

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญ ที่มาของปัญหาที่ทำการวิจัย

ฝุ่นละอองเป็นมลพิษทางอากาศที่เป็นปัญหาหลักในกรุงเทพมหานครและชุมชนขนาดใหญ่ ฝุ่นละอองที่มีอยู่ในบรรยากาศรอบ ๆ ตัวเรามีขนาดตั้งแต่ 0.002 ไมครอน ซึ่งเป็นกลุ่มของโมเลกุล (มองด้วยตาเปล่าไม่เห็น ต้องใช้จุลทรรศน์แบบอิเล็กตรอน) ไปจนถึงขนาดใหญ่กว่า 500 ไมครอน ซึ่งเป็นฝุ่นทรายขนาดใหญ่มองเห็นได้ด้วยตาเปล่า (ฝุ่นที่มองเห็นด้วยตาเปล่ามีขนาดตั้งแต่ 50 ไมครอนขึ้นไป) ฝุ่นละอองเป็นสารที่มีความหลากหลายทางด้านกายภาพและองค์ประกอบ อาจมีสภาพเป็นของแข็งหรือของเหลว ฝุ่นละอองที่แขวนลอยอยู่ในอากาศได้นาน มักจะเป็นฝุ่นละอองขนาดเล็ก (ซึ่งมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางน้อยกว่า 10 ไมครอน) เนื่องจากมีความเร็วในการตกตัวต่ำ หากมีแรงกระทำจากภายนอกเข้ามีส่วนเกี่ยวข้อง เช่น การไหลเวียนของอากาศ กระแสลม เป็นต้น จะทำให้แขวนลอยอยู่ในอากาศได้นานมากขึ้น ฝุ่นละอองที่มีขนาดใหญ่ (ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางใหญ่กว่า 100 ไมครอน) อาจแขวนลอยอยู่ในบรรยากาศได้เพียง 2-3 นาที แต่ฝุ่นละอองที่มีขนาดเล็กกว่า 0.5 ไมครอน อาจแขวนลอยในอากาศ ได้นานเป็นปี (วงศ์พันธ์ ลิมปเสณีย์ และคณะ, 2536)

ฝุ่นละอองในบรรยากาศอาจแยกได้เป็น 2 ประเภท (ศิริกัลยา สุวจิตตานนท์ และคณะ, 2544) ตามแหล่งกำเนิดของฝุ่นละออง คือ ฝุ่นละอองที่เกิดขึ้น และแพร่กระจายสู่บรรยากาศโดยตรง และฝุ่นละอองที่เกิดขึ้นภายหลังโดยปฏิกิริยาต่าง ๆ ในบรรยากาศ เช่น การรวมตัวของฝุ่นละอองด้วยกัน หรือรวมตัวกับก๊าซหรือรวมตัวกับของเหลวหรือรวมตัวกับของแข็ง

ปัญหาของฝุ่นละอองได้กลายเป็นปัญหาสำคัญของผู้ที่อาศัยอยู่ในชุมชนเมืองขนาดใหญ่ พื้นที่พัฒนาที่มีการขยายตัวอย่างรวดเร็วของอุตสาหกรรม เกษตรกรรม การท่องเที่ยว การขยายโครงสร้างของระบบการคมนาคมขนส่ง และระบบสาธารณูปโภค การก่อสร้าง การเพิ่มขึ้นของปริมาณการจราจร ส่งผลกระทบต่อสุขภาพของประชากรในพื้นที่

ปัจจุบันคุณภาพอากาศมีความสำคัญมากต่อการดำรงชีวิต เนื่องจากมีผลกระทบต่อคุณภาพชีวิตของประชากรในด้านสุขภาพอนามัย ประชากรส่วนใหญ่ที่อาศัยอยู่ในบริเวณพื้นที่ที่มีปัญหาของฝุ่นละอองอาจจะเกิดโรคมะเร็ง แพ้ โรคหอบ โรคผิวหนัง และระบบทางเดินหายใจ จากการ

ตรวจวัดปริมาณฝุ่นละอองในเขตพื้นที่บริเวณกรุงเทพมหานคร มีหลายพื้นที่ที่มีปริมาณของฝุ่นละอองค่อนข้างสูง และได้ขยายออกมารอบเขตปริมณฑล ซึ่งพบว่าจังหวัดที่มีการขยายตัวของโรงงานอุตสาหกรรม การท่องเที่ยว จะได้รับผลกระทบโดยตรง ซึ่งได้กลายเป็นปัญหาของประเทศไทยในการแก้ไขปัญหามลภาวะทางอากาศที่เกิดขึ้น

ดังนั้นผู้วิจัยจึงเห็นความสำคัญของคุณภาพชีวิตของประชาชนในพื้นที่อำเภอเมือง จังหวัดสุราษฎร์ธานี ซึ่งมีการขยายตัวของชุมชนเมือง การจราจรหนาแน่น โรงงานอุตสาหกรรม การท่องเที่ยวที่มีการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็วในปัจจุบัน จึงได้ทำการตรวจวัดปริมาณฝุ่นละอองในอากาศเพื่อต้องการทราบปริมาณของฝุ่นละอองว่าอยู่ในเกณฑ์ปลอดภัยตามมาตรฐานที่กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมกำหนด

1.2 คำถามการวิจัย

- 1.) อุณหภูมิและฤดูกาลมีผลต่อปริมาณของฝุ่นละอองหรือไม่
- 2.) การจราจรที่หนาแน่น โรงงานอุตสาหกรรมและการท่องเที่ยวที่เพิ่มขึ้นในพื้นที่อำเภอเมือง จังหวัดสุราษฎร์ธานี มีผลต่อการเพิ่มของปริมาณฝุ่นละอองหรือไม่

1.3 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

- 1.) วัดปริมาณของฝุ่นละอองในอากาศในเขตพื้นที่ อ.เมือง จ.สุราษฎร์ธานี
- 2.) ศึกษาการกระจายของฝุ่นละอองในอากาศในเขตพื้นที่ อ.เมือง จ.สุราษฎร์ธานี
- 3.) ประเมินปริมาณฝุ่นในพื้นที่ที่ศึกษา

1.4 สมมติฐานการวิจัย

- 1.) อุณหภูมิและฤดูกาลมีผลต่อปริมาณของฝุ่นละออง
- 2.) การจราจรที่หนาแน่น โรงงานอุตสาหกรรมและการท่องเที่ยวที่เพิ่มขึ้นในพื้นที่อำเภอเมือง จังหวัดสุราษฎร์ธานี มีผลต่อการเพิ่มของปริมาณฝุ่นละออง

1.5 ขอบเขตของการวิจัยและวิธีดำเนินการวิจัย

- 1.) ตัวอย่างประชากรที่ศึกษา ได้แก่ พื้นที่แหล่งชุมชนและบริเวณสี่แยกของโรงเรียนใน อ.เมือง จ.สุราษฎร์ธานี ขนาดของตัวอย่างจำนวน 12 ตัวอย่าง เลือกตัวอย่างโดยวิธีการสุ่ม (Random sampling)
- 2.) ตัวแปรที่ศึกษา ได้แก่ ปริมาณของฝุ่นละออง เวลาที่เก็บตัวอย่าง อุณหภูมิ ความชื้น ทิศทางลม และสถานที่ที่ทำการเก็บ ช่วงเวลา เดือนมีนาคม ถึง เดือน กรกฎาคม 2553

- 3.) การตรวจวัดปริมาณฝุ่นละอองใช้เครื่องมือเก็บตัวอย่างฝุ่นแบบ Sampling Pump และหาปริมาณฝุ่นในหน่วยน้ำหนักต่อปริมาตรอากาศ และประเมินความเสี่ยงของการได้รับฝุ่นละอองโดยพิจารณาจากเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดโดยกรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- 1.) ทราบปริมาณฝุ่นในบริเวณพื้นที่ อ.เมือง จ.สุราษฎร์ธานี
- 2.) เป็นข้อมูลฝุ่นละอองพื้นฐานในพื้นที่ อ.เมือง จ.สุราษฎร์ธานี เพื่อทำการศึกษาในส่วนของมลภาวะทางอากาศ

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

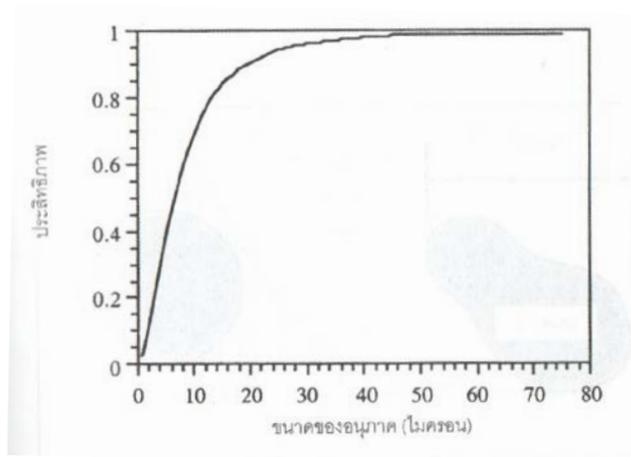
2.1 ฝุ่นละออง

ฝุ่นละออง (Particulate Matter) หมายถึง อนุภาคของแข็งและหยดละอองของเหลวที่แขวนลอยกระจายในอากาศ อนุภาคที่กระจายในอากาศนี้บางชนิดมีขนาดใหญ่ และมีสีดำจางมองเห็นเป็นเขม่าและควัน แต่บางชนิดมีขนาดเล็กมากจนมองด้วยตาเปล่าไม่เห็น ฝุ่นละอองที่แขวนลอยในบรรยากาศโดยทั่วไปมีขนาดเล็กกว่า 100 ไมครอน ฝุ่นละอองสามารถก่อให้เกิดผลกระทบต่อสุขภาพอนามัยของคน สัตว์ พืช เกิดความเสียหายต่ออาคารบ้านเรือน ทำให้เกิดความเดือดร้อนรำคาญต่อประชาชน บดบังทัศนวิสัย ทำให้เกิดอุปสรรคในการคมนาคม สามารถแบ่งประเภทของฝุ่นละอองได้เป็น 2 ประเภท คือ

ฝุ่นหยาบ (Coarse Particle) เป็นอนุภาคที่มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 2.5 - 10 ไมครอน มีแหล่งกำเนิดจากการจราจรบนถนนที่ไม่ได้ลาดยางตามการขนส่งวัสดุฝุ่นจากกิจกรรมบด ข่อย หิน และ

ฝุ่นละเอียด (Fine Particles) เป็นอนุภาคที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางเล็กกว่า 2.5 ไมครอน ฝุ่นละเอียดมีแหล่งกำเนิดจากท่อไอเสียของรถยนต์ โรงไฟฟ้า โรงงานอุตสาหกรรม ควันที่เกิดจากการหุงต้มอาหารโดยใช้ฟืน นอกจากนี้ก๊าซ SO₂ และ NO_x จะทำปฏิกิริยากับสารอื่นในอากาศทำให้เกิดฝุ่นละเอียดได้

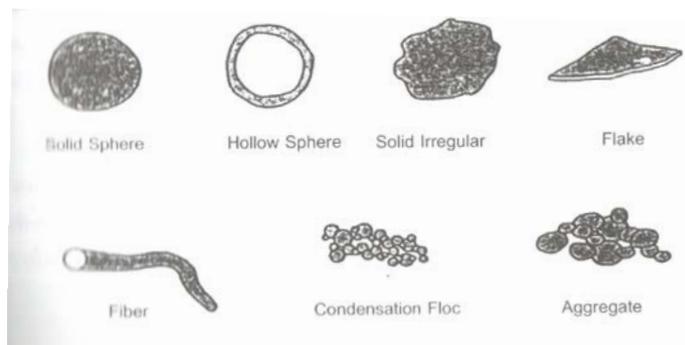
ขนาดของฝุ่นช่วง 1 ไมครอน ถึง 10 ไมครอน เป็นขนาดของฝุ่นที่มีความสำคัญในการควบคุมมลพิษทางอากาศ นอกจากนี้ฝุ่นที่มีขนาดเล็กกว่าหรือเท่ากับ 10 ไมครอน จัดว่าเป็น Respirable Dust ซึ่งเมื่อหายใจเข้าสู่ร่างกายจะทำให้เป็นอันตรายต่อสุขภาพได้ ส่วนฝุ่นที่มีขนาดเล็กกว่า 1 ไมครอน เรียกว่า Submicron Particles เป็นฝุ่นที่ถูกจับยากที่สุด ดังนั้นข้อมูลการกระจายขนาด (Size Distribution) ของฝุ่นเป็นข้อมูลที่สำคัญมาก เนื่องจากประสิทธิภาพการจับฝุ่นของอุปกรณ์ดักฝุ่นขึ้นอยู่กับขนาดของอนุภาค ถ้าอนุภาคมีขนาดใหญ่จะถูกจับได้ง่ายกว่าอนุภาคที่มีขนาดเล็ก ตัวอย่างประสิทธิภาพการดักจับฝุ่นของอุปกรณ์ชนิดหนึ่งแสดงในรูปที่ 2.1 ช่วงขนาดของอนุภาคที่ก่อให้เกิดปัญหาหมอกพิษอากาศ คือ 0.1 ถึง 100 ไมครอน (นภาพร พานิช และคณะ, 2550)



ภาพที่ 2.1 ประสิทธิภาพในการดักฝุ่นขนาดต่าง ๆ ในอุปกรณ์เก็บฝุ่น (นภาพพร พานิช และคณะ,2550)

2.1.1 ขนาดของอนุภาค (Particle Size)

ในการออกแบบอุปกรณ์ดักฝุ่น ข้อมูลที่สำคัญที่สุดคือขนาดของอนุภาคหรือฝุ่น ความหมายของขนาดของอนุภาค หมายถึง เส้นผ่าศูนย์กลาง (Diameter) ในกรณีที่อนุภาคเป็นทรงกลม แต่โดยทั่วไปอนุภาคมีรูปร่างหลายอย่าง นอกจากทรงกลม รูปที่ 2.2 ดังนั้นอนุภาคที่ไม่ใช่ทรงกลมมักบอกขนาดที่เป็น Equivalent Diameter โดยเทียบกับ Projected Area พื้นที่ผิว ปริมาตร มวล เป็นต้น นอกจากนี้อาจบอกขนาดในลักษณะอื่น ๆ เช่น รูปที่ 2.3 แสดงความหมายต่าง ๆ ของขนาดของอนุภาคที่วัดภายใต้กล้องจุลทรรศน์ดังนี้



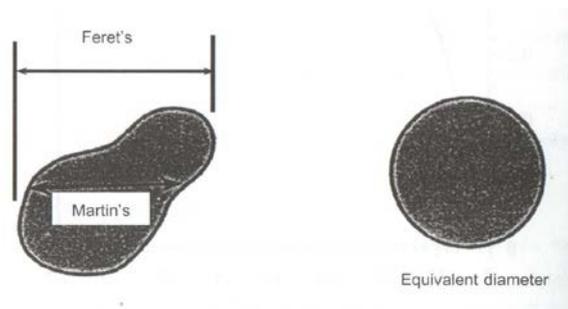
ภาพที่ 2.2 รูปร่างต่างๆ ของอนุภาค (นภาพพร พานิช และคณะ,2550)

Martin's Diameter เป็นความกว้างของอนุภาคในแนวขนานกับ Microscope Scan ซึ่งแบ่งครึ่งอนุภาคให้มีพื้นที่เท่ากัน

Feret's Diameter	เป็นความยาวระหว่างเส้นสัมผัส 2 เส้น บนด้านตรงกันข้ามของอนุภาค ซึ่งตั้งฉากกับ Microscope Scan
Equivalent Diameter	เป็นเส้นผ่าศูนย์กลางของวงกลมที่มีพื้นที่เท่ากับ Projected Area ของอนุภาค
Aerodynamic Diameter	เป็นเส้นผ่าศูนย์กลางของทรงกลมที่มีความหนาแน่น 1 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร และมีความเร็วตกในอากาศเท่ากับของอนุภาคค่า Aerodynamic Diameter ขึ้นอยู่กับขนาดของอนุภาค รูปร่าง และความหนาแน่นของอนุภาค คำนวณได้จากสมการ (2.1) (นภาพพร พานิช และคณะ,2550)

$$d_p = \frac{d \sqrt{\rho_p C_c}}{\rho_p} \dots(2.1)$$

- โดย
- d_p = Aerodynamic Diameter, ไมครอน
 - d = ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของอนุภาค, ไมครอน
 - ρ_p = ความหนาแน่นของอนุภาค, กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร
 - C_c = Cunningham Correction Factor

