



**ใบรับรองวิทยานิพนธ์**  
**บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์**  
วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต (วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม)

**ปริญญา**

.....  
วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม

.....  
วิทยาลัยสิ่งแวดล้อม

**สาขา**

**ภาควิชา**

**เรื่อง** การเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นและสารไอออนิกของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร  
ตามแนวเส้นทางเดินรถของระบบขนส่งมวลชนกรุงเทพมหานคร

Variation of Concentration and Ionic Compositions of PM10 along Bangkok Mass  
Transit System

นามผู้วิจัย นายวิศิษฎ์ ชาญอีด

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

( ผู้ช่วยศาสตราจารย์สุรัตน์ บัวเลิศ, Ph.D. )

ประธานสาขาวิชา

( ศาสตราจารย์เกษม จันทร์แก้ว, Ph.D. )

**บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว**

( รองศาสตราจารย์กัญจนา วีระกุล, D.Agr. )

**คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย**

วันที่.....เดือน ..... พ.ศ. ....

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

การเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นและสารไอออนิกของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร  
ตามแนวเส้นทางเดินรถของระบบขนส่งมวลชนกรุงเทพมหานคร

Variation of Concentration and Ionic Compositions of PM10 along Bangkok Mass Transit  
System

โดย

นายวิศิษฎ์ ชัยอืด

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์  
เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม)

พ.ศ. 2555

วิศิษฎ์ ชายอืด 2555: การเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นและสารไอออนิกของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตรตามแนวเส้นทางเดินรถของระบบขนส่งมวลชนกรุงเทพมหานคร  
ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม) สาขาวิทยาศาสตร์  
สิ่งแวดล้อม วิทยาลัยสิ่งแวดล้อม อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: ผู้ช่วยศาสตราจารย์  
สุรัตน์ บัวเลิศ, Ph.D. 133 หน้า

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาความเข้มข้นของสารไอออนิก และการเปลี่ยนแปลงของสารไอออนิก 7 ชนิด ได้แก่ ซัลเฟต ไนเตรต คลอไรด์ โซเดียม แอมโมเนียม โพแทสเซียม และแคลเซียมของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร วิเคราะห์ด้วยเครื่องไอออนโครมาโตกราฟีจากพื้นที่การศึกษาในกรุงเทพมหานคร บริเวณพื้นที่ริมถนน ได้แก่ สถานีรถไฟฟ้าศาลาแดง ช่องนนทรี สถาบันการบินพลเรือน และพื้นที่ทั่วไป ได้แก่ โรงเรียนแสงหิรัญ โรงเรียนกรุงเทพคริสเตียน และ โรงพยาบาลเซนต์หลุยส์โดยเริ่มเก็บตัวอย่างตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ.2553 ถึงเดือนตุลาคม พ.ศ. 2554 จำนวน 240 ตัวอย่าง ผลการศึกษาพบว่าความเข้มข้นของสารไอออนิกจากพื้นที่ริมถนนสูงกว่าพื้นที่ทั่วไป ทั้งนี้ยังพบว่าฤดูกาลมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของสารไอออนิกซึ่งในช่วงฤดูแล้งจะมีค่าความเข้มข้นสูงกว่าในฤดูฝนอย่างมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ทั้งนี้เนื่องมาจากกระบวนการชะล้างของฝนที่สามารถส่งผลต่อการลดลงของความเข้มข้นของสารไอออนิกจากฝุ่นละอองในบรรยากาศได้ โดยสารไอออนหลักที่พบในทุกพื้นที่การศึกษาคือ ซัลเฟต ไนเตรต และ โพแทสเซียม มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.32 0.85 และ 0.99 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร (ตามลำดับ) คิดเป็นสัดส่วนร้อยละ 42 15 และ 17 (ตามลำดับ) ของปริมาณสารไอออนิกทั้งหมด

ลายมือชื่อนิสิต

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

Visit Chaieed 2012: Variation of Concentration and Ionic Compositions of PM10 along Bangkok Mass Transt System. Master of Science (Environmental Science), Major Field: Environmental Science, College of Environment. Thesis Advisor: Assistant Professor Surat Bualert, Ph.D. 133 pages.

The study focused on concentrations of ionic species and variation of seven ionic compositions of PM10 were  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{K}^+$  and  $\text{Ca}^{2+}$ . Water –soluble ions were measured by ion chromatography. The samples were collected from the roadside and general area. The roadside area were collected air sampling the sky train stations (BTS) from Sala Daeng Station, Chong Nonsi Station and Civil Aviation Training Center. The general areas were collected air sampling from Sanghiran School, Bangkok Christian College and Saint Louis Hospital . The sampling period was January 2010 to October 2011 (8 months). The result showed the ionic species concentration of road side was higher than general areas significantly ( $p < 0.05$ ). The seasonal period variations were also observed, the ionic species concentration in dry season is higher than rainy season in order to the precipitation diluted the concentration. The dominant species of this study found  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{NO}_3^-$  and  $\text{K}^+$  with an average concentration of 2.32 , 0.85 , 0.99  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  respectively. The fractions of the dominant were 42% , 15% ,17% respectively.

---

Student's signature

---

Thesis Advisor's signature

## กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้เสร็จสมบูรณ์ได้ด้วยความกรุณาจากผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุรัตน์ บัวเลิศ อาจารย์ที่ปรึกษางานวิจัย ที่กรุณาให้คำแนะนำในการกำหนดขอบเขตการวิจัย การเก็บข้อมูล ภาคสนาม การปฏิบัติงานร่วมกับหน่วยงานต่าง ๆ และให้คำปรึกษาในการทำรูปเล่มวิทยานิพนธ์ ขอขอบพระคุณท่านรองศาสตราจารย์ อธิพิล ราศีเกรียงไกร ประธานกรรมการที่ปรึกษา ที่ช่วยให้คำแนะนำชี้ทางในการทำวิทยานิพนธ์และช่วยให้คำแนะนำในการดำเนินชีวิต การปฏิบัติตัวต่อกร อยู่ร่วมกันในสังคม ขอขอบพระคุณอาจารย์ ดร. ไมตรี ดวงสวัสดิ์ กรรมการวิชาการที่ให้คำแนะนำในการทำรูปเล่มวิทยานิพนธ์ และสละเวลามาเป็นกรรมการในการสอบ ขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอขอบพระคุณ ศาสตราจารย์ ดร. เกษม จันทรแก้ว วิทยาลัยสิ่งแวดล้อม ที่ได้ให้ความไว้วางใจในการทำงานและอบรมสั่งสอนให้วิชาความรู้ด้านวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อมเป็นอย่างดี ขอขอบพระคุณ อาจารย์สมเกียรติ ท้วมแสง ผู้อำนวยการห้องปฏิบัติการพิษวิทยา สำนักโรคจากการประกอบอาชีพ กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข และขอขอบคุณพี่ๆเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการพิษวิทยา ที่ให้ความอนุเคราะห์เครื่องมือ สถานที่วิจัยและความรู้ในการดำเนินการวิจัย

ขอบคุณ เพื่อนๆ รุ่น 33 พี่ๆ รุ่น 32 น้องๆ รุ่น 34 ชาวสิ่งแวดล้อม ทุกคนที่ช่วย ให้คำปรึกษา และให้กำลังใจเป็นอย่างมากตลอดเวลาที่ผ่านมา

ขอขอบคุณ คุณพ่อ คุณแม่และครอบครัวชายอืด ที่ให้คำสอน เป็นกำลังใจเสมอมา และให้การสนับสนุนในด้านต่าง ๆ ในการทำวิทยานิพนธ์ในครั้งนี้

วิศิษฎ์ ชายอืด

พฤษภาคม 2555

## สารบัญ

	หน้า
สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญภาพ	(7)
คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ	(8)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	2
การตรวจเอกสาร	4
อุปกรณ์และวิธีการ	31
อุปกรณ์	31
วิธีการ	35
ผลและวิจารณ์	47
สรุปและข้อเสนอแนะ	95
สรุป	95
ข้อเสนอแนะ	101
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	102
ภาคผนวก	107
ภาคผนวก ก ความเข้มข้นของสารไอออนิกจากฝุ่นที่มีขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร ปี พ.ศ. 2553	108
ภาคผนวก ข ความเข้มข้นของสารไอออนิกจากฝุ่นที่มีขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร ปี พ.ศ. 2554	115
ภาคผนวก ค ผลการวิเคราะห์ทางสถิติ	123
ประวัติการศึกษาและการทำงาน	133

## สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	สภาวะการทำงานของเครื่อง Ionchromatography ในการวิเคราะห์สาร อนิกประจุบวก	32
2	สภาวะการทำงานของเครื่อง Ionchromatography ในการวิเคราะห์สาร อนิกประจุลบ	33
3	รายละเอียดของจุดเก็บตัวอย่างพื้นที่การศึกษา	46
4	ความเข้มข้นเฉลี่ยของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร พื้นที่ กรุงเทพมหานคร ทั้ง 2 พื้นที่การศึกษา ปี พ.ศ. 2553	48
5	ความเข้มข้นเฉลี่ยของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร พื้นที่ กรุงเทพมหานคร ทั้ง 2 พื้นที่การศึกษา ปี พ.ศ. 2554	49
6	ความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร ระหว่างฤดูแล้ง กับฤดูฝนของแต่ละพื้นที่การศึกษา ในปี พ.ศ.2553	51
7	ความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร ระหว่างฤดูแล้ง และฤดูฝนของแต่ละพื้นที่การศึกษา ในปี พ.ศ.2554	52
8	ความเข้มข้นของสารไอออนิกในฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร แบ่งตามชนิดการตรวจวิเคราะห์ ปี พ.ศ.2553	54
9	ความเข้มข้นของสารไอออนิกในฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร แบ่งตามชนิดการตรวจวิเคราะห์ ปี พ.ศ.2554	56
10	ความเข้มข้นของซัลเฟตจากฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร ระหว่างฤดูแล้งกับฤดูฝนของแต่ละพื้นที่การศึกษา ในปี พ.ศ.2553	59
11	ความเข้มข้นของซัลเฟตจากฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร ระหว่างฤดูแล้งกับฤดูฝนของแต่ละพื้นที่การศึกษา ในปี พ.ศ.2554	60
12	ความเข้มข้นของไนเตรทจากฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร ระหว่างฤดูแล้งกับฤดูฝนของแต่ละพื้นที่การศึกษา ในปี พ.ศ.2553	62
13	ความเข้มข้นของไนเตรทจากฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร ระหว่างฤดูแล้งกับฤดูฝนของแต่ละพื้นที่การศึกษา ในปี พ.ศ.2554	63

## สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
14	ความเข้มข้นของคลอไรด์จากฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร ระหว่างฤดูแล้งกับฤดูฝนของแต่ละพื้นที่การศึกษา ในปี พ.ศ.2553	65
15	ความเข้มข้นของคลอไรด์จากฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร ระหว่างฤดูแล้งกับฤดูฝนของแต่ละพื้นที่การศึกษา ในปี พ.ศ.2554	67
16	ความเข้มข้นของโซเดียมจากฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร ระหว่างฤดูแล้งกับฤดูฝนของแต่ละพื้นที่การศึกษา ในปี พ.ศ.2553	69
17	ความเข้มข้นของโซเดียมจากฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร ระหว่างฤดูแล้งกับฤดูฝนของแต่ละพื้นที่การศึกษา ในปี พ.ศ.2554	70
18	ความเข้มข้นของแอมโมเนียจากฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร ระหว่างฤดูแล้งกับฤดูฝนของแต่ละพื้นที่การศึกษา ในปี พ.ศ.2553	72
19	ความเข้มข้นของแอมโมเนียจากฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร ระหว่างฤดูแล้งกับฤดูฝนของแต่ละพื้นที่การศึกษา ในปี พ.ศ.2554	74
20	ความเข้มข้นของโพแทสเซียมจากฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร ระหว่างฤดูแล้งกับฤดูฝนของแต่ละพื้นที่การศึกษา ในปี พ.ศ.2553	76
21	ความเข้มข้นของโพแทสเซียมจากฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร ระหว่างฤดูแล้งกับฤดูฝนของแต่ละพื้นที่การศึกษา ในปี พ.ศ.2554	77
22	ความเข้มข้นของแคลเซียมจากฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร ระหว่างฤดูแล้งกับฤดูฝนของแต่ละพื้นที่การศึกษา ในปี พ.ศ.2553	79
23	ความเข้มข้นของแคลเซียมจากฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร ระหว่างฤดูแล้งกับฤดูฝนของแต่ละพื้นที่การศึกษา ในปี พ.ศ.2554	81
24	การเปรียบเทียบความเข้มข้นของสารไอออนิกในฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตรจากพื้นที่ศึกษา กับพื้นที่อ้างอิง	84
25	สัดส่วนความเข้มข้นความเข้มข้นของสารไอออนิกในฝุ่นละอองขนาดไม่ เกิน 10 ไมโครเมตร แบ่งตามพื้นที่	87

## สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
26	สัดส่วนความเข้มข้นของสารไอออนิกของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร จากพื้นที่ศึกษาทั้ง 6 แห่ง ปี พ.ศ.2553	93
27	สัดส่วนความเข้มข้นของสารไอออนิกของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร จากพื้นที่ศึกษาทั้ง 6 แห่ง ปี พ.ศ.2554	94
<b>ตารางผนวกที่</b>		
ก1	ความเข้มข้นของสารไอออนิกในฝุ่นขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร จากบริเวณสถานีรถไฟฟ้าศาลาแดง	109
ก2	ความเข้มข้นของสารไอออนิกในฝุ่นขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร จากบริเวณสถานีรถไฟฟ้าชองนันทรี	110
ก3	ความเข้มข้นของสารไอออนิกในฝุ่นขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร จากบริเวณสถานีการบินพลเรือน	111
ก4	ความเข้มข้นของสารไอออนิกในฝุ่นขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร จากบริเวณโรงเรียนแสงหิรัญ	112
ก5	ความเข้มข้นของสารไอออนิกในฝุ่นขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร จากบริเวณโรงเรียนกรุงเทพคริสเตียน	113
ก6	ความเข้มข้นของสารไอออนิกในฝุ่นขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร จากบริเวณโรงพยาบาลเซ็นหลุสย์	114
ข1	ความเข้มข้นของสารไอออนิกในฝุ่นขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร จากบริเวณสถานีรถไฟฟ้าศาลาแดง	116
ข2	ความเข้มข้นของสารไอออนิกในฝุ่นขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร จากบริเวณสถานีรถไฟฟ้าชองนันทรี	117
ข3	ความเข้มข้นของสารไอออนิกในฝุ่นขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร จากบริเวณสถานีการบินพลเรือน	118

## สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางผนวกที่		หน้า
ข4	ความเข้มข้นของสารไอออนิกในฝุ่นขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร จากบริเวณโรงเรียนแสงหิรัญ	119
ข5	ความเข้มข้นของสารไอออนิกในฝุ่นขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร จากบริเวณโรงเรียนกรุงเทพคริสเตียน	120
ข6	ความเข้มข้นของสารไอออนิกในฝุ่นขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร จากบริเวณโรงพยาบาลเซ็นหลุยส์	121
ข7	ความเข้มข้นของสารไอออนิกในฝุ่นขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร จากพื้นที่จังหวัดเลย	122
ค1	การวิเคราะห์ความแตกต่างความเข้มข้นฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร ระหว่างช่วงฤดูแล้งและฤดูฝน บริเวณสถานีรถไฟฟาสถาแดง ปี พ.ศ.2553	124
ค2	การวิเคราะห์ความแตกต่างความเข้มข้นฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร ระหว่างช่วงฤดูแล้งและฤดูฝน บริเวณสถานีรถไฟฟาส่งนนทบุรี ปี พ.ศ.2553	124
ค3	การวิเคราะห์ความแตกต่างความเข้มข้นฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร ระหว่างช่วงฤดูแล้งและฤดูฝน บริเวณสถาบันการบิณฑลเรือน ปี พ.ศ.2553	125
ค4	การวิเคราะห์ความแตกต่างความเข้มข้นฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร ระหว่างช่วงฤดูแล้งและฤดูฝน บริเวณโรงเรียนแสงหิรัญ ปี พ.ศ.2553	125
ค5	การวิเคราะห์ความแตกต่างความเข้มข้นฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร ระหว่างช่วงฤดูแล้งและฤดูฝน บริเวณโรงเรียนกรุงเทพคริสเตียน ปี พ.ศ.2553	126
ค6	การวิเคราะห์ความแตกต่างความเข้มข้นฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร ระหว่างช่วงฤดูแล้งและฤดูฝน บริเวณโรงพยาบาลเซ็นหลุยส์ ปี พ.ศ.2553	126

## สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางผนวกที่		หน้า
ค7	การวิเคราะห์ความแตกต่างความเข้มข้นฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร ระหว่างช่วงฤดูแล้งและฤดูฝน บริเวณสถานีรถไฟฟ้าศาลาแดง ปี พ.ศ.2554	127
ค8	การวิเคราะห์ความแตกต่างความเข้มข้นฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร ระหว่างช่วงฤดูแล้งและฤดูฝน บริเวณสถานีรถไฟฟ้าชองนนทรี ปี พ.ศ.2554	127
ค9	การวิเคราะห์ความแตกต่างความเข้มข้นฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร ระหว่างช่วงฤดูแล้งและฤดูฝน บริเวณสถานีการบินพลเรือน ปี พ.ศ.2554	128
ค10	การวิเคราะห์ความแตกต่างความเข้มข้นฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร ระหว่างช่วงฤดูแล้งและฤดูฝน บริเวณโรงเรียนแสงหิรัญ ปี พ.ศ.2554	128
ค11	การวิเคราะห์ความแตกต่างความเข้มข้นฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร ระหว่างช่วงฤดูแล้งและฤดูฝน บริเวณโรงเรียนกรุงเทพคริสเตียน ปี พ.ศ.2554	129
ค12	การวิเคราะห์ความแตกต่างความเข้มข้นฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร ระหว่างช่วงฤดูแล้งและฤดูฝน บริเวณโรงพยาบาลเซ็นหลุยส์ ปี พ.ศ.2554	129
ค13	การวิเคราะห์ความแตกต่างความเข้มข้นฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร ระหว่างพื้นที่การศึกษาทั้ง 6 แห่ง พ.ศ.2553	130
ค14	การวิเคราะห์ความแตกต่างความเข้มข้นฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร ระหว่างพื้นที่การศึกษาทั้ง 6 แห่ง พ.ศ.2554	131
ค15	การวิเคราะห์ความแตกต่างความเข้มข้นฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร ระหว่างพื้นที่ริมถนนกับพื้นที่ทั่วไป พ.ศ.2553	132
ค16	การวิเคราะห์ความแตกต่างความเข้มข้นฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร ระหว่างพื้นที่ริมถนนกับพื้นที่ทั่วไป พ.ศ.2554	132

## สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	กรอบแนวคิดการวิจัยการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นและสารไอออนิกของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร ตามแนวเส้นทางการเดินรถของระบบขนส่งมวลชนกรุงเทพมหานคร	3
2	เครื่อง ion chromatography model metrohm intelligent 882	32
3	เครื่อง ion chromatography	33
4	ขั้นตอนวิธีการวิเคราะห์หาค่าความเข้มข้นของสารไอออนิกในฝุ่นขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร	36
5	แผนผังการวิจัยการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นและสารไอออนิกของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร ตามแนวเส้นทางการเดินรถของระบบขนส่งมวลชนกรุงเทพมหานคร	40
6	ที่ตั้งและอาณาเขตของกรุงเทพมหานคร	41
7	ตำแหน่งสถานีเก็บตัวอย่างฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร บริเวณสถานีรถไฟฟ้าศาลาแดง	43
8	ตำแหน่งสถานีเก็บตัวอย่างฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร บริเวณสถานีรถไฟฟ้าช่องนนทรี	43
9	ตำแหน่งสถานีเก็บตัวอย่างฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร บริเวณสถาบันการbinพลเรือน (ใกล้สถานีรถไฟฟ้าหมอซิด)	44
10	ตำแหน่งสถานีเก็บตัวอย่างฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร บริเวณโรงพยาบาลเซนต์หลุยส์ (ใกล้สถานีรถไฟฟ้าสุรศักดิ์)	44
11	ตำแหน่งสถานีเก็บตัวอย่างฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร บริเวณโรงเรียนเทพคริสเตียนวิทยาลัย (ใกล้สถานีรถไฟฟ้าสุรศักดิ์)	45
12	ตำแหน่งสถานีเก็บตัวอย่างฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร บริเวณโรงเรียนแสงหิรัญ (ใกล้สถานีรถไฟฟ้าอ่อนนุช)	45

### คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ

$\text{SO}_4^{2-}$	=	ซัลเฟต
$\text{NO}_3^-$	=	ไนเตรท
$\text{Cl}^-$	=	คลอไรด์
$\text{NH}_4^+$	=	แอมโมเนีย
$\text{Na}^+$	=	โซเดียม
$\text{K}^+$	=	โพแทสเซียม
$\text{Ca}^{2+}$	=	แคลเซียม
ลบ.ม.	=	ลูกบาศก์เมตร
$\text{m}^3$	=	ลูกบาศก์เมตร
mg/L	=	มิลลิกรัมต่อลิตร
mm	=	มิลลิเมตร
mL	=	มิลลิลิตร
$\mu\text{g}$	=	ไมโครกรัม
n	=	จำนวนตัวอย่าง
$\pm$	=	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
%	=	ร้อยละความแตกต่างของความเข้มข้นช่วงฤดูแล้งเทียบกับฤดูฝน
*	=	มีความแตกต่างทางสถิติ อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

## การเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นและสารไอออนิกของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตรตามแนวเส้นทางเดินรถของระบบขนส่งมวลชนกรุงเทพมหานคร

### Variation of Concentration and Ionic Compositions of PM10 along Bangkok Mass Transit System

#### คำนำ

ปัญหาการจราจรกับกรุงเทพมหานคร เป็นปัญหาที่ควบคู่กันมาช้านาน ส่งผลต่อปัญหา มลภาวะทางอากาศที่ยิ่งทวีความรุนแรงเพิ่มสูงขึ้นตามมาเช่นกัน หากกล่าวถึง สารมลภาวะทาง อากาศที่เป็นพิษที่เกิดจากการเผาไหม้จากเชื้อเพลิงใช้เป็นพลังงานในการขับเคลื่อนของเครื่องยนต์ พบว่าในสภาวะการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงที่ไม่สมบูรณ์ ก่อให้เกิดก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ไนตรัส ออกไซด์ ซึ่งก๊าซเหล่านี้เมื่อรวมตัวกับน้ำแล้วก่อให้เกิดกรด ได้แก่ กรดซัลฟูริก ( $H_2SO_4$ ) และกรดไน ตริก ( $HNO_3$ ) และยังพบอีกว่าหากก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ และไนตรัสออกไซด์ เกิดปฏิกิริยา ออกซิเดชัน โดยมีแสงเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาจะทำให้สารเปลี่ยนสถานะจากก๊าซกลายเป็นอนุภาคเรียก กระบวนการนี้ว่าการตกสะสมของสารกรดในบรรยากาศ (dry deposition) ซึ่งอยู่ในรูปของ สารประกอบไอออนิก คือ ซัลเฟต และ ไนเตรต

สารไอออนิกจึงเป็นตัวการสำคัญ และเป็นสารมลพิษที่สามารถใช้เป็นตัวบ่งชี้แหล่งกำเนิด ของฝุ่นได้ อีกทั้งคุณสมบัติการละลายน้ำได้ทำให้มีโอกาสที่จะปนเปื้อนสู่สิ่งแวดล้อมได้ง่ายซึ่งอาจ ส่งผลกระทบต่อสุขภาพของมนุษย์ และ สิ่งแวดล้อม โดยเฉพาะอย่างยิ่งฝุ่นขนาดเล็กกว่า 10 ไมโครเมตร จะมีผลต่อระบบการทำงานของระบบหายใจส่วนกลางของมนุษย์ ส่งผลให้เกิดการ ระคายเคือง และทำลายเนื้อเยื่อปอดอันนำมาสู่การบั่นทอนประสิทธิภาพในการทำงานของปอด ลดลง ซึ่งอาจเป็นอันตรายถึงชีวิตได้ และยังเป็นบทบาทสำคัญที่มีศักยภาพเป็นแกนกลั่นตัวตามชั้น บรรยากาศ ได้แก่ คลอไรด์ โซเดียม แคลเซียม ไนเตรต และ แอมโมเนีย

ดังนั้นการศึกษาในครั้งนี้จึงมุ่งเน้นศึกษาความเข้มข้นและ สารไอออนิกของฝุ่นละออง ขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร เพื่อให้ทราบถึงแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของสารไอออนิกจากฝุ่น ละอองที่เกิดขึ้น เพื่อใช้เป็นข้อมูลเบื้องต้นในการดำเนินการจัดการแก้ไขปัญหาต่อไป

## วัตถุประสงค์

1. เพื่อตรวจวัดและวิเคราะห์ความเข้มข้นสารไอออนิกของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร (PM10) ตามแนวเส้นทางการเดินรถของระบบขนส่งมวลชนกรุงเทพมหานคร (BTS)
2. เพื่อตรวจวัดและวิเคราะห์ความเข้มข้นของฝุ่นละอองไม่เกิน 10 ไมโครเมตร ตามแนวเส้นทางการเดินรถของระบบขนส่งมวลชนกรุงเทพมหานคร (BTS)
3. เพื่อวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร และความเข้มข้นสารไอออนิกของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2553-2554

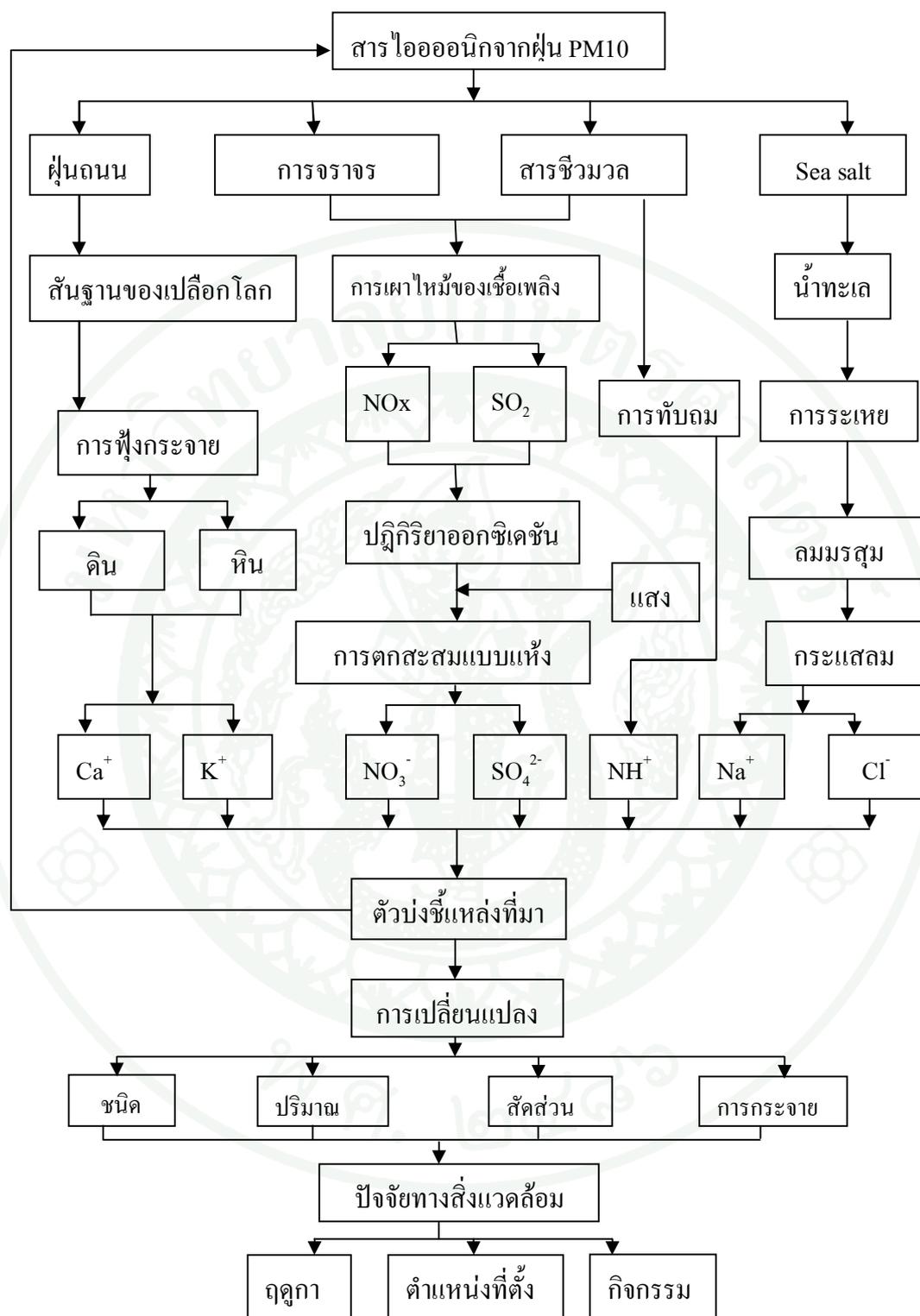
## ขอบเขตงานวิจัย

การเก็บตัวอย่าง ดำเนินการเก็บตัวอย่างฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร จากตัวแทนของเส้นทางการเดินรถของระบบขนส่งมวลชนกรุงเทพมหานคร (BTS) ระหว่างช่วงฤดูแล้ง (มกราคมและเมษายน) และช่วงฤดูฝน (กรกฎาคมและตุลาคม) เก็บตัวอย่างต่อเนื่อง 24 ชั่วโมง แบ่งพื้นที่การศึกษาออกเป็น 2 พื้นที่ คือ

- 1.) พื้นที่ริมถนน ได้แก่ สถานีรถไฟฟ้าศาลาแดง สถานีรถไฟฟ้าช่องนนทรี และสถานบันการbinพลเรือน
- 2.) พื้นที่ทั่วไป ได้แก่ โรงเรียนกรุงเทพคริสเตียน โรงเรียนแสงหิรัญ โรงพยาบาลเซ็นหลุยส์

พารามิเตอร์ที่ทำการตรวจวัด

- 1.) สำหรับการวิเคราะห์สารไอออนิกจากฝุ่นที่มีขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร สารไอออนิกที่วิเคราะห์ได้แก่ ซัลเฟต ไนเตรท คลอไรด์ โซเดียม แอมโมเนีย โพแทสเซียม และแคลเซียม



ภาพที่ 1 กรอบแนวคิดการวิจัยการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นและสารไอออนิกของฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 10 ไมโครเมตร ตามแนวเส้นทางการเดินรถของระบบขนส่งมวลชนกรุงเทพมหานคร

## การตรวจเอกสาร

### 1. ฝุ่นละออง

#### 1.1 ที่มาและความหมาย

ฝุ่นละออง (Particulate Matter) หมายถึง อนุภาคของแข็งและหยดละอองของเหลวที่แขวนลอยกระจายในอากาศ อนุภาคที่กระจายในอากาศบางชนิดมีขนาดใหญ่ และมีสีดำจนมองเห็นเป็นเขม่าและควัน แต่บางชนิดมีขนาดเล็กมากจนมองด้วยตาเปล่าไม่เห็น ฝุ่นละอองที่แขวนลอยในบรรยากาศ โดยทั่วไปมีขนาดตั้งแต่ 100 ไมโครเมตรลงมา ฝุ่นละอองสามารถก่อให้เกิดผลกระทบต่อสุขภาพอนามัยของคน สัตว์ พืช เกิดความเสียหายต่ออาคารบ้านเรือน ทำให้เกิดความเดือดร้อนรำคาญต่อประชาชน บดบังทัศนวิสัย ทำให้เกิดอุปสรรคในการคมนาคม ขนส่ง นานาประเทศจึงได้มีการกำหนดมาตรฐานฝุ่นละออง ในบรรยากาศขึ้น สำหรับในประเทศสหรัฐอเมริกา US. EPA (United state Environmental Protection Agency) ได้มีการกำหนดค่ามาตรฐานของฝุ่นรวม (Total Suspended Particulate) และฝุ่น PM10 แต่เนื่องจากการศึกษาวิจัย ฝุ่นขนาดเล็กนั้นจะเป็นอันตรายต่อสุขภาพมากกว่าฝุ่นรวม เนื่องจากสามารถผ่านเข้าไประบบทางเดินหายใจส่วนในและมีผลต่อสุขภาพมากกว่า ฝุ่นรวม ดังนั้น US. EPA จึงได้มีการยกเลิกค่ามาตรฐานฝุ่นรวม และกำหนดค่ามาตรฐานฝุ่นขนาดเล็กเป็น 2 ชนิด คือ PM10 และ PM2.5 (กรมควบคุมมลพิษ, 2553)

(1) PM10 ตามคำจำกัดความของ US. EPA หมายถึง ฝุ่นหยาบ (Course Particle) เป็นอนุภาคที่มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 2.5 - 10 ไมโครเมตร มีแหล่งกำเนิดจากการจราจรบนถนนที่ไม่ได้ลาดยางตามการขนส่งวัสดุฝุ่นจากกิจกรรมบดขยี้หิน

(2) PM2.5 ตามคำจำกัดความของ US. EPA หมายถึง ฝุ่นละเอียด (Final Particles) เป็นอนุภาคที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางเล็กกว่า 2.5 ไมโครเมตร ฝุ่นละเอียดที่มีแหล่งกำเนิดจากควันเสียของรถยนต์ โรงไฟฟ้า โรงงานอุตสาหกรรม ควันที่เกิดจากการหุงต้มอาหารโดยใช้ฟืน นอกจากนี้ก๊าซ SO<sub>2</sub> NO<sub>x</sub> และสาร VOC จะทำปฏิกิริยากับสารอื่นในอากาศทำให้เกิดฝุ่นละเอียดได้

## 1.2 แหล่งกำเนิดของฝุ่นละออง

อนุภาคฝุ่นละอองที่แขวนลอยในบรรยากาศโดยทั่วไปอาจเกิดแหล่งกำเนิดโดยตรงแล้วแพร่กระจายสู่บรรยากาศ หรือเกิดจากปฏิกิริยาต่างๆ ในบรรยากาศ เช่น การรวมตัวด้วยปฏิกิริยาทางฟิสิกส์ปฏิกิริยาเคมีหรือปฏิกิริยาแสง (Photochemical Reaction) ทำให้เกิดเป็นอนุภาคขึ้นโดยธรรมชาติของอนุภาคหยาดและอนุภาคละอองจะมีแหล่งกำเนิดที่แตกต่างกัน(ชามะเสียง, 2552)

1.2.1 แหล่งกำเนิดตามธรรมชาติ (Natural Particle) เช่น อาจเกิดจากกระแสลมที่พัดผ่านตามธรรมชาติทำให้เกิดฝุ่นขึ้น เช่น ดิน ททราย ละอองน้ำ เขม่าควันจากไฟฟ้า ฝุ่นจากเกลือทะเลหรือภูเขาไฟ เป็นต้น หรืออาจเกิดจากปฏิกิริยาแสงของก๊าซ (Photochemical Gas reactions) ซึ่งเกิดระหว่างโอโซนในธรรมชาติ และสารไฮโดรคาร์บอน เป็นผลทำให้เกิดอนุภาคที่มีขนาดเล็กมากโดยแหล่งกำเนิดของฝุ่นละอองที่เกิดขึ้นจากธรรมชาติมีดังนี้

(1) ฝุ่นและทราย ที่เจือปนอยู่ในบรรยากาศส่วนถูกนำมาโดยลมพายุหรือการนำพาโดยความร้อน สำหรับฝุ่นนั้นแหล่งกำเนิดที่สำคัญก็คือ ทะเลทราย

(2) ไฟฟ้า เป็นตัวการที่สำคัญที่ทำให้มีเถ้าฝุ่น (Ash) เป็นจำนวนมากขึ้นสู่อากาศ โดยได้มีการคาดคะเนว่าในพื้นที่ 1 เฮกแตร์ ( $1.0 \times 10^4 \text{ m}^2$  หรือ 2.5 Acres) จะมีเถ้าฝุ่นปริมาณ  $5 \times 10^{22}$  fine particle

(3) ภูเขาไฟ ผลจากการระเบิดของภูเขาไฟส่งผลให้เกิดฝุ่นละอองขึ้นสู่บรรยากาศเป็นจำนวนมาก ซึ่งฝุ่นเหล่านี้ถูกนำพาไปได้จนถึงบรรยากาศชั้น stratosphere โดยผลกระทบที่เกิดขึ้นนั้นจะคงอยู่นานถึง 2 หรือ 3 ปี

(4) ทะเล ฝุ่นละอองที่มาจาก ทะเลก็คือ สารพวกโซเดียมคลอไรด์ (NaCl) และซัลเฟต ซึ่งมาจากการระเหยน้ำจากผิวน้ำทะเล และถูกพาลอยขึ้นไปยังบรรยากาศ ซึ่งบริเวณพบว่ามีผลกระทบมากจะเป็นบริเวณที่มีความชื้นสัมพัทธ์ต่ำ

(5) ละอองเกสรดอกไม้ และสปอร์ ผลกระทบที่เกิดจากฝุ่นละอองประเภทนี้มักมีผลต่อมนุษย์โดยตรงมากกว่าผลที่เกิดกับพลังงาน ซึ่งผลกระทบที่ได้รับเกี่ยวกับโรคภูมิแพ้ต่างๆ ฝุ่นละอองประเภทนี้โดยเฉลี่ยจะมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางอนุภาคน้อยกว่า 0.2 ไมโครเมตร

(6) เกลือทะเล (Sea Salt) และฝุ่น (Soil Dust) ที่ได้รับอิทธิพลจากลมพัดขึ้นสู่อากาศ ผลกระทบจากทั้งสองตัวนี้ไม่มีความสำคัญมากนักต่อสมดุลพลังงานเนื่องจากฝุ่นละอองที่เกิดขึ้นเป็นฝุ่นละอองขนาดใหญ่โดยจะถูกเคลื่อนย้ายไปเพียงระยะทางสั้นๆ

### 1.2.2 แหล่งกำเนิดจากกิจกรรมมนุษย์ สามารถแบ่งออกได้ดังนี้

#### 1) แหล่งกำเนิดที่เคลื่อนที่ได้ (Mobile Source)

จัดเป็นแหล่งกำเนิดใหญ่ของฝุ่นละออง โดยทั่วไปจะถูกปลดปล่อยจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงและเครื่องยนต์ โดยอนุภาคฝุ่นละอองที่มาจากเครื่องยนต์มีต้นกำเนิดจากท่อไอเสียและจากการเสียดสีของส่วนประกอบเฉพาะส่วน เช่น ยางเบรก รวมทั้งการฟุ้งกระจายขึ้นอีกครั้งของฝุ่นตามถนน ตัวอย่างแหล่งกำเนิดที่เคลื่อนที่ได้ ได้แก่ ยานพาหนะทางบกได้แก่รถยนต์ที่ใช้เครื่องยนต์ดีเซล โดยระบายฝุ่นละอองสู่บรรยากาศในรูปของควันดำซึ่งเป็นอนุภาคของคาร์บอนจำนวนมาก ที่เกิดจากการเผาไหม้ไม่สมบูรณ์ของน้ำมันดีเซลในเครื่องยนต์และรถจักรยานยนต์สองจังหวะซึ่งระบายฝุ่นละอองออกสู่บรรยากาศในรูปของควันขาวที่เป็นละอองไอน้ำของน้ำมันหล่อลื่นรถบรรทุกและขนส่งวัสดุก่อสร้าง เป็นกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับการก่อสร้างทุกประเภท โดยเฉพาะการบรรทุกและขนส่งดินทรายที่ไม่มีการปกคลุมส่วนที่บรรทุกให้มิดชิด หรือล้อรถที่มีดินทรายเกาะติดอยู่ตกหล่นลงสู่ถนนตลอดทางที่วิ่งไป ทำให้ฝุ่นละอองเกิดฟุ้งกระจายไปในบรรยากาศ

ทั้งน้ำมันดีเซลและก๊าซโซลีนเป็นแหล่งกำเนิดฝุ่นละอองปฐมภูมิและทุติยภูมิดังนั้นองค์ประกอบแรกที่ถูกปลดปล่อยออกมาจากยานพาหนะที่ใช้ น้ำมันทั้ง 2 ประเภทนี้คือ สารประกอบอินทรีย์คาร์บอน และธาตุคาร์บอน (Watson *et al.*, 1994) ซึ่งจะมีค่าไม่คงที่ในน้ำมันแต่ละประเภทและพบว่ามีช่วงที่กว้างและอาจซ้อนทับกันตามความแตกต่างของน้ำมันแต่ละประเภท โดยเฉลี่ยจะพบธาตุคาร์บอนมากกว่าสารประกอบอินทรีย์คาร์บอนในไอเสียของเครื่องยนต์ดีเซล ในทางตรงข้ามจะพบว่ามีสารประกอบอินทรีย์คาร์บอนเป็นองค์ประกอบที่เด่นในไอเสียของเครื่องยนต์ก๊าซโซลีน (Hildemann *et al.*, 1991) นอกจากนี้ยังพบกำมะถันแต่พบใน

ปริมาณน้อยมาก คือ ประมาณร้อยละ 4 ในไอเสียรถยนต์ แต่พบว่าเครื่องยนต์ดีเซลมีแนวโน้มปริมาณกำมะถันมากกว่าเครื่องยนต์ก๊าซโซลีน ทั้งนี้เพื่อใช้กับออกซิเจนส่วนเกิน อย่างไรก็ตามยังพบว่ามีอนุภาคทุติยภูมิที่เกิดจากการเปลี่ยนรูปของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่ถูกปลดปล่อยจากไอเสียรถยนต์เป็นจำนวนมากโดยก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่ถูกปลดปล่อยออกมาส่วนใหญ่มาจากเครื่องยนต์ดีเซล ซึ่งสะท้อนให้เห็นว่าปริมาณกำมะถันในน้ำมันดีเซลสูงกว่าในก๊าซโซลีน อย่างไรก็ตามไอเสียรถยนต์ยังเป็นแหล่งกำเนิดขนาดใหญ่ที่ปลดปล่อยก๊าซออกไซด์ของไนโตรเจนด้วย ซึ่งอาจเกิดการเปลี่ยนรูปในบรรยากาศเป็นอนุภาคในเตรท (Wangkiat, 2002 )

สำหรับธาตุประเภทน้อยที่อยู่ในรถยนต์จะถูกปลดปล่อยออกมาในปริมาณที่น้อยมาก ซึ่งส่วนใหญ่จะมีปริมาณน้อยกว่าร้อยละ 1 และเป็นเรื่องยากที่จะหาธาตุที่เป็นตัวบ่งชี้ที่เหมาะสมสำหรับรถยนต์ตัวอย่าง เช่น ตะกั่ว จะมาจากเตตระเอทิลเลดที่เพิ่มค่าออกเทน ส่วนโบรมีนจะมาจากเอทิลีนไดโบรไมด์ซึ่งย่อยสลายตะกั่วที่มาจากก๊าซโซลีน นอกจากนี้ยังได้มีการศึกษาเพื่อจำแนกธาตุองค์ประกอบที่เป็นตัวบ่งชี้ว่ามาจากเครื่องยนต์ของยานพาหนะ ซึ่งจากการศึกษาพบว่า มีสังกะสี โบรมีน และพลวง (Huang *et al.*, 1994 ) ส่วนตะกั่วและเหล็กที่ถูกปลดปล่อยออกมาจากไอเสียของรถยนต์จะมาจากสนิม ในขณะที่โครเมียม แบเรียม และแมงกานีส จะมาจากผ้าเบรก อย่างไรก็ตามความสัมพันธ์ของธาตุบางชนิดดังกล่าวในไอเสียรถยนต์อาจมีความแปรปรวนสูง ทั้งนี้อาจมีความเป็นไปได้ว่าในพื้นที่ธาตุเหล่านั้นอาจมาจากแหล่งกำเนิดอื่นที่มีองค์ประกอบใกล้เคียงกันกับยานพาหนะ เช่น การใช้เมทิลไซโคลเพนเตดีนัลแมงกานีสไตรคาร์บอรัล (MMT) เป็นตัวเพิ่มค่าออกเทนในก๊าซโซลีน (Wallace and Slonecker, 1997) ในขณะที่แหล่งกำเนิดหลักของแมงกานีสส่วนใหญ่มาจากเปลือกโลก สำหรับซีเรียมและแลนทานัม จะนำมาใช้เป็นส่วนผสมของคาทาลิติกคอนเวอร์เตอร์ (Catalytic Converter) ของยานพาหนะที่ใช้เครื่องยนต์ก๊าซโซลีน (Wangkiat, 2002 )

2) แหล่งกำเนิดที่อยู่กับที่ (Stationary Sources) ได้แก่ โรงงานอุตสาหกรรมประเภทต่างๆ โรงไฟฟ้า เตาหุงต้มตามบ้านเรือนและการเผาขยะมูลฝอย เป็นต้น ตัวอย่างแหล่งกำเนิดที่อยู่กับที่ได้แก่

(1) การก่อสร้างและการรื้อถอนทำลายอาคารหรือสิ่งก่อสร้าง เช่น การก่อสร้างอาคาร ถนน ระบบขนส่งมวลชนและระบบสาธารณูปโภคต่างๆ โดยการก่อสร้างหลาย

ประเภทมักมีการเปิดหน้าดินก่อนซึ่งจะทำให้เกิดการฟุ้งกระจายของฝุ่นดินและทราย รวมทั้งการฟุ้งกระจายของฝุ่นละอองจากปูนซีเมนต์ที่ใช้ในการก่อสร้างด้วย

(2) โรงงานอุตสาหกรรม โรงไฟฟ้า และสถานประกอบการต่างๆ

(3) การเผาไหม้เชื้อเพลิง เช่น น้ำมันเตา ฟืน แกลบ เป็นต้น เพื่อนำพลังงานไปใช้ในกระบวนการผลิต ซึ่งหากเกิดการเผาไหม้ไม่สมบูรณ์หรือไม่มีการกำจัดอย่างถูกต้องจะก่อให้เกิดก๊าซและฝุ่นละอองลอยปะปนในบรรยากาศ ตัวอย่างเช่น เถ้าลอย (Fly Ash) จากโรงไฟฟ้า เป็นต้น

(4) กระบวนการผลิต ได้แก่ โรงงานที่ผลิตโลหะต่างๆ เช่น โรงงานผลิตตะกั่วสังกะสี อลูมิเนียม ทองแดง ซึ่งจะเกิดก๊าซ ไอควัน และฝุ่นละออง รวมทั้งการทำเหมืองแร่ที่มีการผลิต 5 ขั้นตอนใหญ่ซึ่ง ได้แก่ การขุดเจาะหรือการระเบิดการขนส่ง การเก็บการบดย่อย การแยกแร่และการทำให้แห้ง โดยในแต่ละขั้นตอนล้วนทำให้เกิดฝุ่นละอองและอนุภาคขนาดเล็กของธาตุนั้นๆ เช่น การฟุ้งกระจายของฝุ่นตะกั่วในบรรยากาศขณะบดย่อยทำให้แห้งจากการแยกแร่ด้วยวิธีเปียกโดยใช้น้ำฉีดซึ่งจะทำให้เกิดก๊าซและฝุ่นละอองออกมา เป็นต้น

### 1.2.3 ประเภทของละอองในบรรยากาศ

สามารถแบ่งตามกระบวนการเกิดมีสองชนิด คือ ละอองในบรรยากาศปฐมภูมิ (Primary Aerosol) เป็นอนุภาคของแข็งหรือของเหลวตั้งแต่เข้าสู่บรรยากาศ เช่น ฝุ่นจากทะเลทราย หรือผิวดินที่แห้งแล้งปราศจากสิ่งปกคลุม ควันไฟส่วนที่เป็นเขม่าดำ (Black Carbon, BC) และละอองในบรรยากาศทุติยภูมิ (Secondary Aerosol) ขณะที่ถูกปลดปล่อยสู่บรรยากาศเป็นก๊าซและไอของสารระเหย และเปลี่ยนสภาพเป็นอนุภาคของแข็ง หรือของเหลวเมื่อมีความเข้มข้นเกินความสมดุลของความดันไอระเหย (Equilibrium Vapour Pressure) ดังนั้น ความเข้มข้นของฝุ่นละอองที่เพิ่มขึ้นในชั้นบรรยากาศเป็นปริมาณมากนั้นเห็นได้ชัด โดยเฉพาะในเมืองใหญ่ จากการวิเคราะห์ปริมาณอนุภาคของฝุ่นละอองที่เพิ่มขึ้นในอากาศของโลกพบว่ามามีปริมาณถึง 107 ตัน/วัน โดยมีทั้งจากแหล่งกำเนิดปฐมภูมิและทุติยภูมิ และมีเพียง 10 % ที่กำเนิดมาจากแหล่งกำเนิดโดยตรง สำหรับแหล่งกำเนิดของฝุ่นละออง ที่มาจากธรรมชาติที่สำคัญ ได้แก่ ภูเขาไฟระเบิด ไฟป่า พายุฝุ่น และเกลือจากทะเล เป็นต้น รายละเอียดดังนี้

1) ละอองในบรรยากาศปฐมภูมิ (Primary Emission) เป็นสารมลพิษอากาศที่เกิดขึ้น และถูกระบายจากแหล่งกำเนิดโดยตรง เช่น ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ ก๊าซออกไซด์ของไนโตรเจน ฝุ่นผง และเขม่าควันดำที่เกิดจากการเผาเชื้อเพลิงในยานพาหนะ และเตาเผาในโรงงานอุตสาหกรรม เป็นต้น ได้แก่

(1) ละอองฝุ่นจากดินและจากอุตสาหกรรม (Soil-Derived and Industrial Dust) ส่วนใหญ่ของละอองในบรรยากาศที่ปลดปล่อยจากภาคพื้นดิน เกิดจากกระแสลมที่พัดพาผิวดินขึ้นไปในอากาศ ส่วนพื้นดินของโลกส่วนที่เป็นแหล่งใหญ่ของฝุ่นคือทะเลทราย เช่น ทะเลทรายสะฮารา ฝุ่นเอเชีย (Asian dust) จากทะเลทรายโกบี และบริเวณแห้งแล้งใน ทากลามาكان (Taklamakan) ทางตะวันตกเฉียงเหนือของประเทศจีนและมองโกเลีย พื้นดินที่จับตัวแข็งในฤดูหนาวเมื่อถึงฤดูใบไม้ผลิจะแตกตัวเป็นฝุ่นขนาดเล็กกว่า 20 ไมโครเมตร ที่ถูกลมพัดไปไกลจากจีนถึงเกาหลี ญี่ปุ่นและสหรัฐอเมริกา องค์ประกอบของดินเป็นปัจจัยสำคัญอย่างหนึ่งที่จะทำให้มีการเคลื่อนที่ของฝุ่นขึ้นในอากาศ ความชื้นและสิ่งปกคลุมดินที่มนุษย์เจตนาสร้างขึ้นเปลี่ยนแปลงปริมาณฝุ่นจากผิวดินได้ตัวอย่าง เช่น การก่อสร้างขนาดใหญ่ (สนามบินสุวรรณภูมิ) หรือฝุ่นจากกลุ่มโรงงานอุตสาหกรรม (Fly ash) เช่น โรงงานปูนซีเมนต์ เป็นต้น แสงฝุ่นเอเชียที่เดินทางจากปักกิ่งไปถึงเกาหลีและพาเอาแบคทีเรีย เชื้อรา ติดไปด้วย ในวันปกติจำนวนละอองชีวภาพ (Bioaerosols) มีน้อยกว่าวันที่มีพายุฝุ่นพัดผ่าน

(2) ละอองจากทะเลและมหาสมุทร มหาสมุทรเป็นแหล่งกำเนิดปฐมภูมิของอนุภาคเกลือทะเล (Sea salt particles, sea spray) ได้จากการแตกตัวของฟองคลื่นที่มีมากตามบริเวณชายฝั่งและบริเวณที่มีกระแสน้ำและคลื่นลมแรง อนุภาคเกลือทะเลจะมีสิ่งมีชีวิต และสารอินทรีย์ติดปนมาด้วย ละอองชีวภาพ (Biogenic aerosol) นอกจากจุลชีพ ยังมีชีวโมเลกุล เช่น กรดไขมัน (fatty acids) แอลกอฮอล์ เอสเทอร์ โปรตีนที่ละลายน้ำได้

2) ละอองในบรรยากาศทุติยภูมิ (Secondary aerosol) เป็นสารมลพิษอากาศที่ไม่ได้เกิดและถูกระบายออกจากแหล่งกำเนิดใดๆ แต่ขึ้นในบรรยากาศทั่วไป จากปฏิกิริยาเคมีระหว่างสารมลพิษอากาศปฐมภูมิกับสารประกอบอื่นๆ ที่อยู่ในบรรยากาศ เช่น ก๊าซโอโซน ซึ่งเกิดจากปฏิกิริยาเคมี Photochemical Oxidation ระหว่างก๊าซออกไซด์ของไนโตรเจนกับสารประกอบไฮโดรคาร์บอนอื่นๆ และสารมลพิษอากาศที่เป็นสารอนินทรีย์ (Inorganic) เช่น ก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์และฝุ่นตะกั่ว เป็นต้นในประเทศไทยได้มีการประกาศค่าปริมาณสารมลพิษที่

ยอมให้ปล่อยสู่บรรยากาศ เพื่อควบคุมสารมลพิษหลักจำนวน 7 ชนิด ซึ่งเป็นสารมลพิษอากาศปฐมภูมิเป็นส่วนใหญ่ ได้แก่ คาร์บอนมอนอกไซด์ ไนโตรเจนไดออกไซด์ ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ฝุ่นรวม (Total Suspended Particulate) ตะกั่ว ฝุ่นขนาดเล็ก (PM10) และ โอโซนซึ่งเป็นมลพิษอากาศทุติยภูมิ นอกจากนี้แล้ว ยังมีสารมลพิษอากาศที่เป็นอันตราย (Hazardous Air Pollutants : HAPs หรือ Toxic Air Pollutants หรือ Air Toxic) ซึ่งเป็นสารที่ก่อให้เกิดมะเร็ง และทำให้ผลกระทบต่อสุขภาพระยะยาวได้แก่

(1) ไดเมทิลซัลไฟด์ (Dimethylsulfide, DMS) การปลดปล่อยไดเมทิลซัลไฟด์ (DMS) จากมหาสมุทร คือแหล่งที่มาหลักของซัลเฟอร์ในบรรยากาศ ในบริเวณชายฝั่งทะเล (Marine Boundary Layer) และฟรีโทรโปสเฟียร์ (Free Troposphere) โดยมีปริมาณขึ้นกับ ฤดูกาล และวัฏจักรการเจริญของสิ่งมีชีวิตในทะเล และความเร็วการเคลื่อนย้ายจากทะเลสู่อากาศ (sea-to-air transfer velocity) สารเหล่านี้จะเกิดการเปลี่ยนแปลงทางเคมีที่หลากหลาย ส่วนใหญ่เป็นออกซิเดชันได้เป็น dimethyl sulfoxide (DMSO) และ dimethylsulphone (DMSO<sub>2</sub>) กระบวนการเคมีที่เริ่มจากสถานะก๊าซคือ DMS และได้ผลผลิตเป็นละอองในบรรยากาศ คือ กรดซัลฟูริก (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) และ methanesulphonate (MSA) อุณหภูมิคือปัจจัยสำคัญของการเปลี่ยนแปลงทางเคมีของ DMS ในบรรยากาศ

Charlson และคณะ (1987) สิ่งมีชีวิตในทะเลสร้าง Dimethyl sulfide (DMS) ซึ่งถูกออกซิไดซ์ได้ SO<sub>2</sub> และเปลี่ยนเป็นละอองซัลเฟต ที่ไม่ใช่เกลือทะเล (Non-sea-salt sulphate-NSS) ปฏิกิริยานี้ขึ้นกับอุณหภูมิ และละอองซัลเฟต (NNS) คือ ปฏิกิริยาป้อนกลับขึ้นไปเปลี่ยนแอลบีโดของเมฆ โดยการเพิ่มจำนวนเกล็ดเมฆ (Cloud Condensation Nuclei, CNN) ทำให้เมฆขาวขึ้น สะท้อนแสงอาทิตย์กลับคืนไปในอวกาศมากขึ้น ทำให้ผิวโลกเย็นลง

(2) การปลดปล่อย SO<sub>2</sub> จากภูเขาไฟ ภูเขาไฟเป็นแหล่งธรรมชาติหลักอีกประเภทหนึ่งของสารประกอบซัลเฟอร์ในบรรยากาศ ภูเขาไฟที่แอคทีฟส่วนใหญ่อยู่ในซีกโลกภาคเหนือ ในประเทศอินโดนีเซียมีบริเวณที่มีภูเขาไฟจำนวนมาก ภูเขาไฟเหล่านี้พ่นก๊าซ ไอน้ำ คาร์บอนไดออกไซด์ และกำมะถันในรูปของ SO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S และ SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> ในสัดส่วนต่างๆ กันแล้วแต่ชนิดของ magma ก๊าซ SO<sub>2</sub> เป็นสารตั้งต้นของละอองซัลเฟต

ในบรรยากาศโดยเฉพาะในสถานะร้อนขึ้น ซัลเฟตจากภูเขาไฟระเบิดมีความสำคัญต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศโลกเพราะหมอกควันพวยพุ่งขึ้นสูงถึงชั้น troposphere และ stratosphere

(3) การปลดปล่อย  $\text{SO}_2$  จากอุตสาหกรรม อัตราการปลดปล่อย  $\text{SO}_2$  จากภาคอุตสาหกรรมสามารถคำนวณได้ จากการทำบัญชีรายการระดับชาติ (National Inventory) และได้พัฒนาไปเป็นกิจกรรมการทำบัญชีรายการปลดปล่อยระดับโลก (Global Emission Inventory Activity, GEIA) ซึ่งเป็นความสำเร็จขั้นพื้นฐานที่นำไปสู่การศึกษาโดยใช้แบบจำลองการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกและละอองซัลเฟตในบรรยากาศระดับโลกและระดับภูมิภาค

(4) การปลดปล่อยออกไซด์ของไนโตรเจนและแอมโมเนียออกไซด์ของไนโตรเจนมีความสำคัญในเคมีของบรรยากาศเนื่องจากมีสถานะเป็น Atmospheric oxidant และเป็นสารต้นตอของละอองกรดไนตริก ซึ่งนอกจากมีความดันไอสูงแล้วยังสามารถเกาะกับอนุภาคอยู่ในภาวะของละอองและเกิดสมดุลเคมีกับก๊าซ แอมโมเนียดังสมการ ต่อไปนี้



แอมโมเนียมีความสำคัญในการ neutralize ละอองกรดซัลฟูริกในบรรยากาศ และยังมีส่วนในการสร้างละอองของแข็งขึ้นใหม่ด้วย สมดุลระหว่างสถานะของแข็งของเหลว ก๊าซ ของ แอมโมเนีย กรดไนตริก ไนเตรท กรดซัลฟูริก ซัลเฟตและน้ำ เป็นเรื่องที่สำคัญในการศึกษาเคมีของบรรยากาศ

(5) คาร์บอนอินทรีย์และเขม่าดำ (Organic Carbon and Black Carbon) มีสองแหล่งใหญ่ของละอองในบรรยากาศที่มาจากการเผาไหม้ คือ การเผาไหม้ของเชื้อเพลิงฟอสซิล (Fossil Fuel Burning) และการเผาไหม้ของชีวมวล (Biomass Burning) การเกิดละอองในบรรยากาศขึ้นกับสถานะที่เกิดการเผาไหม้ เช่น อุณหภูมิ ประสิทธิภาพการเผาไหม้ และชนิดของเชื้อเพลิง โดยทั่วไปอุณหภูมิสูงให้ เขม่าดำ (Black carbon, BC) มากกว่า และมีสัดส่วนของคาร์บอนอินทรีย์ (Organic Carbon, OC) น้อยลง

วัชรเดช (2552) รายงานว่าฝุ่นในกรุงเทพมหานครมีต้นกำเนิดมาจาก 3 แหล่งใหญ่ๆ คือ 1) จากการก่อสร้างทำให้เกิดฝุ่นร้อยละ 40 2) จากท่อไอเสียรถยนต์ รถมอเตอร์ไซด์ รถเมล์ รถบรรทุกและพาหนะอื่นๆ ที่ใช้น้ำมันทั้งหลาย อีกร้อยละ 40 และ 3) จากโรงงานอุตสาหกรรม ไอเกลือจากทะเล และแหล่งอื่นๆ อีกร้อยละ 20

จากรายงานข้อมูลของกรมควบคุมมลพิษ รายงานถึงสถานการณ์คุณภาพอากาศ ประจำปี พ.ศ. 2551 พบว่า ฝุ่นขนาดเล็ก (PM 10) ค่าเฉลี่ย 24 ชั่วโมงตรวจวัดได้ในช่วง 8.1-205.4 มกค/ลบ.ม เกินมาตรฐานจำนวน 82 ครั้ง จากการตรวจวัด 2000 ครั้ง หรือเกินมาตรฐานร้อยละ 4.1 โดยบริเวณที่พบฝุ่นละอองขนาดเล็กเกินมาตรฐานได้แก่ ถนนดินแดง ถนนพระราม 6 และ ถนนพระราม 4 โดยพบว่าบริเวณพื้นที่ตรวจวัดริมถนนมีส่วนการเกินค่ามาตรฐานการตรวจวัดสูงกว่าพื้นที่ทั่วไปตั้งแต่ปี พ.ศ. 2538-2551

โดยแหล่งปลดปล่อยฝุ่นละอองทางอากาศในกรุงเทพมหานคร ส่วนใหญ่ มาจากการจราจร โดยเฉพาะบริเวณที่มีการคมนาคมหนาแน่นริมเส้นทางการจราจร ย่านชุมชนต่างๆ โดยพบว่าฝุ่นละอองในเขตเมืองจะมีสารอินทรีย์วัตถุ ธาตุคาร์บอน ซัลเฟต และไนเตรท ซึ่งมาจากการเผาไหม้ของเครื่องยนต์ของยานพาหนะนอกจากนี้ยังพบไอเสียรถยนต์ยังเป็นแหล่งกำเนิดขนาดใหญ่ที่ปลดปล่อยก๊าซออกไซด์ของไนโตรเจน ซึ่งอาจเกิดการเปลี่ยนแปลงในบรรยากาศเป็นอนุภาคไนเตรท (Wangkoat, 2002) ส่วนสารประกอบจำพวกแคลเซียม มาจากการฟุ้งกระจายของฝุ่นถนน หรือจากบริเวณที่มีการก่อสร้าง

ศิริวรรณ (2543) รายงานว่าฝุ่นจากเครื่องยนต์ดีเซลมีลักษณะเป็นปุย จับตัวกันแบบหลวมๆ มีรูพรุนมากไม่เป็นรูปทรงเรขาคณิต มีขนาด 7-10 ไมโครเมตร มีธาตุคาร์บอน ออกซิเจน ซัลเฟอร์เป็นองค์ประกอบหลัก ฝุ่นที่มาจากรถยนต์เบนซิน มีลักษณะเป็นก้อนที่เกิดจากการรวมตัว เนื้อฟู มีรูพรุนคล้ายฟองน้ำ ไม่เป็นรูปทรงเรขาคณิต มีขนาด 4-5 ไมโครเมตร มีธาตุคาร์บอน ออกซิเจน ซัลเฟอร์ เป็นองค์ประกอบหลัก

## 2. ความเข้มข้นและการกระจายตัวของอนุภาคฝุ่นละอองในอากาศ

การกระจายของขนาดอนุภาค หรือ การแจกแจงขนาดอนุภาค (Particle Size Distribution) เป็นการแจกแจงตามขนาดอนุภาคของตัวอย่างที่มีอนุภาคขนาดต่าง ๆ กัน โดยการแบ่งขนาดของ

อนุภาคออกเป็นช่วง ๆ (Intervals) ตามลำดับของขนาดอนุภาค แล้วแสดงข้อมูลที่ได้ในรูปของตารางหรือกราฟ ซึ่งแสดงความสัมพันธ์ระหว่างช่วงของขนาดอนุภาค (Size Interval) และความถี่ของการเกิด (จำนวนหรือมวลของอนุภาค) ในช่วงนั้น ๆ โดยทั่วไปแล้วการกระจายของขนาดอนุภาคนั้น อนุภาคที่มีขนาดใหญ่จะตกลงสู่พื้นโลกด้วยแรงดึงดูดของโลก และด้วยปัจจัยอื่น ๆ ทำให้อนุภาคที่แขวนลอยอยู่ในอากาศมีอนุภาคที่มีขนาดเล็กมากกว่า (ศิริกัลยา และคณะ, 2542)

ความเข้มข้นของฝุ่นละอองที่แขวนลอยอยู่ในบรรยากาศจะขึ้นอยู่กับปริมาณของอากาศที่สะอาดและศักยภาพของแหล่งที่กำเนิด โดยความเข้มข้นของฝุ่นละอองอาจมีความผันแปรและขึ้นอยู่กับพื้นที่ ซึ่งความเข้มข้นของฝุ่นละอองอาจมีค่าน้อยกว่า 1 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ในเขตห่างไกลชุมชน และมีค่าน้อยกว่า 10 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ในชุมชนหนาแน่น (ภิญโญ, 2545)

ระดับความเข้มข้นของฝุ่นละอองไม่เกิน 10 ไมโครเมตร ในบรรยากาศสามารถผันแปรตามฤดูกาลต่างๆ ได้ อันเนื่องมาจากสภาพภูมิอากาศ ซึ่งได้แก่ ความชื้นสัมพัทธ์ ปริมาณน้ำฝน ทิศทางลม โดยพบว่าระดับความเข้มข้นเฉลี่ยในฤดูหนาวสูงกว่าหน้าฝน (ศิริวรรณ, 2543) เช่นเดียวกับระดับความเข้มข้นของฝุ่นละอองในฤดูแล้งมีค่าสูงกว่าฤดูฝน

สำหรับในบรรยากาศฝุ่นละอองที่สามารถเพิ่มขนาดอนุภาคโดยการดูดความชื้นในอากาศได้ เรียกว่าฝุ่นละอองมีสมบัติเป็น hygroscopic โดยการเพิ่มขึ้นของขนาดอนุภาคฝุ่นมีความสัมพันธ์กับความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ ดังพบว่าเมื่อความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศมากกว่าหรือเท่ากับร้อยละ 40 อนุภาคฝุ่นละอองของแอมโมเนียมไบซัลเฟต ( $\text{NH}_4\text{HSO}_4$ ) มีค่าอัตราส่วนระหว่างขนาดอนุภาคฝุ่นที่ความชื้นสัมพัทธ์ใดๆ ต่อขนาดอนุภาคฝุ่นในสภาวะอากาศแห้ง ( $D_p/D_{p0}$ ) มากกว่า 1 ซึ่งแสดงถึงฝุ่นละอองแอมโมเนียมไบซัลเฟต ( $\text{NH}_4\text{HSO}_4$ ) สามารถเพิ่มขนาดอนุภาคฝุ่นละอองได้เมื่อความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศมีค่ามากกว่าหรือเท่ากับร้อยละ 40

ฝุ่นละอองที่มีสมบัติเป็น hygroscopic มักเป็นฝุ่นละอองประเภทเกลืออนินทรีย์ (Inorganic salt) เช่น แอมโมเนียมไนเตรต แอมโมเนียมซัลเฟต แอมโมเนียมไบซัลเฟต และโซเดียมคลอไรด์ หรือมักมีองค์ประกอบทางเคมีที่สามารถละลายน้ำได้ ได้แก่ สารอนินทรีย์ที่ละลายน้ำได้ เช่น คลอไรด์ ไนเตรต ซัลเฟต โซเดียม แอมโมเนียม เป็นต้น และสารอินทรีย์คาร์บอนที่ละลายน้ำได้ ซึ่งส่วนใหญ่เป็นสารอินทรีย์ทุติยภูมิที่เกิดจากปฏิกิริยาออกซิเดชันระหว่างโอโซนกับโมโนเทอร์ปีน

(Monoterpenes) ที่มาจากเขม่าไอเสีย ทำให้เกิดการสร้างประจุ หรือขั้วบนผิวอนุภาคฝุ่น (Polar surface group) เช่น กลุ่มคาร์บอกซิเลต (Decesari *et al*, 2002) โดยพบว่าสารอินทรีย์ในอากาศซึ่งส่วนใหญ่เกิดจากกระบวนการเผาไหม้เชื้อเพลิง ยานพาหนะ หรือผลของปรากฏการณ์ Photochemical reaction ประมาณร้อยละ 15-67 เป็นสารอินทรีย์ที่สามารถละลายน้ำได้ (Chen and Lee, 1999) ส่วนฝุ่นละอองที่มีสมบัติเป็น Non-hygroscopic หรือฝุ่นละอองที่มีสมบัติไม่เปียกน้ำ ได้แก่ฝุ่นละอองจากดิน ฝุ่นที่เกิดจากการเผาไหม้เชื้อเพลิง และสารอินทรีย์ทุติยภูมิบางชนิด (Kerminen, 1996) ทั้งนี้ในการกำจัดฝุ่นละอองที่มีสมบัติเป็น Non-hygroscopic นิยมเติมสารลดแรงตึงผิวของหยดน้ำเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการกำจัดฝุ่นละออง เช่น สารประเภทโพลีเมอร์จำพวก อะคริลิก ไวนิลอะซิเตต (Acrylic Vinyl Acetate Polymer) เป็นต้น

## 2.1 ความเร็วลมและทิศทางลม (wind speed and wind direction )

ลม คือ อากาศที่เคลื่อนไหวยานานกับผิวโลก โดยปัจจัยที่มีความสำคัญในการประเมินการแพร่กระจายของฝุ่นละออง คือ ความเร็วลมและทิศทางลม เนื่องจากฝุ่นละอองจะถูกเจือจางโดยลมที่พัดผ่านแหล่งกำเนิด ซึ่งการเจือจางนี้เกิดจากอากาศที่ไม่มีฝุ่นละอองหรือมีฝุ่นละอองน้อยเคลื่อนที่เข้ามา ทำให้บริเวณที่มีความเข้มข้นของฝุ่นละอองมากมีความเข้มข้นของฝุ่นละอองลดลง ในขณะที่ทิศทางลมจะมีอิทธิพลต่อการเคลื่อนที่ของฝุ่นละออง และบริเวณที่มลสารกระจายออกไป ซึ่งทิศทางลมจะเป็นตัวกำหนดว่าตัวมลสารจะถูกพัดไปทิศทางไหน เนื่องจากลมไม่ได้พัดไปในทิศทางเดียวตลอดเวลา และการพัดไปในทิศทางต่างๆ มักไม่คงที่ทั้งในช่วงเวลาสั้นๆหรือเป็นเวลานานในทางอุตุนิยมวิทยาจะแสดงความเร็วลมและทิศทางลมในรูปของแผนภูมิลมจะแสดงในทิศทางที่มลสารถูกพัดพามาไปสู่ทิศทางตรงกันข้าม เช่น ลมที่พัดมาจากทิศตะวันออกเฉียงใต้จะพัดฝุ่นละอองไปทางทิศตะวันออกเฉียงเหนือ เป็นต้น (วงศ์พันธ์ และคณะ, 2543)

## 2.2 ความปั่นป่วน ( Turbulence )

ความปั่นป่วนหมายถึง ธรรมชาติของของไหลซึ่งแสดงให้เห็นอยู่ในรูปของ ความไม่แน่นอน ไม่สามารถทำนายได้ เป็นการเคลื่อนที่แบบไม่ราบเรียบในบรรยากาศ ซึ่งความปั่นป่วนของบรรยากาศเกิดขึ้นเมื่อการไหลของอากาศมีการเคลื่อนที่แบบกระแสวน (Eddy) ซึ่งหมายถึง ส่วนของอากาศที่เคลื่อนไหวแบบอิสระในลักษณะขึ้นลง (วงศ์พันธ์ และคณะ, 2543) โดยกระแสวนนั้นสามารถเกิดขึ้นได้ในแนวราบและแนวตั้ง ซึ่งมีความสำคัญต่อการแพร่กระจายและการเจือ

จางของฝุ่นละออง โดยพบว่าเมื่อความปั่นป่วนของบรรยากาศลดลง ความเข้มข้นของฝุ่นละอองลดลง ความเข้มข้นของฝุ่นละอองที่ถูกปลดปล่อยออกมาจากแหล่งกำเนิดจะมีความเข้มข้นสูงขึ้น แต่หากบรรยากาศมีความปั่นป่วนเพิ่มมากขึ้น ความเข้มข้นของฝุ่นละอองขึ้นอยู่กับสาเหตุหลัก 2 ประการคือ ความปั่นป่วนเนื่องมาจากความร้อน (Thermal Turbulence) และการปั่นป่วนทางกล (Mechanical Turbulence)

### 2.3 อุณหภูมิ (Temperature)

อุณหภูมิของบรรยากาศที่ระดับความสูงต่างๆ จะมีค่าไม่เท่ากัน ซึ่งตามปกติอุณหภูมิจะลดลงตามความสูงที่เพิ่มขึ้น และความแตกต่างของอุณหภูมิที่ระดับความสูงต่างๆ จะมีผลต่อการแพร่กระจายของฝุ่นละออง (วงศัพนธ์ และคณะ, 2543) โดยในเวลากลางวันแสงอาทิตย์จะทำให้เกิดความปั่นป่วนของมวลอากาศ เป็นผลให้การแพร่กระจายของฝุ่นละอองในบรรยากาศแพร่กระจายได้เป็นอย่างดี ส่วนในเวลากลางคืน อุณหภูมิจะลดต่ำลงมากทำให้มวลอากาศนิ่งส่งผลให้การแพร่กระจายได้ไม่ดี ทั้งนี้ความแตกต่างของอุณหภูมิที่ระดับความสูงต่างๆ จะเป็นตัวบ่งชี้ทางอ้อมว่าอากาศอากาศมีความปั่นป่วนมากหรือน้อย

## 3. องค์ประกอบโครงสร้างและสมบัติทางเคมีของฝุ่นละออง

### 3.1 การจำแนกลักษณะทางกายภาพของฝุ่นละออง

#### 1) ขนาดและรูปร่างของฝุ่นละออง

การวัดขนาดของฝุ่นละออง โดยปกติจะใช้คาร์สมิหรือเส้นผ่าศูนย์กลางของอนุภาค สำหรับขนาดนั้นมีความสำคัญในการพิจารณาเพื่อศึกษาถึงผลกระทบที่เกิดจากอนุภาคนั้นๆ ฝุ่นละอองมีขนาดที่แตกต่างกัน ขึ้นกับแหล่งกำเนิดและการเปลี่ยนแปลงทางเคมีและฟิสิกส์ ในระหว่างที่ฟุ้งกระจายในบรรยากาศ ปัจจุบันมีการแบ่งขนาดของฝุ่นละอองเป็นชนิดหยาบ (Coarse Particle) และชนิดละเอียด (Fine Particle) โดยฝุ่นชนิดหยาบ จะมีขนาดอนุภาคน้อยกว่า 10 ไมโครเมตร สำหรับฝุ่นชนิดละเอียด จะมีขนาดอนุภาคน้อยกว่า 2.5 ไมโครเมตร ซึ่งพบว่าฝุ่นที่มีขนาดอนุภาคอยู่ในช่วง 0.01-100 ไมโครเมตร มีความสำคัญเกี่ยวกับผลกระทบที่เกิดขึ้นในชั้นบรรยากาศ หรือ

ผลกระทบที่เกิดขึ้นต่อสมดุลของพลังงานรังสีดวงอาทิตย์ สำหรับรูปร่างของฝุ่นละออง สามารถจำแนกออกได้เป็น 3 กลุ่มด้วยกัน

(1) อนุภาคมีลักษณะเป็น 3 มิติ (Isometric Particles) มี 3 มิติด้วยกันคือ มีผิวหยาบ ขรุขระ ทรงกลม และเป็นเส้นยาว

(2) อนุภาคมีลักษณะเป็นแผ่น (Platelets) มี 2 มิติเกี่ยวกับความยาวของอนุภาคและขนาดมี 3 มิติ คือ อนุภาคที่แตกเป็นชิ้นเล็กชิ้นน้อย แบบเป็นแผ่นบาง และ แบบสะเก็ด

(3) อนุภาคมีลักษณะเป็นเส้น (Fibers) เป็นอนุภาคที่มีขนาดยาวมาก มี 1 มิติ เมื่อเปรียบเทียบกับ 2 ประเภทแรกจะพบว่า fibers นี้เป็นตัวการสำคัญที่เป็นอันตรายต่อสุขภาพของมนุษย์

## 2) โครงสร้างของฝุ่นละออง

อนุภาคของฝุ่นละออง ที่เกิดขึ้นจากตัวมันเองหรือที่เกิดจากสายใย (chains) ของวัตถุดิบกำเนิดนั้นเรียกว่า agglomerates หรือ floccs เป็นอนุภาคขนาดเล็ก โดยทั่วไปจะมีความหนาแน่นของ smokes และ metal fumes เป็นปริมาณมาก ส่วนอนุภาคกลุ่มที่เกิดจากการรวมตัวของก๊าซในชั้นบรรยากาศ ความหนาแน่นของอนุภาคนั้นๆ แตกต่างกันตามแต่ละแหล่งที่มาและวัตถุดิบกำเนิด

## 3) องค์ประกอบทางเคมี

องค์ประกอบทางเคมีของฝุ่นละอองในบรรยากาศมีอยู่หลายชนิด สามารถแปรไปตามลักษณะของแหล่งกำเนิด โดยองค์ประกอบทางเคมีของฝุ่นละอองมีดังต่อไปนี้ (กัลยากร, 2549)

(1) ซัลเฟต ที่พบในบรรยากาศส่วนใหญ่จะอยู่ในรูปแอมโมเนียซัลเฟต โดยอนุภาคของซัลเฟตในบรรยากาศเปลี่ยนรูปมาจากออกซิเดชันของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ซึ่งแหล่งกำเนิดของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์มาจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิล เช่น โรงไฟฟ้าที่ใช้ถ่านหินเป็นเชื้อเพลิง การออกซิไดซ์ในบรรยากาศของกรดซัลฟูริก เป็นต้น

(2) อนุภาคของไนเตรท ที่พบในบรรยากาศส่วนใหญ่จะอยู่ในรูปของแอมโมเนียไนเตรท แต่บางครั้งจะอยู่ในรูปของโซเดียมไนเตรท โดยอนุภาคของไนเตรทในบรรยากาศสามารถเปลี่ยนรูปได้จากปฏิกิริยาออกซิเดชันของก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ ซึ่งมีแหล่งกำเนิดมาจากการเผาไหม้ที่อุณหภูมิสูง ได้แก่ ยานพาหนะประเภทต่างๆ โรงไฟฟ้า เป็นต้น

(3) แอมโมเนียม ที่พบในบรรยากาศส่วนใหญ่จะอยู่ในรูปของแอมโมเนียมซัลเฟตและแอมโมเนียไนเตรท ทั้งนี้แอมโมเนียอาจถูกปลดปล่อยออกมาจากแหล่งกำเนิดหลายประเภท ได้แก่ ภาคการเกษตร อุตสาหกรรมผลิตปุ๋ยเคมี การย่อยสลายของเสียของสัตว์ และแหล่งกำเนิดจากถนนรวมทั้งยานพาหนะ เป็นต้น

(4) องค์กรประกอบจำพวกโซเดียม คลอไรด์ ส่วนใหญ่มีแหล่งกำเนิดมาจากทะเล ซึ่งเป็นละอองไอจากเกลือทะเล โดยจะพัดพามาโดยลม แต่บางครั้งคลอไรด์ อาจพัดพามาจากเตาเผาที่เผาไหม้ของเสียจำพวกออร์แกนโนเฮไลด์โพลีเมอร์

(6) องค์กรประกอบจำพวกแคลเซียม โพแทสเซียม เป็นองค์กรประกอบของเปลือกโลกที่มีอยู่ในหินและดิน โดยในบรรยากาศของพื้นที่เขตเมืองจะมาจากการฟุ้งกระจายขึ้นอีกครั้งของฝุ่นละอองที่พื้นผิว เช่น ถนน ในขณะที่เขตพื้นที่ชนบทจะเกิดจากการไถพรวนหรือลมพัดเหนือพื้นดิน ทั้งนี้อาจพบองค์กรประกอบของโพแทสเซียมจากการเผาไหม้ของสารชีวมวล

### 3.2 ความสัมพันธ์ระหว่างแหล่งกำเนิดกับสารไอออนิกของฝุ่น

โดยทั่วไปแหล่งกำเนิดของฝุ่นละอองจะส่งผลให้ฝุ่นละอองเกิดความแตกต่างทั้งขนาดและองค์กรประกอบทางเคมี ซึ่งความแตกต่างนี้สะท้อนถึงวัตถุดิบกำเนิด นอกจากนี้กลไกการเกิดฝุ่นละอองยังเป็นตัวกำหนดคุณสมบัติเฉพาะทางกายภาพและเคมีของฝุ่นละอองตามแหล่งกำเนิดที่ปลดปล่อยออกมา ซึ่งเป็นลักษณะของตัวบ่งชี้ที่เรียกว่าลายนิ้วมือ (Fingerprints) การบ่งชี้ถึงแหล่งกำเนิดต้องประกอบด้วยลักษณะเฉพาะที่เหมาะสมทั้งชนิดและสัดส่วนขององค์กรประกอบ (Wangkiat, 2002) ทั้งนี้แหล่งกำเนิดมีความสัมพันธ์กับสารไอออนิกของฝุ่นละอองดังต่อไปนี้

### 3.2.1 วัสดุคืบทางธรณีวิทยา (Geological material)

วัสดุคืบเปลือกนอกของโลกมาจากดินหรือหิน การปลดปล่อยฝุ่นละอองของแร่ธาตุทางธรณีวิทยาจะพบว่าจะขึ้นอยู่กับปัจจัยทางสภาพอุตุนิยมวิทยา เช่น ความเร็วลมและการตกของฝน ซึ่งในพื้นที่เขตเมืองเกิดขึ้นจากการสัญจรของรถยนต์บนถนนที่ไม่ได้ลาดยาง ส่วนในพื้นที่เขตชนบทเกิดจากการไถพรวนดินแล้วมีลมพัดผ่านเหนือพื้นดิน ส่งผลให้อนุภาคคืบกลั่วแขวนลอยในอากาศ ( Zhenxing *et al*, 2009)

### 3.2.2 แหล่งกำเนิดที่ไม่เคลื่อนที่ (Stationary source)

การปล่อยสารมลพิษอากาศ จากแหล่งกำเนิดที่อยู่กับที่ อาทิ เช่น โรงงานอุตสาหกรรม สถานีบริการน้ำมัน ถังเก็บน้ำมัน ถังเก็บสารระเหยอื่น ๆ เป็นต้น โดยฝุ่นละอองที่เกิดจากแหล่งกำเนิดที่ไม่เคลื่อนที่มาจากเผาไหม้ของเชื้อเพลิง ขึ้นอยู่กับปัจจัยต่างๆ เช่น ประเภทของเชื้อเพลิง แหล่งกำเนิด อุปกรณ์ควบคุมการปลดปล่อยฝุ่นละออง (Wangkiat, 2002) การเผาไหม้เชื้อเพลิงประเภทฟอสซิลจากถ่านหินจะเกิดเถ้าในปริมาณสูง อีกทั้งผลผลิตที่ได้จากปฏิกิริยาการเผาไหม้ จะประกอบด้วยซัลเฟตในปริมาณสูง อีกทั้งยังพบ กำมะถัน แมกนีเซียม โพแทสเซียม และแคลเซียม ในปริมาณที่ต่ำกว่า

### 3.2.3 แหล่งกำเนิดที่เคลื่อนที่ได้ (Mobile Source)

แหล่งกำเนิดที่เคลื่อนที่ได้จัดเป็นแหล่งกำเนิดขนาดใหญ่ของฝุ่นละออง โดยทั่วไปจะถูกปลดปล่อยจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงและเครื่องยนต์ โดยอนุภาคฝุ่นละอองที่มาจากเครื่องยนต์มีต้นกำเนิดจากท่อไอเสียและจากการเสียดสีของส่วนประกอบเฉพาะส่วน เช่น ยางและเบรค รวมทั้งการฟุ้งกระจายขึ้นอีกครั้งของฝุ่นตามถนน

### 3.2.4 การเผาไหม้ชีวมวล (Biomass burning)

ชีวมวล(Biomass) คือ สารอินทรีย์ที่เป็นแหล่งกักเก็บพลังงานจากธรรมชาติและสามารถนำมาใช้ผลิตพลังงานได้ สารอินทรีย์เหล่านี้ได้มาจากพืชและสัตว์ต่างๆ เช่น เศษไม้ ขยะวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร การใช้งานชีวมวลเพื่อทำให้ได้พลังงานอาจจะทำโดย นำมาเผาไหม้เพื่อ

นำพลังงานความร้อนที่ได้ไปใช้ในกระบวนการผลิตไฟฟ้าทดแทนพลังงานจากฟอสซิล (เช่น น้ำมัน) ซึ่งมีอยู่อย่างจำกัดและอาจหมดลงได้ ชีวมวลเหล่านี้มีแหล่งที่มาต่างๆ กัน อาทิ พืชผลทางการเกษตร (agricultural crops) เศษวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร (agricultural residues) ไม้และเศษไม้ (wood and wood residues) หรือของเหลือจากจากอุตสาหกรรมและชุมชน ซึ่งพบว่าฝุ่นละอองที่เกิดขึ้นจากการเผาไหม้สารชีวมวลจะมีปริมาณของสารอินทรีย์และคาร์บอนแปรผันตามประเภทของแหล่งกำเนิด ระยะเวลาการเผาไหม้ และชนิดของเชื้อเพลิง โดยพบโพแทสเซียมเป็นองค์ประกอบหลักของการเผาไหม้ของเตาเชื้อเพลิงไม้ (Zhenxing *et al*, 2009) ทั้งนี้พบว่าองค์ประกอบที่พบมากกว่าร้อยละ 90 จากการปลดปล่อยอนุภาคจากการเผาไหม้ชีวมวล คือ สารประกอบอินทรีย์คาร์บอน (Levine, 1999) โดยในสภาวะของการเผาไหม้อุณหภูมิสูงจะพบ คลอไรด์ กำมะถัน และโพแทสเซียม ส่วนสภาวะการเผาไหม้แบบช้าๆ จะพบ อะลูมิเนียม ซิลิกอน แคลเซียม และเหล็ก

### 3.2.5 เกลือทะเล (Sea salt)

องค์ประกอบของเกลือทะเลจะสะท้อนถึงองค์ประกอบของน้ำทะเลที่อุดมไปด้วยเกลือ ซึ่งพบว่ามีปริมาณร้อยละ 3.5 ดังจะเห็นได้จากบริเวณพื้นที่ชายฝั่งทะเลที่พบว่าเกลือทะเลมีอิทธิพลต่ออนุภาคในบรรยากาศ ทั้งนี้โดยปกติจะพบเกลือทะเลในอนุภาคหยาบและยังจัดเป็นวัสดุคืบทางธรณีวิทยา อีกทั้งยังพบว่าอนุภาคของเกลือทะเลส่วนใหญ่จะมีองค์ประกอบที่เหมือนกับองค์ประกอบของน้ำทะเลที่ประกอบด้วย โซเดียม คลอไรด์ โพแทสเซียม แคลเซียม และซัลเฟต (Wangkiat, 2002)

### 3.3 คุณสมบัติของสารประกอบไอออนิก

สารประกอบไอออนิกมีคุณสมบัติหลายอย่างแตกต่างไปจาก covalent compound คุณสมบัติเหล่านี้เป็นผลเนื่องมาจาก โครงสร้างของสารประกอบไอออนิกเอง กล่าวคือ ในโมเลกุลของสารประกอบไอออนิกจะประกอบด้วยไอออนที่มีประจุบวก และไอออนที่มีประจุลบ จึงทำให้แรงดึงดูดระหว่างประจุที่ต่างกันมีมากที่สุด และขณะเดียวกันจะเกิดแรงผลักระหว่างไอออนที่มีประจุเหมือนกันน้อยที่สุด คุณสมบัติโดยทั่วไปของสารประกอบไอออนิก สรุปได้ดังนี้ (วิโรจน์, 2523)

### 1) คุณสมบัติการนำไฟฟ้า (Conductivity)

สารประกอบไอออนิกที่เป็นของแข็ง มีแนวโน้มการนำไฟฟ้าที่ต่ำมาก แต่เมื่อละลายน้ำเป็นสารละลายหรืออยู่ในสถานะหลอมเหลว จะนำไฟฟ้าได้ดีขึ้น ทั้งนี้เพราะเมื่อในสถานะหลอมเหลวหรือเป็นสารละลาย จะแตกตัวให้อิออนที่มีประจุไฟฟ้าบวก และอิออนที่มีประจุไฟฟ้าลบ อิออนเหล่านี้เคลื่อนที่ได้อย่างอิสระภายใต้สนามไฟฟ้า เช่น การทำอิเล็กโทรลิซิสเกลือชนิดต่างๆ แต่ในกรณีที่เป็นของแข็ง อิออนดังกล่าวจะเกาะกันแน่น โครงสร้างของผลึก จึงไม่เป็นอิสระในการเคลื่อนที่ และการนำไฟฟ้า

### 2) จุดเดือดและจุดหลอมเหลว

สารประกอบไอออนิกมีแนวโน้มที่มีจุดหลอมเหลว และจุดเดือดสูง ปกติ Ionic Bond จะแข็งแรงมาก และจะส่งแรงออกไปทุกทิศทาง ตัวอย่างเช่น เกลือแกง การที่มีจุดหลอมเหลว และจุดเดือดสูง เนื่องมาจากแรงดึงดูดของไฟฟ้าสถิต ที่แข็งแรงมากระหว่าง  $\text{Na}^+$  และ  $\text{Cl}^-$  ion และโครงสร้างของผลึกแต่ละ  $\text{Na}^+$  จะดึงดูดกับ  $\text{Cl}^-$  6 อิออน ที่อยู่ล้อมรอบ และขณะเดียวกัน แต่ละ  $\text{Cl}^-$  จะดึงดูดกับ  $\text{Na}^+$  6 อิออน

### 3) คุณสมบัติเกี่ยวกับความแข็ง (Hardness trends)

สารไอออนิกโดยทั่วไปเป็นของแข็ง เพราะแรงยึดระหว่างอิออนเป็นแรงดึงดูดที่เกิดจากไฟฟ้าสถิต ที่แข็งแรงมาก ดังนั้นจึงมีลักษณะทั่วไปเป็นของแข็ง แต่ก็จัดเป็นสารที่แตกได้ง่าย คุณสมบัติที่เกี่ยวกับความแข็งเป็นผลเนื่องมาจากการดึงดูดกันแน่นระหว่างอิออนในโครงสร้างของผลึก ส่วนคุณสมบัติในการแตกออกได้ง่ายหรือยากนั้น เป็นผลเนื่องมาจากธรรมชาติของ Ionic Bonding ถ้าใช้แรงเพียงพอจะทำให้อิออนเคลื่อนที่ และเกิดแรงผลักขึ้นได้ระหว่าง anions – anions และ cations-cations จึงทำให้ผลึกนั้นแตกออกได้

### 4) การละลาย (Solubility)

สารประกอบไอออนิกส่วนมากละลายได้ดีในน้ำ แต่ไม่ละลายใน benzene หรือ organic solvents อื่นๆ หรืออาจกล่าวได้ทั่วไปว่า สารประกอบไอออนิกละลายได้ใน polar solvent

ที่มีค่า dielectric constant สูง เมื่อสารประกอบไอออนิกละลายในน้ำ ปรากฏการแรกที่เกิดขึ้นคือ ไอออนที่เรียงตัวกันอย่างเป็นระเบียบในผลึกของของแข็ง จะแตกตัวออก ไอออนจะแยกออกจากกันและกระจายไม่เป็นระเบียบในสารละลาย น้ำซึ่งจัดเป็น polar solvent จะรวมตัวได้แข็งแรงกับ ไอออนส่วนใหญ่ การรวมตัวแบบนี้เรียกว่า Ion Dipole Interaction โมเลกุลของน้ำและไอออนจะดึงดูดซึ่งกันและกันด้วยแรงทางไฟฟ้าสถิต (Electrostatic force) การละลายน้ำของสารไอออนิกในน้ำ โมเลกุลของน้ำ (ซึ่งเป็น Polar Molecule) ด้านที่มีประจุลบจะดึงดูดกับด้านที่มีประจุบวก และด้านที่มีประจุบวกจะดึงดูดกับด้านที่มีประจุลบ โดยโมเลกุลของน้ำที่อยู่รอบๆ ไอออนจะไปบัง (Shield) ไอออนที่มีประจุนั้นเสีย จึงเป็นการส่งเสริมให้ไอออนที่มีประจุตรงข้ามแยกออกจากกันได้ง่าย หรือกล่าวว่าการละลายน้ำได้ดีขึ้น แต่ถ้าใช้น้ำไม่เพียงพอในการละลาย สารประกอบไอออนิกบางชนิด โมเลกุลของน้ำจะตรึงติดอยู่เป็น Hydrated ionic crystal ซึ่งมีโมเลกุลของน้ำจำนวนน้อยที่สามารถเคลื่อนที่ได้ในลักษณะ Fluid medium จึงไม่พอที่จะทำให้ไอออนแยกออกจากกัน โดยทั่วไปแล้วสารประกอบไอออนิกที่ละลายน้ำได้ดีได้แก่ เกลือไนเตรท เกลือซัลเฟต เกลือปกติ (โซเดียม โพแทสเซียม และ แอมโมเนีย) ในการละลายน้ำของสารประกอบไอออนิก จะมีขั้นตอนของการเปลี่ยนแปลง 2 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นที่ 1 ผลึกของสารประกอบไอออนิกสลายตัวออกเป็นไอออนบวกและลบในภาวะก๊าซ ขั้นนี้ต้องใช้พลังงานเพื่อสลายผลึก พลังงานนี้เรียกว่า พลังงานโครงร่างผลึก ( lattice energy ) ,  $E_1$

ขั้นที่ 2 ไอออนบวกและไอออนลบในภาวะก๊าซรวมตัวกับน้ำ ขั้นนี้มีการคายพลังงาน พลังงานที่คายออกมาเรียกว่า พลังงานไฮเดรชัน (Hydration energy ) ,  $E_2$

พลังงานของการละลาย ( $\Delta E$ ) มีค่า =  $E_1 + E_2$  พลังงานของการละลายพิจารณาจากพลังงานโครงร่างผลึก ( $E_1$ ) และพลังงานไฮเดรชัน ( $E_2$ ) ดังนี้

1. ถ้าค่า  $\Delta E < 0$  ( $E_1 < E_2$ ) การละลายจะเป็นแบบคายพลังงาน
2. ถ้าค่า  $\Delta E > 0$  ( $E_1 > E_2$ ) การละลายจะเป็นแบบดูดพลังงาน
3. ถ้า  $\Delta E = 0$  ( $E_1 = E_2$ ) การละลายจะไม่คายพลังงาน

4. ถ้า พลังงาน โครงร่างผลึกมีค่ามากกว่าพลังงานไฮเดรชันมากๆ ( $E_1 > E_2$ ) จะไม่ละลายน้ำ

### 3.4 การตกสะสมของสารกรดในบรรยากาศ

แหล่งธรรมชาติที่ทำให้เกิดสารกรดในบรรยากาศ ได้แก่ การคุและการระเบิดของภูเขาไฟ ไฟไหม้ป่าตามธรรมชาติ ทะเลและมหาสมุทร การนำเปื้อนและการย่อยสลายของซากพืช สัตว์ และสารอินทรีย์ประเภทต่างๆ เป็นต้น แหล่งธรรมชาติมีบทบาทความสำคัญต่อการตกสะสมของกรดน้อยกว่าแหล่งมนุษย์สร้าง

ก๊าซออกไซด์ของซัลเฟอร์และก๊าซออกไซด์ของไนโตรเจน ส่วนใหญ่ถูกปล่อยออกสู่บรรยากาศจากกิจกรรมของมนุษย์ โดยเฉพาะอย่างยิ่ง การเผาเชื้อเพลิงฟอสซิลประเภทต่างๆ เพื่อผลิตกระแสไฟฟ้าและพลังงานมาให้มนุษย์เราใช้อยู่ทุกวันนี้ กิจกรรมดังกล่าวได้แก่ การเผาถ่านหิน และน้ำมันเตาใน โรงไฟฟ้าและ โรงงาน อุตสาหกรรม การเผาขยะ และการเผา น้ำมันเบนซิน น้ำมันดีเซล และน้ำมันเจด ในยานพาหนะประเภทต่างๆ เช่น รถยนต์ รถบรรทุก รถโดยสารประจำทาง รถไฟ เรือ และเครื่องบิน เป็นต้น

ก๊าซออกไซด์ของซัลเฟอร์เกิดจากการรวมตัวของสารกำมะถันในเชื้อเพลิงฟอสซิลกับก๊าซออกซิเจนในอากาศขณะเผาไหม้ โดยปริมาณก๊าซออกไซด์ของซัลเฟอร์ที่เกิดขึ้นจะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับปริมาณเชื้อเพลิงที่เผาและปริมาณสารกำมะถันที่เจือปนอยู่ในเชื้อเพลิงนั้น นอกจากนี้ ก๊าซออกไซด์ของซัลเฟอร์ยังเกิดจากอุตสาหกรรมประเภทต่างๆ ได้แก่ อุตสาหกรรมกลั่นน้ำมัน ปิโตรเลียม อุตสาหกรรมผลิตกรดกำมะถัน และอุตสาหกรรมถลุงสินแร่โลหะที่มีสารกำมะถันเจือปนอยู่ เช่น ทองแดง สังกะสี และตะกั่ว เป็นต้น

ก๊าซออกไซด์ของไนโตรเจนเกิดขึ้นในระหว่างการเผาเชื้อเพลิงประเภทต่างๆ เช่นเดียวกับก๊าซออกไซด์ของ ซัลเฟอร์ โดยเกิดจากการรวมตัวของก๊าซไนโตรเจนในอากาศและสารไนโตรเจนในเชื้อเพลิงกับก๊าซออกซิเจนในอากาศในระหว่างการเผาไหม้ ยิ่งอุณหภูมิการเผาไหม้สูงๆ และมีปริมาณก๊าซออกซิเจนในการเผาไหม้มากๆ จะยิ่งเกิดก๊าซออกไซด์ของไนโตรเจนมาก นอกจากนี้ ก๊าซออกไซด์ของไนโตรเจนยังเกิดจากอุตสาหกรรมประเภทต่างๆ ได้แก่

อุตสาหกรรมผลิตกรดดินประสิวและสารประกอบ อุตสาหกรรมผลิตปุ๋ย และอุตสาหกรรมผลิตวัตถุระเบิด เป็นต้น

### 3.4.1 กลไกการตกสะสมสารกรด

ก๊าซออกไซด์ของซัลเฟอร์และออกไซด์ของไนโตรเจนที่ถูกปล่อยออกจากแหล่งกำเนิดเข้าสู่บรรยากาศ จะถูกเปลี่ยนไปเป็นกรดซัลฟูริกและกรดไนตริกด้วยปฏิกิริยากับออกซิเจนและความชื้นแล้วตกกลับสู่พื้นดิน ในเวลาต่อไปนานเข้าจะเกิดการสะสมของกรดขึ้น การตกสะสมของกรดเกิดได้ 2 ทาง คือ การตกสะสมเปียก และการตกสะสมแห้ง

(1) การตกสะสมเปียก (Wet Deposition) เป็นกระบวนการที่กรดซัลฟูริก และกรดไนตริกในบรรยากาศรวมตัวกับเมฆ และต่อมากลายเป็นฝนตกลงสู่พื้นดิน ในรูปของ ฝนกรด หรือ ในรูปของหิมะ และหมอกที่มีสภาพเป็นกรด

(2) การตกสะสมแห้ง (Dry Deposition) เป็นการตกของกรดในสภาวะที่ไม่มีน้ำเป็นส่วนประกอบ ได้แก่ การตกของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ก๊าซออกไซด์ของไนโตรเจน และอนุภาค/ละอองซัลเฟตและไนเตรท กรดที่แขวนลอยในบรรยากาศจะถูกพัดพาไปโดยลมและตกสะสมบนผิวดิน ต้นไม้ สิ่งก่อสร้าง รวมถึงการเข้าสู่ระบบการหายใจของมนุษย์ด้วย

การตกสะสมของกรดจะทำให้ดิน แหล่งน้ำจืด และอื่นๆ มีสภาพความเป็นกรดมากขึ้น ก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตต่างๆ เช่น ต้นไม้และปลา ผลกระทบจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับปริมาณของกรดที่ตกสะสม หรือกล่าวอีกนัยหนึ่ง กรดอ่อน (ค่า pH สูง) ที่ตกลงมาในปริมาณมากจะก่อให้เกิดผลกระทบสูงกว่ากรดแก่ (ค่า pH ต่ำ) แต่ตกในปริมาณน้อย การประเมินผลกระทบจึงไม่ได้ดูที่ค่า pH อย่างเดียว เราจะต้องพิจารณาปริมาณการตกสะสมของกรดโดยรวมด้วย

การตกสะสมของสารกรดในบรรยากาศเกิดจากการที่ก๊าซบางชนิดในอากาศ ได้แก่ ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์( $\text{SO}_2$ ) และออกไซด์ของไนโตรเจน ( $\text{NO}_x$ ) ซึ่งส่วนใหญ่เกิดจากกิจกรรมของมนุษย์ เช่น จากการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลในการผลิตกระแสไฟฟ้า โรงงานอุตสาหกรรม การเผาไหม้ในเครื่องยนต์ดีเซล เบนซิน ส่วนที่เกิดจากธรรมชาติ เช่น การระเบิดของภูเขาไฟ การระเหยจากน้ำทะเล การเน่าเปื่อยของพืชและแพลงตอน ซึ่งก๊าซเหล่านี้เกิดจากการทำ

ปฏิกิริยากับน้ำ ออกซิเจน และสารเคมีอื่นๆ ก่อให้เกิดสารประกอบที่เป็นกรดซัลฟิวริก ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) และกรดไนตริก ( $\text{HNO}_3$ ) ซึ่งมีแสงเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาเหล่านี้ให้มากขึ้น เรียกว่าขบวนการออกซิเดชัน ดังสมการ



ซึ่งสามารถเกิดเป็นการตกสะสมแบบแห้ง (dry deposition) ได้ทั้งในสถานะก๊าซ(g) และอนุภาค (p) ส่วนการเกิดในเตรทนั้นส่วนใหญ่มาจากขบวนการออกซิเดชันของ  $\text{NO}_x$  ไปเป็น  $\text{HNO}_3$  (g) และ  $\text{NO}_3^-$  (p)

ไอออนของสารที่จัดเป็นตัวการสำคัญในการศึกษามลภาวะทางอากาศ ได้แก่ อนุภาคของซัลเฟต ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) ไนเตรท ( $\text{NO}_3^-$ ) คลอไรด์ (Cl) แอมโมเนีย ( $\text{NH}_4^+$ ) โซเดียม ( $\text{Na}^+$ ) โพแทสเซียม ( $\text{K}^+$ ) แคลเซียม ( $\text{Ca}^{2+}$ ) และแมกนีเซียม ( $\text{Mg}^{2+}$ ) เนื่องจากสารดังกล่าวถ้ามีในบรรยากาศเป็นปริมาณสูงสามารถก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตต่างๆ เช่น มนุษย์ สัตว์ และพืช เช่น ทำให้พื้นที่ป่าและจำนวนสัตว์น้ำลดลง นอกจากนี้การตรวจวัดเคมีคอล สปีชีส์ (chemical species) สามารถใช้เป็นตัวบ่งชี้แหล่งกำเนิดของสารมลพิษในบรรยากาศได้

#### 4. ผลกระทบของฝุ่น

##### 4.1 ผลกระทบต่อสุขภาพ

ฝุ่น ละอองขนาดเล็กจะมีผลกระทบต่อสุขภาพเป็นอย่างมาก เมื่อหายใจเข้าไปในปอด จะเข้าไปอยู่ในระบบทางเดินหายใจส่วนล่าง ในสหรัฐอเมริกาพบว่า ผู้ที่ได้รับฝุ่น  $\text{PM}_{10}$  ในระดับหนึ่งจะทำให้เกิดโรค Asthma และ ฝุ่น  $\text{PM}_{2.5}$  ในบรรยากาศจะมีความสัมพันธ์กับอัตราการเพิ่มของผู้ป่วยที่เป็นโรคหัวใจและ โรคปอด และเกี่ยวข้องกับการเสียชีวิตก่อนวัยอันควร โดยเฉพาะผู้ป่วยสูงอายุ ผู้ป่วยโรคหัวใจ โรคหอบหืดและเด็กจะมีอัตราเสี่ยงสูงกว่าคนปกติ ประเทศไทยมีการให้ความหมายของคำว่าฝุ่นละอองได้ดังนี้ ฝุ่นละอองหมายถึง ฝุ่นรวม (Total Suspended Particulate) ซึ่งเป็นฝุ่นขนาดใหญ่ที่มีเส้นผ่านศูนย์กลาง ตั้งแต่ 100 ไมโครเมตรลง ส่วนฝุ่นขนาดเล็ก ( $\text{PM}_{10}$ ) หมายถึง ฝุ่นที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางตั้งแต่ 10 ไมโครเมตรลงมา ฝุ่นละอองที่เป็นปัญหามลพิษ สำคัญอันดับหนึ่งของกรุงเทพมหานครในปี พ.ศ. 2541 ธนาคารทั่วโลก (World Bank) ได้ให้ทุนสนับสนุนการศึกษาเรื่องผลกระทบของฝุ่นละอองที่มีต่อสุขภาพอนามัยของ คนในกรุงเทพมหานคร

เพื่อพบว่าฝุ่นละอองในกรุงเทพมหานครมีผลกระทบต่อสุขภาพอนามัย โดยมีระดับความรุนแรงใกล้เคียงกับผลการศึกษาจากเมืองต่างๆทั่วโลก โดยระดับของฝุ่นขนาดเล็กอาจทำให้คนในกรุงเทพมหานครตายก่อนเวลาอันควร ถึง 4,000 - 5,500 รายในแต่ละปี นอกจากนี้ยังพบว่า การเข้ารับการรักษาตัวในโรงพยาบาลมีความสัมพันธ์กับ ปริมาณฝุ่นขนาดเล็ก และจากการประเมินทางด้านเศรษฐศาสตร์แสดงให้เห็นว่าสามารถลดปริมาณ PM10 ในบรรยากาศลงได้ 10 ลูกบาศก์เมตร จะช่วยลดผลกระทบต่อสุขภาพ คิดเป็นจำนวนเงิน 35,000 - 88,000 ล้านบาทต่อปี สอดคล้องกับงานวิจัยของ (นิตยา, 2551) พบว่าการเพิ่มขึ้นของฝุ่นละออง PM10 ในปริมาณ  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$  จะทำให้เด็กมีความเสี่ยงต่อการเจ็บป่วยด้วยอาการหอบหืดเพิ่มขึ้นร้อยละ 8.8 ใช้ยาขยายหลอดลมเพิ่มขึ้นร้อยละ 2.9 มีอาการระบบหายใจส่วนล่างเพิ่มขึ้นร้อยละ 3.0 มีอาการทางระบบหายใจส่วนบนเพิ่มขึ้นร้อยละ 0.7 มีอาการไอเพิ่มขึ้นร้อยละ 1.3 และมีการลดลงของสมรรถภาพปอด ทั้งนี้ผลกระทบต่อสุขภาพสามารถแบ่งออกเป็น 2 ระยะดังนี้ (กรมควบคุมมลพิษ, 2555)

#### 1) ผลกระทบเฉียบพลัน

(1) อาการระคายเคืองเยื่อต่างๆ ได้แก่ เยื่อบุตา เยื่อบุคอและเยื่อทางเดินหายใจ ทำให้มีอาการแสบ คัน เคืองและอาจตามมาด้วยการติดเชื้อภายหลังจากการระคายเคือง

(2) อาการผิดปกติต่อทางเดินหายใจทำให้เกิดการบีบรัดตัวของท่อทางเดินหายใจ ทั้งส่วนปลายและหลอดลมขนาดเล็ก ทำให้มีอาการหายใจลำบากมีอาการหอบหืด แน่นหน้าอก

(3) สมรรถภาพการทำงานของปอดลดลง

(4) อาการระคายเคืองต่อผิวหนัง

(5) มีอาการใจสั่น หัวใจเต้นเร็วขึ้น หายใจเร็วขึ้น วิงเวียนศีรษะรบกวนประสาทสัมผัสและอาจมีอาการซึมเศร้าได้

#### 2) ผลกระทบเรื้อรัง

ทำให้ทางเดินหายใจทั้งส่วนบนและส่วนล่างอักเสบเรื้อรัง และมีโอกาสติดเชื้อทางเดินหายใจบ่อยขึ้นและง่ายขึ้นแต่ยังไม่พบว่ามีความสัมพันธ์ที่ชัดเจนกับมะเร็งปอด

## 4.2 ผลกระทบต่อสิ่งก่อสร้าง

ฝุ่นละอองในบรรยากาศสามารถทำอันตรายต่อวัตถุและสิ่งก่อสร้างได้ เช่น ทำให้เกิดการสึกกร่อนของโลหะ การทำลายผิวหน้าของสิ่งก่อสร้าง การเสื่อมคุณภาพของผลงานศิลปะ เป็นต้น ซึ่งผลกระทบที่เกิดขึ้นมีขบวนการที่สำคัญ ดังนี้

4.2.1 การถลอก (abrasion) หมายถึง การที่ฝุ่นละอองซึ่งเป็นของแข็งที่มีขนาดเหมาะสมเคลื่อนตัวอย่างรวดเร็ว สามารถทำให้เกิดรอยถลอกของวัตถุได้โดยขึ้นอยู่กับขนาด ความเร็วรูปร่าง และความคมแหลมของฝุ่นละออง

4.2.2 การเกาะตัว และการทำความสะอาด (deposition and removal) ฝุ่นละอองทั้งที่เป็นของแข็งและของเหลวอาจเกาะติดกับวัตถุหรือสิ่งก่อสร้าง ซึ่งฝุ่นละอองอาจไม่ได้ทำลายวัตถุโดยตรง แต่ทำให้วัตถุหรือสิ่งก่อสร้างนั้นเปื้อนหรือสกปรก ทำให้เกิดความยุ่งยากในการทำความสะอาด เช็ด ถู ล้างเอาฝุ่นละอองนั้นออก และทำให้เกิดการสึกกร่อนจากการทำความสะอาดนั้นได้

4.2.3 การสึกกร่อนโดยปฏิกิริยาทางเคมีอิเล็กโทรนิค (electrochemical corrosion) วัตถุประเภทโลหะหลายชนิด เช่น เหล็ก สามารถถูกทำลายได้โดยปฏิกิริยาทางเคมีอิเล็กโทรนิคนี้โดยเกิดสนิมที่บริเวณผิวของโลหะเมื่อสัมผัสกับอากาศ ซึ่งจะเกิดประจุไฟฟ้าที่แตกต่างกันขึ้น ทำให้เกิดการสึกกร่อนทางเคมีได้

4.2.4 องค์ประกอบอื่น ๆ ที่มีความสำคัญ ทำให้เกิดการทำอันตรายของฝุ่นละอองได้มากขึ้น คือ ความชื้น อุณหภูมิ ความเข้มของแสง และการเคลื่อนตัวของอากาศ เป็นต้น

## 5. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Zhenxing *et al* (2009) ศึกษาสารไอออนิก จากฝุ่นละอองรวม และฝุ่นละอองที่มีขนาดเล็ก (PM 2.5) จากแหล่งมลพิษทางอากาศในเมืองชิงอัน ประเทศจีน โดยกำหนดพื้นที่การศึกษาไว้ในพื้นที่ที่มีปัญหาของมลพิษทางอากาศ เช่น พื้นที่ที่มีการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงพลังงาน พื้นที่ที่มีผลกระทบจากปัญหาหมอกควัน พื้นที่ที่มีฝุ่นละอองสูง และพื้นที่ที่มีการจุดพลุ โดยทำการเปรียบเทียบวันที่มีฝุ่นละอองสูงสุดกับวันธรรมดา พบว่าทุกตัวอย่างมีผลต่อการลดทัศนวิสัยในการ

มองเห็น โดยพบว่าสารไอออนิก เช่น  $\text{Na}^+$ ,  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Mg}_2^+$ ,  $\text{Ca}_2^+$ ,  $\text{F}^-$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{Br}^-$ ,  $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{NO}_3^-$  และ  $\text{SO}_4^{2-}$  เป็นส่วนประกอบที่อยู่ในอากาศที่มีความสำคัญต่อการเกิดมลพิษทางอากาศ ทั้งนี้จากการตรวจวัดในพื้นที่ที่มีปริมาณฝุ่นละอองสูง พบว่า มีสารไอออนิกเรียงจากน้อยไปมาก คือ  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{F}^-$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{NO}_3^-$  และ  $\text{SO}_4^{2-}$  ตามลำดับ อีกทั้งยังพบว่ามีสัดส่วนเพิ่มขึ้นเมื่อขนาดของฝุ่นลดลง (PM<sub>2.5</sub>) แต่ในทางกลับกันในฝุ่นรวม (TSP) จะพบสารไอออนิกจำพวก  $\text{Mg}_2^+$  และ  $\text{Ca}_2^+$  ส่วนในพื้นที่ที่มีปัญหาด้านหมอกควันพบว่ามีสารไอออนิกจำพวก  $\text{K}^+$  และ  $\text{Cl}^-$  มีค่าสูงทั้งนี้เนื่องมาจากการเผาไหม้ และในพื้นที่ที่มีการจุดพลุ พบว่ามีการเพิ่มขึ้นของสารไอออนิก คือ  $\text{K}^+$  อีกทั้งยังมีการเพิ่มขึ้นของ  $\text{NO}_3^-$  และ  $\text{SO}_4^{2-}$  กล่าวโดยสรุป สารไอออนิกที่พบในพื้นที่ที่มีปัญหาหมอกควันมีคุณสมบัติออกฤทธิ์เป็นกรด ส่วนพื้นที่ที่มีปัญหาฝุ่นละอองคุณสมบัติออกฤทธิ์เป็นเบส และพื้นที่ที่มีการจุดพลุคุณสมบัติออกฤทธิ์เป็นกลาง

Chan *et al.* (1997) ศึกษาลักษณะทางเคมีของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมโครเมตร และฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร ในบรรยากาศประเทศออสเตรเลียโดยทำการตรวจวัดในเขตเมืองบริสเบน ซึ่งแต่ละบริเวณเป็นพื้นที่ในเขตเมืองที่มีป่าสงวนล้อมรอบ เขตเมืองมีการจราจรหนาแน่น พื้นที่อุตสาหกรรมหนัก พื้นที่อุตสาหกรรมเบาและพื้นที่ผสมระหว่างโรงงานอุตสาหกรรมกับที่พักอาศัย จากการศึกษาพบว่าฝุ่นละอองที่มีอนุภาคขนาดเล็กจะประกอบไปด้วยองค์ประกอบของ ไฮโดรเจน ธาตุคาร์บอน กำมะถัน สังกะสี โบรมีนและตะกั่ว นอกจากนี้ยังประกอบไปด้วยอนุภาคทุติยภูมิของซัลเฟต ซึ่งถูกปลดปล่อยออกมาจากระบวนการเผาไหม้ ในขณะที่ฝุ่นหยาบส่วนใหญ่มาจากอนุภาคของเปลือกโลก ซึ่งมีองค์ประกอบของอลูมิเนียม ซิลิกอน แคลเซียม โพแทสเซียม และเหล็ก อนุภาคทุติยภูมิของไนเตรต และอนุภาคเกลือทะเล ซึ่งมีโซเดียมไอออน แมกนีเซียมไอออน และคลอไรด์ไอออน เป็นองค์ประกอบ นอกจากนี้ยังพบว่าฝุ่นละอองในพื้นที่ใกล้โรงงานอุตสาหกรรมซีเมนต์และที่พักอาศัยจะมีองค์ประกอบของอนุภาคของเปลือกโลกซึ่งประกอบด้วยแคลเซียม และซิลิกอน ฝุ่นละอองในเขตพื้นที่อุตสาหกรรมหนักพบว่ามีองค์ประกอบของดินทรายซึ่งได้แก่ โพแทสเซียมและเหล็ก ส่วนพื้นที่ที่มีการจราจรหนาแน่นพบว่ามีองค์ประกอบของตะกั่ว ธาตุคาร์บอน และสารอินทรีย์วัตถุ ส่วนในเขตพื้นที่เขตป่าสงวนล้อมรอบพบองค์ประกอบของโพแทสเซียมซึ่งเป็นตัวบ่งชี้ว่ามาจากการเผาไหม้ของชีวมวล

Querol *et al.* (2001) ได้ทำการตรวจติดตามอนุภาคฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร และฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมโครเมตร ในประเทศสเปน โดยทำการตรวจวัดในช่วงฤดูร้อน จากการศึกษาพบว่าฝุ่นละอองในพื้นที่ใกล้ชายฝั่งทะเลจะมีโซเดียมไอออน คลอไรด์ไอออนและ

แมกนีเซียมไอออนเป็นองค์ประกอบ ขณะที่พื้นที่อ้างอิง พื้นที่ชานเมืองและบริเวณที่ตั้งของโรงงานอุตสาหกรรม เช่น โรงงานปิโตรเคมีจะมีซัลเฟตและแอมโมเนียมเป็นองค์ประกอบส่วนพื้นที่ที่มีความหนาแน่นจะมีไนเตรท สารประกอบอินทรีย์คาร์บอน และธาตุคาร์บอน ซึ่งมาจากกระบวนการเผาไหม้ เช่นเดียวกับฝุ่นละอองในบริเวณที่มีการเผาไหม้ชีวมวล เช่น คัดสั้ม พบว่ามีสารประกอบอินทรีย์คาร์บอน ไนเตรท และฟอสฟอรัสเป็นองค์ประกอบ นอกจากนี้ยังพบว่าอนุภาคของฝุ่นละอองทั้ง 2 ขนาดในบริเวณที่อยู่ใกล้โรงงานอุตสาหกรรมเซรามิกจะมีองค์ประกอบจำพวกอลูมิเนียม ไททาเนียม และเหล็กซึ่งเป็นองค์ประกอบที่อยู่ในอนุภาคของดินเหนียว

Duan *et al* (2003) ศึกษาระดับความเข้มข้นของมลสารที่อยู่ในบรรยากาศและองค์ประกอบทางเคมีของสารไอออนิกในเมืองปักกิ่ง ประเทศจีน ฤดูหนาว ผลการศึกษาพบว่า จากการเก็บตัวอย่างฝุ่นรวมในฤดูหนาว ตั้งแต่ 24 พ.ย 1998-12 ก.พ.1999 ในเมืองปักกิ่งประเทศจีน โดยทำการวิเคราะห์สารไอออนิกที่พบได้แก่ คลอไรด์ไอออน ไนเตรท ซัลเฟต โซเดียมไอออน โพแทสเซียมไอออน แมกนีเซียมไอออน และ แคลเซียมไอออน ใช้วิธีการวิเคราะห์ด้วยวิธีไอออนโครมาโทกราฟี ทั้งนี้พบว่าค่าเฉลี่ยของสารไอออนิกทั้ง 8 ชนิดมีอยู่ร้อยละ 18.9 ของความเข้มข้นฝุ่นรวม (TSP) โดยพบว่าซัลเฟตเป็นสารไอออนิกที่มีความเด่นชัดซึ่งมีค่าเฉลี่ยความเข้มข้น 30.84 ไมโครกรัม/ลบ.ม ผลรวมของความเข้มข้นของสารไอออนิก ได้แก่ ซัลเฟต ไนเตรท แคลเซียมไอออน และไนเตรท อยู่ที่ร้อยละ 83.2 จากสารไอออนิกทั้ง 8 ชนิดที่ทดสอบ การศึกษาในครั้งนี้ได้วิเคราะห์ถึงความสัมพันธ์ระหว่างซัลเฟตและไนเตรท กับความเข้มข้นของฝุ่นรวม มีความเข้มข้น 0.66 มิลลิกรัม/ลบ.ม. ส่วนสัดส่วนโมลของ ไนเตรทต่อซัลเฟต น้อยกว่า 0.58

Gilli *et al* (2006) ศึกษาสารไอออนิกจากฝุ่นในอากาศจากสถานที่ต่างๆ ประเทศอิตาลี ผลการศึกษาพบว่าสารไอออนิกทางตอนเหนือของประเทศ ได้แก่เมือง Torino เป็นเมืองแหล่งศูนย์กลางการทำอุตสาหกรรม Navara เมืองที่มีการปล่อยมลพิษจากโรงงานอุตสาหกรรม และ Casals เมืองเกษตรกรรม ทั้งหมดอยู่ทางตอนเหนือของประเทศ จากการตรวจวัดค่าความเข้มข้นของสารไอออนิกจากฝุ่นขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร มีอยู่ร้อยละ 35-40 ส่วนตัวอย่างของฝุ่นที่เก็บจากเมืองศูนย์กลางของประเทศคือ Pisa พบว่ามีค่าความเข้มข้นของสารไอออนิกจากฝุ่นขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร มีอยู่ร้อยละ 15 ส่วนตัวอย่างของฝุ่นที่เก็บจากทางภาคใต้ของประเทศคือเมือง Tuscany และ Palermo ค่าความเข้มข้นของสารไอออนิกจากฝุ่นขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร มีอยู่ร้อยละ 20 ทั้งนี้พบว่าไนเตรทเป็นสารไอออนิกที่พบในพื้นที่ที่มีการทำกิจกรรมและเมือง

อุตสาหกรรมซึ่งพบมากทางตอนเหนือของประเทศ ส่วนซัลเฟตพบได้ทั่วไป และคลอไรด์ไอออนพบบริเวณพื้นที่ที่อยู่ใกล้ชายฝั่งทางตอนใต้ของประเทศ

Harrison and Jones (1995) ได้รวบรวมงานวิจัยที่ทำการศึกษเกี่ยวกับองค์ประกอบทางเคมีของฝุ่นละอองในบรรยากาศของประเทศอังกฤษ โดยรวบรวมงานวิจัยที่ผ่านมา 15 ปี และจำแนกองค์ประกอบทางเคมีของฝุ่นละออง โดยจำแนกออกเป็นสารไอออนิกซึ่ง ได้แก่ ซัลเฟต ในเครทคลอไรด์ไอออน และแอมโมเนียม ซึ่งเป็นองค์ประกอบของฝุ่นละอองที่เกิดมาจากปฏิกิริยาของก๊าซที่มีอยู่ในบรรยากาศ เช่น ไฮโดรคลอริค ซัลฟิวริก เป็นต้น นอกจากนี้ยังพบว่าฝุ่นละอองที่มีองค์ประกอบจำพวกโลหะอาจมาจากแหล่งกำเนิดทางธรรมชาติหรือกิจกรรมมนุษย์ เช่น โซเดียมไอออน แมกนีเซียมไอออน โพแทสเซียมไอออน และแคลเซียมไอออน จะมีแหล่งกำเนิดจากละอองไอทะเลและฝุ่นดิน โดยเฉพาะโซเดียมไอออนและแมกนีเซียมไอออน เป็นองค์ประกอบที่มีอยู่ในน้ำทะเล ในขณะที่ฝุ่นละอองที่มีองค์ประกอบจำพวกโลหะหนัก เช่น แคดเมียม ตะกั่ว และสังกะสี จะมีแหล่งกำเนิดหลักมาจากกิจกรรมของมนุษย์ อาทิเช่น โรงงานอุตสาหกรรมและการจราจร เป็นต้น ส่วนฝุ่นละอองที่มาจากไฟไหม้ที่ไม่สมบูรณ์จะมีองค์ประกอบของธาตุคาร์บอน และสารประกอบอินทรีย์คาร์บอน ส่วนฝุ่นละอองที่มีองค์ประกอบประเภทแร่ธาตุที่พบในเขตเมืองไม่สามารถระบุแหล่งกำเนิดได้ แต่มีความเป็นไปได้ว่ามาจากแหล่งกำเนิดทางธรณี

Harrison *et al.* (2004) ศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมโครเมตร และฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร ในประเทศอังกฤษ โดยทำการตรวจวัดในบริเวณถนนและพื้นที่อ้างอิงในเขตเมือง จากการศึกษาพบว่าองค์ประกอบทางเคมีของฝุ่นละอองทั้ง 2 ขนาด จะมีสารประกอบอินทรีย์คาร์บอน ธาตุคาร์บอน ซัลเฟต และไนเตรท ซึ่งในบริเวณถนน ในขณะที่พบองค์ประกอบของแคลเซียมและเหล็ก ทั้ง 2 บริเวณซึ่งมาจากฝุ่นดินตามถนน และจากกิจกรรมการก่อสร้างหรือการรื้อถอนอาคาร นอกจากนี้ยังพบว่าในวันที่มีความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร มากกว่า 50 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ความเข้มข้นขององค์ประกอบทางเคมีต่างๆ จะสูงตามไปด้วย เช่น อนุภาคของคาร์บอนและฝุ่นเหล็ก ทั้งในบริเวณถนนและพื้นที่อ้างอิง

Yin *et al.* (2005) ศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร ในประเทศไอร์แลนด์ โดยทำการตรวจวัดในบริเวณพื้นที่ถนนที่มีการจราจรหนาแน่น ที่พักอาศัยและพาณิชยกรรม ชายฝั่งทะเล เกษตรกรรม และพื้นที่อ้างอิง จากการศึกษาพบว่าความเข้มข้นของ

ฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร มีค่าสูงในช่วงฤดูหนาวและพบองค์ประกอบของโซเดียม ไอออนและคลอไรด์ไอออน ในฝุ่นหยาบ(ฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร) ซึ่งมีค่าสูงใน บริเวณพื้นที่ชายฝั่งทะเล ส่วนอนุภาคฝุ่นละเอียด (ฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมโครเมตร) จะ ประกอบด้วยองค์ประกอบของโพแทสเซียม ซึ่งพบในบริเวณเขตเมืองเป็นตัวบ่งชี้ว่าถูกปลดปล่อย มาจากกระบวนการเผาไหม้ บริเวณถนนในเขตเมืองจะพบแคลเซียมซึ่งเป็นองค์ประกอบของฝุ่น ละอองที่เกิดจากการฟุ้งกระจายขึ้นอีกครั้งของฝุ่นถนน โดยแคลเซียมเป็นองค์ประกอบที่มีอยู่ใน ยิปซัมที่ใช้สร้างถนนและอาคาร นอกจากนี้ยังพบบองค์ประกอบของธาตุคาร์บอน ซัลเฟต และไนเตร ท ในฝุ่นละอองบริเวณพื้นที่ถนนอีกด้วย ในขณะที่บริเวณพื้นที่เกษตรกรรมและชายฝั่งทะเลจะ พบว่าฝุ่นละอองมีองค์ประกอบของสารอนินทรีย์ทุกชนิดซึ่งประกอบด้วย แอมโมเนีย ไนเตรท และ แอมโมเนียซัลเฟต

## อุปกรณ์และวิธีการ

### อุปกรณ์

#### 1. การวิเคราะห์ความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร

##### 1.1 อุปกรณ์ในการวิเคราะห์ความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร

1.1.1 กระดาษกรองชนิด Glass fiber filter ขนาด 8 x 10 ตารางนิ้ว

1.1.2 กระดาษบันทึกอัตราการไหลของอากาศ (Flow chart)

1.1.3 ตู้ดูดความชื้น (Desiccators cabinets)

1.1.4 เครื่องชั่งน้ำหนักแบบละเอียด 0.0001 กรัม (ทศนิยม 4 ตำแหน่ง)

1.1.5 คีมคีบปากแบน ( Forceps)

#### 2. การวิเคราะห์ความเข้มข้นสารไอออนิกของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร

##### 2.2 อุปกรณ์และสารเคมีในการวิเคราะห์สารไอออนิก

2.2.1 เครื่อง ion chromatography (IC) สำหรับวิเคราะห์สารไอออนบวก

เครื่อง ion chromatography model metrohm intelligent 882 เป็นเครื่องมือสำหรับตรวจวิเคราะห์ปริมาณไอออนบวก ซึ่งอาศัยหลักการแลกเปลี่ยนไอออนระหว่างไอออนในสารละลายกับไอออนในของแข็งที่สัมพันธ์กับสารละลาย สามารถแยกหาปริมาณไอออนในสารละลายตัวอย่างโดยผ่านการแยกด้วยคอลัมน์แล้วตรวจวัดค่าการนำไฟฟ้าของแต่ละไอออนนำมาคำนวณหาปริมาณไอออนในตัวอย่าง โดยเทียบกับสารละลายมาตรฐาน การใช้เครื่อง IC เพื่อตรวจวิเคราะห์ปริมาณสารไอออนบวก ได้แก่ โซเดียม แอมโมเนีย ( $\text{NH}_3$ ) โพแทสเซียม และ

แคลเซียม ในรูปของ cation ซึ่งตั้งค่าสถานะเครื่อง แสดงดังตารางที่ โดยใช้เวลาในการวิเคราะห์ 30 นาทีต่อ 1 ตัวอย่าง



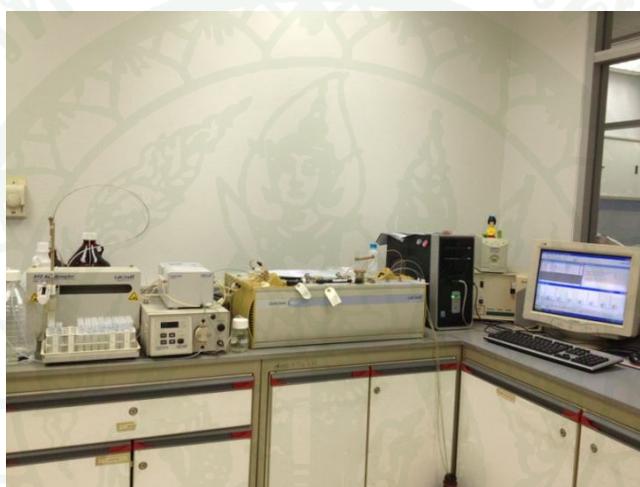
ภาพที่ 2 เครื่อง Ion Chromatography model metrohm intelligent 882

ตารางที่ 1 สถานะการทำงานของเครื่อง Ionchromatography ในการวิเคราะห์สารอนิกประจุบวก

รุ่นและยี่ห้อ	สารไอออนิก	เฟสเคลื่อนที่	สถานะเครื่อง
Mag Net 1.1	1. โซเดียม 2. แอมโมเนีย 3. โพแทสเซียม 4. แคลเซียม	สาร Eluent 1. NaHCO <sub>3</sub> (0.2755 g) และ Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> (0.3360 g) ในน้ำปราศจากไอออน 1 L 2. กรดซัลฟิวริก (H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> ) (1.4 ml) ในน้ำปราศจากไอออน 1 L - อัตราการไหล 0.9 mL/min - - ความดัน 5.2 MPa	1. อุณหภูมิ ของ column 30 องศาเซลเซียส 2. นิดตัวอย่างเข้าเครื่อง 2 ml

## 2.2.2 เครื่อง ion chromatography (IC) สำหรับวิเคราะห์สารไอออนลบ

เครื่อง ion chromatography เป็นเครื่องมือสำหรับตรวจวิเคราะห์ปริมาณไอออนลบ ซึ่งอาศัยหลักการแลกเปลี่ยน ไอออนระหว่างไอออนในสารละลายกับไอออนในของแข็งที่สัมพันธ์กับสารละลาย สามารถแยกหาปริมาณไอออนในสารละลายตัวอย่าง โดยผ่านการแยกด้วยคอลัมน์แล้วตรวจวัดค่าการนำไฟฟ้าของแต่ละไอออน นำมาคำนวณหาปริมาณไอออนในตัวอย่าง โดยเทียบกับสารละลายมาตรฐาน



ภาพที่ 3 เครื่อง Ion Chromatography

ตารางที่ 2 สภาวะการทำงานของเครื่อง Ionchromatography ในการวิเคราะห์สารอนิกประจุลบ

รุ่นและยี่ห้อ	สารไอออนิก	เฟสเคลื่อนที่	สถานะเครื่อง
LACHAT	1. กลอไรด์ 2. ไนเตรท 3. ซัลเฟต	สาร Eluent 1. $C_7H_5NO_4$ (0.2338 g) และกรดไนตริก ( $HNO_3$ ) (215 microlit) ในน้ำ ปราศจากไอออน 1 L 2. นำเข้าเครื่องอัลตราติก ½ ชม. อัตราการไหล 0.9 mL/min ความดัน 5.2 MPa	1. อุณหภูมิ ของ column 30 องศาเซลเซียส 2. นิดตัวอย่างเข้าเครื่อง 2 ml

2.2.3 ขวดพลาสติก (Poly ethylene) ปริมาตร 30 มิลลิลิตร

2.2.4 กระจาดกรอง (Syring filter) ขนาดเล็ก 0.45 ไมโครเมตร

2.2.5 กรรไกรสแตนเลส

2.2.6 deionized water (DI)

2.2.7 เครื่องสกัดสาร (Untrasoni)

2.2.8 เครื่องกรองน้ำปราศจากไอออน

2.2.9 ไมโครปิเปต

2.2.10 ถังพลาสติกซิป สำหรับบรรจุกระจาดกรอง

2.2.11 น้ำปราศจากไอออน

2.2.12 Syringe 30 มิลลิลิตร

2.2.13 คีมคีบปากแบน (Forceps)

2.2.14 ตู้เย็น

2.2.15 บีกเกอร์ขนาด 100 มิลลิลิตร

2.2.16 พาราฟิน

## วิธีการ

### 1. การหาความเข้มข้นฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตรในบรรยากาศ

1.1 นำกระดวยกรองหลังเก็บตัวอย่างฝุ่นละอองใส่ในตู้ดูดความชื้น และชั่งน้ำหนักกระดวยกรองด้วยวิธีการเช่นเดียวกับการเตรียมกระดวยกรองก่อนเก็บตัวอย่างฝุ่นละออง

1.2 ระหว่างการเก็บตัวอย่างฝุ่นละออง อัตราการไหลของอากาศได้ถูกบันทึกในกระดวยบันทึกอัตราการไหลของอากาศ (Flow chart) โดยเครื่องวัดอัตราการไหล และอ่านค่าอัตราการไหลของอากาศที่ได้ แล้วคำนวณหาค่าปริมาตรอากาศที่ไหลผ่านกระดวยกรองในช่วงเวลาที่ทำการเก็บตัวอย่าง

1.3 คำนวณความเข้มข้นฝุ่นละออง (ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)

$$\text{ความเข้มข้นฝุ่นละออง (ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)} = \frac{(B - A) \times 10^6}{V}$$

โดยที่ A = น้ำหนักกระดวยกรองก่อนเก็บตัวอย่าง (กรัม)

B = น้ำหนักกระดวยกรองหลังเก็บตัวอย่าง (กรัม)

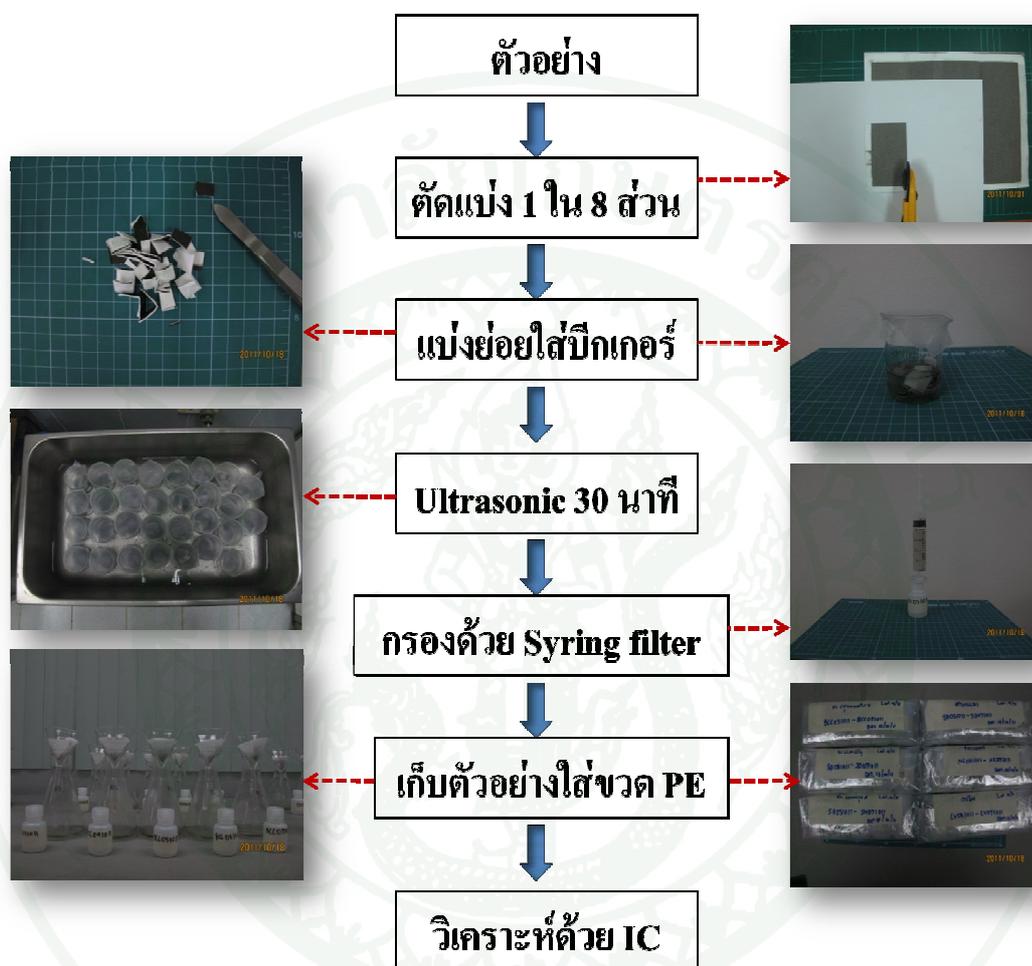
V = ปริมาตรอากาศ (ลูกบาศก์เมตร)

### 2. การหาค่าความเข้มข้นของสารไอออนิกในฝุ่น

2.1 การเตรียมกระดวยกรองในการวิเคราะห์

หลังจากที่ทำการวิเคราะห์ฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร ทำการตรวจสอบสภาพของกระดวยกรอง แล้วนำกระดวยกรองดูดความชื้น เป็นเวลา 24 ชั่วโมง แล้วนำกระดวยกรองมาตัดแบ่งเพื่อทำการวิเคราะห์ โดยตัดแบ่งกระดวยกรอง 1 ใน 8 ส่วนต่อกระดวยกรอง 1 แผ่น

ตัดโดยใช้กรรไกรลูกกลิ้ง เพื่อป้องกันการสัมผัสของมือกับกระดาษกรอง เมื่อตัดแบ่งได้นำขึ้นตัวอย่างใส่ถุงพลาสติกซิปล



ภาพที่ 4 ขั้นตอนวิธีการวิเคราะห์หาค่าความเข้มข้นของสารไอออนิกในฝุ่นขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร

## 2.2 การเตรียมตัวอย่าง

2.2.1 นำกระดาษกรองตัวอย่าง (Glass fiber Filter) ตัดแบ่งเป็นชิ้นเล็กๆ ใส่ปิ๊กเกอร์ขนาด 100 มิลลิลิตร เติมน้ำปราศจากไอออน (Deionizing water) 30 มิลลิลิตร

2.2.2 ปิดบีกเกอร์ด้วยพาราฟินให้สนิทนำมาสกัดด้วยเครื่องอัลตราโซนิก นาน 30 นาที

2.2.3 ใช้คีบคีบปากแบน ( Forceps) คีบกระดาษกรองออก แล้วกรองด้วยกระดาษกรองเบอร์ 1

2.2.4 กรองน้ำตัวอย่างซ้ำอีกครั้งด้วยกระดาษกรอง (Syring filter) ที่มีรูขนาดเล็ก 0.45 ไมโครเมตร ใส่ขวดพลาสติก(Poly ethylene) ปริมาตร 30 มิลลิลิตร

2.2.5 เก็บน้ำตัวอย่างที่ได้ในขวดพลาสติก (Poly ethylene) ปริมาตร 30 มิลลิลิตร ปิดฝาให้สนิทพันด้วยเทฟลอน เก็บรักษาไว้ในตู้เย็นอุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เพื่อนำไปวิเคราะห์ต่อไป

## 2.3 การวิเคราะห์สารไอออนิก

วิเคราะห์สารไอออนิก 7 ชนิดได้แก่ แอมโมเนียม ( $\text{NH}_4^+$ ) โซเดียมไอออน ( $\text{Na}^+$ ) โพแทสเซียม ( $\text{K}^+$ ) แคลเซียม ( $\text{Ca}^+$ ) คลอไรด์ไอออน ( $\text{Cl}^-$ ) ไนเตรต ( $\text{NO}_3^-$ ) และซัลเฟต ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) ด้วยเครื่อง Ion Chromatography

### 2.3.1 วิธีวิเคราะห์สารไอออนิกประจุลบ (Anion)

(1) ก่อนการทำการวิเคราะห์ตัวอย่างเพื่อหาสารไอออนิก จำเป็นต้องทำ Baseline ประมาณ 30 นาที

(2) เตรียม standard anion solution 3 ความเข้มข้น คือ 1 ppm , 5 ppm ,10 ppm การฉีดวิเคราะห์ standard ครั้งที่วิเคราะห์ตัวอย่าง แบ่งเป็น 3 ช่วง คือ ก่อนวิเคราะห์ตัวอย่างแรก ช่วงกลาง และการวิเคราะห์ตัวอย่างสุดท้าย และนำค่าเฉลี่ยเพื่อสร้าง standard Curve

### 2.3.2 วิธีวิเคราะห์สารไอออนิกประจุบวก (Cation)

(1) ก่อนการทำการวิเคราะห์ตัวอย่างเพื่อหาสารไอออนิก จำเป็นต้องทำ Baseline ประมาณ 30 นาที

(2) เตรียม standard anion solution 4 ความเข้มข้น คือ 0.1 ppm, 1 ppm, 5 ppm, 10 ppm การฉีดวิเคราะห์ standard ครั้งทีวิเคราะห์ตัวอย่าง แบ่งเป็น 3 ช่วง คือ ก่อนวิเคราะห์ตัวอย่างแรก ช่วงกลาง และการวิเคราะห์ตัวอย่างสุดท้าย และนำค่าเฉลี่ยเพื่อสร้าง standard Curve

(3) การเตรียม Blank (ตัวอย่างกระดาษกรองเปล่า) ทำตามขั้นตอนที่ระบุไว้ในหัวข้อที่ 2.2 นำค่าที่ได้ลบออกจากค่าที่ได้จากการวิเคราะห์ตัวอย่างที่ใช้ทดสอบ ( 1 ตัวอย่าง Blank ต่อ 30 ตัวอย่างตัวอย่างที่ใช้วิเคราะห์) ทั้งนี้กระทำเช่นเดียวกันทั้งการวิเคราะห์สารไอออนิกทั้งประจุบวกและลบ

### 2.3.3 วิธีการคำนวณหาค่าความเข้มข้นของสารไอออนิกในฝุ่น

$$\text{Ionic in PM 10} = \frac{(n \times 30)}{1000} \cdot \frac{8 \times 1000}{V}$$

ความเข้มข้นของสารไอออนิกในฝุ่นละออง เท่ากับ ความเข้มข้นของสารไอออนิกในฝุ่นละอองในบรรยากาศ ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )

$n$  = ความเข้มข้นของสารไอออนิกในตัวอย่างฝุ่นละออง (mg/l)

30 = ปริมาตรน้ำกลั่นที่ใช้ในการสกัด (ml)

8 = กระดาษกรองที่ใช้ในการเก็บตัวอย่าง (1 ใน 8 ส่วน)

V = ปริมาตรอากาศทั้งหมด

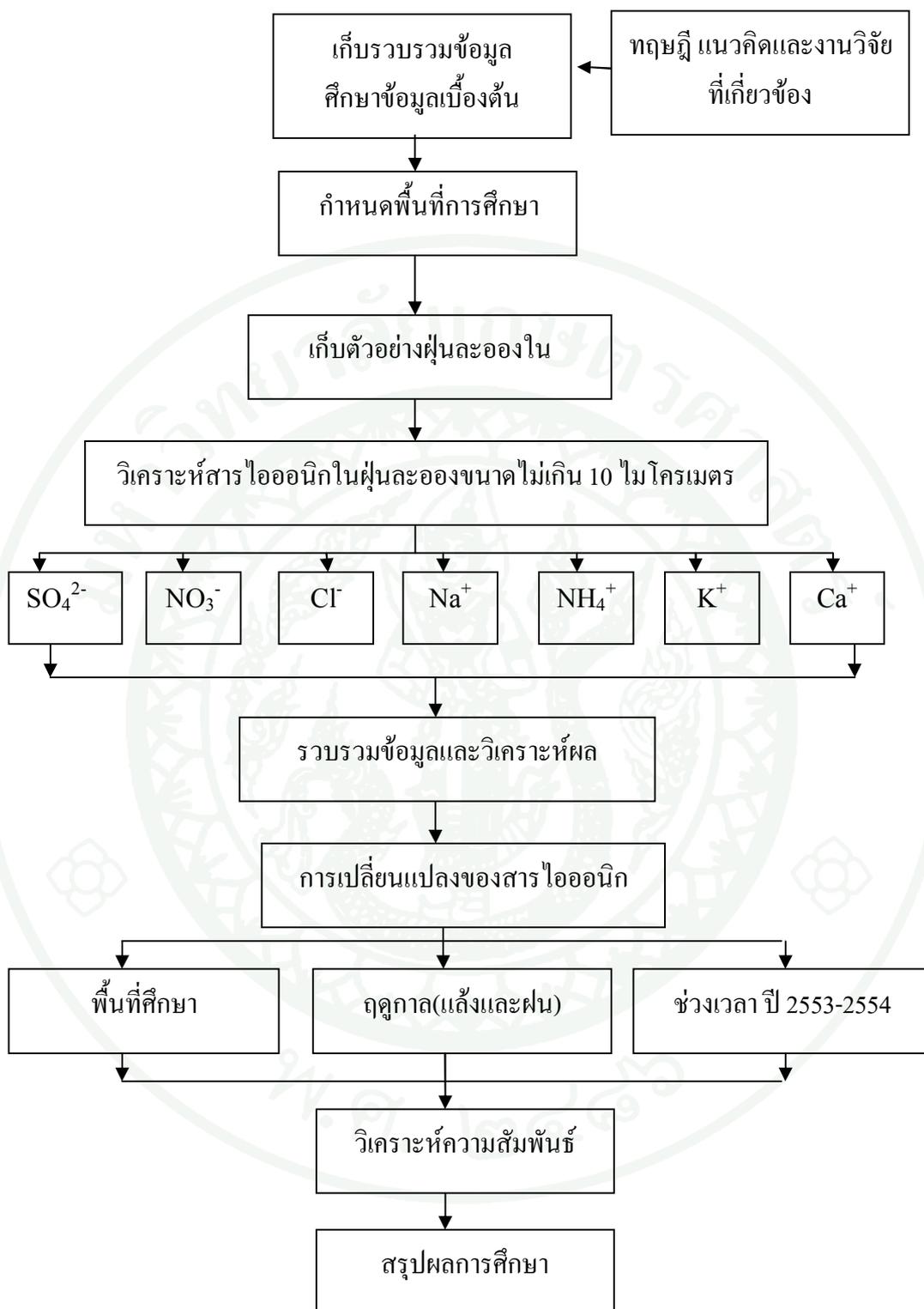
### 3. การวิเคราะห์และประมวลผลข้อมูล

3.1 วิเคราะห์ความแตกต่างความเข้มข้นเฉลี่ยของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร ระหว่างพื้นที่ศึกษาด้วยวิธีวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance ; ANOVA)

3.2 วิเคราะห์ความแตกต่างความเข้มข้นเฉลี่ยของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร ในแต่ละพื้นที่การศึกษาระหว่างฤดูแล้งและฤดูฝนด้วยวิธีวิเคราะห์ Unpaired t-test

3.3 เปรียบเทียบสารไอออนิกจากฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร ในแต่ละพื้นที่การศึกษาระหว่างฤดูแล้งและฤดูฝน

3.4 วิเคราะห์สัดส่วนของสารไอออนิกจากฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร เพื่อบอกแนวโน้มการคงตัวอยู่ในบรรยากาศของสารไอออนิก ในแต่ละพื้นที่การศึกษา



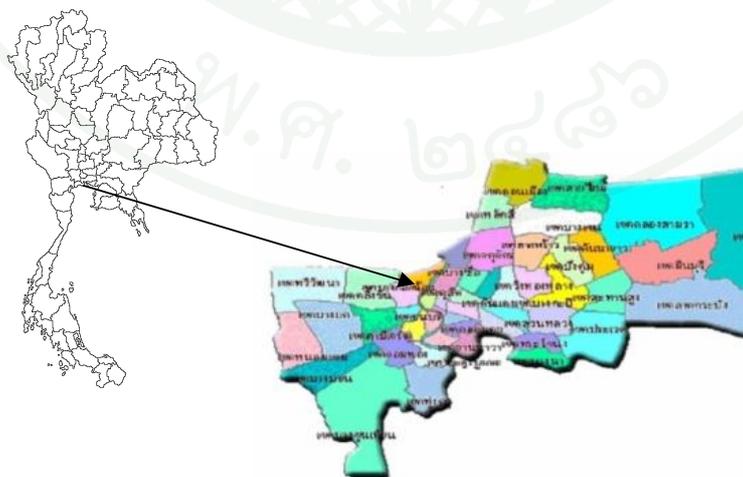
ภาพที่ 5 แผนผังการวิจัยการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นและสารไอออนิกของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร ตามแนวเส้นทางการเดินรถของระบบขนส่งมวลชนกรุงเทพมหานคร

#### 4. สถานที่วิจัย

##### 4.1 ข้อมูลทั่วไปของพื้นที่การศึกษา

กรุงเทพมหานคร เป็นเมืองหลวง และเมืองที่มีประชากรมากที่สุดในประเทศไทย รวมทั้งเป็นศูนย์กลางการปกครอง การศึกษา การคมนาคมขนส่ง การเงินการธนาคาร การพาณิชย์ การสื่อสาร และความเจริญของประเทศ มีแม่น้ำสำคัญคือ แม่น้ำเจ้าพระยาไหลผ่าน ทำให้แบ่งเมืองออกเป็น 2 ฝั่ง คือฝั่งพระนครและฝั่งธนบุรี โดยกรุงเทพมหานครมีพื้นที่ทั้งหมด 1,568.737 ตารางกิโลเมตร ประชากร 5,701,39 คน ความหนาแน่นของประชากร 3,635.15 คนต่อตารางกิโลเมตร พิกัดทางภูมิศาสตร์คือ ละติจูด  $13^{\circ} 45'$  เหนือ ลองจิจูด  $100^{\circ} 31'$  ตะวันออก อาณาเขตติดต่อกับเขตการปกครองแสดงดังภาพที่ 5

ทิศเหนือ	ติดต่อกับ	จังหวัดนนทบุรี
ทิศใต้	ติดต่อกับ	จังหวัดสมุทรปราการ
ทิศตะวันออก	ติดต่อกับ	จังหวัดฉะเชิงเทรา
ทิศตะวันตก	ติดต่อกับ	จังหวัดนครปฐม



ภาพที่ 6 ที่ตั้งและอาณาเขตของกรุงเทพมหานคร

## 4.2 สภาพภูมิอากาศ

กรุงเทพมหานคร ตั้งอยู่ในเขตอิทธิพลของลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้และอิทธิพลของลมทะเล อุณหภูมิสูงสุดในเดือนเมษายน สูงสุดเฉลี่ยตลอดปีเท่ากับ 32.7 องศาเซลเซียส และพบว่า อุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ยตลอดปี เท่ากับ 24.1 องศาเซลเซียส ในช่วงฤดูร้อนมีความชื้นในอากาศสูง เนื่องจากอิทธิพลจากชายทะเล และลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ ปริมาณน้ำฝนสูงสุดในช่วงเดือนพฤษภาคม เท่ากับ 220.4 มิลลิเมตร โดยปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย 1496.8 มิลลิเมตร โดยฤดูกาลสามารถแบ่งออกเป็น 3 ฤดูดังนี้

ฤดูร้อน	เริ่มตั้งแต่	เดือนกุมภาพันธ์ ถึง เดือนพฤษภาคม
ฤดูฝน	เริ่มตั้งแต่	เดือนมิถุนายน ถึง เดือนตุลาคม
ฤดูหนาว	เริ่มตั้งแต่	เดือนพฤศจิกายน ถึงเดือนมกราคม

ลักษณะภูมิประเทศ พื้นที่ส่วนใหญ่เป็นที่ราบลุ่มแม่น้ำ มีแม่น้ำเจ้าพระยาไหลผ่าน ซึ่งเป็นแม่น้ำสายสำคัญของประเทศ ทางตอนใต้ของจังหวัดเป็นปากแม่น้ำที่มีพื้นที่ติดกับทะเล เนื่องจากกรุงเทพมหานครได้รับอิทธิพลของลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้และอิทธิพลของลมทะเล ทิศทางของลมส่วนใหญ่จึงพัดมาจากทางทิศตะวันตกเฉียงใต้ และทางทะเล ซึ่งเป็นลมที่พัดมาจากทะเล

## 4.3 จุดเก็บตัวอย่างของพื้นที่การศึกษา

การศึกษาวิจัยดำเนินการเก็บตัวอย่างฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร ด้วยเครื่อง Hi-Volume Air Sample ที่มีหัวคัดแยกฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร จากพื้นที่ศึกษาที่มีความแตกต่างกัน 2 ลักษณะ คือพื้นที่ริมถนน ได้แก่ บริเวณสถานีรถไฟฟ้าศาลาแดง บริเวณสถานีรถไฟฟ้าชองนนทรี และสถาบันการบิณฑลเรือน ส่วนในพื้นที่ทั่วไป ได้แก่ โรงเรียนแสงหิรัญ โรงเรียนกรุงเทพคริสเตียน และโรงพยาบาลเซ็นหลุยส์ รายละเอียดแสดงดังภาพที่ 6-9



ภาพที่ 7 ตำแหน่งสถานีเก็บตัวอย่างฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร บริเวณสถานีรถไฟฟ้า ศาลาแดง



ภาพที่ 8 ตำแหน่งสถานีเก็บตัวอย่างฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร บริเวณสถานีรถไฟฟ้า ชองนนทบุรี



ภาพที่ 9 ตำแหน่งสถานีเก็บตัวอย่างฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร บริเวณสถาบันการบิณพลเรือน (ใกล้สถานีรถไฟฟ้ามหอลิต)



ภาพที่ 10 ตำแหน่งสถานีเก็บตัวอย่างฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร บริเวณโรงพยาบาลเซ็นต์หลุยส์ (ใกล้สถานีรถไฟฟ้าวสุรศักดิ์)



ภาพที่ 11 ตำแหน่งสถานีเก็บตัวอย่างฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร บริเวณโรงเรียน  
 เกษตรคริสเตียนวิทยาลัย (ใกล้สถานีรถไฟฟ้าสุรศักดิ์)



ภาพที่ 12 ตำแหน่งสถานีเก็บตัวอย่างฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร บริเวณโรงเรียนแสง  
 หิรัญ (ใกล้สถานีรถไฟฟ้าอ่อนนุช)

ตารางที่ 3 รายละเอียดของจุดเก็บตัวอย่างพื้นที่การศึกษา

สถานีเก็บตัวอย่าง	รหัส ตัวอย่าง	พิกัดภูมิศาสตร์	ระยะห่างจากถนน	ข้อมูลกิจกรรมหลักในพื้นที่
บริเวณสถานีรถไฟฟสา	SD	665912.41 ม. ตะวันออก 1518228.85 ม. เหนือ	สถานีตรวจวัดตั้งอยู่บนทางเท้าติด กับถนนสีลม	จุดศูนย์รวมของอาคารสำนักงานทางธุรกิจชั้นนำของ ประเทศเป็นย่านการค้าการลงทุน การจราจรหนาแน่น ตลอดวัน (2,521 คันต่อชั่วโมง)
บริเวณสถานีรถไฟฟสาชองนนตรี	NS	665380.54 ม. ตะวันออก 1517695.11 ม. เหนือ	สถานีตรวจวัดตั้งอยู่บนทางเท้าติด กับถนนนราธิวาสราชนครินทร์	จุดศูนย์รวมของสำนักงานทางธุรกิจ ย่านการค้าการลงทุน และที่พักอาศัยของคนเมือง การจราจรหนาแน่นตลอดวัน (2,164 คันต่อชั่วโมง)
สถาบันการบินพลเรือน	CV	667910.95 ม. ตะวันออก 1526219.99 ม. เหนือ	สถานีตรวจวัดตั้งอยู่บนทางเท้าติด กับถนนพหลโยธิน	เป็นเส้นทางการคมนาคมสายหลักมีปริมาณการจราจร หนาแน่นตลอดวัน (3,694 คันต่อชั่วโมง)
โรงเรียนแสงหิรัญ	SA	672907.00 ม. ตะวันออก 1516280.00 ม. เหนือ	สถานีตรวจวัดอยู่ห่างจากถนนสาย หลัก(สุขุมวิท) 74 เมตร	สถานศึกษา ตั้งอยู่ห่างจากถนนสายหลัก ปริมาณ การจราจรช่วงเร่งด่วนประมาณ 3,551 คันต่อชั่วโมง
โรงเรียนกรุงเทพคริสเตียน	BCC	664614.24 ม. ตะวันออก 1517334.69 ม. เหนือ	สถานีตรวจวัดอยู่ห่างจากถนนสาย หลัก(สาทรเหนือ) 107 เมตร	สถานศึกษา ตั้งอยู่ห่างจากถนนสายหลัก ปริมาณ การจราจรช่วงเร่งด่วนประมาณ 5,239 คันต่อชั่วโมง
โรงพยาบาลเซ็นหลุยส์	SH	664905.59 ม. ตะวันออก 1517220.59 ม. เหนือ	สถานีตรวจวัดอยู่ห่างจากถนนสาย หลัก(สาทรใต้) 24 เมตร	สถานพยาบาล ตั้งอยู่ติดกับถนนสายหลัก ปริมาณ การจราจรช่วงเร่งด่วนประมาณ 2,355 คันต่อชั่วโมง

## ผลและวิจารณ์

### 1. ความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร

#### 1.1 การเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร ตามพื้นที่ศึกษา

ผลการตรวจวัดความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร จากพื้นที่การศึกษา 2 พื้นที่ คือ พื้นที่ริมถนน ได้แก่ สถานีรถไฟฟ้าศาลาแดง ช่งนนทรี และสถาบันการบิณฑลเรือน พื้นที่ทั่วไป ได้แก่ โรงเรียนแสงหิรัญ โรงเรียนกรุงเทพคริสเตียน และโรงพยาบาลเซ็นหลุยส์ เก็บข้อมูลต่อเนื่อง 5 วันติดต่อกัน จำนวน 8 ครั้งในปี พ.ศ.2553-2554 (ตารางที่ 4 -5) พบว่าความเข้มข้นเฉลี่ยของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร อยู่ระหว่างช่วง 16.9 ถึง 291.7 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร โดยพบว่าค่าความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตรมีค่าสูงสุดเท่ากับ 291.7 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร และค่าต่ำสุดเท่ากับ 16.9 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร สามารถสรุปได้ดังนี้

#### 1) พื้นที่ริมถนน

ในปี พ.ศ.2553 ผลการตรวจวัดความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร จากสถานีตรวจวัด 3 สถานี ประกอบด้วย สถานีรถไฟฟ้าศาลาแดง ช่งนนทรี และสถาบันการบิณฑลเรือน พบว่ามีค่าอยู่ระหว่างช่วง 85.53 ถึง 291.7 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร โดยพบค่าสูงสุดเท่ากับ 291.7 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร จากสถานีรถไฟฟ้าศาลาแดง และค่าต่ำสุดเท่ากับ 85.5 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตรจากสถาบันการบิณฑลเรือน ในช่วงเดือนกรกฎาคม ค่าความเข้มข้นเฉลี่ยของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตรมีค่าสูงสุดเท่ากับ  $106.1 \pm 63.3$  ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร และมีค่าต่ำสุดในเดือนกรกฎาคม มีค่าเท่ากับ  $62.6 \pm 19.5$  ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ดังตารางที่ 4

ในปี พ.ศ.2554 ผลการตรวจวัดความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร จากสถานีตรวจวัด 3 สถานี ประกอบด้วย สถานีรถไฟฟ้าศาลาแดง ช่งนนทรี และสถาบันการบิณฑลเรือน พบว่ามีค่าอยู่ระหว่างช่วง 15.7 ถึง 143.8 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร โดย

พบค่าสูงสุดเท่ากับ 143.8 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร จากสถานีรถไฟฟ้าศาลาแดง และค่าต่ำสุดเท่ากับ 15.7 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตรจากสถานีการบินพลเรือน ในช่วงเดือนมกราคม ค่าความเข้มข้นเฉลี่ยของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตรมีค่าสูงสุดเท่ากับ  $106.9 \pm 18.95$  ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร และมีค่าต่ำสุดในเดือนกรกฎาคมมีค่าเท่ากับ  $56.2 \pm 22.27$  ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ดังตารางที่ 5

ตารางที่ 4 ความเข้มข้นเฉลี่ยของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร พื้นที่กรุงเทพมหานคร ทั้ง 2 พื้นที่การศึกษา ปี พ.ศ. 2553

เดือน	ความเข้มข้นเฉลี่ยของฝุ่นละอองขนาดเล็กลงว่า 10 ไมโครเมตร (ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)		
	พื้นที่ริมถนน (n=60)	พื้นที่ทั่วไป (n=60)	% (เพิ่ม)ลด
มกราคม	97.7±41.6	45.8±18.5	53.12
เมษายน	106.1±63.3	56.7±28.0	46.56
กรกฎาคม	62.6±19.5	37.6±8.9	39.94
ตุลาคม	75.8±21.9	34.9±11.9	53.96

## 2) พื้นที่ทั่วไป

ในปี พ.ศ.2553 ผลการตรวจวัดความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร จากสถานีตรวจวัด 3 สถานี ประกอบด้วย รร.แสงหิรัญ โรงเรียนกรุงเทพคริสเตียน และโรงพยาบาลเซนต์หลุยส์ พบว่ามีค่าอยู่ระหว่างช่วง 16.9 ถึง 110.5 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร โดยพบค่าสูงสุดเท่ากับ 110.5 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตรจากโรงพยาบาลเซนต์หลุยส์ และค่าต่ำสุดเท่ากับ 16.9 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร จาก โรงเรียนกรุงเทพคริสเตียนในช่วงเดือนมกราคม ค่าความเข้มข้นเฉลี่ยของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตรมีค่าสูงสุดเท่ากับ  $56.7 \pm 28.0$  ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร และมีค่าต่ำสุดในเดือนตุลาคมค่าเท่ากับ  $34.9 \pm 11.9$  ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ดังตารางที่ 4

ในปี พ.ศ.2554 ผลการตรวจวัดความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร จากสถานีตรวจวัด 3 สถานี ประกอบด้วย รร.แสงหิรัญ โรงเรียนกรุงเทพคริสเตียน และโรงพยาบาลเซนต์หลุยส์ พบว่ามีค่าอยู่ระหว่างช่วง 20.94 ถึง 135.84 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร โดยพบค่าสูงสุดเท่ากับ 135.9 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร และค่าต่ำสุดเท่ากับ 20.94 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ของ โรงเรียนกรุงเทพคริสเตียนในช่วงเดือนมกราคม ค่าความเข้มข้นเฉลี่ยของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตรมีค่าสูงสุดเท่ากับ  $77.4 \pm 26.01$  ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร และมีค่าต่ำสุดในเดือนตุลาคม มีค่าเท่ากับ  $32.4 \pm 8.28$  ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 ความเข้มข้นเฉลี่ยของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร พื้นที่กรุงเทพมหานคร ทั้ง 2 พื้นที่การศึกษา ปี พ.ศ. 2554

เดือน	ความเข้มข้นเฉลี่ยของฝุ่นละอองขนาดเล็กลงว่า 10 ไมโครเมตร (ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)		
	พื้นที่ริมถนน (n=60)	พื้นที่ทั่วไป (n=60)	% (เพิ่ม)ลด
มกราคม	106.9±18.95	77.4±26.01	27.60
เมษายน	74.6±17.72	47.6±9.46	36.19
กรกฎาคม	56.2±22.27	45.0±10.72	19.93
ตุลาคม	58.9±25.24	32.4±8.28	44.99

ทั้งนี้จากความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร พบว่าบริเวณพื้นที่ริมถนนมีค่าสูงกว่าพื้นที่ทั่วไป อีกทั้งเมื่อพิจารณาค่าความแตกต่างระหว่างพื้นที่ริมถนนกับพื้นที่ทั่วไป ตั้งแต่ปี พ.ศ.2553-2554 พบว่าพื้นที่ทั่วไปมีค่าความเข้มข้นของฝุ่นละอองลดลงกว่าร้อยละ 40 เมื่อเทียบกับพื้นที่ริมถนน เนื่องจากพื้นที่ริมถนนตั้งอยู่ในพื้นที่แหล่งกำเนิดฝุ่นจากการจราจรที่หนาแน่น อีกทั้งพื้นที่ตรวจวัดบริเวณริมถนนยังเป็นย่านธุรกิจ ที่มีกิจกรรมด้านการคมนาคมตลอดเวลา อีกทั้งบริเวณที่ตั้งของพื้นที่ดังกล่าวมีอาคารปกคลุม โดยรอบส่งผลให้การระบายอากาศของมลสารเป็นไปได้น้อย

## 1.2 การเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร ตามฤดูกาล

ผลการตรวจวัดความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร ตามฤดูกาล เปลี่ยนแปลงในรอบปี พ.ศ.2553-2554 โดยแบ่งช่วงของฤดูกาลออกเป็น 2 ฤดูกาล คือ ฤดูแล้ง และ ฤดูฝนจากพื้นที่ศึกษา 6 สถานีตรวจวัด เก็บข้อมูลต่อเนื่อง 5 วันติดต่อกัน จำนวน 2 ครั้งต่อฤดูกาล พบว่าในฤดูแล้งมีค่าความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร อยู่ระหว่างช่วง 16.88 ถึง 291.7 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร และในฤดูฝนมีค่าอยู่ระหว่างช่วง 15.7 ถึง 93.2 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร สามารถสรุปได้ดังนี้

### (1) ช่วงฤดูแล้ง

ในปี พ.ศ.2553 ผลการตรวจวัดความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร จากพื้นที่ศึกษา 6 สถานีตรวจวัด ได้แก่ สถานีรถไฟฟ้าศาลาแดง ช่งนนทรี สถาบันการบิณฑลเรือน โรงเรียนแสงหิรัญ โรงเรียนกรุงเทพคริสเตียน และโรงพยาบาลเซนต์หลุยส์พบว่ามีค่าความเข้มข้นเฉลี่ยเท่ากับ  $128.0 \pm 65.37$ ,  $124.0 \pm 28.73$ ,  $53.5 \pm 24.99$ ,  $56.5 \pm 27.10$ ,  $38.4 \pm 17.68$ , และ  $58.7 \pm 25.72$  ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ พบว่ามีค่าอยู่ระหว่างช่วง 16.9 ถึง 291.7 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร โดยพบค่าสูงสุดเท่ากับ 291.7 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร จากสถานีรถไฟฟ้าศาลาแดง และค่าต่ำสุดเท่ากับ 16.9 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร จากโรงเรียนกรุงเทพคริสเตียน ดังตารางที่ 6

ในปี พ.ศ.2554 ผลการตรวจวัดความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร จากพื้นที่ศึกษา 6 สถานีตรวจวัด ได้แก่ สถานีรถไฟฟ้าศาลาแดง ช่งนนทรี สถาบันการบิณฑลเรือน โรงเรียนแสงหิรัญ โรงเรียนกรุงเทพคริสเตียน และโรงพยาบาลเซนต์หลุยส์พบว่ามีค่าความเข้มข้นเฉลี่ยเท่ากับ  $94.8 \pm 29.05$ ,  $93.9 \pm 24.34$ ,  $83.5 \pm 19.8$ ,  $58.0 \pm 22.06$ ,  $71.7 \pm 28.63$  และ  $58.0 \pm 22.06$  ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ พบว่ามีค่าอยู่ระหว่างช่วง 32.98 ถึง 143.8 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร โดยพบค่าสูงสุดเท่ากับ 143.8 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร จากสถานีรถไฟฟ้าศาลาแดง และค่าต่ำสุดเท่ากับ 33.0 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร จากโรงเรียนแสงหิรัญ ดังตารางที่ 7

ตารางที่ 6 ความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร ระหว่างฤดูแล้งกับฤดูฝนของแต่ละพื้นที่การศึกษา ในปี พ.ศ.2553

พื้นที่ศึกษา	ความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร (ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)				
	ฤดูแล้ง (n=60)		ฤดูฝน (n=60)		%
	ค่าต่ำสุด-สูงสุด	ค่าเฉลี่ย	ค่าต่ำสุด-สูงสุด	ค่าเฉลี่ย	
1.สถานีรถไฟฟ้าศาลาแดง	45.3-291.7	128.0±65.37	57.7-112.19	79.2±19.21	38.13
2.สถานีรถไฟฟ้าชองนันทรี	95.0-175.4	124.0±28.73	48.0-109.84	77.0±17.58	37.90
3.สถานีการบินพลเรือน	33.50-109.0	53.5±24.99	27.8-96.32	51.4±19.27	3.93
4.โรงเรียนแสงหิรัญ	28.9-107.4	56.5±27.10	17.2-47.97	32.8±12.08	41.95
5.โรงเรียนกรุงเทพคริสเตียน	16.9-71.0	38.4±17.68	24.5-53.83	42.0±9.03	(9.38)
6.โรงพยาบาลเซนต์หลุยส์	28.7-110.5	58.1±25.72	20.8-56.35	34.0±9.65	42.08

(2) ช่วงฤดูฝน

ในปี พ.ศ.2553 ผลการตรวจวัดความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร จากพื้นที่ศึกษา 6 สถานีตรวจวัด ได้แก่ สถานีรถไฟฟ้าศาลาแดง ชองนันทรี สถานีการบินพลเรือน โรงเรียนแสงหิรัญ โรงเรียนกรุงเทพคริสเตียน และโรงพยาบาลเซนต์หลุยส์พบว่ามีค่าความเข้มข้นเฉลี่ยเท่ากับ 79.2±19.2, 77.0±17.58, 51.4±19.27, 32.8±12.08, 42.0±9.03 และ 34.0±9.65 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ พบว่ามีค่าอยู่ระหว่างช่วง 17.2 ถึง 112.2 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร โดยพบค่าสูงสุดเท่ากับ 112.2 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร จากสถานีรถไฟฟ้าศาลาแดง และค่าต่ำสุดเท่ากับ 17.2 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร จากโรงเรียนแสงหิรัญ ทั้งนี้พบว่าความเข้มข้นเฉลี่ยของฝุ่นละอองทั้งสองฤดูกาลมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ยกเว้นสถานีการบินพลเรือน ดังตารางที่ 6

ในปีพ.ศ.2554 ผลการตรวจวัดความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร จากพื้นที่ศึกษา 6 สถานีตรวจวัด ได้แก่ สถานีรถไฟฟ้าศาลาแดง ชองนันทรี สถานี

การบินพลเรือน โรงเรียนแสงหิรัญ โรงเรียนกรุงเทพคริสเตียน และโรงพยาบาลเซนต์หลุยส์พบว่ามีความเข้มข้นเฉลี่ยเท่ากับ  $61.0 \pm 16.74$ ,  $65.8 \pm 28.20$ ,  $45.8 \pm 21.19$ ,  $38.3 \pm 8.11$ ,  $42.2 \pm 15.39$  และ  $35.6 \pm 9.95$  ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ พบว่ามีค่าอยู่ระหว่างช่วง 15.7 ถึง 93.2 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร โดยพบค่าสูงสุดเท่ากับ 93.2 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร จากสถานีรถไฟฟ้าง่อนนทรี และค่าต่ำสุดเท่ากับ 15.7 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตรจากสถาบันการบินพลเรือนทั้งนี้พบว่าความเข้มข้นเฉลี่ยของฝุ่นละอองทั้งสองฤดูกาลมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ดังตารางที่ 7

ตารางที่ 7 ความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร ระหว่างฤดูแล้งและฤดูฝนของแต่ละพื้นที่การศึกษา ในปี พ.ศ.2554

พื้นที่ศึกษา	ความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร (ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)				
	ฤดูแล้ง (n=60)		ฤดูฝน (n=60)		%
	ค่าต่ำสุด-สูงสุด	ค่าเฉลี่ย	ค่าต่ำสุด-สูงสุด	ค่าเฉลี่ย	
1.สถานีรถไฟฟ้างาสาแดง	55.68-143.82	94.8±29.05	27.83-87.97	61.0±16.74	35.67
2.สถานีรถไฟฟ้าง่อนนทรี	48.17-122.95	93.9±24.34	18.23-93.18	65.8±28.20	29.89
3.สถาบันการบินพลเรือน	60.52-108.06	83.5±19.78	15.66-88.97	45.8±21.19	45.20
4.โรงเรียนแสงหิรัญ	32.98-95.14	58.0±22.06	27.17-57.36	38.3±8.11	33.90
5.โรงเรียนกรุงเทพคริสเตียน	39.37-135.84	71.7±28.63	20.94-68.75	42.2±15.39	41.15
6.โรงพยาบาลเซนต์หลุยส์	32.98-95.14	58.0±22.06	24.29-57.36	35.6±9.95	39.04

ทั้งนี้จากผลการศึกษาความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร ระหว่างฤดูแล้งกับฤดูฝนของแต่ละพื้นที่การศึกษา ในปี พ.ศ.2553-2554 พบว่าทุกพื้นที่การศึกษาค่าความเข้มข้นของฝุ่นละอองในช่วงฤดูแล้งมีค่าสูงกว่าในช่วงฤดูฝน ยกเว้นโรงเรียนกรุงเทพคริสเตียนที่มีค่าความเข้มข้นของฝุ่นละอองใกล้เคียงกันทั้งในช่วงฤดูแล้งและฤดูฝน อีกทั้งเมื่อพิจารณาค่าความแตกต่างระหว่างช่วงฤดูแล้งกับช่วงฤดูฝน ตั้งแต่ปี พ.ศ.2553-2554 พบว่าช่วงฤดูฝนมีค่าความเข้มข้นของฝุ่นละอองลดลงกว่าร้อยละ 35 เมื่อเทียบกับช่วงฤดูแล้ง ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ

(กัลยา,2550) ตรวจวัดค่าความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร ในจังหวัดสมุทรปราการ พบว่าจำนวนวันที่ฝนตกในพื้นที่ช่วงฤดูฝนสูงกว่าฤดูแล้งส่งผลให้ค่าความเข้มข้นของฝุ่นละอองลดลงในช่วงฤดูฝน ซึ่งแสดงให้เห็นว่าน้ำฝนมีส่วนช่วยในการชะล้างอนุภาคในบรรยากาศได้

## 2. ความเข้มข้นของสารไอออนิกของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร

ทำการตรวจวัดความเข้มข้นของสารไอออนิกในฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร จากพื้นที่การศึกษา 2 พื้นที่ คือ พื้นที่ริมถนน ได้แก่ สถานีรถไฟฟ้าสาธาณะ ชองนนทรี และสถาบันการบิณฑพลเรื้อน พื้นที่ทั่วไป ได้แก่ โรงเรียนแสงหิรัญญ โรงเรียนกรุงเทพมหานครเศติเยน และโรงพยาบาลเศันหลุยส์ เก็บข้อมูลต่อเนื่อง 5 วันติดต่อกันจำนวน 8 ครั้งในปี พ.ศ.2553-2554 จำนวน 240 ตัวอย่าง แบ่งออกเป็น สารไอออนบวก คือ โซเดียม แอมโมเนีย โพแทสเซียม และแคลเซียม และสารไอออนลบ คือ ซัลเฟต ไนเตรทและคลอไรด์ รายละเอียดดังต่อไปนี้

### 2.1 การเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของสารไอออนิกในฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร ตามพื้นที่การศึกษา

ผลการตรวจวัดความเข้มข้นของสารไอออนิกในฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร จากพื้นที่การศึกษา 2 พื้นที่ พบว่าความเข้มข้นเฉลี่ยของสารไอออนิกอยู่ระหว่างช่วงน้อยกว่า 0.01 ถึง 2.93 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร โดยพบค่าซัลเฟตสูงสุดเท่ากับ 11.12 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร และพบว่าค่าของโพแทสเซียมและแอมโมเนียมีค่าต่ำสุด เท่ากับน้อยกว่า 0.01 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ทั้งนี้รายละเอียดการตรวจวัดในแต่ละพื้นที่ สามารถสรุปได้ดังนี้

#### (1) พื้นที่ริมถนน

ในปี พ.ศ.2553 ผลการตรวจวัดความเข้มข้นของสารไอออนิกในฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร พบว่ามีค่าอยู่ระหว่างช่วง น้อยกว่า 0.01 ถึง 11.12 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร โดยพบซัลเฟตมีค่าสูงสุดเท่ากับ 11.12 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร จากสถานีรถไฟฟ้าชองนนทรี และพบว่าค่าแอมโมเนียมีค่าน้อยกว่า 0.01 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ความเข้มข้นเฉลี่ย

ของสารไอออนลบได้แก่ ซัลเฟต ไนเตรทและคลอไรด์ มีปริมาณซัลเฟตสูงสุด รองลงมาคือ ไนเตรท และคลอไรด์ โดยมีค่าเท่ากับ  $2.93\pm 2.37$ ,  $1.46\pm 2.10$  และ  $0.52\pm 0.32$  ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ตามลำดับจะเห็นได้ว่าซัลเฟตมีค่าสูงที่สุด สำหรับความเข้มข้นเฉลี่ยของสารไอออนบวก ได้แก่ โซเดียม แอมโมเนีย โพแทสเซียมและแคลเซียม พบว่ามีค่าความเข้มข้นเท่ากับ  $1.08\pm 0.67$ ,  $0.59\pm 0.18$ ,  $0.1\pm 0.16$  และ  $0.23\pm 0.09$  ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตรตามลำดับ จะเห็นได้ว่า โพแทสเซียมมีค่ามากที่สุด ดังตารางที่ 8

**ตารางที่ 8** ความเข้มข้นของสารไอออนิกในฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร แบ่งตามชนิด การตรวจวิเคราะห์ ปี พ.ศ.2553

สารไอออนิก	ความเข้มข้นของสารไอออนิกในฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร (ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)				
	พื้นที่ริมถนน (n=60)		พื้นที่ทั่วไป (n=60)		%
	ค่าต่ำสุด-สูงสุด	ค่าเฉลี่ย	ค่าต่ำสุด-สูงสุด	ค่าเฉลี่ย	
ซัลเฟต	0.25-11.12	$2.93\pm 2.37$	0.00-6.38	$1.6\pm 1.29$	45.39
ไนเตรท	0.03-8.15	$1.46\pm 2.10$	0.02-6.04	$1.15\pm 1.62$	21.23
คลอไรด์	0.06-1.39	$0.52\pm 0.32$	0.03-1.03	$0.39\pm 0.26$	92.50
โซเดียม	0.32-1.04	$0.59\pm 0.18$	0.27-0.98	$0.54\pm 0.16$	8.47
แอมโมเนีย	0.00-1.08	$0.10\pm 0.16$	0.00-1.05	$0.11\pm 0.17$	(10.00)
โพแทสเซียม	0.30-3.42	$1.08\pm 0.67$	0.20-3.13	$0.77\pm 0.58$	28.70
แคลเซียม	0.08-0.45	$0.23\pm 0.09$	0.06-0.48	$0.19\pm 0.08$	17.39

ในปี พ.ศ.2554 ผลการตรวจวัดความเข้มข้นของสารไอออนิกในฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร พบว่ามีค่าอยู่ระหว่างช่วง น้อยกว่า 0.01 ถึง 5.99 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ความเข้มข้นเฉลี่ยของสาร ไอออนลบได้แก่ ซัลเฟต ไนเตรทและคลอไรด์ มีปริมาณซัลเฟตสูงสุด รองลงมาคือ ไนเตรท และคลอไรด์ โดยมีค่าเท่ากับ  $2.51\pm 1.37$   $0.48\pm 0.42$  และ  $0.45\pm 0.36$  ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ตามลำดับจะเห็นได้ว่าซัลเฟตมีค่าสูงที่สุด สำหรับความเข้มข้นเฉลี่ยของสารไอออนบวก ได้แก่ โพแทสเซียมโซเดียม แอมโมเนีย และแคลเซียม พบว่ามีค่าความ

เข้มข้นเท่ากับ  $1.17 \pm 0.80$ ,  $0.43 \pm 0.20$ ,  $0.36 \pm 0.2$  และ  $0.23 \pm 0.07$  ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าโพแทสเซียมมีค่ามากที่สุด (คิดเป็นร้อยละ 21 ของสารไอออนทั้งหมด) ดังตารางที่ 9

## (2) พื้นที่ทั่วไป

ในปี พ.ศ.2553 ผลการตรวจวัดความเข้มข้นของสารไอออนิกในฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร พบว่ามีค่าอยู่ระหว่างช่วง น้อยกว่า 0.01 ถึง 6.38 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร โดยพบซัลเฟตมีค่าสูงสุดเท่ากับ 6.38 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร สถานีตรวจวัด โรงเรียนกรุงเทพคริสเตียน และพบว่าค่าแอมโมเนียมีค่าน้อยกว่า 0.01 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ความเข้มข้นเฉลี่ยของสารไอออนลบ ได้แก่ ซัลเฟต ไนเตรทและคลอไรด์ มีปริมาณ ซัลเฟตสูงสุด รองลงมาคือคลอไรด์ และไนเตรท โดยมีค่าเท่ากับ  $1.6 \pm 1.29$ ,  $1.15 \pm 1.62$  และ  $0.39 \pm 0.26$  ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ตามลำดับจะเห็นได้ว่าซัลเฟตมีค่าสูงที่สุดสำหรับความเข้มข้นเฉลี่ยของสารไอออนบวก ได้แก่ โพแทสเซียม โซเดียม แคลเซียม และแอมโมเนีย พบว่ามีค่าเท่ากับ  $0.77 \pm 0.58$ ,  $0.54 \pm 0.16$ ,  $0.19 \pm 0.08$ , และ  $0.11 \pm 0.17$  ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ตามลำดับได้ว่าโพแทสเซียมมีค่ามากที่สุด ดังตารางที่ 8

ในปี พ.ศ.2554 ผลการตรวจวัดความเข้มข้นของสารไอออนิกในฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร พบว่ามีค่าอยู่ระหว่างช่วง น้อยกว่า 0.01 ถึง 6.43 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร โดยพบซัลเฟตมีค่าสูงสุดเท่ากับ 6.43 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร สถานีตรวจวัด โรงเรียนกรุงเทพคริสเตียน และพบว่าค่าแอมโมเนียมีค่าน้อยกว่า 0.01 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ความเข้มข้นเฉลี่ยของสารไอออนลบ ได้แก่ ซัลเฟต ไนเตรทและคลอไรด์ มีปริมาณ ซัลเฟตสูงสุด รองลงมาคือคลอไรด์ และไนเตรท โดยมีค่าเท่ากับ  $2.24 \pm 1.19$ ,  $0.36 \pm 0.21$  และ  $0.32 \pm 0.25$  ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ตามลำดับจะเห็นได้ว่าซัลเฟตมีค่าสูงที่สุด สำหรับความเข้มข้นเฉลี่ยของสารไอออนบวก ได้แก่ โพแทสเซียมโซเดียม แอมโมเนีย และแคลเซียม พบว่ามีค่าเท่ากับ  $0.95 \pm 0.63$ ,  $0.41 \pm 0.23$ ,  $0.34 \pm 0.29$ , และ  $0.17 \pm 0.06$  ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ตามลำดับได้ว่าโพแทสเซียมมีค่ามากที่สุด ดังตารางที่ 9

**ตารางที่ 9** ความเข้มข้นของสารไอออนิกในฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร แบ่งตามชนิด การตรวจวิเคราะห์ ปี พ.ศ.2554

สารไอออนิก	ความเข้มข้นของสารไอออนิกในฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร (ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)				
	พื้นที่ริมถนน (n=60)		พื้นที่ทั่วไป (n=60)		%
	ค่าต่ำสุด-สูงสุด	ค่าเฉลี่ย	ค่าต่ำสุด-สูงสุด	ค่าเฉลี่ย	
ซัลเฟต	0.17-5.99	2.51±1.37	0.65-6.43	2.24±1.19	10.76
ไนเตรท	0.10-1.84	0.48±0.42	0.09-1.34	0.32±2.54	33.33
คลอไรด์	0.05-0.76	0.45±0.36	0.03-0.77	0.36±0.21	20.00
โซเดียม	0.08-0.86	0.43±0.20	0.06-1.19	0.41±0.23	4.65
แอมโมเนีย	0.00-1.04	0.36±0.24	0.00-1.10	0.34±0.29	5.56
โพแทสเซียม	0.00-2.79	1.17±0.80	0.30-3.06	0.95±0.63	18.80
แคลเซียม	0.09-0.35	0.23±0.07	0.08-0.39	0.17±0.06	26.09

ซึ่งเมื่อพิจารณาตามระหว่างพื้นที่ริมถนน ซึ่งได้แก่ สถานีรถไฟฟ้ามหานคร สถานีรถไฟฟ้ามหานคร และสถานีรถไฟฟ้ามหานคร กับพื้นที่ทั่วไป ได้แก่ โรงเรียนแสงหิรัญ โรงเรียนกรุงเทพคริสเตียน และโรงพยาบาลเซ็นหลุยส์ พบว่ามีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ทั้งนี้จากผลการวิเคราะห์สารไอออนิก ทั้งสารไอออนลบและสารไอออนบวก จากพื้นที่ศึกษาบริเวณริมถนนและพื้นที่ทั่วไป เมื่อพิจารณาค่าความแตกต่างระหว่างพื้นที่ริมถนนกับพื้นที่ทั่วไป ตั้งแต่ปี พ.ศ.2553-2554 พบว่าพื้นที่ทั่วไปมีค่าความเข้มข้นของสารไอออนิกลดลงแตกต่างกันตามชนิดของไอออนิกแต่ละสปีชีส์เมื่อเปรียบเทียบกับพื้นที่ริมถนน ทั้งนี้พบว่าแนวโน้มของสัดส่วนของความเข้มข้นของสารไอออนิกเป็นไปในทิศทางเดียวกัน โดยซัลเฟตมีความเข้มข้นสูงสุดซึ่งแหล่งกำเนิดมาจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิลจากภาคการขนส่ง (Scinfeid,1998) จากก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน โดยมีแสงเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาทำให้สารเปลี่ยนสถานะเป็นอนุภาคในรูปของซัลเฟต อีกทั้งบริเวณที่ตั้งของสถานีตรวจวัดตั้งอยู่ในย่านธุรกิจ มีการจราจรหนาแน่น ส่วน โซเดียมและคลอไรด์แหล่งกำเนิดมาจากละอองไอทะเล (Sea-sale) ที่พัดพามาตามกระแสลมเนื่องจากพื้นที่กรุงเทพมหานครตั้งอยู่ใกล้ทะเลจึงได้รับอิทธิพล

จากลมมรสุม ส่วนโพแทสเซียมและแคลเซียมเป็นองค์ประกอบของสารแร่ธาตุในดินและหินซึ่งเป็นฝุ่นถนนที่เกิดจากการฟุ้งกระจายขึ้นอีกครั้ง

นอกจากนี้ยังพบว่าอนุภาคของ ไนเตรท โซเดียม คลอไรด์ แอมโมเนีย และแคลเซียม ยังมีศักยภาพเป็นแกนกลั่นตัวที่ดี ที่เอื้อต่อการเกิดฝน ซึ่งพบในบริเวณพื้นที่ริมถนนสูงกว่าพื้นที่ทั่วไป โดยพบ ไนเตรท ในปริมาณค่อนข้างสูงเนื่องจากพื้นที่การศึกษาเป็นเขตเมือง มีปริมาณการจราจรหนาแน่น ทั้งนี้พบว่าอนุภาคของไนเตรทในบรรยากาศสามารถเปลี่ยนรูปได้จากปฏิกิริยาออกซิเดชัน โดยมีแสงเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ทำให้สารเปลี่ยนสถานะก๊าซในโตรเจนออกไซด์เป็นอนุภาคในรูปของไนเตรท ที่มีแหล่งกำเนิดมาจากการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงประเภทฟอสซิล จึงมีความเป็นไปได้ว่าไนเตรทที่ตรวจพบในพื้นที่การศึกษา มาจากการจราจรเป็นส่วนใหญ่ อย่างไรก็ตาม สารไอออนิกจากฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร ที่กล่าวมาข้างต้น มีขนาดเล็กเกินไป (จิราภรณ์, 2551) พบว่าเป็นเพียงการเพิ่มกระบวนการเปลี่ยนแปลงคดขรรษาติภายในเมฆเท่านั้น แต่เมฆไม่สามารถรวมตัวกันแล้วตกลงมาเป็นฝนได้ เนื่องจากมีขนาดเล็กเกินไป ดังนั้น สารไอออนิกในฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร ที่พบจึงมีศักยภาพเป็นแกนกลั่นตัวต่ำ เพราะมีขนาดเล็กเกินไป

## 2.2 การเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของสารไอออนิกในฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร ตามฤดูกาล

ผลการตรวจวัดความเข้มข้นเฉลี่ยของสารไอออนิกในฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร ทั้ง 2 ฤดูกาล ได้แก่ ช่วงฤดูแล้งระหว่างเดือน มกราคมและเมษายน ช่วงฤดูฝนระหว่างเดือน กรกฎาคมและตุลาคม เป็นเวลา 5 วันในแต่ละเดือน จำนวนตัวอย่าง 240 ตัวอย่าง ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2553-2554 โดยการวิเคราะห์หาสารไอออนิกทั้งไอออนบวก ซึ่งประกอบด้วย คือ โซเดียม แอมโมเนีย โพแทสเซียม และแคลเซียม และสารไอออนลบ คือ ซัลเฟต ไนเตรทและคลอไรด์ พบว่าความเข้มข้นเฉลี่ยของสารไอออนิกในฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร สามารถสรุปได้ดังนี้

1) ความเข้มข้นของซัลเฟตจากฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร ระหว่างฤดูแล้งกับฤดูฝนของแต่ละพื้นที่การศึกษา

ผลการตรวจวัดความเข้มข้นซัลเฟตจากฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร ระหว่างฤดูแล้งกับฤดูฝนของแต่ละพื้นที่การศึกษา ในปี พ.ศ.2553-2554 พบว่าความเข้มข้นเฉลี่ยของอยู่ระหว่างช่วง 0.03 ถึง 1.39 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร โดยพบค่าสูงสุดเท่ากับ 1.39 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร จากสถานีรถไฟฟ้าศาลาแดง และมีค่าต่ำสุด เท่ากับ 0.03 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร จาก โรงเรียนแสงหิรัญ ทั้งนี้รายละเอียดการตรวจวัดในแต่ละฤดูกาลสามารถสรุปได้ดังนี้

#### (1) ช่วงฤดูแล้ง

ในปี พ.ศ.2553 ผลการตรวจวัดความเข้มข้นของซัลเฟตจากฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร จากพื้นที่ศึกษา 6 สถานีตรวจวัด ได้แก่ สถานีรถไฟฟ้าศาลาแดง ช่องนนทรี สถาบันการบินพลเรือน โรงเรียนแสงหิรัญ โรงเรียนกรุงเทพคริสเตียน และโรงพยาบาลเซนต์หลุยส์ พบว่ามีค่าความเข้มข้นเฉลี่ยเท่ากับ  $3.49 \pm 2.19$ ,  $5.08 \pm 2.94$ ,  $2.92 \pm 2.31$ ,  $2.55 \pm 2.21$ ,  $1.97 \pm 1.43$  และ  $1.28 \pm 1.17$  ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ พบว่ามีค่าอยู่ระหว่างช่วง 0.31 ถึง 6.99 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร โดยพบค่าสูงสุดเท่ากับ 6.99 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร จากสถานีรถไฟฟ้าศาลาแดง และค่าต่ำสุดเท่ากับ 0.31 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร จาก โรงเรียนกรุงเทพคริสเตียน ดังตารางที่ 10

ในปี พ.ศ.2554 ผลการตรวจวัดความเข้มข้นของซัลเฟตจากฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร จากพื้นที่ศึกษา 6 สถานีตรวจวัด ได้แก่ สถานีรถไฟฟ้าศาลาแดง ช่องนนทรี สถาบันการบินพลเรือน โรงเรียนแสงหิรัญ โรงเรียนกรุงเทพคริสเตียน และโรงพยาบาลเซนต์หลุยส์ พบว่ามีค่าความเข้มข้นเฉลี่ยเท่ากับ  $2.83 \pm 1.36$ ,  $3.06 \pm 1.08$ ,  $3.80 \pm 1.55$ ,  $2.97 \pm 1.99$ ,  $2.33 \pm 0.97$  และ  $2.27 \pm 1.06$  ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ พบว่ามีค่าอยู่ระหว่างช่วง 0.87 ถึง 6.43 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร โดยพบค่าสูงสุดเท่ากับ 6.43 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร และค่าต่ำสุดเท่ากับ 0.87 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร จาก โรงเรียนแสงหิรัญ ดังตารางที่ 11

**ตารางที่ 10** ความเข้มข้นของซัลเฟตจากฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร ระหว่างฤดูแล้งกับ  
ฤดูฝนของแต่ละพื้นที่การศึกษา ในปี พ.ศ.2553

พื้นที่ศึกษา	ความเข้มข้นของซัลเฟตจากฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร (ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)				
	ฤดูแล้ง (n=60)		ฤดูฝน (n=60)		%
	ค่าต่ำสุด-สูงสุด	ค่าเฉลี่ย	ค่าต่ำสุด-สูงสุด	ค่าเฉลี่ย	
1.สถานีรถไฟฟ้าสาลาแดง	0.44-6.99	3.49±2.19	0.25-6.82	2.12±2.17	39.26
2.สถานีรถไฟฟ้าช่งนนทรี	1.34-11.12	5.08±2.94	0.36-5.84	1.70±1.60	66.54*
3.สถาบันการบิณฑลเรื้อน	0.56-2.92	2.92±2.31	0.90-2.28	2.28±1.54	21.92
4.โรงเรียนแสงหิรัญ	0.48-2.55	2.55±2.21	0.95-2.97	1.37±0.58	46.27
5.โรงเรียนกรุงเทพคริสเตียน	0.31-3.90	1.97±1.43	0.48-1.91	1.30±0.41	34.01
6.โรงพยาบาลเซนหลยส์	0.00-3.27	1.28±1.17	0.40-5.86	1.53±1.61	(19.53)

(2) ช่วงฤดูฝน

ในปี พ.ศ.2553 ผลการตรวจวัดความเข้มข้นของซัลเฟตจากฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร จากพื้นที่ศึกษา 6 สถานีตรวจวัด ได้แก่ สถานีรถไฟฟ้าสาลาแดง ช่งนนทรี สถาบันการบิณฑลเรื้อน โรงเรียนแสงหิรัญ โรงเรียนกรุงเทพคริสเตียน และโรงพยาบาลเซนหลยส์ พบว่ามีค่าความเข้มข้นเฉลี่ยเท่ากับ 2.12±2.17, 1.70±1.60, 2.28±1.54, 1.37±0.58, 1.30±0.41 และ 1.53±1.61 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ พบว่ามีค่าอยู่ระหว่างช่วง 0.25 ถึง 6.82 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร โดยพบค่าสูงสุดเท่ากับ 6.82 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร และค่าต่ำสุดเท่ากับ 0.25 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร จากสถานีรถไฟฟ้าสาลาแดง ดังตารางที่ 10

ในปี พ.ศ.2554 ผลการตรวจวัดความเข้มข้นของซัลเฟตจากฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร จากพื้นที่ศึกษา 6 สถานีตรวจวัด ได้แก่ สถานีรถไฟฟ้าสาลาแดง ช่งนนทรี สถาบันการบิณฑลเรื้อน โรงเรียนแสงหิรัญ โรงเรียนกรุงเทพคริสเตียน และโรงพยาบาลเซนหลยส์

พบว่ามีความเข้มข้นเฉลี่ยเท่ากับ  $1.68 \pm 0.85$ ,  $2.12 \pm 1.22$ ,  $1.59 \pm 0.64$ ,  $2.06 \pm 0.84$ ,  $2.18 \pm 0.83$  และ  $1.65 \pm 0.95$  ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ พบว่ามีค่าอยู่ระหว่างช่วง 0.17 ถึง 3.89 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร โดยพบค่าสูงสุดเท่ากับ 3.89 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร จากสถานีรถไฟฟ้ามหานคร และค่าต่ำสุดเท่ากับ 0.17 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร จากสถานีรถไฟฟ้าสาธิตแดง ดังตารางที่ 11

ตารางที่ 11 ความเข้มข้นของซัลเฟตจากฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร ระหว่างฤดูแล้งกับฤดูฝนของแต่ละพื้นที่การศึกษา ในปี พ.ศ.2554

พื้นที่ศึกษา	ความเข้มข้นของซัลเฟตจากฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร (ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)				
	ฤดูแล้ง (n=60)		ฤดูฝน (n=60)		%
	ค่าต่ำสุด-สูงสุด	ค่าเฉลี่ย	ค่าต่ำสุด-สูงสุด	ค่าเฉลี่ย	
1.สถานีรถไฟฟ้าสาธิตแดง	0.93-4.48	2.83±1.36	0.17-3.10	1.68±0.85	40.64*
2.สถานีรถไฟฟ้าชองนนทรี	1.73-4.63	3.06±1.08	0.45-3.89	2.12±1.22	30.72*
3.สถาบันการบินพลเรือน	1.68-5.99	3.80±1.55	0.76-2.99	1.59±0.64	58.16*
4.โรงเรียนแสงหิรัญ	0.87-6.43	2.97±1.99	1.29-3.66	2.06±0.84	30.64
5.โรงเรียนกรุงเทพคริสเตียน	1.18-3.55	2.33±0.97	1.34-3.70	2.18±0.83	6.44
6.โรงพยาบาลเซนต์หลุยส์	1.16-4.67	2.27±1.06	0.65-3.30	1.65±0.95	27.31

ทั้งนี้เมื่อพิจารณาค่าความเข้มข้นของซัลเฟตจากฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร ระหว่างฤดูแล้งกับฤดูฝนของแต่ละพื้นที่การศึกษา ในปี พ.ศ.2553-2554 พบว่าในช่วงฤดูแล้งมีความเข้มข้นสูงกว่าฤดูฝน อีกทั้งเมื่อพิจารณาค่าความแตกต่างระหว่างช่วงฤดูแล้งกับช่วงฤดูฝน พบว่าช่วงฤดูฝนมีค่าความเข้มข้นของซัลเฟตลดลงกว่าร้อยละ 36 เมื่อเปรียบเทียบกับฤดูแล้ง และยังมีค่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ( มงคล , 2550) เนื่องจากน้ำฝนมีส่วนช่วยในการชะล้างมลสารที่ละลายน้ำได้ในบรรยากาศ ส่งผลให้ค่าความเข้มข้นของมลสารลดลงในช่วงฤดูฝน โดยซัลเฟตมีแหล่งกำเนิดมาจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิลจาก

ภาคการขนส่ง (Scimfeid, 1998) จากก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน โดยมีแสงเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ทำให้สารเปลี่ยนสถานะเป็นอนุภาคในรูปของซัลเฟต อีกทั้งบริเวณที่ตั้งของสถานีตรวจวัดที่พบค่าสูงสุดตั้งอยู่ในย่านธุรกิจ มีการจราจรหนาแน่นจึงส่งผลให้บริเวณพื้นที่ตรวจวัดที่ตั้งอยู่ริมถนนมีค่าสูงกว่าพื้นที่อื่นๆ จึงมีความเป็นไปได้ว่าซัลเฟตที่ตรวจพบในพื้นที่การศึกษา มาจากการจราจรเป็นส่วนใหญ่ (ธิดารัตน์, 2550) อีกทั้งในช่วงฤดูหนาว (เป็นช่วงเวลาที่เดียวกันกับการเก็บตัวอย่างในฤดูแล้งของงานวิจัยนี้) อุณหภูมิต่ำ ค่าความกดอากาศสูง ทำให้อากาศหนักค่า Mixing height ต่ำ ส่งผลให้เกิดการสะสมของมลสารในบรรยากาศสูง ดังนั้นจึงพบว่าอนุภาคต่างๆ จะมีค่าความเข้มข้นสูงในช่วงที่มีอุณหภูมิต่ำ

2) ความเข้มข้นของไนเตรตจากฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร ระหว่างฤดูแล้งกับฤดูฝนของแต่ละพื้นที่การศึกษา

ผลการตรวจวัดความเข้มข้นของไนเตรตจากฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร ระหว่างฤดูแล้งกับฤดูฝนของแต่ละพื้นที่การศึกษา ในปี พ.ศ.2553-2554 พบว่าความเข้มข้นเฉลี่ยของอยู่ระหว่างช่วง 0.02 ถึง 8.15 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร โดยพบค่าสูงสุดเท่ากับ 11.12 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร และพบว่าค่าของโพแทสเซียมและแอมโมเนียมีค่าต่ำสุด เท่ากับน้อยกว่า 0.01 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ทั้งนี้รายละเอียดการตรวจวัดในแต่ละพื้นที่ สามารถสรุปได้ดังนี้

#### (1) ช่วงฤดูแล้ง

ในปี พ.ศ.2553 ผลการตรวจวัดความเข้มข้นของไนเตรตจากฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร จากพื้นที่ศึกษา 6 สถานีตรวจวัด ได้แก่ สถานีรถไฟฟ้าศาลาแดง ช่งถนนตรีสถาบันการบินพลเรือน โรงเรียนแสงหิรัญ โรงเรียนกรุงเทพคริสเตียน และโรงพยาบาลเซนต์หลุยส์ พบว่ามีค่าความเข้มข้นเฉลี่ยเท่ากับ  $2.92 \pm 1.39$ ,  $3.17 \pm 2.83$ ,  $1.92 \pm 1.81$ ,  $2.30 \pm 2.47$ ,  $1.81 \pm 1.73$  และ  $1.85 \pm 1.75$  ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ พบว่ามีค่าอยู่ระหว่างช่วง 0.02 ถึง 7.34 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร โดยพบค่าสูงสุดเท่ากับ 7.43 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร จากสถานีรถไฟฟ้าช่งถนนตรี และค่าต่ำสุดเท่ากับ 0.02 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร จากโรงเรียนกรุงเทพคริสเตียน ดังตารางที่ 12

ในปี พ.ศ.2554 ผลการตรวจวัดความเข้มข้นของไนเตรทจากฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร จากพื้นที่ศึกษา 6 สถานีตรวจวัด ได้แก่ สถานีรถไฟฟ้าสาธิตแดง ช่งนันทรี สถาบันการบินพลเรือน โรงเรียนแสงหิรัญ โรงเรียนกรุงเทพคริสเตียน และโรงพยาบาลเซนต์หลุยส์ พบว่ามีค่าความเข้มข้นเฉลี่ยเท่ากับ  $0.80 \pm 0.46$ ,  $0.54 \pm 0.12$ ,  $0.86 \pm 0.45$ ,  $0.60 \pm 0.37$ ,  $0.43 \pm 0.21$  และ  $0.33 \pm 0.17$  ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ พบว่ามีค่าอยู่ระหว่างช่วง 0.11 ถึง 1.77 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร โดยพบค่าสูงสุดเท่ากับ 1.77 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร จากสถานีรถไฟฟ้าสาธิตแดง และค่าต่ำสุดเท่ากับ 0.11 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร จากโรงพยาบาลเซนต์หลุยส์ดังตารางที่ 13

ตารางที่ 12 ความเข้มข้นของไนเตรทจากฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร ระหว่างฤดูแล้งกับฤดูฝนของแต่ละพื้นที่การศึกษา ในปี พ.ศ.2553

พื้นที่ศึกษา	ความเข้มข้นของไนเตรทจากฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร (ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)				
	ฤดูแล้ง (n=60)		ฤดูฝน (n=60)		%
	ค่าต่ำสุด-สูงสุด	ค่าเฉลี่ย	ค่าต่ำสุด-สูงสุด	ค่าเฉลี่ย	
1.สถานีรถไฟฟ้าสาธิตแดง	0.13-4.71	2.92±1.39	0.03-5.39	1.35±1.93	53.77
2.สถานีรถไฟฟ้าช่งนันทรี	0.23-7.34	3.17±2.83	0.13-8.15	1.00±2.51	68.31*
3.สถาบันการบินพลเรือน	0.09-4.10	1.92±1.81	0.13-1.17	0.36±0.32	81.32*
4.โรงเรียนแสงหิรัญ	0.09-6.04	2.30±2.47	0.11-1.11	0.29±0.30	87.26*
5.โรงเรียนกรุงเทพคริสเตียน	0.02-3.82	1.81±1.73	0.17-0.90	0.37±0.22	79.51*
6.โรงพยาบาลเซนต์หลุยส์	0.07-4.56	1.85±1.75	0.10-1.17	0.26±0.32	85.71*

## (2) ช่วงฤดูฝน

ในปี พ.ศ.2553 ผลการตรวจวัดความเข้มข้นของไนเตรทจากฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร จากพื้นที่ศึกษา 6 สถานีตรวจวัด ได้แก่ สถานีรถไฟฟ้าสาธิตแดง ช่งนันทรี

สถาบันการบินพลเรือน โรงเรียนแสงหิรัญ โรงเรียนกรุงเทพคริสเตียน และโรงพยาบาลเซนต์หลุยส์ พบว่ามีค่าความเข้มข้นเฉลี่ยเท่ากับ  $1.35 \pm 1.93$ ,  $1.00 \pm 2.51$ ,  $0.36 \pm 0.32$ ,  $0.29 \pm 0.30$ ,  $0.37 \pm 0.22$  และ  $0.26 \pm 0.32$  ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ พบว่ามีค่าอยู่ระหว่างช่วง 0.03 ถึง 8.15 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร โดยพบค่าสูงสุดเท่ากับ 8.15 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร จากสถานีรถไฟฟ้าง่อนนทรี และค่าต่ำสุดเท่ากับ 0.03 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร จากสถานีรถไฟฟาสาลาแดง ดังตารางที่ 12

**ตารางที่ 13** ความเข้มข้นของไนเตรทจากฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร ระหว่างฤดูแล้งกับฤดูฝนของแต่ละพื้นที่การศึกษา ในปี พ.ศ.2554

พื้นที่ศึกษา	ความเข้มข้นของไนเตรทจากฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร (ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)				
	ฤดูแล้ง (n=60)		ฤดูฝน (n=60)		%
	ค่าต่ำสุด-สูงสุด	ค่าเฉลี่ย	ค่าต่ำสุด-สูงสุด	ค่าเฉลี่ย	
1.สถานีรถไฟฟาสาลาแดง	0.40-1.77	0.80±0.46	0.10-0.19	0.14±0.03	82.50*
2.สถานีรถไฟฟ้าง่อนนทรี	0.37-0.79	0.54±0.12	0.09-1.60	0.36±0.45	33.33*
3.สถาบันการบินพลเรือน	0.44-1.84	0.86±0.45	0.12-0.40	0.20±0.11	76.74*
4.โรงเรียนแสงหิรัญ	0.25-1.34	0.60±0.37	0.09-0.35	0.17±0.08	71.67*
5.โรงเรียนกรุงเทพคริสเตียน	0.13-0.80	0.43±0.21	0.09-0.65	0.22±0.16	48.84*
6.โรงพยาบาลเซนต์หลุยส์	0.11-0.63	0.33±0.17	0.09-0.18	0.14±0.03	57.58*

ในปี พ.ศ.2554 ผลการตรวจวัดความเข้มข้นของไนเตรทจากฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร จากพื้นที่ศึกษา 6 สถานีตรวจวัด ได้แก่ สถานีรถไฟฟาสาลาแดง ช่งนทรี สถาบันการบินพลเรือน โรงเรียนแสงหิรัญ โรงเรียนกรุงเทพคริสเตียน และโรงพยาบาลเซนต์หลุยส์ พบว่ามีค่าความเข้มข้นเฉลี่ยเท่ากับ  $0.14 \pm 0.03$ ,  $0.36 \pm 0.45$ ,  $0.20 \pm 0.11$ ,  $0.17 \pm 0.08$ ,  $0.22 \pm 0.16$  และ  $0.14 \pm 0.03$  ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ พบว่ามีค่าอยู่ระหว่างช่วง 0.09 ถึง 1.60

ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร โดยพบค่าสูงสุดเท่ากับ 1.60 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร จากสถานีรถไฟฟ้าช่งนนทบุรี และค่าต่ำสุดเท่ากับ 0.11 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร จากโรงพยาบาลเซนต์หลุยส์ดังตารางที่ 13

ทั้งนี้เมื่อพิจารณาค่าความเข้มข้นของไนเตรทจากฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร ระหว่างฤดูแล้งกับฤดูฝนของแต่ละพื้นที่การศึกษา ในปี พ.ศ.2553-2554 พบว่ามีค่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% อีกทั้งเมื่อพิจารณาค่าความแตกต่างระหว่างช่วงฤดูแล้งกับช่วงฤดูฝน พบว่าช่วงฤดูฝนมีค่าความเข้มข้นของไนเตรทลดลงกว่าร้อยละ 69 เมื่อเปรียบเทียบกับฤดูแล้ง ( มงคล , 2550) เนื่องจากน้ำฝนมีส่วนช่วยในการชะล้างมลสารที่ละลายน้ำได้ในบรรยากาศ ส่งผลให้ค่าความเข้มข้นของมลสารลดลงในช่วงฤดูฝน (ธิดารัตน์, 2550) ไนเตรทมีแหล่งกำเนิดมาจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิลจากภาคการขนส่ง (Srimuruganadam *et al*, 2011) จากก๊าซไนโตรเจนออกไซด์เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน โดยมีแสงเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ทำให้สสารเปลี่ยนสถานะเป็นอนุภาคในรูปของไนเตรท ที่มีแหล่งกำเนิดมาจากการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงประเภทฟอสซิล จึงมีความเป็นไปได้ว่าไนเตรทที่ตรวจพบในพื้นที่การศึกษามาจากการจราจรเป็นส่วนใหญ่ อีกทั้งในช่วงฤดูหนาว (เป็นช่วงเวลาเดียวกันกับการเก็บตัวอย่างในฤดูแล้งของงานวิจัยนี้) อุณหภูมิต่ำ ค่าความกดอากาศสูง ทำให้อากาศหนักค่า Mixing hight ต่ำ ส่งผลให้เกิดการสะสมของมลสารในบรรยากาศสูง ดังนั้นจึงพบว่าอนุภาคต่างๆ จะมีค่าความเข้มข้นสูงในช่วงที่มีอุณหภูมิต่ำ อีกทั้งบริเวณที่ตั้งของสถานีตรวจวัดที่พบค่าสูงสุดตั้งอยู่ในย่านธุรกิจ มีการจราจรหนาแน่น

3) ความเข้มข้นของคลอไรด์จากฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร ระหว่างฤดูแล้งกับฤดูฝนของแต่ละพื้นที่การศึกษา

ผลการตรวจวัดความเข้มข้นของคลอไรด์จากฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร ระหว่างฤดูแล้งกับฤดูฝนของแต่ละพื้นที่การศึกษา ในปี พ.ศ.2553-2554 พบว่าความเข้มข้นเฉลี่ยของอยู่ระหว่างช่วง 0.03 ถึง 1.39 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร โดยพบค่าสูงสุดเท่ากับ 1.39 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร จากสถานีรถไฟฟ้าสาลาแดง และมีค่าต่ำสุด เท่ากับ 0.03 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร จาก โรงเรียนแสงหิรัญ ทั้งนี้รายละเอียดการตรวจวัดในแต่ละฤดูกาลสามารถสรุปได้ดังนี้

## (1) ช่วงฤดูแล้ง

ในปี พ.ศ.2553 ผลการตรวจวัดความเข้มข้นของคลอไรด์จากฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร จากพื้นที่ศึกษา 6 สถานีตรวจวัด ได้แก่ สถานีรถไฟฟ้าสาธิตแดง ช່องนนทบุรี สถาบันการบันพลเรือน โรงเรียนแสงหิรัญ โรงเรียนกรุงเทพคริสเตียน และโรงพยาบาลเซนต์หลุยส์ พบว่ามีค่าความเข้มข้นเฉลี่ยเท่ากับ  $0.67 \pm 0.36$ ,  $0.69 \pm 0.40$ ,  $0.28 \pm 0.23$ ,  $0.20 \pm 0.20$ ,  $0.20 \pm 0.05$  และ  $0.35 \pm 0.28$  ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ พบว่ามีค่าอยู่ระหว่างช่วง 0.03 ถึง 1.39 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร โดยพบค่าสูงสุดเท่ากับ 1.39 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร จากสถานีรถไฟฟ้าสาธิตแดง และค่าต่ำสุดเท่ากับ 0.03 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร จากโรงเรียนแสงหิรัญ ดังตารางที่ 14

**ตารางที่ 14** ความเข้มข้นของคลอไรด์จากฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร ระหว่างฤดูแล้งกับฤดูฝนของแต่ละพื้นที่การศึกษา ในปี พ.ศ.2553

พื้นที่ศึกษา	ความเข้มข้นของคลอไรด์จากฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร (ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)				
	ฤดูแล้ง (n=60)		ฤดูฝน (n=60)		%
	ค่าต่ำสุด-สูงสุด	ค่าเฉลี่ย	ค่าต่ำสุด-สูงสุด	ค่าเฉลี่ย	
1.สถานีรถไฟฟ้าสาธิตแดง	0.06-1.39	$0.67 \pm 0.36$	0.10-0.80	$0.50 \pm 0.25$	25.37
2.สถานีรถไฟฟ้าช່องนนทบุรี	0.14-1.25	$0.69 \pm 0.40$	0.07-1.04	$0.47 \pm 0.33$	31.88
3.สถาบันการบันพลเรือน	0.08-0.76	$0.28 \pm 0.23$	0.31-0.79	$0.50 \pm 0.15$	(78.57)*
4.โรงเรียนแสงหิรัญ	0.03-0.59	$0.20 \pm 0.20$	0.24-0.66	$0.42 \pm 0.14$	(110)*
5.โรงเรียนกรุงเทพคริสเตียน	0.10-0.75	$0.20 \pm 0.05$	0.03-1.03	$0.55 \pm 0.34$	(175)
6.โรงพยาบาลเซนต์หลุยส์	0.08-0.80	$0.35 \pm 0.28$	0.23-0.74	$0.47 \pm 0.21$	(34.29)

ในปี พ.ศ.2554 ผลการตรวจวัดความเข้มข้นของคลอไรด์จากฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร จากพื้นที่ศึกษา 6 สถานีตรวจวัด ได้แก่ สถานีรถไฟฟ้าสาธิตแดง ช່องนนทบุรี

สถาบันการbinพลเรือน โรงเรียนแสงหิรัญ โรงเรียนกรุงเทพคริสเตียน และโรงพยาบาลเซนต์หลุยส์ พบว่ามีค่าความเข้มข้นเฉลี่ยเท่ากับ  $0.56 \pm 0.11$ ,  $0.52 \pm 0.13$ ,  $0.38 \pm 0.21$ ,  $0.36 \pm 0.17$ ,  $0.45 \pm 0.19$  และ  $0.74 \pm 0.18$  ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ พบว่ามีค่าอยู่ระหว่างช่วง 0.04 ถึง 0.82 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร โดยพบค่าสูงสุดเท่ากับ 0.82 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร จากสถานีรถไฟฟ้าชองนนทรี และค่าต่ำสุดเท่ากับ 0.04 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร จากโรงพยาบาลเซนต์หลุยส์ดังตารางที่ 15

## (2) ช่วงฤดูฝน

ในปี พ.ศ.2553 ผลการตรวจวัดความเข้มข้นของไนเตรทจากฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร จากพื้นที่ศึกษา 6 สถานีตรวจวัด ได้แก่ สถานีรถไฟฟ้าสาลาแดง ชองนนทรี สถาบันการbinพลเรือน โรงเรียนแสงหิรัญ โรงเรียนกรุงเทพคริสเตียน และโรงพยาบาลเซนต์หลุยส์ พบว่ามีค่าความเข้มข้นเฉลี่ยเท่ากับ  $0.50 \pm 0.25$ ,  $0.47 \pm 0.33$ ,  $0.50 \pm 0.15$ ,  $0.42 \pm 0.14$ ,  $0.55 \pm 0.34$  และ  $0.47 \pm 0.21$  ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ พบว่ามีค่าอยู่ระหว่างช่วง 0.03 ถึง 1.04 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร โดยพบค่าสูงสุดเท่ากับ 1.04 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร จากสถานีรถไฟฟ้าชองนนทรี และค่าต่ำสุดเท่ากับ 0.03 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร จากโรงเรียนกรุงเทพคริสเตียน ดังตารางที่ 14

ในปี พ.ศ.2554 ผลการตรวจวัดความเข้มข้นของคลอไรด์จากฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร จากพื้นที่ศึกษา 6 สถานีตรวจวัด ได้แก่ สถานีรถไฟฟ้าสาลาแดง ชองนนทรี สถาบันการbinพลเรือน โรงเรียนแสงหิรัญ โรงเรียนกรุงเทพคริสเตียน และโรงพยาบาลเซนต์หลุยส์ พบว่ามีค่าความเข้มข้นเฉลี่ยเท่ากับ  $0.28 \pm 0.23$ ,  $0.65 \pm 0.74$ ,  $0.30 \pm 0.26$ ,  $0.31 \pm 0.25$ ,  $0.30 \pm 0.27$  และ  $0.25 \pm 0.18$  ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ พบว่ามีค่าอยู่ระหว่างช่วง 0.03 ถึง 2.66 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร โดยพบค่าสูงสุดเท่ากับ 2.66 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร จากสถานีรถไฟฟ้าชองนนทรี และค่าต่ำสุดเท่ากับ 0.03 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร จากโรงเรียนกรุงเทพคริสเตียน ดังตารางที่ 15

ตารางที่ 15 ความเข้มข้นของคลอไรด์จากฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร ระหว่างฤดูแล้ง กับฤดูฝนของแต่ละพื้นที่การศึกษา ในปี พ.ศ.2554

พื้นที่ศึกษา	ความเข้มข้นของคลอไรด์จากฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร (ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)				
	ฤดูแล้ง (n=60)		ฤดูฝน (n=60)		%
	ค่าต่ำสุด-สูงสุด	ค่าเฉลี่ย	ค่าต่ำสุด-สูงสุด	ค่าเฉลี่ย	
1.สถานีรถไฟฟ้ามหานคร	0.41-0.70	0.56±0.11	0.06-0.67	0.28±0.23	49.22*
2.สถานีรถไฟฟ้ามหานคร	0.33-0.82	0.52±0.13	0.11-2.66	0.65±0.74	(25.49)*
3.สถาบันการบิณฑบาต	0.14-0.76	0.38±0.21	0.05-0.71	0.30±0.26	20.79
4.โรงเรียนแสงหิรัญ	0.14-0.64	0.36±0.17	0.05-0.74	0.31±0.25	13.45
5.โรงเรียนกรุงเทพคริสเตียน	0.18-0.77	0.45±0.19	0.03-0.77	0.30±0.27	32.75
6.โรงพยาบาลเซนต์หลุยส์	0.04-0.74	0.74±0.18	0.05-0.52	0.25±0.18	44.21*

ทั้งนี้เมื่อพิจารณาค่าความเข้มข้นของคลอไรด์จากฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร ระหว่างฤดูแล้งกับฤดูฝนของแต่ละพื้นที่การศึกษา ในปี พ.ศ.2553-2554 พบว่ามีค่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% อีกทั้งเมื่อพิจารณาค่าความแตกต่างระหว่างช่วงฤดูแล้งกับช่วงฤดูฝน พบว่าในปี พ.ศ. 2553 ช่วงฤดูฝนมีค่าความเข้มข้นของคลอไรด์เพิ่มขึ้นประมาณ 1 เท่าเมื่อเปรียบเทียบกับฤดูแล้ง ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากอิทธิพลของลมมรสุม ในปี พ.ศ. 2554 ช่วงฤดูฝนมีค่าความเข้มข้นของคลอไรด์ลดลงกว่าร้อยละ 32 เมื่อเปรียบเทียบกับฤดูแล้ง ( มงคล , 2550) เนื่องจากน้ำฝนมีส่วนช่วยในการชะล้างมลสารที่ละลายน้ำได้ในบรรยากาศ ส่งผลให้ค่าความเข้มข้นของมลสารลดลงในช่วงฤดูฝน (ชิคารัตน์, 2550) ทั้งในช่วงฤดูหนาวอุณหภูมิต่ำ ค่าความกดอากาศสูง ทำให้อากาศหนักค่า Mixing height ต่ำ ส่งผลให้เกิดการสะสมของมลสารในบรรยากาศสูง ดังนั้นจึงพบว่าอนุภาคต่างๆ จะมีค่าความเข้มข้นสูงในช่วงที่มีอุณหภูมิต่ำ ( Herrera *et al*, 2010) คลอไรด์เป็นองค์ประกอบของเกลือทะเล เป็นละอองไอจากเกลือทะเลโดยจะพัดพามาโดยกระแสลม (Sea salt) ดังนั้นจึงมีความเป็นไปได้ว่าอนุภาคของคลอไรด์ มีแหล่งกำเนิดมาจากทะเล ทั้งนี้เนื่องจากบริเวณพื้นที่ชายฝั่งทะเลอ่าวไทยอยู่ติดกับพื้นที่กรุงเทพมหานครเกลือทะเลจึงมีอิทธิพลต่อการพัดพาของอนุภาคของคลอไรด์ในบรรยากาศได้ อีก

ทั้งยังพบว่าอนุภาคของคลอไรด์ ในฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร (จิราภรณ์, 2551) เป็นอนุภาคที่มีขนาดเล็กเกินไปที่จะเป็นอนุภาคแกนกลั่นตัวที่ดีที่อื่นต่อการเกิดฝน ซึ่งขนาดอนุภาคตั้งแต่ 5-10 ไมโครเมตร เป็นเพียงการเพิ่มกระบวนการเปลี่ยนแปลงโดยธรรมชาติภายในเมฆ แต่ไม่เกิดการก่อตัวของเมฆและตกลงมาเป็นฝนได้

4) ความเข้มข้นของโซเดียมจากฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร ระหว่างฤดูแล้งกับฤดูฝนของแต่ละพื้นที่การศึกษา

ผลการตรวจวัดความเข้มข้นของโซเดียมจากฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร ระหว่างฤดูแล้งกับฤดูฝนของแต่ละพื้นที่การศึกษา ในปี พ.ศ.2553-2554 พบว่าความเข้มข้นเฉลี่ยของอยู่ระหว่างช่วง 0.06 ถึง 1.19 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร โดยพบค่าสูงสุดเท่ากับ 1.19 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร และมีค่าต่ำสุด เท่ากับ 0.06 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร จากโรงพยาบาลเซนต์หลุยส์ทั้งนี้รายละเอียดการตรวจวัดในแต่ละฤดูกาลสามารถสรุปได้ดังนี้

#### (1) ช่วงฤดูแล้ง

ในปี พ.ศ.2553 ผลการตรวจวัดความเข้มข้นของโซเดียมจากฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร จากพื้นที่ศึกษา 6 สถานีตรวจวัด ได้แก่ สถานีรถไฟฟ้าศาลาแดง ช่งนนทรี สถาบันการบินพลเรือน โรงเรียนแสงหิรัญ โรงเรียนกรุงเทพคริสเตียน และโรงพยาบาลเซนต์หลุยส์ พบว่ามีค่าความเข้มข้นเฉลี่ยเท่ากับ  $0.62 \pm 0.17$ ,  $0.76 \pm 0.17$ ,  $0.73 \pm 0.10$ ,  $0.83 \pm 0.11$ ,  $0.74 \pm 0.10$  และ  $0.98 \pm 0.19$  ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ พบว่ามีค่าอยู่ระหว่างช่วง 0.33 ถึง 1.04 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร โดยพบค่าสูงสุดเท่ากับ 1.04 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร จากสถานีรถไฟฟ้าช่งนนทรี และค่าต่ำสุดเท่ากับ 0.33 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร จากสถานีรถไฟฟ้าศาลาแดงดังตารางที่ 16

ในปี พ.ศ.2554 ผลการตรวจวัดความเข้มข้นของโซเดียมจากฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร จากพื้นที่ศึกษา 6 สถานีตรวจวัด ได้แก่ สถานีรถไฟฟ้าศาลาแดง ช่งนนทรี สถาบันการบินพลเรือน โรงเรียนแสงหิรัญ โรงเรียนกรุงเทพคริสเตียน และโรงพยาบาลเซนต์หลุยส์

พบว่ามีความเข้มข้นเฉลี่ยเท่ากับ  $0.56 \pm 0.09$ ,  $0.56 \pm 0.06$ ,  $0.65 \pm 0.10$ ,  $0.57 \pm 0.11$ ,  $0.60 \pm 0.09$  และ  $0.63 \pm 0.21$  ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ พบว่ามีค่าอยู่ระหว่างช่วง 0.33 ถึง 1.04 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร โดยพบค่าสูงสุดเท่ากับ 1.04 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร จากโรงพยาบาลเซนต์หลุยส์และค่าต่ำสุดเท่ากับ 0.33 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร จากสถานีรถไฟฟ้าศาลาแดง ดังตารางที่ 17

**ตารางที่ 16** ความเข้มข้นของโซเดียมจากฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร ระหว่างฤดูแล้งกับฤดูฝนของแต่ละพื้นที่การศึกษา ในปี พ.ศ.2553

พื้นที่ศึกษา	ความเข้มข้นของโซเดียมจากฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร (ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)				
	ฤดูแล้ง (n=60)		ฤดูฝน (n=60)		%
	ค่าต่ำสุด-สูงสุด	ค่าเฉลี่ย	ค่าต่ำสุด-สูงสุด	ค่าเฉลี่ย	
1.สถานีรถไฟฟ้าศาลาแดง	0.33-0.96	0.62±0.17	0.34-0.66	0.46±0.11	25.81*
2.สถานีรถไฟฟ้าช่องนนทรี	0.55-1.04	0.76±0.17	0.32-0.83	0.51±0.15	32.89*
3.สถาบันการบินพลเรือน	0.55+0.86	0.73±0.10	0.34-0.60	0.46±0.11	36.99*
4.โรงเรียนแสงหิรัญ	0.46-0.83	0.83±0.11	0.34-0.77	0.45±0.13	45.78*
5.โรงเรียนกรุงเทพคริสเตียน	0.38-0.74	0.74±0.10	0.33-0.61	0.47±0.08	36.49*
6.โรงพยาบาลเซนต์หลุยส์	0.47-0.98	0.98±0.19	0.27-0.70	0.39±0.12	60.20*

## (2) ช่วงฤดูฝน

ในปี พ.ศ.2553 ผลการตรวจวัดความเข้มข้นของโซเดียมจากฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร จากพื้นที่ศึกษา 6 สถานีตรวจวัด ได้แก่ สถานีรถไฟฟ้าศาลาแดง ช่องนนทรี สถาบันการบินพลเรือน โรงเรียนแสงหิรัญ โรงเรียนกรุงเทพคริสเตียน และโรงพยาบาลเซนต์หลุยส์ พบว่ามีค่าความเข้มข้นเฉลี่ยเท่ากับ  $0.46 \pm 0.11$ ,  $0.51 \pm 0.15$ ,  $0.46 \pm 0.11$ ,  $0.45 \pm 0.13$ ,  $0.47 \pm 0.08$  และ  $0.39 \pm 0.12$  ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ พบว่ามีค่าอยู่ระหว่างช่วง 0.27 ถึง 0.83

ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร โดยพบค่าสูงสุดเท่ากับ 1.04 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร จาก.สถานีรถไฟฟ้าช่องนนทรี และค่าต่ำสุดเท่ากับ 0.03 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร จากโรงเรียนกรุงเทพคริสเตียน ดังตารางที่ 16

ในปี พ.ศ.2554 ผลการตรวจวัดความเข้มข้นของโซเดียมจากฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร จากพื้นที่ศึกษา 6 สถานีตรวจวัด ได้แก่ สถานีรถไฟฟ้าสาลาแดง ช่องนนทรี สถาบันการบิณฑลเรือ่น โรงเรียนแสงหิรัญญ โรงเรียนกรุงเทพคริสเตียน และโรงพยาบาลเชนต๋หุลยส์ พบว่ามีค่าความเข้มข้นเฉลี่ยเท่ากับ  $0.46\pm 0.11$ ,  $0.51\pm 0.15$ ,  $0.46\pm 0.11$ ,  $0.45\pm 0.13$ ,  $0.47\pm 0.08$  และ  $0.39\pm 0.12$  ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ พบว่ามีค่าอยู่ระหว่างช่วง 0.37 ถึง 1.19 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร โดยพบค่าสูงสุดเท่ากับ 1.19 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร จาก.สถานีรถไฟฟ้าช่องนนทรี และค่าต่ำสุดเท่ากับ 0.37 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร จากโรงเรียนกรุงเทพคริสเตียน ดังตารางที่ 17

**ตารางที่ 17** ความเข้มข้นของโซเดียมจากฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร ระหว่างฤดูแล้งกับฤดูฝนของแต่ละพื้นที่การศึกษา ในปี พ.ศ.2554

พื้นที่ศึกษา	ความเข้มข้นของโซเดียมจากฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร (ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)				
	ฤดูแล้ง (n=60)		ฤดูฝน (n=60)		%
	ค่าต่ำสุด- สูงสุด	ค่าเฉลี่ย	ค่าต่ำสุด- สูงสุด	ค่าเฉลี่ย	
1.สถานีรถไฟฟ้าสาลาแดง	0.37-0.67	$0.56\pm 0.09$	0.11-0.46	$0.28\pm 0.14$	49.22*
2.สถานีรถไฟฟ้าช่องนนทรี	0.47-0.66	$0.56\pm 0.06$	0.12-0.68	$0.29\pm 0.17$	48.92*
3.สถาบันการบิณฑลเรือ่น	0.51-0.86	$0.65\pm 0.10$	0.08-0.41	$0.23\pm 0.13$	42.50*
4.โรงเรียนแสงหิรัญญ	0.43-0.74	$0.57\pm 0.11$	0.07-0.35	$0.23\pm 0.12$	47.91*
5.โรงเรียนกรุงเทพคริสเตียน	0.49-0.80	$0.60\pm 0.09$	0.09-0.38	$0.23\pm 0.13$	45.54*
6.โรงพยาบาลเชนต๋หุลยส์	0.43-1.19	$0.63\pm 0.21$	0.06-0.33	$0.19\pm 0.10$	43.95*

ทั้งนี้เมื่อพิจารณาค่าความเข้มข้นของ โซเดียมจากฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร ระหว่างฤดูแล้งกับฤดูฝนของแต่ละพื้นที่การศึกษา ในปี พ.ศ.2553-2554 พบว่ามีค่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% อีกทั้งเมื่อพิจารณาค่าความแตกต่างระหว่างช่วงฤดูแล้งกับช่วงฤดูฝน พบว่าช่วงฤดูฝนมีค่าความเข้มข้นของโซเดียมลดลงกว่าร้อยละ 43 เมื่อเปรียบเทียบกับฤดูแล้ง ( มงคล , 2550) เนื่องจากน้ำฝนมีส่วนช่วยในการชะล้างมลสารที่ละลายน้ำได้ในบรรยากาศ ส่งผลให้ค่าความเข้มข้นของมลสารลดลงในช่วงฤดูฝน (ชิตารัตน์, 2550) ทั้งในช่วงฤดูหนาวอุณหภูมิต่ำ ค่าความกดอากาศสูง ทำให้อากาศหนักค่า Mixing height ต่ำ ส่งผลให้เกิดการสะสมของมลสารในบรรยากาศสูง ดังนั้นจึงพบว่าอนุภาคต่างๆ จะมีค่าความเข้มข้นสูงในช่วงที่มีอุณหภูมิต่ำ (Herrera *et al*, 2010) โซเดียมเป็นองค์ประกอบของเกลือทะเลเป็นละอองไอจากเกลือทะเล (Sea salt) โดยจะพัดพามาโดยกระแสลม อีกทั้งบริเวณพื้นที่ชายฝั่งทะเลอ่าวไทยอยู่ติดกับพื้นที่กรุงเทพมหานครเกลือทะเลจึงมีอิทธิพลต่ออนุภาคในบรรยากาศ ดังนั้นจึงมีความเป็นไปได้ว่าอนุภาคของโซเดียม มีแหล่งกำเนิดมาจากทะเล ทั้งนี้เนื่องจากบริเวณพื้นที่ชายฝั่งทะเลอ่าวไทยอยู่ติดกับพื้นที่กรุงเทพมหานครเกลือทะเลจึงมีอิทธิพลต่อการพัดพาของอนุภาคของโซเดียมในบรรยากาศได้ อีกทั้งยังพบว่าอนุภาคของโซเดียมในฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร(จิราภรณ์,2551) เป็นอนุภาคที่มีขนาดเล็กเกินไปที่จะเป็นอนุภาคแกนกลั่นตัวที่ดีที่อื่นต่อการเกิดฝน ซึ่งขนาดอนุภาคตั้งแต่ 5-10 ไมโครเมตร เป็นเพียงการเพิ่มกระบวนการเปลี่ยนแปลงโดยธรรมชาติภายในเมฆ แต่ไม่เกิดการก่อตัวของเมฆและตกลงมาเป็นฝนได้

5) ความเข้มข้นของแอมโมเนียจากฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร ระหว่างฤดูแล้งกับฤดูฝนของแต่ละพื้นที่การศึกษา

ผลการตรวจวัดความเข้มข้นของแอมโมเนียจากฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร ระหว่างฤดูแล้งกับฤดูฝนของแต่ละพื้นที่การศึกษา ในปี พ.ศ.2553-2554 พบว่าความเข้มข้นเฉลี่ยของอยู่ระหว่างช่วงน้อยกว่า 0.01 ถึง 1.10 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร โดยพบค่าสูงสุดเท่ากับ 1.10 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตรจากโรงเรียนกรุงเทพคริสเตียน และมีค่าต่ำสุดน้อยกว่า 0.01 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร จากโรงเรียนแสงหิรัญ และ สถาบันการบิณฑลเรือน ทั้งนี้รายละเอียดการตรวจวัดในแต่ละฤดูกาลสามารถสรุปได้ดังนี้

## (1) ช่วงฤดูแล้ง

ในปี พ.ศ.2553 ผลการตรวจวัดความเข้มข้นของแอมโมเนียจากฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร จากพื้นที่ศึกษา 6 สถานีตรวจวัด ได้แก่ สถานีรถไฟฟ้าศาลาแดง ช่งนนทรี สถาบันการbinพลเรือน โรงเรียนแสงหิรัญ โรงเรียนกรุงเทพคริสเตียน และโรงพยาบาลเซนต์หลุยส์พบว่ามีความเข้มข้นเฉลี่ยเท่ากับ  $0.11\pm 0.03$ ,  $0.14\pm 0.19$ ,  $0.18\pm 0.32$ ,  $0.18\pm 0.17$ ,  $0.09\pm 0.09$  และ  $0.98\pm 0.19$  ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ พบว่ามีค่าอยู่ระหว่างช่วง 0.03 ถึง 1.08 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร โดยพบค่าสูงสุดเท่ากับ 1.08 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร จากโรงเรียนกรุงเทพคริสเตียน และค่าต่ำสุดเท่ากับ 0.03 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร จากสถาบันการbinพลเรือน ดังตารางที่ 18

ตารางที่ 18 ความเข้มข้นของแอมโมเนียจากฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร ระหว่างฤดูแล้งกับฤดูฝนของแต่ละพื้นที่การศึกษา ในปี พ.ศ.2553

พื้นที่ศึกษา	ความเข้มข้นของแอมโมเนียจากฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร (ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)				
	ฤดูแล้ง (n=60)		ฤดูฝน (n=60)		%
	ค่าต่ำสุด-สูงสุด	ค่าเฉลี่ย	ค่าต่ำสุด-สูงสุด	ค่าเฉลี่ย	
1.สถานีรถไฟฟ้าศาลาแดง	0.04-0.15	$0.11\pm 0.03$	0.01-0.09	$0.04\pm 0.02$	59.51*
2.สถานีรถไฟฟ้าช่งนนทรี	0.05-0.67	$0.14\pm 0.19$	0.01-0.08	$0.05\pm 0.02$	64.01
3.สถาบันการbinพลเรือน	0.04-1.08	$0.18\pm 0.32$	0.00-0.12	$0.07\pm 0.03$	65.48
4.โรงเรียนแสงหิรัญ	0.04-0.60	$0.18\pm 0.17$	0.00-0.22	$0.05\pm 0.06$	70.96*
5.โรงเรียนกรุงเทพคริสเตียน	0.03-0.32	$0.09\pm 0.09$	0.04-0.17	$0.09\pm 0.05$	86.53
6.โรงพยาบาลเซนต์หลุยส์	0.05-1.05	$0.21\pm 0.33$	0.02-0.16	$0.06\pm 0.05$	71.44

ในปี พ.ศ.2554 ผลการตรวจวัดความเข้มข้นของแอมโมเนียจากฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร จากพื้นที่ศึกษา 6 สถานีตรวจวัด ได้แก่ สถานีรถไฟฟ้าศาลาแดง ช่งนนทรี สถาบันการbinพลเรือน โรงเรียนแสงหิรัญ โรงเรียนกรุงเทพคริสเตียน และโรงพยาบาล

เซนต์หลุยส์พบว่ามีความเข้มข้นเฉลี่ยเท่ากับ  $0.43 \pm 0.15$ ,  $0.34 \pm 0.20$ ,  $0.61 \pm 0.21$ ,  $0.39 \pm 0.23$ ,  $0.34 \pm 0.25$  และ  $0.41 \pm 0.32$  ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ พบว่ามีค่าอยู่ระหว่างช่วง 0.08 ถึง 1.05 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร โดยพบค่าสูงสุดเท่ากับ 1.05 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร และค่าต่ำสุดเท่ากับ 0.03 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร จากโรงพยาบาลเซนต์หลุยส์ ดังตารางที่ 19

## (2) ช่วงฤดูฝน

ในปี พ.ศ.2553 ผลการตรวจวัดความเข้มข้นของแอมโมเนียจากฝุ่นละออง ขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร จากพื้นที่ศึกษา 6 สถานีตรวจวัด ได้แก่ สถานีรถไฟฟ้าสาลาแดง ช่งนนทรี สถาบันการบินพลเรือน โรงเรียนแสงหิรัญ โรงเรียนกรุงเทพคริสเตียน และโรงพยาบาลเซนต์หลุยส์พบว่ามีความเข้มข้นเฉลี่ยเท่ากับ  $0.04 \pm 0.02$ ,  $0.05 \pm 0.02$ ,  $0.07 \pm 0.03$ ,  $0.05 \pm 0.06$ ,  $0.09 \pm 0.05$  และ  $0.06 \pm 0.05$  ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ พบว่ามีค่าอยู่ระหว่างช่วงน้อยกว่า 0.01 ถึง 0.22 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร โดยพบค่าสูงสุดเท่ากับ 0.16 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร จาก สถานีรถไฟฟ้าช่งนนทรี และค่าต่ำสุดน้อยกว่า 0.01 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร จากโรงเรียนกรุงเทพคริสเตียน ดังตารางที่ 18

ในปี พ.ศ.2554 ผลการตรวจวัดความเข้มข้นของแอมโมเนียจากฝุ่นละออง ขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร จากพื้นที่ศึกษา 6 สถานีตรวจวัด ได้แก่ สถานีรถไฟฟ้าสาลาแดง ช่งนนทรี สถาบันการบินพลเรือน โรงเรียนแสงหิรัญ โรงเรียนกรุงเทพคริสเตียน และโรงพยาบาลเซนต์หลุยส์พบว่ามีความเข้มข้นเฉลี่ยเท่ากับ  $0.27 \pm 0.22$ ,  $0.29 \pm 0.27$ ,  $0.22 \pm 0.21$ ,  $0.29 \pm 0.30$ ,  $0.38 \pm 0.41$  และ  $0.23 \pm 0.24$  ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ พบว่ามีค่าอยู่ระหว่างช่วงน้อยกว่า 0.01 ถึง 0.22 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร โดยพบค่าสูงสุดเท่ากับ 0.16 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร จากโรงเรียนกรุงเทพคริสเตียน และค่าต่ำสุดน้อยกว่า 0.01 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ทุกสถานียกเว้นสถานีรถไฟฟ้าสาลาแดง ดังตารางที่ 19

ตารางที่ 19 ความเข้มข้นของแอมโมเนียจากฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร ระหว่างฤดูแล้ง กับฤดูฝนของแต่ละพื้นที่การศึกษา ในปี พ.ศ.2554

พื้นที่ศึกษา	ความเข้มข้นของแอมโมเนียจากฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร (ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)				
	ฤดูแล้ง (n=60)		ฤดูฝน (n=60)		%
	ค่าต่ำสุด-สูงสุด	ค่าเฉลี่ย	ค่าต่ำสุด-สูงสุด	ค่าเฉลี่ย	
1.สถานีรถไฟฟ้าศาลาแดง	0.19-0.72	0.43±0.15	0.01-0.61	0.27±0.22	36.05
2.สถานีรถไฟฟ้าช่องนนทรี	0.08-0.77	0.34±0.20	0.00-0.75	0.29±0.27	41.66
3.สถาบันการบินพลเรือน	0.34-1.04	0.61±0.21	0.00-0.71	0.22±0.21	64.33*
4.โรงเรียนแสงหิรัญ	0.14-0.85	0.39±0.23	0.00-0.84	0.29±0.30	24.36
5.โรงเรียนกรุงเทพคริสเตียน	0.10-0.77	0.34±0.25	0.00-1.10	0.38±0.41	(12.39)
6.โรงพยาบาลเซนต์หลุยส์	0.08-1.05	0.41±0.32	0.00-0.62	0.23±0.24	443.54

ทั้งนี้เมื่อพิจารณาค่าความเข้มข้นของแอมโมเนียจากฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร ระหว่างฤดูแล้งกับฤดูฝนของแต่ละพื้นที่การศึกษา ในปี พ.ศ.2553-2554 เมื่อพิจารณาค่าความแตกต่างระหว่างช่วงฤดูแล้งกับช่วงฤดูฝน พบว่าช่วงฤดูฝนมีค่าความเข้มข้นของแอมโมเนียลดลงกว่าร้อยละ 57 เมื่อเปรียบเทียบกับฤดูแล้ง เนื่องจากน้ำฝนมีส่วนช่วยในการชะล้างมลสารที่ละลายน้ำได้ในบรรยากาศ ส่งผลให้ค่าความเข้มข้นของมลสารลดลงในช่วงฤดูฝน ( มงคล , 2550) ทั้งในช่วงฤดูหนาวอุณหภูมิต่ำ ค่าความกดอากาศสูง ทำให้อากาศหนักค่า Mixing height ต่ำ ส่งผลให้เกิดการสะสมของมลสารในบรรยากาศสูง ดังนั้นจึงพบว่าอนุภาคต่างๆ จะมีค่าความเข้มข้นสูงในช่วงที่มีอุณหภูมิต่ำ (ธิดารัตน์, 2550) แอมโมเนียม ที่พบในบรรยากาศส่วนใหญ่จะอยู่ในรูปของแอมโมเนียมซัลเฟตและแอมโมเนียมไนเตรท ( Srimuruganandam *et al*, 2011) ทั้งนี้แอมโมเนียอาจถูกปลดปล่อยออกมาจากแหล่งกำเนิดหลายประเภทได้แก่ ภาคการเกษตร อุตสาหกรรมผลิตปุ๋ยเคมี การย่อยสลายของเสียของสัตว์ และแหล่งกำเนิดจากถนนรวมทั้งยานพาหนะ เป็นต้น ดังนั้นแอมโมเนียที่พบในพื้นที่การศึกษารั้วนี้มีความเป็นไปได้ว่ามาจากการจราจรเป็นส่วนใหญ่ แต่อย่าไรก็ตามอนุภาคของแอมโมเนียในฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร(จิราภรณ์,2551) เป็น

อนุภาคที่มีขนาดเล็กเกินไปที่จะเป็นอนุภาคแกนกลั่นตัวที่ดีที่อื่นต่อการเกิดฝน ซึ่งขนาดอนุภาค ตั้งแต่ 5-10 ไมโครเมตร เป็นเพียงการเพิ่มกระบวนการเปลี่ยนแปลงโดยธรรมชาติภายในเมฆ แต่ไม่เกิดการก่อตัวของเมฆและตกลงมาเป็นฝนได้

6) ความเข้มข้นของโพแทสเซียมจากฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร ระหว่างฤดูแล้งกับฤดูฝนของแต่ละพื้นที่การศึกษา

ผลการตรวจวัดความเข้มข้นของโพแทสเซียมจากฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร ระหว่างฤดูแล้งกับฤดูฝนของแต่ละพื้นที่การศึกษา ในปี พ.ศ.2553-2554 พบว่าความเข้มข้นเฉลี่ยของอยู่ระหว่างช่วงน้อยกว่า 0.01 ถึง 3.42 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร โดยพบค่าสูงสุดเท่ากับ 3.42 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตรจากสถาบันการบินพลเรือน และมีค่าต่ำสุดน้อยกว่า 0.01 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร จากสถานีรถไฟฟ้าสาลาแดงทั้งนี้รายละเอียดการตรวจวัดในแต่ละฤดูกาลสามารถสรุปได้ดังนี้

#### (1) ช่วงฤดูแล้ง

ในปี พ.ศ.2553 ผลการตรวจวัดความเข้มข้นของโพแทสเซียมจากฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร จากพื้นที่ศึกษา 6 สถานีตรวจวัด ได้แก่ สถานีรถไฟฟ้าสาลาแดง ช่งนนทรี สถาบันการบินพลเรือน โรงเรียนแสงหิรัญ โรงเรียนกรุงเทพคริสเตียน และโรงพยาบาล เซนต์หลุยส์พบว่ามีความเข้มข้นเฉลี่ยเท่ากับ  $1.38 \pm 0.67$ ,  $1.61 \pm 0.72$ ,  $1.01 \pm 0.95$ ,  $1.10 \pm 0.74$ ,  $0.58 \pm 0.51$  และ  $0.99 \pm 0.94$  ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ พบว่ามีค่าอยู่ระหว่างช่วง 0.20 ถึง 3.42 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร โดยพบค่าสูงสุดเท่ากับ 3.42 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร จากสถาบันการบินพลเรือน และค่าต่ำสุดเท่ากับ 0.20 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร จากโรงเรียนกรุงเทพคริสเตียน ดังตารางที่ 20

ในปี พ.ศ.2554 ผลการตรวจวัดความเข้มข้นของโพแทสเซียมจากฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร จากพื้นที่ศึกษา 6 สถานีตรวจวัด ได้แก่ สถานีรถไฟฟ้าสาลาแดง ช่งนนทรี สถาบันการบินพลเรือน โรงเรียนแสงหิรัญ โรงเรียนกรุงเทพคริสเตียน และโรงพยาบาล

เซนต์หลุยส์พบว่ามีความเข้มข้นเฉลี่ยเท่ากับ  $1.27 \pm 0.67$ ,  $1.68 \pm 0.78$ ,  $1.89 \pm 0.55$ ,  $1.23 \pm 0.34$ ,  $1.35 \pm 0.94$  และ  $1.43 \pm 0.64$  ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ พบว่ามีค่าอยู่ระหว่างช่วง 0.02 ถึง 3.18 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร โดยพบค่าสูงสุดเท่ากับ 3.18 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร จากสถานีรถไฟฟ้ามหานคร และค่าต่ำสุดเท่ากับ 0.02 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร จากสถานีรถไฟฟ้ามหานคร ดังตารางที่ 21

ตารางที่ 20 ความเข้มข้นของโพแทสเซียมจากฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร ระหว่างฤดูแล้งกับฤดูฝนของแต่ละพื้นที่การศึกษา ในปี พ.ศ.2553

พื้นที่ศึกษา	ความเข้มข้นของโพแทสเซียมจากฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร (ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)				
	ฤดูแล้ง (n=60)		ฤดูฝน (n=60)		%
	ค่าต่ำสุด-สูงสุด	ค่าเฉลี่ย	ค่าต่ำสุด-สูงสุด	ค่าเฉลี่ย	
1. สถานีรถไฟฟ้ามหานคร	0.61-2.75	$1.38 \pm 0.67$	0.30-2.12	$0.73 \pm 0.55$	47.10*
2. สถานีรถไฟฟ้ามหานคร	0.95-3.41	$1.61 \pm 0.72$	0.55-1.21	$0.89 \pm 0.22$	45.13*
3. สถาบันการบิณฑบาต	0.44-3.42	$1.01 \pm 0.95$	0.54-1.13	$0.83 \pm 0.19$	18.15
4. โรงเรียนแสงหิรัญ	0.47-3.05	$1.10 \pm 0.74$	0.20-1.05	$0.55 \pm 0.27$	71.44*
5. โรงเรียนกรุงเทพคริสเตียน	0.20-1.81	$0.58 \pm 0.51$	0.61-0.94	$0.69 \pm 0.12$	(8.21)
6. โรงพยาบาลเซนต์หลุยส์	0.35-3.13	$0.99 \pm 0.94$	0.28-1.61	$0.69 \pm 0.37$	30.30

## (2) ช่วงฤดูฝน

ในปี พ.ศ.2553 ผลการตรวจวัดความเข้มข้นของโพแทสเซียมจากฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร จากพื้นที่ศึกษา 6 สถานีตรวจวัด ได้แก่ สถานีรถไฟฟ้ามหานคร มหานคร สถาบันการบิณฑบาต โรงเรียนแสงหิรัญ โรงเรียนกรุงเทพคริสเตียน และ โรงพยาบาลเซนต์หลุยส์พบว่ามีความเข้มข้นเฉลี่ยเท่ากับ  $0.73 \pm 0.55$ ,  $0.89 \pm 0.22$ ,  $0.83 \pm 0.19$ ,  $0.55 \pm 0.27$ ,  $0.69 \pm 0.12$  และ  $0.69 \pm 0.37$  ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ พบว่ามีค่าอยู่ระหว่างช่วงน้อย

กว่า 0.20 ถึง 2.12 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร โดยพบค่าสูงสุดเท่ากับ 2.12 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร.จากสถานีรถไฟฟ้าสาลาแดง และค่าต่ำสุดเท่ากับ 0.20 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร จากโรงเรียนแสงหิรัญดงตารางที่ 20

ตารางที่ 21 ความเข้มข้นของโพแทสเซียมจากฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร ระหว่างฤดูแล้งกับฤดูฝนของแต่ละพื้นที่การศึกษา ในปี พ.ศ.2554

พื้นที่ศึกษา	ความเข้มข้นของโพแทสเซียมจากฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร (ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)				
	ฤดูแล้ง (n=60)		ฤดูฝน (n=60)		%
	ค่าต่ำสุด-สูงสุด	ค่าเฉลี่ย	ค่าต่ำสุด-สูงสุด	ค่าเฉลี่ย	
1.สถานีรถไฟฟ้าสาลาแดง	0.02-2.24	1.27±0.67	0.00-0.65	0.38±0.20	69.70*
2.สถานีรถไฟฟ้าช่งนนทรี	0.88-3.18	1.68±0.78	0.18-2.16	0.98±0.83	41.67*
3.สถาบันการบิณพลเรื้อน	1.15-2.79	1.89±0.55	0.35-2.59	0.84±0.65	55.29*
4.โรงเรียนแสงหิรัญ	0.76-1.79	1.23±0.34	0.30-1.07	0.58±0.25	50.80*
5.โรงเรียนกรุงเทพมหานครเดียน	0.33-3.06	1.35±0.94	0.47-1.51	0.63±0.31	50.94*
6.โรงพยาบาลเซนหลุยส์	0.59-2.21	1.43±0.64	0.32-0.61	0.61±0.11	66.75*

ในปี พ.ศ.2554 ผลการตรวจวัดความเข้มข้นของโพแทสเซียมจากฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร จากพื้นที่ศึกษา 6 สถานีตรวจวัด ได้แก่ สถานีรถไฟฟ้าสาลาแดง ช่งนนทรี สถาบันการบิณพลเรื้อน โรงเรียนแสงหิรัญ โรงเรียนกรุงเทพมหานครเดียน และโรงพยาบาลเซนหลุยส์พบว่าค่าความเข้มข้นเฉลี่ยเท่ากับ  $0.73 \pm 0.55$ ,  $0.89 \pm 0.22$ ,  $0.83 \pm 0.19$ ,  $0.55 \pm 0.27$ ,  $0.69 \pm 0.12$  และ  $0.69 \pm 0.37$  ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ พบว่ามีค่าอยู่ระหว่างช่วง 0.02 ถึง 2.12 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร โดยพบค่าสูงสุดเท่ากับ 2.12 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร.จากสถานีรถไฟฟ้าสาลาแดง และค่าต่ำสุดเท่ากับ 0.20 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร จากสถานีรถไฟฟ้าสาลาแดง ดังตารางที่ 21

ทั้งนี้เมื่อพิจารณาค่าความเข้มข้นของโพแทสเซียมจากฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร ระหว่างฤดูแล้งกับฤดูฝนของแต่ละพื้นที่การศึกษา ในปี พ.ศ.2553-2554 พบว่ามีค่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% อีกทั้งเมื่อพิจารณาค่าความแตกต่างระหว่างช่วงฤดูแล้งกับช่วงฤดูฝน พบว่าช่วงฤดูฝนมีค่าความเข้มข้นของแอมโมเนียลดลงกว่าร้อยละ 46 เมื่อเปรียบเทียบกับฤดูแล้ง เนื่องจากน้ำฝนมีส่วนช่วยในการชะล้างมลสารที่ละลายน้ำได้ในบรรยากาศ ( มงคล , 2550) ส่งผลให้ค่าความเข้มข้นของมลสารลดลงในช่วงฤดูฝน (ชิตารัตน์, 2550) ทั้งในช่วงฤดูหนาวอุณหภูมิต่ำ ค่าความกดอากาศสูง ทำให้อากาศหนักค่า Mixing height ต่ำ ส่งผลให้เกิดการสะสมของมลสารในบรรยากาศสูง ดังนั้นจึงพบว่าอนุภาคต่างๆ จะมีค่าความเข้มข้นสูงในช่วงที่มีอุณหภูมิต่ำ ( Zhenxing et al, 2009) โพแทสเซียมเป็นองค์ประกอบหลักของการเผาไหม้ของสารชีวมวล อีกทั้งยังเป็นองค์ประกอบของแร่ธาตุที่อยู่ในดิน จึงมีความเป็นไปได้ว่าอาจมากแหล่งที่มาจากกิจกรรมการก่อสร้างเป็นหลักทั้งนี้เนื่องจากพื้นที่การศึกษาตั้งอยู่ในเขตเมืองที่มีการก่อสร้างอาคารที่พัก(คอนโด) สำนักงาน เป็นต้น อยู่เป็นจำนวนมาก จึงอาจส่งผลให้เกิดการพัดพาตามกระลม และการฟุ้งกระจายของอนุภาคโพแทสเซียมได้

7) ความเข้มข้นของแคลเซียมจากฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร ระหว่างฤดูแล้งกับฤดูฝนของแต่ละพื้นที่การศึกษา

ผลการตรวจวัดความเข้มข้นของแคลเซียมจากฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร ระหว่างฤดูแล้งกับฤดูฝนของแต่ละพื้นที่การศึกษา ในปี พ.ศ.2553-2554 พบว่าความเข้มข้นเฉลี่ยของอยู่ระหว่างช่วง 0.11 ถึง 0.33 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร โดยพบค่าสูงสุดเท่ากับ 0.33 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตรจากสถานีรถไฟฟ้าชองนนทบุรี และมีค่าต่ำสุดเท่ากับ 0.11 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร โรงพยาบาลเซนต์หลุยส์ทั้งนี้รายละเอียดการตรวจวัดในแต่ละฤดูกาลสามารถสรุปได้ดังนี้

#### (1) ช่วงฤดูแล้ง

ในปี พ.ศ.2553 ผลการตรวจวัดความเข้มข้นของแคลเซียมจากฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร จากพื้นที่ศึกษา 6 สถานีตรวจวัด ได้แก่ สถานีรถไฟฟ้าศาลาแดง ชองนนทบุรี สถานีการบินพลเรือน โรงเรียนแสงหิรัญ โรงเรียนกรุงเทพคริสเตียน และโรงพยาบาลเซนต์หลุยส์พบว่ามีค่าความเข้มข้นเฉลี่ยเท่ากับ  $0.26 \pm 0.11$ ,  $0.33 \pm 0.06$ ,  $0.27 \pm 0.04$ ,  $0.21 \pm 0.06$ ,

0.20±0.05 และ 0.24±0.08 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ พบว่ามีค่าอยู่ระหว่างช่วง 0.09 ถึง 0.45 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร โดยพบค่าสูงสุดเท่ากับ 0.45 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร จากสถานีรถไฟฟ้ามหานคร และค่าต่ำสุดเท่ากับ 0.09 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร จากสถานีรถไฟฟ้าสาธิต ดังตารางที่ 22

ตารางที่ 22 ความเข้มข้นของแคลเซียมจากฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร ระหว่างฤดูแล้ง กับฤดูฝนของแต่ละพื้นที่การศึกษา ในปี พ.ศ.2553

พื้นที่ศึกษา	ความเข้มข้นของแคลเซียมจากฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร (ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)				
	ฤดูแล้ง (n=60)		ฤดูฝน (n=60)		%
	ค่าต่ำสุด-สูงสุด	ค่าเฉลี่ย	ค่าต่ำสุด-สูงสุด	ค่าเฉลี่ย	
1.สถานีรถไฟฟ้ามหานคร	0.09-0.43	0.26±0.11	0.09-0.31	0.18±0.07	31.43*
2.สถานีรถไฟฟ้ามหานคร	0.24-0.45	0.33±0.06	0.08-0.29	0.19±0.07	42.58*
3.สถาบันการบันพลเรือน	0.20-0.34	0.27±0.04	0.09-0.32	0.18±0.08	34.51*
4.โรงเรียนแสงหิรัญ	0.12-0.30	0.21±0.06	0.11-0.26	0.17±0.05	21.09
5.โรงเรียนกรุงเทพคริสเตียน	0.09-0.25	0.20±0.05	0.14-0.48	0.21±0.11	(4.70)
6.โรงพยาบาลเซนต์หลุยส์	0.17-0.39	0.24±0.08	0.06-0.31	0.13±0.07	4646.67*

ในปี พ.ศ.2554 ผลการตรวจวัดความเข้มข้นของแคลเซียมจากฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร จากพื้นที่ศึกษา 6 สถานีตรวจวัด ได้แก่ สถานีรถไฟฟ้ามหานคร มหานคร สถาบันการบันพลเรือน โรงเรียนแสงหิรัญ โรงเรียนกรุงเทพคริสเตียน และโรงพยาบาลเซนต์หลุยส์พบว่ามีค่าความเข้มข้นเฉลี่ยเท่ากับ 0.27±0.06, 0.26±0.05, 0.27±0.05, 0.19±0.09, 0.23±0.05 และ 0.28±0.05 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ พบว่ามีค่าอยู่ระหว่างช่วง 0.09 ถึง 2.21 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร โดยพบค่าสูงสุดเท่ากับ 2.21 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร จาก

โรงพยาบาลเซนต์หลุยส์ และค่าต่ำสุดเท่ากับ 0.09 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร จากโรงเรียนแสง  
 หิรัญ ดังตารางที่ 23

## (2) ช่วงฤดูฝน

ในปี พ.ศ.2553 ผลการตรวจวัดความเข้มข้นของแกลเซียมจากฝุ่นละออง  
 ขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร จากพื้นที่ศึกษา 6 สถานีตรวจวัด ได้แก่ สถานีรถไฟฟ้าศาลาแดง ชอง  
 นนทรี สถาบันการบินพลเรือน โรงเรียนแสงหิรัญ โรงเรียนกรุงเทพคริสเตียน และโรงพยาบาล  
 เซนต์หลุยส์พบว่ามีค่าความเข้มข้นเฉลี่ยเท่ากับ  $0.18 \pm 0.07$ ,  $0.19 \pm 0.07$ ,  $0.18 \pm 0.08$ ,  $0.17 \pm 0.05$ ,  
 $0.21 \pm 0.11$  และ  $0.13 \pm 0.07$  ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ พบว่ามีค่าอยู่ระหว่างช่วง 0.06  
 ถึง 0.48 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร โดยพบค่าสูงสุดเท่ากับ 0.48 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร จาก  
 โรงเรียนกรุงเทพคริสเตียน และค่าต่ำสุดเท่ากับ 0.06 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร จากโรงพยาบาล  
 เซนต์หลุยส์ดังตารางที่ 22

ในปี พ.ศ.2554 ผลการตรวจวัดความเข้มข้นของแกลเซียมจากฝุ่นละออง  
 ขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร จากพื้นที่ศึกษา 6 สถานีตรวจวัด ได้แก่ สถานีรถไฟฟ้าศาลาแดง ชอง  
 นนทรี สถาบันการบินพลเรือน โรงเรียนแสงหิรัญ โรงเรียนกรุงเทพคริสเตียน และโรงพยาบาล  
 เซนต์หลุยส์พบว่ามีค่าความเข้มข้นเฉลี่ยเท่ากับ  $0.18 \pm 0.06$ ,  $0.23 \pm 0.09$ ,  $0.18 \pm 0.04$ ,  $0.16 \pm 0.04$ ,  
 $0.14 \pm 0.02$  และ  $0.11 \pm 0.03$  ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ พบว่ามีค่าอยู่ระหว่างช่วง 0.08 ถึง  
 0.37 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร โดยพบค่าสูงสุดเท่ากับ 0.37 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร และ  
 ค่าต่ำสุดเท่ากับ 0.06 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร จากสถานีรถไฟฟ้าชองนนทรีดังตารางที่ 23

ตารางที่ 23 ความเข้มข้นของแคลเซียมจากฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร ระหว่างฤดูแล้ง กับฤดูฝนของแต่ละพื้นที่การศึกษา ในปี พ.ศ.2554

พื้นที่ศึกษา	ความเข้มข้นของแคลเซียมจากฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร (ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)				
	ฤดูแล้ง (n=60)		ฤดูฝน (n=60)		% (เพิ่ม)ลด
	ค่าต่ำสุด-สูงสุด	ค่าเฉลี่ย	ค่าต่ำสุด-สูงสุด	ค่าเฉลี่ย	
1.สถานีรถไฟฟ้ามหานคร	0.12-0.35	0.27±0.06	0.09-0.31	0.18±0.06	31.90*
2.สถานีรถไฟฟ้ามหานคร	0.19-0.34	0.26±0.05	0.08-0.37	0.23±0.09	14.64*
3.สถาบันการบินพลเรือน	0.18-0.33	0.27±0.05	0.10-0.23	0.18±0.04	31.90*
4.โรงเรียนแสงหิรัญ	0.09-0.39	0.19±0.09	0.11-0.24	0.16±0.04	15.23
5.โรงเรียนกรุงเทพคริสเตียน	0.17-0.35	0.23±0.05	0.10-0.17	0.14±0.02	39.51*
6.โรงพยาบาลเซนต์หลุยส์	0.59-2.21	0.28±0.05	0.08-0.15	0.11±0.03	44.87*

ทั้งนี้เมื่อพิจารณาค่าความเข้มข้นของแคลเซียมจากฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร ระหว่างฤดูแล้งกับฤดูฝนของแต่ละพื้นที่การศึกษา ในปี พ.ศ.2553-2554 พบว่ามีค่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% อีกทั้งเมื่อพิจารณาค่าความแตกต่างระหว่างช่วงฤดูแล้งกับช่วงฤดูฝน พบว่าช่วงฤดูฝนมีค่าความเข้มข้นของแคลเซียมลดลงกว่าร้อยละ 32 เมื่อเปรียบเทียบกับฤดูแล้ง เนื่องจากน้ำฝนมีส่วนช่วยในการชะล้างมลสารที่ละลายน้ำได้ในบรรยากาศ ส่งผลให้ค่าความเข้มข้นของมลสารลดลงในช่วงฤดูฝน ( มงคล , 2550) แคลเซียมเป็นวัตถุระเบิดนอกของโลกมาจากดินหรือหิน (Tsitourdiou *et al*, 2003) การปลดปล่อยฝุ่นละอองของแร่ธาตุทางธรณีวิทยาจะพบว่ามีขึ้นอยู่กับการปะทุทางสภาพอุตุนิยมวิทยา เช่น ความเร็วลมและการตกของฝน ซึ่งในพื้นที่เขตเมืองเกิดขึ้นจากการเกินบนถนนหรือการสัญจรของรถยนต์บนถนนที่ไม่ได้ลาดยาง ส่วนในพื้นที่เขตชนบทเกิดจากการไถพรวนดินแล้วมีลมพัดผ่านเหนือพื้นดินส่งผลให้อนุภาคดังกล่าวแขวนลอยในอากาศ จึงมีความเป็นไปได้ว่าอาจมาจากแหล่งที่มาจากกิจกรรมการก่อสร้างเป็นหลักทั้งนี้เนื่องจากพื้นที่การศึกษาตั้งอยู่ในเขตเมืองที่มีการก่อสร้างอาคารที่พัก (คอนโด) สำนักงาน เป็นต้น อยู่เป็นจำนวนมาก จึงอาจส่งผลให้เกิดการพัดพาตามกระแสลม และการฟุ้งกระจายของอนุภาคแคลเซียมได้

### 2.3 การเปรียบเทียบความเข้มข้นของสารไอออนิกในฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตรจากพื้นที่ศึกษา กับพื้นที่อ้างอิง

การรายงานผลจะรวบรวมข้อมูลจากผลการตรวจวัดจากพื้นที่ศึกษาทั้งหมดแบ่งเป็น 2 ลักษณะ ดังนี้ พื้นที่ริมถนน คือ สถานีรถไฟฟาสถาแดง ชองนนทรี และ สถานีบันการบินพลเรือน พื้นที่ทั่วไป คือ โรงเรียนแสงหิรัญ โรงเรียนกรุงเทพคริสเตียน และ โรงพยาบาลเซนต์หลุยส์ เป็นตัวแทนพื้นที่ในเขตเมือง และตัวแทนพื้นที่ชนบทจากจังหวัดเลยซึ่งกิจกรรมของพื้นที่ที่มีความแตกต่างจากเขตเมืองคือเป็นพื้นที่เกษตรกรรมส่วนใหญ่ ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

ผลการตรวจวัดความเข้มข้นของสารไอออนิกในฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร จากพื้นที่การศึกษา 3 พื้นที่ พบว่าความเข้มข้นเฉลี่ยของสารไอออนิกอยู่ระหว่างช่วงน้อยกว่า 0.01 ถึง 2.38 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร โดยพบค่าซัลเฟตสูงสุดเท่ากับ 6.43 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร และพบว่าค่าของโพแทสเซียมและแอมโมเนียมีค่าต่ำสุด เท่ากับน้อยกว่า 0.01 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ทั้งนี้รายละเอียดการตรวจวัดในแต่ละพื้นที่ สามารถสรุปได้ดังนี้

#### 1) พื้นที่ในเขตเมือง

##### (1) พื้นที่ริมถนน

ผลการตรวจวัดความเข้มข้นของสารไอออนิกในฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร พบว่ามีค่าอยู่ระหว่างช่วง น้อยกว่า 0.01 ถึง 5.99 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ความเข้มข้นเฉลี่ยของสารไอออนลบได้แก่ ซัลเฟต ไนเตรทและคลอไรด์ มีปริมาณซัลเฟตสูงสุดรองลงมาคือ ไนเตรท และคลอไรด์ โดยมีค่าเท่ากับ  $2.51 \pm 1.37$   $0.48 \pm 0.42$  และ  $0.45 \pm 0.36$  ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ตามลำดับจะเห็นได้ว่าซัลเฟตมีค่าสูงที่สุด (สัดส่วนร้อยละ 45 ของสารไอออนิกทั้งหมด)

สำหรับความเข้มข้นเฉลี่ยของสารไอออนบวก ได้แก่ โพแทสเซียม โซเดียม แอมโมเนีย และแคลเซียม พบว่ามีค่าความเข้มข้นเท่ากับ  $1.17 \pm 0.80$ ,  $0.43 \pm 0.20$ ,  $0.36 \pm 0.2$  และ  $0.23 \pm 0.07$  ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตรตามลำดับ จะเห็นได้ว่าโพแทสเซียมมีค่ามากที่สุด (คิดเป็นร้อยละ 21 ของสารไอออนทั้งหมด)

## (1) พื้นที่ทั่วไป

ผลการตรวจวัดความเข้มข้นของสารไอออนิกในฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร พบว่ามีค่าอยู่ระหว่างช่วง น้อยกว่า 0.01 ถึง 6.43 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร โดยพบซัลเฟตมีค่าสูงสุดเท่ากับ 6.43 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร สถานีตรวจวัด โรงเรียนกรุงเทพคริสเตียน และพบว่ามีค่าแอมโมเนียมีค่าน้อยกว่า 0.01 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ความเข้มข้นเฉลี่ยของสารไอออนลบ ได้แก่ ซัลเฟต ไนเตรทและคลอไรด์ มีปริมาณ ซัลเฟตสูงสุด รองลงมาคือคลอไรด์ และไนเตรท โดยมีค่าเท่ากับ  $2.24 \pm 1.19$ ,  $0.36 \pm 0.21$  และ  $0.32 \pm 0.25$  ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ตามลำดับจะเห็นได้ว่าซัลเฟตมีค่าสูงสุด (สัดส่วนร้อยละ 47 ของสารไอออนิกทั้งหมด)

สำหรับความเข้มข้นเฉลี่ยของสารไอออนบวก ได้แก่ โพแทสเซียม โซเดียม แอมโมเนีย และแคลเซียม พบว่ามีค่าเท่ากับ  $0.95 \pm 0.63$ ,  $0.41 \pm 0.23$ ,  $0.34 \pm 0.29$ , และ  $0.17 \pm 0.06$  ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ตามลำดับได้ว่าโพแทสเซียมมีค่ามากที่สุด (คิดเป็นร้อยละ 20 ของไอออนทั้งหมด)

## 2) พื้นที่ในเขตชนบท

ผลการตรวจวัดความเข้มข้นของสารไอออนิกในฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร พบว่ามีค่าอยู่ระหว่างช่วง น้อยกว่า 0.01 ถึง 1.83 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ความเข้มข้นเฉลี่ยของสารไอออนลบ ได้แก่ ซัลเฟต ไนเตรทและคลอไรด์ มีปริมาณซัลเฟตสูงสุด รองลงมาคือ ไนเตรท และคลอไรด์ โดยมีค่าเท่ากับ  $0.95 \pm 0.37$ ,  $0.12 \pm 0.06$  และ  $0.44 \pm 0.27$  ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ตามลำดับจะเห็นได้ว่าซัลเฟตมีค่าสูงสุด (สัดส่วนร้อยละ 45 ของสารไอออนิกทั้งหมด)

สำหรับความเข้มข้นเฉลี่ยของสารไอออนบวก ได้แก่ โพแทสเซียม โซเดียม แอมโมเนีย และแคลเซียม พบว่ามีค่าความเข้มข้นเท่ากับ  $0.31 \pm 0.10$ ,  $0.30 \pm 0.08$ ,  $0.11 \pm 0.05$  และ  $0.02 \pm 0.01$  ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตรตามลำดับ จะเห็นได้ว่าโพแทสเซียมมีค่ามากที่สุด (คิดเป็นร้อยละ 21 ของสารไอออนทั้งหมด)

ซึ่งเมื่อพิจารณาตามระหว่างในเขตเมือง ได้แก่ พื้นที่ริมถนน ซึ่งได้แก่ สถานีรถไฟฟ้าสาลาแดง สถานีรถไฟฟ้าช่งนนทรี และสถาบันการบิณฑลเรือ่น กับพื้นที่ทั่วไป ได้แก่ โรงเรียนแสงหิรัญ โรงเรียนกรุงเทพคริสเตียน และโรงพยาบาลเซ็นหลุยส์ และพื้นที่ในเขตชนบท พบว่ามีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ทั้งนี้จากผลการวิเคราะห์สารไอออนิก ทั้งสารไอออนลบและสารไอออนบวก จากพื้นที่ศึกษาบริเวณริมถนนและพื้นที่ทั่วไปตัวแทนของพื้นที่ในเขตเมือง พบว่าแนวโน้มและสัดส่วนของความเข้มข้นของสารไอออนิกเป็นไปในทิศทางเดียวกัน โดยซัลเฟตมีความเข้มข้นสูงสุดซึ่งแหล่งกำเนิดมาจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิลจากภาคการขนส่ง อีกทั้งบริเวณที่ตั้งของสถานีตรวจวัดตั้งอยู่ในย่านธุรกิจ มีการจราจรหนาแน่น ส่วนโซเดียมแหล่งกำเนิดมาจากละอองไอทะเลที่พัดพามาตามกระแสลมเนื่องจากพื้นที่กรุงเทพมหานครตั้งอยู่ใกล้ทะเลจึงได้รับอิทธิพลจากลมมรสุม

**ตารางที่ 24** การเปรียบเทียบความเข้มข้นของสารไอออนิกในฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตรจากพื้นที่ศึกษา กับพื้นที่อ้างอิง

สารไอออนิก	ความเข้มข้นเฉลี่ยของสารไอออนิกจากฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 10 ไมโครเมตร(ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)			
	เขตเมือง		เขตชนบท*	%
	พื้นที่ริมถนน	พื้นที่ทั่วไป		
ซัลเฟต	2.51±1.37	2.24±1.19	0.95±0.37	62.15
ไนเตรท	0.48±0.42	0.32±2.54	0.12±0.06	75.00
คลอไรด์	0.45±0.36	0.36±0.21	0.44±0.27	2.22
โซเดียม	0.43±0.20	0.41±0.23	0.30±0.08	23.26
แอมโมเนีย	0.36±0.24	0.34±0.29	0.02±0.01	94.44
โพแทสเซียม	1.17±0.80	0.95±0.63	0.31±0.10	73.50
แคลเซียม	0.23±0.07	0.17±0.06	0.11±0.05	52.17

ทั้งนี้พบว่าความเข้มข้นของสารไอออนิกในฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตรจากพื้นที่ศึกษาซึ่งเป็นตัวแทนของพื้นที่ในเขตเมืองกับพื้นที่อ้างอิงเป็นพื้นที่ในเขตชนบท

มีความแตกต่างกันอย่างชัดเจน โดยปริมาณความเข้มข้นของสารไอออนิกในฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร ในพื้นที่ชนบทมีค่าลดลงกว่าร้อยละ 54 เมื่อเปรียบเทียบกับพื้นที่ริมถนนในเขตเมือง โดยเฉพาะสารประกอบไอออนิก ได้แก่ ซัลเฟต และ ไนเตรต เป็นสารกรดที่แขวนลอยในบรรยากาศ (Lai *et al*, 2007) ที่มีแหล่งกำเนิดมาจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิลจากภาคการขนส่ง จากก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์และ ไนโตรเจนออกไซด์เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน โดยมีแสงเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ทำให้สารเปลี่ยนสถานะเป็นอนุภาคในรูปของซัลเฟต ที่มีค่าความแตกต่างกว่าร้อยละ 60-70 แสดงให้เห็นว่าพื้นที่ในเขตเมืองมีเป็นสารกรดที่แขวนลอยในบรรยากาศ สูงกว่าพื้นที่ในเขตชนบท ทั้งนี้หากมองถึงผลกระทบที่เกิดขึ้นพบว่าสารกรดมีผลกระทบต่อสุขภาพคือ ในระยะเฉียบพลัน ดังต่อไปนี้ (กรมควบคุมมลพิษ, 2554)

(1) อาการระคายเคืองเยื่อต่างๆ ได้แก่ เยื่อบุตา เยื่อบุคอและเยื่อบุทางเดินหายใจ ทำให้มีอาการแสบ คัน เคืองและอาจตามมาด้วยการติดเชื้อภายหลังจากการระคายเคือง

(2) อาการผิดปกติต่อทางเดินหายใจทำให้เกิดการบีบรัดตัวของท่อทางเดินหายใจทั้งส่วนปลายและหลอดลมขนาดเล็ก ทำให้มีอาการหายใจลำบากมีอาการหอบหืด แน่นหน้าอก

(3) สมรรถภาพการทำงานของปอดลดลง

(4) อาการระคายเคืองต่อผิวหนัง

(5) มีอาการใจสั่น หัวใจเต้นเร็วขึ้น หายใจเร็วขึ้น วิงเวียนศีรษะรบกวนประสาทสัมผัสและอาจมีอาการซึมเศร้าได้

ซึ่งโอกาสของผู้ที่จะได้รับผลกระทบจากผลการศึกษาความเข้มข้นของสารไอออนิกในฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร ในพื้นที่เขตเมือง(กรุงเทพมหานคร) อาจมีความเป็นไปได้ที่ประชากรในเมืองอาจมีความเสี่ยงต่อปัญหาสุขภาพสูงกว่าประชากรในเขตชนบท (เลย)

### 3. สัดส่วนของสารไอออนิกในฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร

สัดส่วนความเข้มข้น (Fraction) ความเข้มข้นของสารไอออนิกในฝุ่นละออง หมายถึง ความเข้มข้นของสารไอออนิกในฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร ต่อความเข้มข้นของสารไอออนิกทั้งหมด รายละเอียดดังต่อไปนี้

#### 3.1 สัดส่วนความเข้มข้นความเข้มข้นของสารไอออนิกในฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร แบ่งตามพื้นที่

สัดส่วนความเข้มข้นของสารไอออนิกในฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร ต่อความเข้มข้นของสารไอออนิกทั้งหมด จากพื้นที่การศึกษา 2 พื้นที่ คือ พื้นที่ริมถนน ได้แก่ สถานีรถไฟศาลาแดง ซ่องนนทบุรี และสถาบันการบินพลเรือน พื้นที่ทั่วไป ได้แก่ โรงเรียนแสงหิรัญ โรงเรียนกรุงเทพคริสเตียน และโรงพยาบาลเซ็นหลุยส์ วิเคราะห์สัดส่วนของสารไอออนบวก คือ โซเดียม แอมโมเนีย โพแทสเซียม และแคลเซียม และสารไอออนลบ คือ ซัลเฟต ไนเตรทและคลอไรด์ รายละเอียดดังต่อไปนี้

##### (1) พื้นที่ริมถนน

สัดส่วนความเข้มข้นของสารไอออนิกในฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร ต่อความเข้มข้นของสารไอออนิกทั้งหมด ในปี พ.ศ.2553 พบว่าสัดส่วนของความเข้มข้นของซัลเฟตในฝุ่นละออง มีค่าสูงสุด เท่ากับ ร้อยละ 42.4 รองลงมาคือ ไนเตรท โพแทสเซียม คลอไรด์ โซเดียม แคลเซียม และ แอมโมเนีย คิดเป็นสัดส่วนร้อยละ 21.1, 15.6, 8.5, 3.4, 3.99 และ 1.5 ตามลำดับ และในปี พ.ศ.2554 พบว่าสัดส่วนของความเข้มข้นของซัลเฟตในฝุ่นละออง มีค่าสูงสุด เท่ากับ ร้อยละ 44.6 รองลงมาคือ โพแทสเซียม ไนเตรท คลอไรด์ โซเดียม แคลเซียม และ แอมโมเนีย คิดเป็นสัดส่วนร้อยละ 20.8, 8.5, 8.0, 7.6, 6.4 และ 4.1 ตามลำดับ ดังตารางที่ 24

##### (2) พื้นที่ทั่วไป

สัดส่วนความเข้มข้นของสารไอออนิกในฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร ต่อความเข้มข้นของสารไอออนิกทั้งหมด ในปี พ.ศ.2553 พบว่าสัดส่วนของความเข้มข้นของซัลเฟต

ในฝุ่นละออง มีค่าสูงสุด เท่ากับ ร้อยละ 33.7 รองลงมาคือ ไนเตรท โปแตสเซียม โซเดียม คลอไรด์ แคลเซียม และ แอมโมเนียม คิดเป็นสัดส่วนร้อยละ 24.2, 16.2, 11.3, 8.1, 4.0 และ 2.4 ตามลำดับ และในปี พ.ศ.2554 พบว่าสัดส่วนของความเข้มข้นของซัลเฟตในฝุ่นละออง มีค่าสูงสุด เท่ากับ ร้อยละ 46.9 รองลงมาคือ โปแตสเซียม โซเดียม คลอไรด์ แอมโมเนียม ไนเตรท และ แคลเซียม คิดเป็นสัดส่วนร้อยละ 19.8, 8.5, 7.4, 7.1, 6.6 และ 3.6 ตามลำดับ ดังตารางที่ 24

ตารางที่ 24 สัดส่วนความเข้มข้นของสารไอออนิกในฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร แบ่งตามพื้นที่

สารไอออนิก	สัดส่วนความเข้มข้นของสารไอออนิกจากฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร (ร้อยละ)			
	ปี พ.ศ.2553		ปี พ.ศ.2554	
	พื้นที่ริมถนน	พื้นที่ทั่วไป	พื้นที่ริมถนน	พื้นที่ทั่วไป
ซัลเฟต	42.4	33.7	44.6	46.9
ไนเตรท	21.1	24.2	8.5	6.6
คลอไรด์	7.5	8.1	8.0	7.4
โซเดียม	8.5	11.3	7.6	8.5
แอมโมเนียม	1.5	2.4	6.4	7.1
โปแตสเซียม	15.6	16.2	20.8	19.8
แคลเซียม	3.4	4.0	4.1	3.6

ทั้งนี้เมื่อพิจารณาแนวโน้มของสัดส่วนความเข้มข้นของสารไอออนิกในฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร ต่อปริมาณสารไอออนิกทั้งหมด จากพื้นที่ศึกษา ตั้งแต่ปีพ.ศ.2553-2554 พบว่าเป็นไปในทิศทางเดียวกัน โดยสามารถแบ่งกลุ่มของสารไอออนิกตามแหล่งที่มาได้ดังนี้

(1) กลุ่มสารไอออนิกจากการจราจร ซึ่งเกิดจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงของเครื่องยนต์ จากมลสารในบรรยากาศ ได้แก่ ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ และ ไนโตรเจนออกไซด์ (Scinfeid, 1998) เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน โดยมีแสงเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ทำให้สสารเปลี่ยนสถานะ

เป็นอนุภาคในรูปของ ซัลเฟต และ ไนเตรต ซึ่งคิดเป็นสัดส่วนกว่าร้อยละ 60 และ 50 ในปี พ.ศ.2553 และ ปี 2554 (ตามลำดับ)

(2) กลุ่มสารไอออนิกจากสัณฐานของเปลือกโลก ซึ่งเป็นฝุ่นถนนที่เกิดจากการฟุ้งกระจายของฝุ่นละอองจากดินและกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับการก่อสร้างอาคาร ได้แก่ โปแทสเซียม และแคลเซียม ที่เป็นองค์ประกอบของสารแร่ธาตุในดินและหิน ซึ่งคิดเป็นสัดส่วนกว่าร้อยละ 20 และ 25 ในปี พ.ศ.2553 และ ปี 2554 (ตามลำดับ)

(3) กลุ่มสารไอออนิกจากละอองไอทะเล (Sea-salt) ซึ่งเป็นอนุภาคที่เกิดจากอิทธิพลของการพัดพาของละอองไอทะเล ทั้งนี้เนื่องจากกรุงเทพเป็นพื้นที่อยู่ใกล้พื้นที่ชายฝั่งอาจได้รับผลจากการพัดพาละอองไอทะเลที่มีองค์ประกอบของ โซเดียม และคลอไรด์ ซึ่งคิดเป็นสัดส่วนกว่าร้อยละ 19 และ 16 ในปี พ.ศ.2553 และ ปี 2554 (ตามลำดับ)

3.2 สัดส่วนความเข้มข้นความเข้มข้นของสารไอออนิกในฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร ตามฤดูกาล

สัดส่วนความเข้มข้นของสารไอออนิกจากฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร จากพื้นที่ศึกษา 6 สถานีตรวจวัด ได้แก่ สถานีรถไฟฟ้าสาธาณะ ช่งนนทรี สถาบันการบิณฑลเรือน โรงเรียนแสงหิรัญ โรงเรียนกรุงเทพคริสเตียน และโรงพยาบาลเซนต์หลุยส์ทั้ง 2 ฤดูกาล ได้แก่ ช่วงฤดูแล้งระหว่างเดือน มกราคมและเมษายน ช่วงฤดูฝนระหว่างเดือน กรกฎาคมและตุลาคม รายละเอียดดังต่อไปนี้

(1) ช่วงฤดูแล้ง

ในปี พ.ศ.2553-2554 สัดส่วนความเข้มข้นของสารไอออนิกจากฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร จากพื้นที่ศึกษา 6 สถานีตรวจวัด ได้แก่ สถานีรถไฟฟ้าสาธาณะ ช่งนนทรี สถาบันการบิณฑลเรือน โรงเรียนแสงหิรัญ โรงเรียนกรุงเทพคริสเตียน และโรงพยาบาลเซนต์หลุยส์ ค่าสัดส่วนความเข้มข้นของสารไอออนิกแต่ละชนิดมีรายละเอียดดังต่อไปนี้ ดังตารางที่ 24-25

สัดส่วนความเข้มข้นซัลเฟตจากฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร จากพื้นที่ศึกษา 6 สถานีตรวจวัด ได้แก่ สถานีรถไฟฟ้าศาลาแดง ช่งนนทรี สถาบันการbinพลเรือน โรงเรียนแสงหิรัญ โรงเรียนกรุงเทพคริสเตียน และโรงพยาบาลเซนต์หลุยส์ในปี พ.ศ.2553 มีค่าอยู่ในช่วงประมาณร้อยละ 23-43 และในปี พ.ศ.2554 มีค่าอยู่ในช่วงประมาณร้อยละ 40-44 ค่าสูงสุดจากสถานีรถไฟฟ้าศาลาแดง

สัดส่วนความเข้มข้นไนเตรทจากฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร จากพื้นที่ศึกษา 6 สถานีตรวจวัด ได้แก่ สถานีรถไฟฟ้าศาลาแดง ช่งนนทรี สถาบันการbinพลเรือน โรงเรียนแสงหิรัญ โรงเรียนกรุงเทพคริสเตียน และโรงพยาบาลเซนต์หลุยส์ในปี พ.ศ.2553 มีค่าอยู่ในช่วงประมาณร้อยละ 10-28 และในปี พ.ศ.2554 มีค่าอยู่ในช่วงประมาณร้อยละ 6-12 ค่าสูงสุดจากสถานีรถไฟฟ้าศาลาแดง

สัดส่วนความเข้มข้นคลอไรด์จากฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร จากพื้นที่ศึกษา 6 สถานีตรวจวัด ได้แก่ สถานีรถไฟฟ้าศาลาแดง ช่งนนทรี สถาบันการbinพลเรือน โรงเรียนแสงหิรัญ โรงเรียนกรุงเทพคริสเตียน และโรงพยาบาลเซนต์หลุยส์ในปี พ.ศ.2553 มีค่าอยู่ในช่วงประมาณร้อยละ 4-10 และในปี พ.ศ.2554 มีค่าอยู่ในช่วงประมาณร้อยละ 5-9 ค่าสูงสุดจากสถานีรถไฟฟ้าศาลาแดง

สัดส่วนความเข้มข้นโซเดียมจากฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร จากพื้นที่ศึกษา 6 สถานีตรวจวัด ได้แก่ สถานีรถไฟฟ้าศาลาแดง ช่งนนทรี สถาบันการbinพลเรือน โรงเรียนแสงหิรัญ โรงเรียนกรุงเทพคริสเตียน และโรงพยาบาลเซนต์หลุยส์ในปี พ.ศ.2553 มีค่าอยู่ในช่วงประมาณร้อยละ 8-16 และในปี พ.ศ.2554 มีค่าอยู่ในช่วงประมาณร้อยละ 8-12 ค่าสูงสุดจากโรงเรียนกรุงเทพคริสเตียน

สัดส่วนความเข้มข้นแอมโมเนียจากฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร จากพื้นที่ศึกษา 6 สถานีตรวจวัด ได้แก่ สถานีรถไฟฟ้าศาลาแดง ช่งนนทรี สถาบันการbinพลเรือน โรงเรียนแสงหิรัญ โรงเรียนกรุงเทพคริสเตียน และโรงพยาบาลเซนต์หลุยส์ในปี พ.ศ.2553 มีค่าอยู่ในช่วงประมาณร้อยละ 1-4 ค่าสูงสุดจากโรงพยาบาลเซนต์หลุยส์ และในปี พ.ศ.2554 มีค่าอยู่ในช่วงประมาณร้อยละ 5-7 ค่าสูงสุดจากสถาบันการbinพลเรือน

สัดส่วนความเข้มข้นโพแทสเซียมจากฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร จากพื้นที่ศึกษา 6 สถานีตรวจวัด ได้แก่ สถานีรถไฟฟ้าศาลาแดง ช่งถนนตรี สถาบันการบินพลเรือน โรงเรียนแสงหิรัญ โรงเรียนกรุงเทพคริสเตียน และโรงพยาบาลเซนต์หลุยส์ในปี พ.ศ.2553 มีค่าอยู่ในช่วงประมาณร้อยละ 3-21 ค่าสูงสุดจากจากสถานีรถไฟฟ้าศาลาแดงและในปี พ.ศ.2554 มีค่าอยู่ในช่วงประมาณร้อยละ 19-24 ค่าสูงสุดจากโรงพยาบาลเซนต์หลุยส์

สัดส่วนความเข้มข้นแคลเซียมจากฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร จากพื้นที่ศึกษา 6 สถานีตรวจวัด ได้แก่ สถานีรถไฟฟ้าศาลาแดง ช่งถนนตรี สถาบันการบินพลเรือน โรงเรียนแสงหิรัญ โรงเรียนกรุงเทพคริสเตียน และโรงพยาบาลเซนต์หลุยส์ในปี พ.ศ.2553 มีค่าอยู่ในช่วงประมาณร้อยละ 3-14 ค่าสูงสุดจากจากโรงเรียนแสงหิรัญ และในปี พ.ศ.2554 มีค่าอยู่ในช่วงประมาณร้อยละ 3-5 ค่าสูงสุดจากโรงเรียนกรุงเทพคริสเตียน

## (2) ช่วงฤดูฝน

ในปี พ.ศ.2553-2554 สัดส่วนความเข้มข้นของสารไอออนิกจากฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร จากพื้นที่ศึกษา 6 สถานีตรวจวัด ได้แก่ สถานีรถไฟฟ้าศาลาแดง ช่งถนนตรี สถาบันการบินพลเรือน โรงเรียนแสงหิรัญ โรงเรียนกรุงเทพคริสเตียน และโรงพยาบาลเซนต์หลุยส์ค่าสัดส่วนความเข้มข้นของสารไอออนิกแต่ละชนิดมีรายละเอียดดังต่อไปนี้ ดังตารางที่ 24-25

สัดส่วนความเข้มข้นซัลเฟตจากฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร จากพื้นที่ศึกษา 6 สถานีตรวจวัด ได้แก่ สถานีรถไฟฟ้าศาลาแดง ช่งถนนตรี สถาบันการบินพลเรือน โรงเรียนแสงหิรัญ โรงเรียนกรุงเทพคริสเตียน และโรงพยาบาลเซนต์หลุยส์ในปี พ.ศ.2553 มีค่าอยู่ในช่วงประมาณร้อยละ 34-45

ค่าสูงสุดจากจากสถาบันการบินพลเรือน และในปี พ.ศ.2554 มีค่าอยู่ในช่วงประมาณร้อยละ 41-53 ค่าสูงสุดจากโรงเรียนแสงหิรัญ

สัดส่วนความเข้มข้นไนเตรทจากฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร จากพื้นที่ศึกษา 6 สถานีตรวจวัด ได้แก่ สถานีรถไฟฟ้าศาลาแดง ช่งถนนตรี สถาบันการบินพลเรือน

โรงเรียนแสงหิรัญ โรงเรียนกรุงเทพคริสเตียน และโรงพยาบาลเซนต์หลุยส์ในปี พ.ศ.2553 มีค่าอยู่ในช่วงประมาณร้อยละ 8-17

ค่าสูงสุดจากจากสถานีรถไฟฟ้าสาลาแดง และในปี พ.ศ.2554 มีค่าอยู่ในช่วงประมาณร้อยละ 5-7 ค่าสูงสุดจากสถานีรถไฟฟ้าช่งนนทรี

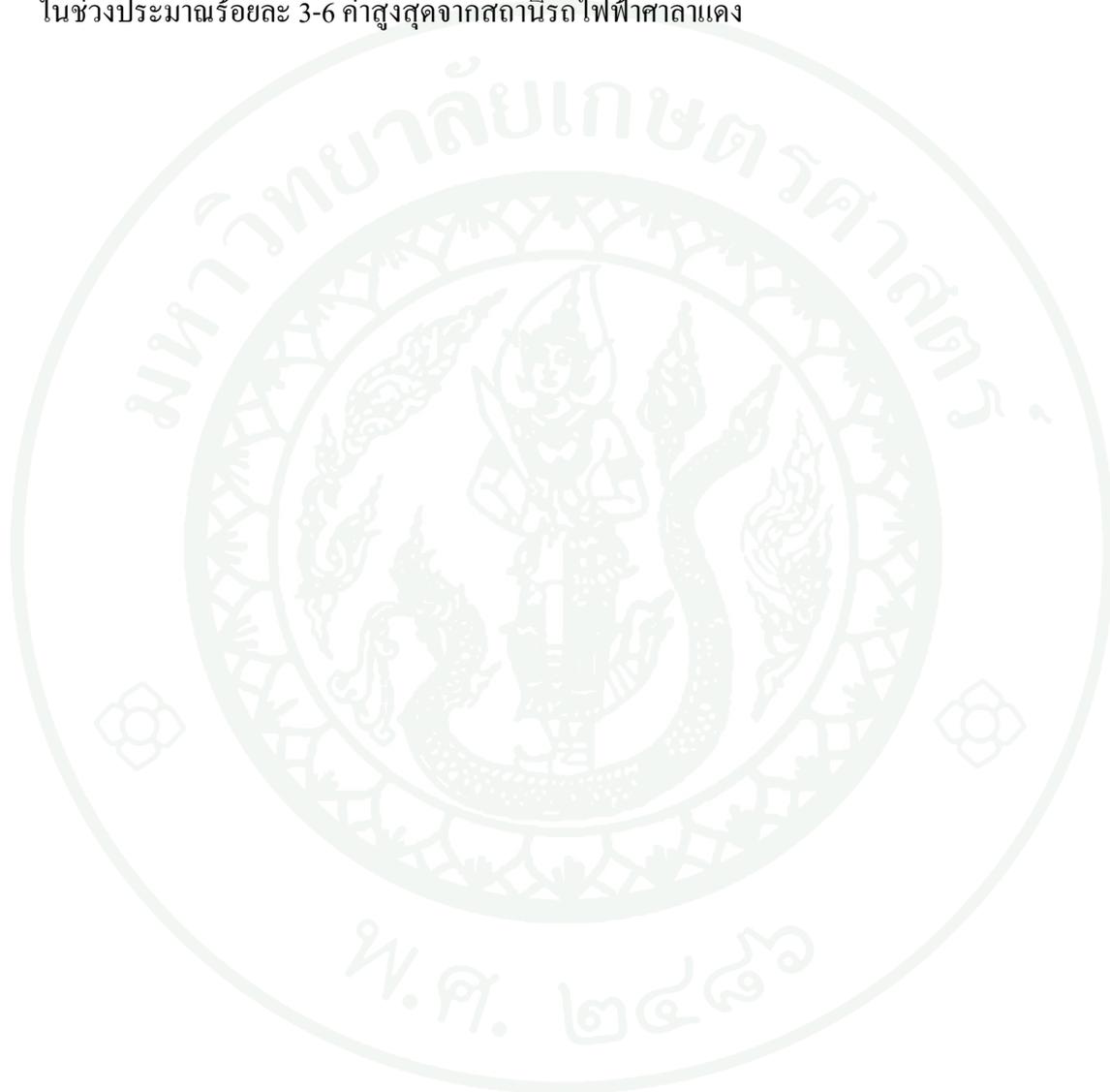
สัดส่วนความเข้มข้นคลอไรด์จากฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร จากพื้นที่ศึกษา 6 สถานีตรวจวัด ได้แก่ สถานีรถไฟฟ้าสาลาแดง ช่งนนทรี สถาบันการบิณฑลเรือนโรงเรียนแสงหิรัญ โรงเรียนกรุงเทพคริสเตียน และโรงพยาบาลเซนต์หลุยส์ในปี พ.ศ.2553 มีค่าอยู่ในช่วงประมาณร้อยละ 4-10 ค่าสูงสุดจากโรงพยาบาลเซนต์หลุยส์และในปี พ.ศ.2554 มีค่าอยู่ในช่วงประมาณร้อยละ 8-15 ค่าสูงสุดจากสถานีรถไฟฟ้าช่งนนทรี

สัดส่วนความเข้มข้นโซเดียมจากฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร จากพื้นที่ศึกษา 6 สถานีตรวจวัด ได้แก่ สถานีรถไฟฟ้าสาลาแดง ช่งนนทรี สถาบันการบิณฑลเรือนโรงเรียนแสงหิรัญ โรงเรียนกรุงเทพคริสเตียน และโรงพยาบาลเซนต์หลุยส์ในปี พ.ศ.2553 มีค่าอยู่ในช่วงประมาณร้อยละ 10-14 ค่าสูงสุดจากโรงเรียนแสงหิรัญ และในปี พ.ศ.2554 มีค่าอยู่ในช่วงประมาณร้อยละ 7-11 ค่าสูงสุดจากสถานีรถไฟฟ้าสาลาแดง

สัดส่วนความเข้มข้นแอมโมเนียจากฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร จากพื้นที่ศึกษา 6 สถานีตรวจวัด ได้แก่ สถานีรถไฟฟ้าสาลาแดง ช่งนนทรี สถาบันการบิณฑลเรือนโรงเรียนแสงหิรัญ โรงเรียนกรุงเทพคริสเตียน และโรงพยาบาลเซนต์หลุยส์ในปี พ.ศ.2553 มีค่าอยู่ในช่วงประมาณร้อยละ 1-3 ค่าสูงสุดจากโรงพยาบาลเซนต์หลุยส์และในปี พ.ศ.2554 มีค่าอยู่ในช่วงประมาณร้อยละ 4-8 ค่าสูงสุดจากโรงเรียนกรุงเทพคริสเตียน

สัดส่วนความเข้มข้นโพแทสเซียมจากฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร จากพื้นที่ศึกษา 6 สถานีตรวจวัด ได้แก่ สถานีรถไฟฟ้าสาลาแดง ช่งนนทรี สถาบันการบิณฑลเรือนโรงเรียนแสงหิรัญ โรงเรียนกรุงเทพคริสเตียน และโรงพยาบาลเซนต์หลุยส์ในปี พ.ศ.2553 มีค่าอยู่ในช่วงประมาณร้อยละ 17-24 ค่าสูงสุดจากจากสถานีรถไฟฟ้าช่งนนทรี และในปี พ.ศ.2554 มีค่าอยู่ในช่วงประมาณร้อยละ 15-24 ค่าสูงสุดจากสถานีรถไฟฟ้าช่งนนทรี

สัดส่วนความเข้มข้นแคลเซียมจากฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร จากพื้นที่ศึกษา 6 สถานีตรวจวัด ได้แก่ สถานีรถไฟฟ้าสาธิตแดง ช่งนนทรี สถาบันการบินพลเรือน โรงเรียนแสงหิรัญ โรงเรียนกรุงเทพคริสเตียน และโรงพยาบาลเซนต์หลุยส์ในปี พ.ศ.2553 มีค่าอยู่ในช่วงประมาณร้อยละ 3-6 ค่าสูงสุดจากจากโรงเรียนกรุงเทพคริสเตียน และในปี พ.ศ.2554 มีค่าอยู่ในช่วงประมาณร้อยละ 3-6 ค่าสูงสุดจากสถานีรถไฟฟ้าสาธิตแดง



ตารางที่ 25 สัดส่วนความเข้มข้นของสารไอออนิกของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร จากพื้นที่ศึกษาทั้ง 6 แห่ง ปี พ.ศ.2553

สารไอออนิก	ศาลาแดง (n=20)		ชองนนทรี (n=20)		การบินพลเรือน (n=20)		โรงเรียนแสงหิรัญ (n=20)		โรงเรียนกรุงเทพคริสเตียน (n=20)		โรงพยาบาลเซ็นหลุยส์ (n=20)	
	ฤดูกาล		ฤดูฝน		ฤดูแล้ง		ฤดูฝน		ฤดูแล้ง		ฤดูฝน	
	ฤดูแล้ง	ฤดูฝน	ฤดูแล้ง	ฤดูฝน	ฤดูแล้ง	ฤดูฝน	ฤดูแล้ง	ฤดูฝน	ฤดูแล้ง	ฤดูฝน	ฤดูแล้ง	ฤดูฝน
ซัลเฟต	43.72	34.06	41.89	33.83	34.54	44.50	30.96	41.16	32.48	35.06	22.98	37.82
ไนเตรท	9.75	17.03	22.22	10.60	19.56	6.87	22.15	7.98	23.16	10.63	27.53	7.53
คลอไรด์	10.18	12.13	6.78	11.11	3.86	12.10	3.22	13.64	6.27	14.44	5.77	15.04
โซเดียม	10.17	13.60	7.89	13.88	14.82	10.74	4.98	14.02	15.74	13.52	15.17	13.16
แอมโมเนียม	1.83	1.26	1.10	1.53	3.05	1.86	21.80	1.37	2.18	2.65	3.70	1.60
โพแทสเซียม	20.55	17.15	16.58	24.12	18.83	20.21	3.01	16.55	15.09	19.03	19.58	20.85
แคลเซียม	3.99	4.89	3.54	5.08	5.83	3.90	13.89	5.18	5.08	6.30	5.26	3.99

ตารางที่ 26 สัดส่วนความเข้มข้นของสารไอออนิกของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร จากพื้นที่ศึกษาทั้ง 6 แห่ง ปี พ.ศ.2554

สารไอออนิก	ศาลาแดง (n=20)		ชองนนทรี (n=20)		การบินพลเรือน (n=20)		โรงเรียนแสงหิรัญ (n=20)		โรงเรียนกรุงเทพคริสเตียน (n=20)		โรงพยาบาลเซ็นหลุยส์ (n=20)	
	ฤดูแล้ง		ฤดูฝน		ฤดูแล้ง		ฤดูฝน		ฤดูแล้ง		ฤดูฝน	
	ฤดูแล้ง	ฤดูฝน	ฤดูแล้ง	ฤดูฝน	ฤดูแล้ง	ฤดูฝน	ฤดูแล้ง	ฤดูฝน	ฤดูแล้ง	ฤดูฝน	ฤดูแล้ง	ฤดูฝน
ซัลเฟต	40.16	48.17	43.30	41.50	43.39	44.54	42.62	52.96	40.46	52.46	39.61	50.69
ไนเตรท	11.76	4.63	8.04	7.20	9.85	5.53	9.13	4.70	7.61	5.36	5.76	4.92
คลอไรด์	9.17	11.39	7.79	15.07	5.10	9.12	7.13	9.63	8.55	8.97	8.16	10.51
โซเดียม	8.75	10.89	8.20	8.92	7.84	6.73	10.08	6.74	11.58	6.53	11.49	7.57
แอมโมเนียม	6.60	7.71	4.76	4.65	7.13	6.57	5.94	6.73	5.50	7.71	6.34	6.18
โพแทสเซียม	19.35	11.33	24.04	17.40	23.38	22.31	22.09	14.91	21.84	15.28	24.72	16.23
แคลเซียม	4.20	5.86	3.88	5.26	3.30	5.19	3.01	4.34	4.45	3.69	3.92	3.90

## สรุปและข้อเสนอแนะ

### สรุป

#### 1. ความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร

##### 1.1 การเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร ตามพื้นที่ศึกษา

ความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร พบว่าบริเวณพื้นที่ริมถนนมีค่าสูงกว่าพื้นที่ทั่วไป อีกทั้งเมื่อพิจารณาค่าความแตกต่างระหว่างพื้นที่ริมถนนกับพื้นที่ทั่วไป ตั้งแต่ปี พ.ศ.2553-2554 พบว่าพื้นที่ทั่วไปมีค่าความเข้มข้นของฝุ่นละอองลดลงกว่าร้อยละ 40 เมื่อเทียบกับพื้นที่ริมถนน เนื่องจากพื้นที่ริมถนนตั้งอยู่ในพื้นที่แหล่งกำเนิดฝุ่นจากการจราจรที่หนาแน่น อีกทั้งพื้นที่ตรวจวัดบริเวณริมถนนยังเป็นย่านธุรกิจ ที่มีกิจกรรมด้านการคมนาคมตลอดเวลา อีกทั้งบริเวณที่ตั้งของพื้นที่ดังกล่าวมีอาคารปกคลุม โดยรอบส่งผลให้การระบายอากาศของมลสารเป็นไปได้น้อย

##### 1.2 การเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร ตามฤดูกาล

ความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร ระหว่างฤดูแล้งกับฤดูฝนของแต่ละพื้นที่การศึกษา ในปี พ.ศ.2553-2554 พบว่าทุกพื้นที่การศึกษาค่าความเข้มข้นของฝุ่นละอองในช่วงฤดูแล้งมีค่าสูงกว่าในช่วงฤดูฝน ยกเว้นโรงเรียนกรุงเทพคริสเตียนที่มีค่าความเข้มข้นของฝุ่นละอองใกล้เคียงกันทั้งในช่วงฤดูแล้งและฤดูฝน อีกทั้งเมื่อพิจารณาค่าความแตกต่างระหว่างช่วงฤดูแล้งกับช่วงฤดูฝน ตั้งแต่ปี พ.ศ.2553-2554 พบว่าช่วงฤดูฝนมีค่าความเข้มข้นของฝุ่นละอองลดลงกว่าร้อยละ 35 เมื่อเทียบกับช่วงฤดูแล้ง ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ (กัลยา, 2550) ตรวจวัดค่าความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร ในจังหวัดสมุทรปราการ พบว่าจำนวนวันที่ฝนตกในพื้นที่ช่วงฤดูฝนสูงกว่าฤดูแล้งส่งผลให้ค่าความเข้มข้นของฝุ่นละอองลดลงในช่วงฤดูฝน ซึ่งแสดงให้เห็นว่าน้ำฝนมีส่วนช่วยในการชะล้างอนุภาคในบรรยากาศได้

## 2. ความเข้มข้นของสารไอออนิกของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร

2.1 การเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของสารไอออนิกในฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร ตามพื้นที่การศึกษา

ความเข้มข้นของสารไอออนิกในฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร ตามพื้นที่การศึกษา ระหว่างพื้นที่ริม กับพื้นที่ทั่วไป พบว่ามีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ทั้งนี้จากผลการวิเคราะห์สารไอออนิก ทั้งสารไอออนลบและสารไอออนบวก จากพื้นที่ศึกษา บริเวณริมถนนและพื้นที่ทั่วไป เมื่อพิจารณาค่าความแตกต่างระหว่างพื้นที่ริมถนนกับพื้นที่ทั่วไป ตั้งแต่ปี พ.ศ.2553-2554 พบว่าพื้นที่ทั่วไปมีค่าความเข้มข้นของสารไอออนิกลดลงแตกต่างกันตามชนิดของไอออนิกแต่ละปีชี้ให้เห็นเมื่อเปรียบเทียบกับพื้นที่ริมถนน ทั้งนี้พบว่าแนวโน้มของสัดส่วนของความเข้มข้นของสารไอออนิกเป็นไปในทิศทางเดียวกัน โดยซัลเฟตมีค่าความเข้มข้นสูงสุดซึ่งแหล่งกำเนิดมาจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิลจากภาคการขนส่ง (Scinfeid, 1998) จากก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน โดยมีแสงเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ทำให้สารเปลี่ยนสถานะเป็นอนุภาคในรูปของซัลเฟต อีกทั้งบริเวณที่ตั้งของสถานีตรวจวัดตั้งอยู่ในย่านธุรกิจ มีการจราจรหนาแน่น ส่วนโซเดียมและคลอไรด์แหล่งกำเนิดมาจากละอองไอทะเล (Sea-salt) ที่พัดพามาตามกระแสลมเนื่องจากพื้นที่กรุงเทพมหานครตั้งอยู่ใกล้ทะเลจึงได้รับอิทธิพลจากลมมรสุม ส่วนโพแทสเซียมและแคลเซียมเป็นองค์ประกอบของสารแร่ธาตุในดินและหินซึ่งเป็นฝุ่นถนนที่เกิดจากการฟุ้งกระจายขึ้นอีกครั้ง

2.2 การเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของสารไอออนิกในฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร ตามฤดูกาล

1) ความเข้มข้นของซัลเฟตจากฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร ระหว่างฤดูแล้งกับฤดูฝนของแต่ละพื้นที่การศึกษา

ความเข้มข้นของซัลเฟตจากฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร ระหว่างฤดูแล้งกับฤดูฝนของแต่ละพื้นที่การศึกษา ในปี พ.ศ.2553-2554 พบว่าในช่วงฤดูแล้งความเข้มข้นมีความเข้มข้นสูงกว่าฤดูฝน เมื่อพิจารณาค่าความแตกต่างระหว่างช่วงฤดูแล้งกับช่วงฤดูฝน พบว่าช่วงฤดูฝนมีค่าความเข้มข้นของซัลเฟตลดลงกว่าร้อยละ 36 เมื่อเปรียบเทียบกับฤดูแล้ง เนื่องจากน้ำฝนมี

ส่วนช่วยในการชะล้างมลสารที่ละลายน้ำได้ในบรรยากาศ ส่งผลให้ค่าความเข้มข้นของมลสารลดลงในช่วงฤดูฝน โดยซัลเฟตมีแหล่งกำเนิดมาจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิลจากภาคการขนส่ง (Scinfeid, 1998) จากก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน โดยมีแสงเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาทำให้สสารเปลี่ยนสถานะเป็นอนุภาคในรูปของซัลเฟต อีกทั้งบริเวณที่ตั้งของสถานีตรวจวัดที่พบค่าสูงสุดตั้งอยู่ในย่านธุรกิจ มีการจราจรหนาแน่นจึงส่งผลให้บริเวณพื้นที่ตรวจวัดที่ตั้งอยู่ริมถนนมีค่าสูงกว่าพื้นที่อื่นๆ

2) ความเข้มข้นของไนเตรตจากฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร ระหว่างฤดูแล้งกับฤดูฝนของแต่ละพื้นที่การศึกษา

ความเข้มข้นของซัลเฟตจากฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร ระหว่างฤดูแล้งกับฤดูฝนของแต่ละพื้นที่การศึกษา ในปี พ.ศ.2553-2554 เมื่อพิจารณาค่าความแตกต่างระหว่างช่วงฤดูแล้งกับช่วงฤดูฝน พบว่าช่วงฤดูฝนมีค่าความเข้มข้นของซัลเฟตลดลงกว่าร้อยละ 69 เมื่อเปรียบเทียบกับฤดูแล้ง ( มงคล , 2550) เนื่องจากน้ำฝนมีส่วนช่วยในการชะล้างมลสารที่ละลายน้ำได้ในบรรยากาศ ส่งผลให้ค่าความเข้มข้นของมลสารลดลงในช่วงฤดูฝน ไนเตรตมีแหล่งกำเนิดมาจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิลจากภาคการขนส่ง (Scinfeid, 1998) จากก๊าซไนโตรเจนออกไซด์เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน โดยมีแสงเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ทำให้สสารเปลี่ยนสถานะเป็นอนุภาคในรูปของไนเตรต อีกทั้งบริเวณที่ตั้งของสถานีตรวจวัดที่พบค่าสูงสุดตั้งอยู่ในย่านธุรกิจ มีการจราจรหนาแน่น

3) ความเข้มข้นของคลอไรด์จากฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร ระหว่างฤดูแล้งกับฤดูฝนของแต่ละพื้นที่การศึกษา

ความเข้มข้นของคลอไรด์จากฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร ระหว่างฤดูแล้งกับฤดูฝนของแต่ละพื้นที่การศึกษา ในปี พ.ศ.2553-2554 เมื่อพิจารณาค่าความแตกต่างระหว่างช่วงฤดูแล้งกับช่วงฤดูฝน พบว่าในปี พ.ศ. 2553 ช่วงฤดูฝนมีค่าความเข้มข้นของคลอไรด์เพิ่มขึ้นประมาณ 1 เท่าเมื่อเปรียบเทียบกับฤดูแล้งทั้งนี้อาจเนื่องมาจากอิทธิพลของลมมรสุม ในปี พ.ศ. 2554 ช่วงฤดูฝนมีค่าความเข้มข้นของคลอไรด์ลดลงกว่าร้อยละ 32 เมื่อเปรียบเทียบกับฤดูแล้ง ( มงคล , 2550) เนื่องจากน้ำฝนมีส่วนช่วยในการชะล้างมลสารที่ละลายน้ำได้ในบรรยากาศ ส่งผลให้ค่าความเข้มข้นของมลสารลดลงในช่วงฤดู คลอไรด์เป็นองค์ประกอบของเกลือทะเล เป็นละอองไอจากเกลือทะเล

โดยจะพัฒนามาโดยกระแสดลม (Sea salt) (Herrera *et al*, 2010) อีกทั้งบริเวณพื้นที่ชายฝั่งทะเลอ่าวไทยอยู่ติดกับพื้นที่กรุงเทพมหานครเกลือทะเลจึงมีอิทธิพลต่ออนุภาคในบรรยากาศ

4) ความเข้มข้นของโซเดียมจากฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร ระหว่างฤดูแล้งกับฤดูฝนของแต่ละพื้นที่การศึกษา

ความเข้มข้นของโซเดียมจากฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร ระหว่างฤดูแล้งกับฤดูฝนของแต่ละพื้นที่การศึกษา ในปี พ.ศ.2553-2554 เมื่อพิจารณาค่าความแตกต่างระหว่างช่วงฤดูแล้งกับช่วงฤดูฝน พบว่าช่วงฤดูฝนมีค่าความเข้มข้นของโซเดียมลดลงกว่าร้อยละ 43 เมื่อเปรียบเทียบกับฤดูแล้ง เนื่องจากน้ำฝนมีส่วนช่วยในการชะล้างมลสารที่ละลายน้ำได้ในบรรยากาศ ส่งผลให้ค่าความเข้มข้นของมลสารลดลงในช่วงฤดูฝน โซเดียมเป็นองค์ประกอบของเกลือทะเล เป็นละอองไอพัฒนามาตามกระแสดลม

5) ความเข้มข้นของแอมโมเนียจากฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร ระหว่างฤดูแล้งกับฤดูฝนของแต่ละพื้นที่การศึกษา

ความเข้มข้นของแอมโมเนียจากฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร ระหว่างฤดูแล้งกับฤดูฝนของแต่ละพื้นที่การศึกษา ในปี พ.ศ.2553-2554 เมื่อพิจารณาค่าความแตกต่างระหว่างช่วงฤดูแล้งกับช่วงฤดูฝน พบว่าช่วงฤดูฝนมีค่าความเข้มข้นของแอมโมเนียลดลงกว่าร้อยละ 57 เมื่อเปรียบเทียบกับฤดูแล้ง เนื่องจากน้ำฝนมีส่วนช่วยในการชะล้างมลสารที่ละลายน้ำได้ในบรรยากาศ ส่งผลให้ค่าความเข้มข้นของมลสารลดลงในช่วงฤดูฝน แอมโมเนียม ที่พบในบรรยากาศส่วนใหญ่จะอยู่ในรูปของแอมโมเนียมซัลเฟตและแอมโมเนียมไนเตรท (Srimuruganandam *et al*, 2011) ทั้งนี้แอมโมเนียอาจถูกปลดปล่อยออกมาจากแหล่งกำเนิดหลายประเภทได้แก่ ภาคการเกษตรอุตสาหกรรมผลิตปุ๋ยเคมี การย่อยสลายของเสียของสัตว์ และแหล่งกำเนิดจากถนนรวมทั้งยานพาหนะ เป็นต้น

6) ความเข้มข้นของโพแทสเซียมจากฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร ระหว่างฤดูแล้ง กับฤดูฝนของแต่ละพื้นที่การศึกษา

ความเข้มข้นของโพแทสเซียมจากฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร ระหว่างฤดูแล้ง กับฤดูฝนของแต่ละพื้นที่การศึกษา ในปี พ.ศ.2553-2554 เมื่อพิจารณาค่าความแตกต่างระหว่างช่วง ฤดูแล้งกับช่วงฤดูฝน พบว่าช่วงฤดูฝนมีค่าความเข้มข้นของแอมโมเนียลดลงกว่าร้อยละ 46 เมื่อเปรียบเทียบกับฤดูแล้ง เนื่องจากน้ำฝนมีส่วนช่วยในการชะล้างมลสารที่ละลายน้ำได้ในบรรยากาศ ส่งผลให้ค่าความเข้มข้นของมลสารลดลงในช่วงฤดูฝน ( Zhenxing *et al*, 2009) โพแทสเซียมเป็น องค์ประกอบหลักของการเผาไหม้ของสารชีวมวล อีกทั้งยังเป็นองค์ประกอบของแร่ธาตุที่อยู่ในดิน

7) ความเข้มข้นของแคลเซียมจากฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร ระหว่างฤดูแล้งกับ ฤดูฝนของแต่ละพื้นที่การศึกษา

ความเข้มข้นของแคลเซียมจากฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร ระหว่างฤดูแล้งกับ ฤดูฝนของแต่ละพื้นที่การศึกษา ในปี พ.ศ.2553-2554 เมื่อพิจารณาค่าความแตกต่างระหว่างช่วงฤดู แล้งกับช่วงฤดูฝน พบว่าช่วงฤดูฝนมีค่าความเข้มข้นของแอมโมเนียลดลงกว่าร้อยละ 32 เมื่อเปรียบเทียบกับฤดูแล้ง เนื่องจากน้ำฝนมีส่วนช่วยในการชะล้างมลสารที่ละลายน้ำได้ในบรรยากาศ ส่งผลให้ค่าความเข้มข้นของมลสารลดลงในช่วงฤดูฝน แคลเซียมเป็นวัตถุดิบเปลือกนอกของโลก มาจากดินหรือหิน (Tsitourdiou *et al*, 2003) การปลดปล่อยฝุ่นละอองของแร่ธาตุทางธรณีวิทยาจะ พบว่าขึ้นอยู่กับปัจจัยทางสภาพอุตุนิยมวิทยา เช่น ความเร็วลมและการตกของฝน ซึ่งในพื้นที่เขต เมืองเกิดขึ้นจากการเกินบนถนนหรือการสัญจรของรถยนต์บนถนนที่ไม่ได้ลาดยาง ส่วนในพื้นที่ เขตชนบทเกิดจากการไถพรวนดินแล้วมีลมพัดผ่านเหนือพื้นดิน ส่งผลให้อนุภาคดังกล่าวแขวนลอย ในอากาศ

อนุภาคของ ไนเตรต โซเดียม คลอไรด์ แอมโมเนีย และแคลเซียม ที่มีศักยภาพเป็นแกน กลั่นตัวที่ดี ( ฝ่ายปฏิบัติการฝนหลวง,2540) ที่เอื้อต่อการเกิดฝน สารไอออนิกฝุ่นละอองขนาดไม่ เกิน 10 ไมโครเมตรเป็นอนุภาคที่มีขนาดเล็กเกินไปที่จะเป็นอนุภาคแกนกลั่นตัวที่ดีที่อื่นต่อการเกิด ฝน ซึ่งขนาดอนุภาคตั้งแต่ 5-10 ไมโครเมตร เป็นเพียงการเพิ่มกระบวนการเปลี่ยนแปลงโดย ธรรมชาติภายในเมฆ แต่ไม่เกิดการก่อตัวของเมฆและตกลงมาเป็นฝนได้

### 3 สัดส่วนของสารไอออนิกในฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร

1.3 สัดส่วนความเข้มข้นความเข้มข้นของสารไอออนิกในฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร แบ่งตามพื้นที่

สัดส่วนความเข้มข้นของสารไอออนิกในฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร ต่อปริมาณสารไอออนิกทั้งหมด จากพื้นที่ศึกษา ตั้งแต่ปีพ.ศ.2553-2554 พบว่าเป็นไปในทิศทางเดียวกัน โดยสามารถแบ่งกลุ่มของสารไอออนิกตามแหล่งที่มาได้ดังนี้

(1) กลุ่มสารไอออนิกจากการจราจร ซึ่งเกิดจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงของเครื่องยนต์จากมลสาร<sup>1</sup>ในบรรยากาศ ได้แก่ ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ และ ไนโตรเจนออกไซด์ (Scinfeid, 1998) เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน โดยมีแสงเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ทำให้สารเปลี่ยนสถานะเป็นอนุภาคในรูปของ ซัลเฟต และไนเตรท ซึ่งคิดเป็นสัดส่วนกว่าร้อยละ 60 และ 50 ในปี พ.ศ.2553 และ ปี 2554 (ตามลำดับ)

(2) กลุ่มสารไอออนิกจากสถานะของเปลือกโลก ซึ่งเป็นฝุ่นถนนที่เกิดจากการฟุ้งกระจายของฝุ่นละอองจากดินและกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับการก่อสร้างอาคาร ได้แก่ โปแทสเซียม และแคลเซียม ที่เป็นองค์ประกอบของสารแร่ธาตุในดินและหิน ซึ่งคิดเป็นสัดส่วนกว่าร้อยละ 20 และ 25 ในปี พ.ศ.2553 และ ปี 2554 (ตามลำดับ)

(3) กลุ่มสารไอออนิกจากละอองไอทะเล (Sea-salt) ซึ่งเป็นอนุภาคที่เกิดจากอิทธิพลของการพัดพาของละอองไอทะเล ทั้งนี้เนื่องจากกรุงเทพเป็นพื้นที่ที่อยู่ใกล้พื้นที่ชายฝั่งอาจได้รับผลจากการพัดพาละอองไอทะเลที่มีองค์ประกอบของ โซเดียม และคลอไรด์ ซึ่งคิดเป็นสัดส่วนกว่าร้อยละ 19 และ 16 ในปี พ.ศ.2553 และ ปี 2554 (ตามลำดับ)

### ข้อเสนอแนะ

1. ควรมีการศึกษาในฝุ่นละอองที่มีขนาดที่แตกต่างกัน เช่น ฝุ่นละอองรวม (TSP) ฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 2.5 ไมโครเมตร (PM 2.5) เพื่อให้ทราบถึงความแตกต่างของปริมาณความเข้มข้นของสารไอออนิกจากฝุ่นที่มีขนาดต่างกัน

2. ในขั้นตอนการเตรียมตัวอย่างหลังจากการกรองสารด้วยกระดาษกรองแล้วควรมีการตรวจวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง เพื่อใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการประเมินค่าความเป็นกรด-ด่างของฝุ่นละอองที่นำมาวิเคราะห์

3. ควรมีการศึกษาจากพื้นที่ที่มีแหล่งกำเนิดของสารมลพิษที่แตกต่างกัน ได้แก่ เขตโรงงานอุตสาหกรรม เขตพื้นที่ชุมชนแออัด เขตพื้นที่ชนบท เขตพื้นที่ในเมืองและนอกเมือง เพื่อเปรียบเทียบถึงความแตกต่างได้อย่างชัดเจนยิ่งขึ้นและควรมีการนำแบบจำลองทางคณิตศาสตร์มาใช้ในการศึกษาเพื่อหาแนวโน้มของแหล่งกำเนิด เช่น แบบจำลองการรับสาร (Receptor model)

## เอกสารและสิ่งอ้างอิง

- กัลยากร ตั้งอุไรวรรณ. 2549. การเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นและองค์ประกอบทางเคมีของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร ในจังหวัดสมุทรปราการ.วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- จิราภรณ์ ทิพคุณ. 2551. การเปลี่ยนแปลงสารที่เป็นแกนกลั่นตัวตามชั้นบรรยากาศในเขตเมือง . วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- นิตยา วัจนะภูมิ. 2551. มลพิษอากาศและสุขภาพเด็ก. คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- นพภาพร พานิช. 2553.ตำราระบบบำบัดมลพิษอากาศ. กรมโรงงานอุตสาหกรรม.กระทรวงอุตสาหกรรม, กรุงเทพฯ.
- มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 2553.รายงานการติดตามตรวจสอบคุณภาพสิ่งแวดล้อม ประจำปี 2553 ของระบบขนส่งมวลชนกรุงเทพ ครั้งที่ 1.วิทยาลัยสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- ชัยภัตสรส์ ทองเย็น. 2552. ความเข้มข้นของฝุ่นละอองแต่ละขนาดในพื้นที่กรุงเทพมหานคร. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ดิเรก ชูวิเชียร. 2552. การเปรียบเทียบสมรรถนะระหว่างรถบรรทุกขนาดใหญ่ที่ใช้น้ำมันดีเซลและก๊าซธรรมชาติเป็นเชื้อเพลิง. วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม ปีที่ 5 ฉบับที่ 2
- ศิริกัลยา สุวจิตตานนท์, วิวัฒน์ ตัณฑะพานิชกุล, ชิกาโอะ กานาโอะกะ และจุฑามาศ เกตุทัต. 2542. มลภาวะอากาศ. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ชลาสัย รุ่งเรือง. 2551.ประสิทธิภาพการลดความเข้มข้นฝุ่นละอองแขวนลอยรวม (TSP) และฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 10 ไมโครเมตร (PM<sub>10</sub>) โดยการฉีดละอองน้ำแรงดันสูงบริเวณใต้สถานีรถไฟฟ้ากรุงเทพมหานคร.วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

พงษ์เสวต สุวรรณธานี. 2545. การจำแนกสัดส่วนแหล่งกำเนิดของอนุภาคมลสารรวมทั้งหมดในพื้นที่กรุงเทพมหานคร. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

หำมะเลียง เขาว์ธรรม. 2552. ผลของอุตุนิยมวิทยาที่มีต่อความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 10 ไมโครเมตรตามแนวระดับความสูงในเขตเมือง.วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

วัชรเดช ไทยวัฒน์. 2552. การทำนายการกระจายตัวของฝุ่นละอองจากโครงการก่อสร้างขนาดใหญ่เพื่อการประเมินค่าดัชนีคุณภาพอากาศ.วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

วงศ์พันธ์ ลิมปเสนีย์ ,นิตนา มหาผล และ ชีระ เกรอต. 2543. มลภาวะทางอากาศ. พิมพ์ครั้งที่ 1 สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพมหานคร.

ภิญโญ มานะเสถียร. 2545 .ฟลักซ์การสะสมของโลหะในกรุงเทพมหานคร.วิทยานิพนธ์ปริญญาโท , มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ธิดารัตน์ . แก้วประสงค์ 2550. ผลของอุณหภูมิต่อความชื้นสัมพัทธ์ ปริมาณการจราจรต่อความเข้มข้นของสารกรดในบรรยากาศบริเวณการจราจรหนาแน่น. วารสารวิจัยและพัฒนา มจร. ฉบับพิเศษ ปี 30

มงคล ราชะราคร. 2550.การวิเคราะห์เพื่อหาสารมลพิษทางอากาศในฝุ่นละออง จังหวัดเชียงใหม่และลำพูน.สภาการวิจัยวิทยาศาสตร์แห่งชาติ

ศิริกัลยา สุวจิตตานนท์, วิวัฒน์ ตัฒชะพานิชกุล, ชีลาโอะ คานาโอะกะ และจุฑามาศ เกตุทัต. 2542. มลภาวะอากาศ. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ศิริวรรณ แก้วงาม, 2543. **สัณฐานและองค์ประกอบธาตุของฝุ่นละอองที่มีขนาดเล็กกว่า 10 ไมโครเมตร.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

Aslam, M.U. HH. Masjuki, MA. Kalam, H. Abdesselam, TMI. Mahlia and MA. Amalina. 2006. An Experimental Investigation of CNG as an alternative Fuel for a Retrofitted Gasoline Vehicle. **Fuel** 85, 717 – 724

Balat, M. 2008. Potential Importance of Hydrogen as a Future Solution to Environmental and Transportation Problems. **International Journal of Hydrogen Energy.**

Chan, Y. C., Simpson, R.W., Mctanins, G.H., and Vowles P.D. 1997. Characterization of chemical species in PM2.5 and PM10 aerosols in Brisbane,Australia..Atmospheric Environment.

Chen, Y.Y. and W.W.G. Lee. 1999. Hygroscopic properties of inorganic-salt aerosol with surface-active organic compound. **Chemosphere** 38 (10): 2431-2448.

Decesari, S., M.C. Facchini, E. Matta, M. Mircea, S. Fuzzi, A.R. Chughtai and D.M. Smith. 2002. Water soluble organic compounds formed by oxidation of soot. **Atmospheric Environment** 36: 1827-1832.

Seinfeld J H., Pandis S N., 1998. Atmospheric chemicatry and physic : from air pollution to climate chang .Newyork :Jonal Wiley&Sci

Sen-chao L.,Z Shi-chun. 2007.Characterizing ionic species in PM2.5 and PM10 in four Peral River Delta cities south Chinaa .**Environment Science** 19:939-947

Srimuruganandam B.,Shiva S.M. 2011.Characteristic of particulate matter and heterogeneous traffic in urban are of India. **Atmospheric Environment** 45:3091-3102

- Tsitouridou, R., D.Voutsas, Th.Kouimtzis. 2003. Ionic Composition of PM10 in the area of Thessaloniki,Greece .**Chemospheres** 52 :883-821
- Harrison, R.M., Jonea, A. M., and Lawrence,R.G.2004. Major component composition of PM10 and PM2.5 from roadside and urban background site. **Atmospheric Environment** 38:45313-4538
- Hildemann,L.M., Markowski, G.R.,Jones, M.C., and Cass, G.R.1991.Submicrometer aerosol mass distribution of emission from boiler,fireplace, automobiles, diesel, truck and meat-cooking operations. **Aerosol Science Technology** 14 :138-152
- Herrera,J.M., and Rogas,J.F.2010. Concentration of PM10 in Metropolitan Area of Costa Rica , Central American : Chemical composition and potential sources. **Atmosfersa** 23:307-323
- Kerminen, V.M. 1996. The effects of particle chemical character and atmosphere process on particle hygroscopic properties. **Aerosol Sci.** 28(1): 121-132.
- Lin, L., D.Ying, S.Chaitap and S.Vittayapadung. 2008. Biodeisel Production from Crude Rice Bran Oil and Properties as Fuel. **Applied Energy**. Article in Press.
- Murillo, S., J.L. Miguez, J. Porteiro, L.M. Lopez Gonzalez, E. Granada and J.C. Moran. 2005. LPG : Pollutant Emission and Performance Enhancement for Spark-Ignition Four Strokes Outboard Engines. **Applied Thermal Engineering** 25, 1882 – 1893.
- Niven, R.K. 2005. Ethanol in Gasoline : Environmental Impacts and Sustainability Review Article. **Renewable and Sustainable Energy Reviews** 9, 535 – 555.

- Wallace, L., and Slonecker, T.1997. Ambient air concentration of fine (PM<sub>2.5</sub>) manganese in U.S. nation parks and in California and Canadian cities : The possible impact of adding MMT to unlead gasoline .**Air and Waste Management Association** 47:642-652.
- Wangkiat, A.2002.Source receptor modeling of particulate matter in Mae Moh area. Doctor of philosophy s dissertation The joint graduate school of energy and environment King Mongkut s University of Technology Thonburi
- Watson,J. G., Chow,J. C., Lowenthal,L.C., Pritchett, C.A., Frazier, C.A., Neuroth, G.R., and Robbins, R.1994. Difference in the carbon composition of source profile for diesel and gasoline- powered vehicles. **Atmospheric Environment** 28:2493-2505
- Yin, J., Allen, A.G., Harrison, R. M., Jennings, S. G., Wright, E., Fitzpatrick,M., Healy, T., Barry, E., Ceburnis,D., and Mccusker, D.2005. Major component composition of urban PM<sub>10</sub> and PM<sub>2.5</sub> in Ireland. **Atmospheric Environmenttal** 78:149-165
- Zhenxing S.,Junji and C.,Richad.2009.Ionic composition of TSP and PM<sub>2.5</sub> during dust storms and air pollution episodes at Xi'an China .**Atmospheric Environment** 43 :2911-2918





ตารางผนวกที่ ก1 ความเข้มข้นของสารไอออนิกในฝุ่นขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร จากบริเวณ  
สถานีรถไฟฟ้าสาลาแดง

No	Lot No.	Sampling Data	Air Volume	PM10	ความเข้มข้นของสารไอออนิก (ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)						
					Na <sup>+</sup>	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Ca <sup>+</sup>	Cl <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>
1	1	21-22/01/2010	1891.08	109.20	0.52	0.10	0.71	0.13	1.01	0.18	2.05
2	1	22-23/01/2010	1608.25	156.69	0.76	0.09	1.36	0.43	1.39	0.27	5.97
3	1	23-24/01/2010	1676.88	126.84	0.65	0.11	2.00	0.34	0.71	0.58	3.87
4	1	24-25/01/2010	1715.00	106.41	0.58	ND	0.95	0.29	0.83	0.30	3.26
5	1	25-26/01/2010	1753.57	138.46	0.69	0.15	1.87	0.24	0.47	4.71	5.88
6	2	23-24/03/2010	1523.88	45.34	0.33	0.13	1.00	0.09	0.49	0.13	1.09
7	2	24-25/03/2010	1651.05	77.65	0.44	0.04	0.61	0.15	0.06	0.15	0.44
8	2	25-26/03/2010	1615.68	105.59	0.61	0.12	1.03	0.31	0.53	0.52	2.26
9	2	26-27/03/2010	1580.25	122.70	0.68	0.10	1.56	0.24	0.68	0.95	3.08
10	2	27-28/03/2010	1631.37	291.72	0.96	0.14	2.75	0.37	0.55	1.44	6.99
11	3	28-29/07/2010	1725.84	72.95	0.39	0.05	0.76	0.18	0.61	0.23	1.43
12	3	29-30/07/2010	1449.26	59.48	0.38	ND	0.41	0.12	0.50	0.20	1.29
13	3	30-31/07/2010	1670.76	73.08	0.41	0.04	0.46	0.11	0.53	3.04	1.50
14	3	31/07-01/08/2010	1488.38	69.67	0.45	0.05	0.36	0.18	0.25	0.03	0.25
15	3	01-02/07/2010	1686.36	66.53	0.36	0.01	0.45	0.13	0.80	0.13	1.00
16	4	27-28/09/2010	1647.56	76.11	0.43	0.04	0.62	0.15	0.10	0.14	0.42
17	4	28-29/09/2010	1614.36	99.42	0.56	0.06	1.14	0.28	0.68	5.39	3.96
18	4	29-30/09/2010	1597.32	112.19	0.66	0.05	0.69	0.22	0.74	3.60	4.22
19	4	30/09-01/10/2010	1653.75	104.37	0.59	0.09	2.12	0.31	0.60	0.68	6.82
20	4	01-02/10/2010	1613.04	57.66	0.34	0.03	0.30	0.09	0.15	0.10	0.32

ตารางผนวกที่ ก2 ความเข้มข้นของสารไอออนิกในฝุ่นขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร จากบริเวณ  
สถานีรถไฟฟ้าง่อนนทบุรี

No	Lot No.	Sampling Data	Air Volume	PM10	ความเข้มข้นของสารไอออนิก (ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)						
					Na <sup>+</sup>	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Ca <sup>+</sup>	Cl <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>
1	1	21-22/01/2010	1376.78	140.98	0.88	0.06	1.33	0.39	0.76	4.96	6.98
2	1	22-23/01/2010	1488.47	128.86	0.76	0.11	1.53	0.28	0.40	0.96	5.37
3	1	23-24/01/2010	1399.08	95.28	0.62	0.07	1.51	0.35	1.05	5.51	4.08
4	1	24-25/01/2010	1513.44	131.88	0.77	0.05	0.95	0.33	0.93	3.93	5.55
5	1	25-26/01/2010	1919.52	116.80	0.55	0.08	1.90	0.24	0.14	0.55	1.34
6	2	28-29/03/2010	1360.71	175.35	1.04	0.11	2.04	0.45	1.12	1.11	6.80
7	2	29-30/03/2010	1331.52	160.57	1.00	0.67	3.41	0.37	0.30	7.34	11.12
8	2	30-31/03/2010	1331.52	99.36	0.66	0.07	0.99	0.34	0.20	0.35	1.56
9	2	31/03-01/04/2010	1461.57	95.03	0.57	0.08	1.21	0.27	1.25	0.23	2.44
10	2	01-02/04/2010	1085.24	96.48	0.80	0.07	1.28	0.28	0.75	6.76	5.53
11	3	28-29/07/2010	1716.00	65.56	0.32	0.07	0.92	0.17	0.62	0.17	1.18
12	3	29-30/07/2010	1349.04	85.91	0.57	0.06	1.21	0.29	0.18	0.23	0.60
13	3	30-31/07/2010	1576.80	109.84	0.65	0.08	1.09	0.23	0.14	0.38	1.24
14	3	31/07-01/08/2010	1342.61	47.97	0.38	0.01	0.68	0.08	0.52	0.18	1.20
15	3	01-02/08/2010	1406.22	56.89	0.38	0.04	0.80	0.13	0.63	0.13	1.17
16	4	27-28/09/2010	1598.04	78.60	0.47	ND	0.79	0.18	0.76	0.21	2.75
17	4	28-29/09/2010	1576.80	75.79	0.45	0.07	0.93	0.24	1.04	0.21	1.81
18	4	29-30/09/2010	1594.32	91.32	0.52	0.05	0.73	0.18	0.08	0.24	0.82
19	4	30/09-01/10/2010	1611.84	82.82	0.47	0.04	0.55	0.12	0.07	0.14	0.36
20	4	01-02/09/2010	855.96	75.70	0.83	0.07	1.16	0.27	0.64	8.15	5.84

ตารางผนวกที่ ก3 ความเข้มข้นของสารไอออนิกในฝุ่นขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร จากบริเวณ  
สถาบันการบินพลเรือน

No	Lot No.	Sampling Data	Air Volume	PM10	ความเข้มข้นของสารไอออนิก (ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)						
					Na <sup>+</sup>	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Ca <sup>+</sup>	Cl <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>
1	1	03-04/02/2010	1517.49	40.00	0.81	0.06	0.61	0.34	0.54	4.10	5.78
2	1	04-05/02/2010	1634.16	36.72	0.64	0.05	0.62	0.26	0.29	3.52	4.80
3	1	05-06/02/2010	1478.40	54.25	0.73	0.07	0.76	0.27	0.39	4.07	5.50
4	1	06-07/02/2010	1616.69	49.30	0.80	0.06	0.55	0.27	0.30	3.51	5.41
5	1	07-08/02/2010	1764.00	33.50	0.55	0.04	0.44	0.20	0.76	2.85	3.68
6	2	23-24/03/2010	1236.00	40.45	0.84	0.06	0.68	0.31	0.12	0.12	0.72
7	2	24-25/03/2010	1321.74	35.48	0.68	0.06	0.53	0.27	0.12	0.11	0.61
8	2	25-26/03/2010	1380.72	49.10	0.66	0.06	0.59	0.22	0.10	0.09	0.56
9	2	26-27/03/2010	1336.39	87.32	0.75	0.27	1.94	0.24	0.09	0.32	0.91
10	2	27-28/03/2010	1497.42	108.99	0.86	1.08	3.42	0.32	0.08	0.54	1.21
11	3	27-28/07/2010	1266.90	27.78	0.37	0.09	1.05	0.09	0.60	0.19	1.39
12	3	28-29/07/2010	1479.09	29.82	0.36	0.09	0.84	0.10	0.66	0.18	2.82
13	3	29-30/07/2010	1380.72	56.20	0.42	0.12	1.13	0.20	0.79	0.24	1.52
14	3	30-31/07/2010	1323.48	56.52	0.38	0.05	0.82	0.11	0.57	0.13	0.96
15	3	31/07-01/08/2010	1465.56	60.32	0.34	0.08	0.94	0.13	0.49	0.14	0.90
16	4	02-03/10/2010	1236.00	47.57	0.38	0.06	0.54	0.09	0.31	0.23	1.12
17	4	03-04/10/2010	1447.62	53.74	0.60	0.09	0.78	0.26	0.35	0.21	1.02
18	4	04-05/10/2010	1412.10	43.27	0.59	ND	0.64	0.21	0.41	0.53	4.00
19	4	05-06/10/2010	1501.02	42.24	0.59	0.04	0.61	0.24	0.42	0.59	4.30
20	4	06-07/10/2010	1433.70	96.32	0.58	0.00	0.96	0.32	0.38	1.17	4.76

ตารางผนวกที่ ก4 ความเข้มข้นของสารไอออนิกในฝุ่นขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร จากบริเวณ  
โรงเรียนแสงหิรัญ

No	Lot No.	Sampling Data	Air Volume	PM10	ความเข้มข้นของสารไอออนิก (ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)						
					Na <sup>+</sup>	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Ca <sup>+</sup>	Cl <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>
1	1	05-06/02/2010	1724.43	36.01	0.72	0.24	1.22	0.20	0.08	4.33	6.38
2	1	06-07/02/2010	1909.44	40.33	0.62	0.30	1.17	0.12	0.19	6.04	3.40
3	1	07-08/02/2010	1302.50	36.01	0.83	0.14	0.84	0.21	0.59	5.49	5.00
4	1	08-09/02/2010	1884.96	47.96	0.58	0.16	0.94	0.15	0.16	4.02	4.85
5	1	09-10/02/2010	2203.20	97.68	0.46	0.04	0.47	0.26	0.55	2.50	2.31
6	2	23-24/03/2010	1651.05	41.06	0.57	0.04	0.70	0.22	0.10	0.09	0.48
7	2	24-25/03/2010	1689.12	28.89	0.59	0.17	1.23	0.14	0.03	0.17	0.62
8	2	25-26/03/2010	1687.74	62.27	0.71	0.60	3.05	0.25	0.04	0.18	1.10
9	2	26-27/03/2010	1438.20	67.24	0.77	0.06	0.74	0.30	0.15	0.11	0.79
10	2	27-28/03/2010	1689.12	107.39	0.56	0.06	0.59	0.25	0.10	0.10	0.57
11	3	28-29/07/2010	1540.98	29.40	0.39	0.03	0.75	0.14	0.66	0.15	0.95
12	3	29-30/07/2010	1689.12	47.84	0.34	0.04	0.66	0.13	0.53	0.11	1.17
13	3	30-31/07/2010	1651.05	42.88	0.34	0.06	0.67	0.14	0.53	0.12	1.10
14	3	31/07-01/08/2010	1670.76	43.33	0.38	0.05	0.69	0.17	0.48	0.19	1.42
15	3	01-02/08/2010	1652.40	30.74	0.36	0.05	0.61	0.11	0.46	0.19	1.08
16	4	02-03/10/2010	1669.40	19.11	0.55	0.00	0.20	0.14	0.38	0.18	1.32
17	4	03-04/10/2010	1530.00	18.95	0.45	0.02	0.26	0.21	0.35	0.25	1.31
18	4	04-05/10/2010	1577.67	17.18	0.49	0.01	0.29	0.21	0.28	0.32	1.19
19	4	05-06/10/2010	1689.12	30.55	0.44	0.04	0.34	0.17	0.24	0.30	1.20
20	4	06-07/10/2010	1615.68	47.97	0.77	0.22	1.05	0.26	0.24	1.11	2.97

ตารางผนวกที่ ก5 ความเข้มข้นของสารไอออนิกในฝุ่นขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร จากบริเวณ  
โรงเรียนกรุงเทพคริสเตียน

No	Lot No.	Sampling Data	Air Volume	PM10	ความเข้มข้นของสารไอออนิก (ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)						
					Na <sup>+</sup>	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Ca <sup>+</sup>	Cl <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>
1	1	05-06/02/2010	1708.92	41.66	0.60	0.05	0.37	0.18	0.53	3.27	3.27
2	1	06-07/02/2010	1974.61	25.78	0.50	0.04	0.28	0.15	0.27	2.88	2.77
3	1	07-08/02/2010	1540.00	25.78	0.62	0.06	0.31	0.20	0.75	3.58	2.90
4	1	08-09/02/2010	1740.19	33.67	0.61	0.06	0.38	0.24	0.49	3.62	3.59
5	1	09-10/02/2010	1629.25	37.81	0.67	0.07	0.46	0.25	0.61	3.82	3.90
6	2	23-24/03/2010	1545.30	25.69	0.54	0.03	0.34	0.17	0.12	0.05	0.51
7	2	24-25/03/2010	1652.73	16.88	0.38	0.04	0.20	0.09	0.11	0.02	0.31
8	2	25-26/03/2010	1515.36	39.86	0.54	0.05	0.43	0.21	0.21	0.17	0.77
9	2	26-27/03/2010	1380.92	66.26	0.67	0.14	1.20	0.24	0.14	0.24	0.82
10	2	27-28/03/2010	1543.50	70.94	0.74	0.32	1.81	0.24	0.10	0.43	0.84
11	3	27-28/07/2010	1672.56	39.28	0.42	0.05	0.61	0.19	0.70	0.26	1.56
12	3	28-29/07/2010	1615.59	36.52	0.41	0.06	0.75	0.14	0.76	0.90	1.08
13	3	29-30/07/2010	1422.96	53.83	0.49	0.09	0.94	0.23	1.03	0.21	1.91
14	3	30-31/07/2010	1380.92	49.39	0.48	0.07	0.82	0.23	0.94	0.17	1.66
15	3	31/07-1/08/2010	1396.50	41.96	0.43	0.04	0.63	0.22	0.83	0.22	1.29
16	4	27-28/09/2010	1672.56	40.24	0.47	0.17	0.61	0.15	0.03	0.42	1.18
17	4	28-29/09/2010	1559.88	33.91	0.55	0.17	0.62	0.14	0.29	0.40	1.65
18	4	29-30/09/2010	1681.68	50.49	0.52	0.14	ND	0.14	0.28	0.50	1.16
19	4	30/09-1/10/2010	1599.85	49.44	0.61	0.04	0.64	0.15	0.39	0.46	1.05
20	4	01-02/10/2010	1635.38	24.52	0.33	ND	0.61	0.48	0.29	0.17	0.48

ตารางผนวกที่ ก6 ความเข้มข้นของสารไอออนิกในฝุ่นขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร จากบริเวณ  
โรงพยาบาลเซ็นหลุสย์

No	Lot No.	Sampling Data	Air Volume	PM10	ความเข้มข้นของสารไอออนิก (ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)						
					Na <sup>+</sup>	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Ca <sup>+</sup>	Cl <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>
1	1	21-22/01/2010	1933.14	57.32	0.50	0.05	0.41	0.17	0.41	2.95	2.94
2	1	22-23/01/2010	1813.67	46.76	0.61	0.06	0.46	0.23	0.40	3.41	0.03
3	1	23-24/01/2010	1823.36	33.35	0.47	0.05	0.35	0.17	0.65	2.98	2.37
4	1	24-25/01/2010	1774.08	50.62	0.54	0.06	0.49	0.20	0.68	3.33	3.27
5	1	25-26/01/2010	1598.63	75.82	0.69	0.07	0.91	0.34	0.80	4.56	0.00
6	2	23-24/03/2010	1595.73	50.70	0.93	1.05	3.13	0.31	0.08	0.77	1.19
7	2	24-25/03/2010	1280.40	28.66	0.98	0.08	0.90	0.39	0.12	0.15	1.03
8	2	25-26/03/2010	1457.82	44.04	0.55	0.06	0.38	0.18	0.11	0.15	0.91
9	2	26-27/03/2010	1532.58	89.33	0.63	0.06	0.62	0.22	0.13	0.07	0.47
10	2	27-28/03/2010	1474.56	110.54	0.91	0.56	2.26	0.22	0.08	0.12	0.62
11	3	27-28/07/2010	1744.17	20.81	0.35	0.06	0.62	0.12	0.57	0.14	1.05
12	3	28-29/07/2010	1294.95	35.14	0.42	0.08	0.82	0.14	0.68	0.14	1.32
13	3	29-30/07/2010	1495.20	37.39	0.40	0.05	0.67	0.13	0.66	0.12	0.95
14	3	30-31/07/2010	1682.10	25.50	0.35	0.03	0.68	0.11	0.63	0.11	1.06
15	3	31/07-1/08/2010	1290.24	30.69	0.39	0.11	0.85	0.11	0.74	0.15	1.86
16	4	02-03/10/2010	1335.96	27.02	0.34	0.02	0.40	0.10	0.28	0.18	0.47
17	4	03-04/10/2010	1882.92	33.62	0.27	0.03	0.36	0.06	0.23	0.10	0.40
18	4	04-05/10/2010	1707.02	38.25	0.34	0.05	0.64	0.14	0.27	0.31	1.06
19	4	05-06/10/2010	1700.79	35.57	0.35	0.02	0.28	0.07	0.25	0.22	0.77
20	4	06-07/10/2010	1290.24	56.35	0.70	0.16	1.61	0.31	0.35	1.17	2.34



ตารางผนวกที่ ข1 ความเข้มข้นของสารไอออนิกในฝุ่นขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร จากบริเวณ  
สถานีรถไฟฟ้าศาลาแดง

No	Lot No.	Sampling Data	Air Volume	PM10	ความเข้มข้นของสารไอออนิก (ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)						
					Na <sup>+</sup>	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Ca <sup>+</sup>	Cl <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>
1	1	28-29/01/2011	1597.53	82.63	0.50	0.26	1.55	0.27	0.64	0.44	1.25
2	1	29-30/01/2011	1563.54	96.38	0.56	0.36	1.74	0.33	0.60	0.48	1.50
3	1	30-31/01/2011	1614.53	110.43	0.53	0.72	0.02	0.30	0.58	0.64	2.34
4	1	31/01-1/02/2011	1699.50	133.80	0.54	0.55	2.24	0.35	0.70	0.71	2.67
5	1	01-02/02/2011	1767.48	143.82	0.57	0.52	2.09	0.25	0.62	0.40	2.52
6	2	07-08/04/2011	1497.83	55.68	0.37	0.19	0.57	0.12	0.45	0.47	0.93
7	2	08-09/04/2011	1580.54	84.97	0.55	0.51	1.08	0.23	0.41	1.77	4.08
8	2	09-10/04/2011	1481.96	105.54	0.67	0.41	1.22	0.29	0.48	1.46	4.21
9	2	10-11/04/2011	1563.54	71.95	0.65	0.37	1.11	0.26	0.46	0.79	4.34
10	2	11-12/04/2011	1554.48	62.98	0.66	0.36	1.08	0.29	0.70	0.88	4.48
11	3	25-26/07/2011	1749.13	67.00	0.46	0.07	0.00	0.09	0.41	0.12	0.17
12	3	26-27/07/2011	1614.53	80.89	0.40	0.13	0.22	0.19	0.67	0.19	1.60
13	3	27-28/07/2011	1671.18	60.32	0.35	0.12	0.29	0.18	0.41	0.15	1.48
14	3	28-29/07/2011	1512.56	55.73	0.31	0.01	0.27	0.16	0.47	0.11	0.72
15	3	29-30/07/2011	1523.89	51.38	0.39	0.08	0.39	0.21	0.48	0.15	1.29
16	4	03-04/10/11	1710.41	69.22	0.42	0.31	0.35	0.31	0.08	0.15	3.10
17	4	04-05/10/11	1666.45	87.97	0.17	0.61	0.65	0.23	0.08	0.15	2.62
18	4	05-06/10/11	1706.63	55.02	0.12	0.48	0.53	0.16	0.06	0.10	1.85
19	4	06-07/10/11	1686.54	54.67	0.12	0.46	0.58	0.15	0.08	0.12	1.99
20	4	07-08/10/11	1706.63	27.83	0.11	0.46	0.57	0.14	0.08	0.12	1.96

ตารางผนวกที่ ข2 ความเข้มข้นของสารไอออนิกในฝุ่นขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร จากบริเวณ  
สถานีรถไฟฟ้าชองนนทรี

No	Lot No.	Sampling Data	Air Volume	PM10	ความเข้มข้นของสารไอออนิก (ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)						
					Na <sup>+</sup>	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Ca <sup>+</sup>	Cl <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>
1	1	28-29/01/2011	1681.92	122.95	0.57	0.50	2.58	0.21	0.39	0.45	3.31
2	1	29-30/01/2011	1592.55	92.30	0.52	0.37	2.03	0.31	0.49	0.63	1.76
3	1	30-31/01/2011	1569.48	99.84	0.58	0.29	2.02	0.19	0.48	0.37	2.24
4	1	31/01-01/02/2011	1607.04	118.54	0.47	0.42	1.79	0.25	0.63	0.52	1.73
5	1	01-02/02/2011	1597.53	111.48	0.66	0.77	3.18	0.29	0.33	0.60	3.72
6	2	07-08/04/2011	1546.55	48.17	0.48	0.24	0.98	0.22	0.57	0.79	2.03
7	2	08-09/04/2011	1553.34	86.52	0.55	0.18	1.18	0.34	0.49	0.51	3.05
8	2	09-10/04/2011	1503.49	93.58	0.56	0.12	1.20	0.25	0.51	0.55	3.65
9	2	10-11/04/2011	1487.63	106.48	0.59	0.08	0.92	0.31	0.82	0.52	4.49
10	2	11-12/04/2011	1538.61	58.82	0.65	0.40	0.88	0.28	0.49	0.43	4.63
11	3	25-26/07/2011	1355.76	77.74	0.35	0.00	0.41	0.16	0.74	0.20	1.56
12	3	26-27/07/2011	1563.54	18.23	0.23	0.02	0.25	0.08	0.33	0.09	0.45
13	3	26-27/07/2011	1448.23	79.41	0.68	0.10	0.23	0.28	0.63	0.11	0.91
14	3	27-28/07/2011	1508.34	65.90	0.42	0.05	0.54	0.15	0.78	0.13	1.21
15	3	28-29/07/2011	1573.92	42.31	0.38	0.07	0.18	0.17	0.43	0.15	1.02
16	4	03-04/10/11	896.75	21.75	0.12	0.39	0.53	0.20	0.11	1.60	2.66
17	4	04-05/10/11	998.55	89.43	0.19	0.75	1.52	0.31	0.18	0.27	3.89
18	4	05-06/10/11	1081.12	81.67	0.16	0.60	1.91	0.26	2.66	0.21	3.38
19	4	06-07/10/11	1058.11	93.18	0.17	0.47	2.16	0.32	0.33	0.30	3.23
20	4	07-08/10/11	938.14	88.47	0.20	0.42	2.05	0.37	0.33	0.49	2.89

ตารางผนวกที่ ข3 ความเข้มข้นของสารไอออนิกในฝุ่นขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร จากบริเวณ  
สถาบันการบินพลเรือน

No	Lot No.	Sampling Data	Air Volume	PM10	ความเข้มข้นของสารไอออนิก (ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)						
					Na <sup>+</sup>	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Ca <sup>+</sup>	Cl <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>
1	1	28-29/01/2011	1719.36	67.70	0.51	0.34	1.86	0.27	0.39	0.50	1.68
2	1	29-30/01/2011	1550.64	104.60	0.54	0.45	1.81	0.33	0.76	0.52	1.93
3	1	30-31/01/2011	1471.68	106.61	0.59	0.53	2.18	0.18	0.53	0.44	2.18
4	1	31/01-1/02/2011	1631.52	108.06	0.60	0.72	2.79	0.29	0.50	0.63	3.51
5	1	01-02/02/2011	1432.95	103.84	0.68	0.68	2.59	0.24	0.50	0.45	3.73
6	2	07-08/04/2011	1495.56	66.66	0.66	1.04	2.14	0.27	0.16	1.84	5.60
7	2	08-09/04/2011	1563.54	68.56	0.86	0.84	1.75	0.32	0.14	1.22	5.99
8	2	09-10/04/2011	1591.87	79.84	0.58	0.48	1.21	0.22	0.20	1.09	3.53
9	2	10-11/04/2011	1580.54	68.39	0.72	0.57	1.39	0.26	0.16	0.97	5.25
10	2	11-12/04/2011	1546.55	60.52	0.74	0.48	1.15	0.28	0.50	0.92	4.62
11	3	25-26/07/2011	1563.54	54.49	0.28	0.00	0.47	0.15	0.40	0.13	1.19
12	3	26-27/07/2011	1126.25	88.97	0.41	0.05	0.66	0.23	0.68	0.20	1.86
13	3	27-28/07/2011	1584.00	54.86	0.39	0.06	2.59	0.10	0.42	0.14	1.14
14	3	28-29/07/2011	1251.90	15.66	0.32	0.71	0.41	0.22	0.47	0.12	0.76
15	3	29-30/07/2011	1529.55	29.36	0.34	0.08	0.35	0.21	0.71	0.12	1.04
16	4	03-04/10/11	1551.02	32.43	0.09	0.15	0.94	0.18	0.08	0.40	2.10
17	4	04-05/10/11	1602.12	66.97	0.13	0.23	0.96	0.17	0.08	0.19	2.99
18	4	05-06/10/11	1512.21	38.16	0.08	0.25	0.67	0.15	0.08	0.16	1.59
19	4	06-07/10/11	1514.19	42.93	0.12	0.26	0.60	0.14	0.05	0.13	1.43
20	4	07-08/10/11	1439.15	33.63	0.15	0.39	0.79	0.19	0.07	0.39	1.77

ตารางผนวกที่ ข4 ความเข้มข้นของสารไอออนิกในฝุ่นขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร จากบริเวณ  
โรงเรียนแสงหิรัญ

No	Lot No.	Sampling Data	Air Volume	PM10	ความเข้มข้นของสารไอออนิก (ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)						
					Na <sup>+</sup>	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Ca <sup>+</sup>	Cl <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>
1	1	28-29/01/2011	1712.16	76.34	0.46	0.14	1.04	0.14	0.38	0.28	0.90
2	1	29-30/01/2011	1722.24	32.98	0.47	0.25	1.03	0.09	0.37	0.28	1.04
3	1	30-31/1/2011	1738.17	67.20	0.43	0.17	0.97	0.09	0.32	0.25	0.87
4	1	31/1-01/02/2011	1719.48	86.94	0.58	0.34	1.64	0.15	0.64	0.50	1.89
5	1	01-02/02/2011	1794.24	95.14	0.56	0.34	1.79	0.17	0.48	0.57	2.19
6	2	07-08/04/2011	1625.86	48.41	0.65	0.49	1.21	0.21	0.14	1.05	3.64
7	2	08-09/04/2011	1597.53	47.39	0.74	0.72	1.10	0.39	0.40	0.89	6.43
8	2	09-10/04/2011	1515.95	49.21	0.67	0.85	1.67	0.23	0.17	1.34	4.86
9	2	10-11/04/2011	1529.55	42.04	0.67	0.33	1.09	0.23	0.17	0.52	5.25
10	2	11-12/04/2011	1495.56	33.97	0.52	0.26	0.76	0.18	0.57	0.33	2.64
11	3	25-26/07/2011	1630.76	40.23	0.33	0.05	0.30	0.15	0.43	0.15	1.34
12	3	26-27/07/2011	1954.08	40.07	0.35	0.07	0.46	0.20	0.44	0.15	1.42
13	3	27-28/07/2011	1696.32	57.36	0.32	0.07	0.50	0.13	0.74	0.25	2.09
14	3	28-29/07/2011	1672.61	38.98	0.32	0.06	0.49	0.15	0.46	0.14	1.43
15	3	29-30/07/2011	1553.37	37.27	0.35	0.00	0.36	0.12	0.58	0.11	1.29
16	4	03-04/10/11	1751.64	27.17	0.07	0.26	0.41	0.11	0.14	0.13	1.47
17	4	04-05/10/11	1821.74	34.09	0.11	0.41	0.66	0.13	0.06	0.13	2.85
18	4	05-06/10/11	1571.40	41.30	0.16	0.62	0.90	0.20	0.14	0.21	3.66
19	4	06-07/10/11	1614.87	30.10	0.16	0.84	1.07	0.24	0.05	0.09	3.03
20	4	07-08/10/11	1783.78	36.55	0.10	0.57	0.65	0.17	0.10	0.35	2.03

ตารางผนวกที่ ข5 ความเข้มข้นของสารไอออนิกในฝุ่นขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร จากบริเวณ  
โรงเรียนกรุงเทพคริสเตียน

No	Lot No.	Sampling Data	Air Volume	PM10	ความเข้มข้นของสารไอออนิก (ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)						
					Na <sup>+</sup>	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Ca <sup>+</sup>	Cl <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>
1	1	28-29/01/2011	1601.46	51.52	0.49	0.20	1.37	0.17	0.34	0.40	1.19
2	1	29-30/01/2011	1591.32	75.91	0.51	0.36	1.67	0.22	0.40	0.47	1.49
3	1	30-31/01/2011	1613.22	84.30	0.65	0.48	1.93	0.18	0.43	0.35	2.20
4	1	31/1-01/02/2011	1285.20	96.64	0.80	0.77	2.54	0.21	0.70	0.76	3.02
5	1	01-02/02/2011	1484.79	135.84	0.58	0.75	3.06	0.35	0.37	0.80	3.55
6	2	02-03/04/2011	1597.53	39.37	0.61	0.21	0.33	0.24	0.38	0.29	1.23
7	2	03-04/04/2011	1478.57	71.96	0.65	0.11	0.42	0.24	0.62	0.39	1.18
8	2	04-05/04/2011	1614.53	55.25	0.54	0.18	0.54	0.22	0.18	0.33	3.04
9	2	05-06/04/2011	1468.37	48.71	0.61	0.10	0.86	0.22	0.29	0.36	3.39
10	2	06-07/04/2011	1563.54	57.18	0.61	0.24	0.78	0.28	0.77	0.13	2.94
11	3	25-26/07/2011	1724.25	28.36	0.31	0.04	0.47	0.14	0.42	0.18	1.34
12	3	26-27/07/2011	1531.26	42.45	0.38	0.05	0.52	0.15	0.52	0.18	1.70
13	3	27-28/07/2011	1563.54	51.68	0.37	0.04	0.55	0.17	0.51	0.17	1.72
14	3	28-29/07/2011	1613.04	68.75	0.35	0.00	0.50	0.13	0.49	0.16	1.39
15	3	29-30/07/2011	1762.56	56.23	0.36	0.00	0.51	0.17	0.77	0.15	1.34
16	4	03-04/10/11	1791.01	20.94	0.12	0.57	0.58	0.14	0.06	0.15	3.10
17	4	04-05/10/11	2276.97	23.94	0.09	0.67	0.51	0.10	0.03	0.33	2.65
18	4	05-06/10/11	2121.74	45.76	0.12	0.87	0.67	0.13	0.04	0.09	3.70
19	4	06-07/10/11	2069.46	33.20	0.10	0.46	0.54	0.14	0.07	0.18	2.16
20	4	07-08/10/11	2090.20	50.52	0.10	1.10	1.51	0.16	0.09	0.65	2.73

ตารางผนวกที่ ข6 ความเข้มข้นของสารไอออนิกในฝุ่นขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร จากบริเวณ  
โรงพยาบาลเซ็นหลุสย์

No	Lot No.	Sampling Data	Air Volume	PM10	ความเข้มข้นของสารไอออนิก (ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)						
					Na <sup>+</sup>	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Ca <sup>+</sup>	Cl <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>
1	1	28-29/01/2011	1609.92	107.02	0.59	0.31	2.04	0.28	0.54	0.63	1.69
2	1	29-30/01/2011	1614.24	106.43	0.52	0.31	1.52	0.18	0.52	0.31	1.40
3	1	30-31/01/2011	1548.36	109.73	0.61	0.61	2.21	0.22	0.44	0.42	2.59
4	1	31/1-01/02/2011	1748.76	112.82	0.61	0.73	2.11	0.26	0.50	0.47	3.36
5	1	01-02/02/2011	1406.70	148.93	1.19	1.05	1.99	0.18	0.54	0.46	4.67
6	2	02-03/04/2011	1614.53	49.43	0.62	0.59	1.42	0.21	0.45	0.13	1.87
7	2	03-04/04/2011	1450.24	35.44	0.64	0.11	0.91	0.23	0.74	0.22	1.78
8	2	04-05/04/2011	1529.55	16.67	0.45	0.14	0.59	0.12	0.39	0.37	2.43
9	2	05-06/04/2011	1546.55	54.44	0.43	0.14	0.62	0.18	0.04	0.11	1.16
10	2	06-07/04/2011	1512.56	46.01	0.61	0.08	0.89	0.18	0.38	0.21	1.79
11	3	25-26/07/2011	1875.42	21.28	0.26	0.02	0.36	0.10	0.33	0.12	0.97
12	3	26-27/07/2011	1759.05	25.75	0.29	0.02	0.42	0.10	0.52	0.18	1.14
13	3	27-28/07/2011	1772.08	26.41	0.33	0.00	0.42	0.15	0.40	0.13	1.02
14	3	28-29/07/2011	1752.54	23.05	0.26	0.03	0.37	0.09	0.40	0.12	0.94
15	3	29-30/07/2011	1804.66	48.49	0.27	0.03	0.32	0.08	0.44	0.09	0.65
16	4	03-04/10/11	1681.25	31.64	0.11	0.62	0.59	0.14	0.06	0.17	3.30
17	4	04-05/10/11	1857.94	29.33	0.11	0.51	0.60	0.14	0.08	0.11	3.19
18	4	05-06/10/11	1649.34	29.95	0.13	0.42	0.61	0.11	0.09	0.12	2.21
19	4	06-07/10/11	1758.01	26.39	0.10	0.35	0.59	0.14	0.18	0.18	1.81
20	4	07-08/10/11	1967.68	24.29	0.06	0.29	0.48	0.08	0.05	0.17	1.26

ตารางผนวกที่ ข7 ความเข้มข้นของสารไอออนิกในฝุ่นขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร จากพื้นที่  
จังหวัดเลย

No	Lot No.	Sampling Data	Air Volume	PM10	ความเข้มข้นของสารไอออนิก (ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)						
					Na <sup>+</sup>	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Ca <sup>+</sup>	Cl <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>
1	1	3/6/2011	1796.68	19.00	0.32	0.01	0.29	0.11	0.35	0.11	1.83
2	1	4/6/2011	1644.48	19.00	0.37	0.02	0.32	0.16	0.39	0.12	1.39
3	1	5/6/2011	1650.24	11.00	0.26	0.01	0.22	0.10	0.35	0.09	0.92
4	1	6/6/2011	1602.72	20.00	0.32	0.01	0.28	0.15	0.35	0.09	1.05
5	1	7/6/2011	1628.64	36.00	0.29	0.02	0.26	0.12	0.34	0.09	0.77
6	1	8/6/2011	1594.08	21.00	0.34	0.02	0.30	0.12	0.31	0.12	0.86
7	1	9/6/2011	1604.16	17.00	0.35	0.02	0.29	0.10	0.40	0.12	0.95
8	1	3/6/2011	1605.461	18.00	0.31	ND	0.23	0.07	0.30	0.11	0.65
9	1	4/6/2011	1597.53	17.00	0.32	0.01	0.23	0.12	0.37	0.11	0.82
10	1	5/6/2011	1614.525	11.00	0.26	0.02	0.23	0.07	0.29	0.09	0.64
11	1	6/6/2011	1606.594	12.00	0.34	0.03	0.29	0.12	0.42	0.09	0.82
12	1	7/6/2011	1604.328	17.00	0.34	0.02	0.25	0.08	0.32	0.08	0.58
13	1	8/6/2011	1577.121	13.00	0.30	0.02	0.30	0.11	0.29	0.09	0.85
14	1	9/6/2011	1707.485	12.00	0.23	0.01	0.16	0.07	0.28	0.08	0.41
15	1	3/6/2011	1762.92	18.00	0.26	0.02	0.37	0.08	0.28	0.08	0.59
16	1	4/6/2011	1626.716	13.00	0.28	ND	0.31	0.07	0.27	0.19	0.71
17	1	5/6/2011	1623.882	12.00	0.27	0.01	0.31	0.05	0.36	0.05	0.84
18	1	6/6/2011	1450.614	12.00	0.30	ND	0.36	0.04	0.56	0.04	1.19
19	1	7/6/2011	1608.576	29.00	0.40	0.04	0.58	0.18	0.58	0.27	1.07
20	1	8/6/2011	1625.299	38.00	0.01	0.03	0.44	0.14	0.85	0.18	1.70



**ตารางผนวกที่ ค1** การวิเคราะห์ความแตกต่างความเข้มข้นฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร  
ระหว่างช่วงฤดูแล้งและฤดูฝน บริเวณสถานีรถไฟฟ้าศาลาแดง ปี พ.ศ.2553

t-Test: Two-Sample Assuming Unequal Variances

	0.109196861	0.072949984
Mean	0.130156923	0.079834596
Variance	0.004757401	0.000409773
Observations	9	9
Hypothesized Mean Difference	0	
df	9	
t Stat	2.100174701	
P(T<=t) one-tail	0.032549912	
t Critical one-tail	1.833112923	
P(T<=t) two-tail	0.065099823	
t Critical two-tail	2.262157158	

**ตารางผนวกที่ ค2** การวิเคราะห์ความแตกต่างความเข้มข้นฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร  
ระหว่างช่วงฤดูแล้งและฤดูฝน บริเวณสถานีรถไฟฟ้าง่อนนทรี ปี พ.ศ.2553

t-Test: Two-Sample Assuming Unequal Variances

	0.140981642	0.065559441
Mean	0.122178802	0.078316464
Variance	0.000888805	0.000329331
Observations	9	9
Hypothesized Mean Difference	0	
df	13	
t Stat	3.770206519	
P(T<=t) one-tail	0.001167967	
t Critical one-tail	1.770933383	
P(T<=t) two-tail	0.002335934	
t Critical two-tail	2.160368652	

**ตารางผนวกที่ ค3** การวิเคราะห์ความแตกต่างความเข้มข้นฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร  
ระหว่างช่วงฤดูแล้งและฤดูฝน บริเวณสถาบันการบินพลเรือน ปี พ.ศ.2553

t-Test: Two-Sample Assuming Unequal Variances

	0.040000264	0.027784356
Mean	0.055013247	0.054000148
Variance	0.000677033	0.000340276
Observations	9	9
Hypothesized Mean Difference	0	
df	14	
t Stat	0.095289847	
P(T<=t) one-tail	0.462717554	
t Critical one-tail	1.761310115	
P(T<=t) two-tail	0.925435108	
t Critical two-tail	2.144786681	

**ตารางผนวกที่ ค4** การวิเคราะห์ความแตกต่างความเข้มข้นฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร  
ระหว่างช่วงฤดูแล้งและฤดูฝน บริเวณ โรงเรียนแสงหิรัญ ปี พ.ศ.2553

t-Test: Two-Sample Assuming Unequal Variances

	0.0360119	0.029396877
Mean	0.058758519	0.03317224
Variance	0.00076791	0.0001625
Observations	9	9
Hypothesized Mean Difference	0	
df	11	
t Stat	2.51646645	
P(T<=t) one-tail	0.014327523	
t Critical one-tail	1.795884814	
P(T<=t) two-tail	0.028655045	
t Critical two-tail	2.200985159	

**ตารางผนวกที่ ค5** การวิเคราะห์ความแตกต่างความเข้มข้นฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร  
ระหว่างช่วงฤดูแล้งและฤดูฝน บริเวณ โรงเรียนกรุงเทพคริสเตียน ปี พ.ศ.2553

t-Test: Two-Sample Assuming Unequal Variances

	0.041663741	0.039281102
Mean	0.038074791	0.042255377
Variance	0.000350284	9.068E-05
Observations	9	9
Hypothesized Mean Difference	0	
df	12	
t Stat	-0.597251157	
P(T<=t) one-tail	0.280720183	
t Critical one-tail	1.782287548	
P(T<=t) two-tail	0.561440366	
t Critical two-tail	2.178812827	

**ตารางผนวกที่ ค6** การวิเคราะห์ความแตกต่างความเข้มข้นฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร  
ระหว่างช่วงฤดูแล้งและฤดูฝน บริเวณ โรงพยาบาลเซ็นหลุยส์ ปี พ.ศ.2553

t-Test: Two-Sample Assuming Unequal Variances

	0.057316076	0.020812191
Mean	0.05886678	0.03550333
Variance	0.000743785	8.05377E-05
Observations	9	9
Hypothesized Mean Difference	0	
df	10	
t Stat	2.441235667	
P(T<=t) one-tail	0.01738769	
t Critical one-tail	1.812461102	
P(T<=t) two-tail	0.034775381	
t Critical two-tail	2.228138842	

**ตารางผนวกที่ ค7** การวิเคราะห์ความแตกต่างความเข้มข้นฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร  
ระหว่างช่วงฤดูแล้งและฤดูฝน บริเวณสถานีรถไฟฟ้าศาลาแดง ปี พ.ศ.2554

t-Test: Two-Sample Assuming Unequal Variances

	82.62756	67.00492
Mean	96.17361	60.33768
Variance	928.8833	310.4233
Observations	9	9
Hypothesized Mean Difference	0	
df	13	
t Stat	3.05387	
P(T<=t) one-tail	0.004615	
t Critical one-tail	1.770933	
P(T<=t) two-tail	0.009231	
t Critical two-tail	2.160369	

**ตารางผนวกที่ ค8** การวิเคราะห์ความแตกต่างความเข้มข้นฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร  
ระหว่างช่วงฤดูแล้งและฤดูฝน บริเวณสถานีรถไฟฟ้ายองนนตรี ปี พ.ศ.2554

t-Test: Two-Sample Assuming Unequal Variances

	122.9547	77.74237
Mean	90.63853	64.48426
Variance	549.1207	874.9336
Observations	9	9
Hypothesized Mean Difference	0	
df	15	
t Stat	2.079221	
P(T<=t) one-tail	0.027584	
t Critical one-tail	1.75305	
P(T<=t) two-tail	0.055167	
t Critical two-tail	2.13145	

**ตารางผนวกที่ ๙** การวิเคราะห์ความแตกต่างความเข้มข้นฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร  
ระหว่างช่วงฤดูแล้งและฤดูฝน บริเวณสถาบันการบินพลเรือน ปี พ.ศ.2554

t-Test: Two-Sample Assuming Unequal Variances

	67.69961	54.49173
Mean	85.23352	44.77316
Variance	405.6857	494.6247
Observations	9	9
Hypothesized Mean Difference	0	
df	16	
t Stat	4.045338	
P(T<=t) one-tail	0.000469	
t Critical one-tail	1.745884	
P(T<=t) two-tail	0.000938	
t Critical two-tail	2.119905	

**ตารางผนวกที่ ๑๐** การวิเคราะห์ความแตกต่างความเข้มข้นฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร  
ระหว่างช่วงฤดูแล้งและฤดูฝน บริเวณโรงเรียนแสงหิรัญ ปี พ.ศ.2554

t-Test: Two-Sample Assuming Unequal Variances

	76.33632	40.22677
Mean	55.91852	38.09943
Variance	500.3665	73.55578
Observations	9	9
Hypothesized Mean Difference	0	
df	10	
t Stat	2.231414	
P(T<=t) one-tail	0.024862	
t Critical one-tail	1.812461	
P(T<=t) two-tail	0.049723	
t Critical two-tail	2.228139	

**ตารางผนวกที่ ค11** การวิเคราะห์ความแตกต่างความเข้มข้นฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร  
ระหว่างช่วงฤดูแล้งและฤดูฝน บริเวณ โรงเรียนกรุงเทพคริสเตียน ปี พ.ศ.2554

t-Test: Two-Sample Assuming Unequal Variances

	51.51549	28.36016
Mean	73.90739	43.71773
Variance	865.5549	239.9448
Observations	9	9
Hypothesized Mean Difference	0	
Df	12	
t Stat	2.723957	
P(T<=t) one-tail	0.009236	
t Critical one-tail	1.782288	
P(T<=t) two-tail	0.018472	
t Critical two-tail	2.178813	

**ตารางผนวกที่ ค12** การวิเคราะห์ความแตกต่างความเข้มข้นฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร  
ระหว่างช่วงฤดูแล้งและฤดูฝน บริเวณ โรงพยาบาลเซ็นหลุยส์ ปี พ.ศ.2554

t-Test: Two-Sample Assuming Unequal Variances

	107.024	21.27523
Mean	75.54542	29.47936
Variance	1996.384	58.40155
Observations	9	9
Hypothesized Mean Difference	0	
df	8	
t Stat	3.048731	
P(T<=t) one-tail	0.007926	
t Critical one-tail	1.859548	
P(T<=t) two-tail	0.015852	
t Critical two-tail	2.306004	

**ตารางผนวกที่ ค13** การวิเคราะห์ความแตกต่างความเข้มข้นฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร  
ระหว่างพื้นที่การศึกษาทั้ง 6 แห่ง พ.ศ.2553

Anova: Single Factor

SUMMARY

<i>Groups</i>	<i>Count</i>	<i>Sum</i>	<i>Average</i>	<i>Variance</i>
SD	20	2072.070509	103.6035	2828.354
NS	20	2010.998474	100.5499	1119.124
CV	20	1048.905169	52.44526	472.7697
SA	20	892.7856086	44.63928	564.6135
BCC	20	803.9163528	40.19582	189.9666
SH	20	927.4592542	46.37296	517.678

ANOVA

<i>Source of Variation</i>	<i>SS</i>	<i>df</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>P-value</i>	<i>F crit</i>
Between Groups	85752.44	5	17150.49	18.07691	3.58829E-13	2.293911156
Within Groups	108157.6	114	948.751			
Total	193910.1	119				

ตารางผนวกที่ 14 การวิเคราะห์ความแตกต่างความเข้มข้นฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร  
ระหว่างพื้นที่การศึกษาทั้ง 6 แห่ง พ.ศ.2554

Anova: Single Factor

SUMMARY

Groups	Count	Sum	Average	Variance
SD	20	1558.234117	77.91171	833.5128
NS	20	1596.802214	79.84011	864.5988
CV	20	1292.251467	64.61257	772.8355
SA	20	962.7246503	48.13623	363.205
BCC	20	1138.501695	56.92508	729.1955
SH	20	1073.522256	53.67611	1574.097

ANOVA

Source of Variation	SS	df	MS	F	P-value	F crit
Between Groups	17034.32	5	3406.865	3.978863	0.002306737	2.293911156
Within Groups	97611.44	114	856.2407			
Total	114645.8	119				

**ตารางผนวกที่ ค15** การวิเคราะห์ความแตกต่างความเข้มข้นฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร  
ระหว่างพื้นที่ริมถนนกับพื้นที่ทั่วไป พ.ศ.2553

t-Test: Two-Sample Assuming Unequal Variances

	109.1968611	36.01189958
Mean	85.13181847	43.86693756
Variance	2006.073172	422.7289472
Observations	59	59
Hypothesized Mean Difference	0	
df	81	
t Stat	6.431474253	
P(T<=t) one-tail	4.11924E-09	
t Critical one-tail	1.663883913	
P(T<=t) two-tail	8.23849E-09	
t Critical two-tail	1.989686288	

**ตารางผนวกที่ ค16** การวิเคราะห์ความแตกต่างความเข้มข้นฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร  
ระหว่างพื้นที่ริมถนนกับพื้นที่ทั่วไป พ.ศ.2554

t-Test: Two-Sample Assuming Unequal Variances

	82.62756	76.33632
Mean	73.97729	52.51546
Variance	855.5892	877.507
Observations	59	59
Hypothesized Mean Difference	0	
df	116	
t Stat	3.959875	
P(T<=t) one-tail	6.49E-05	
t Critical one-tail	1.658096	
P(T<=t) two-tail	0.00013	
t Critical two-tail	1.980626	

## ประวัติการศึกษา และการทำงาน

ชื่อ – นามสกุล	นายวิศิษฎ์ ชายอีด
วัน เดือน ปี ที่เกิด	22 มีนาคม พ.ศ. 2529
สถานที่เกิด	จังหวัด ตรัง
ประวัติการศึกษา	วิทยาศาสตร์บัณฑิต (การจัดการอุตสาหกรรมยาง) มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
ตำแหน่งหน้าที่การงานปัจจุบัน	เจ้าหน้าที่โครงการ
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	วิทยาลัยสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ทุนการศึกษาที่ได้รับ	ทุนสนับสนุนงานวิจัยวิทยาลัยสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์