | HC                             | NO <sub>x</sub> | CO  | CO <sub>2</sub> |                                    |
| 23.4                                   | 214                            | 229             | 725 | 38,738          | 18,061                             |
| 33.2                                   | 170                            | 228             | 515 | 34,663          | 15,663                             |
| 42.9                                   | 113                            | 224             | 369 | 30,263          | 14,160                             |
| 33.5                                   | 147                            | 226             | 468 | 32,847          | 15,447                             |

รถยนต์ที่ใช้เครื่องยนต์เบนซิน การปลดปล่อยสารมลพิษจากไอเสียและปริมาณการใช้เชื้อเพลิงของรถยนต์ ถนนลาดพร้าว จากข้อมูลการปลดปล่อยไอเสียรถยนต์ที่ใช้เครื่องยนต์เบนซิน พบว่าอัตราการปลดปล่อยสารมลพิษที่ความเร็วระหว่าง 20-30 กิโลเมตรต่อชั่วโมง มีอัตราการปลดปล่อยไอเสียในทุกลักษณะรวมทั้งปริมาณการใช้เชื้อเพลิง สูงกว่าทุกช่วงความเร็ว การ

ปลดปล่อยสารมลพิษจากไอเสียและปริมาณการใช้เชื้อเพลิงของรถยนต์ที่ฐานช่วงความเร็ว 20-30 กิโลเมตรต่อชั่วโมง พบว่าการปลดปล่อยสารมลพิษที่ช่วงความเร็ว 30-40 กิโลเมตรต่อชั่วโมง มีสัดส่วนการลดลงของสารมลพิษ ดังนี้ แก๊สไฮโดรคาร์บอนลดลง 21 % แก๊สออกไซด์ของไนโตรเจนไม่แตกต่าง แก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ลดลง 29 % แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ลดลง 11 % ปริมาณการใช้เชื้อเพลิงลดลง 13 % และการปลดปล่อยสารมลพิษที่ช่วงความเร็ว 40-60 กิโลเมตรต่อชั่วโมง มีสัดส่วนการลดลงของสารมลพิษ ดังนี้ แก๊สไฮโดรคาร์บอนลดลง 47 % แก๊สออกไซด์ของไนโตรเจนลดลง 2 % แก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ลดลง 49 % แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ลดลง 22 % ปริมาณการใช้เชื้อเพลิงลดลง 22 % (รายละเอียดแสดงในตารางที่ 18)

4.2 ประเมินการปลดปล่อยสารมลพิษจากไอเสียและปริมาณการใช้เชื้อเพลิงของรถยนต์ขนาดเล็กที่ใช้เครื่องยนต์ดีเซล ถนนลาดพร้าว กรุงเทพมหานคร ในช่วงเวลา 07.00-19.00 น. ประจำปี พ.ศ. 2551 (รายละเอียดแสดงในตารางที่ 16 และภาพที่ 19) ดังนี้

4.2.1 การปลดปล่อยสารมลพิษจากไอเสียและปริมาณการใช้เชื้อเพลิงของรถยนต์ขนาดเล็กที่ใช้เครื่องยนต์ดีเซล ที่ช่วงความเร็วระหว่าง 20-30 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ความเร็วเฉลี่ย 23.1 กิโลเมตรต่อชั่วโมง มีผลการปลดปล่อยสารมลพิษ ดังนี้ แก๊สไฮโดรคาร์บอน 22 ตันต่อปี แก๊สออกไซด์ของไนโตรเจน 195 ตันต่อปี แก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ 101 ตันต่อปี แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ 36,088 ตันต่อปี สารมลพิษอนุภาค 13 ตันต่อปี และปริมาณการใช้เชื้อเพลิง 13,064 พันลิตรต่อปี

4.2.2 การปลดปล่อยสารมลพิษจากไอเสียและปริมาณการใช้เชื้อเพลิงของรถยนต์ขนาดเล็กที่ใช้เครื่องยนต์ดีเซล ที่ช่วงความเร็วระหว่าง 30-40 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ความเร็วเฉลี่ย 33.9 กิโลเมตรต่อชั่วโมง มีผลการปลดปล่อยสารมลพิษ ดังนี้ แก๊สไฮโดรคาร์บอน 12 ตันต่อปี แก๊สออกไซด์ของไนโตรเจน 133 ตันต่อปี แก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ 44 ตันต่อปี แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ 26,124 ตันต่อปี สารมลพิษอนุภาค 11 ตันต่อปี และปริมาณการใช้เชื้อเพลิง 9,845 พันลิตรต่อปี

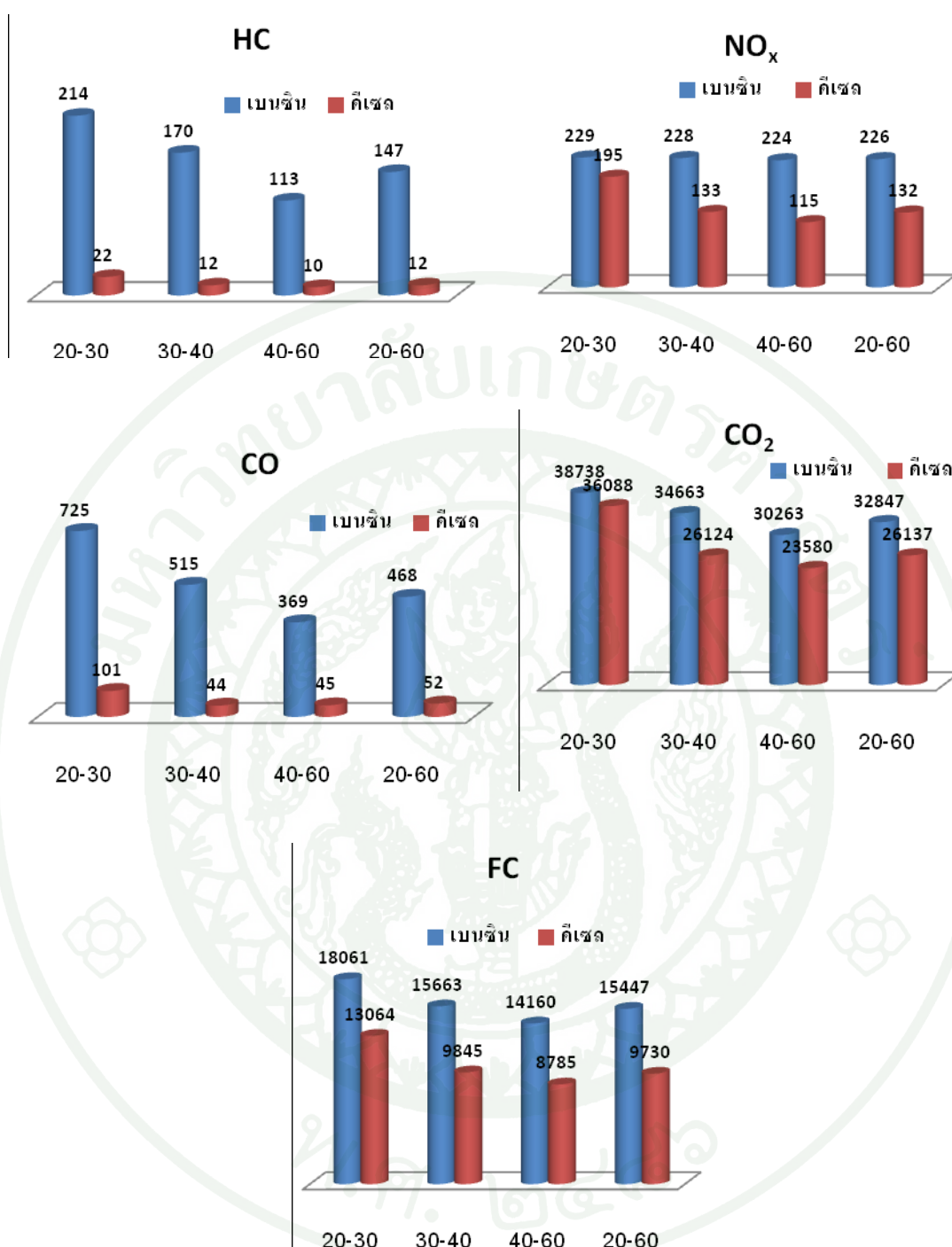
4.2.3 การปลดปล่อยสารมลพิษจากไอเสียและปริมาณการใช้เชื้อเพลิงของรถยนต์ขนาดเล็กที่ใช้เครื่องยนต์ดีเซล ที่ช่วงความเร็วระหว่าง 40-60 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ความเร็วเฉลี่ย 46.8 กิโลเมตรต่อชั่วโมง มีผลการปลดปล่อยสารมลพิษ ดังนี้ แก๊สไฮโดรคาร์บอน 10 ตันต่อปี แก๊สออกไซด์ของไนโตรเจน 115 ตันต่อปี แก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ 45 ตันต่อปี แก๊ส

การปล่อยไอเสีย 23,580 ตันต่อปี สารมลพิษอนุภาค 9 ตันต่อปี และปริมาณการใช้เชื้อเพลิง 8,785 พันลิตรต่อปี

4.2.4 การปลดปล่อยสารมลพิษจากไอเสียและปริมาณการใช้เชื้อเพลิงของรถยนต์ที่ใช้เครื่องยนต์เบนซิน ที่ช่วงความเร็วเฉลี่ยรวม 3 ช่วงความเร็ว ระหว่าง 20-60 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ความเร็วเฉลี่ย 35.3 กิโลเมตรต่อชั่วโมง มีผลการปลดปล่อยสารมลพิษ ดังนี้ แก๊สไฮโดรคาร์บอน 12 ตันต่อปี แก๊สออกไซด์ของไนโตรเจน 132 ตันต่อปี แก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ 52 ตันต่อปี แก๊สการปล่อยไอเสีย 26,137 ตันต่อปี สารมลพิษอนุภาค 10 ตันต่อปี และปริมาณการใช้เชื้อเพลิง 9,730 พันลิตรต่อปี

**ตารางที่ 16** ประเมินการปลดปล่อยสารมลพิษจากไอเสียและปริมาณการใช้เชื้อเพลิงของรถยนต์ขนาดเล็กที่ใช้เครื่องยนต์ดีเซล ที่ความเร็วเฉลี่ย 23.1, 33.9, 46.8 และเฉลี่ยรวม 3 ช่วงความเร็ว 35.3 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ถนนลาดพร้าว กรุงเทพมหานคร

| ความเร็วเฉลี่ย<br>(กิโลเมตรต่อชั่วโมง) | การปลดปล่อยสารมลพิษ (ตันต่อปี) |                 |     |                 |    | การใช้เชื้อเพลิง<br>(พันลิตรต่อปี) |
|----------------------------------------|--------------------------------|-----------------|-----|-----------------|----|------------------------------------|
|                                        | HC                             | NO <sub>x</sub> | CO  | CO <sub>2</sub> | PM |                                    |
| 23.1                                   | 22                             | 195             | 101 | 36,088          | 13 | 13,064                             |
| 33.9                                   | 12                             | 133             | 44  | 26,124          | 11 | 9,845                              |
| 46.8                                   | 10                             | 115             | 45  | 23,580          | 9  | 8,785                              |
| 35.3                                   | 12                             | 132             | 52  | 26,137          | 10 | 9,730                              |



ภาพที่ 19 กราฟแสดงเปรียบเทียบ Emission load และ Total fuel consumption  
รถยนต์ที่ใช้เครื่องยนต์เบนซินและรถยนต์ขนาดเล็กที่ใช้เครื่องยนต์ดีเซล

หมายเหตุ แกน Y สารมลพิษ HC, NO<sub>x</sub>, CO, CO<sub>2</sub> (ตันต่อปี) และ FC (พันลิตรต่อปี)

แกน X ช่วงความเร็วระหว่าง (กิโลเมตรต่อชั่วโมง)

รถยนต์ขนาดเล็กที่ใช้เครื่องยนต์ดีเซลประเมินการปลดปล่อยสารมลพิษจากไอเสียและปริมาณการใช้เชื้อเพลิงของรถยนต์ขนาดเล็กที่ใช้เครื่องยนต์ดีเซล ถนนลาดพร้าว จากข้อมูลการปลดปล่อยไอเสียรถยนต์ขนาดเล็กที่ใช้เครื่องยนต์ดีเซล พบว่าอัตราการปลดปล่อยสารมลพิษที่ความเร็วระหว่าง 20-30 กิโลเมตรต่อชั่วโมง มีอัตราการปลดปล่อยไอเสียในทุกสารมลพิษรวมทั้งปริมาณการใช้เชื้อเพลิง สูงกว่าทุกช่วงความเร็ว ทั้งนี้กรณีคิดที่ฐานช่วงความเร็ว 20-30 กิโลเมตรต่อชั่วโมง พบว่าการปลดปล่อยสารมลพิษที่ช่วงความเร็ว 30-40 กิโลเมตรต่อชั่วโมง มีสัดส่วนการลดลงของสารมลพิษ ดังนี้ แก๊สไฮโดรคาร์บอนลดลง 47 % แก๊สออกไซด์ของไนโตรเจน 32 % แก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ลดลง 56 % แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ลดลง 28 % สารมลพิษอนุภาคลดลง 14 % ปริมาณการใช้เชื้อเพลิงลดลง 25 % และการปลดปล่อยสารมลพิษที่ช่วงความเร็ว 40-60 กิโลเมตรต่อชั่วโมง มีสัดส่วนการลดลงของสารมลพิษ ดังนี้ แก๊สไฮโดรคาร์บอนลดลง 54 % แก๊สออกไซด์ของไนโตรเจนลดลง 41 % แก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ลดลง 55 % แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ลดลง 35 % สารมลพิษอนุภาคลดลง 28 % ปริมาณการใช้เชื้อเพลิงลดลง 33 %

4.3 ประเมินการปลดปล่อยสารมลพิษจากไอเสียและปริมาณการใช้เชื้อเพลิงของรถยนต์ที่ใช้เครื่องยนต์เบนซินและรถยนต์ขนาดเล็กที่ใช้เครื่องยนต์ดีเซล ถนนลาดพร้าว ในช่วงเวลา 07.00-19.00 น. ประจำปี พ.ศ. 2551 (รายละเอียดแสดงในตารางที่ 17) ดังนี้

4.3.1 การปลดปล่อยสารมลพิษจากไอเสียและปริมาณการใช้เชื้อเพลิงของรถยนต์ที่ใช้เครื่องยนต์เบนซินและรถยนต์ขนาดเล็กที่ใช้เครื่องยนต์ดีเซล ที่ช่วงความเร็วระหว่าง 20-30 กิโลเมตรต่อชั่วโมง มีผลการปลดปล่อยสารมลพิษ ดังนี้ แก๊สไฮโดรคาร์บอน 236 ตันต่อปี แก๊สออกไซด์ของไนโตรเจน 424 ตันต่อปี แก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ 826 ตันต่อปี แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ 74,826 ตันต่อปี สารมลพิษอนุภาค 13 ตันต่อปี (เฉพาะรถยนต์ขนาดเล็กที่ใช้เครื่องยนต์ดีเซล) และปริมาณการใช้เชื้อเพลิง 31,125 พันลิตรต่อปี

4.3.2 การปลดปล่อยสารมลพิษจากไอเสียและปริมาณการใช้เชื้อเพลิงของรถยนต์ที่ใช้เครื่องยนต์เบนซินและรถยนต์ขนาดเล็กที่ใช้เครื่องยนต์ดีเซล ที่ช่วงความเร็วระหว่าง 30-40 กิโลเมตรต่อชั่วโมง มีผลการปลดปล่อยสารมลพิษ ดังนี้ แก๊สไฮโดรคาร์บอน 181 ตันต่อปี แก๊สออกไซด์ของไนโตรเจน 361 ตันต่อปี แก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ 559 ตันต่อปี แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ 60,787 ตันต่อปี สารมลพิษอนุภาค 11 ตันต่อปี (เฉพาะรถยนต์ขนาดเล็กที่ใช้เครื่องยนต์ดีเซล) และปริมาณการใช้เชื้อเพลิง 25,508 พันลิตรต่อปี

4.3.3 การปลดปล่อยสารมลพิษจากไอเสียและปริมาณการใช้เชื้อเพลิงของรถยนต์ที่ใช้เครื่องยนต์เบนซินและรถยนต์ขนาดเล็กที่ใช้เครื่องยนต์ดีเซล ที่ช่วงความเร็วระหว่าง 40-60 กิโลเมตรต่อชั่วโมง มีผลการปลดปล่อยสารมลพิษ ดังนี้ แก๊สไฮโดรคาร์บอน 123 ตันต่อปี แก๊สออกไซด์ของไนโตรเจน 339 ตันต่อปี แก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ 414 ตันต่อปี แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ 53,843 ตันต่อปี สารมลพิษอนุภาค 9 ตันต่อปี (เฉพาะรถยนต์ขนาดเล็กที่ใช้เครื่องยนต์ดีเซล) และปริมาณการใช้เชื้อเพลิง 22,945 พันลิตรต่อปี

4.3.4 การปลดปล่อยสารมลพิษจากไอเสียและปริมาณการใช้เชื้อเพลิงของรถยนต์ที่ใช้เครื่องยนต์เบนซินและรถยนต์ขนาดเล็กที่ใช้เครื่องยนต์ดีเซล ที่ช่วงความเร็วเฉลี่ยรวม 3 ช่วงความเร็ว ระหว่าง 20-60 กิโลเมตรต่อชั่วโมง มีผลการปลดปล่อยสารมลพิษ ดังนี้ แก๊สไฮโดรคาร์บอน 159 ตันต่อปี แก๊สออกไซด์ของไนโตรเจน 358 ตันต่อปี แก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ 520 ตันต่อปี แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ 58,984 ตันต่อปี สารมลพิษอนุภาค 10 ตันต่อปี (เฉพาะรถยนต์ขนาดเล็กที่ใช้เครื่องยนต์ดีเซล) และปริมาณการใช้เชื้อเพลิง 25,206 พันลิตรต่อปี

**ตารางที่ 17** ประเมินการปลดปล่อยสารมลพิษจากไอเสียและปริมาณการใช้เชื้อเพลิงรวมของรถยนต์ที่ใช้เครื่องยนต์เบนซินและรถยนต์ขนาดเล็กที่ใช้เครื่องยนต์ดีเซล ถนนลาดพร้าว กรุงเทพมหานคร

| ความเร็ว<br>(กิโลเมตรต่อชั่วโมง) | การปลดปล่อยสารมลพิษ (ตันต่อปี) |                 |     |                 |    | การใช้เชื้อเพลิง<br>(พันลิตรต่อปี) |
|----------------------------------|--------------------------------|-----------------|-----|-----------------|----|------------------------------------|
|                                  | HC                             | NO <sub>x</sub> | CO  | CO <sub>2</sub> | PM |                                    |
| 20-30                            | 236                            | 424             | 826 | 74,826          | 13 | 31,125                             |
| 30-40                            | 181                            | 361             | 559 | 60,787          | 11 | 25,508                             |
| 40-60                            | 123                            | 339             | 414 | 53,843          | 9  | 22,945                             |
| 20-60                            | 159                            | 358             | 520 | 58,984          | 10 | 25,206                             |

**หมายเหตุ** PM เป็นการปลดปล่อยเฉพาะรถยนต์ที่ใช้เครื่องยนต์ดีเซลขนาดเล็ก

รถยนต์ที่ใช้เครื่องยนต์เบนซินและรถยนต์ขนาดเล็กที่ใช้เครื่องยนต์ดีเซล ประเมินการปลดปล่อยสารมลพิษจากไอเสียและปริมาณการใช้เชื้อเพลิงของรถยนต์ที่ใช้เครื่องยนต์เบนซินและรถยนต์ขนาดเล็กที่ใช้เครื่องยนต์ดีเซล ถนนลาดพร้าว จากข้อมูลการปลดปล่อยไอเสียรถยนต์ที่ใช้เครื่องยนต์เบนซินและรถยนต์ขนาดเล็กที่ใช้เครื่องยนต์ดีเซล พบว่าอัตราการปลดปล่อยสารมลพิษที่

ความเร็วระหว่าง 20-30 กิโลเมตรต่อชั่วโมง มีอัตราการปลดปล่อยไอเสียในทุกสารมลพิษรวมทั้งปริมาณการใช้เชื้อเพลิง สูงกว่าทุกช่วงความเร็ว ทั้งนี้กรณีคิดที่ฐานช่วงความเร็ว 20-30 กิโลเมตรต่อชั่วโมง พบว่าการปลดปล่อยสารมลพิษที่ช่วงความเร็ว 30-40 กิโลเมตรต่อชั่วโมง มีสัดส่วนการลดลงของสารมลพิษ ดังนี้ แก๊สไฮโดรคาร์บอนลดลง 23 % แก๊สออกไซด์ของไนโตรเจน 15 % แก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ลดลง 32 % แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ลดลง 19 % ปริมาณการใช้เชื้อเพลิงลดลง 18 % และการปลดปล่อยสารมลพิษที่ช่วงความเร็ว 40-60 กิโลเมตรต่อชั่วโมง มีสัดส่วนการลดลงของสารมลพิษ ดังนี้ แก๊สไฮโดรคาร์บอนลดลง 48 % แก๊สออกไซด์ของไนโตรเจน ลดลง 20 % แก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ลดลง 50 % แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ลดลง 28 % ปริมาณการใช้เชื้อเพลิงลดลง 26 % (รายละเอียดแสดงในตารางที่ 18)

**ตารางที่ 18** การเปรียบเทียบการปลดปล่อยสารมลพิษจากไอเสียและปริมาณการใช้เชื้อเพลิงของรถยนต์ที่ใช้เครื่องยนต์เบนซินและรถยนต์ขนาดเล็กที่ใช้เครื่องยนต์ดีเซล ถนนลาดพร้าว กรุงเทพมหานคร ที่ความเร็วต่างๆ

| เปรียบเทียบที่ความเร็ว<br>แตกต่างกัน                                 | ปริมาณการเปลี่ยนแปลง (%) |                 |     |                 |     |     |
|----------------------------------------------------------------------|--------------------------|-----------------|-----|-----------------|-----|-----|
|                                                                      | HC                       | NO <sub>x</sub> | CO  | CO <sub>2</sub> | PM  | FC  |
| รถยนต์ที่ใช้เครื่องยนต์เบนซิน                                        |                          |                 |     |                 |     |     |
| ความเร็ว 20-30 km/h เทียบกับ 30-40 km/h                              | -21                      | ~               | -29 | -11             | -   | -13 |
| ความเร็ว 20-30 km/h เทียบกับ 30-40 km/h                              | -47                      | -2              | -49 | -22             | -   | -22 |
| รถยนต์ขนาดเล็กที่ใช้เครื่องยนต์ดีเซล                                 |                          |                 |     |                 |     |     |
| ความเร็ว 20-30 km/h เทียบกับ 30-40 km/h                              | -47                      | -32             | -56 | -28             | -14 | -25 |
| ความเร็ว 20-30 km/h เทียบกับ 30-40 km/h                              | -54                      | -41             | -55 | -35             | -28 | -33 |
| รถยนต์ที่ใช้เครื่องยนต์เบนซินและรถยนต์ขนาดเล็กที่ใช้เครื่องยนต์ดีเซล |                          |                 |     |                 |     |     |
| ความเร็ว 20-30 km/h เทียบกับ 30-40 km/h                              | -23                      | -15             | -32 | -19             | -   | -18 |
| ความเร็ว 20-30 km/h เทียบกับ 30-40 km/h                              | -48                      | -20             | -50 | -28             | -   | -26 |

ปริมาณการปลดปล่อยสารมลพิษ ( Emission Load) ซึ่งใช้ถนนลาดพร้าวที่ใช้เป็นกรณีศึกษา จะทำให้ทราบปริมาณการปลดปล่อยสารมลพิษจากรถยนต์ทั้ง 2 ประเภท พบว่าเมื่อเปรียบเทียบต่อกันระหว่างรถยนต์ที่ใช้เครื่องยนต์เบนซินและรถยนต์ขนาดเล็กที่ใช้เครื่องยนต์ดีเซล ที่ช่วงความเร็วระหว่าง 20-30 กิโลเมตรต่อชั่วโมง พบว่ารถยนต์ที่ใช้เครื่องยนต์เบนซิน มีการปลดปล่อยสารมลพิษจากไอเสีย ได้แก่ HC และ CO มากกว่ารถยนต์ดีเซลขนาดเล็ก ส่วนสารมลพิษ NO<sub>x</sub> และ CO<sub>2</sub> มีการ

ปลดปล่อยน้อยกว่า สำหรับปริมาณการใช้เชื้อเพลิงรถยนต์เบนซินประหยัดเชื้อเพลิงมากกว่า ที่ช่วงความเร็ว 30-40 กิโลเมตรต่อชั่วโมง รถยนต์ที่ใช้เครื่องยนต์เบนซิน มีการปลดปล่อยสารมลพิษจากไอเสีย ได้แก่ HC และ CO มากกว่ารถยนต์ดีเซลขนาดเล็ก ส่วนสารมลพิษ  $\text{NO}_x$  มีระดับการปลดปล่อยที่ใกล้เคียงกัน และ  $\text{CO}_2$  มีการปลดปล่อยน้อยกว่า สำหรับปริมาณการใช้เชื้อเพลิงรถยนต์เบนซินประหยัดเชื้อเพลิงมากกว่า ที่ช่วงความเร็ว 40-60 กิโลเมตรต่อชั่วโมง รถยนต์ที่ใช้เครื่องยนต์เบนซิน มีการปลดปล่อยสารมลพิษจากไอเสีย ได้แก่ HC,  $\text{NO}_x$  และ CO มากกว่ารถยนต์ดีเซลขนาดเล็ก ส่วนสารมลพิษ  $\text{CO}_2$  มีการปลดปล่อยน้อยกว่า สำหรับปริมาณการใช้เชื้อเพลิงรถยนต์เบนซินประหยัดเชื้อเพลิงมากกว่า จากข้อมูลดังกล่าวในภาพรวมพบว่ารถยนต์เบนซินมีการปลดปล่อยสารมลพิษ HC และ CO มากกว่ารถยนต์ขนาดเล็กที่ใช้เครื่องยนต์ดีเซล แต่มีการปลดปล่อยสารมลพิษ  $\text{NO}_x$  และ  $\text{CO}_2$  ที่น้อยกว่ารถยนต์ขนาดเล็กที่ใช้เครื่องยนต์ดีเซล และรถยนต์ที่ใช้เครื่องยนต์เบนซินมีปริมาณการใช้เชื้อเพลิงที่น้อยกว่าด้วย

จากการประเมินการปลดปล่อยไอเสียจากรถยนต์ที่ใช้เครื่องยนต์เบนซินเปรียบเทียบกับรถยนต์ขนาดเล็กที่ใช้เครื่องยนต์ดีเซล พบว่าจากปริมาณการจราจรประจำปี พ.ศ. 2551 พบว่ารถยนต์ที่ใช้เครื่องยนต์เบนซินมีการปลดปล่อยไอเสียในทุกสารมลพิษที่ได้ทำการทดสอบรวมทั้งปริมาณการใช้เชื้อเพลิง ที่สูงกว่ารถยนต์ขนาดเล็กที่ใช้เครื่องยนต์ดีเซล สาเหตุเนื่องจากว่าปริมาณจำนวนรถยนต์ที่ใช้เครื่องยนต์เบนซินในถนนลาดพร้าวมีจำนวนมากกว่า 70 % นอกจากนี้ช่วงความเร็ว 20-30, 30-40 และ 40-60 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ที่ได้ทำการทดสอบพบว่าที่ช่วงความเร็ว 40-60 กิโลเมตรต่อชั่วโมง มีการปลดปล่อยสารมลพิษและปริมาณการใช้เชื้อเพลิงที่ต่ำกว่า ข้อมูลที่ได้ในครั้งนี้อาจมีส่วนสำคัญอย่างยิ่ง ในการใช้ประโยชน์เพื่อกำหนดแนวทางในการวางแผนมาตรการที่เหมาะสมในการป้องกันและควบคุมปัญหาสารมลพิษในอากาศจากรถยนต์ เพื่อประโยชน์ในการบริหารจัดการปัญหาสิ่งแวดล้อมอย่างบูรณาการและยั่งยืนเหมาะสมกับสถานการณ์ในปัจจุบัน และสถานการณ์ในอนาคตของพื้นที่ ทั้งนี้อาจรวมการคาดการณ์โดยใช้ข้อมูลด้านนโยบายการพลังงาน องค์ประกอบของเชื้อเพลิงที่เปลี่ยนแปลง และการเปลี่ยนแปลงของปริมาณการจราจรเป็นปัจจัยสำคัญในการคาดการณ์แหล่งกำเนิดสารมลพิษประเภทต่างๆ ได้

## สรุปและข้อเสนอแนะ

### สรุป

การศึกษาเพื่อจัดทำอัตราการระบายสารมลพิษจากไอเสียทางอากาศจากไอเสีย และ ปริมาณการใช้เชื้อเพลิง ที่ได้การศึกษาวิจัยในครั้งนี้ ได้ทำการทดสอบในห้องปฏิบัติการด้านยานยนต์ ทดสอบกับรถยนต์ที่ใช้งานจริงบนท้องถนน โดยเชื้อเพลิงที่ใช้เป็นไปตามเจ้าของรถยนต์ที่ใช้ อยู่เดิม ซึ่งเป็นเชื้อเพลิงที่จำหน่ายตามสถานบริการเชื้อเพลิง สำหรับเชื้อเพลิงที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้พบว่าจำหน่ายหลายชนิดเชื้อเพลิง โดยเฉพาะรถยนต์เบนซินมีเชื้อเพลิงจำหน่าย 8 ชนิดเชื้อเพลิง สำหรับการศึกษาเลือกใช้ทดสอบ 6 ชนิดเชื้อเพลิง ซึ่งครอบคลุมการใช้เชื้อเพลิงส่วนใหญ่ของรถยนต์เบนซิน สำหรับรถยนต์ดีเซลได้ทำการศึกษาครบทั้ง 2 เชื้อเพลิงที่จำหน่าย สำหรับรถยนต์ ตัวอย่างเลือกจากรถยนต์ที่มีอายุการใช้งานต่ำกว่า 15 ปี ซึ่งเป็นรถส่วนใหญ่ที่ใช้งานบนท้องถนน รถยนต์ที่ใช้เครื่องยนต์เบนซินได้เลือกขนาดความจุของกระบอกสูบเครื่องยนต์ระหว่าง 1,500-1,600 CC. เป็นหลัก เนื่องจากมีสัดส่วนการใช้งานมากที่สุด สำหรับรถยนต์ดีเซลขนาดเล็กได้เลือกขนาด ความจุกระบอกสูบ 2,500 CC. เป็นหลักเพื่อให้รถยนต์ตัวอย่างเป็นตัวแทนใกล้เคียงกับการใช้งานจริงบนท้องถนนมากที่สุด สำหรับวัฏจักรการขับขี่ยกรุงเทพมหานคร ที่ใช้ในการทดสอบเพื่อเก็บ ตัวอย่าง และช่วงความเร็วที่ทำการทดสอบประกอบด้วย ช่วงความเร็ว 20-30, 30-40 และ 40-60 กิโลเมตรต่อชั่วโมง และสามารถสรุปผลโดยรวมทุกช่วงความเร็วที่ได้ทำการทดสอบ ทั้ง 3 ช่วง ความเร็ว นำมาหาค่าเฉลี่ยเป็นช่วงความเร็วระหว่าง 20-60 กิโลเมตรต่อชั่วโมง เพิ่มเติมด้วย และ น่าจะครอบคลุมทุกช่วงความเร็วเนื่องจากสภาพการใช้งานจริงบนท้องถนนจะมีทั้งความเร็วต่ำ ตลอดความเร็วปานกลางถึงความเร็วสูง มีผลสรุป ดังนี้

1. รถยนต์ที่ใช้เครื่องยนต์เบนซิน อัตราการระบายสารมลพิษ (Emission factor) และ ปริมาณการใช้เชื้อเพลิง (Fuel consumption) โดยแยกตามชนิดของเชื้อเพลิง เมื่อทดสอบค่าทางสถิติ Analysis of Variance (ANOVA) พบว่าสารมลพิษ HC, NO<sub>x</sub> และ FC แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 0.01 CO<sub>2</sub> แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 0.05 และ CO ไม่ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 0.05 เหตุผลน่าจะมาจากปัจจัยต่างๆ ที่ เกี่ยวข้อง ดังนี้ รถยนต์ที่ใช้ทดสอบมีความแตกต่างกันของอายุการใช้งาน ระยะทางการใช้งาน การ เสื่อมสภาพของเครื่องยนต์ ปริมาตรความจุกระบอกสูบแตกต่างกัน ชนิดของเชื้อเพลิง เทคโนโลยีที่ ใช้ในรถยนต์ และการเสื่อมสภาพของอุปกรณ์จัดไอเสีย (Catalytic converter)

2. รดยณด้นนคเล้กที่ไ้เครื่องยณด้นดีเซล อัตราการระบายสารมลพิษ (Emission factor) และปริมาณการไ้เชื้อเพลิง (Fuel consumption) เมื่อทดสอบค่าทางสถิติ t-test (Independent samples test) พบว่าไ้ค่าความแตกต่างกันอย่งมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 0.05 ปัจจัยหลักน่าจะมาจากเชื้อเพลิงที่ไ้ทดสอบในส่วนของน้ำมันดีเซลหมุนเร็ว ตามประกาศกรมธุรกิจพลังงาน ระหว่างน้ำมันดีเซลหมุนเร็วธรรมดาจะมีน้ำมันไบโอดีเซลผสมอยู่ 1-2 % และน้ำมันดีเซลหมุนเร็วบี 5 จะมีน้ำมันไบโอดีเซลผสมอยู่ 4-5 % ถือได้ว่ามีความแตกต่างกันในปริมาณของน้ำมันไบโอดีเซลที่ผสมอยู่เพียงเล็กน้อย ดังนั้นอัตราการระบายสารมลพิษจากไอเสียและปริมาณการไ้เชื้อเพลิงที่ได้จึงมีค่าความแตกต่างกันเพียงเล็กน้อย

3. การเปรียบเทียบอัตราการระบายสารมลพิษจากไอเสีย และปริมาณการไ้เชื้อเพลิง จากรถยนต์ที่ไ้เครื่องยนต์เบนซินและรถยนต์ขนาดเล็กที่ไ้เครื่องยนต์ดีเซลต่อกัน จากการศึกษาพบว่า แก๊สไฮโดรคาร์บอน แก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ รถยนต์ที่ไ้เครื่องยนต์เบนซินมีส่วนการระบายที่สูงมากกว่ารถยนต์ขนาดเล็กที่ไ้เครื่องยนต์ดีเซล แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์รถยนต์ขนาดเล็กที่ไ้เครื่องยนต์ดีเซลมีส่วนการระบายที่สูงกว่ารถยนต์ที่ไ้เครื่องยนต์เบนซิน แก๊สออกไซด์ของไนโตรเจนของรถยนต์ทั้ง 2 ประเภทนี้มีส่วนการระบายที่ใกล้เคียงกัน และปริมาณการไ้เชื้อเพลิงเปรียบเทียบปริมาตรต่อลิตรพบว่ามีส่วนที่ไม่แตกต่างกันมากนัก รถยนต์ที่ไ้เครื่องยนต์เบนซินมีปริมาณการไ้เชื้อเพลิงต่ำกว่ารถยนต์ขนาดเล็กที่ไ้เครื่องยนต์ดีเซลเล็กน้อย

4. การประเมินการปลดปล่อยสารมลพิษจากไอเสียและปริมาณการไ้เชื้อเพลิง รถยนต์ที่ไ้เครื่องยนต์เบนซิน และรถยนต์ขนาดเล็กที่ไ้เครื่องยนต์ดีเซล โดยใช้ถนนลาดพร้าวเป็นเส้นทางทดสอบช่วงเวลา 07.00-19.00 น. พบว่าช่วงที่มีการปลดปล่อยสารมลพิษและปริมาณการไ้เชื้อเพลิงต่ำสุดเป็นช่วงความเร็ว ระหว่าง 40-60 กิโลเมตรต่อชั่วโมง และสูงสุดเป็นช่วงความเร็ว ระหว่าง 20-30 กิโลเมตรต่อชั่วโมง จากช่วงที่ทำการทดสอบทั้ง 3 ช่วง ได้แก่ 20-30, 30-40 และ 40-60 กิโลเมตรต่อชั่วโมง

5. การวิจัยครั้งนี้เป็นการจัดทำค่าอัตราการระบายสารมลพิษจากไอเสียทางอากาศ (EF) และอัตราการไ้เชื้อเพลิง (FC) ภายใต้เงื่อนไขจริง (Actual Condition) ข้อมูลดังกล่าวจะทำให้สามารถประเมินถึงระดับปริมาณสารมลพิษในอากาศ ที่ระบายจากแหล่งกำเนิดประเภทยานพาหนะได้อย่างถูกต้องเหมาะสม อันจะนำไปสู่การกำหนดแนวทาง นโยบาย และมาตรการในการควบคุมและลดปัญหาสารมลพิษในอากาศ โดยเฉพาะอย่างยิ่งจากแหล่งกำเนิดประเภทยานพาหนะได้อย่าง

เหมาะสมถูกต้อง ทั้งในสถานการณ์ปัจจุบันและการวางแผนบริหารจัดการด้านสารมลพิษในอากาศในอนาคต

### ข้อเสนอแนะ

1. การคัดเลือกรถยนต์ตัวอย่างเพื่อแบ่งกลุ่ม ควรเลือกตามมาตรฐานที่กำหนดในมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม เนื่องจากมีการกำหนดคุณภาพรถยนต์ทำให้บริษัทผู้ผลิตรถยนต์ทุกบริษัทที่จำหน่ายรถยนต์ในช่วงปีเดียวกันมีมาตรฐานเดียวกัน
2. ควรจัดทำฐานข้อมูลของยานพาหนะต่างๆ ที่มีความครอบคลุมจำนวนรถยนต์ที่ใช้งาน หรือตามการจดทะเบียน เช่น มาตรฐานของรถยนต์ ยี่ห้อ รุ่น อายุการใช้งาน เพื่อหาตัวแทนในแต่ละรุ่น เพื่อความเหมาะสมและมีความถูกต้องของข้อมูลมากที่สุด
3. ควรมีการจัดทำอัตราการระบายสารมลพิษจากไอเสีย ที่ครอบคลุมทุกช่วงความเร็วของการใช้งานให้มากที่สุดเพื่อประโยชน์ของการใช้ข้อมูล
4. ควรมีการศึกษาเพิ่มเติมในเชื้อเพลิงทางเลือกใหม่ในส่วนของ เชื้อเพลิงแก๊สธรรมชาติอัด (CNG) และน้ำมันแก๊สโซฮอล์อี 85
5. ควรมีการจัดทำอัตราการระบายสารมลพิษจากไอเสียในกลุ่มอื่นๆ ที่เกิดขึ้นกับรถยนต์ ที่มีผลกระทบต่อสุขภาพและสภาพแวดล้อม เช่น สารอินทรีย์ระเหยง่าย (VOC) ได้แก่ Toluene, Ethyl Benzene, Xylene, 1,3-Butadiene, Formaldehyde, Acetaldehyde
6. ควรมีการจัดทำอัตราการระบายสารมลพิษจากไอเสียที่เกิดกับรถยนต์ในส่วนของการระเหยที่เกิดจากเชื้อเพลิง (Evaporative emission) รวมทั้งการระเหยจากห้องเครื่องยนต์ (crank case) เพื่อครอบคลุมทุกแหล่งกำเนิดทั้งหมดของรถยนต์
7. ควรจัดทำอัตราการระบายสารมลพิษจากไอเสียและปริมาณการใช้เชื้อเพลิง ในยานยนต์อื่นๆ เช่น รถจักรยานยนต์ รถยนต์ขนาดใหญ่ที่ใช้เครื่องยนต์ดีเซล ฯ

## เอกสารและสิ่งอ้างอิง

กรมธุรกิจพลังงาน. 2547. ประกาศกรมธุรกิจพลังงาน เรื่อง กำหนดลักษณะและคุณภาพของ แก๊สปิโตรเลียมเหลว พ.ศ. 2547. 13 มกราคม 2547.

\_\_\_\_\_, \_\_\_\_\_. 2549. ประกาศกรมธุรกิจพลังงาน เรื่อง กำหนดลักษณะและคุณภาพของ น้ำมันเบนซิน พ.ศ. 2549. 29 ธันวาคม 2549.

\_\_\_\_\_, \_\_\_\_\_. 2550. ประกาศกรมธุรกิจพลังงาน เรื่อง กำหนดลักษณะและคุณภาพของ น้ำมันแก๊สโซฮอล์ พ.ศ. 2550. 22 พฤศจิกายน 2550.

\_\_\_\_\_, \_\_\_\_\_. 2550. ประกาศกรมธุรกิจพลังงาน เรื่อง กำหนดลักษณะและคุณภาพของ น้ำมันดีเซล พ.ศ. 2550. 27 ธันวาคม 2550.

\_\_\_\_\_, \_\_\_\_\_. 2551. สถิติการจัดหาและจำหน่ายน้ำมันเชื้อเพลิง 2551. แหล่งที่มา:  
<http://www.doeb.go.th/information/information.htm> 1 ธันวาคม 2551.

กรมพัฒนาพลังงานและอนุรักษ์พลังงานทดแทน. 2547. โครงการเมืองสะอาดอากาศบริสุทธิ์การวิจัย  
สถิติการผลิตและการใช้ไบโอดีเซลเป็นเชื้อเพลิงในรถยนต์รับจ้างสองแถวในจังหวัด  
เชียงใหม่. กระทรวงพลังงาน, กรุงเทพฯ.

กรมอนามัย. 2544. สรุปมาตรฐานคุณภาพอากาศในประเทศไทย. กระทรวงสาธารณสุข, กรุงเทพฯ.

ฝ่ายมลพิษทางอากาศจากยานพาหนะ กองจัดการคุณภาพอากาศและเสียง. 2538. มลพิษทางอากาศ  
จากรถยนต์. กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม,  
กรุงเทพฯ.

กองจัดการคุณภาพอากาศและเสียง. 2543. รายงานฉบับสมบูรณ์ การปรับปรุงฐานข้อมูล  
แหล่งกำเนิดมลพิษทางอากาศและประเมินผลกระทบต่อคุณภาพอากาศในเขต  
กรุงเทพมหานครและปริมณฑล. กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี  
และสิ่งแวดล้อม, กรุงเทพฯ.

ฝ่ายตรวจและบังคับการ กรมควบคุมมลพิษ. 2549. รวมกฎหมายสำหรับการปฏิบัติงานของพนักงาน  
เจ้าหน้าที่ ตามพระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ. 2535.  
พิมพ์ครั้งที่ 2 โรงพิมพ์องค์การสงเคราะห์ทหารผ่านศึกกรุงเทพฯ.

สำนักงานจราจรและขนส่ง. ม.ป.ป. สถิติจราจร ปี 2550. สำนักงานจราจรและขนส่ง  
กรุงเทพมหานคร, กรุงเทพฯ.

สำนักงานจัดการคุณภาพอากาศและเสียง. 2549. โครงการศึกษาผลกระทบทางด้านเศรษฐศาสตร์  
จากการใช้น้ำมันไบโอดีเซล. กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและ  
สิ่งแวดล้อม, กรุงเทพฯ.

\_\_\_\_\_, \_\_\_\_\_. 2550. สถานการณ์และการจัดการปัญหามลพิษทางอากาศและเสียง ปี 2548.  
กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, กรุงเทพฯ.

\_\_\_\_\_, \_\_\_\_\_. 2551. รายงานฉบับสมบูรณ์ โครงการตรวจวัดมลพิษทางอากาศจากรถยนต์  
ที่ใช้แก๊สโซฮอล์. กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม,  
กรุงเทพฯ.

\_\_\_\_\_, \_\_\_\_\_. 2551. สถานการณ์และการจัดการปัญหามลพิษทางอากาศและเสียง ปี 2549.  
กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, กรุงเทพฯ.

สำนักจัดการคุณภาพอากาศและเสียง. 2551. **สถานการณ์และการจัดการปัญหามลพิษทางอากาศและเสียง ปี 2550**. กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, กรุงเทพฯ.

\_\_\_\_\_, \_\_\_\_\_. 2552. **สถานการณ์และการจัดการปัญหามลพิษทางอากาศและเสียง ปี 2551**. กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, กรุงเทพฯ.

สำนักงานนโยบายและแผนการขนส่งและจราจร. 2551. **โครงการศึกษาความเหมาะสมในการดำเนินโครงการตามกลไกการพัฒนาที่สะอาด (Clean Development Mechanism) ในภาคคมนาคมและขนส่ง** กระทรวงคมนาคม, กรุงเทพฯ.

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. 2547. **มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม รถยนต์ขนาดเล็กที่ใช้เครื่องยนต์ดีเซล เฉพาะด้านความปลอดภัย : สารมลพิษจากเครื่องยนต์ ระดับที่ 6**. มอก. 2160-2546.

\_\_\_\_\_, \_\_\_\_\_. 2547. **มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม รถยนต์ที่ใช้เครื่องยนต์เบนซิน เฉพาะด้านความปลอดภัย : สารมลพิษจากเครื่องยนต์ ระดับที่ 7**. มอก. 2160-2546.

ณัฐชนก พาสะเอ็น, อธิพิล พ่ออามาตย์ และเทอดศักดิ์ เพชรเปล่งสี. 2549. **ขนาดของฝุ่นละอองจากไอเสียรถยนต์เครื่องยนต์ดีเซลในประเทศไทย. น. 73-74. ใน เอกสารประกอบการประชุมวิชาการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติครั้งที่ 5. สมาคมวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมแห่งประเทศไทย, กรุงเทพฯ.**

เทอดศักดิ์ เพชรเปล่งสี, อธิพิล พ่ออามาตย์ และณัฐชนก พาสะเอ็น. 2549. **เปรียบเทียบขนาดและปริมาณฝุ่นละอองจากไอเสียรถยนต์ดีเซลระหว่างเชื้อเพลิงประเภทไบโอดีเซลและน้ำมันดีเซล. น. 67-68. ใน เอกสารประกอบการประชุมวิชาการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติครั้งที่ 5. สมาคมวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมแห่งประเทศไทย, กรุงเทพฯ.**

นภาพร พานิช. 2547. **ตำราระบบบำบัดสารมลพิษอากาศ** ศูนย์บริการวิชาการแห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.

พจนีย์ ขุมมงคล. 2536. **สารมลพิษทางอากาศและวิธีควบคุม**. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, กรุงเทพฯ.

พูลพร แสงบางปลา. 2537. **ไอเสียจากเครื่องยนต์และการควบคุม**. พิมพ์ครั้งที่ 1 สำนักพิมพ์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.

วงศ์พันธ์ ลิ้มปเสนีย์, นิตยา มหาผล และธีระ เกรอต. 2543. **มลภาวะอากาศ**. พิมพ์ครั้งที่ 6 สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.

ห้องปฏิบัติการตรวจวัดมลพิษจากยานพาหนะ. ม.ป.ป. **เอกสารแนะนำห้องปฏิบัติการตรวจวัดมลพิษจากยานพาหนะ**. กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, กรุงเทพฯ.

อิทธิพล พ้ออมาตย์. 2549. การพัฒนาดัชนีระยะบายสารมลพิษของแหล่งกำเนิดประเภทเคลื่อนที่ได้ โดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์และการทดสอบสารมลพิษ. น. 79-80. ใน **เอกสารประกอบ การประชุมวิชาการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติครั้งที่ 5**. สมาคมวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมแห่งประเทศไทย, กรุงเทพฯ.

Durbin, T.D., D.R. Cocker III, A.A. Sawant and K. Johnson. 2007. Regulated emission from biodiesel fuels from on/off-road applications. **Atmospheric Environment** 41: 5647-5658.

Graham, L.A., G. Rideout, D. Rosenblatt and J. Hendren. 2008. Greenhouse gas emission from heavy-duty vehicles. **Atmospheric Environment** 42: 4665-4681.

Japan Transport Cooperation Association, 2004 **Summary of the CDM study report on F.Y. 2003**. Ministry of Land, Infrastructure and Transport.

Korbitz, W. 1999. Biodiesel Production in Euro and North America and Encouraging Prospect. **Renewable Energy** 16 (1999): 1078-1083.

Nevers, D Noel 1995 **Air Pollution Control Engineering** Mc Graw-Hill.

Singh, A., S. Gangopadhyay, P.K. Nanda, S. Bhattacharya, C. Sharma and C.Bhan. 2008. Trends of greenhouse gas emission from the road transport sector in India. **Science of the Total Environment** 390: 124-131.







## ภาคผนวก ก1

ตารางผนวกที่ ก1 ข้อมูลการทดสอบสารมลพิษและปริมาณการใช้เชื้อเพลิง รถยนต์ที่ใช้เครื่องยนต์เบนซิน ที่ความเร็วเฉลี่ย 23.4 กิโลเมตรต่อชั่วโมง

| ยี่ห้อ/รุ่น       | ระยะทาง<br>(km) | ปริมาตร<br>(CC) | เชื้อ<br>เพลิง | สารมลพิษ (g/km) |                 |        |                 | FC<br>(km/l) |
|-------------------|-----------------|-----------------|----------------|-----------------|-----------------|--------|-----------------|--------------|
|                   |                 |                 |                | HC              | NO <sub>x</sub> | CO     | CO <sub>2</sub> |              |
| HONDA/CIVIC       | 78128           | 1600            | 91             | 0.145           | 0.154           | 3.652  | 203.356         | 11.44        |
| NISSAN/SUNNY      | 97579           | 1600            | 91             | 0.04            | 0.309           | 0.548  | 173.597         | 13.73        |
| TOYOTA/VIOS       | 26133           | 1500            | 91             | 0.016           | 0.074           | 0.162  | 150.582         | 15.88        |
| TOYOTA/SOLUNA     | 89290           | 1500            | 91             | 0.676           | 1.956           | 3.571  | 174.977         | 13.11        |
| MITSUBISHI/LANCER | 147478          | 1500            | 91             | 2.234           | 1.803           | 9.742  | 182.803         | 11.68        |
| TOYOTA/COROLA     | 135650          | 1500            | 91             | 1.502           | 1.833           | 4.385  | 156.647         | 14.24        |
| TOYOTA/HIACE      | 277853          | 1998            | 91             | 3.176           | 1.544           | 24.238 | 162.303         | 10.98        |
| TOYOTA/VIOS       | 10333           | 1500            | 91             | 0.011           | 0.043           | 0.219  | 171.612         | 13.71        |
| NISSAN/CEFIRO     | 121711          | 2000            | 91             | 0.048           | 0.337           | 1.062  | 254.946         | 9.22         |
| HONDA/CIVIC       | 166730          | 1600            | 91             | 0.286           | 0.679           | 3.198  | 190.463         | 12.28        |
| TOYOTA/VIOS       | 131583          | 1496            | 91             | 0.41            | 0.46            | 2.272  | 140.849         | 16.55        |
| TOYOTA/VIOS       | 73674           | 1496            | 91             | 0.014           | 0.041           | 0.221  | 189.713         | 12.46        |
| TOYOTA/VIOS       | 14953           | 1496            | 91             | 0.003           | 0.038           | 0.016  | 182.86          | 12.95        |
| MITSUBISHI/LANCER | 201400          | 1500            | 95             | 0.166           | 0.641           | 1.751  | 195.978         | 12.03        |
| MITSUBISHI/GALANT | 140803          | 2000            | 95             | 1.251           | 2.618           | 9.657  | 203.891         | 10.75        |
| TOYOTA/LIMO       | 60854           | 1600            | 95             | 0.046           | 0.159           | 0.378  | 172.834         | 13.81        |
| TOYOTA/LIMO       | 85770           | 1600            | 95             | 0.031           | 0.321           | 0.289  | 173.444         | 13.77        |
| TOYOTA/ALTIS      | 155153          | 1600            | 95             | 0.158           | 0.244           | 1.566  | 178.47          | 12.89        |
| TOYOTA/ALTIS      | 4732            | 1600            | 95             | 0.023           | 0.118           | 1.272  | 197.95          | 11.7         |
| TOYOTA/HIACE      | 282578          | 1998            | 95             | 5.13            | 2.442           | 25.093 | 288.596         | 7.01         |
| NISSAN/CEFIRO     | 212509          | 2000            | 95             | 2.137           | 4.783           | 6.264  | 233.433         | 9.39         |
| NISSAN/SENTRA     | 102705          | 1600            | 95             | 1.076           | 2.92            | 18.267 | 232.597         | 8.87         |
| HONDA/CITY ZX     | 3537            | 1500            | 95             | 0.019           | 0.152           | 0.064  | 157.154         | 14.93        |
| TOYOTA/ALTIS      | 124252          | 1600            | 95             | 0.983           | 0.426           | 5.17   | 195.398         | 11.32        |
| TOYOTA/ALTIS      | 59178           | 1600            | 95             | 0.245           | 0.258           | 0.907  | 190.705         | 12.18        |
| MITSUBISHI/LANCER | 3578            | 1800            | 95             | 0.015           | 0.036           | 1.459  | 250.421         | 9.26         |
| BENZ/1.8          | 2511            | 1800            | 95             | 0.015           | 0.032           | 0.112  | 297.875         | 7.85         |

ตารางผนวกที่ ก1 (ต่อ)

| ยี่ห้อ/รุ่น       | ระยะทาง<br>(km) | ปริมาตร<br>(CC) | เชื้อ<br>เพลิง | สารมลพิษ (g/km) |                 |        |                 | FC<br>(km/l) |
|-------------------|-----------------|-----------------|----------------|-----------------|-----------------|--------|-----------------|--------------|
|                   |                 |                 |                | HC              | NO <sub>x</sub> | CO     | CO <sub>2</sub> |              |
| NISSAN/TIDA       | 11738           | 1800            | 95             | 0.049           | 0.045           | 0.335  | 228.447         | 8.11         |
| BMW/318           | 2212            | 1800            | 95             | 0.007           | 0.02            | 0.517  | 275.092         | 8.5          |
| NISSAN/CEFIRO     | 121666          | 2000            | 95             | 1.059           | 1.118           | 3.621  | 311.82          | 7.4          |
| TOYOTA/COROLA     | 242099          | 1600            | S91            | 2.417           | 2.211           | 13.95  | 158.21          | 12.76        |
| TOYOTA/SOLUNA     | 106498          | 1500            | S91            | 0.077           | 0.154           | 0.432  | 197.703         | 12.07        |
| NISSAN/CEFIRO     | 121604          | 2000            | S91            | 0.027           | 0.365           | 0.249  | 254.162         | 9.32         |
| TOYOTA/WISH       | 26608           | 1998            | S91            | 0.004           | 0.048           | 0.084  | 214.4           | 11.2         |
| TOYOTA/VIOS       | 9562            | 1496            | S91            | 0.007           | 0.021           | 0.061  | 168.188         | 14.28        |
| TOYOTA/VIOS       | 107950          | 1496            | S91            | 0.205           | 0.378           | 1.227  | 155.424         | 14.99        |
| TOYOTA/VIOS       | 7239            | 1496            | S91            | 0.001           | 0.026           | 0.072  | 179.289         | 13.39        |
| TOYOTA/ALTIS      | 52927           | 1600            | S95            | 0.065           | 0.167           | 0.81   | 185.214         | 12.75        |
| TOYOTA/LIMO       | 578885          | 1600            | S95            | 0.259           | 1.065           | 3.509  | 188.401         | 12.31        |
| NISSAN/PRIMERA    | 84000           | 2000            | S95            | 0.07            | 0.319           | 0.952  | 229.575         | 10.36        |
| ISUZU/TROPER      | 214264          | 3200            | S95            | 0.489           | 0.44            | 12.932 | 429.695         | 5.32         |
| TOYOTA/ALTIS      | 5311            | 1600            | S95            | 0.026           | 0.138           | 0.67   | 216.007         | 11.05        |
| TOYOTA/COROLLA    | 155078          | 1600            | S95            | 0.21            | 0.229           | 1.236  | 174.651         | 13.61        |
| TOYOTA/ALTIS      | 4835            | 1800            | S95            | 0.041           | 0.149           | 0.918  | 193.098         | 12.33        |
| TOYOTA/COROLA     | 155532          | 1600            | S95            | 0.156           | 0.164           | 0.875  | 173.057         | 13.79        |
| TOYOTA/HIACE      | 282323          | 1998            | S95            | 6.972           | 2.323           | 27.119 | 280.469         | 6.95         |
| NISSAN/CEFIRO     | 212266          | 2000            | S95            | 2.595           | 4.258           | 4.108  | 232.742         | 9.7          |
| NISSAN/SENTRA     | 102604          | 1600            | S95            | 1.077           | 3.257           | 14.141 | 235.274         | 9.2          |
| HONDA/CITY ZX     | 3378            | 1500            | S95            | 0.027           | 0.095           | 0.023  | 155.218         | 15.45        |
| TOYOTA/LIMO       | 58970           | 1600            | S95            | 0.013           | 0.133           | 0.245  | 180.957         | 13.23        |
| TOYOTA/LIMO       | 88995           | 1600            | S95            | 0.159           | 0.259           | 0.798  | 191.673         | 12.42        |
| TOYOTA/ALTIS      | 59069           | 1600            | S95            | 0.247           | 0.199           | 1.12   | 193.464         | 12.31        |
| MITSUBISHI/LANCER | 3473            | 1800            | S95            | 0.01            | 0.02            | 1.239  | 257.042         | 9.37         |
| BENZ/1.8          | 2354            | 1800            | S95            | 0.03            | 0.029           | 0.11   | 319.239         | 7.6          |
| NISSAN/TIDA       | 11602           | 1800            | S95            | 0.054           | 0.051           | 0.19   | 290.547         | 8.34         |
| BMW/318           | 2013            | 1800            | S95            | 0.026           | 0.016           | 0.828  | 304.568         | 7.87         |
| NISSAN/CEFIRO     | 121756          | 2000            | S95            | 0.995           | 1.22            | 3.431  | 330.016         | 6.85         |
| TOYOTA/VIOS       | 109950          | 1496            | S95            | 0.451           | 0.562           | 1.609  | 157.291         | 14.96        |

### ตารางผนวกที่ ก1 (ต่อ)

| ยี่ห้อ/รุ่น       | ระยะทาง<br>(km) | ปริมาตร<br>(CC) | เชื้อเพลิง | สารมลพิษ (g/km) |                 |        |                 | FC<br>(km/l) |
|-------------------|-----------------|-----------------|------------|-----------------|-----------------|--------|-----------------|--------------|
|                   |                 |                 |            | HC              | NO <sub>x</sub> | CO     | CO <sub>2</sub> |              |
| HONDA/CIVIC       | 172687          | 1600            | S95        | 0.129           | 0.332           | 1.416  | 192.964         | 12.33        |
| TOYOTA/VIOS       | 81350           | 1496            | S95        | 0.016           | 0.091           | 0.213  | 164.279         | 14.09        |
| HONDA/CIVIC       | 147652          | 1600            | E20        | 0.229           | 0.497           | 2.234  | 188.745         | 11.84        |
| HONDA/CIVIC       | 155733          | 1600            | E20        | 0.227           | 0.545           | 3.039  | 208.128         | 11.29        |
| TOYOTA/VIOS       | 112944          | 1496            | E20        | 0.502           | 0.436           | 2.709  | 159.855         | 14.56        |
| TOYOTA/VIOS       | 177771          | 1496            | E20        | 0.485           | 0.714           | 2.023  | 140.324         | 16.63        |
| TOYOTA/VIOS       | 122359          | 1496            | E20        | 0.545           | 0.542           | 1.752  | 129.975         | 17.94        |
| MITSUBISHI/LANCER | 574490          | 1600            | LPG        | 3.426           | 2.649           | 0.161  | 171.181         | 8.94         |
| TOYOTA/COROLA     | 416097          | 1600            | LPG        | 4.164           | 2.435           | 4.399  | 165.09          | 8.81         |
| MITSUBISHI/LANCER | 550003          | 1600            | LPG        | 0.848           | 1.824           | 4.89   | 185.952         | 8.29         |
| TOYOTA/COROLA     | 633908          | 1600            | LPG        | 1.706           | 2.789           | 10.295 | 140.901         | 10.02        |
| TOYOTA/COROLA     | 948045          | 1600            | LPG        | 2.897           | 2.691           | 1.228  | 149.747         | 10.13        |
| TOYOTA/COROLA     | 484977          | 1600            | LPG        | 4.264           | 2.138           | 11.034 | 152.05          | 8.92         |
| TOYOTA/COROLA     | 12399           | 1600            | LPG        | 2.047           | 2.661           | 6.497  | 159.089         | 9.27         |
| TOYOTA/ALTIS      | 487819          | 1600            | LPG        | 1.651           | 2.094           | 2.478  | 158.635         | 9.71         |
| MITSUBISHI/LANCER | 402749          | 1600            | LPG        | 1.479           | 1.479           | 0.019  | 162.659         | 9.73         |
| NISSAN/SENTRA     | 250957          | 1600            | LPG        | 1.735           | 2.055           | 1.169  | 152.788         | 10.17        |
| TOYOTA/ALTIS      | 278781          | 1600            | LPG        | 0.214           | 2.026           | 2.068  | 162.562         | 9.71         |

|             |   |                             |
|-------------|---|-----------------------------|
| หมายเหตุ 91 | = | น้ำมันเบนซินออกเทน 91       |
| 95          | = | น้ำมันเบนซินออกเทน 95       |
| S91         | = | น้ำมันเบนซินอี 10 ออกเทน 91 |
| S95         | = | น้ำมันเบนซินอี 10 ออกเทน 95 |
| E20         | = | น้ำมันเบนซินอี 20 ออกเทน 95 |
| LPG         | = | แก๊สปิโตรเลียมเหลว          |

## ภาคผนวก ก2

ตารางผนวกที่ ก2 ข้อมูลการทดสอบสารมลพิษและปริมาณการใช้เชื้อเพลิง รถยนต์ที่ใช้เครื่องยนต์เบนซิน ที่ความเร็วเฉลี่ย 33.2 กิโลเมตรต่อชั่วโมง

| ยี่ห้อ/รุ่น       | ระยะทาง<br>(km) | ปริมาตร<br>(CC) | เชื้อ<br>เพลิง | สารมลพิษ (g/km) |                 |        |                 | FC<br>(km/l) |
|-------------------|-----------------|-----------------|----------------|-----------------|-----------------|--------|-----------------|--------------|
|                   |                 |                 |                | HC              | NO <sub>x</sub> | CO     | CO <sub>2</sub> |              |
| HONDA/CIVIC       | 78128           | 1600            | 91             | 0.080           | 0.061           | 1.458  | 153.029         | 15.400       |
| NISSAN/SUNNY      | 97579           | 1600            | 91             | 0.019           | 0.246           | 0.217  | 150.366         | 15.900       |
| TOYOTA/VIOS       | 26133           | 1500            | 91             | 0.011           | 0.011           | 0.246  | 132.489         | 18.030       |
| TOYOTA/SOLUNA     | 89290           | 1500            | 91             | 0.126           | 0.986           | 1.515  | 160.278         | 14.700       |
| MITSUBISHI/LANCER | 147478          | 1500            | 91             | 1.586           | 1.838           | 8.516  | 160.403         | 13.400       |
| TOYOTA/COROLA     | 135650          | 1500            | 91             | 0.195           | 0.988           | 1.749  | 143.326         | 16.340       |
| TOYOTA/HIACE      | 277853          | 1998            | 91             | 5.038           | 4.094           | 18.289 | 237.370         | 8.190        |
| TOYOTA/VIOS       | 10333           | 1500            | 91             | 0.010           | 0.033           | 0.427  | 152.956         | 15.410       |
| NISSAN/CEFIRO     | 121711          | 2000            | 91             | 0.048           | 0.193           | 1.134  | 233.054         | 10.080       |
| HONDA/CIVIC       | 166730          | 1600            | 91             | 0.015           | 0.272           | 1.148  | 169.646         | 14.070       |
| TOYOTA/VIOS       | 131583          | 1496            | 91             | 0.023           | 0.127           | 0.768  | 125.012         | 19.100       |
| TOYOTA/VIOS       | 73674           | 1496            | 91             | 0.019           | 0.044           | 0.512  | 169.984         | 13.860       |
| TOYOTA/VIOS       | 14953           | 1496            | 91             | 0.013           | 0.012           | 0.250  | 157.934         | 14.950       |
| MITSUBISHI/LANCER | 201400          | 1500            | 95             | 0.076           | 0.531           | 0.971  | 171.679         | 13.820       |
| MITSUBISHI/GALANT | 140803          | 2000            | 95             | 1.405           | 2.993           | 9.181  | 183.062         | 11.870       |
| TOYOTA/LIMO       | 60854           | 1600            | 95             | 0.028           | 0.065           | 0.369  | 152.347         | 15.660       |
| TOYOTA/LIMO       | 85770           | 1600            | 95             | 0.019           | 0.170           | 0.096  | 159.085         | 15.040       |
| TOYOTA/ALTIS      | 155153          | 1600            | 95             | 0.046           | 0.158           | 0.833  | 155.998         | 14.860       |
| TOYOTA/ALTIS      | 4732            | 1600            | 95             | 0.060           | 0.137           | 1.853  | 183.900         | 12.510       |
| TOYOTA/HIACE      | 282578          | 1998            | 95             | 3.760           | 2.557           | 19.302 | 281.995         | 7.440        |
| NISSAN/CEFIRO     | 212509          | 2000            | 95             | 1.850           | 5.060           | 4.568  | 211.537         | 10.460       |
| NISSAN/SENTRA     | 102705          | 1600            | 95             | 0.904           | 3.025           | 14.461 | 206.424         | 10.120       |
| HONDA/CITY ZX     | 3537            | 1500            | 95             | 0.018           | 0.040           | 0.043  | 137.394         | 17.080       |
| TOYOTA/ALTIS      | 124252          | 1600            | 95             | 0.820           | 0.269           | 5.363  | 166.381         | 13.190       |
| TOYOTA/ALTIS      | 59178           | 1600            | 95             | 0.221           | 0.298           | 0.817  | 174.112         | 13.340       |
| MITSUBISHI/LANCER | 3578            | 1800            | 95             | 0.009           | 0.008           | 0.781  | 180.420         | 12.880       |
| BENZ/1.8          | 2511            | 1800            | 95             | 0.026           | 0.018           | 0.317  | 217.890         | 10.710       |

### ตารางผนวกที่ ก2 (ต่อ)

| ยี่ห้อ/รุ่น       | ระยะทาง<br>(km) | ปริมาตร<br>(CC) | เชื้อ<br>เพลิง | สารมลพิษ (g/km) |                 |        |                 | FC<br>(km/l) |
|-------------------|-----------------|-----------------|----------------|-----------------|-----------------|--------|-----------------|--------------|
|                   |                 |                 |                | HC              | NO <sub>x</sub> | CO     | CO <sub>2</sub> |              |
| NISSAN/TIDA       | 11738           | 1800            | 95             | 0.028           | 0.058           | 0.056  | 181.037         | 12.940       |
| BMW/318           | 2212            | 1800            | 95             | 0.009           | 0.039           | 0.500  | 194.374         | 12.020       |
| NISSAN/CEFIRO     | 121666          | 2000            | 95             | 0.033           | 0.116           | 0.609  | 241.081         | 9.810        |
| TOYOTA/COROLA     | 242099          | 1600            | S91            | 2.099           | 2.534           | 13.763 | 145.981         | 13.750       |
| TOYOTA/SOLUNA/5A  | 106498          | 1500            | S91            | 0.035           | 0.108           | 0.216  | 178.127         | 13.420       |
| NISSAN/CEFIRO     | 121604          | 2000            | S91            | 0.018           | 0.018           | 0.238  | 229.795         | 10.310       |
| TOYOTA/WISH       | 26608           | 1998            | S91            | 0.002           | 0.027           | 0.051  | 191.621         | 12.530       |
| TOYOTA/VIOS       | 9562            | 1496            | S91            | 0.005           | 0.017           | 0.341  | 152.964         | 15.650       |
| TOYOTA/VIOS       | 107950          | 1496            | S91            | 0.015           | 0.071           | 0.531  | 127.824         | 18.400       |
| TOYOTA/VIOS       | 7239            | 1496            | S91            | 0.001           | 0.012           | 0.056  | 155.468         | 15.450       |
| TOYOTA/ALTIS      | 52927           | 1600            | S95            | 0.219           | 0.432           | 3.034  | 582.020         | 13.840       |
| TOYOTA/LIMO       | 578885          | 1600            | S95            | 0.210           | 1.174           | 2.243  | 172.569         | 13.560       |
| NISSAN/PRIMERA    | 84000           | 2000            | S95            | 0.036           | 0.232           | 0.319  | 208.201         | 11.480       |
| ISUZU/TROPER      | 214264          | 3200            | S95            | 0.104           | 0.396           | 4.539  | 299.844         | 7.820        |
| TOYOTA/ALTIS      | 5311            | 1600            | S95            | 0.100           | 0.109           | 2.447  | 199.084         | 11.810       |
| TOYOTA/COROLLA    | 155078          | 1600            | S95            | 0.059           | 0.092           | 0.520  | 162.987         | 14.710       |
| TOYOTA/ALTIS      | 4835            | 1800            | S95            | 0.021           | 0.095           | 0.519  | 172.842         | 13.810       |
| TOYOTA/COROLA     | 155532          | 1600            | S95            | 0.019           | 0.087           | 0.350  | 151.964         | 15.810       |
| TOYOTA/HIACE      | 282323          | 1998            | S95            | 6.278           | 2.405           | 25.707 | 266.755         | 7.340        |
| NISSAN/CEFIRO     | 212266          | 2000            | S95            | 2.106           | 4.443           | 2.977  | 205.995         | 11.040       |
| NISSAN/SENTRA     | 102604          | 1600            | S95            | 0.862           | 3.186           | 11.457 | 206.198         | 10.570       |
| HONDA/CITY ZX     | 3378            | 1500            | S95            | 0.024           | 0.042           | 0.064  | 141.253         | 16.970       |
| TOYOTA/LIMO       | 58970           | 1600            | S95            | 0.021           | 0.252           | 0.430  | 158.743         | 15.050       |
| TOYOTA/LIMO       | 88995           | 1600            | S95            | 0.181           | 0.427           | 0.671  | 180.538         | 13.190       |
| TOYOTA/ALTIS      | 59069           | 1600            | S95            | 0.159           | 0.389           | 0.841  | 172.644         | 13.830       |
| MITSUBISHI/LANCER | 3473            | 1800            | S95            | 0.007           | 0.014           | 0.619  | 179.105         | 13.480       |
| BENZ/1.8          | 2354            | 1800            | S95            | 0.022           | 0.013           | 0.102  | 217.949         | 11.130       |
| NISSAN/TIDA       | 11602           | 1800            | S95            | 0.021           | 0.036           | 0.071  | 180.913         | 13.410       |
| BMW/318           | 2013            | 1800            | S95            | 0.014           | 0.022           | 0.954  | 225.144         | 10.630       |
| NISSAN/CEFIRO     | 121756          | 2000            | S95            | 0.036           | 0.257           | 0.374  | 255.350         | 9.060        |
| TOYOTA/VIOS       | 109950          | 1496            | S95            | 0.011           | 0.092           | 0.277  | 134.157         | 17.920       |

## ตารางผนวกที่ ก2 (ต่อ)

| ยี่ห้อ/รุ่น       | ระยะทาง<br>(km) | ปริมาตร<br>(CC) | เชื้อเพลิง | สารมลพิษ (g/km) |                 |       |                 | FC<br>(km/l) |
|-------------------|-----------------|-----------------|------------|-----------------|-----------------|-------|-----------------|--------------|
|                   |                 |                 |            | HC              | NO <sub>x</sub> | CO    | CO <sub>2</sub> |              |
| HONDA/CIVIC       | 172687          | 1600            | S95        | 0.006           | 0.079           | 0.438 | 168.436         | 14.260       |
| TOYOTA/VIOS       | 81350           | 1496            | S95        | 0.013           | 0.063           | 0.408 | 150.780         | 15.320       |
| HONDA/CIVIC       | 147652          | 1600            | E20        | 0.006           | 0.118           | 0.530 | 164.895         | 13.790       |
| HONDA/CIVIC       | 155733          | 1600            | E20        | 0.006           | 0.215           | 0.744 | 173.499         | 13.810       |
| TOYOTA/VIOS       | 112944          | 1496            | E20        | 0.014           | 0.132           | 0.499 | 134.389         | 17.840       |
| TOYOTA/VIOS       | 177771          | 1496            | E20        | 0.028           | 0.129           | 0.695 | 123.955         | 19.280       |
| TOYOTA/VIOS       | 122359          | 1496            | E20        | 0.020           | 0.156           | 0.575 | 117.114         | 20.430       |
| MITSUBISHI/LANCER | 574490          | 1600            | LPG        | 2.295           | 2.530           | 0.153 | 145.211         | 10.670       |
| TOYOTA/COROLA     | 416097          | 1600            | LPG        | 3.701           | 2.376           | 4.365 | 139.549         | 10.320       |
| MITSUBISHI/LANCER | 550003          | 1600            | LPG        | 0.600           | 2.437           | 1.989 | 158.686         | 9.940        |
| TOYOTA/COROLA     | 633908          | 1600            | LPG        | 1.160           | 2.919           | 4.793 | 127.835         | 11.710       |
| TOYOTA/COROLA     | 948045          | 1600            | LPG        | 2.581           | 2.691           | 1.042 | 132.967         | 11.420       |
| TOYOTA/COROLA     | 484977          | 1600            | LPG        | 3.023           | 2.403           | 7.208 | 135.193         | 10.450       |
| TOYOTA/COROLA     | 12399           | 1600            | LPG        | 1.855           | 2.913           | 4.499 | 143.907         | 10.380       |
| TOYOTA/ALTIS      | 487819          | 1600            | LPG        | 1.310           | 2.581           | 1.552 | 144.824         | 10.750       |
| MITSUBISHI/LANCER | 402749          | 1600            | LPG        | 0.973           | 1.305           | 0.028 | 144.231         | 11.050       |
| NISSAN/SENTRA     | 250957          | 1600            | LPG        | 1.711           | 1.339           | 0.907 | 131.038         | 11.810       |
| TOYOTA/ALTIS      | 278781          | 1600            | LPG        | 0.148           | 2.438           | 0.801 | 146.248         | 10.990       |

|             |   |                             |
|-------------|---|-----------------------------|
| หมายเหตุ 91 | = | น้ำมันเบนซินออกเทน 91       |
| 95          | = | น้ำมันเบนซินออกเทน 95       |
| S91         | = | น้ำมันเบนซินอี 10 ออกเทน 91 |
| S95         | = | น้ำมันเบนซินอี 10 ออกเทน 95 |
| E20         | = | น้ำมันเบนซินอี 20 ออกเทน 95 |
| LPG         | = | แก๊สปิโตรเลียมเหลว          |

## ภาคผนวก ก3

ตารางผนวกที่ ก3 ข้อมูลการทดสอบสารมลพิษและปริมาณการใช้เชื้อเพลิง รถยนต์ที่ใช้เครื่องยนต์เบนซิน ที่ความเร็วเฉลี่ย 42.9 กิโลเมตรต่อชั่วโมง

| ยี่ห้อ/รุ่น       | ระยะทาง<br>(km) | ปริมาตร<br>(CC) | เชื้อ<br>เพลิง | สารมลพิษ (g/km) |                 |        |                 | FC<br>(km/l) |
|-------------------|-----------------|-----------------|----------------|-----------------|-----------------|--------|-----------------|--------------|
|                   |                 |                 |                | HC              | NO <sub>x</sub> | CO     | CO <sub>2</sub> |              |
| HONDA/CIVIC       | 78128           | 1600            | 91             | 0.159           | 0.166           | 5.935  | 160.147         | 14.100       |
| NISSAN/SUNNY      | 97579           | 1600            | 91             | 0.017           | 0.339           | 0.335  | 151.843         | 15.720       |
| TOYOTA/VIOS       | 26133           | 1500            | 91             | 0.016           | 0.150           | 0.099  | 128.825         | 18.570       |
| TOYOTA/SOLUNA     | 89290           | 1500            | 91             | 0.104           | 0.999           | 1.642  | 151.491         | 15.520       |
| MITSUBISHI/LANCER | 147478          | 1500            | 91             | 1.631           | 1.777           | 10.319 | 146.403         | 14.280       |
| TOYOTA/COROLA     | 135650          | 1500            | 91             | 0.146           | 0.950           | 1.943  | 142.195         | 16.450       |
| TOYOTA/HIACE      | 277853          | 1998            | 91             | 0.687           | 3.301           | 3.988  | 211.981         | 10.480       |
| TOYOTA/VIOS       | 10333           | 1500            | 91             | 0.020           | 0.042           | 0.556  | 146.601         | 16.050       |
| NISSAN/CEFIRO     | 121711          | 2000            | 91             | 0.103           | 0.623           | 1.735  | 222.963         | 10.480       |
| HONDA/CIVIC       | 166730          | 1600            | 91             | 0.013           | 0.369           | 1.460  | 160.345         | 14.830       |
| TOYOTA/VIOS       | 131583          | 1496            | 91             | 0.036           | 0.149           | 0.844  | 117.830         | 20.230       |
| TOYOTA/VIOS       | 73674           | 1496            | 91             | 0.028           | 0.066           | 0.732  | 166.941         | 14.080       |
| TOYOTA/VIOS       | 14953           | 1496            | 91             | 0.018           | 0.014           | 0.240  | 148.179         | 15.930       |
| MITSUBISHI/LANCER | 201400          | 1500            | 95             | 0.098           | 0.776           | 1.863  | 173.887         | 13.530       |
| MITSUBISHI/GALANT | 140803          | 2000            | 95             | 1.031           | 2.714           | 11.504 | 170.850         | 12.470       |
| TOYOTA/LIMO       | 60854           | 1600            | 95             | 0.032           | 0.122           | 0.471  | 148.917         | 16.000       |
| TOYOTA/LIMO       | 85770           | 1600            | 95             | 0.024           | 0.209           | 0.365  | 144.429         | 16.520       |
| TOYOTA/ALTIS      | 155153          | 1600            | 95             | 0.012           | 0.056           | 0.256  | 163.132         | 17.130       |
| TOYOTA/ALTIS      | 4732            | 1600            | 95             | 0.028           | 0.054           | 0.641  | 141.573         | 16.400       |
| TOYOTA/HIACE      | 282578          | 1998            | 95             | 0.826           | 3.025           | 9.030  | 234.220         | 9.610        |
| NISSAN/CEFIRO     | 212509          | 2000            | 95             | 1.123           | 5.171           | 2.174  | 186.268         | 12.150       |
| NISSAN/SENTRA     | 102705          | 1600            | 95             | 0.571           | 2.185           | 9.368  | 141.778         | 14.840       |
| HONDA/CITY ZX     | 3537            | 1500            | 95             | 0.014           | 0.007           | 0.088  | 124.482         | 18.840       |
| TOYOTA/ALTIS      | 124252          | 1600            | 95             | 0.078           | 0.068           | 0.814  | 141.172         | 16.390       |
| TOYOTA/ALTIS      | 59178           | 1600            | 95             | 0.032           | 0.080           | 0.205  | 140.505         | 16.670       |
| MITSUBISHI/LANCER | 3578            | 1800            | 95             | 0.006           | 0.006           | 0.743  | 136.826         | 16.950       |
| BENZ/1.8          | 2511            | 1800            | 95             | 0.018           | 0.021           | 0.200  | 147.893         | 15.780       |

### ตารางผนวกที่ ก3 (ต่อ)

| ยี่ห้อ/รุ่น       | ระยะทาง<br>(km) | ปริมาตร<br>(CC) | เชื้อเพลิง | สารมลพิษ (g/km) |                 |        |                 | FC<br>(km/l) |
|-------------------|-----------------|-----------------|------------|-----------------|-----------------|--------|-----------------|--------------|
|                   |                 |                 |            | HC              | NO <sub>x</sub> | CO     | CO <sub>2</sub> |              |
| NISSAN/TIDA       | 11738           | 1800            | 95         | 0.016           | 0.008           | 0.449  | 127.784         | 18.250       |
| BMW/318           | 2212            | 1800            | 95         | 0.011           | 0.008           | 0.324  | 140.971         | 16.580       |
| NISSAN/CEFIRO     | 121666          | 2000            | 95         | 0.041           | 0.206           | 0.579  | 216.334         | 10.920       |
| TOYOTA/COROLA     | 242099          | 1600            | S91        | 2.106           | 2.129           | 16.016 | 129.384         | 14.860       |
| TOYOTA/SOLUNA/5A  | 106498          | 1500            | S91        | 0.039           | 0.137           | 0.455  | 171.714         | 13.880       |
| NISSAN/CEFIRO     | 121604          | 2000            | S91        | 0.031           | 0.311           | 0.557  | 213.634         | 11.060       |
| TOYOTA/WISH       | 26608           | 1998            | S91        | 0.003           | 0.063           | 0.049  | 183.657         | 13.080       |
| TOYOTA/VIOS       | 9562            | 1496            | S91        | 0.010           | 0.018           | 0.262  | 145.504         | 16.460       |
| TOYOTA/VIOS       | 107950          | 1496            | S91        | 0.020           | 0.074           | 0.694  | 123.336         | 19.020       |
| TOYOTA/VIOS       | 7239            | 1496            | S91        | 0.013           | 0.028           | 0.134  | 151.247         | 15.870       |
| TOYOTA/ALTIS      | 52927           | 1600            | S95        | 0.059           | 0.313           | 0.706  | 186.539         | 14.020       |
| TOYOTA/LIMO       | 578885          | 1600            | S95        | 0.189           | 1.073           | 2.201  | 155.373         | 15.030       |
| NISSAN/PRIMERA    | 84000           | 2000            | S95        | 0.037           | 0.253           | 0.326  | 193.748         | 12.330       |
| ISUZU/TROPER      | 214264          | 3200            | S95        | 0.043           | 0.153           | 1.793  | 221.219         | 10.720       |
| TOYOTA/ALTIS      | 5311            | 1600            | S95        | 0.175           | 0.293           | 5.577  | 197.716         | 11.590       |
| TOYOTA/COROLLA    | 155078          | 1600            | S95        | 0.016           | 0.107           | 0.390  | 142.195         | 16.890       |
| TOYOTA/ALTIS      | 4835            | 1800            | S95        | 0.013           | 0.038           | 0.183  | 136.876         | 17.490       |
| TOYOTA/COROLA     | 155532          | 1600            | S95        | 0.009           | 0.045           | 0.242  | 143.013         | 16.820       |
| TOYOTA/HIACE      | 282323          | 1998            | S95        | 0.741           | 2.950           | 6.365  | 239.131         | 9.540        |
| NISSAN/CEFIRO     | 212266          | 2000            | S95        | 1.095           | 4.786           | 1.372  | 183.850         | 12.660       |
| NISSAN/SENTRA     | 102604          | 1600            | S95        | 0.552           | 2.311           | 7.209  | 145.413         | 15.140       |
| HONDA/CITY ZX     | 3378            | 1500            | S95        | 0.010           | 0.010           | 0.090  | 123.984         | 19.330       |
| TOYOTA/LIMO       | 58970           | 1600            | S95        | 0.006           | 0.137           | 0.080  | 137.157         | 17.480       |
| TOYOTA/LIMO       | 88995           | 1600            | S95        | 0.032           | 0.142           | 0.144  | 136.312         | 17.590       |
| TOYOTA/ALTIS      | 59069           | 1600            | S95        | 0.021           | 0.150           | 0.115  | 141.527         | 17.020       |
| MITSUBISHI/LANCER | 3473            | 1800            | S95        | 0.005           | 0.001           | 0.517  | 138.400         | 17.440       |
| BENZ/1.8          | 2354            | 1800            | S95        | 0.015           | 0.017           | 0.092  | 154.234         | 15.720       |
| NISSAN/TIDA       | 11602           | 1800            | S95        | 0.013           | 0.005           | 0.281  | 138.382         | 17.490       |
| BMW/318           | 2013            | 1800            | S95        | 0.003           | 0.005           | 0.298  | 157.397         | 15.260       |
| NISSAN/CEFIRO     | 121756          | 2000            | S95        | 0.032           | 0.487           | 0.667  | 227.056         | 8.340        |
| TOYOTA/VIOS       | 109950          | 1496            | S95        | 0.012           | 0.082           | 0.329  | 124.700         | 19.260       |

### ตารางผนวกที่ ก3 (ต่อ)

| ยี่ห้อ/รุ่น       | ระยะทาง<br>(km) | ปริมาตร<br>(CC) | เชื้อเพลิง | สารมลพิษ (g/km) |                 |       |                 | FC<br>(km/l) |
|-------------------|-----------------|-----------------|------------|-----------------|-----------------|-------|-----------------|--------------|
|                   |                 |                 |            | HC              | NO <sub>x</sub> | CO    | CO <sub>2</sub> |              |
| HONDA/CIVIC       | 172687          | 1600            | S95        | 0.006           | 0.198           | 0.867 | 160.274         | 14.920       |
| TOYOTA/VIOS       | 81350           | 1496            | S95        | 0.019           | 0.079           | 0.549 | 144.800         | 15.920       |
| HONDA/CIVIC       | 147652          | 1600            | E20        | 0.008           | 0.287           | 0.921 | 154.982         | 14.610       |
| HONDA/CIVIC       | 155733          | 1600            | E20        | 0.006           | 0.275           | 1.097 | 163.282         | 14.620       |
| TOYOTA/VIOS       | 112944          | 1496            | E20        | 0.019           | 0.136           | 0.528 | 125.063         | 19.150       |
| TOYOTA/VIOS       | 177771          | 1496            | E20        | 0.036           | 0.233           | 0.739 | 120.072         | 19.880       |
| TOYOTA/VIOS       | 122359          | 1496            | E20        | 0.023           | 0.146           | 0.524 | 115.220         | 20.780       |
| MITSUBISHI/LANCER | 574490          | 1600            | LPG        | 1.723           | 2.388           | 0.135 | 136.194         | 11.480       |
| TOYOTA/COROLA     | 416097          | 1600            | LPG        | 2.675           | 2.388           | 3.776 | 127.270         | 11.510       |
| MITSUBISHI/LANCER | 550003          | 1600            | LPG        | 0.467           | 2.561           | 1.381 | 142.570         | 11.130       |
| TOYOTA/COROLA     | 633908          | 1600            | LPG        | 0.740           | 2.929           | 2.666 | 121.247         | 12.740       |
| TOYOTA/COROLA     | 948045          | 1600            | LPG        | 2.108           | 2.359           | 0.903 | 123.502         | 12.380       |
| TOYOTA/COROLA     | 484977          | 1600            | LPG        | 2.517           | 2.521           | 5.489 | 133.295         | 10.870       |
| TOYOTA/COROLA     | 12399           | 1600            | LPG        | 1.603           | 2.744           | 2.472 | 133.692         | 11.420       |
| TOYOTA/ALTIS      | 487819          | 1600            | LPG        | 1.191           | 2.307           | 1.107 | 134.458         | 11.630       |
| MITSUBISHI/LANCER | 402749          | 1600            | LPG        | 0.680           | 1.382           | 0.027 | 137.868         | 11.620       |
| NISSAN/SENTRA     | 250957          | 1600            | LPG        | 1.651           | 1.634           | 0.918 | 122.990         | 12.560       |
| TOYOTA/ALTIS      | 278781          | 1600            | LPG        | 0.118           | 2.505           | 0.424 | 136.323         | 11.840       |

|             |   |                             |
|-------------|---|-----------------------------|
| หมายเหตุ 91 | = | น้ำมันเบนซินออกเทน 91       |
| 95          | = | น้ำมันเบนซินออกเทน 95       |
| S91         | = | น้ำมันเบนซินอี 10 ออกเทน 91 |
| S95         | = | น้ำมันเบนซินอี 10 ออกเทน 95 |
| E20         | = | น้ำมันเบนซินอี 20 ออกเทน 95 |
| LPG         | = | แก๊สปิโตรเลียมเหลว          |

## ภาคผนวก ก4

**ตารางผนวกที่ ก4** ข้อมูลการทดสอบสารมลพิษและปริมาณการใช้เชื้อเพลิง รถยนต์ที่ใช้เครื่องยนต์เบนซิน ที่ความเร็วเฉลี่ย 33.5 กิโลเมตรต่อชั่วโมง (สรุปจากช่วงความเร็วเฉลี่ย 23.4, 33.2 และ 42.9 กิโลเมตรต่อชั่วโมง)

| ชื่อ/รุ่น         | ระยะทาง<br>(km) | ปริมาตร<br>(CC) | เชื้อ<br>เพลิง | สารมลพิษ (g/km) |                 |        |                 | FC<br>(km/l) |
|-------------------|-----------------|-----------------|----------------|-----------------|-----------------|--------|-----------------|--------------|
|                   |                 |                 |                | HC              | NO <sub>x</sub> | CO     | CO <sub>2</sub> |              |
| HONDA/CIVIC       | 78128           | 1600            | 91             | 0.135           | 0.136           | 4.216  | 168.510         | 13.490       |
| NISSAN/SUNNY      | 97579           | 1600            | 91             | 0.024           | 0.313           | 0.365  | 159.615         | 14.770       |
| TOYOTA/VIOS       | 26133           | 1500            | 91             | 0.015           | 0.096           | 0.151  | 134.960         | 17.510       |
| TOYOTA/SOLUNA     | 89290           | 1500            | 91             | 0.252           | 1.231           | 2.085  | 159.053         | 14.520       |
| MITSUBISHI/LANCER | 147478          | 1500            | 91             | 1.767           | 1.796           | 9.704  | 158.731         | 13.190       |
| TOYOTA/COROLA     | 135650          | 1500            | 91             | 0.492           | 1.170           | 2.482  | 144.886         | 15.750       |
| TOYOTA/HIACE      | 277853          | 1998            | 91             | 1.917           | 3.023           | 10.769 | 204.595         | 10.150       |
| TOYOTA/VIOS       | 10333           | 1500            | 91             | 0.015           | 0.040           | 0.439  | 154.433         | 15.260       |
| NISSAN/CEFIRO     | 121711          | 2000            | 91             | 0.076           | 0.444           | 1.416  | 233.479         | 10.040       |
| HONDA/CIVIC       | 166730          | 1600            | 91             | 0.028           | 0.422           | 1.815  | 170.184         | 13.920       |
| TOYOTA/VIOS       | 131583          | 1496            | 91             | 0.126           | 0.221           | 1.181  | 125.361         | 18.900       |
| TOYOTA/VIOS       | 73674           | 1496            | 91             | 0.022           | 0.054           | 0.550  | 173.373         | 13.580       |
| TOYOTA/VIOS       | 14953           | 1496            | 91             | 0.013           | 0.020           | 0.187  | 159.257         | 14.840       |
| MITSUBISHI/LANCER | 201400          | 1500            | 95             | 0.109           | 0.680           | 1.610  | 178.707         | 13.040       |
| MITSUBISHI/GALANT | 140803          | 2000            | 95             | 1.194           | 2.795           | 10.601 | 184.589         | 11.550       |
| TOYOTA/LIMO       | 60854           | 1600            | 95             | 0.035           | 0.117           | 0.422  | 155.658         | 15.140       |
| TOYOTA/LIMO       | 85770           | 1600            | 95             | 0.025           | 0.227           | 0.279  | 152.632         | 15.460       |
| TOYOTA/ALTIS      | 155153          | 1600            | 95             | 0.042           | 0.105           | 0.575  | 146.651         | 15.840       |
| TOYOTA/ALTIS      | 4732            | 1600            | 95             | 0.033           | 0.079           | 0.950  | 158.268         | 14.630       |
| TOYOTA/HIACE      | 282578          | 1998            | 95             | 2.060           | 2.846           | 13.521 | 251.594         | 8.630        |
| NISSAN/CEFIRO     | 212509          | 2000            | 95             | 1.418           | 5.086           | 3.274  | 198.566         | 11.280       |
| NISSAN/SENTRA     | 102705          | 1600            | 95             | 0.705           | 2.438           | 11.611 | 166.711         | 12.550       |
| HONDA/CITY ZX     | 3537            | 1500            | 95             | 0.015           | 0.038           | 0.076  | 132.289         | 17.730       |
| TOYOTA/ALTIS      | 124252          | 1600            | 95             | 0.346           | 0.159           | 2.266  | 154.145         | 14.730       |
| TOYOTA/ALTIS      | 59178           | 1600            | 95             | 0.097           | 0.145           | 0.419  | 154.152         | 15.140       |

### ตารางผนวกที่ ก4 (ต่อ)

| ยี่ห้อ/รุ่น       | ระยะทาง<br>(km) | ปริมาตร<br>(CC) | เชื้อเพลิง | สารมลพิษ (g/km) |                 |        |                 | FC<br>(km/l) |
|-------------------|-----------------|-----------------|------------|-----------------|-----------------|--------|-----------------|--------------|
|                   |                 |                 |            | HC              | NO <sub>x</sub> | CO     | CO <sub>2</sub> |              |
| MITSUBISHI/LANCER | 3578            | 1800            | 95         | 0.008           | 0.013           | 0.905  | 168.143         | 13.790       |
| BENZ/1.8          | 2511            | 1800            | 95         | 0.019           | 0.023           | 0.199  | 191.292         | 12.210       |
| NISSAN/TIDA       | 11738           | 1800            | 95         | 0.025           | 0.024           | 0.364  | 170.936         | 13.670       |
| BMW/318           | 2212            | 1800            | 95         | 0.010           | 0.016           | 0.392  | 178.229         | 13.110       |
| NISSAN/CEFIRO     | 121666          | 2000            | 95         | 0.293           | 0.411           | 1.346  | 246.398         | 9.520        |
| TOYOTA/COROLA     | 242099          | 1600            | S91        | 2.217           | 2.287           | 15.170 | 143.025         | 12.120       |
| TOYOTA/SOLUNA/5A  | 106498          | 1500            | S91        | 0.047           | 0.133           | 0.387  | 178.989         | 13.170       |
| NISSAN/CEFIRO     | 121604          | 2000            | S91        | 0.027           | 0.291           | 0.400  | 227.790         | 10.390       |
| TOYOTA/WISH       | 26608           | 1998            | S91        | 0.003           | 0.050           | 0.058  | 193.323         | 12.420       |
| TOYOTA/VIOS       | 9562            | 1496            | S91        | 0.008           | 0.019           | 0.231  | 153.034         | 15.660       |
| TOYOTA/VIOS       | 107950          | 1496            | S91        | 0.065           | 0.149           | 0.786  | 132.461         | 17.680       |
| TOYOTA/VIOS       | 7239            | 1496            | S91        | 0.007           | 0.023           | 0.099  | 159.237         | 15.070       |
| TOYOTA/ALTIS      | 52927           | 1600            | S95        | 0.062           | 0.230           | 0.778  | 173.223         | 13.560       |
| TOYOTA/LIMO       | 578885          | 1600            | S95        | 0.214           | 1.107           | 2.568  | 169.722         | 13.580       |
| NISSAN/PRIMERA    | 84000           | 2000            | S95        | 0.045           | 0.266           | 0.478  | 205.490         | 11.470       |
| ISUZU/TROPER      | 214264          | 3200            | S95        | 0.147           | 0.251           | 4.575  | 277.401         | 8.430        |
| TOYOTA/ALTIS      | 5311            | 1600            | S95        | 0.119           | 0.209           | 3.572  | 202.618         | 11.500       |
| TOYOTA/COROLLA    | 155078          | 1600            | S95        | 0.056           | 0.125           | 0.555  | 151.152         | 15.850       |
| TOYOTA/ALTIS      | 4835            | 1800            | S95        | 0.019           | 0.067           | 0.365  | 152.493         | 15.670       |
| TOYOTA/COROLA     | 155532          | 1600            | S95        | 0.036           | 0.072           | 0.369  | 149.692         | 16.040       |
| TOYOTA/HIACE      | 282323          | 1998            | S95        | 2.735           | 2.751           | 13.156 | 250.854         | 8.560        |
| NISSAN/CEFIRO     | 212266          | 2000            | S95        | 1.522           | 4.638           | 2.112  | 195.994         | 11.750       |
| NISSAN/SENTRA     | 102604          | 1600            | S95        | 0.686           | 2.604           | 9.008  | 169.652         | 12.900       |
| HONDA/CITY ZX     | 3378            | 1500            | S95        | 0.015           | 0.030           | 0.074  | 132.257         | 18.120       |
| TOYOTA/LIMO       | 58970           | 1600            | S95        | 0.010           | 0.155           | 0.163  | 147.775         | 16.210       |
| TOYOTA/LIMO       | 88995           | 1600            | S95        | 0.077           | 0.208           | 0.337  | 152.539         | 15.670       |
| TOYOTA/ALTIS      | 59069           | 1600            | S95        | 0.080           | 0.197           | 0.397  | 155.053         | 15.470       |
| MITSUBISHI/LANCER | 3473            | 1800            | S95        | 0.006           | 0.007           | 0.690  | 170.495         | 14.150       |
| BENZ/1.8          | 2354            | 1800            | S95        | 0.019           | 0.019           | 0.097  | 199.791         | 12.140       |
| NISSAN/TIDA       | 11602           | 1800            | S95        | 0.023           | 0.020           | 0.230  | 177.715         | 13.630       |
| BMW/318           | 2013            | 1800            | S95        | 0.010           | 0.010           | 0.513  | 199.725         | 12.010       |

### ตารางผนวกที่ ก4 (ต่อ)

| ยี่ห้อ/รุ่น       | ระยะทาง<br>(km) | ปริมาตร<br>(CC) | เชื้อเพลิง | สารมลพิษ (g/km) |                 |       |                 | FC<br>(km/l) |
|-------------------|-----------------|-----------------|------------|-----------------|-----------------|-------|-----------------|--------------|
|                   |                 |                 |            | HC              | NO <sub>x</sub> | CO    | CO <sub>2</sub> |              |
| NISSAN/CEFIRO     | 121756          | 2000            | S95        | 0.273           | 0.612           | 1.282 | 284.816         | 8.070        |
| TOYOTA/VIOS       | 109950          | 1496            | S95        | 0.121           | 0.204           | 0.635 | 135.196         | 17.660       |
| HONDA/CIVIC       | 172687          | 1600            | S95        | 0.036           | 0.201           | 0.896 | 170.422         | 14.030       |
| TOYOTA/VIOS       | 81350           | 1496            | S95        | 0.017           | 0.078           | 0.043 | 151.148         | 15.280       |
| HONDA/CIVIC       | 147652          | 1600            | E20        | 0.063           | 0.297           | 1.151 | 165.889         | 13.610       |
| HONDA/CIVIC       | 155733          | 1600            | E20        | 0.061           | 0.327           | 1.494 | 177.048         | 13.430       |
| TOYOTA/VIOS       | 112944          | 1496            | E20        | 0.138           | 0.210           | 1.066 | 136.098         | 17.450       |
| TOYOTA/VIOS       | 177771          | 1496            | E20        | 0.147           | 0.327           | 1.049 | 126.112         | 18.810       |
| TOYOTA/VIOS       | 122359          | 1496            | E20        | 0.152           | 0.247           | 0.843 | 119.368         | 19.910       |
| MITSUBISHI/LANCER | 574490          | 1600            | LPG        | 2.327           | 2.525           | 0.148 | 149.372         | 10.380       |
| TOYOTA/COROLA     | 416097          | 1600            | LPG        | 3.296           | 2.392           | 4.071 | 139.475         | 10.430       |
| MITSUBISHI/LANCER | 550003          | 1600            | LPG        | 0.603           | 2.375           | 2.439 | 159.402         | 9.850        |
| TOYOTA/COROLA     | 633908          | 1600            | LPG        | 1.101           | 2.930           | 5.176 | 129.530         | 11.530       |
| TOYOTA/COROLA     | 948045          | 1600            | LPG        | 2.443           | 2.544           | 1.027 | 133.438         | 11.420       |
| TOYOTA/COROLA     | 484977          | 1600            | LPG        | 3.067           | 2.386           | 7.275 | 137.864         | 10.250       |
| TOYOTA/COROLA     | 12399           | 1600            | LPG        | 1.769           | 2.753           | 3.969 | 141.949         | 10.590       |
| TOYOTA/ALTIS      | 487819          | 1600            | LPG        | 1.335           | 2.320           | 1.561 | 142.985         | 10.880       |
| MITSUBISHI/LANCER | 402749          | 1600            | LPG        | 0.954           | 1.388           | 0.025 | 145.760         | 10.940       |
| NISSAN/SENTRA     | 250957          | 1600            | LPG        | 1.685           | 1.663           | 0.977 | 132.297         | 11.700       |
| TOYOTA/ALTIS      | 278781          | 1600            | LPG        | 0.149           | 2.369           | 0.928 | 145.350         | 11.040       |

|             |   |                             |
|-------------|---|-----------------------------|
| หมายเหตุ 91 | = | น้ำมันเบนซินออกเทน 91       |
| 95          | = | น้ำมันเบนซินออกเทน 95       |
| S91         | = | น้ำมันเบนซินอี 10 ออกเทน 91 |
| S95         | = | น้ำมันเบนซินอี 10 ออกเทน 95 |
| E20         | = | น้ำมันเบนซินอี 20 ออกเทน 95 |
| LPG         | = | แก๊สปิโตรเลียมเหลว          |

## ภาคผนวก ก5

ตารางผนวกที่ ก5 ข้อมูลการทดสอบสารมลพิษและปริมาณการใช้เชื้อเพลิง รถยนต์ขนาดเล็กที่ใช้  
เครื่องยนต์ดีเซล ที่ความเร็วเฉลี่ย 23.1 กิโลเมตรต่อชั่วโมง

| ชื่อ/รุ่น       | ระยะทาง<br>(km) | ปริมาตร<br>(CC) | เชื้อ<br>เพลิง | สารมลพิษ (g/km) |                 |       |                 |       | FC<br>(km/l) |
|-----------------|-----------------|-----------------|----------------|-----------------|-----------------|-------|-----------------|-------|--------------|
|                 |                 |                 |                | HC              | NO <sub>x</sub> | CO    | CO <sub>2</sub> | PM    |              |
| NISSAN/BIG-M    | 229839          | 2500            | D              | 0.760           | 2.357           | 1.643 | 266.856         | 0.331 | 9.760        |
| ISUZU/WANDERRER | 182035          | 2500            | D              | 0.614           | 2.798           | 2.381 | 260.421         | 0.122 | 9.970        |
| MITSU/L300      | 112738          | 2500            | D              | 0.085           | 1.556           | 0.770 | 348.288         | 0.084 | 7.590        |
| TOYOTA/HIACE    | 69135           | 3000            | D              | 0.283           | 1.271           | 1.553 | 423.895         | 0.100 | 6.210        |
| TOYOTA/HIACE    | 160141          | 3000            | D              | 0.162           | 0.914           | 1.167 | 379.098         | 0.119 | 6.960        |
| TOYOTA/TIGER    | 94202           | 3000            | D              | 0.071           | 1.131           | 0.867 | 395.089         | 0.073 | 6.690        |
| MITSU/STRADA    | 75465           | 2800            | D              | 0.013           | 3.728           | 0.019 | 348.224         | 0.099 | 7.580        |
| ISUZU/D-MAX     | 58947           | 2500            | D              | 0.121           | 1.111           | 0.374 | 262.946         | 0.097 | 10.030       |
| ISUZU/DMAX      | 74855           | 2500            | D              | 0.042           | 0.750           | 0.113 | 210.456         | 0.084 | 12.500       |
| MAZDA/BT-50     | 5496            | 2500            | D              | 0.076           | 2.285           | 0.736 | 296.981         | 0.055 | 8.850        |
| TOYOTA/VIGO     | 67916           | 3000            | D              | 0.037           | 0.645           | 0.065 | 231.428         | 0.064 | 11.380       |
| TOYOTA/HIACE    | 160275          | 3000            | B5             | 0.193           | 0.964           | 1.234 | 387.555         | 0.127 | 6.820        |
| TOYOTA/TIGER    | 94281           | 3000            | B5             | 0.087           | 1.132           | 0.907 | 400.445         | 0.070 | 6.620        |
| ISUZU/TFR       | 148896          | 2800            | B5             | 0.577           | 2.567           | 1.540 | 319.936         | 0.168 | 8.210        |
| MITSU/STRADA    | 75465           | 2800            | B5             | 0.015           | 3.686           | 0.188 | 368.165         | 0.095 | 7.560        |
| ISUZU/D-MAX     | 58988           | 2500            | B5             | 0.083           | 1.035           | 0.311 | 258.651         | 0.058 | 10.120       |
| TOYOTA/HILUX    | 364258          | 2500            | B5             | 0.144           | 1.233           | 0.706 | 240.702         | 0.122 | 10.930       |
| TOYOTA/HILUX    | 110013          | 2500            | B5             | 0.095           | 2.545           | 0.765 | 262.594         | 0.147 | 10.030       |
| MITSUBISHI/L200 | 228166          | 2500            | B5             | 0.097           | 1.225           | 0.834 | 270.861         | 0.115 | 9.670        |
| ISUZU/DMAX      | 73627           | 2500            | B5             | 0.071           | 1.102           | 1.027 | 217.028         | 0.032 | 12.100       |
| ISUZU/DMAX      | 68336           | 2500            | B5             | 0.065           | 0.936           | 0.985 | 222.668         | 0.042 | 11.800       |
| TOYOTA/VIGO     | 80066           | 3000            | B5             | 0.014           | 0.759           | 0.184 | 245.853         | 0.048 | 10.760       |

หมายเหตุ D = น้ำมันดีเซลหมุนเร็วธรรมดา

B5 = น้ำมันดีเซลหมุนเร็ว บี 5

## ภาคผนวก ก6

ตารางผนวกที่ ก6 ข้อมูลการทดสอบสารมลพิษและปริมาณการใช้เชื้อเพลิง รถยนต์ขนาดเล็กที่ใช้  
เครื่องยนต์ดีเซล ที่ความเร็วเฉลี่ย 33.9 กิโลเมตรต่อชั่วโมง

| ชื่อ/รุ่น       | ระยะทาง<br>(km) | ปริมาตร<br>(CC) | เชื้อ<br>เพลิง | สารมลพิษ (g/km) |                 |       |                 |       | FC<br>(km/l) |
|-----------------|-----------------|-----------------|----------------|-----------------|-----------------|-------|-----------------|-------|--------------|
|                 |                 |                 |                | HC              | NO <sub>x</sub> | CO    | CO <sub>2</sub> | PM    |              |
| NISSAN/BIG-M    | 229839          | 2500            | D              | 0.515           | 1.971           | 0.993 | 225.363         | 0.306 | 11.610       |
| ISUZU/WANDERRER | 182035          | 2500            | D              | 0.298           | 1.785           | 0.979 | 169.852         | 0.111 | 15.400       |
| MITSU/L300      | 112738          | 2500            | D              | 0.047           | 0.902           | 0.379 | 232.546         | 0.063 | 11.380       |
| TOYOTA/HIACE    | 69135           | 3000            | D              | 0.092           | 0.782           | 0.513 | 268.033         | 0.072 | 9.860        |
| TOYOTA/HIACE    | 160141          | 3000            | D              | 0.072           | 0.603           | 0.477 | 263.424         | 0.075 | 10.040       |
| TOYOTA/TIGER    | 94202           | 3000            | D              | 0.033           | 0.703           | 0.410 | 249.796         | 0.049 | 10.590       |
| MITSU/STRADA    | 75465           | 2800            | D              | 0.005           | 1.546           | 0.138 | 231.734         | 0.093 | 11.390       |
| ISUZU/D-MAX     | 58947           | 2500            | D              | 0.041           | 0.934           | 0.057 | 193.700         | 0.130 | 13.660       |
| ISUZU/DMAX      | 74855           | 2500            | D              | 0.027           | 0.855           | 0.059 | 176.907         | 0.084 | 12.500       |
| MAZDA/BT-50     | 5496            | 2500            | D              | 0.063           | 1.771           | 0.015 | 246.981         | 0.049 | 10.710       |
| TOYOTA/VIGO     | 67916           | 3000            | D              | 0.015           | 0.627           | 0.031 | 200.215         | 0.053 | 13.160       |
| TOYOTA/HIACE    | 160275          | 3000            | B5             | 0.069           | 0.600           | 0.460 | 255.551         | 0.069 | 10.370       |
| TOYOTA/TIGER    | 94281           | 3000            | B5             | 0.032           | 0.744           | 0.401 | 252.917         | 0.047 | 10.490       |
| ISUZU/TFR       | 148896          | 2800            | B5             | 0.218           | 1.360           | 0.611 | 194.948         | 0.070 | 13.530       |
| MITSU/STRADA    | 75465           | 2800            | B5             | 0.004           | 1.539           | 0.119 | 235.580         | 0.096 | 11.810       |
| ISUZU/D-MAX     | 58988           | 2500            | B5             | 0.031           | 0.920           | 0.014 | 189.625         | 0.056 | 13.480       |
| TOYOTA/HILUX    | 364258          | 2500            | B5             | 0.135           | 0.997           | 0.563 | 204.916         | 0.122 | 12.840       |
| TOYOTA/HILUX    | 110013          | 2500            | B5             | 0.073           | 1.968           | 0.602 | 215.437         | 0.129 | 12.230       |
| MITSUBISHI/L200 | 228166          | 2500            | B5             | 0.062           | 0.994           | 0.583 | 227.798         | 0.095 | 11.510       |
| ISUZU/DMAX      | 73627           | 2500            | B5             | 0.046           | 1.305           | 0.517 | 194.236         | 0.030 | 13.570       |
| ISUZU/DMAX      | 68336           | 2500            | B5             | 0.045           | 1.114           | 0.391 | 195.086         | 0.035 | 13.520       |
| TOYOTA/VIGO     | 80066           | 3000            | B5             | 0.009           | 0.771           | 0.106 | 210.674         | 0.045 | 12.560       |

หมายเหตุ D = น้ำมันดีเซลหมุนเร็วธรรมดา  
B5 = น้ำมันดีเซลหมุนเร็วปี 5

## ภาคผนวก ก7

ตารางผนวกที่ ก7 ข้อมูลการทดสอบสารมลพิษและปริมาณการใช้เชื้อเพลิง รถยนต์ขนาดเล็กที่ใช้  
เครื่องยนต์ดีเซล ที่ความเร็วเฉลี่ย 46.8 กิโลเมตรต่อชั่วโมง

| ชื่อ/รุ่น       | ระยะทาง<br>(km) | ปริมาตร<br>(CC) | เชื้อ<br>เพลิง | สารมลพิษ (g/km) |                 |       |                 |       | FC<br>(km/l) |
|-----------------|-----------------|-----------------|----------------|-----------------|-----------------|-------|-----------------|-------|--------------|
|                 |                 |                 |                | HC              | NO <sub>x</sub> | CO    | CO <sub>2</sub> | PM    |              |
| NISSAN/BIG-M    | 229839          | 2500            | D              | 0.408           | 1.956           | 0.840 | 209.697         | 0.260 | 12.500       |
| ISUZU/WANDERRER | 182035          | 2500            | D              | 0.232           | 1.408           | 0.982 | 143.922         | 0.059 | 18.170       |
| MITSU/L300      | 112738          | 2500            | D              | 0.027           | 0.841           | 0.315 | 196.826         | 0.047 | 13.450       |
| TOYOTA/HIACE    | 69135           | 3000            | D              | 0.065           | 0.663           | 0.450 | 219.803         | 0.037 | 12.030       |
| TOYOTA/HIACE    | 160141          | 3000            | D              | 0.067           | 0.588           | 0.439 | 221.528         | 0.049 | 11.930       |
| TOYOTA/TIGER    | 94202           | 3000            | D              | 0.022           | 0.466           | 0.386 | 223.364         | 0.048 | 11.850       |
| MITSU/STRADA    | 75465           | 2800            | D              | 0.010           | 1.226           | 0.125 | 191.887         | 0.058 | 13.750       |
| ISUZU/D-MAX     | 58947           | 2500            | D              | 0.028           | 0.415           | 0.010 | 168.000         | 0.082 | 15.750       |
| ISUZU/DMAX      | 74855           | 2500            | D              | 0.035           | 1.061           | 0.070 | 181.454         | 0.069 | 14.510       |
| MAZDA/BT-50     | 5496            | 2500            | D              | 0.086           | 1.629           | 0.576 | 245.622         | 0.077 | 10.700       |
| TOYOTA/VIGO     | 67916           | 3000            | D              | 0.024           | 0.677           | 0.026 | 197.819         | 0.055 | 13.310       |
| TOYOTA/HIACE    | 160275          | 3000            | B5             | 0.054           | 0.547           | 0.409 | 216.025         | 0.047 | 12.270       |
| TOYOTA/TIGER    | 94281           | 3000            | B5             | 0.018           | 0.470           | 0.366 | 218.339         | 0.056 | 12.150       |
| ISUZU/TFR       | 148896          | 2800            | B5             | 0.182           | 1.010           | 0.565 | 172.753         | 0.086 | 15.270       |
| MITSU/STRADA    | 75465           | 2800            | B5             | 0.014           | 1.221           | 0.102 | 200.801         | 0.124 | 13.850       |
| ISUZU/D-MAX     | 58988           | 2500            | B5             | 0.020           | 0.455           | 0.042 | 165.874         | 0.042 | 15.820       |
| TOYOTA/HILUX    | 364258          | 2500            | B5             | 0.157           | 0.948           | 0.587 | 206.223         | 0.135 | 12.750       |
| TOYOTA/HILUX    | 110013          | 2500            | B5             | 0.099           | 1.846           | 0.588 | 213.281         | 0.137 | 12.340       |
| MITSUBISHI/L200 | 228166          | 2500            | B5             | 0.083           | 0.967           | 0.617 | 227.118         | 0.107 | 11.110       |
| ISUZU/DMAX      | 73627           | 2500            | B5             | 0.058           | 1.055           | 0.432 | 188.328         | 0.034 | 14.000       |
| ISUZU/DMAX      | 68336           | 2500            | B5             | 0.057           | 0.921           | 0.380 | 190.621         | 0.046 | 13.840       |
| TOYOTA/VIGO     | 80066           | 3000            | B5             | 0.019           | 0.705           | 0.130 | 208.516         | 0.049 | 12.680       |