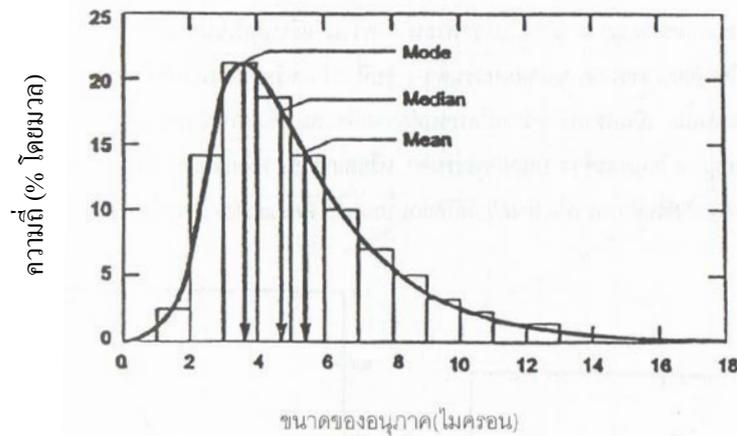


ภาพที่ 2.3 ความหมายต่างๆ ของอนุภาค (Particle Size) (นภาพพร พานิช และคณะ,2550)

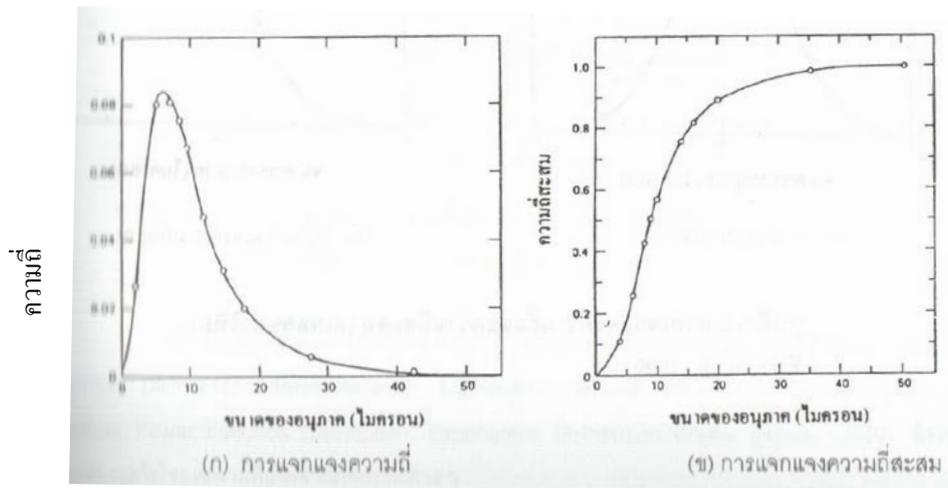
Aerodynamic Diameter หาได้จากเครื่องมือเก็บตัวอย่างฝุ่นด้วยแรงเฉื่อย เช่น Cascade Impactor อนุภาคที่มีขนาดและรูปร่างต่างกันอาจมี Aerodynamic Diameter เท่ากันได้ ขนาดของอนุภาคที่ใช้ในการศึกษาลักษณะการเคลื่อนที่ของอนุภาคในของไหลนั้นมักใช้ค่า Aerodynamic Diameter ซึ่งมีประโยชน์ในการออกแบบอุปกรณ์จับฝุ่น

2.1.2 การกระจายขนาดของอนุภาค (Particle Size Distribution)

โดยทั่วไปฝุ่นละอองที่เกิดจากกระบวนการหรือกิจกรรมต่าง ๆ หรือที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ มักประกอบด้วยอนุภาคที่มีขนาดต่าง ๆ กันวิธีการแสดงการกระจายของขนาดของอนุภาคที่ง่ายที่สุดคือ ในรูปของฮิสโตแกรม (Histogram) โดยเป็นกราฟระหว่างความถี่กับช่วงขนาดของอนุภาค ดังแสดงในรูปที่ 2.4 นอกจากนี้ยังสามารถนำเสนอในรูปที่ 2.5



ภาพที่ 2.4 การกระจายขนาดของแอโรโซล (นภาพพร พานิช และคณะ, 2550)



ภาพที่ 2.5 การแจกแจงความถี่และความถี่สะสม (สเกลธรรมดา) (นภาพพร พานิช และคณะ, 2550)

2.2 ตรวจสอบเอกสาร

2.2.1 สภาพภูมิประเทศของจังหวัดสุราษฎร์ธานี

จังหวัดสุราษฎร์ธานีมีพื้นที่กว้างใหญ่ และมีสภาพภูมิประเทศที่หลากหลาย ได้แก่ ภูมิประเทศแบบที่ราบชายฝั่งทะเล ที่ราบสูง รวมทั้งภูมิประเทศแบบภูเขาซึ่งกินพื้นที่ของจังหวัดถึงร้อยละ 40 ของพื้นที่ทั้งหมด ประชากรประกอบอาชีพหลากหลาย ได้แก่ เกษตรกรรม การเลี้ยงปศุสัตว์ การประมง ด้านอุตสาหกรรมส่วนใหญ่จะเป็นอุตสาหกรรมที่ต่อเนื่องจากผลผลิตทางเกษตรกรรม เช่น อุตสาหกรรมปลาป่น อาหารทะเลแช่แข็ง อาหารทะเลกระป๋อง น้ำมันปาล์มดิบ อุตสาหกรรมที่เกี่ยวข้องกับยางพารา ซึ่งในจังหวัดมีจำนวนโรงงานอุตสาหกรรมประมาณ 730 โรงงาน (<http://th.wikipedia.org/wiki/>) ซึ่งส่วนใหญ่ตั้งอยู่ในเขตอำเภอเมืองสุราษฎร์ธานีมากที่สุด นอกจากนี้ยังมีการให้สัมปทานเหมืองแร่ โดยแร่ที่สำคัญในจังหวัด ได้แก่ ยิบซั่ม โดโลไมต์ แอนไฮไดรต์ หินปูน ดินขาว และบอลเคลย์

ปัญหาของฝุ่นที่มีขนาดต่างๆก่อให้เกิดความระคายเคืองในระดับการหายใจส่วนต้นและนัยน์ตา ทำให้เกิดความสกปรกต่อเครื่องใช้และที่อยู่อาศัย ตลอดจนทำให้เกิดผลกระทบต่อทัศนวิสัย โดยเฉพาะฝุ่นที่มีขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน (PM₁₀) จะสามารถเข้าสู่ระบบหายใจในส่วนลึกได้ ดังนั้นการลดปริมาณฝุ่นรวมในบรรยากาศ จึงไม่สามารถบอกถึงความสัมพันธ์ของการเกิดโรคทางเดินหายใจได้ จะต้องพิจารณาฝุ่นที่มีขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอนด้วย จากสาเหตุข้างต้นในปัจจุบันจึงมีข้อกำหนดมาตรฐานฝุ่นที่มีขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน กำหนดให้มีค่าเฉลี่ยความเข้มข้น 0.120 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร นอกจากนี้ฝุ่นอาจมีส่วนประกอบของโลหะหนักที่เกิดจากการเผาไหม้ของน้ำมันเชื้อเพลิงหรือวัสดุต่างๆ เช่น ตะกั่ว แคดเมียม และอื่นๆ จึงควรมีการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างขนาดฝุ่นกับปริมาณโลหะหนักด้วยเพื่อใช้เป็นแนวทางในการหาวิธีป้องกันอันตรายของฝุ่นเหล่านี้ต่อสุขภาพต่อไป

สำนักจัดการคุณภาพอากาศและเสียง กรมควบคุมมลพิษ ได้ทำการวัดคุณภาพอากาศบริเวณที่ว่าการอำเภอเมืองสุราษฎร์ธานี จังหวัดสุราษฎร์ธานี สรุปผลการตรวจวัดปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน ได้ดังนี้

ปี พ.ศ. 2547 พบว่า ค่าเฉลี่ย 24 ชั่วโมง อยู่ระหว่าง 41.5 – 77.1 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร

ปี พ.ศ. 2548 พบว่า ค่าเฉลี่ย 24 ชั่วโมง อยู่ระหว่าง 29.2 – 77.2 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร

ปี พ.ศ. 2549 พบว่า ค่าเฉลี่ย 24 ชั่วโมง อยู่ระหว่าง 23.6 – 77.9 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร

ปี พ.ศ. 2550 พบว่า ค่าเฉลี่ย 24 ชั่วโมง อยู่ระหว่าง 23.9 – 104.5 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร

ปี พ.ศ. 2551 พบว่า ค่าเฉลี่ย 24 ชั่วโมง อยู่ระหว่าง 13.2 – 85.3 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร

ปี พ.ศ. 2553 เดือนมกราคม – เดือนพฤษภาคม พบว่า ค่าเฉลี่ย 24 ชั่วโมง อยู่ระหว่าง 37.4 – 82.1 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร

มลพิษทางอากาศส่งผลกระทบต่อสุขภาพประชาชน กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข ได้ดำเนินการศึกษาผลกระทบจากมลพิษทางอากาศต่อสุขภาพในกลุ่มประชาชน ในพื้นที่ต่าง ๆ ดังนี้

การวิจัยศึกษาผลกระทบของฝุ่นละอองต่อสุขภาพของระบบทางเดินหายใจ ทั้งแบบเฉียบพลัน และเรื้อรัง ในช่วงเดือนกันยายน 2537 ถึง เดือนสิงหาคม 2538 (สำนักจัดการคุณภาพอากาศและเสียง กรมควบคุมมลพิษ) โดยใช้อาการเกี่ยวกับระบบทางเดินหายใจและสมรรถภาพทางปอดเป็นเครื่องชี้วัดสถานะสุขภาพ ของเด็กนักเรียน 7 - 12 ปี จาก 6 โรงเรียนในกรุงเทพมหานคร ที่ตั้งอยู่ตามพื้นที่ที่มีปริมาณฝุ่นละออง ปริมาณระดับสูง (119.57 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร) ปานกลาง (65.31 - 72.7 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร) และต่ำ (54.75 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร) ผลการศึกษาพบว่า อาการเกี่ยวกับระบบทางเดินหายใจเกือบทุกอาการของนักเรียนในโรงเรียน ในกลุ่มที่มีปริมาณฝุ่นละออง (ขนาดเล็กลงกว่า 10 ไมครอน)อยู่ในระดับสูงและปานกลาง มีอัตราสูงสูงกว่านักเรียนในโรงเรียนที่มีปริมาณฝุ่นละอองในระดับต่ำ

การศึกษาหาความสัมพันธ์ ระหว่างอาการทางเดินหายใจและสมรรถภาพปอด กับระดับก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในอากาศ ในช่วงเดือนตุลาคม 2537 ถึงเดือนกันยายน 2538 (สำนักจัดการคุณภาพอากาศและเสียง กรมควบคุมมลพิษ) โดยศึกษาในกลุ่มผู้ใหญ่และเด็กที่อาศัยในพื้นที่ใกล้โรงไฟฟ้าแม่เมาะ อำเภอแม่เมาะ จังหวัดลำปาง เปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม พบว่า กลุ่มเสี่ยงมีอัตราสูงของอาการทางเดินหายใจส่วนต้นสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทั้งในผู้ใหญ่และเด็ก นอกจากนี้ยังมีผลจากการศึกษาของนายแพทย์สว่าง แสงหิรัญวัฒนา และคณะ (พ.ศ.2537) เรื่องความเสื่อมสมรรถภาพของปอดในตำรวจจราจรในกรุงเทพมหานคร พบว่า ตำรวจจราจร 174 คน มี 30 รายที่ปอดเล็กลง (Restrictive lungs) มี 11 รายมีหลอดลมขนาดเล็กตีบ (Small airway obstruction) และมี 3 รายมีหลอดลมขนาดใหญ่ตีบ (Large airway obstruction) รวมทั้งสิ้นมีความผิดปกติของปอด (Abnormal pulmonary function) จำนวน 44 ราย คิดเป็นร้อยละ 25.29

จากการศึกษาในแถบอเมริกาเหนือและยุโรปตะวันตกจำนวนมาก พบว่าการตายในแต่ละวันมีความสัมพันธ์กับการสัมผัสฝุ่นละอองขนาดเล็กในช่วงเวลาสั้นๆ และพบในประเทศอื่น เช่น เมืองเซี่ยงไฮ้ ประเทศจีน, เมืองแม็กซิโก ประเทศชิลี และเมืองนิวเดลี ประเทศอินเดีย (นิตยา วัจนะภูมิ, 2550) ในกรุงเทพมหานคร พบว่าการสัมผัสฝุ่นละอองมีความสัมพันธ์กับการตายของคนในกรุงเทพมหานคร ซึ่งมีปัจจัยอื่นเข้ามาเกี่ยวข้องด้วย เช่น ช่วงเวลา สภาพเศรษฐกิจและสังคมที่แตกต่างกัน ลักษณะการสูบบุหรี่ การสัมผัสมลภาวะจากการประกอบอาชีพ ระยะเวลาที่อยู่นอกร้าน นิสัยการออกกำลังกาย การใช้เครื่องปรับอากาศ และการใช้บริการทางสุขภาพ เป็นต้น (นิตยา วัจนะภูมิ, 2550)

กรมควบคุมมลพิษ ศึกษาข้อมูลทางระบาดวิทยา 2 เรื่อง

1) การศึกษา Time series analysis ของการตายและการรับเข้ารักษาตัวในโรงพยาบาลในกรุงเทพมหานคร

2) การศึกษา Panel study ผลกระทบแบบเฉียบพลันของ PM2.5 ต่อระบบทางเดินหายใจ โดยใช้ข้อมูลการศึกษาทางด้านระบาดวิทยาในกรุงเทพมหานครเมื่อปี 2541

ซึ่งผลการศึกษาทั้ง 2 เรื่อง สรุปได้ว่าเมื่อปริมาณการได้รับ PM2.5 เพิ่มขึ้นทุก $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ในกรุงเทพมหานคร (สำหรับประชากร 10 ล้าน) จะมีความเสี่ยงสำหรับผลกระทบระยะสั้น (Short term effects) ดังนี้

อัตราการตาย (Mortality)

- การตายต่อวันจากทุกสาเหตุเพิ่มขึ้น 1.3%
- การตายต่อวันเนื่องจากโรกระบบหัวใจและหลอดเลือด (Cardiovascular) เพิ่มขึ้น 3.6%
- การตายต่อวันเนื่องจากโรกระบบทางเดินหายใจ (Respiratory) เพิ่มขึ้น 1.7%

อุบัติการณ์อาการระบบทางเดินหายใจ ในผู้ใหญ่ (Respiratory symptoms)

- อาการระบบทางเดินหายใจส่วนล่าง (อาการไอ หรือมีเสมหะ หรือหายใจมีเสียงวี๊ด หรือหายใจไม่อิ่ม หรือหายใจไม่สะดวก แน่นหน้าอก) เพิ่มขึ้น 9%
- อาการระบบทางเดินหายใจส่วนบน (อาการคัดจมูก หรือน้ำมูกไหล หรือเจ็บคอ) เพิ่มขึ้น 11%

นอกจากนี้ การศึกษาทางด้านระบาดวิทยาในประเทศสหรัฐอเมริกาถึงผลกระทบระยะยาว (Long term effects) ของ PM2.5 ต่อการตายก่อนเวลาอันควร พบว่าเมื่อปริมาณการได้รับ PM2.5 เพิ่มขึ้นทุก $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ จะมีความเสี่ยงต่อสุขภาพอนามัย ดังนี้

- การตายจากทุกสาเหตุเพิ่มขึ้นในช่วง 10% ถึง 39%
- การตายด้วยโรคหัวใจและปอดในผู้ใหญ่เพิ่มขึ้นในช่วง 16% ถึง 54%
- การตายด้วยมะเร็งปอดเพิ่มขึ้นในช่วง 3% ถึง 61%

2.2.2 สารพอลิไซคลิกอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอน (Polycyclic Aromatic Hydrocarbons, PAHs)

สารประกอบพอลิไซคลิกอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอน (Polycyclic Aromatic Hydrocarbons, PAHs) พบอยู่ในบรรยากาศตามธรรมชาติในปริมาณต่ำๆ เช่น ภูเขาไฟระเบิด กระบวนการสันดาปของฟอสซิล แต่ปัจจุบันปริมาณของสารประกอบ PAHs ในบรรยากาศเพิ่มมากขึ้น และก่อให้เกิดผลกระทบต่อสุขภาพของมนุษย์มากเช่นกัน โดยเฉพาะอย่างยิ่งมะเร็งปอด จากการรวบรวมทางสถิติของคณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ และอีกหลายแหล่งยืนยันว่าในเชียงใหม่มีอัตราการตายด้วยโรคมะเร็งปอดสูงที่สุดในประเทศ (Martin et al.,1991) ซึ่งปริมาณที่เพิ่มขึ้นนี้ส่วนใหญ่เป็นผลมาจากกิจกรรมของมนุษย์ แหล่งที่มนุษย์ได้รับเข้าสู่ร่างกายจากการหายใจอากาศ ได้แก่ การสันดาปที่ไม่สมบูรณ์ของวัสดุที่เป็นสารอินทรีย์ในกระบวนการผลิตในโรงงานอุตสาหกรรม รถยนต์ การเผาขยะ

และการเผาป่า (Pedersen et al.,1980; Westerholm et al.,1988; Nielsen,1996; Ruchirawat et al.,2005) นอกจากแหล่งกำเนิดดังกล่าวแล้ว การเข้าสู่ร่างกายของสารประกอบ PAHs ยังมาจากน้ำ ดิน อาหารที่ได้จากการปิ้งย่างหรือทอดด้วยน้ำมันเก่า Furton และ Pentzke (1998) ได้รายงานการได้รับกลุ่มสารนี้จากน้ำ ดิน อากาศ และอาหารในสัดส่วนประมาณ 1% , 3% , 18% และ 78% ตามลำดับ

สารประกอบ PAHs จัดเป็นสารมลพิษทางอากาศที่มีความสำคัญมากที่กำหนดใน Clean Air Act ปี 1990 ของประเทศสหรัฐอเมริกา และ International Agency for Research in Cancer (IARC) เนื่องจากสมบัติของความเป็นสารที่อาจจะก่อหรือร่วมก่อให้เกิดมะเร็งได้ (International Agency for Research in Cancer,1983) เมื่อสารนี้ถูกปล่อยออกสู่บรรยากาศ การกระจายตัวของสารอยู่ในรูปที่เป็นก๊าซ (gas phase) และเป็นละอองลอย (aerosol phase) มีหลายการศึกษาให้ข้อเสนอแนะว่า เริ่มต้นสารประกอบ PAHs ถูกปล่อยออกมาในรูปที่เป็นก๊าซก่อน หลังจากนั้นก็เกิดการดูดซับไว้บนอนุภาคที่ลอยลอยอยู่ในอากาศ ปริมาณของสารประกอบ PAHs จึงขึ้นอยู่กับ การกระจายตัวของสารประกอบ PAHs ว่าอยู่ในรูปที่เป็นก๊าซหรือเป็นฝุ่นละออง และขนาดของฝุ่นละออง อย่างไรก็ตามสารประกอบ PAHs ส่วนใหญ่ที่มีผลกระทบต่อสุขภาพของมนุษย์มักอยู่ในรูปที่เป็นฝุ่นละออง

Garivait (1999) ได้ทำการศึกษามลภาวะทางอากาศอันเนื่องมาจากสารพอลิไซคลิกอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอนในบรรยากาศเขตกรุงเทพมหานคร ซึ่งได้รายงานว่าสารประกอบ PAHs ที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำ เช่น Pyrene, Benzo(e)pyrene และ Benzo(a)anthracene จะอยู่ในรูปที่เป็นก๊าซเป็นส่วนใหญ่คือ 80%, 40%, และ 24% ตามลำดับ ในขณะที่สารประกอบ PAHs ที่มีน้ำหนักโมเลกุลมากกว่าจะอยู่ในรูปของฝุ่นละอองเกือบทั้งหมด ผลการศึกษายังพบว่า 30-60% โดยน้ำหนักของสารประกอบ PAHs ที่ศึกษาพบอยู่ในฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 0.43 ไมครอน และมากกว่า 70% พบอยู่ในฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 2.1 ไมครอน

Ruchirawat และคณะ (2005) ได้ศึกษาผลของปริมาณสารประกอบ PAHs และเบนซินจากอากาศต่อสุขภาพของคนขายเสื้อผ้า ขายหมูปิ้งตามท้องถนน และนักเรียนที่ไม่สูบบุหรี่เปรียบเทียบกับสุขภาพของพระภิกษุและแม่ชีในวัดเขตกรุงเทพมหานคร สถานีเก็บตัวอย่างอากาศ 5 สถานี บริเวณที่มีการจราจรคับคั่งมาก คือ ประตูน้ำ บางลำพู จักรวรรดิ ปทุมวัน และอนุสาวรีย์ โดยใช้อุปกรณ์เก็บตัวอย่างอากาศแบบพกพาได้ อัตราการดูดอากาศ 2 ลิตร/นาที เป็นเวลา 8 ชั่วโมง ปริมาณรวมของสารประกอบ PAHs และ เบนซินที่ตรวจพบทั้ง 5 สถานี มีค่าอยู่ในช่วง 7.10 – 83.04 ng/m³ และ 16.35 – 49.25 ppb ตามลำดับ จากการตรวจวัดปริมาณ 1-hydroxy-pyrene (ตัวบ่งชี้การได้รับสารประกอบ PAHs) ในตัวอย่างปัสสาวะของคนขายเสื้อผ้า ขายหมูปิ้งตามท้องถนน พระภิกษุและแม่ชีในวัดที่อยู่ในบริเวณใกล้เคียง พบว่าคนขายเสื้อผ้า คนขายเนื้ออย่างตามท้องถนนได้รับสารประกอบ PAHs เข้าสู่ร่างกายในปริมาณที่มากกว่าพระภิกษุและแม่ชี (กลุ่มเปรียบเทียบ) และคนขายเนื้ออย่างตามท้องถนนได้รับสารประกอบ PAHs เข้าสู่ร่างกายในปริมาณที่มากกว่าคนขายเสื้อผ้า ปริมาณรวมของสารประกอบ

PAHs ที่คนขายเนื้อย่างและคนขายเสื้อผ้าตามท้องถนนได้รับมีค่าเท่ากับ 34.27 ± 7.02 และ 16.07 ± 1.64 ng/m³ ตามลำดับ

นอกจากนี้ Ruchirawat และคณะ (2002) ได้ศึกษาผลของปริมาณสารประกอบ PAHs ต่อสุขภาพของตำรวจจราจรในเขตกรุงเทพมหานคร สารประกอบ PAHs ที่ศึกษาจำนวน 8 ชนิด ได้แก่ benzo(a)anthracene, chrysene, benzo(a)pyrene, benzo(b)fluoranthene, benzo(k)fluoranthene, dibenzo(a,h)anthracene, benzo(g,h,i)perylene และ indeno(1,2,3-cd)pyrene โดยทำการเก็บตัวอย่างฝุ่นในช่วงฤดูแล้ง (ตุลาคม 2539 – มีนาคม 2540) ผลการศึกษาพบว่า สารประกอบ PAHs ที่พบมากคือ benzo(g,h,i)perylene และ indeno(1,2,3-cd)pyrene ซึ่งพบมากกว่าร้อยละ 50 ของสารประกอบ PAHs ทั้งหมด โดยพบในตำรวจจราจรมากกว่าตำรวจที่ทำงานในสำนักงาน ซึ่งสอดคล้องกับการตรวจพบระดับ carcinogen DNA adduct มากกว่าเช่นกัน

Sangchan (2005) ได้วิเคราะห์หาปริมาณสารประกอบ PAHs จำนวน 16 ชนิดในฝุ่นขนาดเล็กจากสถานีเก็บตัวอย่าง 4 สถานีในเมืองเชียงใหม่ (จุดที่ 1: ยูพราซวิทวิทยาลัย จุดที่ 2: ศูนย์ราชการรวม จุดที่ 3: สี่แยกหางดง และจุดที่ 4: สี่แยกกรีนคำ) ด้วยเครื่องเก็บฝุ่นขนาดเล็กกว่า 10 และ 2.5 ไมครอน ที่มีอัตราการไหล 5 ลิตร/นาที ระหว่างเดือนมีนาคม 2547 ถึง เดือนมกราคม 2548 ผลการศึกษาพบปริมาณรวมสารประกอบ PAHs ในฝุ่นขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน มีค่าอยู่ในช่วง 3.9 – 26.8, 3.0 – 10.8, 8.9 – 16.6 และ 7.6 – 14.9 นาโนกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ สำหรับช่วงเดือนธันวาคม 2547 ถึง เดือนมกราคม 2548 ที่จุดเก็บยูพราซวิทวิทยาลัย พบปริมาณรวมสารประกอบ PAHs ในฝุ่นขนาดเล็กกว่า 10 และ 2.5 ไมครอน มีค่าอยู่ในช่วง 6.4 – 15.1 และ 3.0 – 10.4 นาโนกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ ซึ่งสารประกอบ PAHs ที่พบมากที่สุดคือ benzo(b)fluoranthene และแหล่งที่มาคาดว่ามาจากการจราจร

การวิเคราะห์หาปริมาณสารประกอบ PAHs ส่วนใหญ่มักใช้เทคนิคทางโครมาโทกราฟีควบคู่กับหัววัดสัญญาณแบบต่างๆ เช่น ก๊าซโครมาโทกราฟีที่มีแมสสเปกโตรเมทรีหรือเฟลมไอออไนเซชันเป็นหัววัดสัญญาณ (Castello and Gerbino, 1993; Escriva *et al.*, 1994; Xie, *et al.* 2003) โครมาโทกราฟีของเหลวสมรรถนะสูงที่ใช้หัววัดสัญญาณแบบการวัดการดูดกลืนแสงหรือการคายแสง (Wise *et al.* 1993; Escriva *et al.*, 1994; Ruchirawat *et al.*, 2002; Ruchirawat *et al.*, 2005) โดยมุ่งเน้นในด้านความสามารถในการแยกสารออกจากกันได้ดี และแยกออกจากสารรบกวนอื่นๆที่มีอยู่ในตัวอย่าง ด้านความไวและความเฉพาะเจาะจงในการวิเคราะห์

ในการวิเคราะห์สารประกอบ PAHs ในฝุ่นละอองได้นั้น จำเป็นต้องมีการเตรียมตัวอย่างก่อนการวิเคราะห์โดยเทคนิคทางโครมาโทกราฟี ซึ่งมีผู้รายงานการเตรียมตัวอย่างโดยการสกัดด้วยวิธีการต่างๆ เช่น การสกัดแบบซอกเลท (soxhlet extraction) (U.S. Environmental Protection Agency, 1999) การสกัดแบบสั่นที่ใช้คลื่นความถี่สูง (ultrasonication) (Colombini *et al.*, 1998) และใช้ตัวทำละลายในการสกัดต่างๆกัน ได้แก่ acetone, benzene, toluene และ acetonitrile จากการศึกษาของ Escriva *et*

al.(1994) และ Sangchan (2005) พบว่า การใช้ ultrasonication ร่วมกับ acetonitrile ให้การสกัดสารกลุ่มดังกล่าวได้ดีกว่าการใช้ soxhlet extraction

2.2.3 สปีชีส์ของไอออนในบรรยากาศ

การตกสะสมของสารกรดในบรรยากาศนั้นเกิดจากการที่มีก๊าซบางชนิดในอากาศ ได้แก่ ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2) และออกไซด์ของไนโตรเจน (NO_x) ซึ่งส่วนใหญ่เกิดจากกิจกรรมของมนุษย์ เช่น จากการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลในการผลิตกระแสไฟฟ้า โรงงานอุตสาหกรรม การเผาไหม้ในเครื่องยนต์ดีเซล เบนซิน ส่วนที่เกิดจากธรรมชาติ เช่น การระเบิดของภูเขาไฟ การระเหยจากน้ำทะเล การเน่าเปื่อยของพืชและแพลงตอน นั้นมีน้อยมาก ซึ่งก๊าซเหล่านี้เกิดการทำปฏิกิริยากับน้ำ ออกซิเจน และสารเคมีอื่นๆ ก่อให้เกิดสารประกอบที่เป็นกรดซัลฟิวริก (H_2SO_4) และกรดไนตริก (HNO_3) ซึ่งมีแสงอาทิตย์เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาเหล่านี้ให้มากขึ้น เรียกว่าขบวนการออกซิเดชัน ดังเช่นสมการ $\text{SO}_2(g) \xrightarrow{\text{oxidation}} \text{SO}_4^{2-}(p)$ (Finlayson-Pitts and Pitts, 2000) ซึ่งสามารถเกิดเป็นการตกสะสมแบบแห้ง (dry deposition) ได้ทั้งในสถานะก๊าซ(g) และอนุภาค (p) ส่วนการเกิดในเตรทนั้นส่วนใหญ่มาจากขบวนการออกซิเดชันของ NO_x ไปเป็น HNO_3 และ $\text{NO}_3^-(p)$

ไอออนของสารที่จัดเป็นตัวการสำคัญในการศึกษามลภาวะทางอากาศได้แก่ อนุภาคของซัลเฟต (SO_4^{2-}) ไนเตรท (NO_3^-) คลอไรด์ (Cl⁻) แอมโมเนียม (NH_4^+) โซเดียม (Na^+) โพแทสเซียม (K^+) แคลเซียม (Ca^{2+}) และแมกนีเซียม (Mg^{2+}) เนื่องจากสารดังกล่าวถ้ามีในบรรยากาศเป็นปริมาณสูงสามารถก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตต่างๆ เช่น มนุษย์ สัตว์ และพืช เช่นทำให้พื้นที่ป่าไม้ และ จำนวนสัตว์น้ำลดลง นอกจากนี้การตรวจวัดเคมีคอล สปีชีส์ (chemical species) ต่างๆ เหล่านี้ ยังสามารถใช้เป็นตัวบอกละแ่งกำเนิดของสารมลพิษในบรรยากาศได้ด้วย

ตัวอย่างการศึกษาการผันแปรของไอออนิก สปีชีส์ ในอนุภาคขนาดละเอียดตามฤดูที่เมือง Qingdao ประเทศจีน โดย Hu และคณะ (2002) ในช่วงปี ค.ศ. 1997-2000 พบว่าร้อยละของสัดส่วนมวล (mass fraction percentage) ของไอออนที่ละลายน้ำได้ในอนุภาคฝุ่นหลายขนาดได้แก่ $\text{PM}_{2.5}$, $\text{PM}_{2.5-10}$ และ $\text{PM}_{>10}$ ลดลงจาก 62% เป็น 35% และ 21% และสารประกอบหลักที่พบ คือ สารประกอบของซัลเฟต ไนเตรท และแอมโมเนียม โดยพบประมาณ 50% ของความเข้มข้นโดยมวลของ $\text{PM}_{2.5}$ โดยอยู่ในรูปของ $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ และ NH_4NO_3

จากการศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของการตกสะสมแบบเปียกในตุรกีโดยนักวิจัย 2 กลุ่ม ซึ่งกลุ่มแรกโดย Akkoyunlu และ Tayance (2003) ทำการศึกษาจากสี่พื้นที่ของเมือง Istanbul โดยการใช้อุปกรณ์ wet only collector ในช่วงเดือนมกราคม ถึง พฤษภาคม ค.ศ. 2001 ได้ 54 ตัวอย่าง และ 21 ตัวอย่างจาก bulk collector ในระหว่างมกราคม – ธันวาคม ค.ศ.2001 (จากพื้นที่เดียว) พบว่าค่า pH เฉลี่ย

ของน้ำฝนเป็น 5.26 และ ไอออน หลักคือ Ca^{2+} และ SO_4^{2-} ส่วนนักวิจัยกลุ่มที่สองทำการศึกษาในเมือง Erzurum ในช่วงเดือนมีนาคม 2002 – มกราคม 2003 โดยใช้อุปกรณ์เก็บตัวอย่างทั้งสองแบบดังที่กล่าวไป ซึ่งพบว่าค่า pH เฉลี่ยของน้ำฝนเป็น 6.6 โดยพบความสัมพันธ์ที่มีค่ามากกว่าค่า pH และความเข้มข้นของ SO_4^{2-} ในทุกฤดู และยังพบว่าความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของ Ca^{2+} และ SO_4^{2-} ในฤดูหนาวมีสูงกว่าในฤดูร้อน โดยทั้งสองไอออนเป็นสปีชีส์ที่พบมากที่สุดในตัวอย่างเป็นตัวอย่าง (Bayraktar and Turaliogly)

ในกรณีของประเทศไทยมีกลุ่มนักวิจัยทำการศึกษาเรื่องความเป็นกรด และองค์ประกอบทางเคมีของน้ำฝน เช่นกลุ่มของ Granat และคณะ (1995) ภายใต้โครงการไทย – สวีเดน ได้เก็บตัวอย่างน้ำฝนและองค์ประกอบทางเคมีมาตั้งแต่ปี ค.ศ. 1991 โดยเก็บตัวอย่างในเขตชนบทของประเทศไทย จำนวน 2 สถานี คือ ณ บริเวณเขื่อนศรีนครินทร์ และเขื่อนน้ำพอง การศึกษาพบว่ามีความสัมพันธ์ของไอออนบางชนิด เช่น H^+ กับ SO_4^{2-} ซึ่งมากที่สุด รองลงมาคือระหว่าง Na^+ , Cl^- , Mg^{2+} และ Ca^{2+} และระหว่าง NH_4^+ กับ NO_3^- แต่ไม่พบความแตกต่างระหว่างฤดูกาล นอกจากนี้ยังได้รายงานว่าตัวอย่างก่อนข้างมีความเป็นกรด อันเนื่องมาจากความเข้มข้นของสารประกอบที่เป็นตัวทำให้เป็นกลาง (neutralizing components) นั้นมีค่าต่ำกว่าสารกรดในบรรยากาศ

Thepanondh และคณะ (2005) ได้ทำการศึกษาขององค์ประกอบทางเคมีของน้ำฝนจากพื้นที่แม่เมาะ ประเทศไทย ที่เก็บในช่วงปี ค.ศ. 2002-2003 โดยรายงานค่า pH เฉลี่ยของน้ำฝนเป็น 6.0 โดยที่ตัวอย่างส่วนใหญ่ (89%) มีค่า pH มากกว่า 5.6 ส่วนความเข้มข้นของไอออนที่พบเรียงลำดับได้ดังนี้ $\text{HNO}_3 > \text{NH}_4^+ > \text{Ca}^{2+} > \text{SO}_4^{2-} > \text{Na}^+ > \text{Cl}^- > \text{NO}_3^- > \text{K}^+ > \text{Mg}^{2+} > \text{H}^+ > \text{PO}_4^{3-} > \text{F}^-$ และพบว่าองค์ประกอบหลักที่ทำให้เกิดกระบวนการทำให้เป็นกลาง (neutralization) คือ NH_4^+ และ Ca^{2+} และไอออนที่มีปริมาณค่อนข้างมากคือ SO_4^{2-} , Ca^{2+} , K^+ และ Mg^{2+} โดยมีแหล่งกำเนิดมาจากการปล่อยของโรงไฟฟ้า จากดิน จากเกษตร และการเผาชีวมวล เป็นต้น

2.2.4 โลหะและธาตุต่าง ๆ

ฝุ่นในอากาศที่มีขนาดต่าง ๆ ซึ่งเป็นสาเหตุของปัญหาด้านสุขภาพ จะมีองค์ประกอบของธาตุต่าง ๆ ในระดับที่ต่างกัน การวิเคราะห์ปริมาณธาตุแต่ละชนิดในอนุภาคฝุ่นจะทำให้สามารถวิเคราะห์ถึงแหล่งที่มาของฝุ่นที่เกิดขึ้นในช่วงเวลาต่าง ๆ มีรายงานจำนวนมากที่เกี่ยวข้องกับการวิเคราะห์ปริมาณธาตุบางชนิดและองค์ประกอบอื่น ๆ เช่น ไอออนบวกและลบ รวมทั้งปริมาณคาร์บอน แต่อาจมีความแตกต่างกันในเรื่องของพื้นที่ทำวิจัย วิธีและอุปกรณ์ที่ใช้ในการเก็บตัวอย่าง หรือช่วงเวลาและความถี่ของการเก็บตัวอย่าง เช่น Sun et al.(2004) ทำการศึกษายองศ์ประกอบ การกระจายตัวและแหล่งที่มาของอนุภาคฝุ่นในช่วงฤดูร้อน (June – July 2002) และฤดูหนาว (December 2002) ที่เก็บจาก 3 สถานีในกรุง

ปักกิ่ง ประเทศจีน พบว่าในฤดูหนาวมีปริมาณฝุ่นรวมทั้งองค์ประกอบต่าง ๆ มากกว่าฤดูร้อนมาก โดยมี $PM_{2.5}$ ในช่วง $150.1 - 172.2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ และ PM_{10} ในช่วง $184.4 - 292.7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ โดยอัตราส่วนของ $PM_{2.5}/PM_{10}$ อยู่ในช่วง $0.52 - 0.73$ นอกจากนี้ Ho et al. (2003) ได้รายงานการหาแหล่งที่มาของฝุ่นในฮ่องกง พบว่าในฝุ่นละอองจากดิน PM_{10} มี $PM_{2.5}$ อยู่ประมาณ $11 - 30\%$ ซึ่งในฝุ่นจากดินและถนนมี Al, Si และ organic carbon ในปริมาณที่โดดเด่นและปริมาณของ Al, Si, K, Ca, Ti และ Fe ในตัวอย่างดินและฝุ่นจากถนนมีสัมพันธ์กัน ($r > 0.7$) ส่วนการศึกษาลักษณะคล้ายกันที่เมืองมิลาน ประเทศอิตาลี โดย Marazzan et al. (2001) พบว่าทั้งปริมาณ $PM_{2.5}$ และ PM_{10} ในช่วงหน้าหนาวยังคงพบปริมาณสูงกว่าในหน้าร้อน แต่โดยทั่วไปปริมาณฝุ่นในมิลานอยู่ในระดับค่อนข้างต่ำกว่าที่พบในกรุงปักกิ่ง

2.2.5 คาร์บอน

การวิเคราะห์ปริมาณคาร์บอนทั้งชนิดคาร์บอนอินทรีย์ (Organic Carbon; OC) คาร์บอนอนินทรีย์ (Element Carbon; EC) และคาร์บอนรวม (Total Carbon; TC) โดย $TC = OC + EC$ มีความสำคัญในแง่การนำไปสู่การสืบค้นแหล่งกำเนิดของสารมลพิษในอากาศ ได้มีการศึกษาเพื่อหาสัดส่วนของคาร์บอนทั้งสองแบบในหลายพื้นที่ ได้แก่ การศึกษาในกรุงบาร์เซโลนา ประเทศสเปน (Viana *et al.*, 2006) ในช่วงฤดูร้อนและฤดูหนาวของปี ค.ศ. 2004 ซึ่งเก็บตัวอย่าง PM_{10} และ $PM_{2.5}$ ในเขตเมือง โดยใช้ high volume sampler และ low volume sampler อย่างละ 2 เครื่อง โดยทำการหา OC, EC, คาร์บอนอินทรีย์ที่ละลายน้ำได้ (water soluble organic carbon; WSOC) และ TC ซึ่งมีวัตถุประสงค์เพื่อหาปริมาณสูงสุดและต่ำสุดของ OC/EC/TC/WSOC ผลการศึกษาพบ TC ใน $PM_{2.5}$ ปริมาณ $4-5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ในช่วงฤดูร้อน และ $7-10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ในช่วงฤดูหนาว (5 และ $8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ใน PM_{10}) พบ OC ใน $PM_{2.5}$ ปริมาณ $3-4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ในช่วงฤดูร้อน และ $6-7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ในช่วงฤดูหนาว (4 และ $6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ใน PM_{10}) พบ EC ใน $PM_{2.5}$ ปริมาณ $1-2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ในช่วงฤดูร้อน และ $1-3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ในช่วงฤดูหนาว (1 และ $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ใน PM_{10}) ดังนั้นสัดส่วนของ OC/EC/TC ในฤดูหนาวจึงสูงกว่าฤดูร้อนประมาณ 1.7-2 เท่า ส่วนปริมาณของ WSOC เป็น $1.6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ใน $PM_{2.5}$ และ PM_{10} ในฤดูร้อน และ $2.1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ($PM_{2.5}$) และ $1.9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (PM_{10}) ในฤดูหนาว

2.2.6 การประเมินความเสี่ยงของการได้รับปริมาณฝุ่นละออง

ปัจจุบันมีหลายประเทศได้กำหนดมาตรฐานคุณภาพอากาศในบรรยากาศ สำหรับ $PM_{2.5}$ เพื่อให้สามารถป้องกันผลกระทบต่อสุขภาพอนามัยที่เกิดจากได้รับ $PM_{2.5}$ ทั้งในระยะสั้นและระยะยาว เช่น ประเทศสหรัฐอเมริกา แคนาดา สหราชอาณาจักร(UK) กลุ่มประเทศยุโรป (EU) ออสเตรเลีย และนิวซีแลนด์ นอกจากนี้ องค์การอนามัยโลก (WHO) ได้กำหนดค่า Air Quality Guideline (AQG) สำหรับ

PM2.5 ทั้งในระยะสั้น (24 ชั่วโมง) และระยะยาว (1 ปี) และกำหนดค่า Interim Targets (IT) ไว้ 3 ระดับ เพื่อใช้ในกรณีที่ยังไม่สามารถที่จะทำให้บรรลุค่า Guideline ได้ แสดงดังตาราง 2.1 โดยสามารถกำหนดระดับค่าเป้าหมายที่จะทำได้ตามลำดับขั้นได้ ซึ่งประเทศต่างๆ อาจนำค่า Interim Targets ไปใช้ในการวัดความก้าวหน้าของการดำเนินมาตรการแก้ไขปัญหาฝุ่นละอองได้อย่างต่อเนื่อง

ตารางที่ 2.1 เปรียบเทียบค่ามาตรฐาน และ Guideline ของ PM2.5 ของต่างประเทศ

ประเทศ	ค่ามาตรฐาน PM2.5 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	
	ค่าเฉลี่ย 24 ชั่วโมง	ค่าเฉลี่ย 1 ปี
องค์การอนามัยโลก (WHO Air Quality Guidelines Global Update 2005)		
● Interim Target (IT-1)	75	35
● Interim Target (IT-2)	50	25
● Interim Target (IT-3)	37.5	15
● Air Quality Guideline (AQG)	25	10
มาตรฐานของ US.EPA. (National Ambient Air Quality Standards (NAAQS) ประกาศใช้ ธ.ค. ปี 2006)	35	15
รัฐแคลิฟอร์เนีย (State standard)	-	12
สหราชอาณาจักร (ยกเว้น สก็อตแลนด์)	-	25
สก็อตแลนด์	-	12
European Union (EU)	-	25
แคนาดา (Canada-wide standards; CWS)	30	-
- นิวฟาวด์แลนด์ (Provincial standard)	25	-
- Metro Vancouver	25	12
ออสเตรเลีย	25	8
นิวซีแลนด์	25	-

กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม กำหนดมาตรฐานค่าฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน ในบรรยากาศโดยทั่วไปต้องสูงจากพื้นดินอย่างน้อย 1.5 เมตร แต่ไม่เกิน 6 เมตร โดยใช้วิธีตรวจวัดมาตรฐาน Federal Reference Method (FRM) ตามที่องค์การพิทักษ์

สิ่งแวดล้อมแห่งประเทศสหรัฐอเมริกา (US EPA) กำหนด ค่าเฉลี่ยในเวลา 24 ชั่วโมง จะต้องไม่เกิน 0.05 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร

2.2.7 สถิติของการนับข้อมูล

1. ค่าเฉลี่ย (Mean) นิยมใช้มากที่สุด และมีคุณสมบัติทางคณิตศาสตร์มากที่สุด เพราะนำข้อมูลทุกตัวมาหาค่าเฉลี่ย ยกเว้นกรณีที่ข้อมูลมีการกระจายมากๆ

2. มัชฌิม (Median) ข้อมูลที่อยู่ตรงกลางเมื่อเรียงค่าจากน้อยไปมาก ใช้เมื่อข้อมูลมีค่าสูงสุดและต่ำสุดต่างกันมาก และข้อมูลมีการกระจายแบบเบ้มาก ๆ

3. ฐานนิยม (Mode) คือจำนวนซ้ำมากที่สุดใช้ในข้อมูลชุดหนึ่ง

4. การวัดการกระจายของข้อมูล (Measurement of Dispersion) สถิติที่ใช้วัดการกระจายของข้อมูลมีหลายแบบ เช่น พิสัย (Range), ส่วนเบี่ยงเบนควอร์ไทล์ (Quartile Deviation), ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation), ค่าความแปรปรวน (Variance), ค่าเปอร์เซ็นต์ไทล์ (Percentile), การผันแปรปกติ (Coefficient of Variation) และ ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (Standard Error of the mean)

ก. พิสัย (Range) จะบอกค่าต่ำสุดและสูงสุดของข้อมูลนั้น

ข. ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation; SD) จะมีค่าสูงถ้าข้อมูลแต่ละค่าได้มาจากประชากรที่มีลักษณะแตกต่างกันมาก และจะมีค่าน้อย ถ้าได้มาจากประชากรที่มีลักษณะแตกต่างกันน้อย

ค. สัมประสิทธิ์ความแปรปรวน (Coefficient of Variation) เป็นตัวเลขที่มีประโยชน์ในการใช้เปรียบเทียบขนาดของกลุ่มตัวอย่างที่ศึกษาในกรณีที่ค่าเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่างเหล่านั้นไม่เท่ากัน หรือมีหน่วยวัดต่างกัน ดังสมการที่ (2.2)

$$\text{Coefficient of Variation} = \frac{\text{S.D}}{\text{mean}} \times 100 \quad (2.2)$$

ทั้งนี้เพื่อให้ SD ของข้อมูลกลุ่มต่าง ๆ เปรียบเทียบกันได้ นอกจากนี้ยังใช้ในการคำนวณหาขนาดตัวอย่างที่เหมาะสมได้ด้วย

ง. ความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (Standard Error of the mean ; SE) ดังสมการที่ (2.3) คือตัวเลขที่บ่งถึงความผันแปรปกติของค่าเฉลี่ยจากกลุ่มตัวอย่าง ที่สุ่มออกจากประชากรเดียวกัน ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานจะมีค่าน้อยกว่าความแปรปรวนปกติของข้อมูลทั่วไป (Standard Deviation) เพราะค่าเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่างย่อมผันแปรน้อยกว่า ความผันแปรของกลุ่มประชากร

$$SE = \frac{SD}{\sqrt{n}} \quad (2.3)$$

จ. ช่วงเชื่อมั่นที่ 95% (95% Confidence interval) การสรุปข้อมูลนอกจากค่าเฉลี่ย และ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานแล้ว ในการทดลองซ้ำ 100 ครั้ง ค่าเฉลี่ยที่ได้จะตกอยู่ในช่วง $X \pm 1.96 SE$ 95 ครั้ง ดังสมการที่ (2.4)

$$95\% \text{ Confidence interval} = X \pm 1.96 SE \quad (2.4)$$

เมื่อ

95% Confidence interval คือ ช่วงเชื่อมั่นที่ 95%

X คือ ตัวอย่าง

SE คือ ความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน