

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การศึกษาความเข้มข้นและองค์ประกอบทางเคมีของฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า  
10 ไมโครเมตร (PM<sub>10</sub>) ในบรรยากาศ บริเวณสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า  
เจ้าคุณทหารลาดกระบัง



นางสาวฐานิยา เย็นเอง  
นางสาวอัญญา สันรัตน์  
นางสาวอริสา สุ่มทอง

รพ.  
ว. 221ก  
2550

เลขหมู่.....  
เลขทะเบียน 107877  
วัน,เดือน,ปี. - 8 ส.ย. 2553

b. 12213585  
i. ....

โครงการนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต  
สาขาเคมีทรัพยากรสิ่งแวดล้อม  
ภาควิชาเคมี  
คณะวิทยาศาสตร์  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
ปีการศึกษา 2550

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**Study on Concentration and Compositions of PM<sub>10</sub> in the Ambient Air  
at King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang**



**A Special Project Submitted in Partial Fulfillment of the Requirement for  
the Degree of Bachelor of Science**

**Department of Chemistry**

**Faculty of Science**

**King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang**

**Academic Year 2007**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**โครงการพิเศษเรื่อง**

การศึกษาความเข้มข้นและองค์ประกอบทางเคมีของฝุ่นละออง  
ขนาดเล็กกว่า 10 ไมโครเมตร (PM<sub>10</sub>) ในบรรยากาศ บริเวณ  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

**นักศึกษา**

นางสาวฐานิยา            เย็นเอง  
นางสาวอนัญญา         สันรัตน์  
นางสาวอริสา             สุ่มทอง

**ภาควิชา**

เคมี




**สาขาวิชา**


เคมีทรัพยากรสิ่งแวดล้อม

**อาจารย์ที่ปรึกษา**

ผศ. กรองแก้ว     ทิพย์ศักดิ์

ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
อนุมัติให้โครงการพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต

	คณะกรรมการตรวจสอบ		ลายมือชื่อ
ประธานกรรมการ	ดร. สุวรรณิ	จรรยาพูน	 .....
กรรมการ	ผศ.ดร. ชมพูนท	ไชยรักษ์	 .....
กรรมการ	ผศ. กรองแก้ว	ทิพย์ศักดิ์	 .....

  
.....  
(ผศ.ดร.ชลอ จารุสุทธิรักษ์)  
หัวหน้าภาควิชา

**ลิขสิทธิ์ของภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โครงการพิเศษเรื่อง	การศึกษาความเข้มข้นและองค์ประกอบทางเคมีของฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 10 ไมโครเมตร (PM <sub>10</sub> ) ในบรรยากาศ บริเวณสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง	
นักศึกษา	นางสาวฐานิยา	เย็นเอง
	นางสาวอนัญญา	สันรัตน์
	นางสาวอริสา	สุ่มทอง
ภาควิชา	เคมี	
สาขาวิชา	เคมีทรัพยากรสิ่งแวดล้อม	
ปีการศึกษา	2550	
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผศ. กรองแก้ว ทิพย์ศักดิ์	

#### บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาเกี่ยวกับการตรวจวัดความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 10 ไมโครเมตร (PM<sub>10</sub>) ด้วยเครื่องเก็บตัวอย่างอากาศแบบปริมาตรมากและหัวคัดแยกขนาด บริเวณสนามกีฬาสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง โดยเปรียบเทียบปริมาณฝุ่นขนาดเล็กกว่า 10 ไมโครเมตร ระหว่างปี 2549 กับ ปี 2550 ซึ่งทำการศึกษา 2 ช่วง คือ ช่วงที่ 1 ทำการเก็บตัวอย่างวันที่ 26 มกราคม 2550 ถึง 1 กุมภาพันธ์ 2550 และช่วงที่ 2 ทำการเก็บตัวอย่างวันที่ 13-20 พฤศจิกายน 2550 ซึ่งทั้ง 2 ช่วงเป็นช่วงลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ พบว่า PM<sub>10</sub> โดยเฉลี่ย 24 ชั่วโมง มีปริมาณลดลงจาก 130.32±25.84 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร เป็น 56.03±10.39 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ซึ่งในช่วงที่ 1 ค่าความเข้มข้นของฝุ่นเฉลี่ยเกินค่ามาตรฐานคุณภาพอากาศ (120 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร) เนื่องจากในช่วงที่ 1 มีการก่อสร้างหอพักนักศึกษาบริเวณใกล้กับจุดเก็บตัวอย่าง ผลของการเปรียบเทียบกับปี 2549 ในระยะแรกมีปริมาณฝุ่นเพิ่มขึ้นและลดลงในระยะที่สอง และผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีในฝุ่นละอองโดยแบ่งออกเป็น 3 กลุ่ม คือ ปริมาณไอออนที่ละลายน้ำได้ ปริมาณสารอินทรีย์คาร์บอนสุทธิ และปริมาณโลหะ พบว่าปริมาณโลหะที่ตรวจวัด 4 ชนิด มีปริมาณแคลเซียม (Ca) มากที่สุด รองลงมาคือเหล็ก (Fe) , ตะกั่ว (Pb) , แมกนีเซียม (Mg) และแมงกานีส (Mn) ตามลำดับ ปริมาณสารอินทรีย์คาร์บอนสุทธิ มีปริมาณลดลงจาก 31.32 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร เป็น 12.07 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร เมื่อเปรียบเทียบกับปี 2549 มีปริมาณเพิ่มในระยะแรก และลดลงน้อยกว่าในระยะที่สอง และปริมาณไอออนที่ละลายน้ำได้จะมียังองค์ประกอบหลักได้แก่โซเดียม (Na<sup>+</sup>) , คลอไรด์ (Cl<sup>-</sup>) , ฟลูออไรด์ (F<sup>-</sup>) , แอมโมเนียม (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) , ไนเตรต(NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) , ซัลเฟต (SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>) และโพแทสเซียม(K<sup>+</sup>) ซึ่งคาดว่าแหล่งที่มาของฝุ่นละอองจากบริเวณที่ทำการศึกษาอาจเกิดจากฝุ่นดินและถนน เนื่องจากการก่อสร้างและไอเสียจากยานพาหนะในช่วงแรกของปี 2550 มีปริมาณมาก

**คำสำคัญ :** ฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 10 ไมโครเมตร, ไอออนที่ละลายน้ำได้, สารอินทรีย์คาร์บอนสุทธิ, โลหะ

Special Project Title	Study on Concentration and Compositions of PM <sub>10</sub> in the Ambient Air at King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang
Name	Miss Thaniya Yen-ang Miss Ananya Sanrat Miss Arisa Sumthong
Department	Chemistry
Academic Year	2007
Special Project Adviser	Asst. Prof. Krongkaew Tippayasak

### ABSTRACT

The PM<sub>10</sub> monitoring was studied at King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang (KMILT). Particulate matter (PM<sub>10</sub>) was collected by high volume air sampler with the opposed jet. The main stadium of KMILT was used as sample collecting site. The results were gathered and compared with year 2006. The studied periods were during 26 January-1 February 2007 and 13-20 November 2007. The average 24-hour's concentration of PM<sub>10</sub> was decreased from 130.32±25.84 µg/m<sup>3</sup> to 56.03±10.39 µg/m<sup>3</sup>, respectively. The first period the amounts of PM<sub>10</sub> were more than ambient standard (120 µg/m<sup>3</sup>) because the first period there was construction nearby the collecting site. To compare with year 2006, the first period the amounts of PM<sub>10</sub> were more than the second period. The compositions of PM<sub>10</sub> were analyzed in terms of water soluble ions, total organic carbon and metal elements. For metal elements, the highest concentration found was calcium (Ca<sup>2+</sup>), followed by iron (Fe<sup>2+</sup>), lead (Pb<sup>2+</sup>), magnesium (Mg<sup>2+</sup>) and manganese (Mn<sup>2+</sup>), respectively. The major of water soluble ions were sodium (Na<sup>+</sup>), chloride (Cl<sup>-</sup>), fluoride (F<sup>-</sup>), ammonium (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>), nitrate (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>), sulfate (SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>) and potassium ion (K<sup>+</sup>), respectively. Total organic carbon was decrease from 31.32 µg/m<sup>3</sup> to 12.07 µg/m<sup>3</sup>, respectively. To compare with year 2006, the first period was more than the second period. The major of water soluble ions were sodium (Na<sup>+</sup>), chloride (Cl<sup>-</sup>), fluoride (F<sup>-</sup>), ammonium (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>), nitrate (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>), sulfate (SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>) and potassium ion (K<sup>+</sup>), respectively. According to the results, the source of PM<sub>10</sub> was probably from dust and soil from road surface due to the first period of year 2007 was extremely construction and exhaust of automobiles.

**Keywords:** PM<sub>10</sub>, water soluble ions, total organic carbon, metal elements

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณ ผศ. กรองแก้ว ทิพย์ศักดิ์ อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการพิเศษ ที่ให้ความรู้ คำแนะนำต่าง ๆ ที่เป็นประโยชน์ ตลอดจนการดูแลเอาใจใส่ในการทำโครงการพิเศษ

ขอขอบพระคุณ ผศ.ดร.ชมพูนุท ไชยรักษ์ และ ดร.สุวรรณี จรรยาพูน อาจารย์ คณะกรรมการตรวจสอบโครงการพิเศษ

ขอขอบพระคุณ คุณปราณี บุญวัฒน์ นักวิทยาศาสตร์ภาควิชาเคมี และเจ้าหน้าที่ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังทุกท่าน ในการให้ความสะดวกในการเบิกอุปกรณ์ และสารเคมี ตลอดจนการขอใช้ห้องปฏิบัติการนอกเวลา

ขอขอบพระคุณ กรมอุตุนิยมวิทยาที่ให้ความอนุเคราะห์ข้อมูลด้านทิศทางลม ตลอดจนเอกสารข้อมูลด้านภูมิอากาศโดยทั่วไป

ขอขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ พี่ ๆ และเพื่อน ๆ ทั้งหลายในการเป็นกำลังใจที่สำคัญ และช่วยติชมการนำเสนอโครงการพิเศษ

นางสาวฐานิยา

เขียนเอง

นางสาวอนัญญา

สันรัตน์

นางสาวอริสา

สุ่มทอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	ช
สารบัญรูป	ฉ
สารบัญคำย่อ	ฎ
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ความเป็นมาของโครงการวิจัย	1
1.2 วัตถุประสงค์	2
1.3 ขอบเขตการวิจัย	2
1.4 ผลที่คาดว่าจะได้รับ	3
บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการ	
2.1 ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับฝุ่นละออง	
2.1.1 ความหมาย	4
2.1.2 แหล่งที่มาที่สำคัญของฝุ่นละออง	5
2.1.3 องค์ประกอบทางเคมีทั่วไปและแหล่งกำเนิด	5
2.1.4 มาตรฐานฝุ่นละอองในบรรยากาศโดยทั่วไป	9
2.1.5 ผลกระทบของฝุ่นละออง	10
2.1.6 แนวทางในการแก้ไขปัญหา	10
2.2 สภาพพื้นที่ที่เกี่ยวข้องกับการศึกษา	
2.2.1 ท่าอากาศยานสุวรรณภูมิ	12
2.2.2 นิคมอุตสาหกรรมลาดกระบัง	13
2.2.3 สถานีบรรจุและแยกกล่อง การรถไฟแห่งประเทศไทย ลาดกระบัง	13
2.3 สภาพอุตุนิยมวิทยาของประเทศไทย	
2.3.1 ลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้	15
2.3.2 ลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ	16

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญ (ต่อ)

2.3.3	ลมประจำถิ่น	16
2.4	ดัชนีคุณภาพอากาศ	17
2.5	คุณภาพอากาศและสถานการณ์ฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 10 ไมโครเมตร ในกรุงเทพมหานครและปริมณฑล	18
2.6	เอกสารที่เกี่ยวข้อง	20
บทที่ 3 วิธีการดำเนินงานวิจัย		
3.1	อุปกรณ์	30
3.2	สารเคมี	31
3.3	การทดลอง	
3.3.1	การเก็บตัวอย่างฝุ่นละออง	32
3.3.2	การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของฝุ่นละออง	33
3.3.3	การประกันคุณภาพในการวิเคราะห์	36
บทที่ 4 ผลการทดลอง		
4.1	การตรวจวัดความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 10 ไมโครเมตรในบรรยากาศ	40
4.2	การวิเคราะห์หาองค์ประกอบทางเคมี	43
4.2.1	ผลการวิเคราะห์หาปริมาณไอออนที่ละลายน้ำได้	43
4.2.2	ผลการวิเคราะห์หาปริมาณคาร์บอนในรูปสารอินทรีย์	45
4.2.3	ผลการวิเคราะห์หาปริมาณโลหะ	46
4.3	การเปรียบเทียบความเข้มข้นและองค์ประกอบทางเคมีของฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 10 ไมโครเมตรในบรรยากาศ ระหว่างปี 2549 กับ ปี 2550	
4.3.1	การเปรียบเทียบความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 10 ไมโครเมตรในบรรยากาศ ระหว่างปี 2549 กับ ปี 2550	52
4.3.2	การเปรียบเทียบองค์ประกอบทางเคมีของฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 10 ไมโครเมตรในบรรยากาศ ระหว่างปี 2549 กับ ปี 2550	54
4.3.3	การเปรียบเทียบปริมาณคาร์บอนในรูปสารอินทรีย์ของฝุ่นละออง ขนาดเล็กกว่า 10 ไมโครเมตรในบรรยากาศ ระหว่างปี 2549 กับ ปี 2550	55
4.4	ผลการประกันคุณภาพในการวิเคราะห์	
4.4.1	ผลการประกันคุณภาพในการวิเคราะห์หาปริมาณไอออนที่ละลายน้ำได้	56

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญ (ต่อ)

4.4.2 ผลการประกันคุณภาพในการวิเคราะห์หาปริมาณคาร์บอน ในรูปสารอินทรีย์	57
4.4.3 ผลการประกันคุณภาพในการวิเคราะห์หาปริมาณโลหะ	58
บทที่ 5 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ	
5.1 สรุปผลการทดลอง	61
5.2 ข้อเสนอแนะ	62
เอกสารอ้างอิง	62
ภาคผนวก ก	65
ภาคผนวก ข	71
ภาคผนวก ค	79
ภาคผนวก ง	82
ภาคผนวก จ	83



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 2.1 ธาตุที่มีอยู่มากมายบนเปลือกโลก	6
ตารางที่ 2.2 ตัวอย่างซีซีที่ใช้ในการสนับสนุนที่มาของฝุ่น	8
ตารางที่ 2.3 มาตรฐานฝุ่นละอองในบรรยากาศ	9
ตารางที่ 2.4 เกณฑ์ของดัชนีคุณภาพอากาศสำหรับประเทศไทย	18
ตารางที่ 2.5 แหล่งกำเนิดของฝุ่นละออง	26
ตารางที่ 2.6 ปริมาณฝุ่นละอองของสถานีตรวจวัดต่าง ๆ	28
ตารางที่ 3.1 การวิเคราะห์องค์ประกอบของฝุ่นละออง จำแนกตามสมบัติ และเครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์เป็น 3 ประเภทหลัก	33
ตารางที่ 4.1 ความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 10 ไมโครเมตร ณ สถานี เทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง	41
ตารางที่ 4.2 ปริมาณการจราจรด้านลาดกระบังทางหลวงพิเศษระหว่างเมือง (กรุงเทพฯ-ชลบุรีสายใหม่)	42
ตารางที่ 4.3 สัดส่วนองค์ประกอบทางเคมีของฝุ่นละอองระหว่างพื้นที่ศึกษา เปรียบเทียบกับงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	50
ตารางที่ 4.4 เปรียบเทียบปริมาณ ไอออนที่ละลายน้ำได้ ระหว่าง ปี 2549 และ ปี 2550	54
ตารางที่ 4.5 เปรียบเทียบความเข้มข้นของโลหะชนิดต่าง ๆ ระหว่าง ปี 2549 และ ปี 2550	56
ตาราง ก-1 เปรียบเทียบความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 10 ไมโครเมตร ระหว่างช่วงที่ 1 และช่วงที่ 2 พ.ศ. 2550	65
ตาราง ก-2 เปรียบเทียบความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 10 ไมโครเมตร ระหว่าง วันที่ 19-24 มกราคม พ.ศ. 2549 กับ วันที่ 26 มกราคม – 1 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2550	66
ตาราง ก-3 เปรียบเทียบความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 10 ไมโครเมตร ระหว่าง วันที่ 8-13 พฤศจิกายน พ.ศ. 2549 กับ วันที่ 13 -20 พฤศจิกายน พ.ศ. 2550	67
ตาราง ข-1.1 ความเข้มข้นของสารมาตรฐานผสม	73
ตาราง ข-2.1 บันทึกหาค่า %Recovery ในการวิเคราะห์ Total organic carbon(TOC) ช่วงที่ 1	75
ตาราง ข-2.2 บันทึกหาค่า %Recovery ในการวิเคราะห์ Total organic carbon(TOC) ช่วงที่ 2	75
ตาราง ข-3.1 ความเข้มข้นของเหล็ก (Fe) level 5 ( 10 ppm) ทั้งหมด 5 ครั้ง	77

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญตาราง (ต่อ)

ตาราง ข-3.2	บันทึกหาค่า %Recovery ในการวิเคราะห์ตัวอย่างแบลด์ภาคสนามที่เดิม สารมาตรฐานเหล็ก (Fe) ลงไป 5 ppm	78
ตาราง ค-1.1	ปริมาณคาร์บอนในรูปสารอินทรีย์ คาร์บอนในรูปสารอนินทรีย์ และคาร์บอนทั้งหมดในรูปสารอินทรีย์ ของช่วงที่ 1 และช่วงที่ 2	79
ตาราง ค-2.1	ปริมาณโลหะของช่วงที่ 1 และช่วงที่ 2	80
ตาราง ค-3.1	ข้อมูลทางอุตุนิยมวิทยาของวันที่เก็บตัวอย่างฝุ่นละออง	81
ตาราง ง-1	ประเภทอุตสาหกรรมที่ประกอบการอยู่ในนิคมอุตสาหกรรมลาดกระบัง	82



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญรูป

	หน้า
รูปที่ 2.1 สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง	11
รูปที่ 2.2 แผนที่เขตลาดกระบัง	12
รูปที่ 2.3 รูปสถานที่เก็บตัวอย่างฝุ่นละออง	14
รูปที่ 2.4 แผนที่แสดงทิศทางลม	15
รูปที่ 2.5 ฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 10 ไมโครเมตรรายปี ในกทม. ปี 2538 -2548	19
รูปที่ 2.6 ฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 10 ไมโครเมตรในจังหวัดสมุทรปราการ ปี 2540 -2548	20
รูปที่ 4.1 ความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 10 ไมโครเมตร ช่วงที่ 1 และช่วงที่ 2	42
รูปที่ 4.2 ความเข้มข้นของไอออนที่ละลายน้ำได้ประจุบวก	44
รูปที่ 4.3 ความเข้มข้นของไอออนที่ละลายน้ำได้ประจุลบ	44
รูปที่ 4.4 เปรียบเทียบปริมาณคาร์บอนในรูปสารอินทรีย์ ณ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ในวันทำงาน และวันหยุด ระหว่างช่วงที่ 1 วันที่ 26 มกราคม – วันที่ 1 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2550 กับช่วงที่ 2 คือ วันที่ 13-18 และวันที่ 20 พฤศจิกายน พ.ศ. 2550	45
รูปที่ 4.5 ความเข้มข้นของแคลเซียม (ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)	46
รูปที่ 4.6 ความเข้มข้นของแมกนีเซียม (ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)	47
รูปที่ 4.7 ความเข้มข้นของเหล็ก (ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)	47
รูปที่ 4.8 ความเข้มข้นของแมงกานีส (ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)	48
รูปที่ 4.9 ความเข้มข้นของตะกั่ว (ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)	48
รูปที่ 4.10 เปรียบเทียบความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 10 ไมโครเมตร ในบรรยากาศระหว่าง ปี 2549 และ ปี 2550	53
รูปที่ 4.11 เปรียบเทียบปริมาณสารอินทรีย์คาร์บอนสุทธิ ณ สถาบันเทคโนโลยี พระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ระหว่าง ปี 2549 และ ปี 2550	55
รูปที่ 4.12 ค่าความเข้มข้นของสารมาตรฐานผสม (Mixed standard: $\text{Li}^+$ , $\text{Na}^+$ , $\text{K}^+$ , $\text{NH}_4^+$ ) ที่ทำการวิเคราะห์ซ้ำ 7 ครั้ง	57
รูปที่ 4.13 ค่า %Recovery ในการวิเคราะห์ Total organic carbon (TOC) ช่วงที่ 1	57
รูปที่ 4.14 ค่า %Recovery ในการวิเคราะห์ Total organic carbon (TOC) ช่วงที่ 2	58
รูปที่ 4.15 ค่าความเข้มข้นของสารมาตรฐานเหล็ก (Fe) ที่วิเคราะห์ได้	59

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ 4.16 %Recovery ในการวิเคราะห์ปริมาณโลหะตัวอย่างแบบลงค์ภาคสนามที่เดิม	59
สารมาตรฐานเหล็ก (Fe) 5 ppm	
รูป ข-1 กราฟมาตรฐานในการวิเคราะห์หาปริมาณไอออนที่ละลายน้ำได้	71
ก กราฟมาตรฐานของลิเทียม (Li <sup>+</sup> )	
ข กราฟมาตรฐานของโซเดียม (Na <sup>+</sup> )	
ค กราฟมาตรฐานของแอมโมเนียม (NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> )	
ง กราฟมาตรฐานของโพแทสเซียม (K <sup>+</sup> )	
จ กราฟมาตรฐานของฟลูออไรด์ (F <sup>-</sup> )	
ฉ กราฟมาตรฐานของคลอไรด์ (Cl <sup>-</sup> )	
ช กราฟมาตรฐานของไนไตรต์ (NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> )	
ซ กราฟมาตรฐานของโบรไมด์ (Br <sup>-</sup> )	
ฌ กราฟมาตรฐานของไนเตรต (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	
ฎ กราฟมาตรฐานของฟอสเฟต (PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> )	
ฏ กราฟมาตรฐานของซัลเฟต (SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> )	
รูป ข-2.1 กราฟมาตรฐานการวิเคราะห์ปริมาณคาร์บอนทั้งหมด (Total carbon, TC)	74
รูป ข-2.2 กราฟมาตรฐานการวิเคราะห์สารอนินทรีย์คาร์บอน (Inorganic carbon, IC)	74
รูป ข-3.1 กราฟมาตรฐานในการวิเคราะห์หาปริมาณโลหะ	76
ก กราฟมาตรฐานของแมกนีเซียม (Mg)	
ข กราฟมาตรฐานของเหล็ก (Fe)	
ค กราฟมาตรฐานของแมงกานีส (Mn)	
ง กราฟมาตรฐานของตะกั่ว (Pb)	
จ กราฟมาตรฐานของแคลเซียม (Ca)	
รูป ข-3.2 กราฟมาตรฐานสารละลายมาตรฐานเหล็ก (Fe)	77

## สารบัญย่อ

PM <sub>10</sub>	ฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 10 ไมโครเมตร (10 µm particulate matter)
OC	คาร์บอนอินทรีย์ (organic carbon)
EC	ธาตุคาร์บอน (element carbon) หรือ เขม่าดำ (black carbon)
TC	ปริมาณคาร์บอนทั้งหมด (total carbon)
IC	ปริมาณสารอนินทรีย์คาร์บอน (inorganic carbon)
TOC	ปริมาณสารอินทรีย์คาร์บอนสุทธิ (total organic carbon)
µg/m <sup>3</sup>	ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร
NDIR	Non Dispersive Infrared
K	องศาเคลวิน
ppm	ส่วนในล้านส่วน (part per million)
g	กรัม
SD	ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation)
%RSD	ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานสัมพัทธ์ (Relative Standard Deviation)
N	ทิศเหนือ (North)
S	ทิศใต้ (South)
E	ทิศตะวันออก (East)
W	ทิศตะวันตก (West)
NE	ทิศตะวันออกเฉียงเหนือ (Northeast)
NW	ทิศตะวันตกเฉียงเหนือ (Northwest)
W	ทิศตะวันตกเฉียงใต้ (Southwest)
ENE	ทางตะวันออกเฉียงของทิศตะวันออกเฉียงเหนือ (East- Northeast)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 1

## บทนำ

### 1.1 ความเป็นมาของโครงการพิเศษ

ฝุ่นละอองในบรรยากาศ เป็นปัญหามลพิษทางอากาศที่สำคัญในเมืองใหญ่ของหลาย ๆ ประเทศ ซึ่งฝุ่นละอองในอากาศนั้นหมายรวมถึงอนุภาคของแข็งและของเหลวซึ่งแพร่กระจายอยู่ในอากาศ เช่น ฝุ่นจากการจราจรในเมือง การเกษตรกรรม การก่อสร้างหรือถนนอาคารบ้านเรือน และจากอุตสาหกรรม ฝุ่นละอองที่อยู่ในบรรยากาศมีขนาดตั้งแต่ 0.002 ไมโครเมตร จนถึงขนาดใหญ่กว่า 500 ไมโครเมตร แต่ฝุ่นละอองที่แขวนลอยอยู่ในบรรยากาศได้นานมักจะเป็นฝุ่นละอองที่มีขนาดเล็ก คือมีขนาดเล็กกว่า 10 ไมโครเมตร (PM<sub>10</sub>) ซึ่งหากมีแรงกระทำภายนอกเข้ามาเกี่ยวข้อง เช่นการไหลเวียนของอากาศหรือกระแสลม จะทำให้ลอยอยู่ในอากาศนานขึ้น ฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 10 ไมโครเมตร (PM<sub>10</sub>) จะมีผลกระทบต่อสุขภาพเป็นอย่างมาก เมื่อหายใจเข้าไป จะทำให้สะสมอยู่ในปอดทำให้เกิดโรคเกี่ยวกับระบบทางเดินหายใจและเกิดการระคายเคืองทำลายเนื้อเยื่อของปอด ซึ่งหากได้รับเป็นปริมาณมาก ๆ หรือระยะเวลาสั้น ๆ จะสามารถสะสมในเนื้อเยื่อปอด เกิดเป็นพังผืด และทำให้การทำงานของปอดมีประสิทธิภาพลดลงทำให้หอบเหนื่อย อึดอัด หายใจไม่สะดวก มีอาการหอบหืด หลงลืมไป่งพอง ซึ่งจากการศึกษาคุณภาพอากาศของประเทศไทยในปี 2548 พบว่าปัญหาฝุ่นละอองในบรรยากาศเป็นปัญหาหลักสำคัญ เพราะมีค่าเกินมาตรฐานในหลายพื้นที่ทั้งในเขตชุมชนเมืองและย่านอุตสาหกรรม โดยมีแหล่งกำเนิดฝุ่นละอองที่สำคัญจากยานพาหนะ โรงงานอุตสาหกรรม และการเผาในที่โล่ง พื้นที่ที่มีปัญหาฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 10 ไมโครเมตร (PM<sub>10</sub>) มากที่สุด คือ จังหวัดสมุทรปราการ (กรมควบคุมมลพิษ, 2548) เนื่องจากมีแหล่งอุตสาหกรรมเป็นจำนวนมาก ส่วนสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ตั้งอยู่บนถนนฉลองกรุง เขตลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร มีเนื้อที่ประมาณ 1,000 ไร่บริเวณโดยรอบส่วนใหญ่เป็นอาคารบ้านเรือนที่พักอาศัย มีเขตอุตสาหกรรม คือนิคมอุตสาหกรรมลาดกระบัง ตั้งอยู่ทางทิศเหนือของสถาบันฯ ห่างประมาณ 3 กิโลเมตร และทางทิศใต้ของสถาบันฯ เป็นที่ตั้งของท่าอากาศยานสุวรรณภูมิ ห่างจากสถาบันฯ ประมาณ 3 กิโลเมตร มีจำนวนโรงงาน 224 โรงงาน นอกจากนั้นบริเวณใกล้เคียงสถาบันฯ ยังมีสถานประกอบการขนาดเล็กเช่น อู่ซ่อมรถ และกิจกรรมเชิงพาณิชย์ต่าง ๆ เส้นทางคมนาคมขนส่ง ที่ผ่านบริเวณสถาบันฯ มีทั้ง รถยนต์ รถไฟ และเครื่องบิน อีกทั้งท่าอากาศยานสุวรรณภูมิได้เปิดทำการเมื่อปี พ.ศ. 2549 ทำให้เขตลาดกระบังมีความเจริญทางด้านเศรษฐกิจมากขึ้น คือมีจำนวนประชากรเพิ่มมากขึ้น มีการก่อสร้างอาคารที่พักอาศัย และการจราจรที่เพิ่มมากขึ้นจากสภาพดังกล่าวทั้งหมดนี้ที่เป็นสาเหตุหลักที่ทำให้เกิดมลสารฟุ้งกระจายในบรรยากาศได้ ซึ่งจะส่งผลกระทบต่อสภาพแวดล้อม และสุขภาพของมนุษย์ ถ้าหากไม่มีการควบคุมหรือตรวจสอบคุณภาพอากาศเพื่อหาแนวทางป้องกันและแก้ไขพื้นที่บริเวณรอบ ๆ สนามบินสุวรรณภูมิ โดยเฉพาะเขตลาดกระบังอาจกลายเป็นพื้นที่ที่มีมลพิษทางอากาศเพิ่มขึ้นในอนาคตได้ ซึ่งสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลาดกระบ้งเป็นสถานศึกษาที่ตั้งอยู่ในเขตลาดกระบ้งจึงจำเป็นต้องมีการศึกษาวิจัยเกี่ยวกับฝุ่นละอองในบรรยากาศให้มากขึ้นเพื่อเป็นการจัดทำฐานข้อมูลและหาแนวทางป้องกันกรณีที่มีปัญหา

งานวิจัยนี้ศึกษาปริมาณและองค์ประกอบของฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 10 ไมโครเมตร บริเวณสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบ้ง โดยวิเคราะห์หาปริมาณฝุ่นละออง ปริมาณไอออนที่ละลายน้ำ สารอินทรีย์คาร์บอนทั้งหมด และธาตุโลหะ เพื่อหาแหล่งกำเนิดของฝุ่นละออง

## 1.2 วัตถุประสงค์

- 1.2.1 ศึกษาปริมาณและองค์ประกอบของฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 10 ไมโครเมตร ( $PM_{10}$ ) ในบรรยากาศ บริเวณสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบ้ง
- 1.2.2 ศึกษาแหล่งที่มาของฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 10 ไมโครเมตร โดยประมวลจากตัวบ่งชี้ (Marker element) บางประเภท ที่ใช้สันนิษฐานแหล่งที่มาของฝุ่นละออง
- 1.2.3 เปรียบเทียบปริมาณและองค์ประกอบของฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 10 ไมโครเมตร ( $PM_{10}$ ) ในบรรยากาศ บริเวณสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบ้งของปีพ.ศ. 2549 และปีพ.ศ. 2550

## 1.3 ขอบเขตของการวิจัย

- 1.3.1 เก็บตัวอย่างฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 10 ไมโครเมตร ( $PM_{10}$ ) บริเวณสนามกีฬาของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบ้ง ระยะเวลาในการเก็บฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 10 ไมโครเมตร ( $PM_{10}$ ) มี 2 ช่วงเวลา คือ วันที่ 26 มกราคมถึง 1 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2550 และวันที่ 7-14 พฤศจิกายน พ.ศ. 2550
- 1.3.2 ศึกษาปริมาณและองค์ประกอบของฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 10 ไมโครเมตร ( $PM_{10}$ ) ดังนี้ วิเคราะห์หาไอออนที่ละลายน้ำได้ โดยใช้เครื่องไอออนโครมาโทกราฟี วิเคราะห์หาสารอินทรีย์คาร์บอนทั้งหมดโดยใช้เครื่อง Total Organic Carbon Analyzer และวิเคราะห์หาโลหะ โดยใช้เครื่องอะตอมมิกแอบซอร์บชันสเปกโตรโฟโตมิเตอร์
- 1.3.3 นำผลการวิเคราะห์ไปประเมินหาแหล่งที่มาของฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 10 ไมโครเมตร ( $PM_{10}$ ) โดยเปรียบเทียบสัดส่วนองค์ประกอบของฝุ่นที่เกิดจากแหล่งกำเนิดต่าง ๆ
- 1.3.4 เปรียบเทียบผลของปริมาณและองค์ประกอบของฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 10 ไมโครเมตร ( $PM_{10}$ ) ในบรรยากาศ บริเวณสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบ้งกับปี พ.ศ. 2549

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 1.4 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

- 1.4.1 ทราบปริมาณและองค์ประกอบของฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 10 ไมโครเมตร ( $PM_{10}$ ) ในบรรยากาศ บริเวณสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
- 1.4.2 ผลการตรวจสอบสามารถนำมาใช้ในการเฝ้าระวังคุณภาพอากาศ บริเวณสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
- 1.4.3 ทราบแหล่งที่มาของฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 10 ไมโครเมตร ( $PM_{10}$ ) ในบรรยากาศ บริเวณสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
- 1.4.4 สามารถนำข้อมูลจากการวิจัยมาเป็นข้อมูลพื้นฐานในการกำหนดแนวทางในการป้องกันและแก้ไขปัญหามลพิษ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 2

### ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้อง

#### 2.1 ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับฝุ่นละออง

##### 2.1.1 ความหมาย

ฝุ่นละอองหมายถึง อนุภาคของแข็งและหยดละอองของเหลวที่แขวนลอยกระจาย อยู่ในอากาศ อนุภาคที่กระจายในอากาศนี้บางชนิดมีขนาดใหญ่ และมีสีค้างนมองเห็นเป็นเขม่าและควัน แต่บางชนิดมีขนาดเล็กมากจนมองด้วยตาเปล่าไม่เห็น ฝุ่นละอองที่แขวนลอยในบรรยากาศโดยทั่วไปมีขนาดตั้งแต่ 100 ไมโครเมตร ลงมา ฝุ่นละอองสามารถก่อให้เกิดผลกระทบต่อสุขภาพอนามัยของคน สัตว์ พืช เกิดความเสียหายต่ออาคารบ้านเรือน ทำให้เกิดความเดือดร้อนรำคาญต่อประชาชน บดบังทัศนวิสัย ทำให้เกิดอุปสรรคในการคมนาคมขนส่ง นานาประเทศจึงได้มีการกำหนดมาตรฐานฝุ่นละอองในบรรยากาศขึ้น สำหรับในประเทศสหรัฐอเมริกา US.EPA (United State Environmental Protection Agency) ได้มีการกำหนดค่ามาตรฐานของฝุ่นละอองรวม (Total Suspended Particulate) และฝุ่น  $PM_{10}$  แต่เนื่องจากการศึกษาวิจัย พบว่าฝุ่นละอองขนาดเล็กนั้น จะเป็นอันตรายต่อสุขภาพมากกว่าฝุ่นละอองรวม เนื่องจากสามารถผ่านเข้าไประบบทางเดินหายใจส่วนใน และมีผลต่อสุขภาพมากกว่าฝุ่นละอองรวม ดังนั้น US.EPA จึงได้มีการยกเลิกค่ามาตรฐานฝุ่นละอองรวม และกำหนดค่า มาตรฐานฝุ่นละอองขนาดเล็กเป็น 2 ชนิด คือ ฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 10 ไมโครเมตร ( $PM_{10}$ ) และฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 2.5 ไมโครเมตร ( $PM_{2.5}$ )

$PM_{10}$  ตามคำจำกัดความของ US.EPA หมายถึง ฝุ่นหยาบ (Course Particle) เป็นอนุภาคที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2.5-10 ไมโครเมตร มีแหล่งกำเนิดจากการจราจรบนถนนที่ไม่ได้ลาดยาง มะตอยเกิดจากการขนส่งวัสดุที่ทำให้เกิดฝุ่นละอองเช่นกิจกรรมบดขยี้หิน เป็นต้น

$PM_{2.5}$  ตามคำจำกัดความของ US.EPA หมายถึง ฝุ่นละเอียด (Fine Particles) เป็นอนุภาคที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางเล็กกว่า 2.5 ไมโครเมตร ฝุ่นละเอียดที่มีแหล่งกำเนิดจากไอเสียของรถยนต์ โรงไฟฟ้า โรงงานอุตสาหกรรม ควันที่เกิดจากการหุงต้มอาหาร โดยใช้ฟืน นอกจากนี้ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ( $SO_2$ ) , ก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ ( $NO_x$ ) และสารอินทรีย์ระเหยง่าย (VOC<sub>s</sub>) ซึ่งจะสามารถทำปฏิกิริยากับสารอื่นๆในบรรยากาศจนทำให้เกิดฝุ่นละเอียดได้

ในประเทศไทยมีการให้ความหมายของคำว่าฝุ่นละอองได้ดังนี้ ฝุ่นละอองหมายถึงฝุ่นละอองรวม (Total Suspended Particulate) ซึ่งเป็นฝุ่นขนาดใหญ่ที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง ตั้งแต่ 100 ไมโครเมตรลงมา ส่วนฝุ่นขนาดเล็ก ( $PM_{10}$ ) หมายถึง ฝุ่นที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางตั้งแต่ 10 ไมโครเมตร ลงมา

### 2.1.2 แหล่งที่มาที่สำคัญของฝุ่นละออง

แหล่งที่มีของฝุ่นละอองในบรรยากาศ โดยทั่วไปจะแบ่งเป็น 2 ประเภทใหญ่ ๆ คือ 1) ฝุ่นละอองที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติ (Natural Particle) ได้แก่ ดิน ทราย หิน ละอองไอน้ำ เขม่าควันจากไฟป่า และฝุ่นเกลือจากทะเล เป็นต้น และ 2) ฝุ่นละอองที่เกิดจากกิจกรรมที่มนุษย์สร้างขึ้น (Man-made Particle) ได้แก่ ฝุ่นจากการคมนาคมขนส่งและการจราจร เช่น ฝุ่นดินทรายที่ฟุ้งกระจายในถนน ขณะที่รถยนต์วิ่งผ่าน ฝุ่นดินทรายที่หล่นจากการบรรทุกขนส่ง การกองวัสดุสิ่งของบนทางเท้าหรือบนเส้นทางการจราจร ฝุ่นจากการก่อสร้าง เช่น ฝุ่นจากการสร้างถนน/อาคาร การปรับปรุงผิวการจราจร การรื้อถอนอาคารและสิ่งก่อสร้างต่าง ๆ การก่อสร้างเพื่อติดตั้งหรือปรับปรุงระบบสาธารณูปโภค ฝุ่นจากการประกอบการอุตสาหกรรม เช่น การทำปูนซีเมนต์ โรงงานประกอบกิจการเกี่ยวกับหิน กรวด ทราย หรือดิน สำหรับใช้ในการก่อสร้างอย่างใดอย่างหนึ่ง การโม่บดหรือย่อยหิน การร่อนหรือการคัดกรวดหรือทราย และฝุ่นจากการประกอบกิจกรรม อื่น ๆ เช่น การทำความสะอาด การทำอาหาร การทาสี เป็นต้น

### 2.1.3 องค์ประกอบทางเคมีทั่วไปและแหล่งกำเนิด

#### 1. ละอองฝุ่นจากพื้นผิวโลก

ละอองในบรรยากาศที่มาจากพื้นดิน เกิดจากกระแสลมที่พัดพาผิวดินขึ้นสู่อากาศ ซึ่งความชื้นและสิ่งที่มีมนุษย์ปลูกสร้างขึ้นอาจทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงปริมาณฝุ่นจากผิวดิน เช่น ฝุ่นจากโรงงานอุตสาหกรรม เป็นต้น ฝุ่นประเภทนี้ส่วนใหญ่แขวนลอยในบรรยากาศ ประกอบด้วยออกไซด์ของแคลเซียม อลูมิเนียม เหล็ก และโลหะอื่น ๆ โดยสัดส่วนของธาตุเหล่านี้ขึ้นอยู่กับลักษณะทางธรณีวิทยาของแต่ละพื้นที่ และกระบวนการต่าง ๆ ของโรงงานอุตสาหกรรม

ตารางที่ 2.1 แสดงธาตุที่มีอยู่บนเปลือกโลก

ธาตุ	% โดยน้ำหนัก	% โดยปริมาตร	% โดยจำนวนอะตอม
ออกซิเจน	46.6	93.8	60.5
ซิลิกอน	27.7	0.9	20.5
อะลูมิเนียม	8.1	0.8	6.2
เหล็ก	5	0.5	1.9
แคลเซียม	3.6	1	1.9
โซเดียม	2.8	1.2	2.5
โพแทสเซียม	2.6	1.5	1.8
แมกนีเซียม	2.1	0.3	1.4
ธาตุอื่นๆ	1.5	-	3.3

ที่มา : (<http://www.lesa.in.th/geo/minerals/minerals.html>)

เอกสารนี้เป็นเอกสารหลวงเวสสำหรับการศึกษาเท่านั้น เมื่ออนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2. ละอองจากทะเลและมหาสมุทร

มหาสมุทรเป็นแหล่งกำเนิดของอนุภาคเกลือทะเล ซึ่งได้จากการแตกตัวของฟองคลื่นที่มีมากตามบริเวณชายฝั่งและบริเวณที่มีกระแสน้ำและคลื่นลมแรง ได้แก่ โซเดียมคลอไรด์

## 3. คาร์บอนอินทรีย์และเขม่าดำ

มีแหล่งกำเนิดอยู่ 2 แหล่งในบรรยากาศที่มาจากการเผาไหม้คือ การเผาไหม้ของเชื้อเพลิงฟอสซิล และการเผาไหม้ของชีวมวล การเกิดละอองไอในบรรยากาศขึ้นกับสถานะที่เกิดการเผาไหม้ เช่น อุณหภูมิ ชนิดของเชื้อเพลิง เป็นต้น โดยทั่วไปที่อุณหภูมิสูงให้เขม่าดำที่มากกว่าและมีสัดส่วนของคาร์บอนอินทรีย์น้อยลง

## 4. ออกไซด์ของไนโตรเจนและแอมโมเนีย

แอมโมเนียมไนเตรด ( $\text{NH}_4\text{NO}_3$ ) เป็นส่วนประกอบของไนเตรด ( $\text{NO}_3^-$ ) ที่พบมากที่สุด เนื่องจากสามารถผันกลับได้ หรือปรับสมดุลเองได้ ระหว่างก๊าซแอมโมเนีย ( $\text{NH}_3$ ) ก๊าซกรดไนตริก ( $\text{HNO}_3$ ) และอนุภาคของแอมโมเนียมไนเตรด ดังสมการ (2.1)

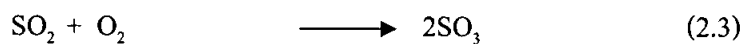
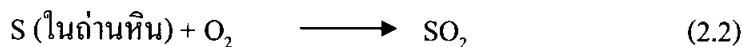


## 5. ฟลูออไรด์

สารประกอบฟลูออไรด์ที่พบมี 2 ชนิด คือ ไฮโดรเจนฟลูออไรด์ ( $\text{HF}$ ) และซิลิกอนฟลูออไรด์ ( $\text{SiF}_4$ ) ซึ่งทำความเสียหายต่อพืชและมีพิษภัยต่อสัตว์ที่กินพืชเหล่านี้เป็นอาหาร แหล่งของสารประกอบฟลูออไรด์ที่พบมีทั้ง โรงงานอลูมิเนียม โรงงานเซรามิก การผลิตปุ๋ยซูเปอร์ฟอสเฟต กระบวนการจัดการผิวโลหะ โรงงานผลิตฟริออน และยางสังเคราะห์ฟลูออไรด์

## 6. ออกไซด์ของซัลเฟอร์

ออกไซด์ของซัลเฟอร์เกิดจากการเผาเชื้อเพลิงที่มีกำมะถันเป็นองค์ประกอบ เช่น ถ่านหินและน้ำมัน โดยออกไซด์ของซัลเฟอร์ที่ปล่อยออกมาเกือบทั้งหมดเป็นซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ( $\text{SO}_2$ ) และบางส่วนเป็นซัลเฟอร์ไตรออกไซด์ ( $\text{SO}_3$ ) และเมื่อถูกแสงอาทิตย์  $\text{SO}_3$  จะถูกดูดกลืนโดยฝนหรือเมฆกลายเป็นกรดซัลฟิวริกดังสมการ (2.2), (2.3) และ (2.4)



แหล่งกำเนิดออกไซด์ของซัลเฟอร์หรือออกไซด์เกิดจากการใช้หม้อน้ำที่ใช้ถ่านหินหรือน้ำมันเป็นเชื้อเพลิง เตาให้ความร้อน เตาเผาถ่านหิน เตาเผาขยะ เครื่องยนต์ดีเซล และการเดินทางในอากาศโดยใช้อากาศยานที่เพิ่มขึ้นไปพร้อมกับการขยายตัวของอุตสาหกรรม ทำให้มีการปลดปล่อยละอองซัลเฟตในบรรยากาศระดับสูง ที่มีผลต่อเมฆในระดับสูงได้ด้วย

### 7. แมงกานีส

แมงกานีสเป็นธาตุ ๆ หนึ่งที่พบในโลกจะกระจายทั่วไปในดิน ดินตะกอน หิน น้ำ และสิ่งมีชีวิต แหล่งกำเนิดที่สำคัญคืออุตสาหกรรมเหล็กผสมเหล็กเหนียว และผลิตภัณฑ์เกี่ยวกับเหล็ก การทำเหมือง ขาฆ่าเชื้อรา การผลิตถ่านไฟฉาย แมงกานีสที่ผลิตมักอยู่ในรูปของแมงกานีสไดออกไซด์ ( $\text{MnO}_2$ ) แมงกานีท์ ( $\text{Mn}_3\text{O}_4$ )



## ตารางที่ 2.2 ตัวบ่งชี้ที่ใช้ในการสันนิษฐานที่มาของฝุ่น

แหล่งที่มา (sources)	ตัวบ่งชี้ (marker elements)
ดิน ถนน อุตสาหกรรมซีเมนต์ โรงโม่ ถ่านลอย (fly ash) จี๊โลหะ (slag)	Al, Si, K, Ca, Mn, Fe
ละอองทะเล	Na, Cl
การเผาไหม้ชีวมวล เช่น การเผาขยะ และการเผาฟางข้าว	OC, EC, K
การเผาถ่านหิน	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> , EC, Ag, As, Cr, K, Mo, Pb, Sb, Se, S, Zn
การเผาน้ำมันเตา โรงกลั่นน้ำมัน	Cr, La, Ni, Sm, S, V
อุตสาหกรรมเหล็ก	Mn, Fe, Zn
อุตสาหกรรมโลหะที่ไม่ใช่เหล็ก	Cu, Zn, As, Sb
อุตสาหกรรมที่ใช้วัสดุเหลือใช้เป็นเชื้อเพลิง เช่น จี๊เค็ย และกะลาปาล์ม	K, EC
อุตสาหกรรมที่ใช้ก๊าซธรรมชาติเป็นเชื้อเพลิง	OC
อุตสาหกรรมเซรามิก	Si, Al, Fe, K, F
อุตสาหกรรมแปรรูปไม้	Cl
เตาเผาขยะ	Ag, Cl, Cu, In, K, Pb, Sb, Zn
การจราจร	C, Br, Pb
รถยนต์เบนซิน	Al, Ca, Cd, Cu, Fe, Mn, Ni
รถยนต์ดีเซล	OC, EC, S, SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> , NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>
รถยนต์เบนซินที่ติดตั้ง catalytic converter	Al
รถยนต์เบนซินที่ไม่ติดตั้ง catalytic converter	Br, Pb
ยางรถยนต์	Zn
แอโรซอลทุติยภูมิ (secondary aerosol)	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> , NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>

ที่มา : กนกรสและคณะ (2549) อ้างถึงสำนักจัดการคุณภาพอากาศและเสียง กรมควบคุมมลพิษ

(2549), Thongsanit (2004) และ Suwattiga, *et al.* (2004)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 2.1.4 มาตรฐานฝุ่นละอองในบรรยากาศโดยทั่วไป

มาตรฐานฝุ่นละอองในบรรยากาศของประเทศไทย US.EPA และประเทศแคลิฟอร์เนีย ดังตารางที่ 2.2 ซึ่งมาตรฐานฝุ่นละอองในบรรยากาศ US.EPA และประเทศแคลิฟอร์เนีย ได้มีการยกเลิกค่ามาตรฐานของฝุ่นละอองรวม (Total Suspended Particulate) และกำหนดค่ามาตรฐานฝุ่นละอองขนาดเล็กเป็น 2 ชนิด คือ ฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 10 ไมโครเมตร ( $PM_{10}$ ) และฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 2.5 ไมโครเมตร ( $PM_{2.5}$ ) เนื่องจากมีการศึกษาวิจัย พบว่าฝุ่นละอองขนาดเล็กนั้น จะเป็นอันตรายต่อสุขภาพมากกว่าฝุ่นละอองรวม เนื่องจากสามารถผ่านเข้าไประบบทางเดินหายใจส่วนใน และมีผลต่อสุขภาพมากกว่าฝุ่นละอองรวม

### ตารางที่ 2.3 แสดงมาตรฐานฝุ่นละอองในบรรยากาศ

ดาวพิษ	ค่าเฉลี่ย ความเข้มข้น ในเวลา	ค่ามาตรฐาน ประเทศไทย <sup>1</sup>	ค่ามาตรฐาน USEPA <sup>2</sup>	ค่ามาตรฐาน California <sup>3</sup>
1. ฝุ่นละอองขนาด ไม่เกิน 100 $\mu m$	24 ชม.	ไม่เกิน 330 $\mu g/m^3$	-	-
	1 ปี	ไม่เกิน 100 $\mu g/m^3$	-	-
2. ฝุ่นละอองขนาด ไม่เกิน 10 $\mu m$	24 ชม.	ไม่เกิน 120 $\mu g/m^3$	ไม่เกิน 150 $\mu g/m^3$	ไม่เกิน 50 $\mu g/m^3$
	1 ปี	ไม่เกิน 50 $\mu g/m^3$	ไม่เกิน 50 $\mu g/m^3$	ไม่เกิน 20 $\mu g/m^3$
3. ฝุ่นละอองขนาด ไม่เกิน 2.5 $\mu m$	24 ชม.	-	ไม่เกิน 35 $\mu g/m^3$	ไม่เกิน 25 $\mu g/m^3$
	1 ปี	-	ไม่เกิน 15 $\mu g/m^3$	ไม่เกิน 15 $\mu g/m^3$

หมายเหตุ – ไม่ได้กำหนดมาตรฐาน

ที่มา : <sup>1</sup> ประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 28 (พ.ศ. 2550) เรื่อง กำหนดมาตรฐานคุณภาพอากาศในบรรยากาศโดยทั่วไป ออกตามความในพรบ.ส่งเสริมและรักษาคุณภาพแห่งชาติ พ.ศ. 2535 ประกาศในราชกิจจานุเบกษา เล่ม 124 ตอนพิเศษ 58 ง วันที่ 14 พฤษภาคม พ.ศ. 2550

<sup>2</sup> <http://www.epa.gov/air/criteria.html>

<sup>3</sup> <http://www.cleanairstandards.org>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 2.1.5 ผลกระทบของฝุ่นละออง

#### - ด้านสภาพบรรยากาศทั่วไป

ฝุ่นละอองจะลดความสามารถในการมองเห็น เนื่องจากฝุ่นละอองในบรรยากาศทั้งที่เป็นของแข็ง และของเหลวสามารถดูดซับและหักเหแสงได้ ทำให้ทัศนวิสัยในการมองเห็นเสื่อมลง ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับขนาด ความหนาแน่น และองค์ประกอบทางเคมีของฝุ่นละอองนั้น

#### - ด้านวัตถุและสิ่งก่อสร้าง

ฝุ่นละอองในบรรยากาศสามารถทำอันตรายต่อวัตถุและสิ่งก่อสร้างได้ เช่น การสึกกร่อนของโลหะ การทำลายผิวหน้าของสิ่งก่อสร้าง การเสื่อมคุณภาพของผลงานทางศิลปะ ความสกปรกของวัตถุ เป็นต้น

#### - ด้านสุขภาพอนามัยของมนุษย์

ฝุ่นละอองที่มีขนาดใหญ่ก่อให้เกิดปัญหามลพิษหรือเหตุเค็คร้อนรำคาญ ส่วนฝุ่นละอองที่สามารถเข้าสู่ระบบทางเดินหายใจของมนุษย์ได้มีขนาดเล็กกว่า 10 ไมโครเมตร ฝุ่นละอองขนาดเล็กเหล่านี้ เมื่อเข้าสู่ระบบทางเดินหายใจ จะเกาะตัวหรือตกตัวได้ในส่วนต่าง ๆ ของระบบทางเดินหายใจ ก่อให้เกิดการระคายเคืองและทำลายเนื้อเยื่อของอวัยวะนั้น ๆ เช่นเนื้อเยื่อปอด ซึ่งหากได้รับในปริมาณมากหรือเป็นเวลานาน จะสามารถสะสมในเนื้อเยื่อปอด เกิดเป็นพังศืดหรือแผลขึ้นที่บริเวณปอดได้ และทำให้การทำงานของปอดมีประสิทธิภาพลดลง หลอดลมอักเสบ หอบหืด ถุงลมโป่งพอง และมีโอกาสเกิดโรกระบบทางเดินหายใจเนื่องจากติดเชื้อได้

### 2.1.6 แนวทางการแก้ไขปัญหา

1. การควบคุมฝุ่นละอองที่แหล่งกำเนิด โดยอาศัยเทคโนโลยีต่าง ๆ เช่น การควบคุม ฝุ่นละอองจากโรงงานอุตสาหกรรม การปรับปรุงคุณภาพน้ำมันเชื้อเพลิงให้ดีขึ้น ซึ่งจะช่วยให้เพิ่มประสิทธิภาพการเผาไหม้เชื้อเพลิงของยานพาหนะ และ โรงงานอุตสาหกรรม เป็นต้น

2. การป้องกันการฟุ้งกระจายของฝุ่นละอองจากรถบรรทุกวัสดุก่อสร้าง หิน ดิน ทราย หรือฝุ่นละอองจากกิจกรรม การก่อสร้างอาคารและถนน โดยใช้ผ้าใบหรือวัสดุคลุมรถให้มีฉีดยิ่ง และทำความสะอาดล้อรถบรรทุก จำกัดเขตก่อสร้างให้ชัดเจนพร้อมทั้งมีวัสดุคลุมหรือกั้นบริเวณก่อสร้างให้เรียบร้อย

3. การปรับปรุงกฎหมายที่เกี่ยวข้อง เช่น มาตรฐานคุณภาพอากาศบรรยากาศมาตรฐานอากาศเสียจากโรงงานอุตสาหกรรม มาตรฐานอากาศเสียจากยานพาหนะ เป็นต้น

4. เข้มงวดกับการใช้กฎหมาย เช่น การกวดขันตรวจจับยานพาหนะที่มีการระบายควันดำเกินมาตรฐาน

5. ปรับเปลี่ยนพฤติกรรมของประชาชนผู้เป็นเจ้าของและขับขี่ยานพาหนะ ให้มีการเอาใจใส่ดูแลรักษาและปรับแต่งเครื่องยนต์ให้อยู่ในสภาพดี(<http://teenet.chiangmai.ac.th>)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

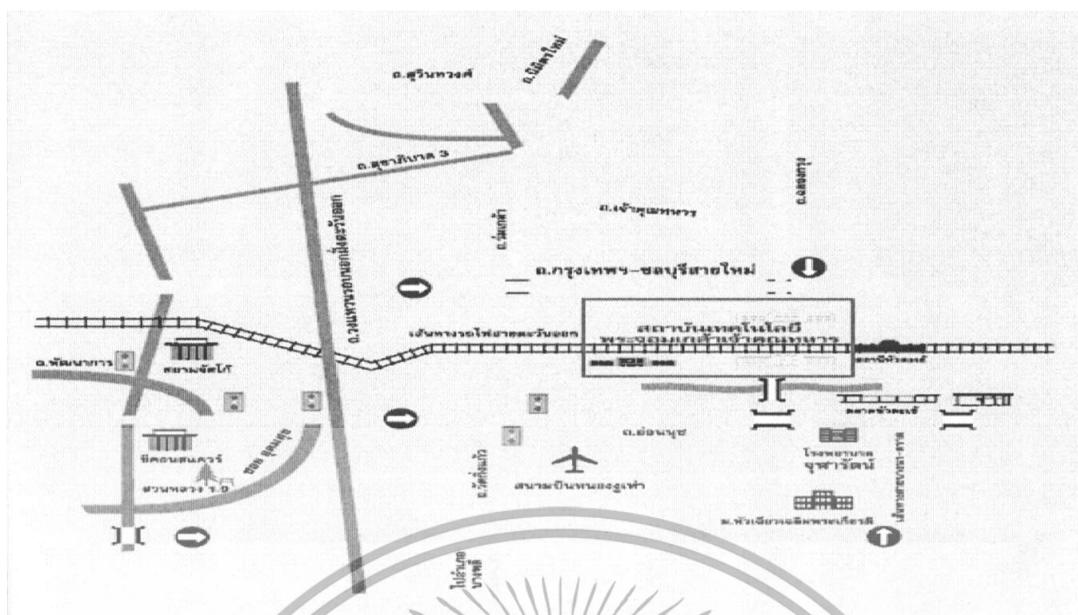
## 2.2 สภาพพื้นที่ที่เกี่ยวข้องกับการศึกษา

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ตั้งอยู่บนพื้นที่ประมาณ 850 ไร่ ณ เลขที่ 3 หมู่ที่ 2 ถนนฉลองกรุง แขวงลำปลาทิว เขตลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร 10520 สภาพพื้นที่โดยรอบมีกิจกรรมที่ก่อให้เกิดฝุ่นละออง ดังนี้ ท่าอากาศยานสุวรรณภูมิ, นิคมอุตสาหกรรมลาดกระบัง และสถานีบรรจุและแยกสินค้ากล่อง การรถไฟแห่งประเทศไทย ลาดกระบัง นอกจากนี้ยังมีพาณิชยกรรมขนาดเล็ก และอาคารที่พักอาศัย



รูปที่ 2.1 สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.2 แผนที่เขตลาดกระบัง

### 2.2.1 ทำอากาศยานสุวรรณภูมิ

พื้นที่ทำอากาศยานสุวรรณภูมิขนาดกว้างประมาณ 4 กิโลเมตร จากตะวันออก-ไปตะวันตก) ความยาว 8 กิโลเมตร (จากเหนือ-ไปได้) มีพื้นที่รวมทั้งหมดประมาณ 32 ตารางกิโลเมตร ตั้งอยู่บนถนนบางนา-ตราด ประมาณกิโลเมตรที่ 15 อยู่ในเขตอำเภอบางพลี จังหวัดสมุทรปราการ ซึ่งอยู่ห่างจากใจกลางกรุงเทพมหานครไปทางทิศตะวันออก 25 กิโลเมตร ทำอากาศยานสุวรรณภูมิตั้งอยู่ทางทิศใต้ของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ประมาณ 3 กิโลเมตร

ทำอากาศยานสุวรรณภูมิสร้างอยู่ภายในพื้นที่ปิดล้อมเป็น คันกั้นน้ำรอบทำอากาศยานภายในประกอบด้วยอาคารขนาดใหญ่หลายอาคาร อาคารที่ใหญ่ที่สุดเป็นอาคารผู้โดยสาร และอาคารคลังสินค้าพัสดุภัณฑ์ มีการขึ้น-ลงของอากาศยาน ขานพาหนะที่รับและส่งผู้โดยสาร และการขนส่งสินค้าประกอบด้วย รถที่เข้า-ออกทำอากาศยานสุวรรณภูมิอยู่ตลอดเวลาซึ่งมาจากถนนเชื่อมจากทางหลวงพิเศษหมายเลข 7 (กรุงเทพฯ-ชลบุรี), อ่อนนุช (สุขุมวิท 77), วงแหวนรอบนอกฝั่งตะวันออก, ทางด่วนบางนา-ชลบุรี และถนนบางนา-ตราด ทำให้เกิดมลสารที่ปล่อยออกมา ได้แก่ คาร์บอนมอนนอกไซด์ (CO) ไนโตรเจนออกไซด์ (NO<sub>x</sub>) และไฮโดรคาร์บอน (HC) ที่อาจจะทำให้คุณภาพอากาศบริเวณใกล้เคียงเปลี่ยนแปลงไป รวมทั้งแหล่งกำเนิดอื่น ๆ อาทิ หน่วยผลิตไฟฟ้าระบบ cogeneration ซึ่งหน่วยผลิตไฟฟ้านี้มีกำลังผลิตไฟฟ้าขั้นต่ำ 55 MW ตั้งอยู่ในพื้นที่ทางด้านเหนือของทำอากาศยานสุวรรณภูมิ ใช้ก๊าซธรรมชาติเป็นเชื้อเพลิงหลักในการผลิตและใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิงสำรอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการเปิดดำเนินการท่าอากาศยานสุวรรณภูมิได้มีมาตรการติดตามและตรวจสอบคุณภาพสิ่งแวดล้อม โดยได้มีการตรวจวัดคุณภาพอากาศปีละ 2 ครั้ง (ฤดูแล้งและฤดูฝน) ทำการตรวจวัด 3 วันต่อเนื่อง มีสถานีตรวจวัด 4 สถานี คือ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วัดกิ่งแก้ว วัดหัวคู่วาราม และ โรงเรียนเทเวศตรง ดัชนีตรวจวัดคือ คาร์บอนมอนนอกไซด์ (CO) ไนโตรเจนออกไซด์ (NO<sub>x</sub>) และไฮโดรคาร์บอน (HC) และ ฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 10 ไมโครเมตร (PM<sub>10</sub>)

## 2.2.2 นิคมอุตสาหกรรมลาดกระบัง

นิคมอุตสาหกรรมลาดกระบังตั้งอยู่บนถนนฉลองกรุง แขวงลำปลาทิว เขตลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร มีการประกอบกิจการประเภทธุรกิจอุตสาหกรรมและพาณิชยกรรม ซึ่งอุตสาหกรรมภายในนิคมอุตสาหกรรมลาดกระบังนั้นเป็นประเภทอุตสาหกรรมเบา จำนวน 224 โรงงาน เช่น ผลิตผงซักฟอก แชมพู ครีมนวดผม ชิ้นส่วนพลาสติก ยาง และโลหะสำหรับเครื่องใช้ไฟฟ้า ผลิตส่วนประกอบของนาฬิกา เครื่องประดับ ส่วนประกอบของยานพาหนะ เป็นต้น (ดูรายละเอียดภาคผนวก ง)

## 2.2.3 สถานีบรรจุและแยกสินค้ากล่อง การรถไฟแห่งประเทศไทย ลาดกระบัง

ตั้งอยู่ เลขที่ 33/4 หมู่ 1 ถนนเจ้าคุณทหาร แขวงคลองสามประเวศ เขตลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร

สถานีบรรจุและแยกสินค้ากล่อง คือสถานที่ที่มีอุปกรณ์อำนวยความสะดวกต่าง ๆ พร้อมจะให้บริการแก่ผู้ส่งออก ผู้นำเข้าและบุคคลทั่วไปในการดำเนินการเกี่ยวกับสินค้าที่อยู่ภายใต้ของศุลกากรก่อนนำสินค้าเหล่านั้นส่งออกไปยังประเทศต่าง ๆ หรือก็คือสถานที่ที่ทำการกิจกรรมทุกอย่างสินค้าขาเข้าและสินค้าขาออก แทนท่าเรือบก ซึ่งสถานีบรรจุและแยกสินค้ากล่อง ลาดกระบังสามารถรองรับตู้สินค้าได้ 1 ล้าน ทีอียู หรือนับเป็นหน่วยคอนเทนเนอร์ขนาด 20 ฟุต

## 2.3 สภาพอุตุนิยมวิทยาของประเทศไทย

ประเทศไทยมีการแบ่งฤดูกาลออกเป็น 3 ฤดูกาลคือ ฤดูร้อน ฤดูฝน และฤดูหนาว มีรายละเอียด ดังนี้

1. ฤดูร้อน เริ่มตั้งแต่กลางเดือนกุมภาพันธ์ไปจนถึงกลางเดือนพฤษภาคม โดยทั่วไปจะมีอากาศร้อนและแห้งแล้ง แต่บางครั้งอาจมีมวลอากาศเย็นจากประเทศจีนแผ่ลงมาปกคลุมถึงประเทศไทยตอนบน ทำให้เกิดการปะทะกันของมวลอากาศเย็นกับมวลอากาศร้อนที่ปกคลุมอยู่เหนือประเทศไทย ซึ่งก่อให้เกิดพายุฝนฟ้าคะนองและลมกระโชกแรงหรืออาจมีลูกเห็บตกก่อให้เกิดความเสียหายได้ พายุฝนฟ้าคะนองที่เกิดขึ้นในฤดูนี้มักเรียกอีกอย่างหนึ่งว่าพายุฤดูร้อน

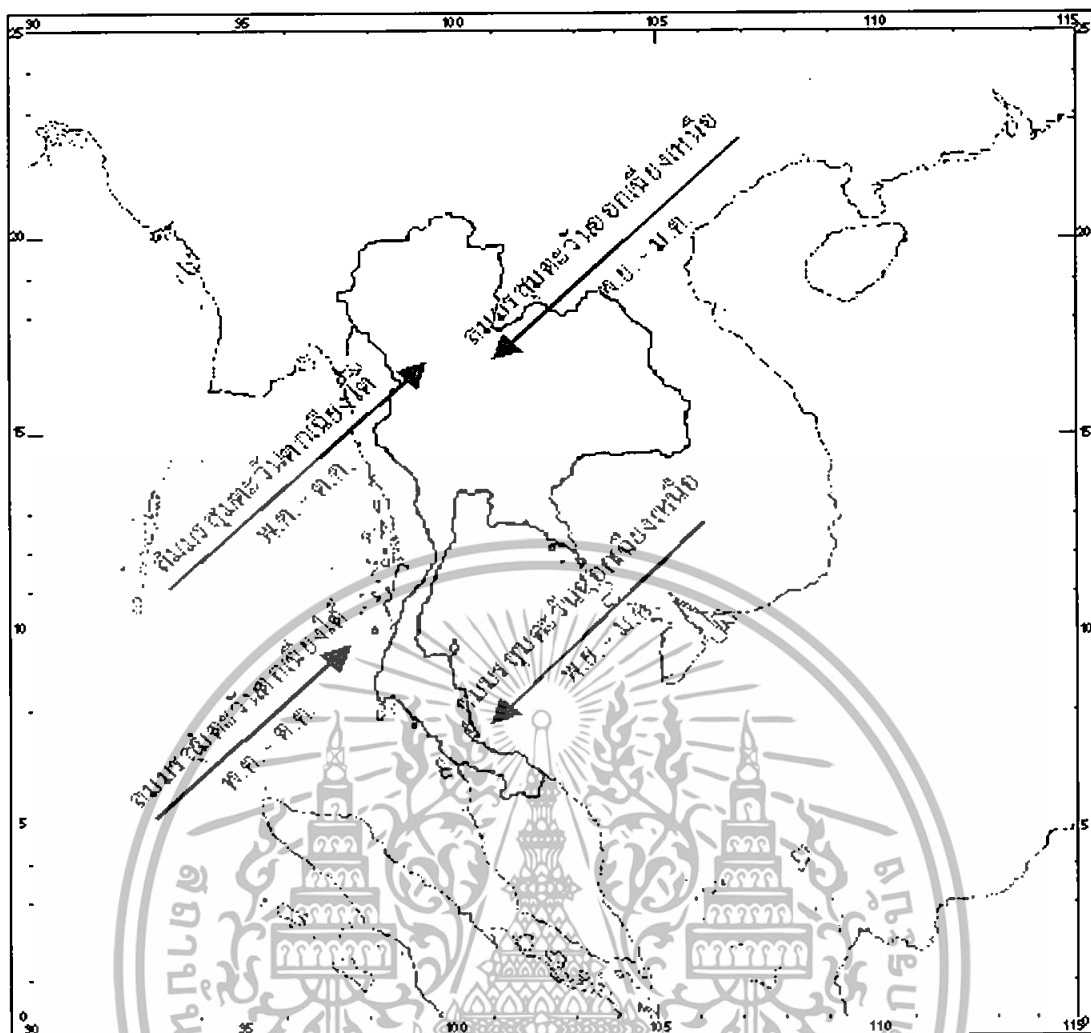
2. ฤดูฝน เริ่มตั้งแต่กลางเดือนพฤษภาคมถึงตุลาคมเมื่อลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้พัดปกคลุมประเทศไทยและร่องความกดอากาศต่ำพาดผ่านประเทศไทยทำให้มีฝนชุกทั่วไปร่องความกดอากาศนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อากาศดำนี้อาจจะพัดผ่านภาคใต้ในเดือนพฤษภาคม แล้วจึงเลื่อนขึ้นไปทางเหนือตามลำดับ จนถึงช่วงประมาณปลายเดือนมิถุนายน จะพัดผ่านอยู่บริเวณประเทศจีนตอนใต้ ทำให้ฝนในประเทศไทยลดลงระยะหนึ่ง และเรียกว่าเป็นฝนทิ้งช่วง ซึ่งอาจนานประมาณ 1 - 2 สัปดาห์หรือบางปีอาจเกิดขึ้นรุนแรงและมีฝนน้อยมาก โดยปกติในเดือนกรกฎาคม ร่องความกดอากาศต่ำจะเลื่อนกลับลงมาทางใต้พัดผ่านบริเวณประเทศไทยอีกครั้ง ทำให้มีฝนชุกอย่างต่อเนื่อง จนกระทั่งลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือพัดเข้ามาปกคลุมประเทศไทยแทนที่ ลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ ประมาณกลางเดือนตุลาคมประเทศไทยตอนบน จะเริ่มมีอากาศเย็นและปริมาณฝนลดลง โดยเฉพาะภาคเหนือและภาคตะวันออกเฉียงเหนือ เว้นแต่ภาคใต้ยังคงมีฝนชุกต่อไปจนถึงเดือนธันวาคมและมักมีฝนหนักถึงหนักมากจนก่อให้เกิดอุทกภัย โดยเฉพาะภาคใต้ฝั่งตะวันออกซึ่งจะมีปริมาณฝนมากกว่าภาคใต้ฝั่งตะวันตก อย่างไรก็ตามการเริ่มต้นฤดูฝนอาจจะช้าหรือเร็วกว่ากำหนดได้ประมาณ 1 - 2 สัปดาห์

3. ฤดูหนาว เริ่มตั้งแต่กลางเดือนตุลาคมถึงกลางเดือนกุมภาพันธ์ เมื่อมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือพัดปกคลุมประเทศไทยตั้งแต่กลางเดือนตุลาคม ในช่วงกลางเดือนตุลาคมนานราว 1-2 สัปดาห์ เป็นช่วงเปลี่ยนฤดูจากฤดูฝนเป็นฤดูหนาว อากาศแปรปรวน ไม่แน่นอนอาจเริ่มมีอากาศเย็นหรืออาจยังมีฝนฟ้าคะนอง โดยเฉพาะบริเวณภาคกลางตอนล่างและภาคตะวันออกเฉียงลงไปซึ่งจะหมดฝน และเริ่มมีอากาศเย็นช้ากว่าภาคเหนือและ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับรูปที่ 2.3 รูปสถานที่เก็บตัวอย่างฝุ่นละออง เสนอให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.4 แผนที่แสดงทิศทางลม (<http://www.tmd.go.th/info/info.php?FileID=52>)

ประเทศไทยอยู่ภายใต้อิทธิพลของลมมรสุมสองชนิด คือ ลมมรสุมตะวันออกเฉียงใต้ และลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ

### 2.3.1 ลมมรสุมตะวันออกเฉียงใต้

ลมมรสุมตะวันออกเฉียงใต้ พัดปกคลุมประเทศไทยระหว่างกลางเดือนพฤษภาคมถึงกลางเดือนตุลาคม โดยมีแหล่งกำเนิดจากบริเวณความกดอากาศสูงในซีกโลกใต้ บริเวณมหาสมุทรอินเดีย ซึ่งพัดออกจากศูนย์กลางเป็นลมตะวันออกเฉียงใต้ และเปลี่ยนเป็นลมตะวันตกเฉียงใต้ เมื่อพัดข้ามเส้นศูนย์สูตร มรสุมนี้จะนำมวลอากาศชื้นจากมหาสมุทรอินเดียมาสู่ประเทศไทย ทำให้มีเมฆมากและฝนตกชุกทั่วไป โดยเฉพาะอย่างยิ่งตามบริเวณชายฝั่งทะเล และเทือกเขาด้านรับลมจะมีฝนมากกว่าบริเวณอื่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 2.3.2 ลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ

ลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือพัดปกคลุมประเทศไทยระหว่างกลางเดือนตุลาคมถึงเดือนกุมภาพันธ์ โดยมีแหล่งกำเนิดจากบริเวณความกดอากาศสูงในซีกโลกเหนือแถบประเทศมองโกเลียและจีน จึงพัดพาเอามวลอากาศเย็นและแห้งจากแหล่งกำเนิดเข้ามาปกคลุมประเทศไทย ทำให้ท้องฟ้าโปร่งอากาศหนาวเย็นและแห้งแล้ง โดยเฉพาะภาคเหนือและภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ส่วนภาคใต้จะมีฝนตกชุก เนื่องมาจากมรสุมนี้นำความชุ่มชื้นจากอ่าวไทยเข้ามาปกคลุม (กรมอุตุนิยมวิทยา, 2550)

### 2.3.3 ลมประจำถิ่น

ลมประจำถิ่น คือ ลมที่พัดอยู่ในบริเวณใดบริเวณหนึ่งโดยเฉพาะ เนื่องจากความแตกต่างของอุณหภูมิในภูมิภาคแบบต่างๆ ไม่เหมือนกัน ก่อให้เกิดลมพัดขึ้น ชื่อของลมจะเรียกแตกต่างกันไปตามท้องถิ่น ลมประจำถิ่นที่สำคัญมีลมร้อนและลมเย็น สาเหตุที่เกิดมีลักษณะต่างๆ กันดังนี้

1. ลมที่เกิดจากอากาศจมตัวอากาศแห้งที่ไม่อ้อมตัวด้วยไอน้ำพัดผ่านจากที่สูงลงสู่ที่ต่ำ ทำให้อุณหภูมิสูงขึ้น เพราะโมเลกุลของมวลอากาศหนาแน่นมากขึ้น อุณหภูมิจะเพิ่ม 5.5 องศาฟาเรนไฮต์ ต่อความสูง 1,000 ฟุต ได้แก่ ลมเฟิน (Fohn) และชินุก (Chinook)

2. ลมที่เกิดจากความแตกต่างของอุณหภูมิสองแห่งไม่เหมือนกัน คือ บริเวณที่มีอุณหภูมิสูง ความกดต่ำ อีกบริเวณมีกดสูง อุณหภูมิต่ำ ลมนี้พัดผ่านดินแดนที่ร้อนและแห้งแล้งจัดเป็นลมร้อน เช่น ลมสิรอกโค (Sriocco) คีบลี (Keblee) ถ้าพัดผ่านมาจากภายในทวีปที่หนาวเย็นก็เป็นลมหนาวเย็น เช่น ลมทรามอนตানা (Tramontana) ลมโบรา (Bora) เป็นต้น

3. ลมที่เกิดจากการยกตัวลอยสูงขึ้นของอากาศมักเกิดในบริเวณทะเลทรานที่ร้อนจัด มีอากาศลอยขึ้น มีลมพัดเข้าสู่ศูนย์กลางกลายเป็นพายุฝุ่น (Dust-Devils) ได้ นอกจากนี้ท้องถิ่นบางแห่งจะได้รับอิทธิพลของลมพายุที่พัดผ่านอีกด้วย

ลมประจำถิ่นในทวีปเอเชีย

#### 1. ลมว่าวและลมตะเภา

ลมว่าวเป็นลมเย็นที่พัดจากทางเหนือมาตามลุ่มน้ำเจ้าพระยาระหว่างเดือนกันยายนถึงเดือนพฤศจิกายน เป็นระยะจะเริ่มลมมรสุมฤดูหนาว ลมนี้ชาวบ้านเรียกว่าลมข้าวเบา เพราะถึงฤดูเก็บเกี่ยวข้าวเบาได้พอดี

ลมตะเภา เป็นลมที่พัดจากบริเวณอ่าวไทยขึ้นมาตามทีราบลุ่มแม่น้ำเจ้าพระยา ระหว่างเดือนกุมภาพันธ์-เดือนเมษายน ซึ่งเป็นระยะเวลาที่ลมมรสุมฤดูหนาวจะเปลี่ยนเป็นลมมรสุมฤดูร้อน

2. ลมบูราน (Buran) เป็นลมหนาวจัด พัดผ่านไซบีเรียและภาคกลางของเอเชีย พัดในฤดูหนาวโดยพัดมาจากทิศเหนือหรือตะวันออกเฉียงเหนือ อุณหภูมิต่ำกว่าจุดเยือกแข็งบางครั้งมีหิมะปนด้วย เป็นลมที่เป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิตมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

3. ลมสุมาตรา (Sumatra) เป็นลมพัดอยู่บริเวณเกาะสุมาตรา เกิดในเวลากลางคืน
4. ลมโบโฮรอก (Bohorok) เป็นลมร้อนพัดจากตอนกลางของเกาะสุมาตราไปสู่ทางตะวันตก
5. ลมคาราบูราน (Karaburan) เป็นลมร้อน เกิดบริเวณใจกลางของเอเชียซึ่งจะนำเอาฝุ่นและทรายมาด้วย

### 2.4 ดัชนีคุณภาพอากาศ

ดัชนีคุณภาพอากาศ เป็นการรายงานข้อมูลคุณภาพอากาศในรูปแบบที่ง่ายต่อความเข้าใจของประชาชนทั่วไป เพื่อเผยแพร่ประชาสัมพันธ์ให้สาธารณชนได้รับทราบถึงสถานการณ์มลพิษทางอากาศในแต่ละพื้นที่ว่าอยู่ในระดับใด มีผลกระทบต่อสุขภาพอนามัยหรือไม่ ซึ่งดัชนีคุณภาพอากาศเป็นรูปแบบสากลที่ใช้กันอย่างแพร่หลายในหลายประเทศ เช่น สหรัฐอเมริกา ออสเตรเลีย สิงคโปร์ มาเลเซีย และประเทศไทย เป็นต้น

ดัชนีคุณภาพอากาศที่ใช้อยู่ในประเทศไทย กำหนดโดยเทียบจากมาตรฐานคุณภาพอากาศในบรรยากาศโดยทั่วไปของสารมลพิษทางอากาศ 5 ประเภท ได้แก่ ก๊าซโอโซน ( $O_3$ ) เฉลี่ย 1 ชั่วโมง ก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ ( $NO_2$ ) เฉลี่ย 1 ชั่วโมง ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ ( $CO$ ) เฉลี่ย 8 ชั่วโมง ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ( $SO_2$ ) เฉลี่ย 24 ชั่วโมง และฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 10 ไมโครเมตร ( $PM_{10}$ ) เฉลี่ย 24 ชั่วโมง ทั้งนี้ ดัชนีคุณภาพอากาศที่คำนวณได้ของสารมลพิษทางอากาศประเภทใดมีค่าสูงสุด จะใช้เป็นดัชนีคุณภาพอากาศของวันนั้น

ดัชนีคุณภาพอากาศของประเทศไทยแบ่งเป็น 5 ระดับ คือ ตั้งแต่ 0 ถึง มากกว่า 300 ซึ่งแต่ละระดับจะใช้สีเป็นสัญลักษณ์เปรียบเทียบกับระดับของผลกระทบต่อสุขภาพอนามัย ดังตารางที่ 2.4 โดยดัชนีคุณภาพอากาศ 100 จะมีค่าเทียบเท่ากับมาตรฐานคุณภาพอากาศในบรรยากาศโดยทั่วไป หากดัชนีคุณภาพอากาศมีค่าสูงเกินกว่า 100 แสดงว่าค่าความเข้มข้นของมลพิษทางอากาศมีค่าเกินมาตรฐานและคุณภาพอากาศในวันนั้นจะเริ่มมีผลกระทบต่อสุขภาพอนามัยของประชาชน

ตารางที่ 2.4 เกณฑ์ของดัชนีคุณภาพอากาศสำหรับประเทศไทย

AQI	ความหมาย	สีที่ใช้	แนวทางการป้องกันผลกระทบ
0-50	คุณภาพดี	ฟ้า	ไม่มีผลกระทบต่อสุขภาพ
51-100	คุณภาพปานกลาง	เขียว	ไม่มีผลกระทบต่อสุขภาพ
101-200	มีผลกระทบต่อสุขภาพ	เหลือง	ผู้ป่วยโรคระบบทางเดินหายใจ ควรหลีกเลี่ยงการออกกำลังกายนอกอาคาร บุคคลทั่วไป โดยเฉพาะเด็กและผู้สูงอายุ ไม่ควรทำกิจกรรมภายนอกอาคารเป็นเวลานาน
201-300	มีผลกระทบต่อสุขภาพมาก	ส้ม	ผู้ป่วยโรคระบบทางเดินหายใจ ควรหลีกเลี่ยงกิจกรรมภายนอกอาคาร บุคคลทั่วไป โดยเฉพาะเด็กและผู้สูงอายุ ควรจำกัดการออกกำลังกายนอกอาคาร
มากกว่า 300	อันตราย	แดง	บุคคลทั่วไป ควรหลีกเลี่ยงการออกกำลังกายนอกอาคาร สำหรับผู้ป่วยโรคระบบทางเดินหายใจ ควรอยู่ในอาคาร

ที่มา : กรมควบคุมมลพิษ ,2550

## 2.5 คุณภาพอากาศและสถานการณ์ฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 10 ไมโครเมตร ในกรุงเทพมหานครและปริมณฑล

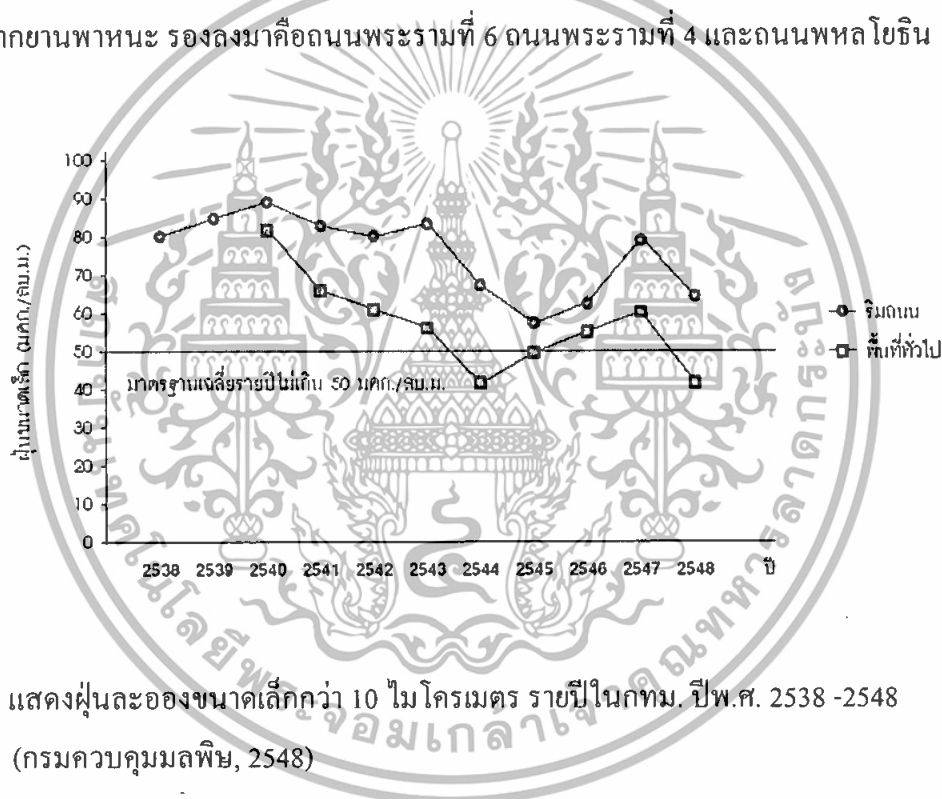
### 2.5.1 คุณภาพอากาศในกรุงเทพมหานครและปริมณฑล ในบริเวณทั่วไปและบริเวณริมถนน

การติดตามตรวจวัดคุณภาพอากาศทั่วประเทศไทยมีการดำเนินงานต่อเนื่องทุกปี เพื่อเฝ้าระวังอย่างต่อเนื่อง ในปีพ.ศ. 2548 พบว่าปัญหาฝุ่นละอองในบรรยากาศเป็นปัญหาหลักสำคัญ เพราะมีค่าเกินมาตรฐานในหลายพื้นที่ทั้งในเขตชุมชนเมืองและย่านอุตสาหกรรม โดยมีแหล่งกำเนิดฝุ่นละอองที่สำคัญจากยานพาหนะ โรงงานอุตสาหกรรม และการเผาในที่โล่ง พื้นที่ที่มีปัญหาฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 10 ไมโครเมตร (PM<sub>10</sub>) มากที่สุด คือ จังหวัดสมุทรปราการ โดยทั่วไปปัญหาความรุนแรงจะมีความรุนแรงในช่วงฤดูหนาว เนื่องจากสภาพอากาศหนึ่งความกดอากาศสูงไม่เอื้อต่อการกระจายตัวของสารมลพิษทางอากาศ นอกจากนี้พื้นที่ที่มีปัญหาฝุ่นละออง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยส่วนใหญ่จะเป็นพื้นที่เดิม ได้แก่ บริเวณริมถนนในกรุงเทพมหานคร ตำบลหน้าพระลาน จังหวัดสระบุรี จังหวัดเชียงใหม่ โดยแหล่งกำเนิดในแต่ละพื้นที่จะแตกต่างกัน เช่น กรุงเทพมหานคร และเขตเมืองหลักจะมีแหล่งกำเนิดจากยานพาหนะ พื้นที่ชุมชนในต่างจังหวัดจะมีแหล่งกำเนิดจากการเผาในที่โล่งทั้งจากพื้นที่การเกษตร การเผาขยะในชุมชน และไฟฟ้า เป็นต้น

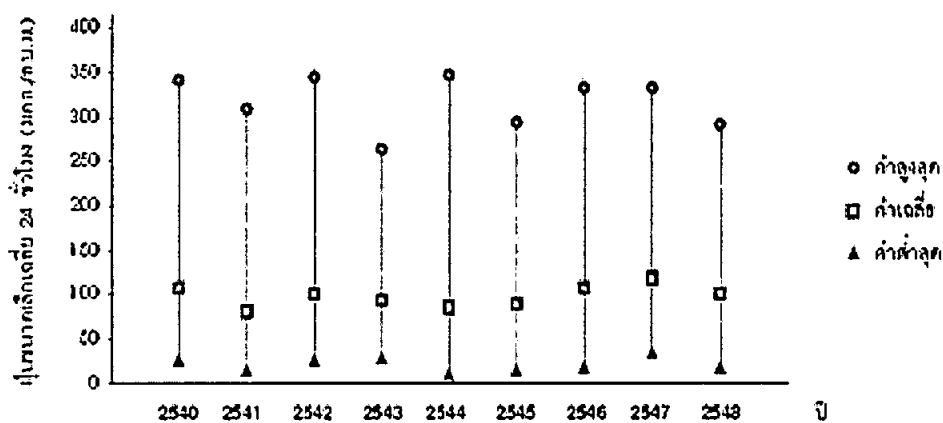
ในปีพ.ศ. 2548 กรุงเทพมหานคร มีปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 10 ไมโครเมตร ( $PM_{10}$ ) ลดลง เมื่อเทียบกับปีที่ผ่านมา ดังรูปที่ 2.5 แต่ยังคงพบเกินมาตรฐานในหลายพื้นที่ โดยเฉพาะบริเวณริมถนนจะมีปัญหามลพิษรุนแรงกว่าบริเวณพื้นที่ทั่วไปซึ่งเป็นชุมชนหรือที่พักอาศัย จากการติดตามตรวจสอบโดยสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศแบบอัตโนมัติตลอดปี พบว่าถนนที่มีฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 10 ไมโครเมตรสูงเกินมาตรฐานมีอยู่ 4 สาย ได้แก่ ถนนดินแดง สาเหตุเนื่องจากมีกิจกรรมก่อสร้างปรับปรุงถนนส่งผลให้การจราจรติดขัด จึงเกิดการสะสมของมลพิษทางอากาศที่ระบายจากยานพาหนะ รองลงมาคือถนนพระรามที่ 6 ถนนพระรามที่ 4 และถนนพหลโยธิน



รูปที่ 2.5 แสดงฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 10 ไมโครเมตร รายปีในกทม. ปีพ.ศ. 2538 -2548 (กรมควบคุมมลพิษ, 2548)

ส่วนในเขตปริมณฑลที่ได้ทำการตรวจวัดคุณภาพอากาศทั้งหมด 4 จังหวัด ได้แก่ สมุทรปราการ สมุทรสาคร ปทุมธานี และ นนทบุรีพบว่า จังหวัดสมุทรปราการ ยังคงเป็นพื้นที่ที่มีปัญหาฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 10 ไมโครเมตรมากที่สุด แต่เมื่อเทียบกับปีที่ผ่านมา พบว่าความรุนแรงลดลงอย่างเห็นได้ชัด (รูปที่ 2.6) ของกรุงเทพมหานคร ทั้งนี้แหล่งกำเนิดของฝุ่นละอองเหล่านี้มาจาก โรงงานอุตสาหกรรม ยานพาหนะ รวมถึงการก่อสร้าง สำหรับเขตปริมณฑล เช่น จังหวัดสมุทรสาคร ปทุมธานี และ นนทบุรี มีปัญหาเพียงเล็กน้อย (กรมควบคุมมลพิษ, 2548)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.6 แสดงฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 10 ไมโครเมตรในจังหวัดสมุทรปราการ ปี 2540 -2548 (กรมควบคุมมลพิษ, 2548)

## 2.6 เอกสารที่เกี่ยวข้อง

Thongsanit (2002)

ศึกษาสารพอลิไซคลิกอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอนในฝุ่นละอองแต่ละขนาด ในอากาศของกรุงเทพมหานคร โดยทำเก็บฝุ่นที่มีขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน (PM<sub>10</sub>) ด้วยเครื่องเก็บตัวอย่างฝุ่น High Volume จาก 6 สถานีในเขตกรุงเทพมหานคร ได้แก่ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย โรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์ ดินแดง สำนักงานนโยบายและแผนสิ่งแวดล้อม โรงเรียนสิงหราช และมหาวิทยาลัยกรุงเทพ ระหว่างเดือนพฤศจิกายน 2542 ถึงพฤศจิกายน 2543 เฉพาะที่สถานีจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เก็บตัวอย่างฝุ่นทั้งที่มีขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน และแยกขนาด 5 ขนาด อีกทั้งเก็บตัวอย่างฝุ่นจากไอเสียรถยนต์ประเภทต่างๆ จากปล่องโรงงานอุตสาหกรรม และฝุ่นบนผิวถนน พบว่าค่าเฉลี่ย 24 ชั่วโมงของฝุ่นขนาดเล็กกว่า 10 ไมโครเมตรในบรรยากาศทั่วไป มีค่า 23 ถึง 160 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ที่สถานีมหาวิทยาลัยกรุงเทพ และโรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์ตามลำดับ ซึ่งมีผลมากจากการเปลี่ยนแปลงของฤดูกาลและปริมาณรถยนต์ ทุกตัวอย่างกระดาศกรองฝุ่นสกัดโดยสารอะซิโตรไนโตร และวิเคราะห์ปริมาณสารพอลิไซคลิกอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอน (PAHs) ด้วยเครื่อง High Performance Liquid Chromatograph ที่มีทั้ง UV-Vis และ Fluorescence Detector ค่าเฉลี่ยของปริมาณรวม PAHs 20 ชนิดจากฝุ่นบรรยากาศทั่วไป เท่ากับ 60 นาโนกรัมต่อลูกบาศก์เมตร และพบว่า Benzo[e]pyrene (BeP), Indeno[123cd]pyrene (Ind) และ Benzo[ghi]perylene (BghiP) เป็นองค์ประกอบหลัก PAHs มากกว่าร้อยละ 97 พบในฝุ่นขนาดเล็กกว่า 0.95 ไมโครเมตร PAHs โมเลกุลเล็กพบในตัวอย่างฝุ่นจากรถยนต์ดีเซล ตัวอย่างรถยนต์เบนซินมี BghiP เป็นองค์ประกอบหลัก และ พบว่า Bep และ Pyrene (Pyr) เป็นองค์ประกอบหลักของตัวอย่างจากปล่อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โรงงานอุตสาหกรรม ผลการวิเคราะห์ฝุ่นจากบรรยากาศเปรียบเทียบกับตัวอย่างจากแหล่งกำเนิดพบว่าแหล่งกำเนิดหลักของ PAHs คือ ไอเสียรถยนต์

Suwattiga. *et al.* (2004)

ศึกษาองค์ประกอบทางเคมีภายในฝุ่นละอองที่ปล่อยออกจากแหล่งกำเนิดต่าง ๆ แบ่งตามลักษณะของแหล่งกำเนิดหลัก 3 แหล่ง คือ แหล่งกำเนิดเคลื่อนที่ (จากยานพาหนะ 6 ประเภท) แหล่งกำเนิดจากอุตสาหกรรม (จากโรงงานอุตสาหกรรม 8 ประเภท) และแหล่งกำเนิดจากพื้นที่ทั่วไป (ฝุ่นดินและฝุ่นถนน) ผลที่ได้คือ แหล่งกำเนิดเคลื่อนที่จำพวกเครื่องยนต์แก๊สโซลีนจะพบสารอินทรีย์คาร์บอนเป็นหลัก และจำพวกเครื่องยนต์ดีเซลจะพบธาตุคาร์บอนเป็นหลัก ส่วนแหล่งกำเนิดจากอุตสาหกรรม พบว่า สัดส่วนขององค์ประกอบจะขึ้นอยู่กับเชื้อเพลิงและวัตถุดิบที่ใช้ของอุตสาหกรรมแต่ละประเภท และแหล่งกำเนิดจากพื้นที่ทั่วไป จำพวกฝุ่นดินจะพบ Si, Cs, Ce, สารอินทรีย์คาร์บอน, ธาตุคาร์บอน และ  $\text{SO}_4^{2-}$  ส่วนจำพวกฝุ่นถนน จะพบ Si, สารอินทรีย์คาร์บอน, ธาตุคาร์บอน และ  $\text{NH}_4^+$

ปัทมาและคณะ (2542)

เป็นงานวิจัยศึกษาปริมาณฝุ่นละอองและการวิเคราะห์หาปริมาณโลหะหนักในบรรยากาศบริเวณสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง โดยใช้เครื่องเก็บตัวอย่างแบบปริมาตรมาก ทำการเก็บฝุ่นละออง 3 ช่วง ในช่วงเดือนสิงหาคมถึงเดือนกันยายน ช่วงเดือนพฤศจิกายนถึงเดือนธันวาคม และในช่วงเดือนกุมภาพันธ์ถึงเดือนมีนาคม ทำการศึกษาปริมาณฝุ่นรวมขนาดไม่เกิน 100 ไมโครเมตร (TSP) ในเวลา 24 ชั่วโมง พบว่า TSP ภายในสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ยังอยู่ในระดับที่ปลอดภัย โดยทุกตัวอย่างมีปริมาณฝุ่นต่ำกว่ามาตรฐาน พบค่าสูงสุดเพียง 164 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ทำการศึกษาปริมาณโลหะหนักในช่วงเดือนพฤศจิกายนถึงเดือนธันวาคมพบปริมาณแคดเมียมมากที่สุด คือมีปริมาณโดยเฉลี่ยเท่ากับ 0.000028 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ในช่วงเดือนกุมภาพันธ์ถึงเดือนมีนาคมพบปริมาณโครเมียมมากที่สุด คือปริมาณโดยเฉลี่ยเท่ากับ 0.00052 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ในช่วงเดือนสิงหาคมถึงเดือนกันยายนพบปริมาณตะกั่วมากที่สุด คือมีปริมาณโดยเฉลี่ยเท่ากับ 0.00078 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ซึ่งค่าความเข้มข้นของโลหะหนักที่พบในฝุ่นละอองมีน้อยมาก โดยแต่ละชนิดมีความเข้มข้นสูงสุดไม่เกิน 0.001 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร เป็นค่าที่ไม่ก่อให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพอนามัย จากการศึกษาปริมาณฝุ่นขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร ( $\text{PM}_{10}$ ) ในเวลา 24 ชั่วโมง และศึกษาฝุ่นขนาดไม่เกิน 5 ไมโครเมตร (Respirable Dust) ในเวลา 8 ชั่วโมง พบว่าปริมาณฝุ่นและความเข้มข้นของโลหะหนักมีปริมาณน้อยมากเช่นเดียวกับการศึกษาฝุ่นรวมขนาดไม่เกิน 100 ไมโครเมตร (TSP) 24 ชั่วโมง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### พวงศัคดี และคณะ (2543)

เป็นศึกษาปริมาณฝุ่นละอองทั้งหมด (TSP) และปริมาณอนุภาคที่มีขนาดเล็กกว่า 10 ไมโครเมตร ( $PM_{10}$ ) จากการจราจร โดยทำการตรวจวัด 2 จุด คือ บริเวณแยกเตาปูนและบริเวณแยกวงศ์สว่าง ในเขตบางซื่อ ซึ่งทั้ง 2 จุดมีปริมาณการจราจรหนาแน่น และเครื่องมือที่ใช้ในการตรวจวัด คือ High Volume Air Sampler ใช้ในการตรวจวัดปริมาณ TSP และ Low Volume รุ่น Particulate FH 95 E ใช้ในการตรวจวัดปริมาณ  $PM_{10}$  ซึ่งในการตรวจวัดครั้งนี้เริ่มทำการตรวจวัดตั้งแต่วันที่ 15 พฤศจิกายน 2543 ถึง 13 ธันวาคม 2543 รวมเป็นระยะเวลาทำการตรวจวัดทั้งสิ้น 4 สัปดาห์ โดยใน 1 สัปดาห์จะทำการตรวจวัด 5 วันต่อเนื่อง คือ 3 วันทำการและ 2 วันหยุด

ผลการตรวจวัดอนุภาคทั้งหมดบริเวณแยกวงศ์สว่างพบว่า มีปริมาณอยู่ในช่วง 290.00 - 487.88 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร และมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 365.93 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ซึ่งมีค่าเกินค่ามาตรฐานคิดเป็นร้อยละ 70 ของจำนวนการตรวจวัดทั้งหมด และบริเวณแยกเตาปูนพบว่า มีปริมาณอนุภาคทั้งหมดอยู่ในช่วง 189.63-392.89 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร และมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 290.29 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ซึ่งมีค่าเกินค่ามาตรฐานคิดเป็นร้อยละ 10 ของจำนวนการตรวจวัดทั้งหมด ผลการตรวจวัดปริมาณอนุภาคขนาดเล็กกว่า 10 ไมโครเมตร บริเวณแยกวงศ์สว่างพบว่า มีปริมาณอนุภาคขนาดเล็กกว่า 10 ไมโครเมตรอยู่ในช่วง 95.07-180.06 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร และมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 132.30 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ซึ่งมีค่าเกินค่ามาตรฐานคิดเป็นร้อยละ 80 ของจำนวนการตรวจวัดทั้งหมดและบริเวณแยกเตาปูนพบว่า มีปริมาณอนุภาคขนาดเล็กกว่า 10 ไมโครเมตรอยู่ในช่วง 94.41 -155.10 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร และมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 122.44 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 60 ที่เกินมาตรฐานของจำนวนการตรวจวัดทั้งหมด

### กำพล และคณะ (2544)

เป็นศึกษาปริมาณความเข้มข้นของฝุ่นละอองรวมและฝุ่นขนาดเล็กกว่า 10 ไมโครเมตร ในบรรยากาศภายในและภายนอกอาคารที่จอดรถ สถาบันราชภัฏสวนดุสิต โดยทำการตรวจวัดทั้งสิ้น 3 จุด คือ ภายในอาคารที่จอดรถ ชั้นใต้ดิน ชั้น 1 และภายนอกอาคารที่จอดรถ โดยใช้เครื่องดูดอากาศชนิดติดตัวบุคคลต่อกับไซโคลนเพื่อเก็บตัวอย่างฝุ่นขนาดเล็กกว่า 10 ไมโครเมตร ใช้เครื่องดูดอากาศชนิดติดตัวบุคคล เก็บตัวอย่างฝุ่นละอองรวม แบ่งการเก็บตัวอย่างฝุ่นละอองออกเป็น 4 ช่วงเวลา คือ ช่วงเวลาเร่งด่วนเช้า ช่วงเวลาไม่เร่งด่วนเช้า ช่วงเวลาไม่เร่งด่วนเย็น และช่วงเวลาเร่งด่วนเย็น จากการศึกษา พบว่า ปริมาณความเข้มข้นของฝุ่นละอองรวมอยู่ในช่วง 27.78-583.33 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ค่าเฉลี่ย เท่ากับ 230.70 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ปริมาณความเข้มข้น ของฝุ่นขนาดเล็กกว่า 10 ไมโครเมตร อยู่ในช่วง 55.56-583.33 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 261.72 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ฝุ่นขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอนบริเวณชั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใต้ดินมีปริมาณความเข้มข้นสูงกว่าฝุ่นละอองรวม ฝุ่นละอองรวมของชั้น 1 มีปริมาณความเข้มข้นสูงกว่าฝุ่นขนาดเล็กกว่า 10 ไมโครเมตร เมื่อได้เปรียบเทียบกับช่วงเวลา พบว่า ชั้นใต้ดินมีปริมาณฝุ่นละอองรวมสูงในช่วงเวลาเร่งด่วนเย็น ชั้น 1 มีปริมาณฝุ่นละอองรวมสูงในช่วงเวลาไม่เร่งด่วนเย็น ฝุ่นขนาดเล็กกว่า 10 ไมโครเมตรมีปริมาณสูงในช่วงไม่เร่งด่วนเย็น วันหยุดราชการมีปริมาณความเข้มข้นของฝุ่นละอองรวมและฝุ่นขนาดเล็กกว่า 10 ไมโครเมตรสูงกว่าวันทำการ เมื่อเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐาน พบว่าปริมาณความเข้มข้นของฝุ่นละอองรวมและฝุ่นขนาดเล็กกว่า 10 ไมโครเมตร มีค่าไม่เกินมาตรฐาน

#### อริษฐ์ และคณะ (2544)

ศึกษาหาปริมาณธาตุต่าง ๆ ในฝุ่นอากาศบริเวณกรุงเทพมหานคร โดยได้เก็บตัวอย่างฝุ่นอากาศที่มีขนาดตั้งแต่ 100 ไมโครเมตรลงมา (TSP) ที่ย่านเยาวราช ในช่วงเดือนมกราคม พ.ศ. 2541 ถึงเดือนธันวาคม พ.ศ. 2543 และที่กรมขนส่งทางบกบริเวณถนนพหลโยธิน ได้เก็บฝุ่นอากาศ TSP และ PM<sub>10</sub> หรือฝุ่นที่มีขนาดตั้งแต่ 10 ไมโครเมตรลงไปในช่วงกันยายน พ.ศ. 2541 ถึงพฤษภาคม พ.ศ. 2543 ความเข้มข้นของฝุ่นทั้งสองชนิดและทั้งสองสถานี สูงเกินมาตรฐานที่กำหนดโดยกรมควบคุมมลพิษ ผลวิเคราะห์ที่ได้คือ ที่เยาวราชพบแหล่งที่เป็นไปได้ 6 แหล่ง ได้แก่ แหล่งแรกมี Al เป็นธาตุเด่น ซึ่บอกเป็นแหล่งฝุ่นดิน แหล่งที่สองเป็นละอองจากเกลือทะเล โดยมี Na และ Cl เป็นธาตุสูงสุด แหล่งที่สามเป็นการเผาไหม้ของไม้หรือผลิตภัณฑ์จากไม้ เนื่องจากมี K เป็นธาตุสูงสุดเพียงธาตุเดียวของแหล่งนี้ แหล่งที่สี่เป็นแหล่งผสมจากการเผาไหม้น้ำมันชนิดหนักซึ่งจะปล่อย V การเผาไหม้จากรถยนต์ซึ่งจะปล่อย Br และจากคะตะลิสต์ในรถจักรยานยนต์ซึ่งจะปล่อย Zn แหล่งที่ห้าเป็นแหล่งจากปูนซีเมนต์ โดยมี Ca และ Fe เป็นธาตุซึ่บอก และสุดท้ายเป็นแหล่งที่ปล่อยธาตุ Mn ที่ไม่สามารถระบุชนิดของแหล่งนี้ได้ ส่วนที่สถานีกรมขนส่งทางบก เป็นฝุ่นดินที่ประกอบด้วยธาตุ Al, Sc, Fe, Ca, and Mn สำหรับฝุ่น TSP ส่วนฝุ่น PM<sub>10</sub> พบแหล่งที่เป็นฝุ่นดินที่ประกอบด้วยธาตุ Al, Ca และ La

#### พูนทรัพย์ (2544)

เป็นงานวิจัยที่ศึกษาหาปริมาณ Pb Cd และ Zn ในฝุ่นละอองที่มีขนาดเล็กกว่า 10 ไมโครเมตร และหาความสัมพันธ์ของปริมาณ Pb Cd และ Zn กับความเสี่ยงต่อการเป็นโรคระบบทางเดินหายใจจากโลหะหนัก โดยเปรียบเทียบกับประวัติการเป็นโรคระบบทางเดินหายใจของตำรวจจราจร และปริมาณการจราจร กลุ่มตัวอย่างในการศึกษา ได้แก่ ตัวอย่างกระดาศกรอง 132 ตัวอย่าง ซึ่งทำการเก็บตัวอย่างจากบรรยากาศในเขตกรุงเทพมหานคร วัดปริมาณโลหะหนักด้วยเครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometer และกลุ่มตัวอย่างตำรวจจราจร 322 คน ใช้แบบสอบถามในการวัดการเป็นโรคระบบทางเดินหายใจของตำรวจจราจรจากผลการวิจัยพบว่า เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่าเฉลี่ยของ Pb Cd และ Zn ในฝุ่นละอองที่มีขนาดเล็กลงกว่า 10 ไมโครเมตร มีค่าเท่ากับ 73.22 , 1.25 ng/m<sup>3</sup> และ 15.33 µg/m<sup>3</sup> ตามลำดับ ถนนเขาวราชมีปริมาณ Pb สูงสุด คือ 299.38 ng/m<sup>3</sup> ถนนหลานหลวงมีปริมาณ Cd สูงสุด คือ 2.96 ng/m<sup>3</sup> ถนนสุขาภิบาล1 มีปริมาณ Zn สูงสุด คือ 30.32 µg/m<sup>3</sup> จากการวิเคราะห์ทางด้านสถิติพบว่า Pb Cd และ Zn ในฝุ่นละอองไม่มีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญกับความถี่ของการเป็นโรคระบบทางเดินหายใจของตำรวจจราจร นอกจากนี้ปริมาณ Pb ในฝุ่นละอองมีปริมาณลดลงอย่างชัดเจนตั้งแต่มีการรณรงค์ให้ใช้น้ำมันเบนซินไร้สารตะกั่วในปี พ.ศ. 2539

#### เพ็ญศิริ (2545)

เป็นงานวิจัยที่ศึกษาหาความสัมพันธ์ของตะกั่วและเหล็กในฝุ่นละอองในบรรยากาศบริเวณสถาบันราชภัฏเพชรบุรีวิทยาลัย ในพระบรมราชูปถัมภ์ เป็นการศึกษาเพื่อหาความสัมพันธ์ของตะกั่วและเหล็ก ในฝุ่นละอองขนาดเล็ก (PM<sub>10</sub>) และหาความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นในตัวอย่างเป็นตะกั่วและเหล็ก ในฝุ่นละอองขนาดเล็กขนาดเล็กลง (PM<sub>10</sub>) กับปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็ก (PM<sub>10</sub>) ในบรรยากาศ และเปรียบเทียบกับเกณฑ์มาตรฐาน เพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานเกี่ยวกับคุณภาพอากาศบริเวณสถาบันราชภัฏเพชรบุรีวิทยาลัย ในพระบรมราชูปถัมภ์ ในการใช้ประโยชน์เกี่ยวกับแผนการจัดการสิ่งแวดล้อม พบว่าการวิเคราะห์ความเข้มข้นของตะกั่วในฝุ่นละอองในบรรยากาศ จุดที่ 1, 2, 3 พบว่ามีความเข้มข้นเฉลี่ยเท่ากับ 0.1004, 0.0430, 0.0635 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ ผลการวิเคราะห์ความเข้มข้นของเหล็กในฝุ่นละอองในบรรยากาศจุดที่ 1, 2, 3 พบว่ามีความเข้มข้นเท่ากับ 3.457, 2.688, 1.537 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ ซึ่งความเข้มข้นของตะกั่วมีค่าต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐาน ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของตะกั่วและเหล็ก ในฝุ่นละอองขนาดเล็ก (PM<sub>10</sub>) กับปริมาณฝุ่นละอองมีความสัมพันธ์ไปในทิศทางเดียวกัน โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (correlation, r) ของตะกั่วและเหล็ก เท่ากับ 0.6447, 0.6171 ตามลำดับ

#### วนิดา และคณะ (2545)

ศึกษามลพิษอากาศและเสียงบริเวณใต้สถานีรถไฟ กรุงเทพมหานคร โดยตรวจวัดปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 10 ไมโครเมตร (PM<sub>10</sub>), ก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ (NO<sub>2</sub>) และระดับเสียงบริเวณใต้สถานีรถไฟ 3 สถานี คือ สถานีพญาไท, สยาม และศาลาแดง ในระหว่างเดือนตุลาคม 2544 ถึงมกราคม 2545 โดยที่ฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 10 ไมโครเมตร เก็บตัวอย่างด้วยเครื่องเก็บตัวอย่างอากาศเฉพาะบุคคลติดหัวแยกฝุ่นไซโคลน (Cyclone) แล้วนำมาวิเคราะห์ปริมาณโดยชั่งน้ำหนักด้วยเครื่องชั่งไฟฟ้า 5 ตำแหน่งฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 10 ไมโครเมตร เฉลี่ย 24 ชั่วโมง ในช่วงวันทำงานทั้ง 3 สถานีมีค่า 128 ± 15.7 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ซึ่งบริเวณใต้เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สถานีรถไฟฟ้ามหานครมีค่าเฉลี่ยสูงถึง  $142 \pm 12.6$  ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร (ค่ามาตรฐานคุณภาพอากาศในบริเวณทั่วไปมีค่า 120 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร) และในช่วงวันหยุดทั้ง 3 สถานี ปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 10 ไมโครเมตรเฉลี่ย 24 ชั่วโมง มีค่า  $70 \pm 7.3$  ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ซึ่งบริเวณใต้สถานีรถไฟฟ้ามหานครมีค่าเฉลี่ยสูงถึง  $76.4 \pm 6.9$  ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร สำหรับปริมาณก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ ทำการเก็บตัวอย่างด้วยวิธี Passive gas sampling แล้วนำมาวิเคราะห์ด้วยวิธี spectroscopy ค่าเฉลี่ย 24 ชั่วโมง ในโตรเจนไดออกไซด์ตรวจวัดได้เท่ากับ  $14 \pm 2$  ppbV สำหรับเสียงบริเวณใต้สถานีรถไฟฟ้ามหานครมีระดับเสียงเฉลี่ย Leq 24 ชั่วโมง มีค่า 80 เดซิเบล(ค่ามาตรฐานคุณภาพเสียงมีค่า 70 เดซิเบล) จากผลการตรวจวัดนี้แสดงให้เห็นว่า มลพิษอากาศ  $PM_{10}$  และระดับเสียงในบริเวณใต้สถานีรถไฟฟ้ามหานครทั้ง 3 สถานี มีค่าสูงเมื่อเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานคุณภาพอากาศและเสียงในบริเวณพื้นที่ทั่วไป

พงษ์เสวต (2545)

เป็นการศึกษาการจำแนกสัดส่วนแหล่งกำเนิดของอนุภาคมลสารรวมทั้งหมดในพื้นที่กรุงเทพมหานครและศึกษาการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นฝุ่นละอองรวมในบรรยากาศในช่วงลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ (ม.ค. – มี.ค. 2545) ลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ (เม.ย. – พ.ค. 2545) และตลอดทั้งปี พบว่าในช่วงลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ มีค่าความเข้มข้นของฝุ่นละอองรวมมากกว่าช่วงลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ และการหาสัดส่วนองค์ประกอบทางเคมีของฝุ่นละอองที่มาจากแหล่งกำเนิดต่างๆ จะนำแบบจำลองดุลยภาพมวลเคมีมาใช้ จากนั้นนำข้อมูลองค์ประกอบที่มีความเข้มข้นสูงเมื่อเปรียบเทียบกับแหล่งกำเนิดอื่น ๆ อย่างเห็นได้ชัด เป็นองค์ประกอบทางเคมีที่ชี้ถึงฝุ่นละอองรวมจากแหล่งกำเนิดเหล่านั้นได้ค่อนข้างดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.5 แสดงแหล่งกำเนิดของฝุ่นละออง

องค์ประกอบเด่นในฝุ่นละออง	แหล่งที่มาของฝุ่นละออง
ธาตุคาร์บอน (Element carbon, EC)	ไอเสียจากเครื่องยนต์ดีเซลและมอเตอร์ไซค์
คาร์บอนอินทรีย์ (Organic carbon, OC)	การเผาไหม้ของชีวมวล
K	ฝุ่นดินและถนน
Al, Ca, Si, Fe และ Ti	โรงงานผลิตชิ้นส่วนอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> , S และ Na	การเผาไหม้ของน้ำมันเตา
Fe	โรงหลอมเหล็ก
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> , SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> และ NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	การเกิดปฏิกิริยาภายในบรรยากาศ ได้เป็น(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> และ NaNO <sub>3</sub>
Na <sup>+</sup> และ Cl <sup>-</sup>	ละออง ไอทะเล
Zn และ Pb	โรงหลอมโลหะที่ไม่ใช่เหล็ก เตาเผาขยะ และยานพาหนะ

รัตนารณ์ และคณะ (2546)

เป็นการศึกษาปริมาณฝุ่นละอองรวม (TSP) ฝุ่นละอองที่มีขนาดเล็กกว่า 10 ไมโครเมตร (PM<sub>10</sub>) และตะกั่วในฝุ่นละออง บริเวณศูนย์ควบคุมการทางพิเศษฉลองรัชและด่านเก็บค่าผ่านทางพิเศษบางพลี 2 และเปรียบเทียบปริมาณฝุ่นที่ตรวจวัดได้กับค่ามาตรฐานคุณภาพอากาศในบรรยากาศโดยทั่วไป ตามประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 10 ( พ . ศ . 2538) จากการศึกษาพบว่า บริเวณศูนย์ควบคุมการทางพิเศษฉลองรัช มีค่าฝุ่นละออง (TSP) เฉลี่ยเท่ากับ 78.48 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ฝุ่นละอองที่มีขนาดเล็กกว่า 10 ไมโครเมตร (PM<sub>10</sub>) 57.73 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร, ตะกั่วในฝุ่นละอองรวม (TSP) 0.03 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร และตะกั่วในฝุ่นละอองที่มีขนาดเล็กกว่า 10 ไมโครเมตร (PM<sub>10</sub>) 0.03 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ส่วนด่านเก็บค่าผ่านทางพิเศษบางพลี 2 มีค่าฝุ่นละออง (TSP) เฉลี่ยเท่ากับ 116.86 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ฝุ่นละอองที่มีขนาดเล็กกว่า 10 ไมโครเมตร (PM<sub>10</sub>) 63.16 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ตะกั่วในฝุ่นละอองรวม (TSP) 0.03 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร และตะกั่วในฝุ่นละอองที่มีขนาดเล็กกว่า 10 ไมโครเมตร (PM<sub>10</sub>) 0.02 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร และจากการเปรียบเทียบปริมาณฝุ่นละอองรวม (TSP) ฝุ่นละอองที่มีขนาดเล็กกว่า 10 ไมโครเมตร (PM<sub>10</sub>) และตะกั่วในฝุ่นละออง ทั้ง 2 จุดตรวจวัดมีค่าไม่เกินค่ามาตรฐานที่กรมควบคุมมลพิษกำหนดไว้ที่ 330 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร, 120 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร, 1.5 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร(เฉลี่ยรายเดือน) ซึ่งอาจเป็นผลจากจุดที่ทำการตรวจวัดบริเวณศูนย์ควบคุมการทางพิเศษ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลิขิต (2546)

เป็นการศึกษาเพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมในการวิเคราะห์ธาตุองค์ประกอบในฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 2.5 ไมโครเมตรและขนาดระหว่าง 2.5-10 ไมโครเมตร โดยใช้ เครื่องเอกซเรย์ฟลูออเรสเซนส์แบบกระจายพลังงานซึ่งเครื่องเอกซเรย์นี้ สามารถวิเคราะห์ธาตุได้หลายๆ ธาตุในเวลาเดียวกันโดยที่ตัวอย่างที่นำมาวิเคราะห์ไม่ถูกทำลาย ซึ่งตัวอย่างฝุ่นที่นำมาวิเคราะห์มาจาก หมู่บ้านหัวฝาย จังหวัดลำปาง เป็นตัวอย่างฝุ่นที่เก็บตั้งแต่ เดือนมกราคม-ธันวาคม พ.ศ. 2543 จากผลการวิจัยพบว่าสภาวะที่เหมาะสมกับการวิเคราะห์ธาตุ Ca คือ Liquid A สภาวะที่เหมาะสมสำหรับการวิเคราะห์ธาตุ Sc, Ti, V, Cr, Ni และ Cu คือ Liquid B และสภาวะที่เหมาะสมสำหรับการวิเคราะห์ธาตุ Mn, Fe, Zn, As, Br, Sb, Cs, Ba และ Pb คือ General Liquid สำหรับการวิเคราะห์ฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 2.5 ไมโครเมตร และขนาด 2.5-10 ไมโครเมตร พบว่าธาตุที่ต้องการวิเคราะห์ในฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 2.5 ไมโครเมตร มีปริมาณต่ำกว่าปริมาณธาตุชนิดเดียวกันในฝุ่นละอองขนาดระหว่าง 2.5-10 ไมโครเมตร โดยปริมาณธาตุต่างๆ จะสูงในเดือน มีนาคม กันยายน และเดือน พฤศจิกายน

พัชวิสัย และคณะ (2547)

เป็นการศึกษาปริมาณฝุ่นละอองรวมภายในโรงสีข้าว มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนดุสิต จังหวัดปราจีนบุรี ได้ทำการเก็บตัวอย่างฝุ่นละออง (TSP) ในโรงสีข้าว ค่าเฉลี่ย 8 ชั่วโมง ตลอดระยะเวลาการทำงาน โดยใช้เครื่องปั๊มดูดอากาศชนิดบุคคล (personal pump) และใช้วิธีการตรวจวัดแบบ Gravimetric Method จำนวน 2 จุด ได้แก่ บริเวณภายในห้องการผลิตและบริเวณห้องวัตถุดิบ ในช่วงระหว่างเดือน ธันวาคม พ.ศ. 2547 ถึง เดือน กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2548 เนื่องจากเป็นช่วงฤดูหนาว ซึ่งจะทำให้เกิดการฟุ้งกระจายของฝุ่นละอองมากที่สุด จึงเหมาะที่จะเป็นตัวแทนในปี 2547 การวิเคราะห์หาปริมาณฝุ่นละอองรวมภายในโรงสีข้าว พบว่าปริมาณฝุ่นละอองรวมเฉลี่ย 8 ชั่วโมง ตลอดระยะเวลาทำงาน ภายในเดือน ธันวาคม พ.ศ. 2547 ณ ห้องวัตถุดิบมีค่าอยู่ในช่วง 0.40 – 0.70 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร โดยมีเฉลี่ยเท่ากับ  $0.60 \pm 0.20$  มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร และบริเวณห้องการผลิตมีค่าอยู่ในช่วง 0.40 – 0.80 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร โดยมีเฉลี่ยเท่ากับ  $0.50 \pm 0.20$  มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ภายในเดือนมกราคม พ.ศ. 2548 ณ ห้องวัตถุดิบมีค่าอยู่ในช่วง 0.40 – 0.60 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ  $0.50 \pm 0.10$  มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร และบริเวณห้องการผลิตมีค่าอยู่ในช่วง 0.30 – 0.50 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร โดยมีเฉลี่ยเท่ากับ  $0.40 \pm 0.10$  มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร และในเดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2548 ณ ห้องวัตถุดิบมีค่าอยู่ในช่วง 1.19 – 1.21 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร โดยเฉลี่ยเท่ากับ  $1.16 \pm 0.06$  มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร และบริเวณห้องการผลิตมีค่าอยู่ในช่วง 1.13 – 1.22 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.17

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$\pm 0.04$  มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ซึ่งมีค่าไม่เกินมาตรฐานฝุ่นละอองในสถานประกอบการตามประกาศกระทรวงมหาดไทย (ค่ามาตรฐานเท่ากับ 15 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)

รายงานการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมโครงการก่อสร้างท่าอากาศยานสุวรรณภูมิฉบับเพิ่มเติม (2548)

การจัดทำรายงานการวิเคราะห์ผลกระทบสิ่งแวดล้อมของโครงการท่าอากาศยานสุวรรณภูมิของบริษัทท่าอากาศยานสากลกรุงเทพแห่งใหม่ จำกัด (บทม.) มีการดำเนินการ 2 ครั้ง คือ ฉบับแรกได้รับความเห็นชอบเมื่อปี พ.ศ. 2545 จากนั้นมีการทบทวนรายละเอียดพบว่าในปีที่เปิดดำเนินการจะมีผู้โดยสารมาใช้บริการมากขึ้น ซึ่งจะส่งผลถึงการเปลี่ยนแปลงระดับผลกระทบต่างๆ เช่น ผลกระทบด้านเสียง คุณภาพอากาศ ทัศนวิสัย น้ำเสีย การคมนาคม เป็นต้น โดยรายงานฉบับเพิ่มเติมได้รับความเห็นชอบในปี 2548 โดยรายงานฉบับนี้ได้ทำการประเมินผลกระทบที่อาจเกิดขึ้น และมีข้อมูลที่มีส่วนเกี่ยวข้องและน่าสนใจนั้นคือผลกระทบด้านคุณภาพอากาศ โดยได้มีการตรวจวัดฝุ่นละอองรวม (TSP) และฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 10 ไมโครเมตร ( $PM_{10}$ ) ทำการเก็บตัวอย่างโดยใช้เครื่องเก็บตัวอย่างปริมาตรมากแบบ Gravimetry มีสถานีตรวจวัด 3 สถานี คือวัดห้วยคู่วาราม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังและเกริกวิทยาลัย ระหว่างวันที่ 28-31 ธันวาคม พ.ศ. 2546 ผลการตรวจวัดตาราง ที่ 2.5

ตารางที่ 2.6 แสดงปริมาณฝุ่นละอองของสถานีตรวจวัดต่างๆ

ฝุ่นละออง	วัดห้วยคู่วาราม	สถาบันเทคโนโลยีฯลาดกระบัง	เกริกวิทยาลัย
TSP $mg/m^3$	0.167 – 0.210	159 – 191	174 – 199.8
$PM_{10}$ $\mu g/m^3$	0.091 – 0.110	90 – 114	99 – 114
วันที่เก็บตัวอย่าง	28-31 ธ.ค. 2546	28-31 ธ.ค. 2546	28-31 ธ.ค. 2546
จำนวนตัวอย่าง	3	3	3

ที่มา : บริษัท ทิม คอนซัลติ้ง เอนจิเนียริง แอนด์ แมเนจเม้นท์ จำกัด, ธันวาคม 2546

ประกาศของคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ, 2538

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กนกรส และคณะ (2549)

เป็นการศึกษาเกี่ยวกับการตรวจวัดฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 10 ไมโครเมตร( $PM_{10}$ ) ด้วยเครื่องเก็บตัวอย่างอากาศแบบปริมาตรมาก บริเวณพื้นที่ใกล้เคียงท่าอากาศยานสุวรรณภูมิ คือ บริเวณสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังและเกริกวิทยาลัย ทำการศึกษา 2 ช่วงเวลาคือ ก่อนเปิดดำเนินการใช้สนามบิน (19-31 มกราคม 2549) จำนวน 6 ตัวอย่างในรอบ 6 วัน และหลังเปิดดำเนินการใช้สนามบิน (1-13 ตุลาคม 2549) จำนวน 6 ตัวอย่างในรอบ 6 วัน พบว่า ปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็ก ( $PM_{10}$ ) ที่สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังก่อนเปิดดำเนินการใช้สนามบินและหลังเปิดใช้สนามบิน มีปริมาณอยู่ในช่วง  $63.27-78.49 \mu\text{g}/\text{m}^3$  และ  $67.58-114.77 \mu\text{g}/\text{m}^3$  ตามลำดับ จะเห็นได้ว่ามีปริมาณเพิ่มขึ้น เนื่องจากมีการก่อสร้างเส้นทางรถโดยสารเพิ่มมากขึ้นทำให้ฝุ่นดินจากถนนแขวนลอยอยู่ในอากาศเพิ่มมากขึ้น และปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็ก ( $PM_{10}$ ) ที่เกริกวิทยาลัยก่อนเปิดดำเนินการใช้สนามบินและหลังเปิดใช้สนามบิน มีปริมาณอยู่ในช่วง  $98.72-148.72 \mu\text{g}/\text{m}^3$  และ  $83.53-132.95 \mu\text{g}/\text{m}^3$  ตามลำดับ จะเห็นได้ว่ามีปริมาณลดลง เนื่องจากกิจกรรมการก่อสร้างสนามบินลดน้อยลงทำให้การขนส่งวัสดุอุปกรณ์การก่อสร้างน้อยลงจึงส่งผลให้ปริมาณฝุ่นละอองในอากาศน้อยลง

ผลการวิเคราะห์หาองค์ประกอบทางเคมีต่าง ๆ ในฝุ่นละอองแบ่งออกเป็น 3 กลุ่ม คือ ปริมาณไอออนที่ละลายน้ำได้ ปริมาณสารอินทรีย์คาร์บอนสุทธิและปริมาณธาตุโลหะ พบปริมาณไอออนที่ละลายน้ำได้มีองค์ประกอบหลัก ได้แก่  $K^+$ ,  $NH_4^+$ ,  $SO_4^{2-}$ ,  $NO_3^-$  ปริมาณสารอินทรีย์คาร์บอนสุทธิมีปริมาณเพิ่มขึ้นที่สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง และมีปริมาณลดลงที่ เกริกวิทยาลัย และจากการตรวจวัดปริมาณโลหะ 5 ชนิด พบว่าปริมาณโลหะเรียงลำดับจากมากไปน้อยดังนี้ เหล็ก, แคลเซียม, แมกนีเซียม, แมงกานีส และตะกั่ว ตามลำดับ ซึ่งคาดว่าแหล่งที่มาของฝุ่นละอองจากทั้งสองบริเวณ อาจเกิดจากฝุ่นดินและถนน เนื่องจากการก่อสร้างและไอเสียจากยานพาหนะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 3

### วิธีการดำเนินการวิจัย

#### 3.1 เครื่องมือและอุปกรณ์

1. เครื่องไอออนโครมาโทกราฟี (Ion Chromatography) รุ่น DX 600 ยี่ห้อ Methohm ประเทศสวีเดน
2. เครื่องโทเทิลออร์แกนิกคาร์บอน (Total Organic Carbon Analyzer) แบบการวิเคราะห์ตัวอย่างของแข็ง รุ่น TOC-VCSH ยี่ห้อ Shimadzu ประเทศญี่ปุ่น
3. เครื่องอะตอมมิกแอบซอร์บชันสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ (Atomic Absorption Spectrophotometer) รุ่น AA 680 ยี่ห้อ Shimadzu ประเทศญี่ปุ่น
4. เครื่องอัลตราโซนิก Ultra Sonik รุ่น 136H บริษัท Fisher Scientific Worldwild ประเทศเยอรมัน
5. เครื่องทำน้ำบริสุทธิ์สูง Ultrapure Organex Cartridge รุ่น Millipak-40 ยี่ห้อ Millipore ประเทศฝรั่งเศส
6. ตู้อบ (Furnace) รุ่น L15/12/P320 ยี่ห้อ Nabertherm ประเทศเยอรมัน
7. เครื่องชั่ง (Balance) ชนิดละเอียดทศนิยม 4 ตำแหน่ง รุ่น TC-254 บริษัท Denver Instrument Company ประเทศเยอรมัน
8. ตู้ควบคุมความชื้นอัตโนมัติ (Desiccator auto dry box) รุ่น CM-3 บริษัท Sanplatec Corp. ประเทศเยอรมัน
9. เครื่องชั่งกระดาษกรอง รุ่น AB204 ยี่ห้อ Mettler Toledo ประเทศสวีเดน พร้อมตู้ชั่งกระดาษกรอง
10. เครื่องเก็บฝุ่นปริมาตรมาก (High Volume Air Sampler) รุ่น Ecotech Model 2000 ยี่ห้อ Ecotech ประเทศออสเตรเลีย
11. กระดาษกรองควอทซ์ ขนาด 22.8x18 ตารางเซนติเมตร ยี่ห้อ Advantec บริษัท Toyo Koshi Kaisha,Ltd. ประเทศญี่ปุ่น
12. เครื่องให้ความร้อน (Heater) รุ่น HP46820-33 ยี่ห้อ Barnstead ประเทศเยอรมัน
13. มีดตัดพืชชำ
14. ที่รองตัดกระดาษกรอง
15. ไมโครปีเปต
16. ปากกิบพลาสติก
17. กระดาษฟอยล์
18. เครื่องแก้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.2 สารเคมี

1. กรดไนตริก ( $\text{HNO}_3$ , 65%) AR-grade บริษัท Carlo Erba ประเทศอิตาลี
2. กรดไฮโดรคลอริก (HCl) AR-grade บริษัท Merck ประเทศเยอรมัน
3. อะซิโตน ( $\text{CH}_3\text{COCH}_3$ ) AR-grade บริษัท Fisher chemical ประเทศเยอรมัน
4. โซเดียมไฮโดรเจนคาร์บอเนต ( $\text{NaHCO}_3$ ) AR-grade บริษัท Carlo Erba ประเทศอิตาลี
5. โซเดียมคาร์บอเนต ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) AR-grade บริษัท Merck ประเทศเยอรมัน
6. กลูโคส ( $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ ) AR-grade บริษัท Fine chem ประเทศอังกฤษ
7. สารละลายสต็อกมาตรฐานผสม ประกอบด้วย คลอไรด์ ( $\text{Cl}^-$ ), ไนเตรต ( $\text{NO}_3^-$ ), ฟอสเฟต ( $\text{PO}_4^{3-}$ ), ฟลูออไรด์ ( $\text{F}^-$ ), ซัลเฟต ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) IC -grade มีความเข้มข้น 250 ppm, 250 ppm, 500 ppm, 1,000 ppm, 1,000 ppm ตามลำดับ บริษัท Fluka ประเทศสวิตเซอร์แลนด์
8. สารละลายสต็อกมาตรฐานไนไตรต์ ( $\text{NO}_2^-$ ) IC -grade ความเข้มข้น 1,000 ppm บริษัท Merck ประเทศเยอรมัน
9. สารละลายสต็อกมาตรฐานโบรมൈด์ ( $\text{Br}^-$ ) IC -grade ความเข้มข้น 1,000 ppm บริษัท Fluka ประเทศสวิตเซอร์แลนด์
10. สารละลายสต็อกมาตรฐานลิเทียม ( $\text{Li}^+$ ) IC -grade ความเข้มข้น 1,000 ppm บริษัท Fluka ประเทศสวิตเซอร์แลนด์
11. สารละลายสต็อกมาตรฐานโซเดียม ( $\text{Na}^+$ ) IC -grade ความเข้มข้น 1,000 ppm บริษัท Merck ประเทศเยอรมัน
12. สารละลายสต็อกมาตรฐานแอมโมเนียม ( $\text{NH}_4^+$ ) IC -grade ความเข้มข้น 1,000 ppm บริษัท Merck ประเทศเยอรมัน
13. สารละลายสต็อกมาตรฐานโพแทสเซียม ( $\text{K}^+$ ) IC-grade ความเข้มข้น 1,000 ppm บริษัท Fluka ประเทศสวิตเซอร์แลนด์
14. สารละลายสต็อกมาตรฐานแคลเซียม ( $\text{Ca}^{2+}$ ) IC -grade ความเข้มข้น 1,000 ppm บริษัท Fluka ประเทศสวิตเซอร์แลนด์
15. สารละลายสต็อกมาตรฐานตะกั่ว ( $\text{Pb}^{2+}$ ) AR -grade ความเข้มข้น 1,000 ppm บริษัท Fluka ประเทศสวิตเซอร์แลนด์
16. สารละลายสต็อกมาตรฐานเหล็ก ( $\text{Fe}^{2+}$ ) AR -grade ความเข้มข้น 1,000 ppm บริษัท Fluka ประเทศสวิตเซอร์แลนด์
17. สารละลายสต็อกมาตรฐานแมงกานีส ( $\text{Mn}^{2+}$ ) AR -grade ความเข้มข้น 1,000 ppm บริษัท Fluka ประเทศสวิตเซอร์แลนด์
18. สารละลายสต็อกมาตรฐานแมกนีเซียม ( $\text{Mg}^{2+}$ ) AR -grade ความเข้มข้น 1,000 ppm บริษัท Fluka ประเทศสวิตเซอร์แลนด์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.3 การทดลอง

#### 3.3.1 การเก็บตัวอย่างฝุ่นละออง

##### 1. สถานที่เก็บตัวอย่างฝุ่นละออง

พื้นที่ที่ใช้ในการเก็บตัวอย่างฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 10 ไมโครเมตร คือ บริเวณลานคบเพลิงของสนามกีฬาสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง (บริเวณโดยรอบมีลักษณะเป็นพื้นที่เปิดโล่ง) ตั้งเครื่องเก็บฝุ่นปริมาณมากบนพื้นคอนกรีตใกล้บริเวณสนามฟุตบอล และสนามรักบี้ที่มีหีญาปกคลุม ด้านหลังสนามกีฬาเป็นถนนมอเตอร์เวย์สายกรุงเทพ-ชลบุรี (สายใหม่) ห่างจากจุดเก็บตัวอย่างประมาณ 200 เมตร และมีการก่อสร้างอาคารหอพักนักศึกษาห่างจากจุดเก็บตัวอย่างประมาณ 500 เมตร ในระหว่างการเก็บตัวอย่างทั้ง 2 ช่วงเวลา

##### 2. ระยะเวลาในการเก็บ

ระยะเวลาในการเก็บฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 10 ไมโครเมตร มี 2 ช่วงเวลา คือ วันที่ 26 มกราคม พ.ศ. 2550 -1 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2550 และวันที่ 13-18,20 พฤศจิกายน พ.ศ. 2550 ทั้งสองช่วงที่ทำการเก็บตัวอย่างมีทิศทางลมพัดมาจากทิศตะวันออกเฉียงเหนือ (ระหว่างเดือนพฤศจิกายน – มกราคม)

##### 3. การเก็บตัวอย่างฝุ่นละออง ด้วยเครื่องเก็บฝุ่นปริมาณมาก

- 1) ตรวจสอบกระดาศยกรองควอท์ซ์กับแสง บันทึกรหัสตัวอย่าง
- 2) เก็บกระดาศยกรองในตู้ดูดความชื้นอัตโนมัติ
- 3) ชั่งน้ำหนักกระดาศยกรองโดยเครื่องชั่งน้ำหนัก 4 ตำแหน่ง จนกระทั่งน้ำหนักคงที่อย่างน้อย 3 ครั้ง (กรณีน้ำหนักไม่คงที่ให้นำกระดาศยกรองไปอบและชั่งน้ำหนักใหม่) บรรจุใส่ถุงซิปล็อคและซองสีน้ำตาล พร้อมนำไปเก็บตัวอย่างภาคสนาม
- 4) ติดตั้งอุปกรณ์เครื่องเก็บตัวอย่างฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 10 ไมโครเมตร พร้อมกระดาศยกรอง ทำการตั้งเวลา บันทึกข้อมูลการเก็บตัวอย่างตามคู่มือการใช้เครื่องเก็บฝุ่นปริมาณมาก เริ่มทำการเก็บตัวอย่างและบันทึกข้อมูลเริ่มต้น ได้แก่ เวลาที่เก็บตัวอย่าง อัตราการไหล อุณหภูมิ ความดันและสภาพทั่วไป
- 5) เก็บตัวอย่างฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 10 ไมโครเมตร เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จำนวน 7 วัน โดยเปลี่ยนกระดาศยกรองทุกๆ 24 ชั่วโมง
- 6) หลังจากทำการเก็บตัวอย่างเป็นเวลา 24 ชั่วโมงแล้ว ให้ถอดกระดาศยกรองออกจากเครื่องเก็บฝุ่นปริมาณมาก พับกระดาศยกรองครึ่งหนึ่งตามแนวยาวให้ด้านที่มีฝุ่นเข้าหากัน และบันทึกข้อมูลหลังการเก็บตัวอย่าง
- 7) เก็บกระดาศยกรองใส่ในถุงซิปล็อค และนำไปเก็บในตู้ดูดความชื้นอัตโนมัติเป็นเวลา 24 ชั่วโมง
- 8) ชั่งน้ำหนักกระดาศยกรองด้วยเครื่องชั่งกระดาศยกรอง (วิธีการเดียวกับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก่อนเก็บตัวอย่าง)

9) คำนวณหาความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 10 ไมโครเมตร

### 3.3.2 การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของฝุ่นละออง

องค์ประกอบทางเคมีและเครื่องมือที่ใช้วิเคราะห์ แสดงดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 การวิเคราะห์องค์ประกอบของฝุ่นละออง จำแนกตามสมบัติและเครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์เป็น 3 ประเภทหลัก

องค์ประกอบทางเคมี	เครื่องมือที่ใช้วิเคราะห์	ตามวิธี
1. ไอออนที่ละลายน้ำได้ เช่น $\text{Li}^+$ , $\text{Na}^+$ , $\text{NH}_4^+$ , $\text{K}^+$ , $\text{F}^-$ , $\text{Cl}^-$ , $\text{NO}_2^-$ , $\text{Br}^-$ , $\text{NO}_3^-$ , $\text{PO}_4^{3-}$ และ $\text{SO}_4^{2-}$	1. เครื่อง Ion Chromatograph	1. Lodge ,J.P. (1989)
2. สารอินทรีย์คาร์บอน (TOC)	2. เครื่อง Total Organic Carbon Analyzer	2. Combustion catalytic oxidation/NDIR Method
ธาตุโลหะ ได้แก่ Ca ,Pb, Fe, Mg และ Mn	3. เครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometer	3. Method IO-3.1 (EPA) และ Lodge ,J.P. (1989)

ที่มา : <http://www.epa.gov>

นำกระดวยกรองที่ได้มาตัดแบ่งเป็น 12 ส่วน เท่า ๆ กัน ขนาด กว้าง 1.5 เซนติเมตร ยาว 11.5 เซนติเมตร โดยใช้แผ่นรองตัดและที่ตัดพิชซ่า

1. การวิเคราะห์หาปริมาณ ไอออนที่ละลายน้ำได้

1. วิธีการเตรียมตัวอย่างจากกระดวยกรองที่มีฝุ่นละอองรวมโดยการสกัดด้วยน้ำ

- ทำการสุ่มตัวอย่างกระดวยกรองที่ตัดแล้วมา 3 ส่วน

- นำส่วนที่ 1 ตัดกระดวยกรองที่มีฝุ่นละอองรวมออกเป็นชิ้นเล็ก ๆ และใส่ใน บีกเกอร์

ขนาด 100 มิลลิลิตร แล้วเติมน้ำปราศจากไอออน 25 มิลลิลิตรโดยใช้กระบอกตวงและให้กระดวยกรองเปียกทั้งหมดและปิดบีกเกอร์ด้วยกระดาษฟิว

- นำบีกเกอร์วางในเครื่องอัลตราโซนิก สกัดด้วยคลื่นโซนิกนาน 15 นาที นำบีกเกอร์

ออกทิ้งไว้ให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง

- ล้างกระดาษฟิวและด้านข้างของบีกเกอร์ด้วยน้ำ

- เทสารละลายที่ได้ในบีกเกอร์ลงในขวดวัดปริมาตรขนาด 50 มิลลิลิตรโดยผ่าน

กระดวยกรองที่มี รูพรุน 0.45 ไมโครเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ล้างกระดาษกรองและบีกเกอร์อีก 2 ครั้ง ด้วยน้ำ และเติมน้ำที่มีความบริสุทธิ์สูงโดยกรองผ่านกระดาษกรองที่มีขนาดรูพรุน 0.45 ไมโครเมตร แผ่นเดิมและเทลงในขวดวัดปริมาตรปรับปริมาตรด้วยน้ำที่มีความบริสุทธิ์สูงจนได้ถึงขีดวัดปริมาตรและผสมให้เข้ากัน

- เทสารละลายจากขวดวัดปริมาตรลงในขวดพลาสติกที่ติดฉลากระบุรายละเอียดเกี่ยวกับตัวอย่างเพื่อนำไปวิเคราะห์ด้วยเครื่องไอออน โครมาโทกราฟต่อไป

- ทำซ้ำส่วนที่ 2 และ 3 ตามลำดับ

## 2. การเตรียมตัวอย่างของกระดาษกรองเปล่า (Blank filter)

ทำโดยวิธีเดียวกันกับตัวอย่างฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 10 ไมโครเมตร เพียงแต่เปลี่ยนจากกระดาษกรองที่มีฝุ่นละอองรวมเป็นกระดาษกรองที่ยังไม่ได้ใช้แทน

## 2. การวิเคราะห์หาปริมาณคาร์บอนในรูปสารอินทรีย์ในตัวอย่างฝุ่นละออง

### 1. การเตรียมสารมาตรฐาน

การวิเคราะห์ Total carbon, TC สารคาร์บอนอินทรีย์มาตรฐานที่ใช้คือ กลูโคส

การวิเคราะห์ Inorganic carbon, IC สารคาร์บอนอนินทรีย์มาตรฐานที่ใช้คือ โซเดียมคาร์บอเนต

นำสารมาตรฐานกลูโคสและสารมาตรฐานโซเดียมคาร์บอเนตมาจำนวนหนึ่ง ไปอบที่อุณหภูมิ  $105^{\circ}\text{C}$  เป็นเวลา 2 ชั่วโมง แล้วนำไปทิ้งให้เย็นในเดซิเคเตอร์

### 2. การทำกราฟมาตรฐาน (Calibration curve)

การทำกราฟมาตรฐาน Total carbon (TC) สารมาตรฐานที่ใช้คือกลูโคส ซึ่งมีค่าปริมาณคาร์บอนเท่ากับ 40% ทำการชั่งน้ำหนักกลูโคสดังนี้ 74.3, 50.16, 24.8 และ 10.43 มิลลิกรัม ตามลำดับ จากนั้นทำการวิเคราะห์เช่นเดียวกับการวิเคราะห์ตัวอย่างเพื่อหาค่า Total carbon ตามลำดับ ส่วนการทำกราฟมาตรฐาน Inorganic carbon (IC) สารมาตรฐานที่ใช้คือโซเดียมคาร์บอเนต ซึ่งมีค่าปริมาณคาร์บอนเท่ากับ 11.3% ทำการชั่งโซเดียมคาร์บอเนต ดังนี้ 202.4, 102.0, 50.12 และ 25.3 มิลลิกรัม ตามลำดับ จากนั้นทำการวิเคราะห์เช่นเดียวกับการวิเคราะห์ตัวอย่าง เพื่อหาค่า Inorganic carbon

### 3. การวิเคราะห์หาค่า total carbon (TC)

นำตัวอย่างที่เตรียมไว้ใส่ลงใน ceramic combustion boat เพื่อใส่เข้าไปในเตาเผา ที่มีอุณหภูมิสูงถึง  $900^{\circ}\text{C}$  จะช่วยให้สารประกอบคาร์บอน เกิดการเผาไหม้อย่างสมบูรณ์เปลี่ยนเป็นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ( $\text{CO}_2$ ) และน้ำ ปริมาณ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้นจะตรวจวัดด้วย NDIR detector ซึ่งค่าความเข้มข้นของ total carbon ที่ได้จะคำนวณเทียบจากพื้นที่ใต้พีคของ calibration curve total carbon

### 4. การวิเคราะห์หาค่า inorganic carbon (IC)

นำตัวอย่างที่เตรียมไว้ใส่ลงใน ceramic combustion boat เติมน้ำสารละลายกรดฟอสฟอริกเจือจาง ( $\text{H}_3\text{PO}_4 : \text{H}_2\text{O}, 2 : 1$ ) และควรเติมให้เปียกทั่วตัวอย่าง แต่ไม่ควรเติมเกิน 1 มิลลิลิตร จากนั้นก็ใส่ตัวอย่างเข้าไปในเตาเผาที่มีอุณหภูมิสูงถึง  $200^{\circ}\text{C}$  ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้นจะตรวจวัดด้วย NDIR เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

detector ซึ่งค่าความเข้มข้นของ inorganic carbon ที่ได้จะคำนวณเทียบจากพื้นที่ใต้พีคของ calibration curve inorganic carbon

### 3. การวิเคราะห์หาปริมาณโลหะในฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 10 ไมโครเมตร

#### 1. การเตรียมตัวอย่างโดยวิธีการย่อยแบบเปียก (wet digestion )

##### 1.1 การเตรียมกรดสำหรับการย่อย

สารละลายผสมระหว่างสารละลายกรดไนตริกเข้มข้น 5.55 % ( $\text{HNO}_3$ ) สารละลายกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 16.75 % ( $\text{HCl}$ ) มีวิธีการเตรียมดังนี้ ทำการเตรียมสารละลายกรดในขวดวัดปริมาตร 1000 มิลลิลิตร โดยเติมน้ำบริสุทธิ์สูง 500 มิลลิลิตร ลงในขวดวัดปริมาตร ตามด้วยสารละลายกรดไนตริกเข้มข้น 5.55 % ( $\text{HNO}_3$ ) ปริมาณ 55.5 มิลลิลิตร และสารละลายกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 16.75 % ( $\text{HCl}$ ) ปริมาณ 167.5 มิลลิลิตร จากนั้นปรับปริมาตรด้วยน้ำบริสุทธิ์สูง จนถึงขีดบอกริมาตร 1,000 มิลลิลิตร

##### 1.2 การย่อยกระดาศกรอง

1. สุ่มตัวอย่างกระดาศกรองที่ตัดแล้วมา 3 ส่วน จากทั้งหมด 12 ส่วน นำส่วนที่ 1 ไปลงในบีกเกอร์ขนาด 100 มิลลิลิตร
2. นำกรดที่เตรียมจากขั้นตอนข้างต้น ( $\text{HNO}_3$  /  $\text{HCl}$ ) จำนวน 10 มิลลิลิตร เติมลงไป ในบีกเกอร์ โดยกระจายให้ทั่วทั้งแผ่นกระดาศกรอง
3. ทำการย่อยภายในตู้ดูดควัน โดยนำบีกเกอร์ที่บรรจุกรดและกระดาศกรองวางบนเครื่องให้ความร้อน ปิดด้วยกระจกนาฬิกา ทิ้งไว้ให้เกิดกระบวนการย่อยเป็นเวลา 30 นาที (ระวังอย่าทำการย่อยนานจนกรดแห้ง) แล้วทิ้งไว้ให้เย็น
4. นำน้ำบริสุทธิ์สูง 10 มิลลิลิตร มาล้างข้างบีกเกอร์และกระจกนาฬิกา โดยในบีกเกอร์ยังคงมีกระดาศกรองอยู่ แล้วทิ้งไว้ 30 นาที
5. เทสารละลายที่ได้ลงในขวดวัดปริมาตรพลาสติก ขนาด 50 มิลลิลิตร จากนั้นปรับปริมาตรด้วยน้ำบริสุทธิ์สูง
6. ทำการทดลองซ้ำส่วนที่ 2 และ 3 ตามลำดับ

#### 2. การวิเคราะห์หาปริมาณโลหะหนักด้วยเครื่องอะตอมมิกแอบซอร์พชันสเปกโทรโฟโตมิเตอร์

กรองสารละลายด้วยกระดาศกรองขนาด 0.45 ไมโครเมตร จากนั้นจึงนำสารละลายที่ได้จากการย่อยแบบเปียกมาวิเคราะห์หาปริมาณโลหะหนักด้วยเครื่องอะตอมมิกแอบซอร์พชัน สเปกโทรโฟโตมิเตอร์ ในกรณีที่ไม่สามารถนำไปวัดได้ทันทีให้เก็บใส่ขวดพลาสติก และแช่เย็นที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสและค่า pH น้อยกว่า 2 สามารถเก็บได้นานหลายเดือน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.3.3 การประกันคุณภาพในการวิเคราะห์ (Quality assurance and Quality control)

#### 1. การประกันคุณภาพในการหาความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 10 ไมโครเมตร

##### 1.1 การควบคุมคุณภาพของอุปกรณ์เก็บตัวอย่าง

อุปกรณ์การเก็บตัวอย่างฝุ่นที่ใช้ คือ High Volume Air Sampler for Measurement of Size Classified Particulate Matter ดำเนินการสอบเทียบอัตราการไหลของอากาศ ด้วยชุดปรับเทียบอัตราการไหลของอากาศที่ผ่านการปรับเทียบกับมาตรฐานปฐมภูมิ (primary standard) ที่เรียกว่า ชุดปรับเทียบ orifice flow rate transfer standard พร้อมทั้งทำความสะอาดหัวคัดแยกขนาดฝุ่น และตรวจสอบสภาพของอุปกรณ์

##### 1.2 การควบคุมคุณภาพขั้นตอนการเก็บตัวอย่าง

การทำแบลนด์ภาคสนาม “Trip Blank” เพื่อประเมินการเกิดความผิดพลาดอันเนื่องมาจากการแตกหักของใยแก้ว การปนเปื้อนหรือดกหล่นของฝุ่นบนกระดาศกรองระหว่างการเดินทาง หรือที่เรียกว่า การทำ Trip Blank จะดำเนินการ 1 ครั้งต่อช่วงเวลาที่ดำเนินการเก็บตัวอย่าง ซึ่งมีวิธีการทำดังนี้คือ เตรียมแผ่นกระดาศกรองที่พร้อมสำหรับนำไปเก็บตัวอย่าง บรรจุลงในถุงซิปล็อคและซองมีน้ำตาล ติดสลากว่าเป็น “Trip blank” ปิดปากถุงซิปล็อคและซองมีน้ำตาลให้ดี นำไปยังสถานที่เก็บตัวอย่างจริง แต่ไม่ต้องเปิดปากซองบรรจุใดๆ หลังจากเก็บตัวอย่างจริงเสร็จ จึงนำ Trip blank นี้กลับมายังห้องปฏิบัติการ

##### 1.3 การควบคุมคุณภาพการเตรียมกระดาศกรอง

กระดาศกรองที่ใช้ คือ กระดาศกรองควอทซ์ เนื่องจากแตกหักได้ง่ายจึงควรทำการตรวจสอบสภาพกระดาศกรองตั้งแต่เริ่มนำออกมาจากกล่อง โดยใช้แสงตรวจดูรอยแตกหักของ กระดาศกรองแล้วนำไปอบ การเก็บรักษารวมทั้งการชั่งน้ำหนักกระดาศกรองก่อนและหลังเก็บตัวอย่าง

##### 1.4 การควบคุมคุณภาพการคำนวณ

การหาความเข้มข้นของฝุ่นละอองที่สภาวะมาตรฐาน (Standard Condition) หมายถึง การคำนวณปริมาตรอากาศที่เก็บตัวอย่างที่อุณหภูมิและความดันมาตรฐาน ค่าของอุณหภูมิอากาศที่สภาวะมาตรฐานมีค่าเท่ากับ 25 องศาเซลเซียส หรือ 298 เคลวิน และมีความกดอากาศ 1013.25 มิลลิบาร์ ดังนั้นในกรณีที่ต้องการแปลงความเข้มข้นให้อยู่ในสภาวะมาตรฐาน จำเป็นต้องปรับปริมาตรอากาศให้เป็นปริมาตรอากาศที่สภาวะมาตรฐาน

#### 2. การประกันคุณภาพในการวิเคราะห์หาปริมาณไอออนที่ละลายน้ำได้

ทำการตรวจสอบความเที่ยงตรงของเครื่องมือที่ใช้วิเคราะห์ โดยนำสารมาตรฐานที่มีความเข้มข้นระดับใดระดับหนึ่ง มาตรวจวิเคราะห์ด้วยเครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์ตัวอย่าง จำนวนซ้ำอย่างน้อย 5 ครั้ง จากนั้นนำมาคำนวณค่าเฉลี่ย ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) และ ค่า %RSD โดยค่าที่ยอมรับได้จะต้องมีค่า %RSD ไม่เกิน 10%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3. การประกันคุณภาพในการวิเคราะห์หาปริมาณสารอินทรีย์คาร์บอนสุทธิ

ด้วยวิธีการคำนวณหาค่า % Recovery เพื่อตรวจสอบความแม่นยำของเครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์ตัวอย่าง โดยค่าที่ยอมรับได้จะต้องมีค่าอยู่ในช่วง 80 – 120%

ทำการทดลองได้โดยการเติมสารมาตรฐานลงไปในปริมาณที่เท่ากับ ค่าน้อยที่สุดที่ใช้ในการสร้างกราฟมาตรฐาน

$$\% \text{ Recovery} = \frac{\text{mg C ของสารมาตรฐานจากการวิเคราะห์ร่วมกับตัวอย่าง} \times 100}{\text{mg C ของสารมาตรฐานทางทฤษฎี}}$$

mg C ของสารมาตรฐานทางทฤษฎี

โดย  $\text{mgC ของสารมาตรฐานจากการวิเคราะห์ร่วมกับตัวอย่าง}$   
 $= \frac{(\%C \text{ สารมาตรฐาน+ตัวอย่าง} - \%C \text{ background}) \times (\text{น้ำหนักสารมาตรฐาน+ตัวอย่าง})}{100}$

$\text{mgC ของสารมาตรฐานทางทฤษฎี} = \frac{(\%C \text{ สารมาตรฐาน}) \times (\text{น้ำหนักสารมาตรฐาน})}{100}$

$\%C \text{ background} =$  ค่าเฉลี่ย 3 ซ้ำ จากการทดลองหา  $\%C$  ของตัวอย่างที่นำสารมาตรฐาน เดิมลงไป

### 4. การประกันคุณภาพในการวิเคราะห์หาปริมาณ โลหะ

ด้วยวิธีการตรวจสอบความเที่ยงตรงของเครื่องมือที่ใช้ในวิเคราะห์ โดยนำสารมาตรฐานที่มีความเข้มข้นระดับใดระดับหนึ่งมาตรวจวิเคราะห์ด้วยเครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์ตัวอย่าง จำนวนซ้ำอย่างน้อย 5 ครั้ง จากนั้นนำมาคำนวณค่าเฉลี่ย ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation, SD) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานสัมพัทธ์ (Relative Standard Deviation, %RSD) โดยค่าที่ยอมรับได้จะต้องมีค่า (%RSD) ไม่เกิน 10% และในการย่อยกระดาศกรองด้วยวิธี Wet digestion วิธีการประกันคุณภาพเพื่อตรวจสอบประสิทธิภาพของกระบวนการทั้งหมด ตั้งแต่การย่อยกระดาศ การบรรจุเก็บตัวอย่าง และการตรวจวิเคราะห์ โดยนำตัวอย่างแบบลค์ภาคสนามตัวอย่างใดตัวอย่างหนึ่งมาแบ่งเป็นส่วนๆ อย่างน้อย 7 ส่วน แล้วเติมสารมาตรฐานที่ทราบความเข้มข้นที่แน่นอน เข้มข้นระดับใดระดับหนึ่ง ลงไปในตัวอย่างที่แบ่งเป็นส่วนๆ ในปริมาณที่เท่ากัน จากนั้นนำไปผ่านกระบวนการต่างๆ เช่นเดียวกับกรวิเคราะห์ตัวอย่างอื่นๆ ผลการวิเคราะห์ที่ได้จะนำมาคำนวณหาค่าเฉลี่ย ค่าSD และ ค่า %RSD โดยค่าที่ยอมรับได้จะต้องมีค่า %RSD ไม่เกิน 10% เพื่อตรวจสอบความเที่ยงตรงของเครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์ และกระบวนการต่างๆ ที่ใช้ในการเตรียมและเก็บรักษาตัวอย่าง และค่า %Recovery

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เพื่อตรวจสอบ ความแม่นยำของเครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์ตัวอย่างโดยค่าที่ยอมรับได้จะต้องมีค่าอยู่ในช่วง 80-120%



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 4

### ผลการทดลอง

#### 4.1 การตรวจวัดความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 10 ไมโครเมตรในบรรยากาศ

บริเวณที่ทำการเก็บตัวอย่าง คือ บริเวณสนามกีฬา สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง สาเหตุที่เลือกสถานที่ดังกล่าวในการเก็บตัวอย่าง เนื่องจากต้องการศึกษาผลกระทบของฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 10 ไมโครเมตร ณ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง และในบริเวณสนามกีฬาเป็นสถานที่โล่ง มีความสะดวกในการใช้กระแสไฟฟ้า และมีเจ้าหน้าที่ดูแลเครื่องเก็บตัวอย่างอากาศ อยู่ตลอดเวลา ซึ่งทำการเก็บตัวอย่าง 2 ช่วงเวลา คือ วันที่ 26 มกราคม 2550 ถึง วันที่ 1 กุมภาพันธ์ 2550 และวันที่ 13 พฤศจิกายน 2550 ถึง วันที่ 18 และวันที่ 20 พฤศจิกายน 2550 ฤดูกาลที่ทำการเก็บตัวอย่างอากาศทั้ง 2 ช่วงในงานวิจัยนี้คือ ช่วงฤดูแล้งระหว่างเดือนพฤศจิกายน - มกราคม ซึ่งฤดูนี้ทิศทางลมส่วนใหญ่จะมาจากทิศตะวันออกเฉียงเหนือ มีความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ มีค่าอยู่ระหว่าง 45-52 % และ 58-73 % ตามลำดับ

จากการทดลอง พบว่า ความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 10 ไมโครเมตร ณ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ช่วงที่ 1 มีค่าสูงกว่าช่วงที่ 2 และปริมาณความเข้มข้นของฝุ่นในช่วงที่ 1 มีค่าเฉลี่ยที่ค่าสูงเกินค่ามาตรฐาน 120 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ดังแสดงในตารางที่ 4.1 และรูปที่ 4.1 ช่วงที่ 1 มีความเข้มข้นเฉลี่ยของฝุ่นละอองที่ทำการเก็บตัวอย่างเป็นเวลา 24 ชั่วโมง ( $n=7$ ) เท่ากับ  $130.32 \pm 25.84$  ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร และช่วงที่ 2 มีความเข้มข้นเฉลี่ยของฝุ่นละอองที่ทำการเก็บตัวอย่างเป็นเวลา 24 ชั่วโมง ( $n=7$ ) เท่ากับ  $56.03 \pm 10.39$  ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ทั้งนี้อาจเป็นเพราะในช่วงที่ 1 อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์มีค่าต่ำกว่าช่วงที่ 2 ทำให้อากาศแห้งเป็นสาเหตุให้เกิดฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 10 ไมโครเมตรฟุ้งกระจายในบรรยากาศและมีความเร็วลมที่สูงกว่าช่วงที่ 2 อีกทั้งในช่วงที่ทำการเก็บตัวอย่างในช่วงที่ 1 ได้มีความกดอากาศสูงกำลังแรงปกคลุมประเทศไทย ประกอบกับมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือพัดปกคลุมประเทศไทยตลอดช่วง ลักษณะดังกล่าวทำให้บริเวณประเทศไทยมีอุณหภูมิลดลงทั่วไป (กรมอุตุนิยมวิทยา) (ดูรายละเอียดในภาคผนวก ก-1.4) อีกทั้งจำนวนรถยนต์ในช่วงที่ 1 มีจำนวนมีมากกว่าช่วงที่ 2 ดังตารางที่ 4.2 (ดูรายละเอียดในภาคผนวก ก-1.2) นอกจากนี้ในช่วงที่ 1 ยังมีการก่อสร้างหอพักซึ่งตั้งอยู่ห่างจากจุดเก็บตัวอย่างประมาณ 200 เมตร ทางทิศตะวันออกเฉียงใต้ซึ่งจะส่งผลให้ปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 10 ไมโครเมตรมากกว่าช่วงที่ 2

จากการทดสอบสมมติฐานทางสถิติ โดยวิธีการวิเคราะห์ความแปรปรวนของการจำแนกแบบทางเดียว (One-Way Analysis of Variance) พบว่า ในช่วงที่ทำการศึกษาและเก็บตัวอย่างฝุ่น

ละอองขนาดเล็กกว่า 10 ไมโครเมตร ณ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

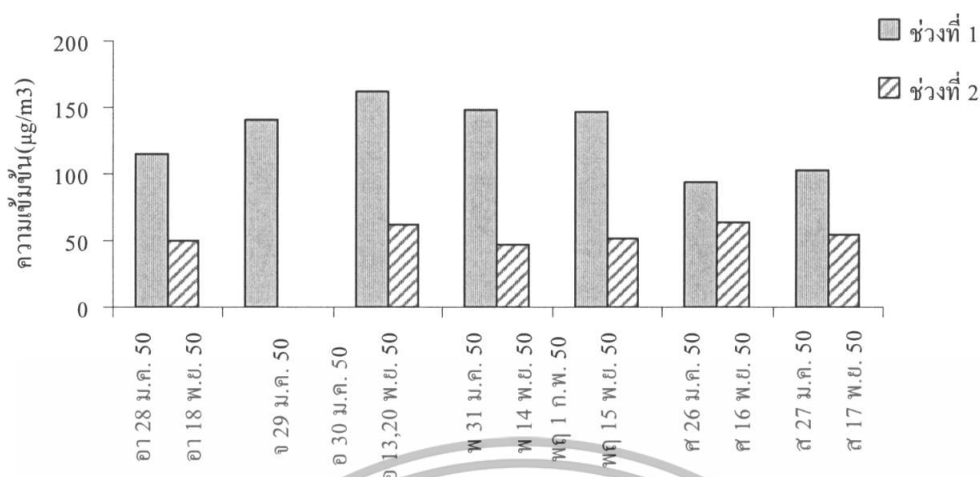
ในช่วงที่ 1 และช่วงที่ 2 มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ณ ระดับความเชื่อมั่น 95 % ( $p=0.05$ ,  $n=7$ ) (ดูรายละเอียดภาคผนวก ก) โดยปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 10 ไมโครเมตรในช่วงที่ 1 มีค่าเฉลี่ยสูงกว่าช่วงที่ 2 อย่างมีนัยสำคัญ ถึงแม้ว่าจะอยู่ในช่วงลมมรสุมเดียวกันทั้งนี้เนื่องมาจากในช่วงที่ 2 มีความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศสูงกว่าช่วงที่ 1 ซึ่งเมื่อมีความชื้นในอากาศมาก ไอน้ำในอากาศอาจดูดซับฝุ่นละอองหรือเกิดการละลายของอนุภาคได้ดีและทำให้อนุภาคมีขนาดใหญ่ขึ้นหรือมีน้ำหนักมากจึงทำให้อนุภาคตกลงสู่พื้นดิน ไม่ฟุ้งกระจายในบรรยากาศได้นาน

ตารางที่ 4.1 ความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 10 ไมโครเมตร ณ สถานีเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ลำดับ	ช่วงที่ 1		ช่วงที่ 2		
	วันที่เก็บตัวอย่าง	ความเข้มข้น ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	วันที่เก็บตัวอย่าง	ความเข้มข้น ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	
1	ศ. 26 ม.ค. 50	94.49	อ. 13 พ.ย. 50	49.21	
2	ส. 27 ม.ค. 50	103.73	พ. 14 พ.ย. 50	46.34	
3	อา. 28 ม.ค. 50	114.83	พ. 15 พ.ย. 50	51.63	
4	จ. 29 ม.ค. 50	140.52	ศ. 16 พ.ย. 50	63.14	
5	อ. 30 ม.ค. 50	162.61	ส. 17 พ.ย. 50	54.92	
6	พ. 30 ม.ค. 50	149.11	อา. 18 พ.ย. 50	50.74	
7	พ. 1 ก.พ. 50	146.94	อ. 20 พ.ย. 50	76.22	
ค่าเฉลี่ย (n=7)		130.32	ค่าเฉลี่ย (n=7)		56.03
SD		25.84	SD		10.39
ค่ามาตรฐานฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 10 ไมโครเมตร ในบรรยากาศเฉลี่ย 24 ชั่วโมง				120	

\*หมายเหตุ วันจันทร์ ที่ 19 พฤศจิกายน 2550 ไม่ได้ทำการเก็บตัวอย่างเนื่องจากฝนตก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.1 ความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 10 ไมโครเมตร ช่วงที่ 1 และช่วงที่ 2

ตารางที่ 4.2 ปริมาณจราจรบริเวณด้านลาดกระบัง ทางหลวงพิเศษระหว่างเมือง (กรุงเทพฯ-ชลบุรีสายใหม่)

วันที่	ด้านลาดกระบัง (ช่วงที่ 1)			วันที่	ด้านลาดกระบัง(ช่วงที่ 2)		
	ขาขึ้น	ขาล่อง	รวม		ขาขึ้น	ขาล่อง	รวม
ศ. 26 ม.ค. 50	25,029	27,520	52,549	อ. 13 พ.ย. 50	19,969	20,861	40,830
ศ. 27 ม.ค. 50	27,384	27,372	54,756	พ. 14 พ.ย. 50	20,241	21,987	42,228
อ 28 ม.ค. 50	23,149	27,287	50,436	พ 15 พ.ย. 50	20,879	22,600	43,479
จ. 29 ม.ค. 50	24,540	23,377	47,917	ศ. 16 พ.ย. 50	23,556	26,720	50,276
อ. 30 ม.ค. 50	20,940	22,421	43,361	ศ. 17 พ.ย. 50	24,830	26,109	50,939
พ. 30 ม.ค. 50	21,029	23,158	44,187	อ 18 พ.ย. 50	23,357	27,162	50,519
พ 1 ก.พ. 50	21,645	23,384	45,029	อ. 20 พ.ย. 50	20,666	21,927	42,593
รวม	163,716	174,519	338,235	รวม	153,498	167,366	320,864
ค่าเฉลี่ยต่อวัน	23,388	24,931	48,319	ค่าเฉลี่ยต่อวัน	21,928	23,909	45,838

หมายเหตุ ขาขึ้น คือ ปริมาณรถที่ออกจากกรุงเทพฯ และขาล่อง คือ ปริมาณรถที่เข้ากรุงเทพฯ

ที่มา : สำนักงานทางหลวงระหว่างเมือง, 2550

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

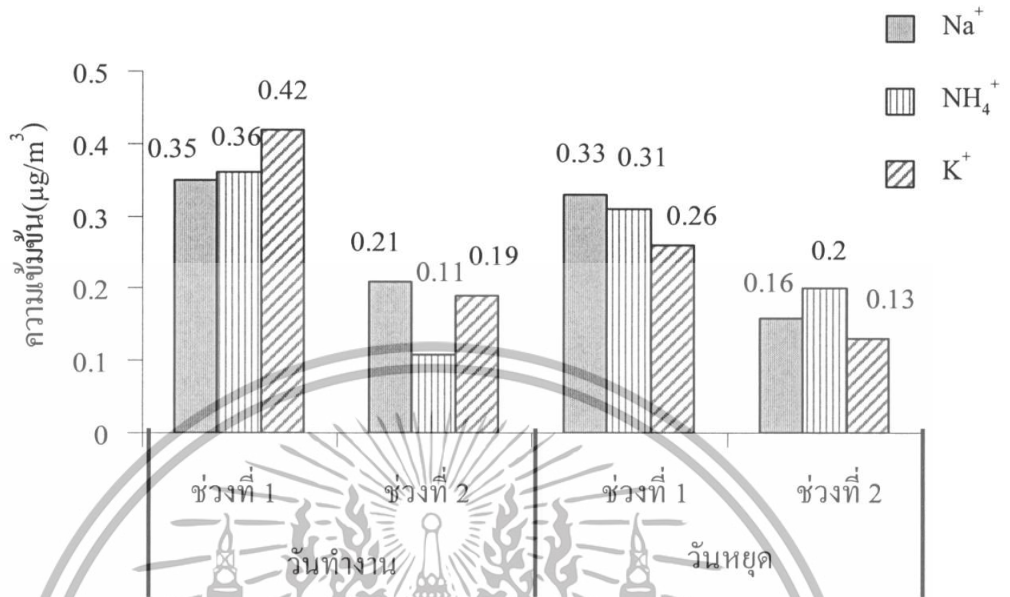
## 4.2 การวิเคราะห์หองค์ประกอบทางเคมี

การวิเคราะห์หองค์ประกอบทางเคมีได้ทำการวิเคราะห์หาไอออนที่ละลายน้ำได้ โดยใช้เครื่องไอออนโครมาโทกราฟี วิเคราะห์หาสารอินทรีย์คาร์บอนทั้งหมดโดยใช้เครื่อง Total Organic Carbon Analyzer และวิเคราะห์หาโลหะ โดยใช้เครื่องอะตอมมิกแอบซอร์บชันสเปกโตรโฟโตมิเตอร์

### 4.2.1 ผลการวิเคราะห์หาปริมาณไอออนที่ละลายน้ำได้

จากการทดลองวิเคราะห์หาปริมาณไอออนที่ละลายน้ำได้ ณ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง พบว่ามีองค์ประกอบทางเคมี คือ  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{F}^-$ ,  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$  และ  $\text{K}^+$  ยกเว้น  $\text{Li}^+$ ,  $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{Br}^-$  และ  $\text{PO}_4^{3-}$  ที่ไม่พบในการวิเคราะห์ จากรูปที่ 4.2 และ 4.3 พบว่าความเข้มข้นของโซเดียม ในวันทำงาน ( $n=5$ ) ช่วงที่ 1 และช่วงที่ 2 เท่ากับ  $0.35 \pm 0.20$  และ  $0.21 \pm 0.09$  ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตรตามลำดับ และวันหยุดช่วงที่ 1 และช่วงที่ 2 ( $n=2$ ) มีค่าเท่ากับ  $0.33 \pm 0.29$  และ  $0.16 \pm 0.10$  ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตรตามลำดับ ความเข้มข้นเฉลี่ยของคลอไรด์ ในวันทำงาน ( $n=5$ ) ช่วงที่ 1 และช่วงที่ 2 เท่ากับ  $0.34 \pm 0.20$  และ  $0.19 \pm 0.12$  ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตรตามลำดับ และวันหยุดช่วงที่ 1 และช่วงที่ 2 ( $n=2$ ) มีค่าเท่ากับ  $0.32 \pm 0.61$  และ  $0.17 \pm 0.04$  ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตรตามลำดับ ความเข้มข้นเฉลี่ยของแอมโมเนียม ในวันทำงาน ( $n=5$ ) ช่วงที่ 1 และช่วงที่ 2 เท่ากับ  $0.36 \pm 0.44$  และ  $0.11 \pm 0.11$  ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตรตามลำดับ และวันหยุดช่วงที่ 1 และช่วงที่ 2 ( $n=2$ ) มีค่าเท่ากับ  $0.31 \pm 0.24$  และ  $0.2 \pm 0.13$  ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตรตามลำดับ ความเข้มข้นเฉลี่ยของฟลูออไรด์ ในวันทำงาน ( $n=5$ ) ช่วงที่ 1 และช่วงที่ 2 เท่ากับ  $0.09 \pm 0.03$  และ  $0.01 \pm 0.01$  ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตรตามลำดับ และวันหยุดช่วงที่ 1 และช่วงที่ 2 ( $n=2$ ) มีค่าเท่ากับ  $0.07 \pm 0.03$  และ  $0.02 \pm 0.02$  ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตรตามลำดับ ความเข้มข้นเฉลี่ยของโพแทสเซียม ในวันทำงาน ( $n=5$ ) ช่วงที่ 1 และช่วงที่ 2 เท่ากับ  $0.42 \pm 0.32$  และ  $0.19 \pm 0.09$  ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตรตามลำดับ และวันหยุดช่วงที่ 1 และช่วงที่ 2 ( $n=2$ ) มีค่าเท่ากับ  $0.26 \pm 0.42$  และ  $0.13 \pm 0.01$  ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตรตามลำดับ ความเข้มข้นเฉลี่ยของซัลเฟต ในวันทำงาน ( $n=5$ ) ช่วงที่ 1 และช่วงที่ 2 เท่ากับ  $14.24 \pm 5.19$  และ  $6.24 \pm 0.84$  ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตรตามลำดับ และวันหยุดช่วงที่ 1 และช่วงที่ 2 ( $n=2$ ) มีค่าเท่ากับ  $11.06 \pm 5.20$  และ  $5.22 \pm 0.21$  ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตรตามลำดับ ความเข้มข้นเฉลี่ยของไนเตรท ในวันทำงาน ( $n=5$ ) ช่วงที่ 1 และช่วงที่ 2 เท่ากับ  $2.43 \pm 0.67$  และ  $0.59 \pm 0.43$  ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตรตามลำดับ และวันหยุดช่วงที่ 1 และช่วงที่ 2 ( $n=2$ ) มีค่าเท่ากับ  $0.69 \pm 0.43$  และ  $0.14 \pm 0.04$  ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตรตามลำดับ ไอออนที่ละลายน้ำได้ส่วนใหญ่ในช่วงที่ 1 จะมีค่าที่สูงกว่าในช่วงที่ 2 ซึ่งสอดคล้องกับความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า  $10$  ไมโครเมตร และในช่วงวันทำงานมีความเข้มข้น

ของไอออนที่ละลายน้ำได้มากกว่าวันหยุด เนื่องจากในวันทำงานนั้นมีปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 10 ไมโครเมตรที่สูงกว่าวันหยุด จึงส่งผลให้ไอออนที่ละลายน้ำได้สูงตามไปด้วย



รูปที่ 4.2 ความเข้มข้นของไอออนที่ละลายน้ำได้ประกอบ



รูปที่ 4.3 ความเข้มข้นของไอออนที่ละลายน้ำได้ประกอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 4.2.2 ผลการวิเคราะห์หาปริมาณคาร์บอนในรูปสารอินทรีย์

จากการทดลองวิเคราะห์หาปริมาณคาร์บอนในรูปสารอินทรีย์ ณ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง พบว่าความเข้มข้นเฉลี่ยของ คาร์บอนในรูปสารอินทรีย์ ( $n=7$ ) ในช่วงที่ 1 และช่วงที่ 2 มีค่าเท่ากับ  $31.32 \pm 7.45$  และ  $12.07 \pm 3.27$  ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ และในวันทำงาน ( $n=5$ ) ช่วงที่ 1 และช่วงที่ 2 เท่ากับ  $34.94 \pm 4.96$  และ  $12.95 \pm 3.56$  ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตรตามลำดับ และวันหยุดช่วงที่ 1 และช่วงที่ 2 ( $n=2$ ) มีค่าเท่ากับ  $22.28 \pm 2.19$  และ  $11.30 \pm 0.24$  ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตรตามลำดับ ซึ่งในช่วงที่ 1 มีค่ามากกว่าช่วงที่ 2 สอดคล้องกับปริมาณความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน (รูปที่ 4.4 ดูรายละเอียดในภาคผนวก ค-2)



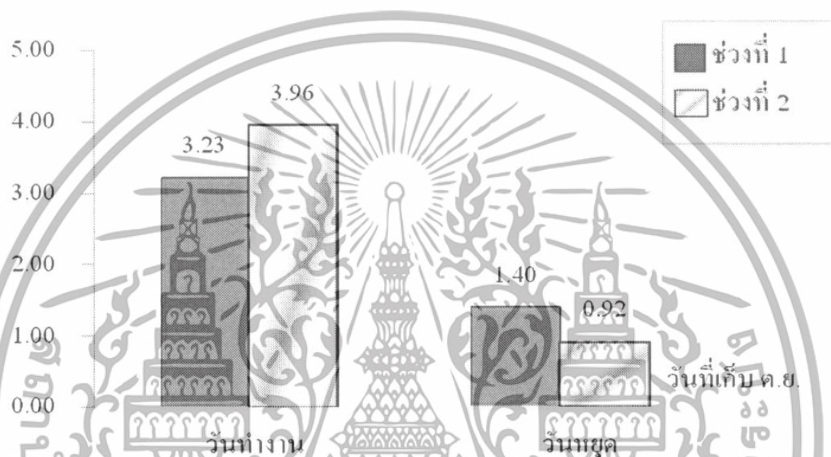
รูปที่ 4.4 เปรียบเทียบปริมาณคาร์บอนในรูปสารอินทรีย์ ณ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ในวันทำงาน และวันหยุด ระหว่างช่วงที่ 1 วันที่ 26 มกราคม – วันที่ 1 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2550 กับช่วงที่ 2 คือ วันที่ 13 – 18 และวันที่ 20 พฤศจิกายน พ.ศ. 2550

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 4.2.3 ผลการวิเคราะห์หาปริมาณโลหะ

จากการทดลองวิเคราะห์หาปริมาณโลหะ ณ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง พบว่าความเข้มข้นเฉลี่ยของแคลเซียม ในวันทำงาน (n=5) ช่วงที่ 1 และช่วงที่ 2  $3.23 \pm 0.68$  และ  $1.40 \pm 0.29$  ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตรตามลำดับ และวันหยุดช่วงที่ 1 และช่วงที่ 2 (n=2) มีค่าเท่ากับ  $3.95 \pm 2.78$  และ  $0.92 \pm 0.20$  ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตรตามลำดับ (รูปที่ 4.5) ซึ่งสอดคล้องกับปริมาณความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 10 ไมโครเมตร

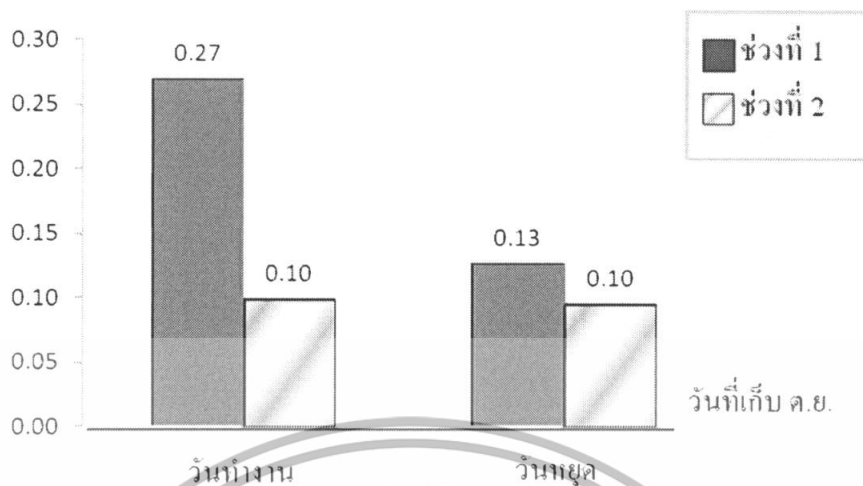
ความเข้มข้นแคลเซียม ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )



รูปที่ 4.5 ความเข้มข้นของแคลเซียม (ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)

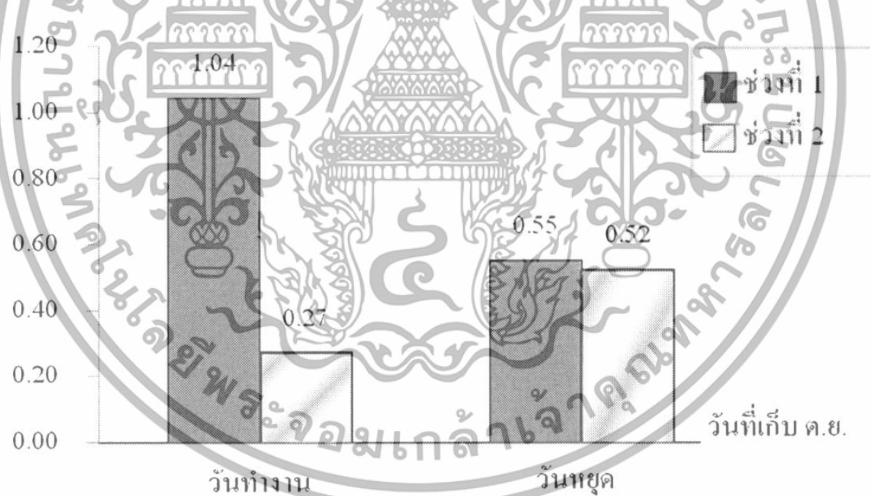
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความเข้มข้นแมกนีเซียม ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )



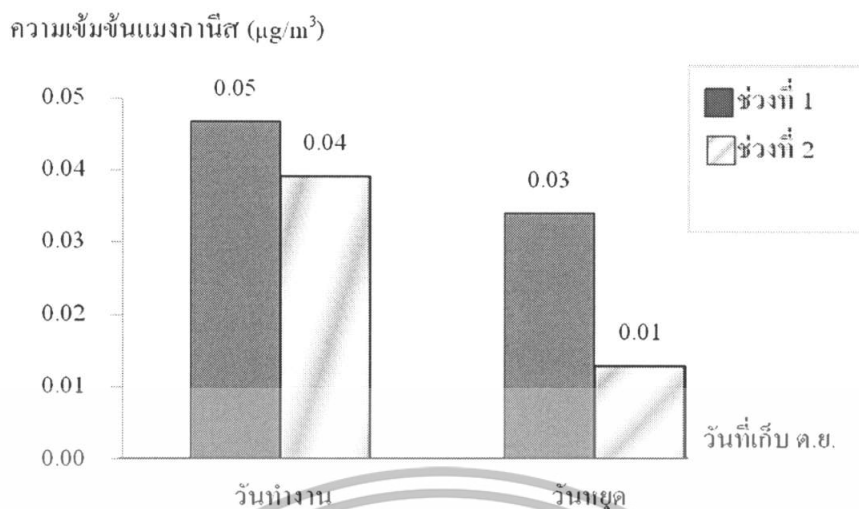
รูปที่ 4.6 ความเข้มข้นของแมกนีเซียม (ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)

ความเข้มข้นเหล็ก ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )

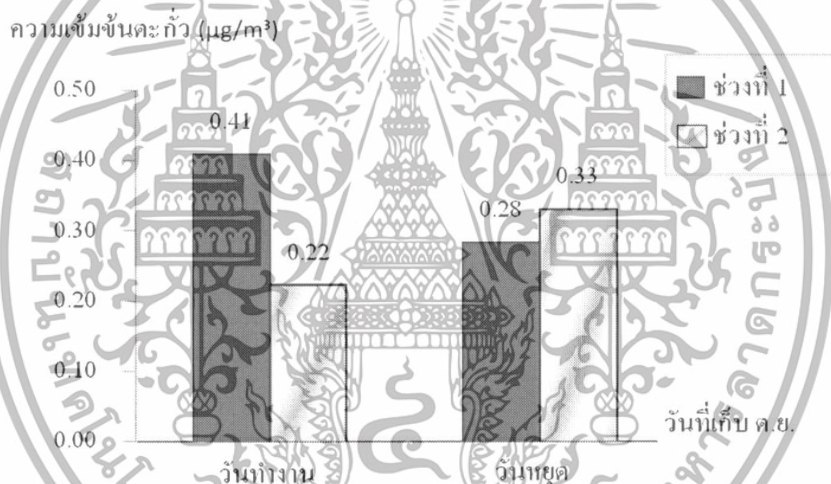


รูปที่ 4.7 ความเข้มข้นของเหล็ก (ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.8 ความเข้มข้นของแมงกานีส (ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)



รูปที่ 4.9 ความเข้มข้นของตะกั่ว (ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)

ความเข้มข้นเฉลี่ยของแมงกานีสในในวันทำงาน ( $n=5$ ) ช่วงที่ 1 และช่วงที่ 2 มีค่าเท่ากับ  $0.27 \pm 0.08$  และ  $0.13 \pm 0.03$  ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตรตามลำดับ และวันหยุดช่วงที่ 1 และช่วงที่ 2 ( $n=2$ ) มีค่าเท่ากับ  $0.10 \pm 0.01$  และ  $0.13 \pm 0.03$  ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตรตามลำดับ (รูปที่ 4.6) ซึ่งสอดคล้องกับปริมาณความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 10 ไมโครเมตร

ความเข้มข้นเฉลี่ยของเหล็ก ในวันทำงาน ( $n=5$ ) ช่วงที่ 1 และช่วงที่ 2 มีค่าเท่ากับ  $1.04 \pm 0.21$  และ  $0.55 \pm 0.12$  ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตรตามลำดับ และวันหยุดช่วงที่ 1 และช่วงที่ 2 ( $n=2$ ) มีค่าเท่ากับ  $0.27 \pm 0.26$  และ  $0.52 \pm 0.22$  ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตรตามลำดับ (รูปที่ 4.7) ซึ่งสอดคล้องกับปริมาณความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 10 ไมโครเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความเข้มข้นเฉลี่ยของแมงกานีส ในวันทำงาน( $n=5$ ) ช่วงที่ 1 และช่วงที่ 2 มีค่าเท่ากับ  $0.05 \pm 0.02$  และ  $0.03 \pm 0.02$  ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตรตามลำดับ และวันหยุดช่วงที่ 1 และช่วงที่ 2 ( $n=2$ ) มีค่าเท่ากับ  $0.04 \pm 0.01$  และ  $0.01 \pm 0.00$  ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตรตามลำดับ (รูปที่ 4.8) ซึ่งสอดคล้องกับปริมาณความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 10 ไมโครเมตร

ความเข้มข้นเฉลี่ยของตะกั่ว ในวันทำงาน( $n=5$ ) ช่วงที่ 1 และช่วงที่ 2 มีค่าเท่ากับ  $0.41 \pm 0.18$  และ  $0.28 \pm 0.16$  ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตรตามลำดับ และวันหยุดช่วงที่ 1 และช่วงที่ 2 ( $n=2$ ) มีค่าเท่ากับ  $0.22 \pm 0.01$  และ  $0.33 \pm 0.33$  ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตรตามลำดับ (รูปที่ 4.9) ซึ่งสอดคล้องกับปริมาณความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 10 ไมโครเมตร เมื่อเปรียบเทียบกับผลการศึกษาของรัตนภรณ์ ซึ่งทำการเก็บตัวอย่างบริเวณศูนย์ควบคุมการทางพิเศษฉลองรัชและด่านเก็บค่าผ่านทางพิเศษบางพลี 2 พบว่า ณ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง มีปริมาณตะกั่วสูงกว่าแต่ยังไม่เกินมาตรฐาน (มาตรฐานตะกั่วรายเดือน ไม่เกิน 1.5 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.3 สัดส่วนองค์ประกอบทางเคมีของฝุ่นละอองระหว่างพื้นที่ศึกษาเปรียบเทียบกับงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

องค์ประกอบ	ช่วงที่ 1 <sup>a</sup>	ช่วงที่ 2 <sup>a</sup>	ไอเสียดีเซล และมอเตอร์ไซค์ <sup>b</sup>	การเผาไหม้ชีว มวล <sup>b</sup>	ฝุ่นดินและถนน <sup>b</sup>	โรงหลอมเหล็ก <sup>b</sup>	แอมโมเนียม ซัลเฟต <sup>b</sup>	โซเดียมไน เตรต <sup>b</sup>	ละอองไอทะเล <sup>b</sup>
Na	0.66	0.9	ND	0.131	ND	ND	0.000±0.000	27.250±0.000	0.000±0.000
Cl <sup>-</sup>	0.64	0.85	ND	ND	0.123±0.060	0.442±0.625	0.000±0.000	0.000±0.000	40.000±10.000
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	0.65	0.74	ND	ND	0.002±0.001	0.052±0.073	21.485±0.000	0.000±0.000	0.000±0.001
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	3.01	1.73	ND	ND	0.015±0.012	0.209±0.296	0.000±0.000	72.950±0.000	0.005±0.002
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	24.40	27.19	ND	ND	0.459±0.268	0.746±1.055	78.075±0.000	0.000±0.000	10.000±4.000
K	0.66	0.76	0.011±0.003	2.34	1.664±0.194	0.453±0.008	0.000±0.000	0.000±0.000	1.400±0.200
OC	60.41	57.27	43.940±1.610	31.609	10.013±1.561	5.130±0.957	0.000±0.000	0.000±0.000	0.000±0.100
Ca	6.64	5.88	0.252±0.024	0.801	18.825±1.794	3.133±0.342	0.000±0.000	0.000±0.000	1.400±0.200
Fe	1.60	2.51	2.128±0.005	0.213	3.603±0.546	15.700±3.034	0.000±0.000	0.000±0.000	0.000±0.100
Mn	0.08	0.14	0.005±0.000	0.157	0.077±0.020	0.606±0.284	0.000±0.000	0.000±0.000	0.000±0.100
Pb	0.69	1.42	0.037±0.004	0.021	0.018±0.009	0.448±0.244	0.000±0.000	0.000±0.000	0.000±0.100

(%ความเข้มข้น±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน)

หมายเหตุ <sup>a</sup> ค่าที่ได้จากการทดลองจริง ในหน่วยเปอร์เซ็นต์สัดส่วนความเข้มข้นขององค์ประกอบในแต่ละช่วงที่ทำการศึกษา

<sup>b</sup> พงษ์เสวด (2545) อ่างถึง อภา (2544) และ Radian International (1998) ในหน่วย%ความเข้มข้น±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

จากงานวิจัยของพงษ์เสวต, 2545 และ Thongsanit, 2004 (ตารางที่ 4.3) ได้อ้างถึงการคำนวณหาองค์ประกอบทางเคมีในฝุ่นละอองสำหรับการคำนวณหาแหล่งกำเนิดของฝุ่นละอองแบบคลยภาพมวลเคมี ในงานวิจัยนี้จึงได้นำผลการคำนวณเปอร์เซ็นต์สัดส่วนความเข้มข้นขององค์ประกอบทางเคมีที่พบในพื้นที่ศึกษามาเปรียบเทียบกับงานวิจัยดังกล่าว เพื่อวิเคราะห์หาแหล่งที่มาของฝุ่นละออง ผลการวิเคราะห์ มีดังนี้

องค์ประกอบที่พบมากที่สุดในงานวิจัยนี้ คือคาร์บอนในรูปสารอินทรีย์ (OC) ซึ่งเป็นองค์ประกอบหลักของไอเสียรถยนต์ดีเซลและมอเตอร์ไซด์ จากการทดลองพบว่า ณ สถานีเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ช่วงที่ 1 มีค่าสูงกว่าช่วงที่ 2 (รูปที่ 4.3) ซึ่งสอดคล้องกับความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 10 ไมโครเมตร และเนื่องจากทิศทางของลมที่พัดจากทิศตะวันออกเฉียงเหนือ คือพัดจากถนนมอเตอร์เวย์มายังสถานีเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ซึ่งทำให้ฝุ่นละอองมีปริมาณคาร์บอนในรูปสารอินทรีย์ ที่สูง

และคลอไรด์ (Cl<sup>-</sup>) เป็นองค์ประกอบทางเคมีที่ชี้ถึงแหล่งกำเนิดของฝุ่นละอองว่ามาจากทะเล ไอทะเล (พงษ์เสวต, 2545) ซึ่งในช่วงที่ทำการเก็บตัวอย่าง ตรงกับช่วงลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ ซึ่งมีทิศทางพัดจากสถานีเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ไปทางทะเล ทำให้ปริมาณโซเดียมและคลอไรด์ที่วิเคราะห์ได้มีค่าน้อย และจากงานวิจัยของพงษ์เสวตได้อธิบายไว้ว่า ในช่วงลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือไอจากทะเลไม่ส่งผลมากนัก และ Cl<sup>-</sup> อาจมาจากแหล่งกำเนิดอื่นซึ่งอาจเป็นฝุ่นดินและถนนก็เป็นไปได้

โซเดียม (Na<sup>+</sup>) แอมโมเนียม (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) ไนเตรต (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) และซัลเฟต (SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>) นั้นจะเป็นองค์ประกอบเด่นที่เกิดจากแหล่งกำเนิดที่มาจากการเกิดปฏิกิริยาภายในบรรยากาศ ซึ่งส่วนมากจะพบในรูปของแอมโมเนียมซัลเฟต (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> แอมโมเนียมไนเตรต (NH<sub>4</sub> NO<sub>3</sub>) และโซเดียมไนเตรต (NaNO<sub>3</sub>) ซึ่งทั้ง 3 รูปเป็นละอองไอทุติยภูมิ ที่เกิดจากการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงจากโรงงานอุตสาหกรรมและการเผาไหม้ของเครื่องยนต์ที่มีการปล่อย SO<sub>x</sub> และ NO<sub>x</sub>

โพแทสเซียม (K<sup>+</sup>) มีแหล่งกำเนิดเด่นมาจากการเผาไหม้ของชีวมวล และมีแหล่งกำเนิดจากฝุ่นดินและถนน แต่จากการเดินสำรวจและสอบถามบุคคลบริเวณที่ทำการเก็บตัวอย่าง ในรัศมี 2 กิโลเมตร ไม่มีกิจกรรมที่เกิดจากเผาไหม้ของชีวมวล เช่น เผาขยะ เผาหญ้าเป็นต้น ดังนั้นโพแทสเซียมน่าจะมีแหล่งกำเนิดมาจากฝุ่นดินและถนน

แหล่งกำเนิดของฟลูออไรด์ (F<sup>-</sup>) มาจากโรงงานถลุงอลูมิเนียม โรงงานเซรามิกและปุ๋ยซูเปอร์ฟอสเฟต แต่ในงานวิจัยนี้พบในปริมาณน้อยกว่าองค์ประกอบทางเคมีอื่นๆ ที่ทำการวิเคราะห์ จึงคาดว่าฟลูออไรด์ไม่น่าจะเป็นองค์ประกอบเด่นที่ใช้ในการวิเคราะห์หาแหล่งที่มาของงานวิจัยนี้

แคลเซียม (Ca) แมงกานีส (Mn) และ แมกนีเซียม (Mg) จะมีแหล่งกำเนิดมาจากฝุ่นดินและฝุ่นถนน จากการทดลองพบว่าความเข้มข้นของแคลเซียม (Ca) แมงกานีส (Mn) และแมกนีเซียม (Mg) (รูปที่ 4.5, 4.6 และ 4.8) ในช่วงที่ 1 มีค่าสูงกว่าช่วงที่ 2

เหล็ก (Fe) เป็นองค์ประกอบเด่นของ โรงหลอมเหล็ก และเป็นองค์ประกอบในฝุ่นดินและฝุ่นถนน และไอเสียดีเซลและมอเตอร์ไซค์ ตามลำดับ (พงษ์เสวต, 2545) จากการทดลองพบว่า ในช่วงที่ 2 มีความเข้มข้นของเหล็กลดลง (รูปที่ 4.7) เนื่องจาก ในช่วงที่ 1 มีการจราจรที่หนาแน่นมากกว่าช่วงที่ 2 ความเข้มข้นของเหล็กที่ปล่อยออกมาจากไอเสียจากยานพาหนะจึงมีมากขึ้น และด้วยทิศทางของลมที่ในช่วงที่ 1 มีลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ ซึ่งพัดจากมอเตอร์เวย์มายังสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ตะกั่ว (Pb) มีแหล่งกำเนิดหลากหลายแห่ง จึงไม่สามารถที่จะระบุได้ว่ามีแหล่งกำเนิดมาจากที่ใดได้ชัดเจน แต่จากการศึกษาแหล่งกำเนิดของตะกั่วในปัจจุบัน คาดว่าตะกั่วที่วิเคราะห์พบน่าจะเกิดจากโรงงานอุตสาหกรรม คือ ตะกั่วอนินทรีย์ (Inorganic lead) เช่น lead oxide ( $Pb_3O_4$ ) ซึ่งใช้มากในโรงงานทำแบตเตอรี่ และสารประกอบตะกั่วซึ่งใช้ทำสีทาบ้าน เป็นต้น

จากการเปรียบเทียบสัดส่วนความเข้มข้นขององค์ประกอบทางเคมีที่พบในพื้นที่ศึกษามาเปรียบเทียบกับงานวิจัยในตารางที่ 4.3 สามารถสรุปได้ว่าฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 10 ไมโครเมตร ในบรรยากาศ ที่ตรวจพบ ณ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังมีแหล่งกำเนิดมาจากไอเสียรถยนต์ดีเซลและมอเตอร์ไซค์ และฝุ่นดินและถนน เป็นหลัก ส่วนละอองไอทุติยภูมิ (secondary aerosol) เป็นแหล่งกำเนิดรอง

#### 4.3 การเปรียบเทียบความเข้มข้นและองค์ประกอบทางเคมีของฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 10 ไมโครเมตร ในบรรยากาศ ระหว่าง ปีพ.ศ. 2549 กับ ปีพ.ศ. 2550

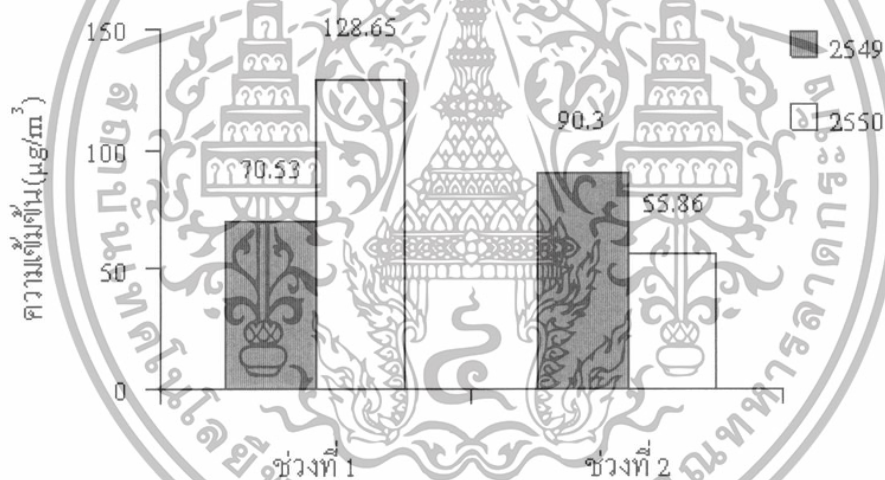
จากงานวิจัยของกนกพรสและคณะ (2549) ได้ทำการวิเคราะห์หาปริมาณและองค์ประกอบทางเคมีของฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 10 ไมโครเมตร ณ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ในช่วงเดือนมกราคม และพฤศจิกายน พ.ศ. 2549 ซึ่งเป็นช่วงเดียวกับงานวิจัยของเรา จึงได้นำผลการวิเคราะห์ที่ได้ไปเปรียบเทียบกับของกนกพรสและคณะ(2549)

##### 4.3.1 การเปรียบเทียบความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 10 ไมโครเมตรในบรรยากาศ ระหว่าง ปีพ.ศ. 2549 และ ปีพ.ศ. 2550

จากผลการเปรียบเทียบดังรูปที่ 4.10 พบว่า ค่าความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 10 ไมโครเมตร ในช่วงที่ 1 ของ ปีพ.ศ.2550 มีค่าความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 10 ไมโครเมตรสูงกว่า ปีพ.ศ. 2549 ทั้งนี้เนื่องมาจากเหตุผลดังกล่าวข้างต้นว่า ในช่วงที่ 1 ปีพ.ศ. 2550 ได้มีความกดอากาศสูงกำลังแรงปกคลุมประเทศไทย ประกอบกับมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือพัดปก

คลุมประเทศไทยตลอดช่วง ลักษณะดังกล่าวทำให้บริเวณประเทศไทยมีอุณหภูมิลดลงทั่วไป และ ความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศของปีพ.ศ. 2549 และปีพ.ศ. 2550 มีค่าอยู่ระหว่าง 54-72 % และ 45-52 % ตามลำดับ ซึ่งจะเห็นได้ว่าในปีพ.ศ. 2549 มีความชื้นในบรรยากาศสูงกว่าทำให้อนุภาคฝุ่นรวมตัวกับ ไอน้ำในบรรยากาศเป็นอนุภาคขนาดใหญ่ อีกทั้งความเร็วลมยังมีค่าน้อยกว่าปีพ.ศ. 2550(ความเร็ว ลมปีพ.ศ. 2549 และปีพ.ศ. 2550 อยู่ระหว่าง 2.6-3.1 เมตรต่อวินาที และ 3.2-5.3 เมตรต่อวินาที)ทำ ให้อนุภาคไม่ฟุ้งกระจายอยู่ในบรรยากาศได้นาน

ช่วงที่ 2 ของปีพ.ศ. 2550 มีค่าความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 10 ไมโครเมตรสูง ต่ำกว่า ปีพ.ศ. 2549 เนื่องจากความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศของปีพ.ศ. 2549 และปีพ.ศ. 2550 มีค่าอยู่ ระหว่าง 55-59 % และ 58-73 % ตามลำดับ ซึ่งจะเห็นได้ว่า ปีพ.ศ. 2549 มีความชื้นในบรรยากาศ น้อยกว่า อีกทั้ง ความเร็วลมยังมีค่ามากกว่าปี 2550 (ความเร็วลมปี 2549 และ ปีพ.ศ. 2550 อยู่ ระหว่าง 2.6-4.1 เมตรต่อวินาที และ 2.5-3.8 เมตรต่อวินาที) ซึ่งผลที่ได้จึงตรงข้ามกับช่วงที่ 1



รูปที่ 4.10 เปรียบเทียบความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 10 ไมโครเมตรใน บรรยากาศระหว่าง ปี 2549 และ ปี 2550

จากการทดสอบสมมติฐานทางสถิติ โดยวิธีการวิเคราะห์ความแปรปรวนของการจำแนกแบบ ทางเดียว (One-Way Analysis of Variance) พบว่า ในช่วงที่ทำการศึกษาและเก็บตัวอย่างฝุ่นละออง ขนาดเล็กกว่า 10 ไมโครเมตร ณ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังในช่วงที่ 1 และช่วงที่ 2 ของปีพ.ศ. 2549 และ ปีพ.ศ. 2550 พบว่าทั้งช่วงที่ 1 ของปีพ.ศ. 2549 และปีพ.ศ. 2550 และช่วงที่ 2 ของปีพ.ศ. 2549 และปีพ.ศ. 2550 มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ณ ระดับความ เชื่อมั่น 95 % ( $p=0.05, n=7$ ) (ภาคผนวก ก)

เอกสารนี้เป็นเอกสารลิขสิทธิ์ของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 4.3.2 การเปรียบเทียบองค์ประกอบทางเคมีของฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 10 ไมโครเมตรในบรรยากาศระหว่าง พ.ศ. 2549 กับ พ.ศ. 2550

จากการเปรียบเทียบปริมาณไอออนที่ละลายน้ำได้ ณ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ซึ่งในปีพ.ศ. 2549 ได้ทำการวิเคราะห์เพียงช่วงที่ 1 (เดือนมกราคม) เพียงช่วงเดียว และจากตารางที่ 4.4 จะเห็นได้ว่าค่าความเข้มข้นของ  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{F}^-$  ทั้ง 2 ปี มีค่าที่ใกล้เคียงกัน ส่วน  $\text{SO}_4^{2-}$  ในปีพ.ศ. 2550 มีค่าที่สูงกว่า ปีพ.ศ. 2549 อยู่มากทั้งนี้เนื่องมาจากช่วงที่ 1 ของปี พ.ศ. 2550 ได้มีการก่อสร้างหอพักบริเวณใกล้จุดเก็บตัวอย่างซึ่งอาจทำให้มีละอองฝุ่นของยิปซัมฟุ้งกระจายอยู่ในบรรยากาศ คาดว่าถ้าความเข้มข้นของ  $\text{SO}_4^{2-}$  ยังมีแนวโน้มที่เพิ่มสูงขึ้นอาจก่อให้เกิดปรากฏการณ์ฝนกรดและส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและสุขภาพของสิ่งมีชีวิต ส่วน  $\text{K}^+$  ปีพ.ศ. 2550 มีค่าน้อยกว่าปีพ.ศ. 2549 เนื่องจาก  $\text{K}^+$  มีแหล่งกำเนิดมาจากการเผาไหม้ชีวมวลจึงคาดว่า ปีพ.ศ. 2550 มีกิจกรรมที่เกิดจากการเผาไหม้ชีวมวลที่น้อยกว่าปีพ.ศ. 2549

ตารางที่ 4.4 เปรียบเทียบปริมาณ ไอออนที่ละลายน้ำได้ระหว่างปีพ.ศ.2549 และปีพ.ศ. 2550

ไอออนที่ละลายน้ำได้	ความเข้มข้น ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )			
	ช่วงที่ 1		ช่วงที่ 2	
	ปี 2549	ปี 2550	ปี 2549*	ปี 2550
$\text{Na}^+$	0.35	0.34	-	0.19
$\text{Cl}^-$	0.38	0.33	-	0.18
$\text{NH}_4^+$	1.06	0.34	-	0.16
$\text{SO}_4^{2-}$	5.46	12.56	-	5.73
$\text{NO}_3^-$	3.67	1.56	-	0.37
$\text{K}^+$	8.96	0.34	-	0.16
$\text{F}^-$	0.08	0.08	-	0.02

หมายเหตุ \* ไม่ได้ทำการทดลอง

ที่มา : ปีพ.ศ. 2549 มาจากกนกรสและคณะ(2549)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 4.3.3 การเปรียบเทียบปริมาณคาร์บอนในรูปสารอินทรีย์ของฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 10 ไมโครเมตรในบรรยากาศระหว่าง ปีพ.ศ. 2549 กับ ปีพ.ศ. 2550

จากการเปรียบเทียบปริมาณคาร์บอนในรูปสารอินทรีย์ ณ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ระหว่างปีพ.ศ. 2549 และปีพ.ศ. 2550 จากรูปที่ 4.11 จะเห็นได้ว่าปริมาณสารอินทรีย์คาร์บอนสุทธิในช่วงที่ 1 ของปีพ.ศ. 2550 มีค่าที่สูงกว่าปีพ.ศ. 2549 ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบปริมาณการจราจรแล้วพบว่าปริมาณการจราจรไม่มีความแตกต่างกันมาก คาดว่าน่าจะมาจากกิจกรรมการก่อสร้างหอพักซึ่งในปีพ.ศ. 2550 ได้มีการก่อสร้างหอพักและฝุ่นจากดินและถนนที่ฟุ้งกระจายมาเนื่องจากความเร็วลมของปีพ.ศ. 2550 มีค่าที่สูงกว่า ส่วนปริมาณสารอินทรีย์คาร์บอนสุทธิในช่วงที่ 2 ของปีพ.ศ. 2550 มีค่าที่ต่ำกว่าปีพ.ศ. 2549 เนื่องจากเมื่อเปรียบเทียบปริมาณการจราจรแล้วพบว่าในปีพ.ศ. 2549 มีปริมาณการจราจรที่หนาแน่นกว่าปีพ.ศ. 2550 (ปริมาณรถยนต์เฉลี่ยต่อวันของปีพ.ศ. 2549 และปีพ.ศ. 2550 มีค่าเท่ากับ 49,555 คัน และ 45,838 คัน ตามลำดับ)



ที่มา: ปีพ.ศ. 2549 มาจากถนนกรสและคณะ(2549)

รูปที่ 4.11 เปรียบเทียบปริมาณสารอินทรีย์คาร์บอนสุทธิ ณ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ระหว่างปีพ.ศ. 2549 และปีพ.ศ. 2550

จากการเปรียบเทียบปริมาณโลหะ ณ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังระหว่างปีพ.ศ. 2549 และปีพ.ศ. 2550 ตารางที่ 4.5 พบว่าค่าความเข้มข้นของแมงกานีส แมกนีเซียม และแคลเซียมไม่แตกต่างกันมากนัก ส่วนความเข้มข้นของตะกั่ว ในช่วงที่ 1 และ ช่วงที่ 2 ของปีพ.ศ. 2550 มีค่าสูงกว่าปีพ.ศ. 2549 เนื่องจากตะกั่วที่วิเคราะห์พบคาดว่าน่าจะเกิดจากโรงงานอุตสาหกรรม เช่น โรงงานทำแบตเตอรี่ และสารประกอบตะกั่วซึ่งใช้ทำสีทาบ้าน เป็นต้น คาดว่าค่าความเข้มข้นของตะกั่ว ยังมีแนวโน้มที่เพิ่มสูงขึ้นอาจก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และสุขภาพของสิ่งมีชีวิต และค่าความเข้มข้นเหล็ก ใน ปีพ.ศ. 2550 ทั้ง 2 ช่วง มีค่าน้อยกว่า ปีพ.ศ. 2549 อยู่มาก

ตารางที่ 4.5 เปรียบเทียบความเข้มข้นของโลหะชนิดต่าง ๆ ระหว่าง ปีพ.ศ. 2549 และ ปีพ.ศ. 2550

โลหะ	ปริมาณโลหะ ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )			
	ช่วงที่ 1		ช่วงที่ 2	
	ปี 2549	ปี 2550	ปี 2549	ปี 2550
Pb	0.05±0.04	0.36±0.17	0.01±0.05	0.30±0.19
Fe	24.30±17.10	0.83±0.43	40.35±12.19	0.53±0.13
Mn	0.05±0.03	0.04±0.01	0.09±0.02	0.03±0.02
Mg	0.87±0.30	0.22±0.10	0.88±0.14	0.11±0.03
Ca	3.64±0.90	3.44±1.31	4.32±0.45	1.24±0.43

ที่มา : ปีพ.ศ. 2549 มาจากกนกรสมและคณะ(2549)

#### 4.4 ผลการประกันคุณภาพในการวิเคราะห์

##### 4.4.1 ผลการประกันคุณภาพในการวิเคราะห์หาปริมาณไอออนที่ละลายน้ำได้

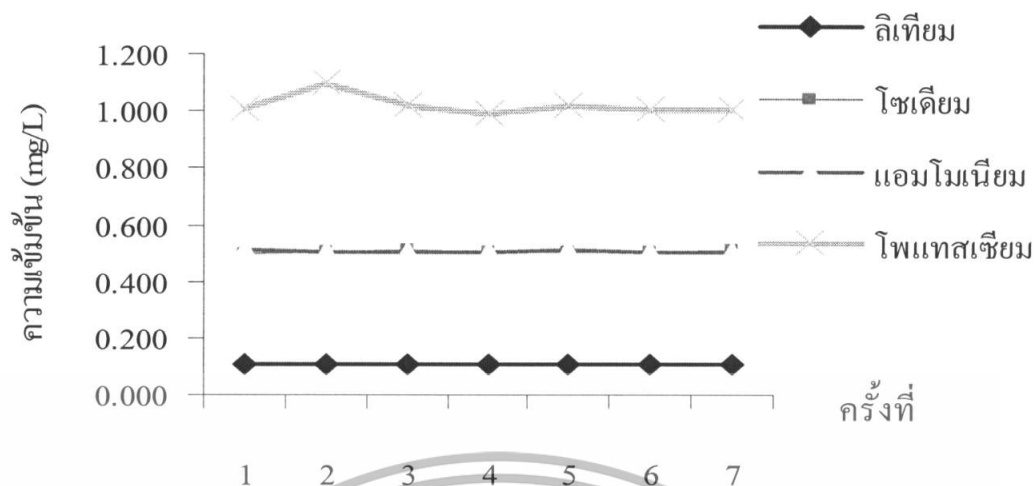
- 1) กราฟมาตรฐานในการวิเคราะห์ไอออนที่ละลายน้ำได้  
กราฟมาตรฐานในการวิเคราะห์หาปริมาณลิเทียม ( $\text{Li}^+$ )

$$Q = 0.49513.A \quad R^2 = 0.999604$$

ส่วนกราฟมาตรฐานไอออนตัวอื่นแสดงอยู่ในภาคผนวก ข-1

- 2) การทดสอบความเที่ยงตรงของเครื่องมือที่ใช้วิเคราะห์หาปริมาณไอออนที่ละลายน้ำได้ โดยการตรวจวัดสารมาตรฐานผสม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.12 ค่าความเข้มข้นของสารมาตรฐานผสม (Mixed standard:  $\text{Li}^+$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{NH}_4^+$ ) ที่ทำการวิเคราะห์ซ้ำ 7 ครั้ง

#### 4.4.2 ผลการประกันคุณภาพในการวิเคราะห์หาปริมาณสารอินทรีย์คาร์บอน

##### 1) กราฟมาตรฐานในการวิเคราะห์หาปริมาณสารอินทรีย์คาร์บอน

(Total organic carbon, TOC) (ภาคผนวก ข-2)

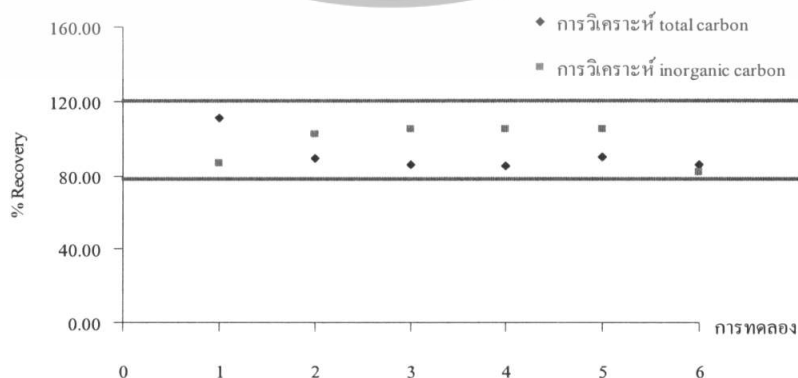
สำหรับปริมาณคาร์บอนทั้งหมด (Total carbon, TC)

$$R^2 = 0.9985 \quad y = 11.876x$$

สำหรับสารอนินทรีย์คาร์บอน (Inorganic carbon, IC)

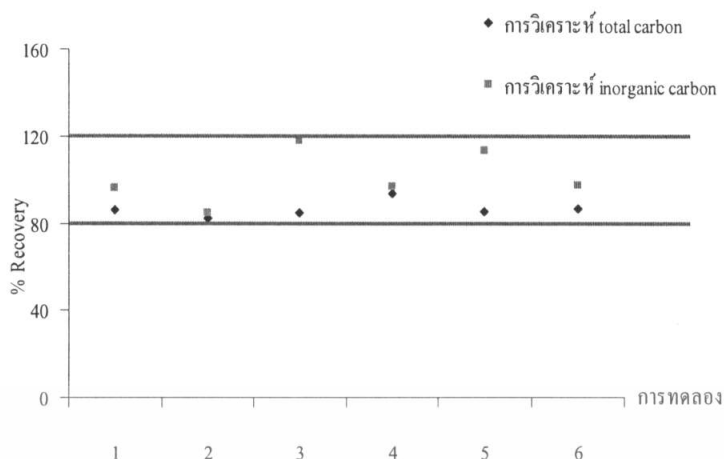
$$R^2 = 0.9971 \quad y = 10.713x - 150.65$$

##### 2) ผลการเปรียบเทียบค่า %Recovery ของ TOC ระหว่างค่าที่คำนวณได้และช่วงที่ยอมรับได้



รูปที่ 4.13 ค่า %Recovery ในการวิเคราะห์ Total organic carbon (TOC) ช่วงที่ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.14 ค่า %Recovery ในการวิเคราะห์ Total organic carbon (TOC) ช่วงที่ 2

ค่า %Recovery เป็นค่าที่ใช้ตรวจสอบความแม่นยำของเครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์ตัวอย่าง โดยค่าที่ยอมรับได้จะต้องมีค่าอยู่ในช่วง 80 – 120% ซึ่งจากผลการทดลองและการคำนวณดังแสดงในรูปที่ 4.13 และ 4.14 พบว่า การทดสอบความแม่นยำของเครื่อง Total Organic Carbon Analyzer อยู่ในระดับที่ยอมรับได้ แสดงว่า ผลการวิเคราะห์ตัวอย่างมีความน่าเชื่อถือ (ดูรายละเอียดในตาราง ข-2.1 และ ข-2.2 ภาคผนวก ข-2)

#### 4.4.2 ผลการประกันคุณภาพในการวิเคราะห์หาปริมาณโลหะ

##### 1) กราฟมาตรฐานในการวิเคราะห์หาปริมาณโลหะ

กราฟมาตรฐานสำหรับการวิเคราะห์หาปริมาณแมกนีเซียม

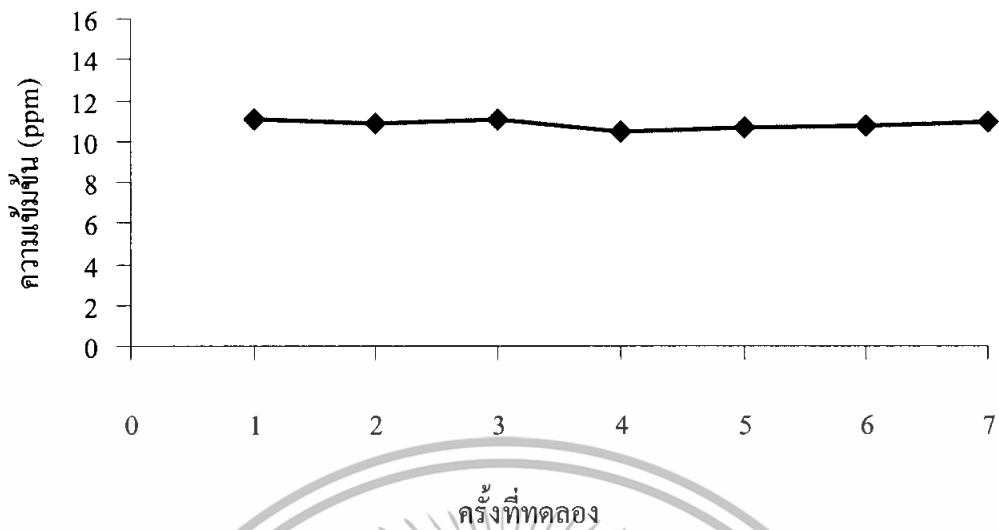
$$y = 0.7866x + 0.0277 \quad R^2 = 0.9978$$

ส่วนกราฟมาตรฐานของโลหะตัวอื่นแสดงในภาคผนวก ข-3

##### 2) การทดสอบความเที่ยงตรงของเครื่องมือที่ใช้วิเคราะห์หาปริมาณโลหะ

การทดสอบความเที่ยงตรงของเครื่องมือ โดยใช้สารมาตรฐานเหล็ก (Fe) เข้มข้น 10 ppm ทำการทดลองซ้ำทั้งหมด 7 ครั้ง ได้ผลการทดลองดังรูปที่ 4.15

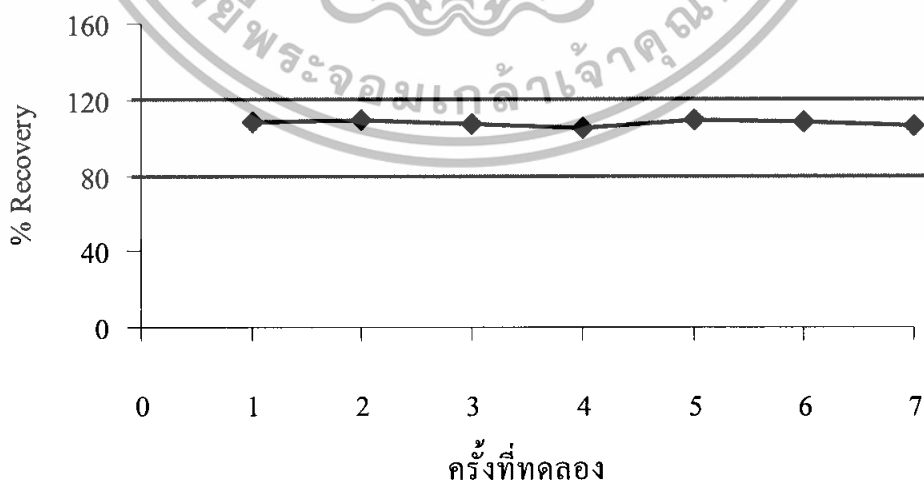
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.15 ค่าความเข้มข้นของสารมาตรฐานเหล็ก (Fe) ที่วิเคราะห์ได้

จากผลการทดลองดังแสดงในรูปที่ 4.15 ค่าที่ตรวจวัดได้มีค่าที่ใกล้เคียงกับ 10 ppm แต่ก็มีบางค่าที่ตรวจวัดได้ค่าที่สูงกว่า 10 ppm เล็กน้อยแต่เมื่อดูจากค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจะเห็นว่ามีความที่น้อย นั่นคือ 0.20 แสดงว่า การวิเคราะห์ด้วยเครื่องมือดังกล่าวยังมีความเที่ยงตรงอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ (ดูรายละเอียดในตาราง ข-3.1 ภาคผนวก ข-3)

3) ผลการเปรียบเทียบค่า %Recovery ระหว่างค่าที่คำนวณได้และช่วงที่ยอมรับได้ ในการวิเคราะห์ตัวอย่างแบบลค์ภาคสนามที่เติมสารมาตรฐานเหล็ก (Fe) 5 ppm



รูปที่ 4.16 %Recovery ในการวิเคราะห์ปริมาณโลหะตัวอย่างแบบลค์ภาคสนามที่เติมสารมาตรฐานเหล็ก (Fe) 5 ppm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากผลการทดลองและการคำนวณ ดังแสดงในรูปที่ 4.16 พบว่า การทดสอบความแม่นยำของเครื่องอะตอมมิกแอปซอร์บชันสเปคโตรโฟโตมิเตอร์ อยู่ในระดับที่ยอมรับได้ แสดงว่า ผลการวิเคราะห์ตัวอย่างมีความน่าเชื่อถือ (ดูรายละเอียดในตาราง ข-3.2 ภาคผนวก ข-3)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 5

### สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

#### 5.1 สรุปผลการทดลอง

การศึกษาองค์ประกอบและปริมาณของฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 10 ไมโครเมตร ( $PM_{10}$ ) บริเวณสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง โดยทำการศึกษา 2 ช่วงเวลา คือ วันที่ 26 มกราคม – 1 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2550 และวันที่ 13 – 20 พฤศจิกายน พ.ศ. 2550 ซึ่งทั้ง 2 ช่วงเวลาอยู่ในช่วงลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ สามารถสรุปผลได้ดังนี้

1. ค่าความเข้มข้นเฉลี่ย 24 ชั่วโมง ของฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 10 ไมโครเมตร ณ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ในช่วงที่ 1 มีค่าเท่ากับ  $130.32 \pm 25.84$  ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ซึ่งมีค่าเฉลี่ยที่สูงเกินค่ามาตรฐานฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 10 ไมโครเมตร ( $120$  ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร) และช่วงที่ 2 มีค่าเท่ากับ  $56.03 \pm 10.39$  ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร แต่เมื่อทำการเฉลี่ยรายปีของความเข้มข้นฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 10 ไมโครเมตรมีค่าเท่ากับ  $91.95 \pm 45.34$  ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ซึ่งยังมีค่าที่ไม่สูงเกินมาตรฐาน ดังนั้นคุณภาพอากาศ ณ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ในปี 2550 ยังมีคุณภาพที่ดีอยู่

2. จากการเปรียบเทียบ ค่าความเข้มข้นขององค์ประกอบทางเคมีที่วิเคราะห์ได้กับตัวบ่งชี้ (marker elements) เพื่อประเมินหาแหล่งที่มาของฝุ่นละออง โดยเปรียบเทียบกับผลของงานวิจัยต่างๆ คาดว่าแหล่งที่มาของฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 10 ไมโครเมตร ณ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง มีแหล่งกำเนิดมาจากไอเสียรถยนต์ดีเซลและมอเตอร์ไซด์ และฝุ่นดินและถนน เป็นหลัก ส่วนละอองไอทุติยภูมิ (secondary aerosol) เป็นแหล่งกำเนิดรอง

3. จากการเปรียบเทียบค่าความเข้มข้นค่าเฉลี่ย 24 ชั่วโมง ของฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 10 ไมโครเมตร ณ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ในช่วงที่ 1 (เดือนมกราคม) และช่วงที่ 2 (เดือนพฤศจิกายน) ระหว่าง ปีพ.ศ. 2549 และ ปีพ.ศ. 2550 พบว่า ในช่วงที่ 1 ค่าความเข้มข้นเฉลี่ย 24 ชั่วโมง ของฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 10 ไมโครเมตรของ ปีพ.ศ. 2550 มีค่าที่สูงกว่าปีพ.ศ. 2549 ส่วนในช่วงที่ 2 ค่าความเข้มข้นเฉลี่ย 24 ชั่วโมง ของฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 10 ไมโครเมตรของ ปีพ.ศ. 2550 มีค่าที่ต่ำกว่า ปีพ.ศ. 2549

4. จากการเปรียบเทียบค่าความเข้มข้นขององค์ประกอบทางเคมี ณ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ระหว่าง ปีพ.ศ. 2549 และ ปีพ.ศ. 2550 พบว่า ความเข้มข้นของไอออนที่ละลายน้ำได้มีค่าใกล้เคียงกัน แต่มีค่าของ  $SO_4^{2-}$  ที่มีค่าสูงกว่า ปีพ.ศ. 2549 อยู่มาก จึงควรมีการเฝ้าระวังกิจกรรมที่จะทำให้เกิด  $SO_4^{2-}$  เพื่อที่จะป้องกัน ไม่ให้เกิดฝนกรดซึ่งจะส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและสุขภาพของสิ่งมีชีวิต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อินทรีย์คาร์บอนในช่วงที่ 1 ของ ปีพ.ศ. 2550 มีค่าที่สูงกว่า ปีพ.ศ. 2549 ในทางตรงกันข้าม ช่วงที่ 2 ของ ปีพ.ศ. 2550 มีค่าที่ต่ำกว่า ปีพ.ศ. 2549

## 5.2 ข้อเสนอแนะ

ในการวิจัยนี้ยังทำการเก็บตัวอย่างไม่ครอบคลุม คือทำการเก็บตัวอย่างเพียง 2 ช่วงเวลา คือช่วง ต้นปี และปลายปี ทั้งนี้ควรเก็บตัวอย่างในช่วงกลางปี และตามฤดูกาลของลม เพื่อที่จะทำให้สามารถวิเคราะห์หาความเข้มข้นฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 10 ไมโครเมตรเฉลี่ยรายปีได้อย่างครอบคลุมและมีความถูกต้องมากขึ้น



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## เอกสารอ้างอิง

กนกรส ถมปลีกและคณะ. “การศึกษาปริมาณและองค์ประกอบของฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 10 ไมโครเมตร ( $PM_{10}$ ) บริเวณใกล้เคียงท่าอากาศยานสุวรรณภูมิ.” ปรินิพนธ์ตามหลักสูตรวิทยาศาสตร์บัณฑิต ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.2549.

กรมควบคุมมลพิษ . “สรุปสถานการณ์มลพิษของประเทศไทย ปี 2548.” กรุงเทพมหานคร, กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม,2548.17-20.

กำพลและคณะ . “การศึกษาปริมาณความเข้มข้นฝุ่นละอองรวมและฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 10 ไมโครเมตร ( $PM_{10}$ ) ในบรรยากาศภายในและภายนอกอาคารที่จอดรถ สถาบันราชภัฏสวนดุสิต.” ปรินิพนธ์ตามหลักสูตรวิทยาศาสตร์บัณฑิต ภาควิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนดุสิต. 2544.

ปีทมาและคณะ . “ สถานการณ์ฝุ่นละอองบริเวณสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.” ปรินิพนธ์ตามหลักสูตรวิทยาศาสตร์บัณฑิต ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. 2542.

พงษ์เสวต สุวรรณธานี “การจำแนกสัดส่วนแหล่งกำเนิดของอนุภาคมลสารรวมทั้งหมดในพื้นที่กรุงเทพมหานคร.” วิทยานิพนธ์ตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 2545.

พงศ์ศักดิ์ และคณะ . “ การศึกษาปริมาณอนุภาคทั้งหมด และอนุภาคที่มีขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน ในเขตบางซื่อบริเวณแยกเตาปูน และแยกวงศ์.” ปรินิพนธ์ตามหลักสูตรวิทยาศาสตร์บัณฑิต ภาควิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนดุสิต.2543.

พัชวิสต์ และคณะ. “การศึกษาปริมาณฝุ่นละอองรวมในโรงสีข้าวมหาวิทยาลัยราชภัฏสวนดุสิตจังหวัดปราจีนบุรี.” ปรินิพนธ์ตามหลักสูตรวิทยาศาสตร์บัณฑิต,ภาควิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม ,คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี,มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนดุสิต. 2547.

พูนทรัพย์ นรมิตร. “การปนเปื้อนและประเมินความเสี่ยงระบบทางเดินหายใจของโลหะหนักในฝุ่นละอองจากอากาศในเขตกรุงเทพมหานคร (ศึกษากรณีตำรวจจราจร).” วิทยานิพนธ์ตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์, มหาวิทยาลัยบูรพา. 2544.

เพ็ญศิริ จุจจอนสิน. “การศึกษาความเข้มข้นของตะกั่วและเหล็กในฝุ่นละอองในบรรยากาศบริเวณสถาบันราชภัฏเพชรบุรีวิทยาเขตในพระบรมราชูปถัมภ์.” ปรินิพนธ์ตามหลักสูตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิทยาศาสตร์บัณฑิต ภาควิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี,  
สถาบันราชภัฏเพชรบุรีวิทยาเขตกรัง ในพระบรมราชูปถัมภ์. 2545.

กัลยา วานิชย์บัญชา, สถิติสำหรับงานวิจัย. กรุงเทพมหานคร : ศูนย์หนังสือจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.  
2548 . หน้า 298-292.

รัตนารักษ์ และคณะ. “การศึกษาปริมาณฝุ่นละอองรวม (TSP) ฝุ่นละอองที่มีขนาดเล็กกว่า 10 ไมโครเมตร (PM<sub>10</sub>) และตะกั่วในฝุ่นละออง บริเวณศูนย์ควบคุมการทางพิเศษฉลองรัชและด่านเก็บค่าผ่านทางพิเศษบางพลี 2.” ปรินญาณิพนธ์ตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต ภาควิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนดุสิต.  
2546.

ลิขิต น้อยง่ายสิน. “การวิเคราะห์ธาตุองค์ประกอบในฝุ่นละอองในอากาศโดยใช้เครื่องเอกซเรย์ ฟลูออเรสเซนส์แบบกระจายพลังงาน.” วิทยานิพนธ์ตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์, มหาวิทยาลัยบูรพา. 2546.

อริษฏ์ สิรินันทวิทย์ และเชาวน์ รอดทองคำ. “การศึกษาหาปริมาณธาตุต่าง ๆ ในฝุ่นอากาศบริเวณกรุงเทพมหานคร.” สำนักงานพลังงานปรมาณูเพื่อสันติ, กรุงเทพมหานคร. 2544.

Lodge, J.P. *Methods of Air Sampling and Analysis*. 3<sup>rd</sup>. ML, Lewis Publishers. 1989.

Suwattiga, P., Osathaphan, K., Bualert, S. and Limpaseni, W. “**Profiling of PM<sub>10</sub> Emission Sources in Thailand.**” Department of Environmental Engineering, Chulalongkorn university. 2004.

Thongsanit, P., Limpaseni, W. “**Polycyclic aromatic hydrocarbons in size-selected particulate matter in the air environment of Bangkok.**” Doctor of Philosophy’s dissertation Engineering, Chulalongkorn university. 2002.

<http://www.cleanairstandards.org> [Online] [วันที่ 24 สิงหาคม 2550]

<http://www.epa.gov> [Online] วิธีการย่อยกระดาษกรองแบบเปียก ตามวิธีมาตรฐาน [วันที่ 10 ตุลาคม 2550]

<http://www.epa.gov/air/criteria.html> [Online] [วันที่ 24 สิงหาคม 2550]

<http://www.ku.ac.th/schoolnet/snet6/envi4/fun/fun.htm> [Online] [วันที่ 13 ตุลาคม 2550]

<http://www.lesa.in.th> [Online] ชาติที่มีอยู่บนเปลือกโลก [วันที่ 23 กันยายน 2550]

<http://www.pcd.go.th> [Online] คุณภาพอากาศทั่วไปในกรุงเทพมหานคร [วันที่ 23 กันยายน 2550]

<http://www.teenet.chiangmai.ac.th> แนวทางการแก้ไขปัญหาฝุ่นละออง [Online] [วันที่ 13 ตุลาคม 2550]

<http://www.tmd.go.th> แนวทางการแก้ไขปัญหาฝุ่นละออง [Online] [วันที่ 13 ตุลาคม 2550]

<http://www.thaidetail.com> ลมประจำถิ่น [Online] [วันที่ 10 มีนาคม 2551]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



## ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ภาคผนวก ก

## ภาคผนวก ก-1

## การเปรียบเทียบทางสถิติ

การทดสอบความแปรปรวน (Analysis of Variance) เป็นการทดสอบสมมุติฐานเกี่ยวกับตัวแปรหรือปัจจัยที่ต้องการศึกษา ซึ่งอาจมีเพียงปัจจัยเดียวหรือหลายๆ ปัจจัยก็ได้

การวิเคราะห์ความแปรปรวนของการจำแนกแบบทางเดียว (One-Way Analysis of Variance) เป็นการวิเคราะห์ข้อมูลซึ่งเป็นผลที่ได้จากการทดลองโดยการใช้ปัจจัยเพียงอย่างเดียว แต่แยกออกเป็นหลายระดับหรือหลายชนิด ซึ่งชนิดหรือระดับของปัจจัยที่นำมาใช้ก็คือ ทริทเมนต์ นั่นเอง โดยในงานวิจัยนี้ ทริทเมนต์ที่ใช้ทดสอบสมมุติฐานคือ ความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 10 ไมโครเมตร และหน่วยทดลอง คือ ช่วงเวลาในการเก็บตัวอย่างฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 10 ไมโครเมตร

สมมุติฐาน:  $H_0: \mu_1 = \mu_2$

$H_1: \mu_1 \neq \mu_2$

ผลการเปรียบเทียบทางสถิติ ณ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ระหว่างช่วงที่ 1 คือ วันที่ 26 มกราคม - 1 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2550 กับช่วงที่ 2 คือวันที่ 13-20 พฤศจิกายน พ.ศ. 2550

ตาราง ก-1 เปรียบเทียบความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 10 ไมโครเมตรระหว่างช่วงที่ 1 และช่วงที่ 2 พ.ศ. 2550

ลำดับ	ช่วงที่ 1	ช่วงที่ 2	รวม
	ความเข้มข้น PM <sub>10</sub> ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	ความเข้มข้น PM <sub>10</sub> ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	
1	94.49	49.21	143.7
2	103.73	46.34	150.07
3	114.83	51.63	166.46
4	140.52	63.14	203.66
5	162.61	54.92	217.53
6	149.11	40.74	189.85
7	146.94	46.22	193.16
เฉลี่ย	130.32	50.31	180.63
รวม	912.23	352.2	1264.43

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ANOVA

Source	d.f.	SS	MS	Fcal = T/E	F <sub>table</sub> = F <sub>1,12</sub> (0.05)
PM <sub>10</sub> ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	1	22402.40	22402.40	62.23	4.75
Error	12	4319.62	359.97		
Total	13	26722.02			

ณ ระดับความเชื่อมั่น 95% ค่าสถิติ F ที่คำนวณได้เท่ากับ 62.23 มากกว่า 4.75 จึงปฏิเสธ H<sub>0</sub> นั่นคือ ค่าความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 10 ไมโครเมตร ณ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ในช่วงที่ 1 มีค่าแตกต่างกับ ในช่วงที่ 2

ผลการเปรียบเทียบทางสถิติ – ณ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ระหว่าง วันที่ 19-24 มกราคม พ.ศ. 2549 กับ วันที่ 26 มกราคม – 1 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2550

ตาราง ก-2 เปรียบเทียบความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 10 ไมโครเมตรระหว่าง วันที่ 19-24 มกราคม พ.ศ. 2549 กับ วันที่ 26 มกราคม – 1 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2550

ลำดับ	ปี 2549	ปี 2550	รวม
	ความเข้มข้น PM <sub>10</sub> ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	ความเข้มข้น PM <sub>10</sub> ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	
1	69.17	94.49	163.66
2	78.49	103.73	182.22
3	73.54	114.83	188.37
4	63.64	140.52	204.16
5	63.27	162.61	225.88
6	75.08	149.11	224.19
7		146.94	146.94
เฉลี่ย	70.53	130.32	190.77
รวม	423.19	912.23	1335.42

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ANOVA

Source	d.f.	SS	MS	Fcal = T/E	F <sub>table</sub> = F <sub>1,11</sub> (0.05)
PM <sub>10</sub> ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	1	11548.30	11548.30	30.23	4.84
Error	11	4201.88	381.99		
Total	12	15750.18372			

ณ ระดับความเชื่อมั่น 95% ค่าสถิติ F ที่คำนวณได้เท่ากับ 30.23 มากกว่า 4.84 จึงปฏิเสธ H<sub>0</sub> นั่นคือ ค่าความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 10 ไมโครเมตร ณ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังระหว่าง วันที่ 19-24 มกราคม พ.ศ. 2549 มีความแตกต่างกับ วันที่ 26 มกราคม – 1 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2550

ผลการเปรียบเทียบทางสถิติ ณ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังระหว่าง วันที่ 8-13 พฤศจิกายน พ.ศ. 2549 กับ วันที่ 13 -20 พฤศจิกายน พ.ศ. 2550

ตาราง ก-3 เปรียบเทียบความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 10 ไมโครเมตรระหว่าง วันที่ 8-13 พฤศจิกายน พ.ศ. 2549 กับ วันที่ 13 -20 พฤศจิกายน พ.ศ. 2550

ลำดับ	ปี 2549	ปี 2550	รวม
	ความเข้มข้น PM <sub>10</sub> ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	ความเข้มข้น PM <sub>10</sub> ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	
1	105.98	49.21	155.19
2	88.7	46.34	135.04
3	75.28	51.63	126.91
4	67.58	63.14	130.72
5	89.51	54.92	144.43
6	114.77	50.74	165.51
7		76.22	76.22
เฉลี่ย	90.30	56.03	133.43
รวม	541.82	392.2	934.02

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ANOVA

Source	d.f.	SS	MS	Fcal = T/E	F <sub>table</sub> =F <sub>1,11</sub> (0.05)
PM <sub>10</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	1	3795.38	3795.38	18.66	4.84
Error	11	2236.80	203.35		
Total	12	6032.18			

ณ ระดับความเชื่อมั่น 95% ค่าสถิติ F ที่คำนวณได้เท่ากับ 18.66 มากกว่า 4.84 จึงปฏิเสธ H<sub>0</sub> นั่นคือ ค่าความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 10 ไมโครเมตร ณ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังระหว่าง วันที่ 8-13 พฤศจิกายน พ.ศ. 2549 มีความแตกต่างกับ วันที่ 13 -20 พฤศจิกายน พ.ศ. 2550

## ภาคผนวก ก-2

## 1. การคำนวณหาความเข้มข้นของฝุ่นละออง

ความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 10 ไมโครเมตรหาได้โดยการคำนวณจากสมการที่ 3.1 ,3.2 และ 3.3 ตามลำดับ

$$Q_2 = Q_1 \left[ \frac{T_{std} * P_1}{P_{std} * T_1} \right]$$

$Q_1$  = อัตราการไหลในช่วงการปรับเทียบของเครื่องเก็บตัวอย่าง (m<sup>3</sup>/hr)

$Q_2$  = อัตราการไหลที่สภาวะมาตรฐาน (m<sup>3</sup>/hr)

$T_{std}$  = อุณหภูมิสภาวะมาตรฐาน(K)

$T_1$  = อุณหภูมิขณะเก็บตัวอย่าง (K)

$P_{std}$  = ความดันสภาวะมาตรฐาน (kPa)

$P_1$  = ความดันขณะเก็บตัวอย่าง (kPa)

$$V = Q_2 * t$$

$V$  = ปริมาตรอากาศที่เก็บ (m<sup>3</sup>)

$Q_2$  = อัตราการไหลที่แท้จริงของเครื่องเก็บตัวอย่าง (m<sup>3</sup>/hr)

$t$  = เวลาที่เก็บตัวอย่าง (hr)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$C = \left[ \frac{M}{V} \right] \times 10^6$$

C = ความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 10 ไมโครเมตร ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )

M = น้ำหนักฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 10 ไมโครเมตรที่เก็บได้ (g)

V = ปริมาตรอากาศที่เก็บ ( $\text{m}^3$ )

## 2. การคำนวณหาความเข้มข้นของประจุบวกและลบที่ละลายน้ำได้

$$F_1 = \frac{(C - B) \times \frac{50\text{ml}}{\text{strip}} \times \frac{12\text{strip}}{\text{filter}}}{V}$$

เมื่อ  $F_1$  = ความเข้มข้นของไอออนของฝุ่นละอองในตัวอย่างอากาศ ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )

C = ความเข้มข้นของไอออนในสารละลายจากแผ่นกรองที่มีฝุ่นละอองขนาดเล็ก ( $\mu\text{g}/\text{ml}$ )

B = ความเข้มข้นของไอออนในสารละลายจากแผ่นกรองเปล่า (แบลนด์) ( $\mu\text{g}/\text{ml}$ )

V = ปริมาตรของอากาศ ( $\text{m}^3$ )

## 5. การคำนวณหาปริมาณสารอินทรีย์คาร์บอนทั้งหมด (Total Organic Carbon, TOC)

$$\text{TOC} = \text{TC} - \text{IC}$$

โดยจะทำการทดลอง 3 ซ้ำ แล้วจึงนำผลการทดลองที่อ่านได้ (%C) ไปคำนวณเป็นความเข้มข้น ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) ซึ่งค่าที่คำนวณได้จาก strip ของกระดาษกรอง strip เดียวกัน จะนำมาหักลบกัน

## 6. การคำนวณหาความเข้มข้นของสารอินทรีย์คาร์บอนทั้งหมด

$$C = \frac{(\%C - \%B) \times \frac{W}{100} \times n}{V}$$

เมื่อ C = ความเข้มข้นของสารอินทรีย์คาร์บอนของฝุ่นละอองในตัวอย่างอากาศ ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )

%C = ร้อยละของสารอินทรีย์คาร์บอนในกระดาษกรองที่มีฝุ่นละอองขนาดเล็ก

%B = ร้อยละของสารอินทรีย์คาร์บอนในกระดาษกรองแบลนด์

W = น้ำหนักส่วนหนึ่งของตัวอย่างต่อหน่วย ( $\mu\text{g}$ )

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$n$  = พื้นที่ตัวอย่างทั้งหมด / พื้นที่ส่วนหนึ่งของตัวอย่างต่อหน่วย

$V$  = ปริมาตรของอากาศ ( $m^3$ ) ที่ภาวะมาตรฐาน

### 3. การคำนวณหาความเข้มข้นของโลหะ

$$F_1 = \frac{(C - B) \times \frac{50ml}{strip} \times \frac{12strip}{filter}}{V}$$

เมื่อ  $F_1$  = ความเข้มข้นของโลหะของฝุ่นละอองในตัวอย่างอากาศ ( $\mu g/m^3$ )

$C$  = ความเข้มข้นของโลหะในสารละลายจากแผ่นกรองที่มีฝุ่นละอองขนาดเล็ก ( $\mu g/ml$ )

$B$  = ความเข้มข้นของโลหะในสารละลายจากแผ่นกรองที่ยังไม่ได้ใช้ ( $\mu g/ml$ )

$V$  = ปริมาตรของอากาศ ( $m^3$ ) ที่ภาวะมาตรฐาน



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

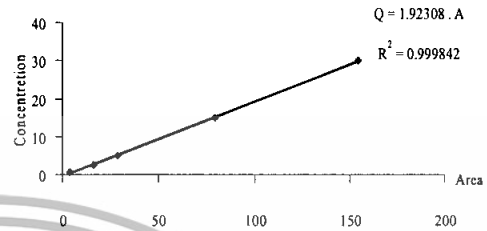
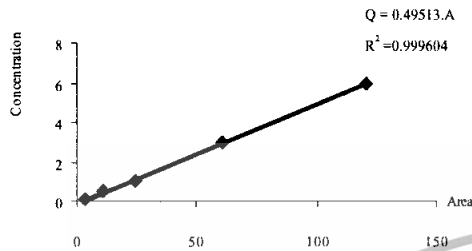
## ภาคผนวก ข

## การประกันคุณภาพในการวิเคราะห์

## ภาคผนวก ข-1

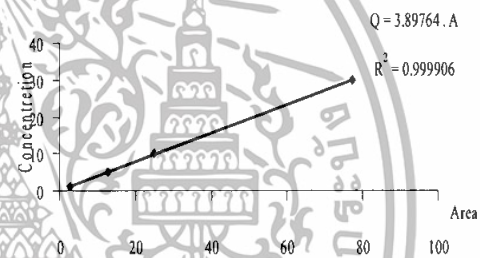
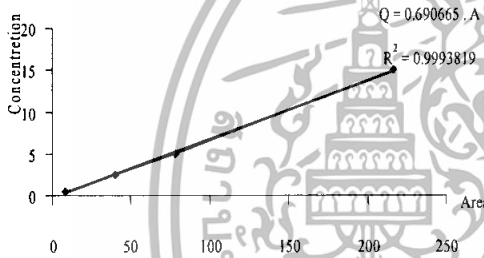
ผลการประกันคุณภาพในการวิเคราะห์หาปริมาณไอออนที่ละลายน้ำได้

## 1.1 กราฟมาตรฐานในการวิเคราะห์หาปริมาณไอออนที่ละลายน้ำได้



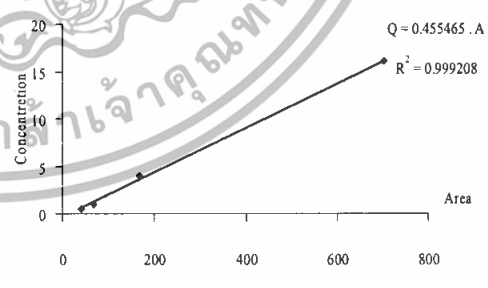
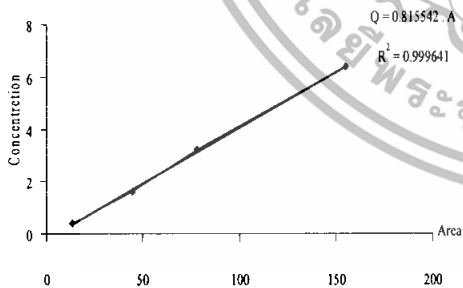
ก.

ข.



ค.

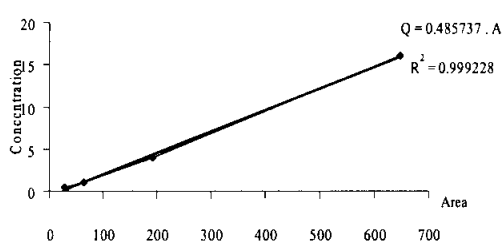
ง.



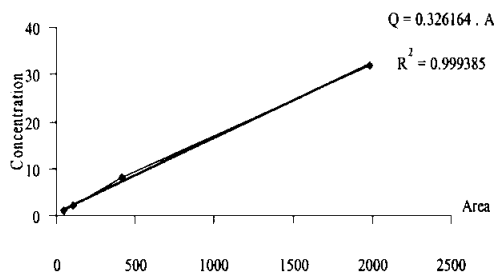
จ.

ฉ.

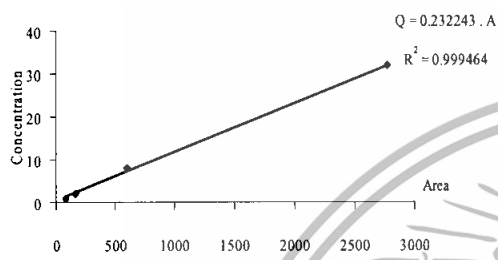
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



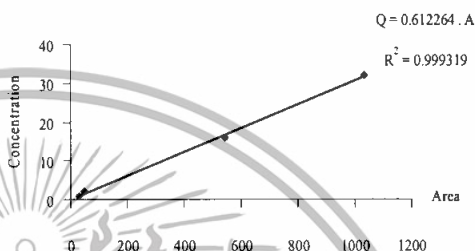
ช



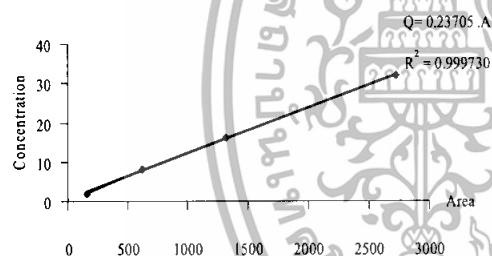
ซ



ฅ



ญ



ฎ

### รูป ข-1 กราฟมาตรฐานในการวิเคราะห์หาปริมาณไอออนที่ละลายน้ำได้

- |  |   |
|--|---|
| ก กราฟมาตรฐานของลิเทียม (Li)                   | ช กราฟมาตรฐานของไนไตรต์ ( $\text{NO}_2^-$ )   |
| ข กราฟมาตรฐานของโซเดียม ( $\text{Na}^+$ )      | ซ กราฟมาตรฐานของโบรมได์ ( $\text{Br}^-$ )     |
| ค กราฟมาตรฐานของแอมโมเนียม ( $\text{NH}_4^+$ ) | ฅ กราฟมาตรฐานของไนเตรต ( $\text{NO}_3^-$ )    |
| ง กราฟมาตรฐานของโพแทสเซียม ( $\text{K}^+$ )    | ญ กราฟมาตรฐานของฟอสเฟต ( $\text{PO}_4^{3-}$ ) |
| จ กราฟมาตรฐานของฟลูออไรด์ ( $\text{F}^-$ )     | ฎ กราฟมาตรฐานของซัลเฟต ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) |
| ฉ กราฟมาตรฐานของคลอไรด์ ( $\text{Cl}^-$ )      |   |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2) ผลการทดสอบความเที่ยงตรงของเครื่องมือที่ใช้วิเคราะห์หาปริมาณ ไอออนที่ละลายน้ำได้ โดยการตรวจวัดสารมาตรฐานผสม

ในการทดสอบความเที่ยงตรงของเครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์หาปริมาณ ไอออนที่ละลายน้ำได้นั้น ได้ทำการเลือกทดสอบไอออนที่ละลายน้ำได้ประจวบกร โดยนำสารมาตรฐานผสมในระดับที่ 1 มาทำการตรวจวัดซ้ำทั้งหมด 7 ซ้ำ โดยผลการทดลองเป็นดังตารางที่ ข-1.1

ตาราง ข-1.1 แสดงความเข้มข้นของสารมาตรฐานผสม

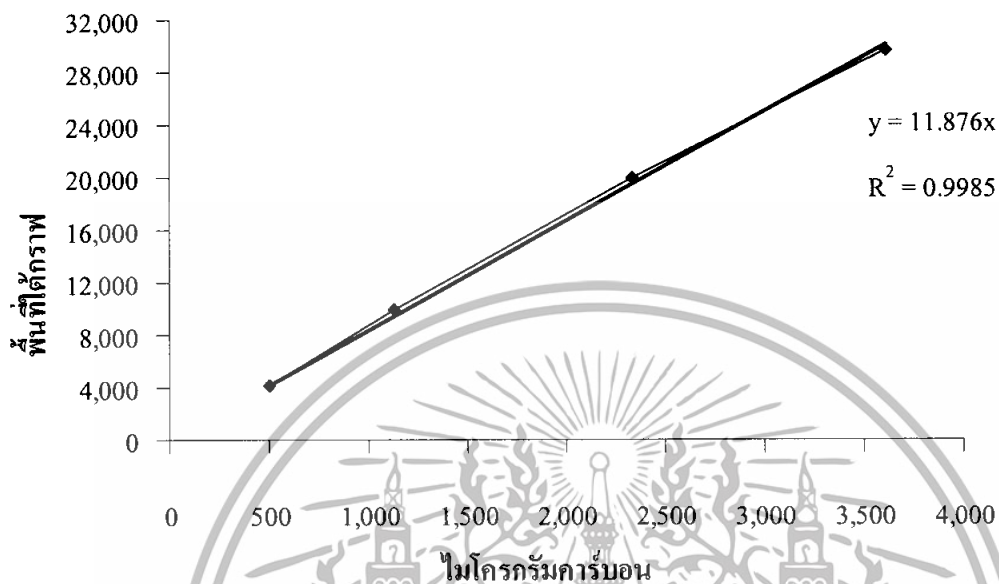
ครั้งที่	ความเข้มข้น ( $\mu\text{g/mL}$ )			
	ลิเทียม	โซเดียม	แอมโมเนียม	โพแทสเซียม
1	0.105±0.002	0.495±0.005	0.51±0.002	1.008±0.036
2	0.11±0.002	0.505±0.005	0.506±0.002	1.101±0.036
3	0.104±0.002	0.51±0.005	0.506±0.002	1.02±0.036
4	0.106±0.002	0.504±0.005	0.504±0.002	0.991±0.036
5	0.103±0.002	0.504±0.005	0.508±0.002	1.026±0.036
6	0.104±0.002	0.505±0.005	0.506±0.002	1.005±0.036
7	0.107±0.002	0.51±0.005	0.507±0.002	1.01±0.036
% RSD	2.245	0.995	0.373	3.534

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

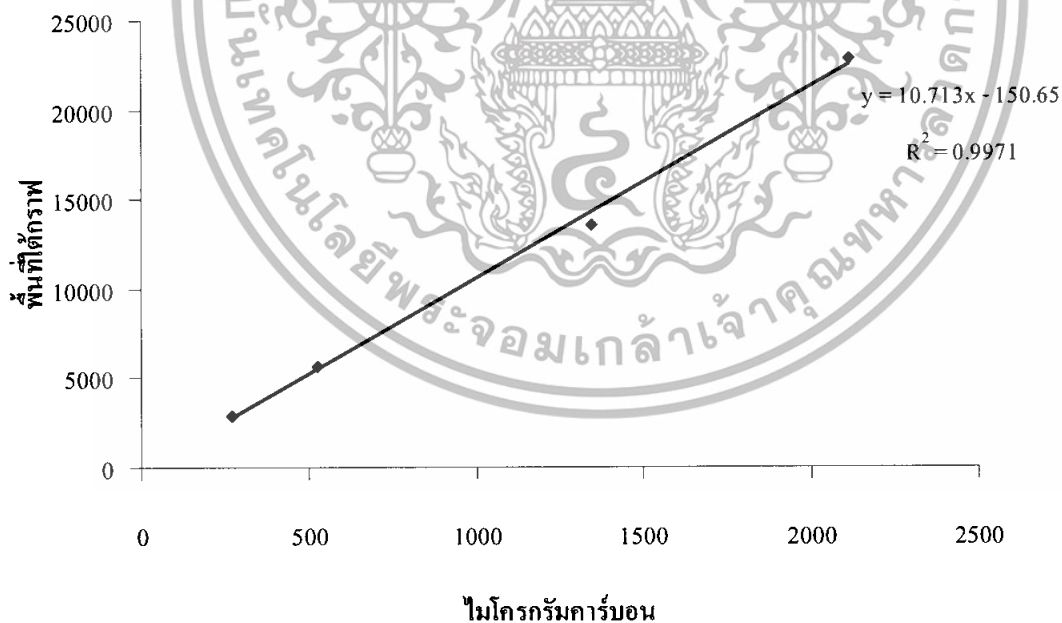
## ภาคผนวก ข-2

ผลการประกันคุณภาพในการวิเคราะห์หาปริมาณสารอินทรีย์คาร์บอนสุทธิ

2.1) กราฟมาตรฐานในการวิเคราะห์หาปริมาณสารอินทรีย์คาร์บอนสุทธิ



รูป ข-2.1 กราฟมาตรฐานการวิเคราะห์ปริมาณคาร์บอนทั้งหมด (Total carbon, TC)



รูป ข-2.2 กราฟมาตรฐานการวิเคราะห์สารอนินทรีย์คาร์บอน (Inorganic carbon, IC)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.2) การหาค่า %Recovery เพื่อตรวจสอบความแม่นยำของเครื่องมือ

ตาราง ข-2.1 บันทึกหาค่า %Recovery ในการวิเคราะห์ Total organic carbon(TOC) ช่วงที่ 1

ตัวอย่าง	%Recovery	
	ในการวิเคราะห์ total carbon	ในการวิเคราะห์ inorganic carbon
Blank(1)	110.86	86.78
Blank(2)	89.37	101.88
Blank(3)	85.65	104.80
31 ม.ค.2550 (1)	85.30	104.69
31 ม.ค.2550 (2)	90.10	105.16
31 ม.ค.2550 (3)	85.47	82.01

ตาราง ข-2.2 บันทึกหาค่า %Recovery ในการวิเคราะห์ Total organic carbon(TOC) ช่วงที่ 2

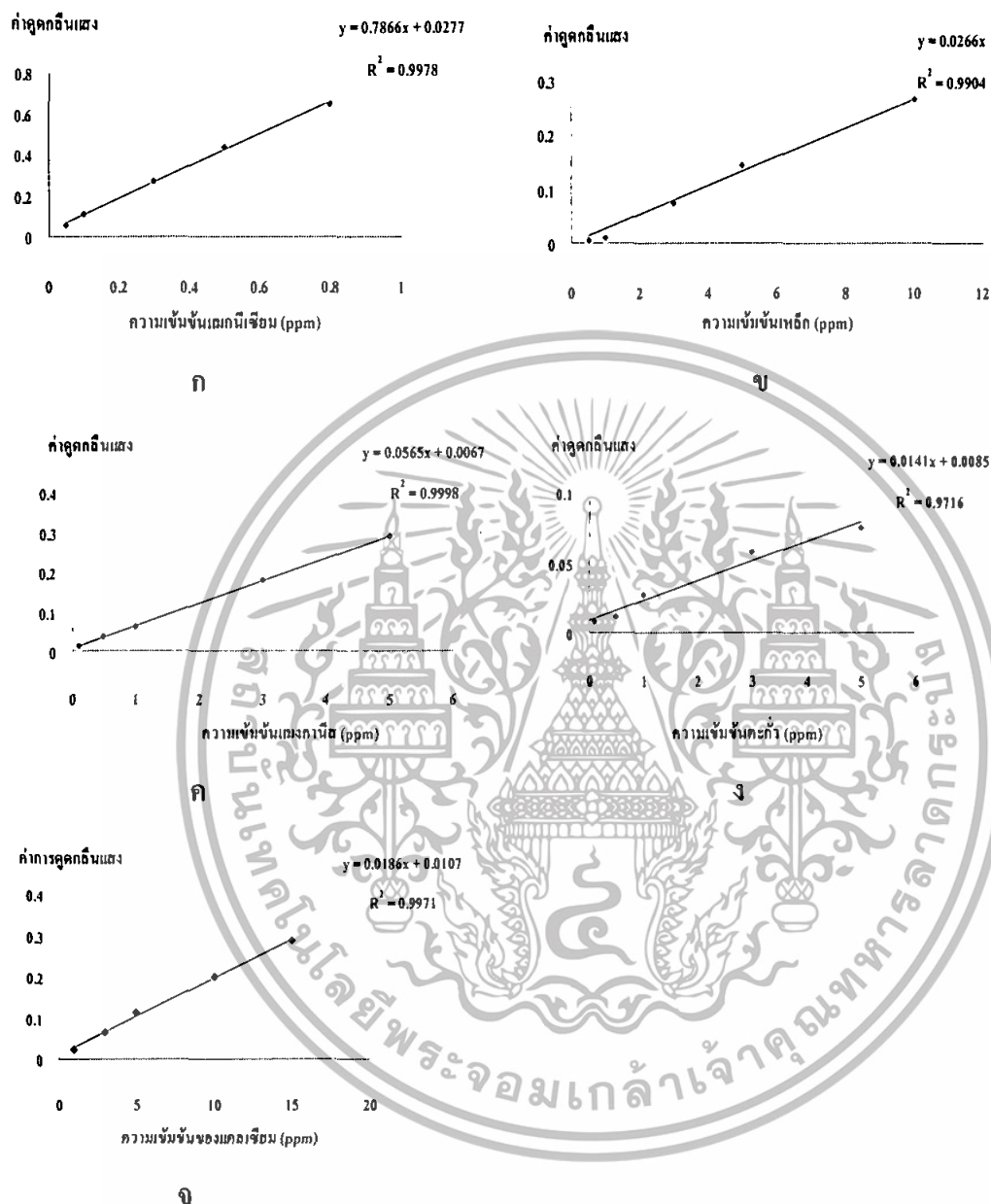
ตัวอย่าง	%Recovery	
	การวิเคราะห์ total carbon	การวิเคราะห์ inorganic carbon
Blank(1)	86	96.35
Blank(2)	82.21	84.87
Blank(3)	84.79	118.24
19 พ.ย. 2550(1)	93.71	96.74
19 พ.ย. 2550(2)	85.24	113.77
19 พ.ย. 2550(3)	86.78	97.6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ภาคผนวก ข-3

ผลการประกันคุณภาพในการวิเคราะห์หาปริมาณโลหะและการย่อยกระดาษกรองด้วยวิธี Wet digestion

## 3.1) กราฟมาตรฐานในการวิเคราะห์หาปริมาณโลหะ



## รูป ข-3.1 กราฟมาตรฐานในการวิเคราะห์หาปริมาณโลหะ

ก กราฟมาตรฐานของแมกนีเซียม (Mg)

ง กราฟมาตรฐานของตะกั่ว (Pb)

ข กราฟมาตรฐานของเหล็ก (Fe)

จ กราฟมาตรฐานของแคลเซียม (Ca)

ค กราฟมาตรฐานของแมงกานีส (Mn)

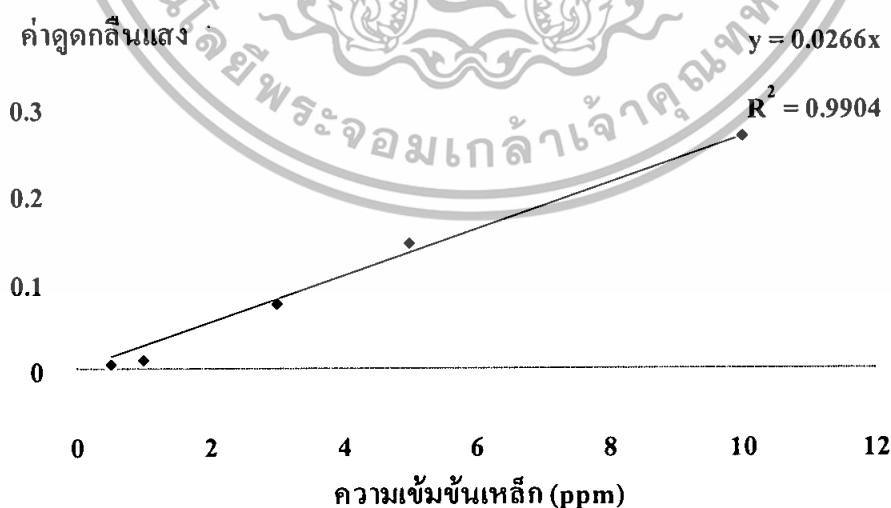
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2) ผลการทดสอบความเที่ยงตรงของเครื่องมือที่ใช้วิเคราะห์หาปริมาณ โลหะ โดยใช้สารมาตรฐานเหล็ก (Fe) เข้มข้น 10 ppm

ตาราง ข-3.1 ความเข้มข้นของเหล็ก (Fe) level 5 ( 10 ppm) ทั้งหมด 5 ครั้ง

จำนวนครั้ง	ค่าการดูดกลืนแสง	ค่าความเข้มข้นสารมาตรฐานเหล็ก level 5 (10 ppm)
1	0.375	11.102 ± 0.20
2	0.369	10.897 ± 0.20
3	0.373	11.034 ± 0.20
4	0.357	10.489 ± 0.20
5	0.361	10.625 ± 0.20
6	0.366	10.795 ± 0.20
7	0.370	10.931 ± 0.20
	ค่าเฉลี่ย	10.84
	SD	0.20
	%RSD	1.87

3.3) การคำนวณหาค่า %Recovery เพื่อตรวจสอบความแม่นยำของเครื่องมือ



รูป ข-3.2 กราฟมาตรฐานสารละลายมาตรฐานเหล็ก (Fe)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ข-3.2 บันทึกหาค่า %Recovery ในการวิเคราะห์ตัวอย่างแบบลงที่ภาคสนามที่เติมสาร  
มาตรฐานเหล็ก (Fe) ลงไป 5 ppm

หมายเลข	ค่าดูดกลืนแสง	ความเข้มข้น (ppm)	% Recovery
spite1	0.14	5.385	107.69
spite2	0.142	5.462	109.23
spite3	0.139	5.346	106.92
spite4	0.137	5.269	105.38
spite5	0.142	5.462	109.23
spite6	0.14	5.385	107.69
spite7	0.138	5.308	106.15
ค่าเฉลี่ย		5.374	
SD		0.07	
%RSD		1.35	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ภาคผนวก ก

## การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี

## ภาคผนวก ก-1

ผลการทดลองการวิเคราะห์หาปริมาณคาร์บอนทั้งหมดในรูปสารอินทรีย์

ตารางที่ ก-1.1 ปริมาณคาร์บอนในรูปสารอินทรีย์ คาร์บอนในรูปสารอนินทรีย์ และคาร์บอนทั้งหมดในรูปสารอินทรีย์ ของช่วงที่ 1 และช่วงที่ 2

วันที่เก็บตัวอย่าง	TC ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	IC ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	TOC ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
ศ. 26/1/2550	30.18±1.758	0.14±0.040	30.03
ศ. 27/1/2550	20.82±3.664	0.09±0.070	20.72
อา. 28/1/2550	24.05±4.421	0.22±0.129	23.83
จ. 29/1/2550	38.72±1.808	0.20±0.115	38.54
อ. 30/1/2550	41.21±3.103	0.43±0.062	40.78
พ. 31/1/2550	35.86±0.651	0.24±0.198	35.62
พฤ. 1/2/2550	29.91±2.140	0.22±0.104	29.75
ค่าเฉลี่ย	31.54±7.519	0.22±0.107	31.32±7.450
อ. 13/11/2550	11.36±0.957	0.14±0.126	11.22
พ. 14/11/2550	10.18±0.557	0.61±0.232	9.57
พฤ. 15/11/2550	11.16±0.34	0.54±0.396	10.62
ศ. 16/11/2550	16.04±0.299	0.67±0.149	15.37
ศ. 17/11/2550	10.22±0.347	0.50±0.118	9.72
อา. 18/11/2550	10.42±4.843	0.36±0.378	10.06
จ. 19/11/2550	ไม่ได้ทำการทดลองเนื่องจากฝนตกหนัก		
อ. 20/11/2550	18.02±1.419	0.06±0.076	17.96
ค่าเฉลี่ย	12.49±3.189	0.41±0.234	12.07±3.27

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ภาคผนวก ก-2

ผลการทดลองการวิเคราะห์หาปริมาณ โลหะ

ตาราง ก-2.1 ปริมาณ โลหะของช่วงที่ 1 และช่วงที่ 2

วันที่เก็บตัวอย่าง	ปริมาณโลหะ ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) (n=3)				
	Pb	Fe	Mn	Mg	Ca
ศ. 26/1/2550	1.03±0.08	2.47±0.59	0.08±0.01	0.50±0.03	5.93±0.64
ส. 27/1/2550	1.33±0.15	1.25±0.84	0.12±0.03	0.30±0.10	4.44±1.00
อา. 28/1/2550	1.37±0.15	0.25±0.10	0.09±0.03	0.36±0.08	*
จ. 29/1/2550	1.92±0.42	2.15±0.22	0.12±0.02	0.75±0.05	6.02±0.34
อ. 30/1/2550	2.00±0.45	3.18±0.30	0.018±0.03	1.03±0.13	9.93±0.40
พ. 31/1/2550	2.10±0.05	3.08±1.39	0.10±0.04	0.98±0.23	11.76±1.04
พฤ. 1/2/2550	2.30±0.05	3.62±0.50	0.18±0.05	0.97±0.06	12.11±1.01
เฉลี่ย	1.51±0.47	2.29±1.19	0.13±0.04	0.71±0.29	9.37±4.02
อ. 13/11/2550	2.02±0.46	1.00±0.10	0.11±0.05	0.35±0.01	3.94±0.15
พ. 14/11/2550	1.07±0.29	1.26±0.21	0.04±0.02	0.42±0.04	4.98±0.53
พฤ. 15/11/2550	2.07±0.26	1.55±0.16	0.15±0.07	0.58±0.04	6.91±0.22
ศ. 16/11/2550	1.50±0.25	2.01±0.04	0.13±0.10	0.55±0.02	6.37±0.34
ส. 17/11/2550	2.40±0.43	1.85±0.13	0.06±0.10	0.48±0.03	4.96±0.12
อา. 18/11/2550	1.12±0.04	1.03±0.08	0.05±0.01	0.31±0.02	4.22±0.20
จ. 19/11/2550	ไม่ได้ทำการทดลองเนื่องจากฝนตกหนัก				
อ. 20/11/2550	1.79±0.31	1.46±0.44	0.17±0.04	0.40±0.04	7.02±0.64
เฉลี่ย	1.60±0.50	1.45±0.39	0.10±0.05	0.44±0.10	5.49±1.27

หมายเหตุ \* ผลการวิเคราะห์ผิดพลาด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ภาคผนวก ก-3 ข้อมูลทางอุตุนิยมวิทยา

ตาราง ก-3.1 ข้อมูลทางอุตุนิยมวิทยาของวันที่เก็บตัวอย่างฝุ่นละออง

ลำดับ	วันที่	Temp(°c)	RH(%)	ความเร็วลม (m/s)	ทิศทางลม
1	26/01/2550	33	50	3.78	NE
2	27/01/2550	30	51	4.23	E
3	28/01/2550	29	48	5.25	NE
4	29/01/2550	29	45	4.53	ENE
5	30/01/2550	29	52	3.20	NE
6	31/01/2550	29	52	3.61	ENE
7	1/02/2550	29	52	4.08	NE
8	13/11/2550	35	67	2.88	NE
9	14/11/2550	34	73	3.47	NE
10	15/11/2550	33	73	3.74	NE
11	16/11/2550	34	61	3.48	ENE,N
12	17/11/2550	32	58	2.49	ENE,N
13	18/11/2550	29	62	3.86	ENE,N
14	20/11/2550	28	66	2.87	NE

หมายเหตุ \* คำย่อทิศทางลม N = ทิศเหนือ, S = ทิศใต้, E = ทิศตะวันออก, W = ทิศตะวันตก, NE = ทิศตะวันออกเฉียงเหนือ, NW = ทิศตะวันตกเฉียงเหนือ, SW = ทิศตะวันตกเฉียงใต้, SSW = ทางใต้ของทิศตะวันตกเฉียงใต้, ENE = ทางตะวันออกของทิศตะวันออกเฉียงเหนือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ภาคผนวก ง

### ข้อมูลประเภทและจำนวนโรงงานของนิคมอุตสาหกรรมลาดกระบัง

จำนวนโรงงานของนิคมอุตสาหกรรมลาดกระบังมีทั้งหมด 224 โรงงาน ประกอบด้วยอุตสาหกรรมประเภทต่าง ๆ ดังตารางที่ ง-1

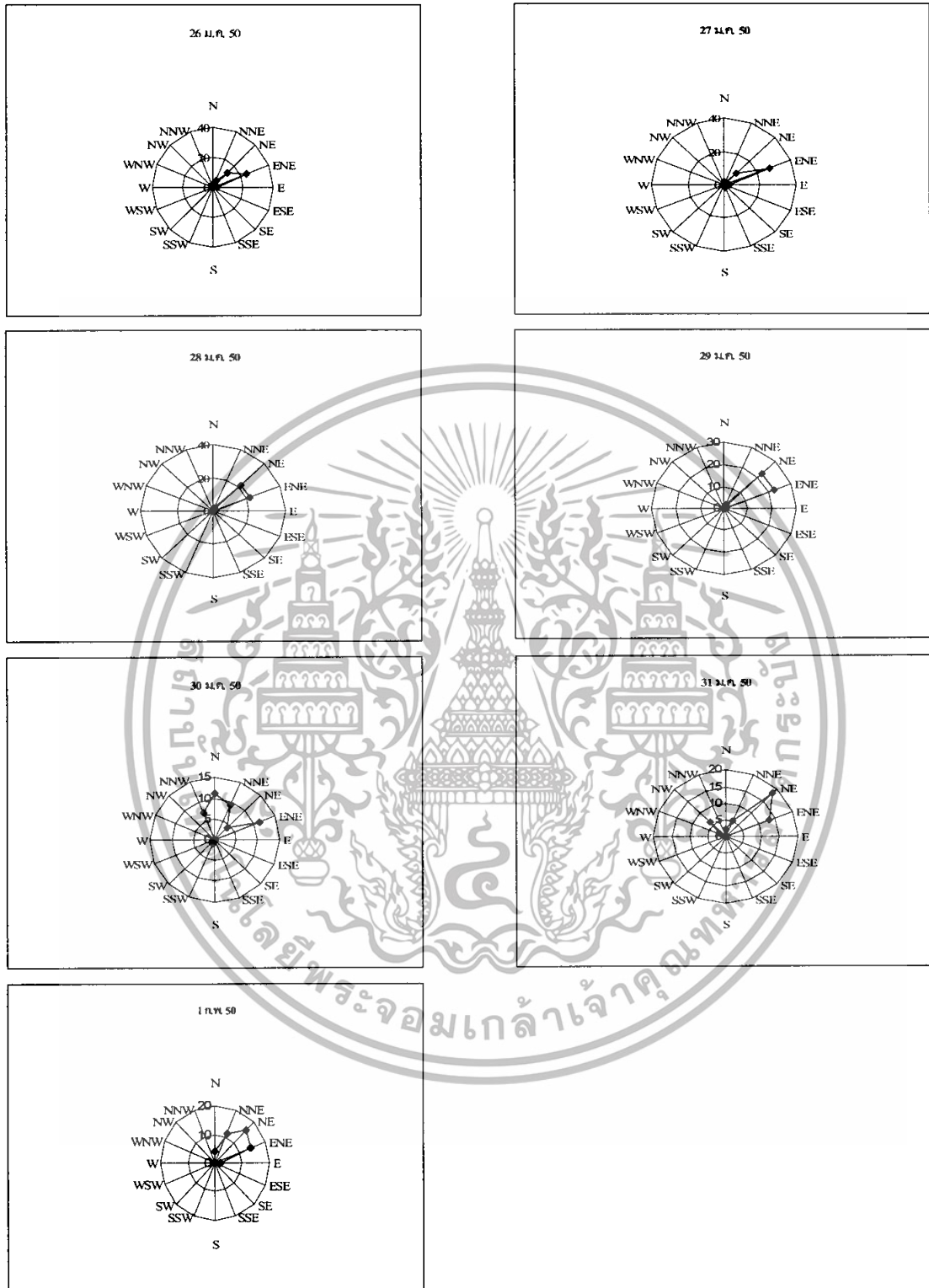
ตาราง ง-1 ประเภทอุตสาหกรรมที่ประกอบการอยู่ในนิคมอุตสาหกรรมลาดกระบัง

ประเภท	จำนวน
ประกอบชิ้นส่วนรถยนต์	34
สินค้าอุปโภค	20
อิเล็กทรอนิกส์	19
อุตสาหกรรมโลหะ	18
อุตสาหกรรมอาหาร	11
สีและหมึกพิมพ์	11
อุตสาหกรรมพลาสติก	15
ประกอบเครื่องปรับอากาศ	4
อุตสาหกรรมยาง	5
เคมีภัณฑ์	5
สินค้า ซ้อมา - ขายไป	31
เฟอร์นิเจอร์ไม้	2
อุตสาหกรรมหนัง	5
อื่น ๆ	44
<b>รวม</b>	<b>224</b>

ที่มา: สำนักงานนิคมอุตสาหกรรมลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

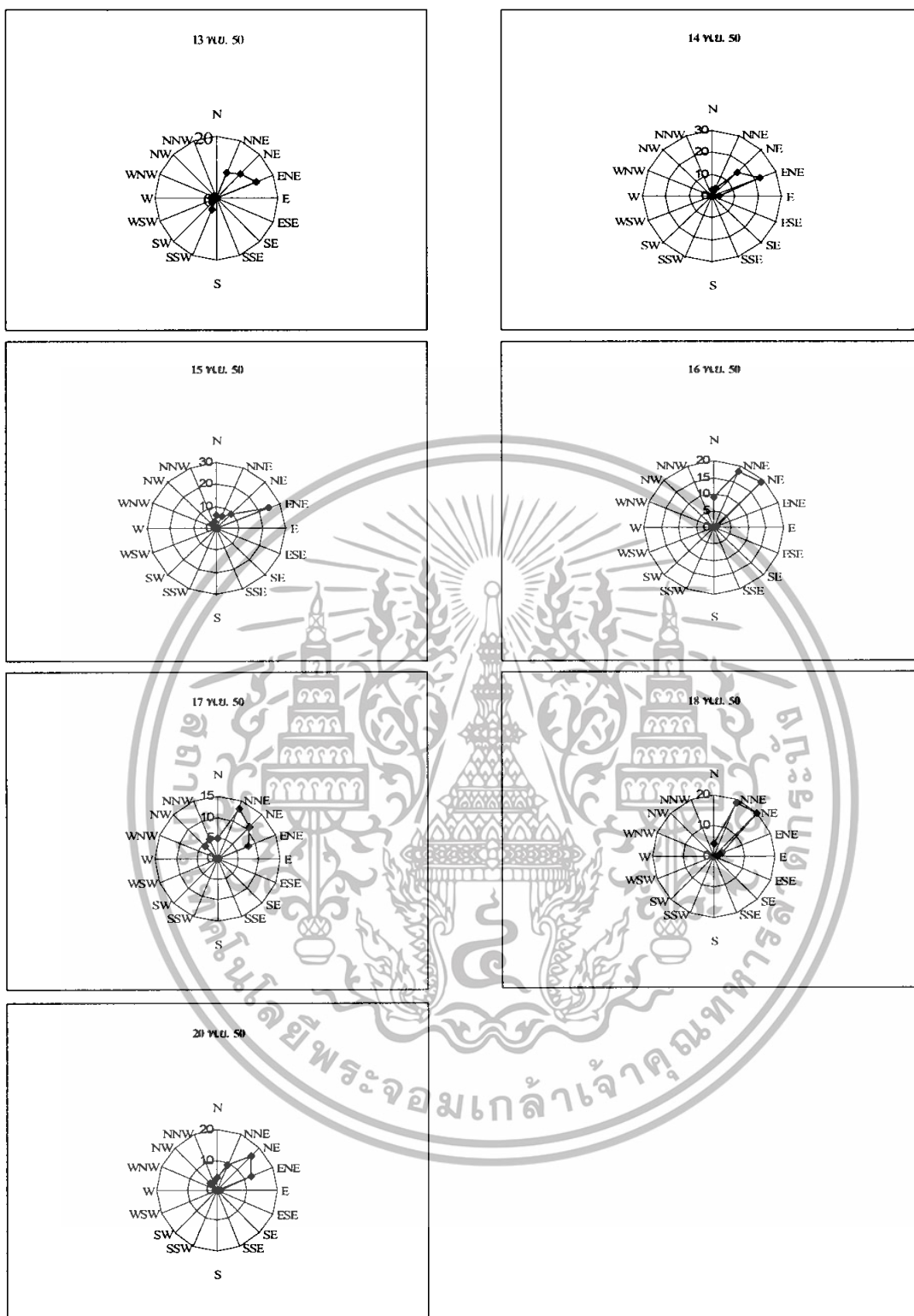
## ภาคผนวก จ



รูป จ-1 ทิศทางลมระหว่างวันที่ 26 มกราคม – 1 กุมภาพันธ์ 2550

ณ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป จ-2 ทิศทางลมระหว่างวันที่ 13 – 20 พฤศจิกายน 2550

ณ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้