หมายเหตุ D = น้ำมันดีเซลหมุนเร็วธรรมดา  
B5 = น้ำมันดีเซลหมุนเร็วปี 5

## ภาคผนวก ก8

ตารางผนวกที่ ก8 ข้อมูลการทดสอบสารมลพิษและปริมาณการใช้เชื้อเพลิง รถยนต์ขนาดเล็กที่ใช้  
เครื่องยนต์ดีเซล ที่ความเร็วรวมเฉลี่ย 33.5 กิโลเมตรต่อชั่วโมง (สรุปจากความเร็ว  
เฉลี่ย 23.1, 33.9 และ 46.8 กิโลเมตรต่อชั่วโมง)

| ชื่อ/รุ่น       | ระยะทาง<br>(km) | ปริมาตร<br>(CC) | เชื้อ<br>เพลิง | สารมลพิษ (g/km) |                 |       |                 |       | FC<br>(km/l) |
|-----------------|-----------------|-----------------|----------------|-----------------|-----------------|-------|-----------------|-------|--------------|
|                 |                 |                 |                | HC              | NO <sub>x</sub> | CO    | CO <sub>2</sub> | PM    |              |
| NISSAN/BIG-M    | 229839          | 2500            | D              | 0.513           | 2.043           | 1.048 | 226.490         | 0.289 | 11.560       |
| ISUZU/WANDERRER | 182035          | 2500            | D              | 0.305           | 1.707           | 1.104 | 167.040         | 0.084 | 15.640       |
| MITSU/L300      | 112738          | 2500            | D              | 0.041           | 0.950           | 0.393 | 227.000         | 0.057 | 11.610       |
| TOYOTA/HIACE    | 69135           | 3000            | D              | 0.101           | 0.779           | 0.607 | 261.434         | 0.057 | 10.100       |
| TOYOTA/HIACE    | 160141          | 3000            | D              | 0.080           | 0.633           | 0.541 | 255.381         | 0.067 | 10.350       |
| TOYOTA/TIGER    | 94202           | 3000            | D              | 0.032           | 0.630           | 0.453 | 253.510         | 0.052 | 10.440       |
| MITSU/STRADA    | 75465           | 2800            | D              | 0.009           | 1.644           | 0.137 | 224.861         | 0.075 | 11.740       |
| ISUZU/D-MAX     | 58947           | 2500            | D              | 0.044           | 0.682           | 0.072 | 188.828         | 0.100 | 14.010       |
| ISUZU/DMAX      | 74855           | 2500            | D              | 0.034           | 0.931           | 0.075 | 185.606         | 0.068 | 14.180       |
| MAZDA/BT-50     | 5496            | 2500            | D              | 0.076           | 1.805           | 0.422 | 256.021         | 0.063 | 10.280       |
| TOYOTA/VIGO     | 67916           | 3000            | D              | 0.024           | 0.654           | 0.036 | 205.180         | 0.056 | 12.840       |
| TOYOTA/HIACE    | 160275          | 3000            | B5             | 0.076           | 0.617           | 0.528 | 250.671         | 0.065 | 10.570       |
| TOYOTA/TIGER    | 94281           | 3000            | B5             | 0.031           | 0.646           | 0.445 | 252.618         | 0.055 | 10.500       |
| ISUZU/TFR       | 148896          | 2800            | B5             | 0.243           | 1.322           | 0.700 | 198.422         | 0.091 | 13.280       |
| MITSU/STRADA    | 75465           | 2800            | B5             | 0.011           | 1.633           | 0.119 | 233.349         | 0.111 | 11.920       |
| ISUZU/D-MAX     | 58988           | 2500            | B5             | 0.031           | 0.689           | 0.067 | 185.783         | 0.048 | 14.120       |
| TOYOTA/HILUX    | 364258          | 2500            | B5             | 0.147           | 1.013           | 0.602 | 212.495         | 0.128 | 12.380       |
| TOYOTA/HILUX    | 110013          | 2500            | B5             | 0.089           | 2.023           | 0.627 | 223.637         | 0.136 | 11.770       |
| MITSUBISHI/L200 | 228166          | 2500            | B5             | 0.079           | 1.026           | 0.648 | 235.898         | 0.105 | 11.110       |
| ISUZU/DMAX      | 73627           | 2500            | B5             | 0.056           | 1.147           | 0.576 | 195.892         | 0.033 | 13.440       |
| ISUZU/DMAX      | 68336           | 2500            | B5             | 0.054           | 0.988           | 0.502 | 198.362         | 0.040 | 13.290       |
| TOYOTA/VIGO     | 80066           | 3000            | B5             | 0.015           | 0.737           | 0.133 | 216.504         | 0.047 | 12.220       |

หมายเหตุ D = น้ำมันดีเซลหมุนเร็วธรรมดา

B5 = น้ำมันดีเซลหมุนเร็ว บี 5

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาคผนวก ข

รายละเอียดเครื่องมือและอุปกรณ์ห้องปฏิบัติการตรวจวัด  
รถยนต์ที่ใช้เครื่องยนต์เบนซินและรถยนต์ขนาดเล็กที่ใช้เครื่องยนต์ดีเซล

พ.ศ. ๒๕๕๖

## ภาคผนวก ข1

รายละเอียดทางเทคนิค ห้องปฏิบัติการตรวจวัดรถยนต์ที่ใช้เครื่องยนต์เบนซิน

“คู่มือการปฏิบัติงานห้องปฏิบัติการตรวจวัดมลพิษจากยานพาหนะ”

### 1. คุณลักษณะทั่วไป

1.1 เป็นเครื่องมือและอุปกรณ์สำหรับเก็บตัวอย่างและตรวจวัดปริมาณสารมลพิษในอากาศ คือ CO, CO<sub>2</sub>, HC และ NO<sub>x</sub> จากรถยนต์ที่ใช้เครื่องยนต์เบนซินและมีขนาดน้ำหนักบรรทุกรวม (Gross vehicle weight) ระหว่าง 400-3,500 กิโลกรัม

1.2 เครื่องมือและอุปกรณ์สำหรับเก็บตัวอย่างและตรวจวัดปริมาณสารมลพิษในอากาศ ประกอบด้วยส่วนต่างๆ ดังต่อไปนี้

1.2.1 ระบบแชสซิสไดนาโมมิเตอร์ (Chassis dynamometer)

1.2.2 ระบบเก็บตัวอย่าง (Exhaust gas sampling system)

1.2.3 ระบบวิเคราะห์ค่าสารมลพิษ (Emission analysis system)

1.2.4 ระบบควบคุมการทำงานและประมวลผลข้อมูล (Vehicle emission test control system)

1.2.5 อุปกรณ์และวัสดุต่างๆ สำหรับใช้ปรับเทียบเครื่องมือ (Calibration equipment)

1.2.6 แก๊สชนิดต่างๆ สำหรับการวิเคราะห์และปรับเทียบเครื่องมือ (Calibration and operating gases)

1.2.7 อุปกรณ์เพิ่มเติม (Accessory)

## 2. คุณลักษณะเฉพาะ

2.1 ระบบแชสซิสไดนาโมมิเตอร์ (Chassis dynamometer) ประกอบด้วยอุปกรณ์ 2 ส่วน คือ ชุดอุปกรณ์ทางกล (Mechanical unit) และชุดควบคุม (Control unit)

### 2.1.1 ชุดอุปกรณ์ทางกล (Mechanical unit)

1) Roller เป็นแบบ Single roller ระยะการใช้งาน (Effective range) ค่าต่ำสุดเท่ากับ 914 มิลลิเมตร และค่าสูงสุดเท่ากับ 2,184 มิลลิเมตร ความเร็วสูงสุดของ Roller 200 กิโลเมตรต่อชั่วโมง

2) Electrical mass simulation สามารถปรับตั้ง inertia range ได้ระหว่าง 400-3,500 กิโลกรัม การปรับค่า inertia จะปรับได้ตามที่กำหนดใน ECE R83 91/441/EEC และ 93/59/EEC

3) Power absorption unit เป็นแบบชนิด DC dynamometer มี Capacity สูงสุดของการ Absorption และ Drive เท่ากับ 150 กิโลวัตต์ ที่ 100 กิโลเมตรต่อชั่วโมง Road load range เท่ากับ 0-500 กิโลกรัม แรง ค่า Dynamometer load ต่างจาก Road load ไม่เกิน 5 % ที่ความเร็ว 30, 40, 50 กิโลเมตรต่อชั่วโมง และไม่เกิน 10 % ที่ความเร็ว 20 กิโลเมตร หากความเร็วต่ำกว่า 20 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ค่า Dynamometer load มากกว่า Road load

4) สามารถชดเชยความสูญเสียทางกล (Mechanical loss) ได้โดยอัตโนมัติ

5) การวัดความเร็วของรถยนต์ที่ Roller มีความคลาดเคลื่อนไม่เกิน  $\pm 1$  กิโลเมตรต่อชั่วโมง ที่ความเร็วตั้งแต่ 10 กิโลเมตรต่อชั่วโมงขึ้นไป

6) มีพัดลมระบายความร้อน (Cooling fan) ที่ทำงานร่วมกับแชสซิสไดนาโมมิเตอร์ได้ดี โดยสามารถให้ความเร็วลมแปรตามความเร็วของลูกกลิ้งได้ โดยมีขนาดที่สามารถทำให้ความเร็วของลมที่พัดผ่านมีความเร็วเท่ากับรถยนต์ที่วิ่งอยู่จริงตามโปรแกรมการขับรถยนต์ (Test cycle) โดยความเร็วเชิงเส้นเริ่มต้น (Initial linear) ของลูกกลิ้งในช่วง 10-50 กิโลเมตรต่อชั่วโมง คลาดเคลื่อนไม่เกิน 10 % ของความเร็วสัมพัทธ์ (Relative speed) และกรณีความเร็วของลูกกลิ้งน้อยกว่า 10 กิโลเมตรต่อชั่วโมงความเร็วของลมจะต่ำมาก

7) มีอุปกรณ์จับยึดรถยนต์เพื่อป้องกันอุบัติเหตุขณะทำการทดสอบ

8) มี Centering device ช่วยบังคับให้ล้อรถยนต์อยู่ตรงกลางของ Roller ตลอดเวลาขณะวิ่งบน Roller ระหว่างทำการทดสอบ

### 2.1.2 ชุดควบคุม (Control unit)

- 1) สามารถตั้งเงื่อนไขการทำงานและควบคุมการทำงานของชุดอุปกรณ์ทางกลต่างๆ ได้ตามข้อกำหนด
- 2) Load curve สามารถปรับเปลี่ยนได้
- 3) ค่าความคลาดเคลื่อนในการวัดและการอ่าน Load ไม่เกิน  $\pm 5 \%$
- 4) สามารถแสดงค่าความเร็ว ค่า Load และค่า Torque หรือ Power ของ Dynamometer ได้
- 5) สามารถบันทึกความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วกับเวลาในระหว่างการทดสอบได้ เพื่อประเมินความถูกต้องของรูปแบบการทดสอบ
- 6) มีอุปกรณ์ปรับเทียบความแม่นยำของ Chassis dynamometer

2.2 ระบบเก็บตัวอย่าง (Exhaust gas sampling system) เป็นเครื่องมือที่ใช้เก็บและเตรียมตัวอย่างสำหรับการตรวจวัดปริมาณสารมลพิษ ทั้งแบบ Direct measurement และ Constant volume sampler (CVS) measurement ประกอบด้วยเครื่องมือ 2 ส่วน

2.2.1 ระบบเก็บตัวอย่างแบบตรง (Direct sampler) มีหัวเก็บตัวอย่าง (Sampling probe) เป็นไปตาม ISO 3930 และมีท่อต่อไปที่ระบบวิเคราะห์สารมลพิษได้โดยตรง

2.2.2 ระบบเก็บตัวอย่างแบบเจือจางด้วยอากาศ (Constant volume sampler) เป็นเครื่องมือที่ใช้เก็บไอเสียทั้งหมดจากเครื่องยนต์แล้วเจือจางด้วยอากาศ โดยใช้ Critical flow venturi (CFV) ควบคุมอัตราการไหลของตัวอย่างผสมให้คงที่ และส่งไปยังถังเก็บตัวอย่าง เครื่องมือนี้ประกอบไปด้วย ชุดควบคุม (Controller Unit) ชุดเก็บตัวอย่าง (Sampling unit) ชุดดูดตัวอย่างผสม (Suction unit) และท่อต่อเชื่อม (Interconnecting duct) มีคุณลักษณะเฉพาะที่สำคัญ ดังนี้

- 1) ชุดควบคุม (Controller unit) สามารถตั้งและควบคุมทำงานให้เป็นไปตามข้อกำหนดได้ตามวิธีการทดสอบ สามารถแสดงรายละเอียดการทำงานที่ตั้งไว้ (Set conditions) ได้ชัดเจนและสะดวกบนจอภาพ
- 2) ชุดเก็บตัวอย่าง (Sampling unit) ไอเสียถูกออกแบบให้เจือจางด้วยอากาศอย่างต่อเนื่อง และผสมเป็นเนื้อเดียวกันอย่างสม่ำเสมอ มีอุปกรณ์กำจัดฝุ่นและความชื้นที่ผสมอยู่ในตัวอย่างไอเสียที่ผสมแล้ว และมีอุปกรณ์กรองไฮโดรคาร์บอน (HC) ให้เหลือไม่เกิน 15 ppmc มี

อุปกรณ์วัดปริมาตรของตัวอย่างผสมที่ตรวจสอบได้ มี Critical flow venturi จำนวน 4 ขนาด ที่อัตรา 4.5, 6, 9 และ 12 ลูกบาศก์เมตรต่อนาที ซึ่งเหมาะสมต่อการทดสอบไอเสียจากรถยนต์ที่ใช้เครื่องยนต์เบนซิน ขนาดตั้งแต่ 850 ลูกบาศก์เซนติเมตรถึง 3,000 ลูกบาศก์เซนติเมตร

3) ชุดดูดตัวอย่างผสม (Suction unit) สามารถควบคุมอัตราการไหลของตัวอย่างผสมให้คงที่อย่างต่อเนื่อง

4) เครื่องมือทั้งระบบจะไม่มีจุดรั่วไหลหรือมีผลให้ความเข้มข้นของสารมลพิษในตัวอย่างเปลี่ยนแปลงไปจากเดิม และสามารถตรวจสอบการรั่วไหลได้

5) สามารถรักษาความดันสถิตย (Static pressure) ในระบบเก็บตัวอย่างได้

6) ถูเก็บตัวอย่างผสมที่ติดตั้งกับเครื่อง จำนวน 6 ใบ และไม่ทำให้ค่าสารมลพิษของตัวอย่างเปลี่ยนแปลงมากกว่า  $\pm 2\%$  หลังจากใช้เก็บตัวอย่างไว้นาน 20 นาที

7) มีระบบ Bag line purge ที่สามารถใช้งานได้สะดวกและรวดเร็ว

8) มีระบบระบายไอเสียส่วนที่ไม่ต้องการใช้ออกนอกห้องทดสอบได้

## 2.3 ระบบวิเคราะห์ค่าสารมลพิษ (Emission analysis system)

2.3.1 สามารถใช้วัดค่าสารมลพิษได้ทั้งแบบ Direct measurement และ แบบ Constant volume sampler measurement (CVS) โดยมีระบบวิเคราะห์ ดังต่อไปนี้

1) ระบบการวิเคราะห์แก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) และแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ (CO<sub>2</sub>) ยี่ห้อPIERBURG รุ่น NDIR PIA-2000 สามารถวัดแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ แบบ Constant volume sampler measurement (CVS) และแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ แบบ Direct measurement และ แบบ Constant volume sampler measurement (CVS)

2) ระบบการวิเคราะห์แก๊สไฮโดรคาร์บอน (HC) และแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) ยี่ห้อPIERBURG รุ่น NDIR PIA-2000 สามารถวัดแก๊สไฮโดรคาร์บอน และแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์แบบ Direct measurement

3) ระบบการวิเคราะห์แก๊สไฮโดรคาร์บอนทั้งหมด (THC) ยี่ห้อPIERBURG รุ่น FID PM-2000 สำหรับการตรวจวัดแบบ Constant volume sampler measurement (CVS)

4) ระบบการวิเคราะห์แก๊สออกไซด์ของไนโตรเจน (NO<sub>x</sub>) ยี่ห้อPIERBURG รุ่น CLD PM-2000 แบบสามารถวัดได้แบบ Direct measurement และแบบ Constant volume sampler measurement (CVS)

2.3.2 ระบบการวิเคราะห์แก๊สสารมลพิษชนิดต่างๆ เป็นแบบปรับเลือกการวัดได้โดยอัตโนมัติ (Automatic range selector)

### 2.3.3 การวัดแบบ Direct measurement ประกอบด้วย

1) ระบบวิเคราะห์แก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) และแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ (CO<sub>2</sub>) Analyzer ชนิด Non-Dispersive infrared (NDIR) มีคุณสมบัติดังนี้

- สามารถวัดช่วงการวัด CO ได้ 4 ช่วงการตรวจวัดต่อครั้ง และค่าของการตรวจวัดสามารถเปลี่ยนแปลงได้ไม่จำกัด ระหว่าง 0-10 % CO
- สามารถวัดช่วงการวัด CO<sub>2</sub> ได้ 4 ช่วงการตรวจวัดต่อครั้ง และค่าของการตรวจวัดสามารถเปลี่ยนแปลงได้ไม่จำกัด ระหว่าง 0-20 % CO<sub>2</sub>
- ค่า Response time (T<sub>90</sub>) ไม่เกิน 1.5 วินาที ที่อัตราการไหลของแก๊ส 3 ลิตรต่อนาที

- ค่า Zero/Span drift เมื่อเทียบกับค่าเต็มสเกลอยู่ในช่วง  $\pm 1\%$  ในช่วงเวลา 8 ชั่วโมง (ที่อุณหภูมิห้อง ซึ่งมีความแปรปรวนไม่เกิน  $\pm 5$  องศาเซลเซียส)

- ค่า Linearity คลาดเคลื่อนไม่เกิน  $\pm 1\%$  ของค่าเต็มสเกล

2) ระบบวิเคราะห์แก๊สไฮโดรคาร์บอน (HC) Analyzer ชนิด Non-Dispersive infrared (NDIR) มีคุณสมบัติดังนี้

- สามารถวัดช่วงการวัด HC ได้ 4 ช่วงการตรวจวัดต่อครั้ง และค่าของการตรวจวัดสามารถเปลี่ยนแปลงได้ไม่จำกัด ระหว่าง 0-10,000 ppm HC
- ค่า Response time (T<sub>90</sub>) ไม่เกิน 1.5 วินาที ที่อัตราการไหลของแก๊ส 3 ลิตรต่อนาที

- ค่า Zero/Span drift เมื่อเทียบกับค่าเต็มสเกลอยู่ในช่วง  $\pm 1\%$  ในช่วงระยะเวลา 8 ชั่วโมง (ที่อุณหภูมิห้อง ซึ่งมีความแปรปรวนไม่เกิน  $\pm 5$  องศาเซลเซียส)

- ค่า Linearity คลาดเคลื่อนไม่เกิน  $\pm 1\%$  ของค่าเต็มสเกล

3) ระบบวิเคราะห์แก๊สออกไซด์ของไนโตรเจน (NO<sub>x</sub>) Analyzer ชนิด Chemiluminescence detector (CLD) มีคุณสมบัติดังนี้

- สามารถวัดช่วงการวัด NO<sub>x</sub> ได้ 4 ช่วงการตรวจวัดต่อครั้ง และค่าของการตรวจวัดสามารถเปลี่ยนแปลงได้ไม่จำกัด ระหว่าง 0-10,000 ppm
- มี NO<sub>x</sub> converter ที่มีประสิทธิภาพมากกว่า 95 % ที่ความเข้มข้นของ NO<sub>x</sub> ใดๆ ตลอดช่วงการตรวจวัดระหว่าง 0-10,000 ppm

- ค่า Response time ( $T_{90}$ ) ไม่เกิน 1.5 วินาที ที่อัตราการไหลของแก๊ส 3 ลิตรต่อ นาที
- ค่า Zero/Span drift เมื่อเทียบกับค่าเต็มสเกลอยู่ในช่วง  $\pm 1 \%$  ในช่วงเวลา 8 ชั่วโมง (ที่อุณหภูมิห้อง ซึ่งมีความแปรปรวนไม่เกิน  $\pm 5$  องศาเซลเซียส)
- ค่า Linearity คลาดเคลื่อนไม่เกิน  $\pm 1 \%$  ของค่าเต็มสเกล
- ใช้แก๊ส  $O_2$  เป็น Operating gas

#### 2.3.4 การวัดแบบ CVS measurement ประกอบด้วย

- 1) ระบบการวิเคราะห์คาร์บอนมอนอกไซด์ ( $CO$ ) และคาร์บอนไดออกไซด์ ( $CO_2$ ) Analyzer ชนิด Non-Dispersive infrared (NDIR) มีคุณสมบัติดังนี้
  - สามารถวัดช่วงการวัด  $CO$  ได้ 4 ช่วงการตรวจวัดต่อครั้ง และค่าของการตรวจวัดสามารถเปลี่ยนแปลงได้ไม่จำกัด ระหว่าง  $0-6 \%$   $CO$
  - สามารถวัดช่วงการวัด  $CO_2$  ได้ 4 ช่วงการตรวจวัดต่อครั้ง และค่าของการตรวจวัดสามารถเปลี่ยนแปลงได้ไม่จำกัด ระหว่าง  $0-10 \%$   $CO_2$
  - ค่า Response time ( $T_{90}$ ) Long cell bench สำหรับ  $CO$  (low concentration) ประมาณ 3 วินาที ที่อัตราการไหลของแก๊ส 5 ลิตรต่อนาที Short cell bench สำหรับ  $CO/CO_2$  (High concentration) ประมาณ 1.5 วินาที ที่อัตราการไหลของแก๊ส 3 ลิตรต่อนาที
  - ค่า Zero/Span drift เมื่อเทียบกับค่าเต็มสเกลอยู่ในช่วง  $\pm 1 \%$  ในช่วงเวลา 8 ชั่วโมง (ที่อุณหภูมิห้อง ซึ่งมีความแปรปรวนไม่เกิน  $\pm 5$  องศาเซลเซียส)
  - ค่า Linearity คลาดเคลื่อนไม่เกิน  $\pm 1 \%$  ของค่าเต็มสเกล
- 2) ระบบวิเคราะห์แก๊สไฮโดรคาร์บอนทั้งหมด (THC) Analyzer ชนิด Flame ionization detector (FID) มีคุณสมบัติดังนี้
  - สามารถวัดช่วงการวัด HC ได้ 4 ช่วงการตรวจวัดต่อครั้ง และค่าของการตรวจวัดสามารถเปลี่ยนแปลงได้ไม่จำกัด ระหว่าง  $0-20,000$  ppm HC
  - ค่า Response time ( $T_{90}$ ) ไม่เกิน 1.5 วินาที
  - ค่า Zero/Span drift เมื่อเทียบกับค่าเต็มสเกลอยู่ในช่วง  $\pm 1 \%$  และเมื่อเทียบกับค่าที่อ่านได้อยู่ในช่วง  $\pm 2$  โดยใช้ค่าที่น้อยกว่าเป็นเกณฑ์ในช่วงระยะเวลา 8 ชั่วโมง (ที่อุณหภูมิห้อง ซึ่งมีความแปรปรวนไม่เกิน  $\pm 5$  องศาเซลเซียส)
  - ค่า Linearity คลาดเคลื่อนไม่เกิน  $\pm 1 \%$  ของค่าเต็มสเกลและ  $\pm 2 \%$  ของค่าที่อ่านได้โดยใช้ค่าที่น้อยกว่าเป็นเกณฑ์

- Operating gases ที่ใช้ Fuel : 40 % H<sub>2</sub> in He (standard) Burner air : HC-free

air

3) ระบบวิเคราะห์ แก๊สออกไซด์ของไนโตรเจน (NO<sub>x</sub>) Analyzer ชนิด chemiluminescen detector (CLD) มีคุณสมบัติดังนี้

- สามารถวัดช่วงการวัด NO<sub>x</sub> ได้ 4 ช่วงการตรวจวัดต่อครั้ง และค่าของการตรวจวัดสามารถเปลี่ยนแปลงได้ไม่จำกัด ระหว่าง 0-10,000 ppm
- มี NO<sub>x</sub> converter ที่มีประสิทธิภาพมากกว่า 95 % ที่ความเข้มข้นของ NO<sub>x</sub> ใดๆ ตลอดช่วงการตรวจวัดระหว่าง 0-10,000 ppm
- ค่า Response time (T<sub>90</sub>) ไม่เกิน 1.5 วินาที ที่อัตราการไหลของแก๊ส 3 ลิตรต่อ นาที
- ค่า Zero/Span drift เมื่อเทียบกับค่าเต็มสเกลอยู่ในช่วง  $\pm 1$  % ในช่วงเวลา 8 ชั่วโมง (ที่อุณหภูมิห้อง ซึ่งมีความแปรปรวนไม่เกิน  $\pm 5$  องศาเซลเซียส)
- ค่า Linearity คลาดเคลื่อนไม่เกิน  $\pm 1$  % ของค่าเต็มสเกล
- ใช้แก๊ส O<sub>2</sub> เป็น Operating gas

2.3.5 ค่า Accuracy ของระบบการวิเคราะห์แก๊สสารมลพิษต่างๆ ไม่เกิน  $\pm 2$  % เมื่อเทียบกับค่าแท้จริง (True value) ของ Calibration gas

2.3.6 เครื่องวิเคราะห์เหล่านี้สามารถต่อเชื่อมเพื่อใช้วัดตัวอย่างอากาศที่นำมาใช้ผสมกับไอเสียได้ด้วย

2.3.7 มีอุปกรณ์ดูดความชื้นของแก๊สก่อนเข้าสู่เครื่องวิเคราะห์ (Dryer) ประกอบอยู่ด้วย และไม่มีผลทำให้ปริมาณสารมลพิษในตัวอย่างเปลี่ยนแปลงไปจากเดิม

2.3.8 ค่าความเข้มข้นขององค์ประกอบสารมลพิษแต่ละชนิดสามารถอ่านค่าได้โดยตรง

2.3.9 สามารถปรับ Zero และทำ Span calibration ได้โดยอัตโนมัติ (มี Span gas selector สำหรับ Analyzer แต่ละตัวที่ใช้วัดแบบ CVS measurement)

2.3.10 มีอุปกรณ์สั่งและแสดงคำสั่งการทำงานของเครื่องมือในระบบวิเคราะห์ค่าสารมลพิษและระบบเก็บตัวอย่างให้ทำงานได้เหมาะสมกับวิธีการทดสอบรวมทั้งสามารถส่งสัญญาณแสดงข้อมูลการทำงานของระบบดังกล่าวไปยังเครื่องควบคุมการทำงานและประมวลผลได้

2.3.11 มีอุปกรณ์ตรวจสอบการรั่วไหลของระบบวิเคราะห์ค่าสารมลพิษ (Line leak chacker)

2.3.12 การตรวจสอบการทำงาน การทำความสะอาดและการบำรุงรักษาระบบวาล์วปั๊มและไส้กรองสามารถทำได้โดยง่าย

2.4 ระบบควบคุมการทำงานและประมวลผลข้อมูล (Vehicle emission test control system) เป็นชุดเครื่องมือที่ใช้ควบคุมการทำงานของเครื่องมือต่างๆ ในระบบและรับข้อมูลจากเครื่องมือเหล่านั้นมาทำการประมวลผล ประกอบด้วยเครื่องมือหลัก 2 ส่วน ดังนี้

2.4.1 เครื่องควบคุมการทำงานและประมวลผล เป็นคอมพิวเตอร์ที่ใช้ควบคุมการเชื่อมต่อต่างๆ ในระบบให้ทำงานสอดคล้องกันและเป็นไปตามข้อกำหนด สามารถอ่านข้อมูลที่ได้จากการทดสอบ ประมวลผลข้อมูล รายงานผลและจัดพิมพ์ตามรูปแบบที่ต้องการได้ และมีระบบเก็บข้อมูลสำรองที่เหมาะสมต่อการใช้งาน ดังนี้

- 1) มีโปรแกรมควบคุมการทำงานของเครื่องมือต่อเชื่อมต่างๆ ให้ทำงานสอดคล้องกัน
- 2) มีโปรแกรมสำหรับตรวจสอบการทำงานได้ทั้งระบบและความผิดปกติที่อาจเกิดขึ้นได้กับเครื่องมือต่อเชื่อมต่างๆ
- 3) มีโปรแกรมสำหรับการปรับเทียบเครื่องมือต่อเชื่อมต่างๆ
- 4) สามารถควบคุมการทำงานได้ทั้งระบบ CVS measurement และระบบ Drirect measurement
- 5) ค่าสารมลพิษจากการตรวจวัดสามารถแสดงผลเป็นตัวเลขได้ 2 แบบ ได้แก่ ค่า Average concentration (หน่วยเป็น ppm) และสามารถเลือกค่ามวลต่อครั้งการทดสอบ (หน่วย g/km) โดยปรากฏบนจอและสามารถพิมพ์บันทึกผลข้อมูลได้

2.4.2 อุปกรณ์ช่วยการขับรถยนต์ (Driver's aid) เป็นอุปกรณ์แสดงสถานะการขับรถยนต์ทดสอบ โดยเปรียบเทียบกับภาวะการขับรถยนต์ที่กำหนดในมาตรฐาน ดังนี้

- 1) คอมพิวเตอร์ ที่มีโปรแกรมการขับรถยนต์ (test cycle) ตามมาตรฐานการทดสอบและสามารถปรับตั้งให้ใช้วิธีการอื่นๆ ได้
- 2) มีอุปกรณ์ให้ผู้ขับรถยนต์ขณะทดสอบสามารถควบคุมให้เริ่มหรือหยุดการทดสอบได้สะดวก
- 3) มีอุปกรณ์เชื่อมกับเครื่องควบคุมการทำงานและประมวลผลให้ทำงานร่วมกันได้

2.5 อุปกรณ์และวัสดุต่างๆ ที่จำเป็นสำหรับการปรับเทียบเครื่องมือ (Calibration equipment) ดังนี้

#### 2.5.1 อุปกรณ์ปรับเทียบระบบเครื่องวิเคราะห์ค่าสารมลพิษ

- 1) Standard gas divider ที่มีความคลาดเคลื่อนไม่เกิน  $\pm 0.5\%$  ที่สามารถปรับเทียบระบบการวิเคราะห์แก๊สชนิดต่างๆ ได้
- 2) NO<sub>x</sub> converter checker
- 3) Standard gas purifier แบบ Catalytic oxidation and absorption ชนิด Double-column ที่สามารถทำให้อากาศและไนโตรเจนบริสุทธิ์ได้จนมีปริมาณการปนเปื้อนของ CO, NO<sub>x</sub>, SO<sub>x</sub> เท่ากับ 0.1 ppm และ HC เท่ากับ 0.02 ppmc

#### 2.5.2 อุปกรณ์ปรับเทียบ CVS

- 1) Laminar flow element สามารถให้อัตราการไหลที่เหมาะสมต่อการปรับเทียบ CVS
- 2) Manometer ชนิดที่เหมาะสมในการใช้ปรับเทียบ CVS
- 3) แก๊สโพรเพน บรรจุในถังเหล็กสำหรับการปรับเทียบ CVS พร้อมอุปกรณ์ CFO Check

2.6 แก๊สชนิดต่างๆ สำหรับวิเคราะห์และปรับเครื่องมือ (Calibration and operating gases and pressure regulator) เกรดเป็น Master gas ดังนี้

2.6.1 แก๊สบริสุทธิ์ (Pure gases) ได้แก่ แก๊สไนโตรเจนบริสุทธิ์ (C น้อยกว่าหรือเท่ากับ 1 ppm CO น้อยกว่าหรือเท่ากับ 1 ppm CO<sub>2</sub> น้อยกว่าหรือเท่ากับ 400 ppm NO น้อยกว่าหรือเท่ากับ 0.1 ppm) อากาศสังเคราะห์ (C น้อยกว่าหรือเท่ากับ 1 ppm CO น้อยกว่าหรือเท่ากับ 1 ppm CO<sub>2</sub> น้อยกว่าหรือเท่ากับ 400 ppm NO น้อยกว่าหรือเท่ากับ 0.1 ppm O<sub>2</sub> เท่ากับ 18-21 %) แก๊สออกซิเจนบริสุทธิ์ (O<sub>2</sub> น้อยกว่าหรือเท่ากับ 99.5) แก๊สผสมระหว่างไฮโดรเจนและฮีเลียม อัตราส่วน 40 : 60 (C น้อยกว่าหรือเท่ากับ 1 ppm CO<sub>2</sub> น้อยกว่าหรือเท่ากับ 400 ppm)

2.6.2 แก๊สสำหรับการปรับเทียบเครื่องมือและทดสอบ (Calibration and span gases) ได้แก่ แก๊สผสมระหว่าง C<sub>3</sub>H<sub>8</sub> และอากาศสังเคราะห์บริสุทธิ์ แก๊สผสมระหว่าง C<sub>3</sub>H<sub>8</sub> และไนโตรเจนบริสุทธิ์ แก๊สผสมระหว่าง CO และไนโตรเจนบริสุทธิ์ แก๊สผสมระหว่าง CO<sub>2</sub> และไนโตรเจนบริสุทธิ์ แก๊สผสมระหว่าง NO และไนโตรเจนบริสุทธิ์

2.6.3 มีอุปกรณ์ปรับความดันแบบมาตรฐาน (Pressure regulator) แบบชนิด 2 หัววัดอ่านค่าความดันได้ทั้งแก๊สบรรจุภายในถังและความดันแก๊สที่ถูกปล่อยออกไปใช้งานเข้าสู่ระบบทดสอบ

## 2.7 อุปกรณ์เพิ่มเติม

2.7.1 เครื่องบันทึกผลด้วยกราฟ (Multichannel recorder) สำหรับบันทึกค่าสารมลพิษที่วัดได้จากเครื่องวิเคราะห์ค่าสารมลพิษ

2.7.2 Inclined – tube manometer ใช้วัดความดันภายใน crankcase ของเครื่องยนต์ ความคลาดเคลื่อนไม่เกิน  $\pm 0.01$  KPa

2.7.3 เครื่องวัดอุณหภูมิแบบ U – TUBE วัดอุณหภูมิที่มีค่าความผิดพลาดไม่เกิน  $\pm 1.0$  องศาเซลเซียส

2.7.4 เครื่องวัดความดันบรรยากาศแบบ Precision fortin barometer สำหรับวัดความดันบรรยากาศในห้องทดสอบมีความละเอียด  $\pm 0.01$  KPa และมี Sencor วัดความดันบรรยากาศในห้องทดสอบที่มีความละเอียด  $\pm 0.01$  KPa แสดงผลบนจอคอมพิวเตอร์ประมวลผลอัตโนมัติ

2.7.5 เครื่องวัดความชื้นสัมบูรณ์แบบ Precision hair hygrometer สำหรับวัดความชื้นสัมบูรณ์ (Absolute humidity) ในห้องทดสอบที่มีความละเอียด  $\pm 5\%$  และมี Sencor วัดความชื้นสัมบูรณ์ในห้องทดสอบที่มีความละเอียด  $\pm 5\%$  แสดงผลบนจอคอมพิวเตอร์ประมวลผลอัตโนมัติ



## ภาคผนวก ข2

รายละเอียดทางเทคนิค ห้องปฏิบัติการตรวจวัดรถยนต์ขนาดเล็กที่ใช้เครื่องยนต์ดีเซล

“คู่มือการปฏิบัติงานห้องปฏิบัติการตรวจวัดมลพิษจากยานพาหนะ”

### 1. คุณลักษณะทั่วไป

1.1 เป็นเครื่องมือและอุปกรณ์สำหรับเก็บตัวอย่างและตรวจวัดปริมาณสารมลพิษในอากาศ คือ CO, CO<sub>2</sub>, HC และ NO<sub>x</sub> จากรถยนต์ที่ใช้เครื่องยนต์เบนซินและมีขนาดน้ำหนักบรรทุกรวม (Gross vehicle weight) ระหว่าง 400-3,500 กิโลกรัม

1.2 เครื่องมือและอุปกรณ์สำหรับเก็บตัวอย่างและตรวจวัดปริมาณสารมลพิษในอากาศ ประกอบด้วยส่วนต่างๆ ดังต่อไปนี้

1.2.1 ระบบแชสซิสไดนาโมมิเตอร์ (Chassis dynamometer)

1.2.2 ระบบเก็บตัวอย่าง (Exhaust gas sampling system)

1.2.3 ระบบวิเคราะห์ค่าสารมลพิษ (Emission analysis system)

1.2.4 ระบบควบคุมการทำงานและประมวลผลข้อมูล (Vehicle emission test control system)

1.2.5 อุปกรณ์และวัสดุต่างๆ สำหรับใช้ปรับเทียบเครื่องมือ (Calibration equipment)

1.2.6 แก๊สชนิดต่างๆ สำหรับการวิเคราะห์และปรับเทียบเครื่องมือ (Calibration and operating gases)

1.2.7 อุปกรณ์เพิ่มเติม (Accessory)

## 2. คุณลักษณะเฉพาะ

2.1 ระบบแชสซิสไดนาโมมิเตอร์ (Chassis dynamometer) ประกอบด้วยอุปกรณ์ 2 ส่วน คือชุดอุปกรณ์ทางกล (Mechanical unit) และชุดควบคุม (Control unit)

### 2.1.1 ชุดอุปกรณ์ทางกล (Mechanical unit)

- 1) Roller เป็นแบบ Single roller ระยะการใช้งาน (Effective range) ค่าต่ำสุดเท่ากับ 914 มิลลิเมตร และค่าสูงสุดเท่ากับ 2,184 มิลลิเมตร ความเร็วสูงสุดของ Roller 200 กิโลเมตรต่อชั่วโมง
- 2) Electrical mass simulation สามารถปรับตั้ง inertia range ได้ระหว่าง 400-3,500 กิโลกรัม การปรับค่า inertia จะปรับได้ตามที่กำหนดใน ECE R83 91/441/EEC และ 93/59/EEC
- 3) Power absorption unit เป็นแบบชนิด DC dynamometer มี Capacity สูงสุดของการ Absorption และ Drive เท่ากับ 150 กิโลวัตต์ ที่ 100 กิโลเมตรต่อชั่วโมง Road load range เท่ากับ 0-500 กิโลกรัม แรง ค่า Dynamometer load ต่างจาก Road load ไม่เกิน 5 % ที่ความเร็ว 30, 40, 50 กิโลเมตรต่อชั่วโมง และไม่เกิน 10 % ที่ความเร็ว 20 กิโลเมตร หากความเร็วต่ำกว่า 20 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ค่า Dynamometer load มากกว่า Road load
- 4) สามารถชดเชยความสูญเสียทางกล (Mechanical loss) ได้โดยอัตโนมัติ
- 5) การวัดความเร็วของรถยนต์วัดที่ Roller มีความคลาดเคลื่อนไม่เกิน  $\pm 1$  กิโลเมตรต่อชั่วโมง ที่ความเร็วตั้งแต่ 10 กิโลเมตรต่อชั่วโมงขึ้นไป
- 6) มีพัดลมระบายความร้อน (Cooling fan) ที่ทำงานร่วมกับแชสซิสไดนาโมมิเตอร์ได้ดี โดยสามารถให้ความเร็วลมแปรตามความเร็วของลูกกลิ้งได้ โดยมีขนาดที่สามารถทำให้ความเร็วของลมที่พัดผ่านมีความเร็วเท่ากับรถยนต์ที่วิ่งอยู่จริงตามโปรแกรมการขับรถยนต์ (Test cycle) โดยความเร็วเชิงเส้นเริ่มต้น (Initial linear) ของลูกกลิ้งในช่วง 10-50 กิโลเมตรต่อชั่วโมง คลาดเคลื่อนไม่เกิน 10 % ของความเร็วสัมพัทธ์ (Relative speed) และกรณีความเร็วของลูกกลิ้งน้อยกว่า 10 กิโลเมตรต่อชั่วโมงความเร็วของลมจะต่ำมาก
- 7) มีอุปกรณ์จับยึดรถยนต์เพื่อป้องกันอุบัติเหตุขณะทำการทดสอบ
- 8) มี Centering device ช่วยบังคับให้ล้อรถยนต์อยู่ตรงกลางของ Roller ตลอดเวลาขณะวิ่งบน Roller ระหว่างทำการทดสอบ

### 2.1.2 ชุดควบคุม (Control unit)

- 1) สามารถตั้งเงื่อนไขการทำงานและควบคุมการทำงานของชุดอุปกรณ์ทางกลต่างๆ ได้ตามข้อกำหนด
- 2) Load curve สามารถปรับเปลี่ยนได้
- 3) ค่าความคลาดเคลื่อนในการวัดและการอ่าน Load ไม่เกิน  $\pm 5 \%$
- 4) สามารถแสดงค่าความเร็ว ค่า Load และค่า Torque หรือ Power ของ Dynamometer ได้
- 5) สามารถบันทึกความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วกับเวลาในระหว่างการทดสอบได้ เพื่อประเมินความถูกต้องของรูปแบบการทดสอบ
- 6) มีอุปกรณ์ปรับเทียบความแม่นยำของ Chassis dynamometer

2.2 ระบบเก็บตัวอย่าง (Exhaust gas sampling system) เป็นเครื่องมือที่ใช้เก็บและเตรียมตัวอย่างสำหรับการตรวจวัดปริมาณสารมลพิษ ทั้งแบบ Direct measurement และ Constant volume sampler (CVS) measurement ประกอบด้วยเครื่องมือ 2 ส่วน

2.2.1 ระบบเก็บตัวอย่างแบบตรง (Direct sampler) มีหัวเก็บตัวอย่าง (Sampling probe) เป็นไปตาม ISO 3930 และมีท่อต่อไปที่ระบบวิเคราะห์สารมลพิษได้โดยตรง

2.2.2 ระบบเก็บตัวอย่างแบบเจือจางด้วยอากาศ (Constant volume sampler) เป็นเครื่องมือที่ใช้เก็บไอเสียทั้งหมดจากเครื่องยนต์แล้วเจือจางด้วยอากาศ โดยใช้ Critical flow venturi (CFV) ควบคุมอัตราการไหลของตัวอย่างผสมให้คงที่ และส่งไปยังถุงเก็บตัวอย่าง เครื่องมือนี้ประกอบไปด้วย ชุดควบคุม (Controller Unit) ชุดเก็บตัวอย่าง (Sampling unit) ชุดดูดตัวอย่างผสม (Suction unit) และท่อต่อเชื่อม (Interconnecting duct) มีคุณลักษณะเฉพาะที่สำคัญ ดังนี้

- 1) ชุดควบคุม (Controller unit) สามารถตั้งและควบคุมทำงานให้เป็นไปตามข้อกำหนดได้ตามวิธีการทดสอบ สามารถแสดงรายละเอียดการทำงานที่ตั้งไว้ (Set conditions) ได้ชัดเจนและสะดวกบนจอภาพ
- 2) ชุดเก็บตัวอย่าง (Sampling unit) ไอเสียถูกออกแบบให้เจือจางด้วยอากาศอย่างต่อเนื่อง และผสมเป็นเนื้อเดียวกันอย่างสม่ำเสมอ และมีอุปกรณ์ที่ทำให้อัตราการไหลของตัวอย่างผสม เป็นไปอย่างคงที่และต่อเนื่อง

- มี Heat exchanger ที่สามารถควบคุมอุณหภูมิของตัวอย่างไอเสียที่ผสมแล้ว โดยมีความคลาดเคลื่อนไม่เกิน  $\pm 6$  องศาเซลเซียส จากอุณหภูมิเดิมตลอดการทดสอบ
  - มีอุปกรณ์สำหรับกรองอากาศที่นำมาผสมอยู่ในตัวอย่างไอเสีย โดยสามารถกรองไฮโดรคาร์บอนให้เหลือไม่เกิน 15 ppmc
  - มีอุปกรณ์กำจัดฝุ่นและความชื้นที่ผสมอยู่ในตัวอย่างไอเสียที่ผสมแล้ว โดยไม่ทำให้ความเข้มข้น ของตัวอย่างไอเสียที่ผสมแล้วเปลี่ยนแปลงไป และสามารถกำจัดฝุ่นออกจาก ระบบได้ง่าย
  - มีอุปกรณ์วัดความดันและอุณหภูมิของตัวอย่างผสม ซึ่งมีความคลาดเคลื่อนไม่ เกิน  $\pm 0.4$  kPa และไม่เกิน  $\pm 1$  องศาเซลเซียส ตามลำดับ
  - มีอุปกรณ์วัดปริมาตร ของตัวอย่างไอเสียที่ผสมแล้ว โดยมีความคลาดเคลื่อนไม่ เกิน  $\pm 2$  %
  - มี Critical flow venturi จำนวน 3 ขนาด ที่อัตรา 14, 24 และ 36 ลูกบาศก์เมตร ต่อนาที ซึ่งเหมาะสมต่อการทดสอบไอเสียจากรถยนต์ที่ใช้เครื่องยนต์ดีเซล ถึง 3,000 ลูกบาศก์ เซนติเมตร
  - มีระบบเก็บ Particulates
  - มีระบบเก็บตัวอย่างไอเสียอุณหภูมิสูง (Heated sampling unit) สามารถรักษา อุณหภูมิทุกส่วนของระบบนี้ไว้ที่  $190 \pm 10$  องศาเซลเซียส ได้ตลอดการทดสอบ โดยมีคุณลักษณะ ดังนี้ ไอเสียจะถูกทำให้เจือจางด้วยอากาศอย่างต่อเนื่องและผสมเป็นเนื้อเดียวกันอย่างสม่ำเสมอแล้ว ส่งไปวิเคราะห์ปริมาณไฮโดรคาร์บอน มีอุปกรณ์กรองฝุ่น ขนาดตั้งแต่ 0.3 ไมครอน ได้มากกว่า 99 % สามารถรักษาอัตราการไหลของตัวอย่างที่ผสมให้คงที่และสม่ำเสมอ
- 3) ชุดดูดตัวอย่างผสม (Suction unit) สามารถควบคุมอัตราการไหลของตัวอย่าง ผสมให้คงที่อย่างต่อเนื่อง
  - 4) เครื่องมือทั้งระบบจะไม่มีจุดรั่วไหลหรือมีผลให้ความเข้มข้นของสารมลพิษใน ตัวอย่างเปลี่ยนแปลงไปจากเดิม และสามารถตรวจสอบการรั่วไหลได้
  - 5) สามารถรักษาความดันสถิตย (Static pressure) ในระบบเก็บตัวอย่างได้
  - 6) ถังเก็บตัวอย่างผสมที่ติดตั้งกับเครื่อง จำนวน 6 ใบ และไม่ทำให้ค่าสารมลพิษ ของตัวอย่างเปลี่ยนแปลงมากกว่า  $\pm 2$  % หลังจากใช้เก็บตัวอย่างไว้นาน 20 นาที
  - 7) มีระบบ Bag line purge ที่สามารถใช้งานได้สะดวกและรวดเร็ว
  - 8) มีระบบระบายไอเสียส่วนที่ไม่ต้องการใช้ออกนอกห้องทดสอบได้

## 2.3 ระบบวิเคราะห์ค่าสารมลพิษ (Emission analysis system)

2.3.1 สามารถใช้วัดค่าสารมลพิษได้ทั้งแบบ Direct measurement และ แบบ Constant volume sampler measurement (CVS) โดยมีระบบวิเคราะห์ ดังต่อไปนี้

1) ระบบการวิเคราะห์แก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) และแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ (CO<sub>2</sub>) ยี่ห้อPIERBURG รุ่น NDIR PIA-2000 สามารถวัดแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ แบบ Constant volume sampler measurement (CVS) และแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ แบบ Direct measurement และ แบบ Constant volume sampler measurement (CVS)

2) ระบบการวิเคราะห์แก๊สไฮโดรคาร์บอน (HC) และแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) ยี่ห้อPIERBURG รุ่น NDIR PIA-2000 สามารถวัดแก๊สไฮโดรคาร์บอน และแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์แบบ Direct measurement

3) ระบบการวิเคราะห์แก๊สไฮโดรคาร์บอนทั้งหมด (THC) ยี่ห้อPIERBURG รุ่น FID PM-2000 สำหรับการตรวจวัดแบบ Constant volume sampler measurement (CVS)

4) ระบบการวิเคราะห์แก๊สออกไซด์ของไนโตรเจน (NO<sub>x</sub>) ยี่ห้อPIERBURG รุ่น CLD PM-2000 แบบสามารถวัดได้แบบ Direct measurement และแบบ Constant volume sampler measurement (CVS)

2.3.2 ระบบการวิเคราะห์แก๊สสารมลพิษชนิดต่างๆ เป็นแบบปรับเลือกการวัดได้โดยอัตโนมัติ (Automatic range selector)

## 2.3.3 การวัดแบบ Direct measurement ประกอบด้วย

1) ระบบวิเคราะห์ แก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) และแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ (CO<sub>2</sub>) Analyzer ชนิด Non-Dispersive infrared (NDIR) มีคุณสมบัติดังนี้

- สามารถวัดช่วงการวัด CO ได้ 4 ช่วงการตรวจวัดต่อครั้ง และค่าของการตรวจวัดสามารถเปลี่ยนแปลงได้ไม่จำกัด ระหว่าง 0-10 % CO

- สามารถวัดช่วงการวัด CO<sub>2</sub> ได้ 4 ช่วงการตรวจวัดต่อครั้ง และค่าของการตรวจวัดสามารถเปลี่ยนแปลงได้ไม่จำกัด ระหว่าง 0-20 % CO<sub>2</sub>

นาที่

- ค่า Response time ( $T_{90}$ ) ไม่เกิน 1.5 วินาที ที่อัตราการไหลของแก๊ส 3 ลิตรต่อ

ชั่วโมง (ที่อุณหภูมิห้อง ซึ่งมีความแปรปรวนไม่เกิน  $\pm 5$  องศาเซลเซียส)

- ค่า Linearity คลาดเคลื่อนไม่เกิน  $\pm 1\%$  ของค่าเต็มสเกล

2) ระบบวิเคราะห์แก๊สไฮโดรคาร์บอน (HC) Analyzer ชนิด Non-Dispersive infrared (NDIR) มีคุณสมบัติดังนี้

- สามารถวัดช่วงการวัด HC ได้ 4 ช่วงการตรวจวัดต่อครั้ง และค่าของการตรวจวัดสามารถเปลี่ยนแปลงได้ไม่จำกัด ระหว่าง 0-10,000 ppm HC

นาที่

- ค่า Response time ( $T_{90}$ ) ไม่เกิน 1.5 วินาที ที่อัตราการไหลของแก๊ส 3 ลิตรต่อ

ชั่วโมง (ที่อุณหภูมิห้อง ซึ่งมีความแปรปรวนไม่เกิน  $\pm 5$  องศาเซลเซียส)

- ค่า Linearity คลาดเคลื่อนไม่เกิน  $\pm 1\%$  ของค่าเต็มสเกล

3) ระบบวิเคราะห์แก๊สออกไซด์ของไนโตรเจน ( $\text{NO}_x$ ) Analyzer ชนิด Chemiluminescence detector (CLD) มีคุณสมบัติดังนี้

- สามารถวัดช่วงการวัด  $\text{NO}_x$  ได้ 4 ช่วงการตรวจวัดต่อครั้ง และค่าของการตรวจวัดสามารถเปลี่ยนแปลงได้ไม่จำกัด ระหว่าง 0-10,000 ppm

- มี  $\text{NO}_x$  converter ที่มีประสิทธิภาพมากกว่า 95 % ที่ความเข้มข้นของ  $\text{NO}_x$  ใดๆ ตลอดช่วงการตรวจวัดระหว่าง 0-10,000 ppm

นาที่

- ค่า Response time ( $T_{90}$ ) ไม่เกิน 1.5 วินาที ที่อัตราการไหลของแก๊ส 3 ลิตรต่อ

ชั่วโมง (ที่อุณหภูมิห้อง ซึ่งมีความแปรปรวนไม่เกิน  $\pm 5$  องศาเซลเซียส)

- ค่า Linearity คลาดเคลื่อนไม่เกิน  $\pm 1\%$  ของค่าเต็มสเกล

- ใช้แก๊ส  $\text{O}_2$  เป็น Operating gas

#### 2.3.4 การวัดแบบ CVS measurement ประกอบด้วย

1) ระบบการวิเคราะห์คาร์บอนมอนอกไซด์ ( $\text{CO}$ ) และคาร์บอนไดออกไซด์ ( $\text{CO}_2$ ) Analyzer ชนิด Non-Dispersive infrared (NDIR) มีคุณสมบัติดังนี้

- สามารถวัดช่วงการวัด CO ได้ 4 ช่วงการตรวจวัดต่อครั้ง และค่าของการตรวจวัดสามารถเปลี่ยนแปลงได้ไม่จำกัด ระหว่าง 0-6 % CO

- สามารถวัดช่วงการวัด CO<sub>2</sub> ได้ 4 ช่วงการตรวจวัดต่อครั้ง และค่าของการตรวจวัดสามารถเปลี่ยนแปลงได้ไม่จำกัด ระหว่าง 0-10 % CO<sub>2</sub>

- ค่า Response time (T<sub>90</sub>) Long cell bench สำหรับ CO (low concentration) ประมาณ 3 วินาที ที่อัตราการไหลของแก๊ส 5 ลิตรต่อนาที Short cell bench สำหรับ CO/CO<sub>2</sub> (High concentration) ประมาณ 1.5 วินาที ที่อัตราการไหลของแก๊ส 3 ลิตรต่อนาที

- ค่า Zero/Span drift เมื่อเทียบกับค่าเต็มสเกลอยู่ในช่วง  $\pm 1\%$  ในช่วงเวลา 8 ชั่วโมง (ที่อุณหภูมิห้อง ซึ่งมีความแปรปรวนไม่เกิน  $\pm 5$  องศาเซลเซียส)

- ค่า Linearity คลาดเคลื่อนไม่เกิน  $\pm 1\%$  ของค่าเต็มสเกล

2) ระบบวิเคราะห์ แก๊สไฮโดรคาร์บอนทั้งหมด (THC) Analyzer ชนิด Flame ionization detector (FID) มีคุณสมบัติดังนี้

- สามารถวัดช่วงการวัด HC ได้ 4 ช่วงการตรวจวัดต่อครั้ง และค่าของการตรวจวัดสามารถเปลี่ยนแปลงได้ไม่จำกัด ระหว่าง 0-20,000 ppm HC

- ค่า Response time (T<sub>90</sub>) ไม่เกิน 1.5 วินาที

- ค่า Zero/Span drift เมื่อเทียบกับค่าเต็มสเกลอยู่ในช่วง  $\pm 1\%$  และเมื่อเทียบกับค่าที่อ่านได้อยู่ในช่วง  $\pm 2\%$  โดยใช้ค่าที่น้อยกว่าเป็นเกณฑ์ในช่วงระยะเวลา 8 ชั่วโมง (ที่อุณหภูมิห้อง ซึ่งมีความแปรปรวนไม่เกิน  $\pm 5$  องศาเซลเซียส)

- ค่า Linearity คลาดเคลื่อนไม่เกิน  $\pm 1\%$  ของค่าเต็มสเกลและ  $\pm 2\%$  ของค่าที่อ่านได้โดยใช้ค่าที่น้อยกว่าเป็นเกณฑ์

- Operating gases ที่ใช้ Fuel : 40 % H<sub>2</sub> in He (standard) Burner air : HC-free air

3) ระบบวิเคราะห์ แก๊สออกไซด์ของไนโตรเจน (NO<sub>x</sub>) Analyzer ชนิด chemiluminescence detector (CLD) มีคุณสมบัติดังนี้

- สามารถวัดช่วงการวัด NO<sub>x</sub> ได้ 4 ช่วงการตรวจวัดต่อครั้ง และค่าของการตรวจวัดสามารถเปลี่ยนแปลงได้ไม่จำกัด ระหว่าง 0-10,000 ppm

- มี NO<sub>x</sub> converter ที่มีประสิทธิภาพมากกว่า 95 % ที่ความเข้มข้นของ NO<sub>x</sub> ใดๆ ตลอดช่วงการตรวจวัดระหว่าง 0-10,000 ppm

- ค่า Response time (T<sub>90</sub>) ไม่เกิน 1.5 วินาที ที่อัตราการไหลของแก๊ส 3 ลิตรต่อนาที

- ค่า Zero/Span drift เมื่อเทียบกับค่าเต็มสเกลอยู่ในช่วง  $\pm 1 \%$  ในช่วงเวลา 8 ชั่วโมง (ที่อุณหภูมิห้อง ซึ่งมีความแปรปรวนไม่เกิน  $\pm 5$  องศาเซลเซียส)
- ค่า Linearity คลาดเคลื่อนไม่เกิน  $\pm 1 \%$  ของค่าเต็มสเกล
- ใช้แก๊ส  $O_2$  เป็น Operating gas
- ค่า Accuracy ของระบบการวิเคราะห์แก๊สสารมลพิษต่างๆ ไม่เกิน  $\pm 2 \%$  เมื่อเทียบค่าแท้จริง (True value) ของ Calibration gas

2.3.5 เครื่องวิเคราะห์เหล่านี้สามารถต่อเชื่อมเพื่อใช้วัดตัวอย่างอากาศที่นำมาใช้ผสมกับไอเสียได้ด้วย

2.3.6 มีอุปกรณ์ดูดความชื้นของแก๊สก่อนเข้าสู่เครื่องวิเคราะห์ (Dryer) ประกอบอยู่ด้วย และไม่มีผลทำให้ปริมาณสารมลพิษในตัวอย่างเปลี่ยนแปลงไปจากเดิม

2.3.7 ค่าความเข้มข้นขององค์ประกอบสารมลพิษแต่ละชนิดสามารถอ่านค่าได้โดยตรง

2.3.8 สามารถปรับ Zero และทำ Span calibration ได้โดยอัตโนมัติ (มี Span gas selector สำหรับ Analyzer แต่ละตัวที่ใช้วัดแบบ CVS measurement)

2.3.9 มีอุปกรณ์สั่งและแสดงคำสั่งการทำงานของเครื่องมือในระบบวิเคราะห์ค่าสารมลพิษและระบบเก็บตัวอย่างให้ทำงานได้เหมาะสมกับวิธีการทดสอบรวมทั้งสามารถส่งสัญญาณแสดงข้อมูลการทำงานของระบบดังกล่าวไปยังเครื่องควบคุมการทำงานและประมวลผลได้

2.3.10 มีอุปกรณ์ตรวจสอบการรั่วไหลของระบบวิเคราะห์ค่าสารมลพิษ (Line leak chacker)

2.3.11 การตรวจสอบการทำงาน การทำความสะอาดและการบำรุงรักษาระบบบวาล์วบี้มและไส้กรองสามารถทำได้โดยง่าย

2.4 ระบบควบคุมการทำงานและประมวลผลข้อมูล (Vehicle emission test control system) เป็นชุดเครื่องมือที่ใช้ควบคุมการทำงานของเครื่องมือต่างๆ ในระบบและรับข้อมูลจากเครื่องมือเหล่านั้นมาทำการประมวลผล ประกอบด้วยเครื่องมือหลัก 2 ส่วน ดังนี้

2.4.1 เครื่องควบคุมการทำงานและประมวลผล เป็นคอมพิวเตอร์ที่ใช้ควบคุมการเชื่อมต่างๆ ในระบบให้ทำงานสอดคล้องกันและเป็นไปตามข้อกำหนด สามารถอ่านข้อมูลที่ได้จากการทดสอบ ประมวลผลข้อมูล รายงานผลและจัดพิมพ์ตามรูปแบบที่ต้องการได้ และมีระบบเก็บข้อมูลสำรองที่เหมาะสมต่อการใช้งาน ดังนี้

- 1) มีโปรแกรมควบคุมการทำงานของเครื่องมือต่อเชื่อมต่างๆ ให้ทำงานสอดคล้องกัน
- 2) มีโปรแกรมสำหรับตรวจสอบการทำงานได้ทั้งระบบและความผิดปกติที่อาจเกิดขึ้นได้กับเครื่องมือต่อเชื่อมต่างๆ
- 3) มีโปรแกรมสำหรับการปรับเทียบเครื่องมือต่อเชื่อมต่างๆ
- 4) สามารถควบคุมการทำงานได้ทั้งระบบ CVS measurement และระบบ Drirect measurement
- 5) ค่าสารมลพิษจากการตรวจวัดสามารถแสดงผลเป็นตัวเลขได้ 2 แบบ ได้แก่ ค่า Average concentration (หน่วยเป็น ppm) และสามารถเลือกค่ามวลต่อครั้งการทดสอบ (หน่วย g/km) โดยปรากฏบนจอและสามารถพิมพ์บันทึกผลข้อมูลได้

2.4.2 อุปกรณ์ช่วยการขับรถยนต์ (Driver's aid) เป็นอุปกรณ์แสดงสถานะการขับรถยนต์ทดสอบ โดยเปรียบเทียบกับภาวะการขับรถยนต์ที่กำหนดในมาตรฐาน ดังนี้

- 1) คอมพิวเตอร์ ที่มีโปรแกรมการขับรถยนต์ (test cycle) ตามมาตรฐานการทดสอบและสามารถปรับตั้งให้ใช้วิธีการอื่นๆ ได้
- 2) มีอุปกรณ์ให้ผู้ขับรถยนต์ขณะทดสอบสามารถควบคุมให้เริ่มหรือหยุดการทดสอบได้สะดวก
- 3) มีอุปกรณ์เชื่อมกับเครื่องควบคุมการทำงานและประมวลผลให้ทำงานร่วมกันได้

2.5 อุปกรณ์และวัสดุต่างๆ ที่จำเป็นสำหรับการปรับเทียบเครื่องมือ (Calibration equipment) ดังนี้

2.5.1 อุปกรณ์ปรับเทียบระบบเครื่องวิเคราะห์ค่าสารมลพิษ

1) Standard gas divider ที่มีความคลาดเคลื่อนไม่เกิน  $\pm 0.5\%$  ที่สามารถปรับเทียบระบบการวิเคราะห์แก๊สชนิดต่างๆ ได้

2)  $\text{NO}_x$  converter checker

3) Standard gas purifier แบบ Catalytic oxidation and absorption ชนิด Double-column ที่สามารถทำให้อากาศและไนโตรเจนบริสุทธิ์ได้จนมีปริมาณการปนเปื้อนของ  $\text{CO}$ ,  $\text{NO}_x$ ,  $\text{SO}_x$  เท่ากับ 0.1 ppm และ HC เท่ากับ 0.02 ppmc

## 2.5.2 อุปกรณ์ปรับเทียบ CVS

1) Laminar flow element สามารถให้อัตราการไหลที่เหมาะสมต่อการปรับเทียบ CVS

2) Manometer ชนิดที่เหมาะสมในการใช้ปรับเทียบ CVS

3) แก๊สโพรเพน บรรจุในถังเหล็กสำหรับการปรับเทียบ CVS พร้อมอุปกรณ์ CFO Check

2.6 แก๊สชนิดต่างๆ สำหรับวิเคราะห์และปรับเครื่องมือ (Calibration and operating gases and pressure regulator) เกรดเป็น Master gas ดังนี้

2.6.1 แก๊สบริสุทธิ์ (Pure gases) ได้แก่ แก๊สไนโตรเจนบริสุทธิ์ ( $\text{C}$  น้อยกว่าหรือเท่ากับ 1 ppm  $\text{CO}$  น้อยกว่าหรือเท่ากับ 1 ppm  $\text{CO}_2$  น้อยกว่าหรือเท่ากับ 400 ppm  $\text{NO}$  น้อยกว่าหรือเท่ากับ 0.1 ppm) อากาศสังเคราะห์ ( $\text{C}$  น้อยกว่าหรือเท่ากับ 1 ppm  $\text{CO}$  น้อยกว่าหรือเท่ากับ 1 ppm  $\text{CO}_2$  น้อยกว่าหรือเท่ากับ 400 ppm  $\text{NO}$  น้อยกว่าหรือเท่ากับ 0.1 ppm  $\text{O}_2$  เท่ากับ 18-21 %) แก๊สออกซิเจนบริสุทธิ์ ( $\text{O}_2$  น้อยกว่าหรือเท่ากับ 99.5) แก๊สผสมระหว่างไฮโดรเจนและฮีเลียม อัตราส่วน 40 : 60 ( $\text{C}$  น้อยกว่าหรือเท่ากับ 1 ppm  $\text{CO}_2$  น้อยกว่าหรือเท่ากับ 400 ppm)

2.6.2 แก๊สสำหรับการปรับเทียบเครื่องมือและทดสอบ (Calibration and span gases) ได้แก่ แก๊สผสมระหว่าง  $\text{C}_3\text{H}_8$  และอากาศสังเคราะห์บริสุทธิ์ แก๊สผสมระหว่าง  $\text{C}_3\text{H}_8$  และไนโตรเจนบริสุทธิ์ แก๊สผสมระหว่าง  $\text{CO}$  และไนโตรเจนบริสุทธิ์ แก๊สผสมระหว่าง  $\text{CO}_2$  และไนโตรเจนบริสุทธิ์ แก๊สผสมระหว่าง  $\text{NO}$  และไนโตรเจนบริสุทธิ์

2.6.3 มีอุปกรณ์ปรับความดันแบบมาตรฐาน (Pressure regulator) แบบชนิด 2 หัววัดอ่านค่าความดันได้ทั้งแก๊สบรรจุภายในถังและความดันแก๊สที่ถูกปล่อยออกไปใช้งานเข้าสู่ระบบทดสอบ

## 2.7 อุปกรณ์เพิ่มเติม

2.7.1 เครื่องบันทึกผลด้วยกราฟ (Multichannel recorder) สำหรับบันทึกค่าสารมลพิษที่วัดได้จากเครื่องวิเคราะห์ค่าสารมลพิษ

2.7.2 Inclined – tube manometer ใช้วัดความดันภายใน crankcase ของเครื่องยนต์ ความคลาดเคลื่อนไม่เกิน  $\pm 0.01$  KPa

2.7.3 เครื่องวัดอุณหภูมิแบบ U – TUBE วัดอุณหภูมิที่มีค่าความผิดพลาดไม่เกิน  $\pm 1.0$  องศาเซลเซียส

2.7.4 เครื่องวัดความดันบรรยากาศแบบ Precision fortin barometer สำหรับวัดความดันบรรยากาศในห้องทดสอบมีความละเอียด  $\pm 0.01$  KPa และมี Sencor วัดความดันบรรยากาศในห้องทดสอบที่มีความละเอียด  $\pm 0.01$  KPa แสดงผลบนจอคอมพิวเตอร์ประมวลผลอัตโนมัติ

2.7.5 เครื่องวัดความชื้นสัมบูรณ์แบบ Precision hair hygrometer สำหรับวัดความชื้นสัมบูรณ์ (Absolute humidity) ในห้องทดสอบที่มีความละเอียด  $\pm 5$  % และมี Sencor วัดความชื้นสัมบูรณ์ในห้องทดสอบที่มีความละเอียด  $\pm 5$  % แสดงผลบนจอคอมพิวเตอร์ประมวลผลอัตโนมัติ



ภาคผนวก ค

ภาพเครื่องมือและอุปกรณ์ห้องปฏิบัติการตรวจวัดรถยนต์ที่ใช้เครื่องยนต์เบนซิน  
และรถยนต์ขนาดเล็กที่ใช้เครื่องยนต์ดีเซล



ภาพผนวกที่ ค1 ระบบ Chassis dynamometer



ภาพผนวกที่ ค2 ระบบเครื่องมือวิเคราะห์สารมลพิษจากไอเสีย



ภาพผนวกที่ ค3 การทดสอบสารมลพิษจากไอเสียรถยนต์ที่ใช้เครื่องยนต์เบนซิน



ภาพผนวกที่ ค4 การทดสอบสารมลพิษจากไอเสียรถยนต์ขนาดเล็กที่ใช้เครื่องยนต์ดีเซล

## ประวัติการศึกษาและการทำงานของผู้วิจัย

|                                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
|--------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ชื่อ                           | นายเทอดศักดิ์ เพชรเปล่งสี                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| วัน เดือน ปี ที่เกิด           | 30 พฤษภาคม 2513                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| สถานที่เกิด                    | อำเภอครบุรี จังหวัดนครราชสีมา                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| ประวัติการศึกษา                | ค.อ.บ. วิศวกรรมอุตสาหกรรม<br>มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| ตำแหน่งหน้าที่การงานปัจจุบัน   | นายช่างเทคนิคชำนาญงาน                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| สถานที่ทำงานปัจจุบัน           | สำนักจัดการคุณภาพอากาศและเสียง<br>กรมควบคุมมลพิษ                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| ผลงานดีเด่นและรางวัลทางวิชาการ | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Size distribution of PM emitted from diesel vehicle in Thailand</li> <li>- Comparison of biodiesel and regulated diesel fuel regarding size and concentration of PM</li> <li>- Development of emission factors of mobile source in Thailand</li> <li>- Development of air pollution emission factor from light duty gasoline vehicle and light duty diesel vehicle</li> </ul> |
| ทุนการศึกษาที่ได้รับ           | นักเรียนทุนรัฐบาลกระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (พ.ศ. 2551)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |