

## การศึกษาฝุ่นตกบริเวณโรงไฟฟ้าแม่เมาะ

The study of dust fall in Mae Moh power plant area

นางสาวประภาพรณ ไชยศักดิ์ รหัส 49361072  
นายกฤษฎา ศิวัดย์ รหัส 49364820

ห้องสมุดคณะวิศวกรรมศาสตร์
วันที่รับ..... 14 ก.ค. 2553
เลขทะเบียน..... 507289X e 2
เลขเรียกหนังสือ.....
มหาวิทยาลัยนเรศวร 2552


ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต  
สาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม ภาควิชาวิศวกรรมโยธา  
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร  
ปีการศึกษา 2552




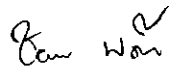
## ใบรับรองปริญญาโท

ชื่อหัวข้อโครงการ การศึกษาฝุ่นตลบบริเวณ โรงไฟฟ้าแม่เมาะ  
ผู้ดำเนินโครงการ นางสาวประภาพรณ ไชยภักดิ์ รหัส 49361072  
นายกฤษฎา ศิวาลัย รหัส 49364820  
ที่ปรึกษาโครงการ ผศ.ดร.ป้างรีย์ ทองสนิท  
สาขาวิชา วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม  
ภาควิชา วิศวกรรมโยธา  
ปีการศึกษา 2552

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร อนุมัติให้ปริญญาโทฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่ง  
ของการศึกษาดำหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม

  
.....ที่ปรึกษาโครงการ  
(ผศ.ดร.ป้างรีย์ ทองสนิท)

  
.....กรรมการ  
(อาจารย์ อำพล เตโชวาณิชย์)

  
.....กรรมการ  
(อาจารย์ ชัยวัฒน์ ไพฑ์ทอง)

ชื่อหัวข้อโครงการงาน	การศึกษาฝุ่นตกบริเวณ โรงไฟฟ้าแม่เมาะ
ผู้ดำเนินโครงการงาน	นางสาวประภาพรธรรม ไชยภักดิ์ รหัส 49361072 นายกฤษฎา ศิวิลัย รหัส 49364820
ที่ปรึกษาโครงการงาน	ผศ.ดร.ปาจรีย์ ทองสนิท
สาขาวิชา	วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม
ภาควิชา	วิศวกรรมโยธา
ปีการศึกษา	2552

### บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ศึกษาความเข้มข้นฝุ่นตกและไอออนในฝุ่นตก บริเวณ โรงไฟฟ้าแม่เมาะ อำเภอแม่เมาะ จังหวัดลำปาง ตรวจวัดจำนวน 6 จุดของสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศ โรงไฟฟ้าแม่เมาะ ได้แก่ สถานีหลัก สถานีแม่จาง สถานีสบป่าด สถานีห้วยคิง สถานีศูนย์ราชการ สถานีหัวฝาย เก็บตัวอย่างทุก 30 วัน ด้วยอุปกรณ์เก็บฝุ่นตกโดยเก็บในช่วงเดือน ตุลาคม 2552 ถึง กุมภาพันธ์ 2553 และนำตัวอย่างไปวิเคราะห์หาไอออน 8 ชนิดในฝุ่นตก พบว่าความเข้มข้นฝุ่นตกบริเวณ โรงไฟฟ้าแม่เมาะมีค่าค่าสูงสุดที่สถานีหลัก 4.17 มิลลิกรัมต่อตารางเมตรต่อวัน และมีค่าสูงสุดที่สถานีหัวฝาย 128.23 มิลลิกรัมต่อตารางเมตรต่อวัน ซึ่งไม่เกินค่ามาตรฐานของฝุ่นตกในย่านอุตสาหกรรมกำหนดไว้ที่ 150-350 มิลลิกรัมต่อตารางเมตรต่อวัน ความเข้มข้นของไอออนในฝุ่นตกบริเวณ โรงไฟฟ้าแม่เมาะพบว่า  $Ca^{2+}$  มีความเข้มข้นสูงสุดที่สถานีหัวฝายเท่ากับ 488.26  $\mu eq/l$  รองลงมาคือ  $SO_4^{2-}$  ที่สถานีหลัก 174.63  $\mu eq/l$  และความเข้มข้นของไอออนในฝุ่นตกบริเวณ โรงไฟฟ้าแม่เมาะ เรียงลำดับจากมากไปน้อยคือ  $Ca^{2+} > SO_4^{2-} > Na^+ > NO_3^- > NH_4^+ > K^+ > Mg^{2+} > Cl^-$  ซึ่งค่าความเป็นกรดในพื้นที่โรงไฟฟ้าแม่เมาะเกิดจาก ไอออนซัลเฟตและไอออนไนเตรตเป็นหลัก โดยมีไอออนแคลเซียม โซเดียม และแอมโมเนียม ซึ่งมีความสามารถในการทำให้เป็นกลาง สามารถลดความเป็นกรดในน้ำฝนได้

**Project title** The study of dust fall in Mae Moh power plant area

**Name** Ms.Prapapan Chaiyaphak ID. 49361072  
Mr. Kitsada Sivilai ID. 49364820

**Project advisor** Asst.Prof.Dr.Pajaree Thongsanit

**Major** Environmental Engineering

**Department** Civil

**Academic year** 2009

.....

### Abstract

This research was studied of dust fall and ion concentrations in Mae Moh power plant, Mae Moh District, Lampang Province. Six sampling sites were set in Mae Moh power plant area, namely Main Station, Mae Chang, Sop Pat, Huai King, Government Center, Hua Fai. Samples using dust fall collection equipments were set every 30 days during October 2009 to February 2010. Eight types of ionic were analyzed in dust fall. The study found that the minimum level of dust fall at Main Station site was  $4.17 \text{ mg/m}^2\text{-d}$  and maximum value at Hua Fai site was  $128.23 \text{ mg/m}^2\text{-d}$ . The dust fall data were not exceed the standard level in industrial area  $150\text{-}350 \text{ mg/m}^2\text{-d}$ . The highest ionic value was calcium at Hua Fai site that value was  $488.26 \text{ }\mu\text{eq/l}$ . The top subordinate such as sulfate in Main Station site was  $174.63 \text{ }\mu\text{eq/l}$  and the study found that the high level to low of ionic data were  $\text{Ca}^{2+} > \text{SO}_4^{2-} > \text{Na}^+ > \text{NO}_3^- > \text{NH}_4^+ > \text{K}^+ > \text{Mg}^{2+} > \text{Cl}^-$  indicating that the acidity in Mae Moh area caused by sulphate and nitrate ion. With calcium ions sodium and ammonium which have the ability to make to reduce acidity in the rain.

## กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี เพราะได้รับความกรุณาจาก อาจารย์ ปาจรีย์ ทองสนิท ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาโครงการที่ให้คำชี้แนะ อธิบายขอบเขต รูปแบบ และเอกสารที่เป็นประโยชน์อย่างยิ่งในการทำโครงการ พร้อมทั้งคิดต่อการใช้เครื่องมืออุปกรณ์ ตลอดจนให้ข้อเสนอแนะในการแก้ไขปรับปรุง และติดตามประเมินผลมาโดยตลอด คณะผู้ดำเนินโครงการรู้สึกสำนึกในความกรุณาและขอบพระคุณอาจารย์เป็นอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้

ขอขอบพระคุณคณะอาจารย์ทุกท่าน และบิดามารดา ที่ให้การสนับสนุนและเป็นกำลังใจ แก่คณะผู้ดำเนินโครงการ

ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ประจำห้องปฏิบัติการสิ่งแวดล้อม นุศลากร เจ้าหน้าที่กองอาคารสถานที่ คณะวิศวกรรมศาสตร์ แผนกสิ่งแวดล้อม โรงไฟฟ้าแม่เมาะ ที่ได้ให้คำแนะนำ ความช่วยเหลือ และให้ข้อมูลที่เป็นประโยชน์ในการจัดทำโครงการวิเคราะห์ผู้สูดดม และเพื่อนวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมชั้นปี 4 ทุกคน ที่ให้ความช่วยเหลือในการทำโครงการนี้

คณะผู้ดำเนินโครงการทางวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม ขอขอบคุณผู้มีพระคุณทุกท่าน หากมีข้อบกพร่องในโครงการวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมฉบับนี้ คณะผู้ดำเนินโครงการยินดีรับฟังคำชี้แนะ และนำไปเป็นแนวทางในการจัดทำโครงการครั้งต่อไป

คณะผู้ดำเนินโครงการวิศวกรรม

นายกฤษฎา ศิวลิย์

นางสาวประภาพรณ ไชยภักดิ์

## สารบัญ

	หน้า
ใบรับรองปริญญาโท	ก
บทคัดย่อภาษาไทย	ข
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ค
กิตติกรรมประกาศ	ง
สารบัญ	จ
สารบัญตาราง	ช
สารบัญรูป	ซ
สารบัญสัญลักษณ์และอักษรย่อ	ณ
<b>บทที่ 1 บทนำ</b>	1
ความเป็นมาและความสำคัญของโครงการ	1
วัตถุประสงค์ของโครงการ	2
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
ขอบเขตการทำโครงการ	2
<b>บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง</b>	3
อนุภาคในอากาศ	3
ฝุ่นหนัก	12
การตกสะสมของฝุ่นจากบรรยากาศ	12
อ็อกโซนและสารประกอบอ็อกโซนิก	19
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	21

## สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 3 วิธีดำเนินโครงการ	24
พื้นที่ทำการทดลอง	24
วิธีดำเนินการทดลอง	32
แผนการดำเนินการทดลอง	33
การตรวจวัดความเข้มข้นในการคกสะสมของฝุ่น	34
บทที่ 4 ผลการทดลองและวิเคราะห์	41
ข้อมูลจุดนิมวิทยาในพื้นที่ศึกษา	41
ความเข้มข้นของฝุ่นตค	41
ผลการวิเคราะห์ทางเคมี	42
สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์	53
บทที่ 5 บทสรุปและข้อเสนอแนะ	54
สรุปผลการทดลอง	54
ข้อเสนอแนะ	55
เอกสารอ้างอิง	56
ภาคผนวก ก	60
ภาคผนวก ข	63
ภาคผนวก ค	69
ภาคผนวก ง	71
ภาคผนวก จ	74

## สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 ขนาดทั่วไปของอนุภาคมลสาร	3
2.2 ค่ามาตรฐานของฝุ่นละอองในบรรยากาศขององค์การอนามัยโลก และประเทศต่าง ๆ	9
2.3 มาตรฐานของฝุ่นตล หน่วย ( $\text{mgm}^{-3}$ )	10
2.4 มาตรฐานคุณภาพอากาศในบรรยากาศทั่วไป	11
2.5 มาตรฐานควบคุมการปล่อยทิ้งอากาศเสียจากโรงไฟฟ้าใหม่	11
2.6 ส่วนประกอบและแหล่งที่มาของฝุ่นละอองในอากาศ	14
3.1 จำนวนการเก็บตัวอย่างการตกสะสมของฝุ่น	33
3.2 พารามิเตอร์ในการวิเคราะห์ห้วงค์ประกอบทางเคมี	33
3.3 วันที่ทำการเก็บตัวอย่างฝุ่นตล	34
4.1 ความเข้มข้นของอิออนชนิดต่างๆ	52
4.2 สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Pearson correlation coefficient) ของอิออนชนิดต่างๆ	53
ข-1 รายงานข้อมูลคุณภาพนิยมหาวิทยาลัยประจำเดือน ตุลาคม 2552	64
ข-2 รายงานข้อมูลคุณภาพนิยมหาวิทยาลัยประจำเดือน พฤศจิกายน 2552	65
ข-3 รายงานข้อมูลคุณภาพนิยมหาวิทยาลัยประจำเดือน ธันวาคม 2552	66
ข-4 รายงานข้อมูลคุณภาพนิยมหาวิทยาลัยประจำเดือน มกราคม 2553	67
ข-5 รายงานข้อมูลคุณภาพนิยมหาวิทยาลัยประจำเดือน กุมภาพันธ์ 2553	68
ง-1 ความเข้มข้นของฝุ่นตลและการตกสะสมของอิออน	72
จ-1 ค่าพีเอช	75
จ-2 ค่าความเข้มข้นฝุ่นตล หน่วย มิลลิกรัมต่อตารางเมตรต่อวัน	75
จ-3 ค่าซัลเฟต หน่วย $\mu\text{eq/l}$	76
จ-4 ค่าไนเตรต หน่วย $\mu\text{eq/l}$	76
จ-5 ค่าคลอไรด์ หน่วย $\mu\text{eq/l}$	77
จ-6 ค่าแอมโมเนียม หน่วย $\mu\text{eq/l}$	77
จ-7 ค่าโซเดียม หน่วย $\mu\text{eq/l}$	78
จ-8 ค่าโพแทสเซียม หน่วย $\mu\text{eq/l}$	78
จ-9 ค่าแคลเซียม หน่วย $\mu\text{eq/l}$	79
จ-10 ค่าแมกนีเซียม หน่วย $\mu\text{eq/l}$	79



## สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 อุปกรณ์วัดฝุ่นตก	15
2.2 รูปแบบการเกิดของการตกสะสมของกรด	18
3.1 แผนที่บริเวณรอบโรงไฟฟ้าแม่เมาะ อ.แม่เมาะ จ.ลำปาง	24
3.2 แผนที่อำเภอแม่เมาะ	25
3.3 จุดเก็บตัวอย่าง จุดที่ 1 สถานีหลัก	26
3.4 จุดเก็บตัวอย่าง จุดที่ 2 สถานีหัวฝาย	27
3.5 จุดเก็บตัวอย่าง จุดที่ 3 สถานีสบป่าด	28
3.6 จุดเก็บตัวอย่าง จุดที่ 4 สถานีศูนย์ราชการ	29
3.7 จุดเก็บตัวอย่าง จุดที่ 5 สถานีหัวขึง	30
3.8 จุดเก็บตัวอย่าง จุดที่ 6 สถานีแม่จาง	31
3.9 เครื่องมือเก็บตัวอย่างการตกสะสมของฝุ่นชนิด Dust Fall Jar	34
3.10 เครื่องชั่งไฟฟ้าอย่างละเอียดชนิดยิม 5 ตำแหน่ง	35
3.11 ตู้ดูดความชื้น (Desiccator Cabinet)	36
3.12 อ่างควบคุมอุณหภูมิ (Water Bath)	36
3.13 เครื่องวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง	39
3.14 เครื่องวัดความเข้มข้นของไอออน (Ion Chromatograph)	40
4.1 ความเข้มข้นของฝุ่นตกบริเวณรอบโรงไฟฟ้าแม่เมาะ	42
4.2 ค่าความเป็นกรด-ด่างของตัวอย่างแต่ละจุด	43
4.3 ความเข้มข้นของการตกสะสมของไอออนซัลเฟตบริเวณรอบโรงไฟฟ้าแม่เมาะ	44
4.4 ความเข้มข้นของการตกสะสมของไอออนไนเตรตบริเวณรอบโรงไฟฟ้าแม่เมาะ	45
4.5 ความเข้มข้นของการตกสะสมของไอออนคลอไรด์บริเวณรอบโรงไฟฟ้าแม่เมาะ	46
4.6 ความเข้มข้นของการตกสะสมของไอออนแอมโมเนียมบริเวณรอบโรงไฟฟ้าแม่เมาะ	47
4.7 ความเข้มข้นของการตกสะสมของไอออนโซเดียมบริเวณรอบโรงไฟฟ้าแม่เมาะ	48
4.8 ความเข้มข้นของการตกสะสมของไอออนโพแทสเซียมบริเวณรอบโรงไฟฟ้าแม่เมาะ	49
4.9 ความเข้มข้นของการตกสะสมของไอออนแคลเซียมบริเวณรอบโรงไฟฟ้าแม่เมาะ	50
4.10 ความเข้มข้นของการตกสะสมของไอออนแมกนีเซียมบริเวณรอบโรงไฟฟ้าแม่เมาะ	51

## สารบัญญัติสัญลักษณ์และอักษรย่อ

pH	=	power of hydrogen ion concentration
mg/m <sup>2</sup> -d	=	มิลลิกรัมต่อตารางเมตรต่อวัน
mg/l	=	มิลลิกรัมต่อลิตร
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	=	ซัลเฟต
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	=	ไนเตรด
Cl <sup>-</sup>	=	คลอไรด์
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	=	แอมโมเนียม
Na <sup>+</sup>	=	โซเดียม
K <sup>+</sup>	=	โพแทสเซียม
Ca <sup>2+</sup>	=	แคลเซียม



# บทที่ 1

## บทนำ

### ที่มาและความสำคัญของปัญหา

ปัจจุบันมีปัญหาเรื่องภาวะโลกร้อน ซึ่งเกิดจาก ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ มีเทน และออกไซด์ของก๊าซไนโตรเจน โรงไฟฟ้า เป็นแหล่งกำเนิดมลพิษทางอากาศหลักแหล่งหนึ่งที่สำคัญที่ก่อให้เกิดมลพิษทางอากาศคือ คาร์บอนไดออกไซด์ ( $\text{CO}_2$ ) ก๊าซไนโตรเจนออกไซด์ ( $\text{NO}_x$ ) และ ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ( $\text{SO}_2$ )

ฝนกรด และสารกรด เกิดขึ้นเพราะก๊าซออกไซด์ของซัลเฟอร์ ( $\text{SO}_2$ ) และออกไซด์ของไนโตรเจน ( $\text{NO}_x$ ) ถูกเปลี่ยนไปเป็นกรดซัลฟูริกและกรดไนตริกแล้วรวมตัวกับเมฆ ต่อมากลายเป็นฝนตกสู่พื้นดิน เป็นฝนกรด แต่แม้จะไม่มีฝน ก๊าซออกไซด์ของซัลเฟอร์ ก๊าซออกไซด์ของไนโตรเจน และอนุภาคละอองซัลเฟตและไนเตรทก็ตกลงบนพื้นดินหรือพื้นโลกได้ กรดที่แขวนลอยในบรรยากาศจะถูกพัดพาไปโดยลมและตกสะสมบนผิวดิน ต้นไม้ สิ่งก่อสร้าง รวมถึงการเข้าสู่ระบบทางเดินหายใจของมนุษย์ด้วย

โรงไฟฟ้าแม่เมาะ ตั้งอยู่ที่อำเภอแม่เมาะ มีหน่วยผลิตกระแสไฟฟ้า 13 หน่วย มีกำลังผลิตทั้งหมด 2625 เมกะวัตต์ และใช้ถ่านหินลิกไนต์ที่มีกำมะถันสูงเฉลี่ยร้อยละ 3 โดยน้ำหนัก ในการผลิตกระแสไฟฟ้าโดยหากไม่มีการควบคุมใดๆ โรงไฟฟ้าจะมีการปล่อยก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์สูงถึง 150 ตัน/ชั่วโมง โรงไฟฟ้าแม่เมาะติดตั้งระบบกำจัดก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ที่เรียกว่า Flue Gas Desulphurization หรือ FGD ใช้เงินลงทุนทั้งหมดมากกว่า 6 ล้านบาทซึ่งสามารถลดการปล่อยของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ได้ถึงร้อยละ 90 (การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย, 2541)

จึงมีความสนใจในการศึกษาความเข้มข้นและอิออน ในการตกสะสมของฝุ่นตก เพื่อทราบถึงการตกสะสมของสารที่ก่อให้เกิดกรดในบริเวณรอบโรงไฟฟ้าแม่เมาะ

### วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาความเข้มข้นของฝุ่นตก บริเวณรอบโรงไฟฟ้าแม่เมาะ
2. เพื่อศึกษาความเข้มข้นของโอโซนในของฝุ่นตก บริเวณรอบโรงไฟฟ้าแม่เมาะ

### ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ทราบความเข้มข้นของฝุ่นตก บริเวณรอบโรงไฟฟ้าแม่เมาะ
2. ทราบความเข้มข้นของโอโซนในฝุ่นตก บริเวณรอบโรงไฟฟ้าแม่เมาะ
3. เป็นข้อมูลพื้นฐานเพื่อแสดงสภาพปัญหา ตลอดจนศักยภาพและความสามารถในการรองรับการเกิดฝุ่นในสิ่งแวดล้อมในพื้นที่ศึกษา
4. สามารถนำข้อมูลจากการศึกษา ไปเปรียบเทียบกับพื้นที่ที่ได้รับผลกระทบ เพื่อศึกษาแนวโน้มของผลกระทบในอนาคตต่อไป

### ขอบเขตของโครงการวิจัย

1. พื้นที่ศึกษารอบโรงไฟฟ้าแม่เมาะ อ.แม่เมาะ จ.ลำปาง จำนวน 6 จุด
  - สถานีหลัก
  - สถานีหัวฝาย
  - สถานีสบป่าค
  - สถานีศูนย์ราชการ
  - สถานีหัวคิง
  - สถานีแม่จาง
2. ศึกษาความเข้มข้นของฝุ่นตก, ความเป็นกรด-ด่าง
3. ศึกษาความเข้มข้นของโอโซนในฝุ่นตก บริเวณรอบโรงไฟฟ้าแม่เมาะ
4. ช่วงเวลาทำการศึกษา ตุลาคม พ.ศ. 2552 ถึง กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2553

## บทที่ 2

### ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

#### ทฤษฎี

##### อนุภาคในอากาศ

อากาศมลสารประกอบด้วยอนุภาคของแข็งและ/หรือของเหลว ซึ่งประกอบด้วยสารที่แตกต่างกันมากมาย แต่ละอนุภาคจะมีสารประกอบเคมีที่แตกต่างกัน และอาจแตกต่างกันในเรื่องของขนาด รูปร่าง อนุภาคมลสารมีแหล่งกำเนิดจากกระบวนการเผาไหม้ กิจกรรมในโรงงานอุตสาหกรรม และแหล่งกำเนิดตามธรรมชาติ ส่วนประกอบของอนุภาคที่แขวนลอยอยู่ในอากาศจะแตกต่างกันตามเวลาและสถานที่ที่เกิด แหล่งกำเนิดที่สำคัญของอนุภาคมลสารมาจากยานพาหนะ อุตสาหกรรม ขยะ เถ้า ภูเขาไฟ ไฟป่า และรวมถึงละอองเกสรดอกไม้

อนุภาคมลสารในอากาศมีขนาดตั้งแต่ 0.001 ถึง 500 ไมครอน ซึ่งขนาดที่พบมากในบรรยากาศจะอยู่ในช่วง 0.1-10 ไมครอน ซึ่งเป็นอนุภาคมลสารแขวนลอย (Suspended particulate matter) สารแขวนลอยอยู่ในบรรยากาศและมีแนวโน้มที่จะแขวนลอยอยู่ในอากาศได้นานเป็นชั่วโมงหรือวัน อนุภาคที่มีขนาดเล็กกว่า 0.1 ไมครอน จะมีขนาดใกล้เคียงกับโมเลกุลอนุภาคที่มีขนาดใหญ่กว่า 1 ไมครอน แต่เล็กกว่า 20 ไมครอน จะเคลื่อนที่ไปกับก๊าซที่มันแขวนลอยอยู่ ส่วนอนุภาคที่มีขนาดใหญ่กว่า 20 ไมครอน จะมีอัตราเร็วในการตกตะกอนสูง ดังนั้น จึงแขวนลอยอยู่ในบรรยากาศได้ไม่นาน ขนาดอนุภาคมลสารต่างๆแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 2.1 ขนาดทั่วไปของอนุภาคมลสาร

สาร	ขนาดใหญ่สุด (ไมครอน)	ขนาดเล็กสุด (ไมครอน)
ละอองน้ำ	500	40
ผงถ่านหิน	250	25
ฝุ่น	200	20
ฝุ่น โรงถลุงเหล็ก	200	1
ผงซีเมนต์	150	10
ขี้เถ้า	110	3

ตารางที่ 2.1 ขนาดทั่วไปของอนุภาคมลสาร (ต่อ)

สาร	ขนาดใหญ่สุด (ไมครอน)	ขนาดเล็กสุด (ไมครอน)
เกสรดอกไม้	60	20
หมอก	40	1.5
สปอร์ดินไม้	30	10
แบคทีเรีย	15	1
ซากกำจัดแมลงแบบผง	10	0.4
สีฟัน	4	0.1
สมีอก	2	0.001
ควันบุหรี่	1	0.01
ควันน้ำมัน	1	0.03
ควันซิงค์ออกไซด์	0.3	0.01
ควันถ่านหิน	0.2	0.01
ไวรัส	0.05	0.003

### 1. ชนิดของฝุ่นละออง

ชนิดของฝุ่นละอองสามารถแบ่งตามองค์ประกอบ แหล่งที่กำเนิด และขนาดได้ดังนี้

#### 1.1 แบ่งตามองค์ประกอบทางเคมี

1.1.1 ฝุ่นละอองจากสารอินทรีย์ (Organic dust) มีองค์ประกอบของคาร์บอน

ไฮโดรเจน และออกซิเจน แบ่งเป็น

1.1.1.1 ฝุ่นละอองจากสารอินทรีย์ที่ไม่มีชีวิต เช่น ละอองเกสรของพืช หรือหญ้าทำให้เกิดอาการแพ้พิษได้

1.1.1.2 ฝุ่นละอองจากสารอินทรีย์ที่มีชีวิต เช่น แบคทีเรีย เชื้อรา เป็นต้น ทำให้เกิดโรคบาดทะยัก กอติบ วัณโรค โทฟอยด์ ได้

1.1.2 ฝุ่นละอองจากสารอนินทรีย์ (Inorganic dust) มีองค์ประกอบต่างๆ เช่น  $SO_2$ ,  $NO$ ,  $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$ ,  $K^+$ ,  $Na^+$ ,  $Cl^-$ ,  $Br^-$  หรือประกอบด้วยโลหะหนัก เช่น ตะกั่ว แคดเมียม แอสเบสทอส เมื่อร่างกายได้รับฝุ่นนี้เข้าไปและสะสมในร่างกายทำให้เกิดอันตรายอย่างร้ายแรง

## 1.2 แบ่งตามแหล่งกำเนิด

อนุภาคฝุ่นละอองที่แขวนลอยฟุ้งกระจายอยู่ในบรรยากาศทั่วไปนั้นอาจเกิดได้จากแหล่งกำเนิดโดยตรงแล้วแพร่กระจายสู่บรรยากาศจากแหล่งกำเนิดนั้น หรือเกิดจากปฏิกิริยาต่างๆ ในบรรยากาศ เช่น การรวมตัวด้วยปฏิกิริยาทางฟิสิกส์ หรือปฏิกิริยาทางเคมี หรือปฏิกิริยาเคมีแสง (Photochemical reaction) ทำให้เกิดเป็นอนุภาคขึ้นและแพร่กระจายเข้าสู่ภายในอาคารที่อยู่ในบริเวณแหล่งกำเนิดนั้นด้วยซึ่งการแบ่งตามแหล่งกำเนิดอนุภาคฝุ่นละอองแบ่งได้เป็น 2 ประเภท ดังนี้

### 1.2.1 อนุภาคที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติ (Natural Particle)

เกิดจากกระแสลมที่พัดผ่านตามธรรมชาติ ทำให้เกิดฝุ่น เช่น ดิน ทราย ละอองน้ำ เขม่าควัน จากไฟฟ้า ฝุ่นเกลือจากทะเล ภูเขาไฟ ฯลฯ และเกิดจากปฏิกิริยาโฟโตเคมีคอลของก๊าซ (Photochemical gas reactions) ซึ่งเกิดระหว่างก๊าซโอโซนในธรรมชาติ และสารไฮโดรคาร์บอน เป็นผลทำให้เกิดอนุภาคที่มีขนาดเล็กซึ่งมีรัศมีน้อยกว่า 0.2 ไมครอน

### 1.2.2 ฝุ่นละอองที่เกิดจากกิจกรรมของมนุษย์ (Anthropogenic particle) แบ่งได้หลายประเภท ดังนี้

1.2.2.1 การคมนาคมขนส่ง ซึ่งเกิดจากการเผาไหม้น้ำมันเชื้อเพลิงจากยานพาหนะหรือรถประเภทต่างๆ เช่น เครื่องยนต์ดีเซลจะปล่อยควันดำ ซึ่งเป็นอนุภาคของคาร์บอนจำนวนมากที่เกิดจากการสันดาปที่ไม่สมบูรณ์ของน้ำมันดีเซล หรือการปล่อยควันขาวซึ่งเป็นละอองไอน้ำของน้ำมันหล่อลื่น เป็นต้น นอกจากนี้การขนส่งหิน ดินทราย ซีเมนต์ หรือวัตถุอื่นๆ ที่ไม่ได้คลุมด้วยผ้าใบ หรือถนนสกปรกทำให้เกิดฝุ่นละอองติดอยู่ที่ล้อ หรือถนน ซึ่งขณะรถแล่นจะทำให้เกิดการกระจายตัวของฝุ่นละอองอยู่ในอากาศ

1.2.2.2 การก่อสร้าง การก่อสร้างหลายชนิดมักมีการเปิดหน้าดินก่อนการก่อสร้าง ซึ่งทำให้เกิดฝุ่นได้ง่าย เช่น อาคารสิ่งก่อสร้าง การปรับปรุงสาธารณูปโภค การก่อสร้างอาคารสูงทำให้ฝุ่นปูนซีเมนต์ถูกลมพัดออกจากอาคารหรือการรื้อถอนทำลายอาคารหรือสิ่งก่อสร้าง เป็นต้น

1.2.2.3 โรงงานอุตสาหกรรม การเผาไหม้เชื้อเพลิง เช่น น้ำมันเตา ถ่านหิน หิน แกลบ เพื่อนำพลังงานไปใช้ในกระบวนการผลิต ทำให้เกิดฝุ่นละออง เช่น ขี้เถ้าบิน (Coal fly ash) จากโรงไฟฟ้า กระบวนการผลิตที่มีฝุ่นออกมา เช่น การไม่หิน การผลิตปูนซีเมนต์ นอกจากนี้ในอุตสาหกรรมที่มีการปลดปล่อยออกไซด์ของไนโตรเจน และไฮโดรคาร์บอนออกสู่บรรยากาศ ยังสามารถทำให้เกิดอนุภาคฝุ่นละอองในอากาศได้จากการเกิดปฏิกิริยาโฟโตเคมีคอลระหว่างออกไซด์ของไนโตรเจนและไฮโดรคาร์บอน ซึ่งเรียกว่า Smog reaction ได้ อนุภาคที่มีรัศมีขนาดเล็กกว่า 0.2 ไมครอน

1.2.2.4 การเผาไหม้ในวัสดุในที่โล่งแจ้ง ได้แก่การเผาขยะมูลฝอยหรือวัสดุต่างๆจะเกิดเขม่าขึ้นเป็นจำนวนมากที่กระจายไปในอากาศและลอยไปตามกระแสลมปกคลุมพื้นที่กว้าง ฝุ่นละอองที่เกิดจากแหล่งกำเนิดชนิดต่างๆจะถูกปลดปล่อยออกสู่อากาศ แล้วอาจแขวนลอยอยู่ในบรรยากาศหรือถูกพัดพาไปโดยการพัดพาของอากาศและกระแสลม ฝุ่นละอองที่มีขนาดใหญ่ น้ำหนักมากจะแขวนลอยในบรรยากาศได้ไม่นานก็ตกกลับด้วยแรงโน้มถ่วงของโลก เรียกว่า การตกกลับแบบแห้ง (Dry deposition) ส่วนฝุ่นละอองที่มีขนาดเล็กเส้นผ่านศูนย์กลางน้อยกว่า 10 ไมครอน จะแขวนลอยในบรรยากาศได้นานกว่า ฝุ่นละอองที่มีขนาดเล็กนี้สามารถตกกลับแบบเปียก (Wet deposition) ได้ 2 รูปแบบ คือ อนุภาคฝุ่นจะเข้าไปเป็นแกนกลางให้น้ำเกาะรวมตัวอยู่ในเมฆ เรียกว่า Rain out และการตกกลับโดยฝนตกชะเอาอนุภาคฝุ่นในบรรยากาศลงมา เรียกว่า Wash out

### 1.3 แบ่งตามขนาดของอนุภาค

ซึ่ง U.S. EPA (The united state of America environmental protection agency, 1992a)

กำหนดขนาดฝุ่นละออง 2 ขนาดคือ

- 1.3.1 ฝุ่นละอองที่มีขนาดเล็ก (Fine particulate matter) กำหนดขนาดไว้ว่ามีเส้นผ่านศูนย์กลางน้อยกว่า 2.5 ไมครอน
- 1.3.2 ฝุ่นละอองที่มีขนาดใหญ่ (Coarse particulate matter) กำหนดขนาดไว้ว่ามีเส้นผ่านศูนย์กลางใหญ่กว่า 2.5 ไมครอน

## 2. ผลกระทบของอนุภาคฝุ่นละอองในบรรยากาศ

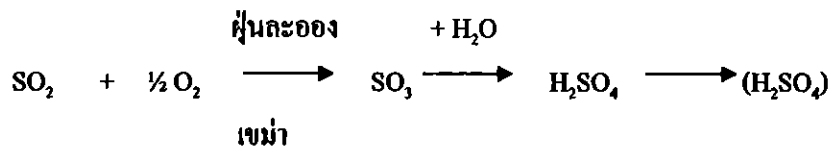
### 2.1 ผลกระทบต่อบรรยากาศทั่วไป

เนื่องจากอนุภาคของฝุ่นละอองที่แขวนลอยในบรรยากาศมีทั้งที่เป็นของแข็งและของเหลว ซึ่งสามารถดูดซับและหักเหได้ จึงทำให้ลดความสามารถในการมองเห็น (Visibility) ทำให้ทัศนวิสัยในการมองเห็นไม่ดี ซึ่งถ้ามีปริมาณอนุภาคฝุ่นละอองแขวนลอยในบรรยากาศมากจนกลายเป็นหมอกอาจรบกวนการมองเห็นมากจนอาจทำให้เกิดอันตรายในการสัญจรได้

ประเทศสหรัฐอเมริกาได้มีการศึกษาผลกระทบของอนุภาคฝุ่นละอองต่อความสามารถในการมองเห็น พบว่าช่วงของการมองเห็นลดลงถึง 70 เปอร์เซ็นต์จากสภาวะเดิมทางด้านทิศตะวันตกของสหรัฐอเมริกาสามารถมองเห็นได้ในระยะทางเพียง 14-24 ไมล์ ซึ่งจากเดิมมองเห็นได้ในระยะทางเพียง 33-90 ไมล์ ซึ่งจากเดิมคือ 140 ไมล์ สำหรับในกรุงเทพมหานครและปริมณฑล การมองเห็นเริ่มลดลงซึ่งสังเกตได้จากสภาพเหมือนหมอกและควันปกคลุมหนาแน่นมากขึ้นในช่วง 2-3 ปีที่ผ่านมา โดยเฉพาะในช่วงเช้าตรู่ของบางวันในฤดูหนาว



นอกจากนี้ฝุ่นละอองยังเข้าไปมีส่วนทำให้เกิดการเร่งปฏิกิริยาและทำให้เกิดมลภาวะในอากาศรุนแรงขึ้น โดยเฉพาะเกิดร่วมกับซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในอากาศ เช่น



ที่มา : นัทธีรา ธรรมณี (2541)

ซึ่งจะได้กรดซัลฟูริกมีอันตรายนแรงต่อระบบทางเดินหายใจ และสิ่งแวดล้อม ดังกรณีตัวอย่างการเกิดมลพิษทางอากาศที่สำคัญ คือ โฟโตเคมีคัลสม็อก (Photochemical smog) และไฮโดรเจนซัลไฟด์ ( $\text{H}_2\text{S}$ ) ก็สามารเกิดปฏิกิริยากับโอโซนให้ก๊าซซัลเฟอร์ออกมาได้อีก ถ้ามีอนุภาคในบรรยากาศช่วย และปฏิกิริยาที่จะยังเกิดเร็วขึ้นถ้ามีอนุภาคในบรรยากาศมาก

## 2.2 ผลกระทบต่อวัตถุและสิ่งก่อสร้าง

อนุภาคฝุ่นละอองแขวนลอยในบรรยากาศที่ตกกลับตามแรงดึงดูดของโลก แล้วเกาะติดวัตถุและสิ่งก่อสร้างต่าง ๆ ทำให้เกิดเป็นความสกปรกเลอะเทอะ นอกจากนี้อนุภาคฝุ่นละอองแขวนลอยยังมีคุณสมบัติในการดูดซับ โลหะ สารอินทรีย์ และสารอนินทรีย์ ไว้ที่พื้นผิวของอนุภาคหรือจากชนิดของอนุภาคฝุ่นละอองเองที่เป็นชนิดที่มีสภาพเป็นกรดหรือมีองค์ประกอบทางเคมีที่เป็นอันตราย เมื่อเกาะติดวัตถุหรือสิ่งก่อสร้างจึงสามารถทำอันตรายต่อสิ่งต่าง ๆ เหล่านี้ได้ เช่น ทำให้เกิดการสึกกร่อนของวัสดุที่ทำจากโลหะ การทำลายผิวหนังของสิ่งก่อสร้าง เช่นการเสื่อมสภาพของผลงานทางศิลปะ เป็นต้น

## 2.3 ผลกระทบต่อพืช

อนุภาคฝุ่นละอองในบรรยากาศสามารถตกลงมาสู่พืช แล้วจับเกาะกรังบนส่วนต่าง ๆ ของพืชโดยเฉพาะใบซึ่งเป็นส่วนที่มีพื้นผิวมาก และรับการตกลงมาเกาะของอนุภาคฝุ่นละอองได้ดี ดังนั้นจึงไปขัดขวางการหายใจของพืช ทำให้พืชหายใจได้อย่างจำกัด เป็นผลให้ประสิทธิภาพการสังเคราะห์แสงลดลง อนุภาคฝุ่นละอองที่ปิดปากใบยังทำให้เกิดการสะสมความร้อนไว้ภายในมากขึ้นจึงมีส่วนเร่งรัดหรือขัดขวางการเจริญเติบโตของพืชได้ และถ้าฝุ่นละอองนั้นมีสารพิษปะปนอยู่ เช่น โลหะหนัก หรือปูนซีเมนต์ ทำให้พืชจะได้รับพิษเพิ่มจากสารต่าง ๆ นั้นอีกด้วย

#### 2.4 ผลกระทบต่อสุขภาพมนุษย์

ฝุ่นละอองนอกจากจะลดความสามารถในการมองเห็น ทำให้เกิดความสกปรก และสร้างความเคืองระคายเคืองแล้ว จากการศึกษาพบว่าฝุ่นละอองสามารถทำให้เสียชีวิตก่อนเวลาอันสมควร ทำให้เกิดโรคในระบบทางเดินหายใจ และโรคในระบบหัวใจและหลอดเลือด ซึ่งมีการยืนยันจากการศึกษาของวิทยาลัยการสาธารณสุข จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย พบว่าเด็กนักเรียนที่อาศัยอยู่บริเวณที่มีฝุ่นละอองสูง ( $PM_{10} > 100$  ไมโครกรัม/ลูกบาศก์เมตร) จะมีอัตราการป่วยด้วยโรคในระบบทางเดินหายใจสูงกว่าเด็กที่อาศัยอยู่บริเวณที่มีฝุ่นละอองต่ำ ( $PM_{10} < 50$  ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร) และยังพบว่าระดับความรุนแรงของอาการป่วยจะเปลี่ยนแปลงตามระดับของฝุ่นละออง

นอกจากนี้ยังพบว่า อัตราการเข้ารับการรักษาตัวในโรงพยาบาลด้วยโรคในระบบทางเดินหายใจ และโรคหัวใจ และหลอดเลือดจะสูงขึ้นเมื่อระดับฝุ่นขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอนสูงขึ้น ในสภาพที่ไม่ใช้เครื่องปรับอากาศ และมีระดับฝุ่นละอองต่างกันมากๆ (180 ไมโครกรัม/ลูกบาศก์เมตร) ผู้ที่อาศัยอยู่ในสิ่งแวดล้อมที่มีฝุ่นละอองสูงจะมีโอกาสป่วยเป็นโรคในระบบทางเดินหายใจเฉียบพลันได้สูงเป็นสองเท่าของคนที่อยู่ในสิ่งแวดล้อมที่มีฝุ่นละอองต่ำ มีการประมาณว่าในแต่ละปีอาจจะมีผู้ที่เสียชีวิตก่อนวัยอันสมควร ประมาณ 4,000 ถึง 5,500 คน เนื่องจากฝุ่นละอองเป็นสาเหตุซึ่งฝุ่นละอองสามารถจะเข้ามาในร่างกายและจะตกค้างในร่างกายได้หลายวิธีดังต่อไปนี้

### 3. มาตรฐานคุณภาพอากาศ

เป็นการกำหนดระดับความเข้มข้นของฝุ่นละอองในบรรยากาศสูงสุดซึ่งยินยอมให้มีได้ในบรรยากาศตามกฎหมาย เพื่อป้องกันมิให้เกิดอันตรายต่อประชาชนหรือระบบนิเวศน์ ซึ่งประเทศไทยได้จัดทำมาตรฐานคุณภาพอากาศในบรรยากาศตั้งแต่ปี พ.ศ. 2524 ตาม พระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมปี พ.ศ. 2518 ซึ่งได้มีการกำหนดค่าความเข้มข้นฝุ่นละออง (Total Suspended particulates) ในบรรยากาศค่าเฉลี่ยในเวลา 24 ชั่วโมง มีค่าไม่เกิน 0.33 มิลลิกรัม/ลูกบาศก์เมตร และค่าเฉลี่ย 1 ปีมีค่าไม่เกิน 0.1 มิลลิกรัม/ลูกบาศก์เมตร ซึ่งเป็นค่าเฉลี่ยทางเรขาคณิต (Geometric mean) โดยใช้วิธีวัดแบบการชั่งน้ำหนัก (Gravimetric method)

ต่อมาได้มีการจัดทำมาตรฐานคุณภาพอากาศในบรรยากาศขึ้นใหม่ในปี พ.ศ. 2538 ตามพระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมปี พ.ศ. 2535 โดยกรมควบคุมมลพิษ สำนักนโยบายและแผนสิ่งแวดล้อม กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม ได้มีการกำหนดค่าความเข้มข้นของฝุ่นละอองในบรรยากาศ โดยใช้วิธีวัดแบบ Gravimetric-High Volume ได้แบ่งออกเป็น 2 ขนาด คือ

1. ฝุ่นรวม (TSP) มีค่าความเข้มข้นมาตรฐานในบรรยากาศเฉลี่ย 24 ชั่วโมง ไม่เกิน 0.33 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร และ ค่าเฉลี่ยใน 1 ปี มีค่าไม่เกิน 0.1 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร

2. ฝุ่นขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน (PM10) กำหนดให้มีค่าความเข้มข้นใน  
บรรยากาศ เฉลี่ย 24 ชั่วโมง ไม่เกิน 0.12 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร และค่าเฉลี่ยในเวลา 1 ปี มีค่า  
ไม่เกิน 0.05 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร

ตารางที่ 2.2 ค่ามาตรฐานของฝุ่นละอองในบรรยากาศขององค์การอนามัยโลก และประเทศต่าง ๆ

Standard	Measurement Method	Time-Weighted average ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )			Guidelines and standards with other averaging time ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
		8 hours	24 hours	1 year	
WHO	TSP		120		
	TSP		150-230	60-90	
	TSP		70		
Argentina	TSP				150 (1 month)
	TSP		240	80	
	TSP		150	60	
Sao Paulo	PM10		150	50	
	TSP		375		
	TSP		625		
China	TSP		875		
	TSP		150		
	TSP	420	300		
India	TSP	680	500		
	TSP	100	70		
	TSP	200	140		
Indonesia	TSP	500	360		
	TSP		260		
Japan	PM10		100		200 (1 hour)
Korea	TSP		300	150	
Mexico	TSP		275		
Philippines	TSP		180		250 (1hour)
Russia	TSP		150		
Thailand	TSP		330	100	
	PM10		120	50	
USA	PM10		150	50	
	PM10		50	30	

ที่มา : กรมอนามัย (2542)

ตารางที่ 2.3 แสดงมาตรฐานของฝุ่นตก หน่วย ( $\text{mgm}^{-2}\text{d}^{-1}$ )

Examples of dust deposition stands outside the U.K. (as $\text{mgm}^{-2}\text{d}^{-1}$ )			
Argentina	Annual average	333	
Australia (W. Australia)	Loss of amenity perceived	133	
	Unacceptable reduction in air quality	333	
Canada	Alberta	Annual average	180
	Manitoba	Annual average	153
		(Maximum acceptable)	266
		(Maximum desirable)	200
	Newfoundland	Annual average	153
		Monthly average	233
	Ontario	Annual average	170
		Monthly average	200
Finland	Annual average	333	
Germany	Long-term average	350 <sup>2</sup>	
	Short-term average	650 <sup>2</sup>	
Spain	Annual average	200	
U.S.A.	Kentucky	Annual average	196
	Louisiana	Annual average	262
	Maryland	Annual average	183
	Mississippi	Monthly average (above background)	175
	Montana	Annual average (residential areas)	196
	New York	Daringly 12 months no more than	
		5% of 30 d values to exceed	100
		And 84% to be below	130
	North Dakota	3 monthly average	196
	Pennsylvania	Annual average	267
		Monthly average	500
	Washington	Annual average	183
Wyoming	Monthly average	170	
Combined weight of dissolved and undissolved deposits.			

ตารางที่ 2.4 มาตรฐานคุณภาพอากาศในบรรยากาศทั่วไป

มาตรฐานคุณภาพอากาศในบรรยากาศทั่วไป		
สารมลพิษ	ค่าเฉลี่ยความเข้มข้นในเวลา	ค่ามาตรฐาน
1. ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO)	1 ชม.	ไม่เกิน 30 ppm. (34.2มก./ลบ.ม.)
	8 ชม.	ไม่เกิน 9 ppm. (10.26 มก./ลบ.ม.)
2. ก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ (NO <sub>2</sub> )	1 ชม.	ไม่เกิน 0.17 ppm. (0.32 มก./ลบ.ม.)
	1 ปี	ไม่เกิน 0.03 ppm. (0.057 มก./ลบ.ม.)
3. ก๊าซโอโซน (O <sub>3</sub> )	1 ชม.	ไม่เกิน 0.10 ppm. (0.20 มก./ลบ.ม.)
	8 ชม.	ไม่เกิน 0.07 ppm. (0.14 มก./ลบ.ม.)
4. ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO <sub>2</sub> )	1 ปี	ไม่เกิน 0.04 ppm. (0.10 มก./ลบ.ม.)
	24 ชม.	ไม่เกิน 0.12 ppm.(0.30 มก./ลบ.ม.)
	1 ชม.	ไม่เกิน 0.3 ppm.(780 มก./ลบ.ม.)
5. ตะกั่ว (Pb)	1 เดือน	ไม่เกิน 1.5 มก./ลบ.ม
6. ฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน	24 ชม.	ไม่เกิน 0.12 มก./ลบ.ม
	1 ปี	ไม่เกิน 0.05 มก./ลบ.ม
7. ฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 100 ไมครอน	24 ชม.	ไม่เกิน 0.33 มก./ลบ.ม.
	1 ปี	ไม่เกิน 0.10 มก./ลบ.ม.

ที่มา : กรมควบคุมมลพิษ

ตารางที่ 2.5 มาตรฐานควบคุมการปล่อยทิ้งอากาศเสียจากโรงไฟฟ้าใหม่

ประเภทของสารมลพิษทางอากาศ	ค่ามาตรฐานการระบายสาร *มลพิษ			วิธีการตรวจวัด
	ด้านพื้น	น้ำฝน	ก๊าซ	
ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (ส่วนในล้านส่วน)				USEPA Method 6,8 / วิธีอื่นที่กรมควบคุมมลพิษเห็นชอบ
- โรงไฟฟ้าขนาด มากกว่า 500 เมกกะวัตต์	320	320	20	
- โรงไฟฟ้าขนาด 300 - 500 เมกกะวัตต์	450	450	20	
- โรงไฟฟ้าขนาด ต่ำกว่า 300 เมกกะวัตต์	640	640	20	
ก๊าซออกไซด์ของไนโตรเจนในรูปก๊าซ ไนโตรเจนไดออกไซด์ (ส่วนในล้านส่วน)	350	180	120	USEPA Method 7 / วิธีอื่นที่กรมควบคุมมลพิษเห็นชอบ
ฝุ่นละออง (มิกโรกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)	120	120	60	USEPA Method 5 / วิธีอื่นที่กรมควบคุมมลพิษเห็นชอบ

ที่มา : กรมควบคุมมลพิษ

## ฝุ่นหนัก

วัดโดยใช้ภาชนะไม่มีฝาบนตั้งอยู่บนขาตั้งบริเวณที่มีการวัดความเข้มข้นของฝุ่น การออกแบบมีลักษณะเฉพาะของภาชนะแตกต่างกันในแต่ละประเทศ มาตรฐาน ASTM กำหนดให้ใช้กระบอกซึ่งมีก้านตั้งตั้งและก้นกระบอกแบนราบ และมีขนาดที่กำหนดไว้ มาตรฐานอังกฤษ กำหนดให้มีตะขอยกกัน กรวยและขวดพร้อมด้วยขาตั้งตั้งแสดงใน มาตรฐานออสเตรเลียกำหนดให้เพียงกรวยแก้วขนาด 15 เซนติเมตร ติดกับปากขวดแก้วขนาด 4.5 ลิตร ซึ่งตั้งอยู่ในกระป๋องบนขาตั้งอย่างง่าย

โดยปกติเราเติมน้ำในภาชนะดังกล่าวเพื่อเก็บกักฝุ่น และเติมน้ำสาหร่ายเพื่อป้องกันการเจริญเติบโตของสาหร่ายในน้ำนั้น ช่วงเวลาเก็บตัวอย่างปกติประมาณ 30 วัน เมื่อถึงกำหนดเวลา เรากรองใบไม้ แมลงและวัตถุเจือปนอื่นๆ ออกจากตัวอย่างก่อนที่จะวิเคราะห์หาข้อมูลต่อไปนี้คือ

1. ปริมาณและ pH ของน้ำ
2. น้ำหนักของของแข็งซึ่งไม่ละลายน้ำ
3. น้ำหนักของซีเอนจากการเผาของแข็ง
4. น้ำหนักของแข็งซึ่งละลายน้ำ

การวิเคราะห์ทางเคมีเพื่อหาคุณสมบัติอื่นๆ แล้วแต่กรณี

การวัดปริมาณฝุ่นหนักเป็นเพียงตัวเลขที่ชี้ให้เห็นถึงปริมาณอนุภาคส่วนที่ตกลงสู่พื้นดิน โดยง่าย ตัวอย่างของข้อมูลในตัวเมืองมีดังนี้

ย่านที่อยู่อาศัย 65 -130 มิลลิกรัมต่อตารางเมตรต่อวัน

ย่านอุตสาหกรรมเบาบาง 100-200 มิลลิกรัมต่อตารางเมตรต่อวัน

ย่านอุตสาหกรรมหนัก 150-350 มิลลิกรัมต่อตารางเมตรต่อวัน

ย่านปริมาณที่สูงมากถึง 2600 มิลลิกรัมต่อตารางเมตรต่อวัน เคยตรวจพบในบริเวณซึ่งไม่มี

การควบคุม วิธีวิเคราะห์นี้ไม่ละเอียดแม่นยำ แต่สามารถชี้ให้เห็นถึงระดับความสกปรกในบริเวณนั้น และเป็นประโยชน์ในการชี้ให้เห็นแนวโน้มด้านอากาศเสีย

## การตกสะสมของฝุ่นจากบรรยากาศ

กระบวนการตกสะสมของฝุ่นจากบรรยากาศ แบ่งได้ 2 ชนิด คือการตกสะสมแบบแห้ง (Dry Deposition) และ การตกสะสมแบบเปียก (Wet Deposition) การตกสะสมแบบแห้งและแบบเปียก คือกระบวนการที่ก๊าซชนิดต่างๆ ในบรรยากาศตกลงบนอนุภาคเคลื่อนย้ายตัวจากบรรยากาศตกลงสู่แหล่งรับที่มีพื้นผิวต่างๆ โดยที่ความสามารถในการตกสะสมทั้งสองชนิดดังกล่าวขึ้นอยู่กับปัจจัยสำคัญดังนี้คือ สถานะของสิ่งที่สนใจว่าอยู่ในรูปก๊าซหรืออนุภาค ความสามารถในการ

ละลายได้ จำนวนการตกในพื้นที่นั้นๆ ลักษณะภูมิประเทศ และชนิดของพื้นผิวปกคลุมในบริเวณที่สนใจ

### 1. การตกสะสมแบบแห้ง (Dry Deposition)

หมายถึง สารทุกชนิด เช่นก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ หรืออนุภาคซัลเฟตที่ตกตะกอนสะสมจากบรรยากาศในสภาวะไอหรือก๊าซ ที่ไม่ใช่ฝน ตกลงสู่แหล่งรองรับบนพื้นโลก เช่น

1. การดูดซับหรือดูดซึมก๊าซโดยพืช ดิน น้ำและสัตว์ต่างๆที่มนุษย์ผลิต
2. การตกตะกอนเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลกของอนุภาคที่ค่อนข้างหยาบ
3. การชนของอนุภาคละเอียดบนผิววัตถุ หรือพืช

ปัจจัยที่มีผลต่อการตกสะสมแบบแห้งของก๊าซ หรืออนุภาค ก็คือ ระดับสภาพความปั่นป่วนของอากาศ คุณสมบัติทางเคมีของไอออนตัวที่ตก และลักษณะพื้นผิวของบริเวณที่สนใจตามธรรมชาติ สำหรับก๊าซ ความสามารถในการละลาย และปฏิกิริยาเคมีจะมีผลต่อการดูดเข้าสู่พื้นผิวของแหล่งรับได้ และสำหรับอนุภาค ขนาด ความหนาแน่น และรูปทรงของอนุภาคเป็นเครื่องกำหนดความสามารถในการถูกจับ โดยพื้นผิวต่างๆของแหล่งรับเช่นกัน

### 2. การตกสะสมแบบเปียก (Wet Deposition)

หมายถึง ปริมาณของสารที่เคลื่อนย้ายจากบรรยากาศโดยฝน, หิมะ หรือน้ำรูปแบบอื่นๆลงสู่พื้นโลก และกระบวนการเปลี่ยนแปลงของก๊าซ, ของเหลวและของแข็งจากบรรยากาศลงสู่พื้นโลกในระหว่างเกิดฝนตก โดยทั่วไปจะปรากฏในรูปฝนกรดที่มีสาเหตุมาจาก  $H_2SO_4$  และ  $HNO_3$  (จากการวิเคราะห์น้ำฝนพบ  $SO_4^{2-}$  และ  $NO_3^-$  เป็นหลัก) โดย  $SO_2/SO_3$  หรือ  $NO_2$  ทำปฏิกิริยาและละลายอยู่ในเมฆและน้ำฝนในรูปของกรดซัลฟิวริกและกรดไนตริก

สำหรับสารตั้งต้นที่ก่อให้เกิดกรดจากการกระทำของมนุษย์ ในประเทศไทยมีสัดส่วนโดยโมลของ  $SO_2/NO_x$  เป็น 0.53 (Karo N., et al., 1992), ซึ่งพบว่ามีค่าปริมาณน้ำฝนถึง 52% (จากค่าเฉลี่ยปริมาณน้ำฝนที่ตรวจวัดที่เขื่อนศรีนครินทร์ และที่เขื่อนน้ำพอง)

### 3. ฝุ่นตก (Dust fall)

ฝุ่นตกเป็นมวลสารที่ตกโดยเทคนิคเชิงกราวิเมตริก (Gravimetric) หรือการตกตะกอน (sedimentation) เป็นการเก็บรวบรวมอนุภาคที่มีมวลเพียงพอที่จะตกออกจากบรรยากาศโดยแรงโน้มถ่วงของโลก หลักการคือว่า อนุภาคที่ตกผ่านตัวกลาง (มัฆฉิม) จะมีความเร็วเป็นค่าคงที่ค่าหนึ่งหลังจากที่ได้เกิดสมดุลระหว่างความต้านทานเชิงโมเลกุลของตัวกลางกับแรงโน้มถ่วง

วิธีเก็บตัวอย่างฝุ่นตกนี้ไม่ใช่แรงสุญญากาศหรือระบบดวงวัดปริมาณการไหล แต่สามารถเก็บรวบรวมได้โดยใช้ภาชนะเก็บฝุ่นตก (Dust-fall Jar Container) วิธีนี้เหมาะกับอนุภาคขนาดใหญ่

ซึ่งมีขนาดเล็กที่สุด 20-50 ไมครอน และเนื่องจากไม่มีการดูดอากาศ หรือวัดปริมาณอากาศ วิธีนี้ไม่สามารถให้ข้อมูลเกี่ยวกับความเข้มข้นเชิงปริมาณของมวลสารอากาศ

การเก็บรวบรวมเชิงแรงโน้มถ่วง มีประโยชน์น้อย หรือ ไม่มีเลย สำหรับการเก็บอนุภาคขนาด 20 ไมครอน หรือเล็กกว่า เพราะอนุภาคเหล่านี้ตกในอากาศด้วยความเร็วซึ่งจนกระทั่งการเคลื่อนไหวของอากาศเพียงเล็กน้อยจะขัดขวางการเก็บรวบรวมอนุภาคได้

โดยปกติ จะเก็บสะสมตัวอย่างตลอดช่วง 30 วัน ทำให้แห้ง และชั่งน้ำหนัก ผลลัพธ์จะรายงานเป็นหน่วยน้ำหนักต่อพื้นที่ของปากภาชนะต่อระยะเวลาเก็บ ส่วนประกอบและแหล่งที่มาของฝุ่นในอากาศแสดงในตาราง

ตาราง 2.6 ส่วนประกอบและแหล่งที่มาของฝุ่นละอองในอากาศ

ส่วนประกอบ	แหล่งที่มา
สารประกอบคาร์บอน	กระบวนการเผาไหม้
สารประกอบอินทรีย์ เช่น โคออกซิน โทลิไซคลิกอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอน	กระบวนการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์
เกลือแอมโมเนียม	การทำให้เป็นกลางของกรดในอากาศ
เกลือ โซเดียมและแมกนีเซียมคลอไรด์	ทะเล
แกลกเซียมซัลเฟต	วัสดุก่อสร้าง เช่น ดินและทราย
ซัลเฟต	การเติมออกซิเจนของซัลเฟอร์ไดออกไซด์
ไนเตรต	การเติมออกซิเจนของไนโตรเจนไดออกไซด์
ตะกั่ว	น้ำมันที่มีสารตะกั่ว
ดิน	แร่ธาตุต่าง ๆ

ที่มา: มาริษา เพ็ญสุตภักขิโยกุล (2542)

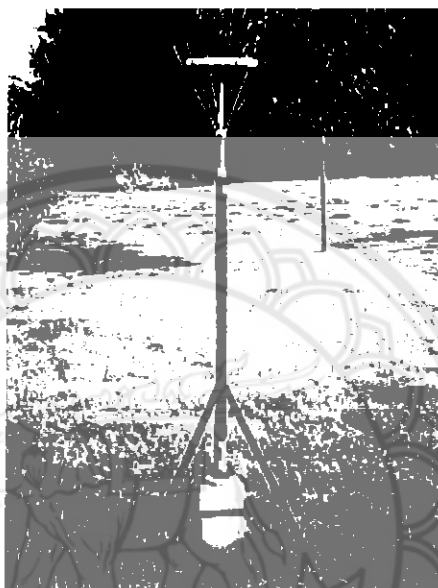
#### 4. การตรวจวัดฝุ่นตกโดยใช้ภาชนะเก็บฝุ่นตก (Dust Fall Jar)

เป็นการเก็บรวบรวมอนุภาคสารที่มีน้ำหนักเพียงพอที่จะตกออกจากบรรยากาศโดยแรงโน้มถ่วงของโลก วิธีการเก็บตัวอย่างนี้ไม่ต้องใช้แหล่งสุญญากาศหรือระบบดวงวัดปริมาณการไหล แต่สามารถเก็บรวบรวมได้โดยใช้ภาชนะเก็บฝุ่นตก (Dust-Fall Jar Container) วิธีนี้เหมาะสมกับอนุภาคขนาดใหญ่จนกระทั่งขนาดเล็กที่สุด 20-50 ไมครอน วิธีการเก็บตัวอย่างใช้หลักการเดียวกันกับการตรวจวัดฝุ่นโดยใช้สตีกเกอร์เทียบสีแต่เล็กกว่าเล็กน้อย คือ สามารถคำนวณหาความเข้มข้นของฝุ่นตกในหน่วย  $\text{mg}/\text{m}^2/\text{day}$  ได้



### อุปกรณ์สำหรับเก็บตัวอย่าง

1. ขวดเก็บตัวอย่างเป็นขวดแก้วรูปทรงกระบอก และมีฝาซึ่งมียางกันรั่วปิดสนิท ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 13 ซม. สูง ประมาณ 20 ซม. (ขนาดขวด เปลี่ยนแปลงได้ หรือใช้เป็นแผ่นของสไลด์แก้ว งาน หรือถาด ซึ่งอาจมีหรือไม่มี ระบบช่วยเก็บฝุ่นในลักษณะชั้นทางของยางเหนียวหรือจาระบี)
2. ขาค้างขวดเก็บตัวอย่าง ประกอบด้วยท่อเหล็กยาวประมาณ 1.5 เมตร มีเกลียวค้ำกับ ตะแกรงวางขวด



รูป 2.1 อุปกรณ์วัดฝุ่นตก (กรมควบคุมมลพิษ)

### วิธีการเก็บตัวอย่าง

นำอุปกรณ์เก็บตัวอย่างไปวางในจุดที่ต้องการเก็บตัวอย่าง โดยมีหลักเกณฑ์ คือ

1. ต้องอยู่ห่างจากแหล่งกำเนิดมลพิษต่างๆ อย่างน้อย 50 เมตร
2. ตามแนวราบโดยรอบไม่มีกำแพงหรือสิ่งกีดขวางอื่นใดอย่างน้อย 10 เมตร
3. สูงจากพื้นอย่างน้อย 1.5 เมตร

ปกติจะวางไว้ตลอดช่วง 30 วัน ควรมีการบันทึกสภาพอากาศ จากนั้นเก็บขวดไปวิเคราะห์ต่อที่ห้องปฏิบัติการ โดยควรปิดฝาภาชนะเก็บฝุ่นให้สนิท

## วิธีการตรวจวิเคราะห์ที่ห้องปฏิบัติการ

### อุปกรณ์สำหรับการตรวจวิเคราะห์

1. เครื่องชั่งไฟฟ้าละเอียด มีความละเอียด 0.1 มก.
2. ตู้อบที่ควบคุมอุณหภูมิได้
3. ตู้ควบคุมความชื้น
4. อ่างปรับอุณหภูมิได้ ชนิด 6 หลุม หรือ 12 หลุม
5. กิมหนักขวดรูปชมพู่
6. ขวดรูปชมพู่ ขนาดความจุ 500 มล.
7. ตะแกรงร้อนพลาสติก ขนาดรูตะแกรงประมาณ 20 เมช
8. กระจกบอกล้าง
9. แท่งแก้วคน ที่ปลายด้านหนึ่งเป็นพวยพลาสติก

### สารเคมีสำหรับการตรวจวิเคราะห์

1. น้ำกลั่น
2. สารฆ่าเชื้อรา ในกรณีที่มีราขึ้นให้ใช้  $\text{HgCl}_2$  (A.R. Grade) 0.10 กรัมเติมลงในขวดเก็บตัวอย่าง

### การตรวจวิเคราะห์

- การเตรียมขวดรูปชมพู่
1. ทำความสะอาดขวดรูปชมพู่ด้วยน้ำประปาและน้ำกลั่นตามลำดับ และล้างด้วยน้ำกลั่น
  2. อบให้แห้งในเตาอบ อุณหภูมิ 100-110 องศาเซลเซียส ประมาณ 3-4 ชั่วโมง
  3. นำขวดรูปชมพู่ที่อบแล้วใส่ในตู้ลดความชื้น คั่งทิ้งไว้ให้เย็น
  4. ชั่งน้ำหนักขวดรูปชมพู่เปล่าด้วยเครื่องชั่งละเอียด ทศนิยม 4 ตำแหน่ง แล้วบันทึกน้ำหนักขวดรูปชมพู่ไว้เป็นน้ำหนักขวดเปล่าครั้งที่ 1
  5. นำขวดรูปชมพู่ที่ได้จากข้อ 4 ทำตามข้อ 2 ถึง 4 เพื่อชั่งหาน้ำหนักขวดรูปชมพู่ครั้งที่ 2 หากน้ำหนักของขวดรูปชมพู่ทั้งสองครั้งต่างกันไม่เกิน 0.0005 กรัม แสดงว่าน้ำหนักขวดรูปชมพู่ที่เตรียมก่อนข้างคงที่ใช้ได้ พร้อมทั้งจะใช้เตรียมตัวอย่างได้ ถ้า น้ำหนักขวดรูปชมพู่ไม่คงที่ให้อบขวดรูปชมพู่ใหม่โดยทำตามข้อ 5 ใหม่ จนกระทั่งน้ำหนักขวดรูปชมพู่คงที่หรือต่างกันไม่เกินที่กำหนดไว้ แล้วหาค่าเฉลี่ยของน้ำหนักขวดรูปชมพู่เปล่าดังกล่าว

- การวิเคราะห์ความเข้มข้นของฝุ่น
- 1. ฉีดน้ำกลั่นรอบๆผนังภาชนะเก็บฝุ่น เพื่อชะฝุ่นที่ติดตามผนังของภาชนะแล้ว ใช้แท่งแก้วปาด คน เขี่ยฝุ่นที่ติดรอบๆ และก้นภาชนะ
- 2. เทสารละลายตัวอย่างที่ได้จากข้อ 1 ลงในขวดรูปชมพู่ที่ทราบน้ำหนักแล้ว โดยเทผ่านตะแกรงขนาด 20 เมช เพื่อกำจัดพวกใบไม้ ซากแมลงต่างๆ
- 3. ชะตัวอย่างในภาชนะเก็บ 2-3 ครั้ง จนกระทั่งภาชนะเก็บตัวอย่างสะอาด
- 4. นำขวดรูปชมพู่แห้งที่บรรจุตัวอย่าง ไปคั่งบนอ่างปรับอุณหภูมิ ตั้งที่อุณหภูมิประมาณ 100-110 องศาเซลเซียส แล้วระเหยจนสารละลายในขวดรูปชมพู่แห้ง
- 5. นำขวดรูปชมพู่ที่สารละลายแห้งแล้ว เข้าสู่อบที่อุณหภูมิ 103 องศา ประมาณ 1 ชั่วโมง เพื่ออบให้แห้งแล้วชั่งหาน้ำหนักของฝุ่น ซึ่งขั้นตอนเหมือนกับการเตรียมขวดรูปชมพู่ใน ข้อ 1
- 6. กำหนดน้ำหนักฝุ่น จากผลต่างระหว่างน้ำหนักขวดรูปชมพู่ที่มีตัวอย่างฝุ่นกับน้ำหนักขวดรูปชมพู่เปล่า
- 7. รายงานผลการวิเคราะห์ในหน่วยน้ำหนัก / พื้นที่ของปากภาชนะ / ระยะเวลาที่เก็บ

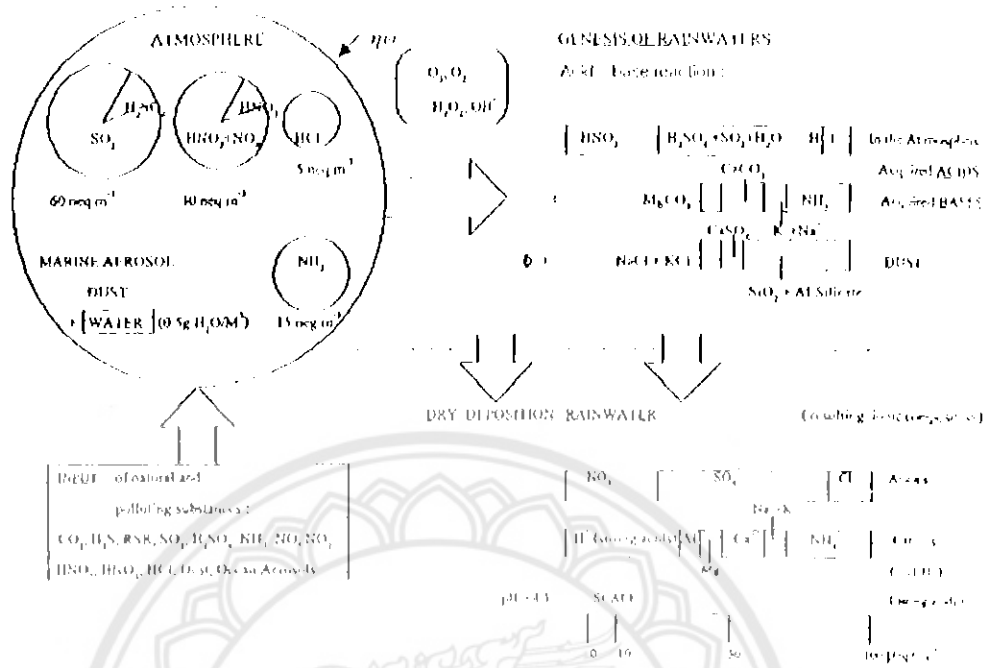
### ข้อควรระวัง

การตรวจวัดในช่วงที่มีฝนตกชุกเพราะจะทำให้ปริมาณน้ำฝนในขวดก่อนข้างมากและอาจสิ้นขวดได้ ควรเปลี่ยนอุปกรณ์ใส่ให้ใหญ่ขึ้น

### 5. การตกสะสมของสารกรด (Acid Deposition)

การตกสะสมของสารกรดในบรรยากาศเกิดขึ้นจากการรบกวนวัฏจักรของบรรยากาศพื้นดิน และน้ำ ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสมดุลกรดค้าง เป็นผลทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของสิ่งแวดล้อมในป่าและในน้ำ หลายปีที่ผ่านมา ได้มีการศึกษาพบว่าการเพิ่มขึ้นของระดับกรดในหลายแห่ง เช่น เมือง Shimane ประเทศญี่ปุ่น เมืองมิชิแกน และ เมืองมินิโซต้า เป็นต้น

Radojevic and Harrison อธิบายว่ากรดที่อยู่ในรูปของอนุภาคและก๊าซเปลี่ยนแปลงค่า pH ของน้ำในบรรยากาศ ที่ได้จากการวัดโดยตรงจากบรรยากาศในที่ต่างๆ ทั่วโลก พบว่าจะมีค่าต่ำกว่า 5.6 ความเป็นกรดในธรรมชาติที่เปลี่ยนไป อาจเกิดจากการปลดปล่อยก๊าซที่ทำให้เกิดฝนกรดที่เกิดจากการกระทำของมนุษย์ ซึ่งทำให้ความเข้มข้นของไอออนไฮโดรเนียมเพิ่มสูงขึ้นกว่าระดับเดิมในธรรมชาติ และนำไปสู่การตกสะสมของกรด โดยปกติ กรดในธรรมชาติและกรดที่เกิดจากการกระทำของมนุษย์มีความแตกต่างกันบ้าง ปฏิกริยาหลายๆปฏิกริยาที่เกิดขึ้นแสดงไว้ในภาพ 2.2



ภาพ 2.2 รูปแบบการเกิดของการตกสะสมของกรด (Stumm, 1996)

ปฏิกิริยาเหล่านี้มีความสำคัญกับรูปแบบของการตกสะสมของกรดคือ

- ปฏิกิริยาออกซิเดชัน เกิดขึ้นได้ทั้งในสถานะก๊าซหรือของเหลว ทำให้เกิดกรดในรูปออกไซด์ของ C, S และ N ( $CO_2$ ,  $SO_2$ ,  $SO_3$ ,  $H_2SO_4$ ,  $N_2O_3$ ,  $NO_2$ ,  $HNO_2$ ,  $HNO_3$ )
- การดูดซึม (Absorption) ของก๊าซเข้าไปในน้ำ (ละอองเมฆ, เม็ดฝน หรือหมอก) และทำปฏิกิริยาระหว่างกรดต่างๆ ( $SO_2$ ,  $H_2O$ ,  $H_2SO_4$ ,  $HNO_3$ ) กับแอมโมเนีย ( $NH_3$ ) และการบอนด์ของฝุ่นในอากาศ จากปฏิกิริยานี้ แอมโมเนียมซัลเฟต ( $(NH_4)_2SO_4$ ) และสารประกอบไนเตรต จะเกิดขึ้นในรูปละอองลอย (aerosol) ในบรรยากาศ
- การย่อยสลายตัวของละอองลอยเข้าไปในน้ำ

## ไอออนและสารประกอบไอออนิก

### 1. สมบัติของไอออน

ไอออนเป็นสมบัติทางเคมีแตกต่างไปจากอะตอมและ โมเลกุลเดิม เช่น โซเดียมไอออน ( $\text{Na}^+$ ) และคลอไรด์ไอออน ( $\text{Cl}^-$ ) ซึ่งต่างเป็นไอออนที่ไม่มีสี ไม่มีพิษ และไม่ทำปฏิกิริยากับน้ำ แม้ว่าเป็นตัวไฮเดรตเตอไรซ์ไอออน (Hydrated ions) ก็ตาม โลหะโซเดียม ( $\text{Na}$ ) มีลักษณะเป็นของแข็ง สีขาว เป็นเงาวาว ทำปฏิกิริยากับน้ำได้รุนแรงให้ก๊าซไฮโดรเจนและสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ( $\text{NaOH}$ ) ซึ่งเป็นอิเล็กโทรไลต์แก่ ส่วนคลอไรด์ โมเลกุล ( $\text{Cl}_2$ ) เป็นก๊าซสีเหลืองแกมเขียว มีพิษมาก ทำปฏิกิริยากับน้ำได้กรดไฮโปคลอรัส ( $\text{HClO}$ ) และกรดไฮโดรคลอริก ( $\text{HCl}$ )

การที่สมบัติของไอออนแตกต่างกันไปจากสมบัติหรือ โมเลกุลเดิม ก็เพราะมีโครงสร้างอิเล็กตรอนที่ต่างกัน กล่าวคือไอออนจะมีอิเล็กตรอนมากหรือน้อยกว่าอะตอมหรือ โมเลกุลเดิมเช่น อะตอมของโซเดียมมี 1 เวเลนซ์อิเล็กตรอน เมื่อสูญเสียอิเล็กตรอนให้กับอะตอมอื่น เช่น คลอไรด์ จะได้โซเดียมไอออน ซึ่งมีการจัดเรียงอิเล็กตรอนเหมือน Ne ซึ่งเป็นธาตุเฉื่อย

### 2. สารประกอบไอออนิก

การเปลี่ยนแปลงทางเคมีส่วนใหญ่ เป็นการถ่ายเทอิเล็กตรอนไป-มา ระหว่างสารที่ทำปฏิกิริยากัน ไอออนเกิดจากอะตอมที่เป็นกลางถ่ายเทอิเล็กตรอนตั้งแต่ 1 ตัวขึ้นไปให้กับอะตอมอื่น เช่นการเปลี่ยนแปลงธาตุโซเดียมและธาตุคลอไรด์เป็นสารประกอบ  $\text{NaCl}$  โดย  $\text{Na}$  ที่เป็นกลางถ่ายเทอิเล็กตรอน 1 ตัวให้กับ  $\text{Cl}$  ที่เป็นกลาง เกิดเป็นไอออน  $\text{Na}^+$  และ  $\text{Cl}^-$  ตามลำดับ ไอออนทั้งสองมีประจุต่างกันจึงเกิดแรงดึงดูดทำให้เป็นสารประกอบ  $\text{NaCl}$  ซึ่งเป็นสารไอออนิก สารไอออนิก (Ionic compound) จึงเป็นสารที่ประกอบด้วย ไอออนบวก และไอออนลบ

### 3. คุณสมบัติของสารประกอบไอออนิก

สารประกอบไอออนิกมีคุณสมบัติหลายอย่างแตกต่างไปจาก Covalent compounds คุณสมบัติเหล่านี้เป็นผลเนื่องมาจากโครงสร้างของสารประกอบไอออนิกเอง กล่าวคือในโมเลกุลของสารประกอบไอออนิกจะประกอบด้วยไอออนที่มีประจุบวก และไอออนที่มีประจุลบ จึงทำให้แรงดึงดูดระหว่างประจุที่ต่างกันมีมากที่สุด และขณะเดียวกันจะเกิดแรงผลักระหว่าง ไอออนที่มีประจุเหมือนกันน้อยที่สุด คุณสมบัติทั่วไปของสารประกอบไอออนิก สรุปได้ดังนี้

### 3.1) คุณสมบัติการนำไฟฟ้า (Conductivity)

สารประกอบอออนิกที่เป็นของแข็ง มีแนวโน้มในการนำไฟฟ้าต่ำมาก แต่เมื่อละลายน้ำเป็นสารละลายหรือในภาวะหลอมเหลว จะนำไฟฟ้าได้ดีขึ้น ทั้งนี้เพราะเมื่ออยู่ในภาวะหลอมเหลวหรือเป็นสารละลาย จะแตกตัวให้อออนที่มีประจุไฟฟ้าบวก และอออนที่มีประจุไฟฟ้าลบ อออนเหล่านี้ได้เป็นอิสระภายใต้สนามไฟฟ้า

### 3.2) คุณสมบัติเกี่ยวกับความแข็ง (Hardness trends)

สารประกอบอออนิกโดยทั่วไปเป็นของแข็ง เพราะแรงยึดระหว่างอออนเป็นแรงดึงดูดที่เกิดจากไฟฟ้าสถิตที่แข็งแกร่งมาก ดังนั้นจึงมีลักษณะทั่วไปแข็ง แต่ก็จัดเป็นสารที่แตกได้ง่าย คุณสมบัติที่เกี่ยวกับความแข็งเป็นผลจากการดึงดูดกันแน่นระหว่างอออนในโครงสร้างของผลึก ส่วนคุณสมบัติการแตกได้ง่ายหรือยากนั้น เป็นผลเนื่องจากธรรมชาติของ พันธะอออนิก ถ้าใช้แรงเพียงพอทำให้อิเล็กตรอนเคลื่อนที่ และเกิดแรงผลักรุนแรงขึ้นระหว่าง anions - anions และ cations - cations จึงทำให้ผลึกนั้นแตกออกได้

### 3.3) จุดเดือดและจุดหลอมเหลว

สารประกอบอออนิกมีแนวโน้มที่มีจุดหลอมเหลวและจุดเดือดสูง ปกติพันธะอออนิกจะแข็งแกร่งมาก และจะส่งรังออกไปทุกทิศทาง ตัวอย่างเช่น เกลือแกง จะมีจุดหลอมเหลวสูงเนื่องจากแรงดึงดูดของไฟฟ้าสถิต ที่แข็งแกร่งมากระหว่าง  $\text{Na}^+$  และ  $\text{Cl}^-$  และโครงสร้างของผลึก แต่ละ  $\text{Na}^+$  จะดึงดูด  $\text{Cl}^-$  6 อออน อยู่โดยรอบ และขณะเดียวกันแต่ละ  $\text{Cl}^-$  จะดึงดูดกับ  $\text{Na}^+$  6 อออน การดึงดูดจะเป็นไปลักษณะนี้ทั้งผลึก

### 3.4) การละลาย (Solubility)

สารประกอบอออนิกส่วนใหญ่ละลายน้ำได้ดี แต่ไม่ละลายใน benzene หรือ organic solvents อื่นๆ

## งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

พงศธร วงษ์ชิต (2550) ศึกษาปริมาณไอออนในฝุ่นตกในเขตเมืองพิษณุโลก ทั้งหมด 8 จุด ในบริเวณเขตเทศบาลนครพิษณุโลก 4 จุด ได้แก่ มหาวิทยาลัยนเรศวร ส่วนสนามบิน, โรงเรียนศุภราชบุรี, ชุมชนบ้านคลอง, โรงแรมบ้านเจ้า และบริเวณนอกเขตเทศบาลนครพิษณุโลก 4 จุด ได้แก่ มหาวิทยาลัยนเรศวร หนองอ้อ, ตลาดอำเภอวังทอง, ศูนย์อนามัยที่ 9, สถานีอนามัยตำบลบ้านกว้าง ทำการเก็บตัวอย่างในช่วงเดือนมิถุนายน 2549 ถึง กุมภาพันธ์ 2550 พบว่า ปริมาณฝุ่นตกในเขตเทศบาลนครพิษณุโลก ในช่วง 113-203 มิลลิกรัมต่อตารางเมตรต่อวัน มีค่าเฉลี่ย 166 มิลลิกรัมต่อตารางเมตรต่อวัน ปริมาณฝุ่นตกนอกเขตเทศบาลนครพิษณุโลก ในช่วง 92-200 มิลลิกรัมต่อตารางเมตรต่อวัน มีค่าเฉลี่ย 151 มิลลิกรัมต่อตารางเมตรต่อวัน ซึ่งเกินมาตรฐานของฝุ่นตกในย่านที่อยู่อาศัยกำหนดไว้ที่ 65-130 มิลลิกรัมต่อตารางเมตรต่อวัน ปริมาณไอออนในฝุ่นตกวิเคราะห์โดยเครื่อง Ion Chromatography และพบว่าปริมาณไอออนเรียงลำดับจากมากไปน้อยดังนี้  $Ca^{2+} > SO_4^{2-} > NO_3^- > NH_4^+ > Cl^- > K^+ > Na^+ > Mg^{2+}$  อัตราการกักกรองโลหะที่พบในโลหะทั้ง 3 ชนิด ได้แก่ เหล็ก ทองแดง และสังกะสี มีอัตราการกักกรองสูงในช่วงเดือนแรก

มัลลิกา ปัญญาทะโป และคณะ (2549) ศึกษาการตกสะสมของกรด ในพื้นที่ภาคตะวันตกของประเทศไทย การติดตามตรวจสอบการตกสะสมของสารกรดแบบเปียกในพื้นที่ภาคตะวันตกของประเทศไทยระหว่างเดือนพฤศจิกายน 2547 ถึง ธันวาคม 2548 มีจำนวนครั้งของฝนตก 93 วัน มีค่าเฉลี่ย pH ของน้ำฝนเท่ากับ 6.2 อย่างไรก็ตามพบค่า pH ต่ำกว่า 5.6 จำนวน 12 ครั้ง ซึ่งเกิดขึ้นในช่วงฤดูแล้ง ความเข้มข้นของไอออนในน้ำฝนเรียงลำดับจากมากไปน้อยดังนี้  $Ca^{2+}$ ,  $NH_4^+$ ,  $SO_4^{2-}$ ,  $Na^+$ ,  $CH_3COO^-$ ,  $NO_3^-$ ,  $Cl^-$ ,  $Mg^{2+}$ ,  $HCO_3^-$ ,  $K^+$ ,  $H^+$ ,  $HCOO^-$ ,  $PO_4^{3-}$  จากการวิเคราะห์สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (p-value < 0.05) พบว่ามีความสัมพันธ์ระหว่างไอออนดังนี้  $Cl^-$  กับ  $Na^+$  ( $r^2 = 0.97$ ),  $Cl^-$  กับ  $K^+$  ( $r^2 = 0.98$ ),  $Ca^{2+}$  กับ  $Mg^{2+}$  ( $r^2 = 0.92$ ) และ  $Na^+$  กับ  $K^+$  ( $r^2 = 0.96$ )

สุกฤตย์ พุทธิรักษ์กุล (2545) ศึกษาการตกสะสมของกรดในพื้นที่ภาคเหนือของประเทศไทย โดยได้ทำการเลือกจังหวัดเชียงใหม่ เป็นตัวแทนของพื้นที่ทำการศึกษาซึ่งเป็นพื้นที่ชนบท การศึกษาประกอบด้วยการตรวจวัดการตกสะสมของกรดเปียกด้วยเครื่องเก็บตัวอย่าง Wet Only Collection เป็นเวลา 12 เดือน ตั้งแต่เดือนพฤษภาคม 2544 ถึง เมษายน 2545 และการตกสะสมกรดแห้งด้วยอุปกรณ์เก็บตัวอย่าง Filter Packs เป็นเวลานาน 12 เดือน ตั้งแต่เดือนกุมภาพันธ์ 2544 ถึง มกราคม 2545 ผลการศึกษาการตกสะสมกรดเปียก พบว่า ค่าความเป็นกรดค่าของน้ำฝนในเชียงใหม่ มีค่าเฉลี่ย 5.95 แสดงว่า น้ำฝนในพื้นที่ศึกษาไม่มีความเป็นกรด สภาพการนำไฟฟ้าเฉลี่ย 1.28 มิลลิซีเมนส์ต่อเมตร ส่วนผลการตรวจวัดความเข้มข้นของไอออน พบว่า แอมโมเนียมมีปริมาณสูงสุด โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.78 ไมโครโมลต่อลิตร อันดับรองลงมาได้แก่ แคลเซียม และซัลเฟต เมื่อพิจารณาอัตราการตกสะสมของซัลเฟต และไนเตรด พบว่า มีค่า 356.0 และ 355.2 มิลลิกรัมต่อ

ตารางเมตรต่อปี ตามลำดับ อัตราส่วน โมลของไนเตรตต่อซัลเฟต มีค่าเท่ากับ 1.54 แสดงว่าความ เป็นกรดของน้ำฝนเกิดจากกรดซัลฟูริกน้อยกว่ากรด ไนตริก ผลการศึกษาการตกสะสมกรดแห่ง พบว่า ปริมาณอนุภาคที่มีปริมาณสูงสุดคือ ซัลเฟต โดยมีค่าความเข้มข้นของอนุภาคเฉลี่ยที่ 1,422.8 นาโนกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ผลการตรวจวัดค่าความเข้มข้นของก๊าซในบรรยากาศ พบว่า ก๊าซ แอมโมเนียมีค่าสูงที่สุด รองลงมา ได้แก่ ก๊าซไฮโดรเจนคลอไรด์ ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ และ ก๊าซ ไนตริก ตามลำดับ ปริมาณการตกสะสมกรดแห่งมีค่าต่ำกว่าปริมาณการตกสะสมกรดเปียก โดยมี ร้อยละของการตกสะสมแห่งต่อการตกสะสมทั้งหมดเท่ากับ 34.7 และ 29.1 สำหรับซัลเฟอร์ และ ไนโตรเจน ตามลำดับ

วิเชียร อริยภิญโญ (2544) ศึกษาปริมาณเกลืออนินทรีย์จากทะเล ต่อการตกสะสมของกรดใน พื้นที่ จังหวัดชลบุรี ตำบลแสนสุข อำเภอเมือง โดยได้ทำการติดตั้งอุปกรณ์ตรวจวัดการตกสะสม แบบเปียก และแบบแห้ง ผลการศึกษาค่าความเป็นกรด-ด่าง ของตัวอย่างน้ำฝน พบว่ามีค่าอยู่ในช่วง 4.4 ถึง 6.8 และมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 5.9 ค่าการนำไฟฟ้าอยู่ในช่วง 4.0 ถึง 57.4 ไมโครซีเมนส์ต่อ เซนติเมตร สำหรับความเข้มข้นของไอออนชนิดต่างๆ จากการศึกษาพบว่าไอออนเกลือทะเล หรือคลอไรด์ไอออน และ โซเดียมไอออนมีค่ามากที่สุด ซึ่งมีค่าเฉลี่ย 61.0 และ 52.6 ไมโครกรัมสมมูลต่อลิตร ตามลำดับ และพบไปแคตเซียมไอออนน้อยที่สุด เท่ากับ 12.2 ไมโครกรัมสมมูลต่อลิตร การศึกษา การตกสะสมเปียกของสารกรด (ซัลเฟตและไนเตรท) ในจังหวัดชลบุรี ได้เท่ากับ 0.027 และ 0.024 กรัมสมมูลต่อตารางเมตรต่อปี ตามลำดับ

วินัย สมบูรณ์ (2539) ได้ตรวจวัดความเป็นกรดของน้ำฝนและคุณภาพน้ำฝนในกรุงเทพฯ และปริมณฑล โดยการเก็บตัวอย่างน้ำฝนในช่วงฤดูฝนของปี 2436 ด้วยการวางถังพลาสติกรับฝน กลางแจ้ง ซึ่งในแต่ละตัวอย่างได้แบ่งน้ำฝนในช่วงฤดูฝนเป็น 3 ตัวอย่างคือ เก็บตัวอย่างน้ำฝนช่วง 5 นาทีแรก ช่วง 15-20 นาทีแรก และสุดท้าย 30-60 นาทีแรกจนได้ปริมาตร 1 ลิตร ซึ่งการวิเคราะห์ พบว่าค่า pH ต่ำกว่า 5.6 เมื่อเวลาผ่านไป 15-20 นาที น้ำฝนมีค่า pH สูงขึ้นเนื่องจากมลพิษต่างๆถูก ชะล้างออกจากบรรยากาศ และภาพรวมของคุณภาพน้ำฝน มีลักษณะเป็นฝนกรด มีระดับของตะกั่ว และแคดเมียมสูง ซึ่งนำไปเปรียบเทียบกับคุณภาพน้ำดื่มของกรมอนามัยโลกพบว่าไม่เหมาะนำไป ดื่มหรือนำไปประกอบอาหาร

Mustafa Arslan ad Mustafa Boybay (1989) ทำการศึกษาฝุ่นคกบริเวณรอบๆ โรงงาน ซีเมนต์ในประเทศตุรกี โดยศึกษาอนุภาคหลักๆ ได้แก่ สารที่ละลายน้ำได้ สารที่ละลายน้ำไม่ได้ พวกที่เผาไหม้ได้ และพวกที่ไม่เผาไหม้ และศึกษามลพิษของฝุ่นรวมทั้งปัจจัยการเปลี่ยนแปลง เช่น อุณหภูมิ ความชื้น ลม ฯลฯ ส่วนประกอบทางเคมีและแร่ธาตุ ทำการทดลอง 7 ตัวอย่าง ใน เวลา 15 เดือน พบว่า อัตราการเกิดฝุ่นนอกพื้นที่เฉลี่ย  $36.37 \text{ gm}^{-2}$  ต่อเดือนอัตราการตกสำหรับ อนุภาคที่ไม่ละลายน้ำ และเผาไหม้ได้ เป็น 26.29 และ  $8.51 \text{ gm}^{-2}$  ต่อเดือนตามลำดับ สำหรับค่า pH ก่อนข้างเป็นด่าง ในช่วงฤดูร้อน pH จะมีค่า 8.63 ในฤดูหนาว pH จะมีค่า 6.49 การลดลงของ pH



อาจมีผลจากความเป็นกรดจาก  $\text{SO}_2$  ที่เกิดจากกระบวนการเผาไหม้ Ca, Si, Al และ Fe จัดเป็นส่วนประกอบหลักของอนุภาค โดยส่วนประกอบทั่วไปคล้ายซีเมนต์ หรือวัสดุคืบของมันเอง สำหรับอัตราส่วนของโลหะหนักได้แก่ Pb, Mn, Ni และ Co พบค่าสูงสุดของตะกั่วเท่ากับ 3,600 mg/kg



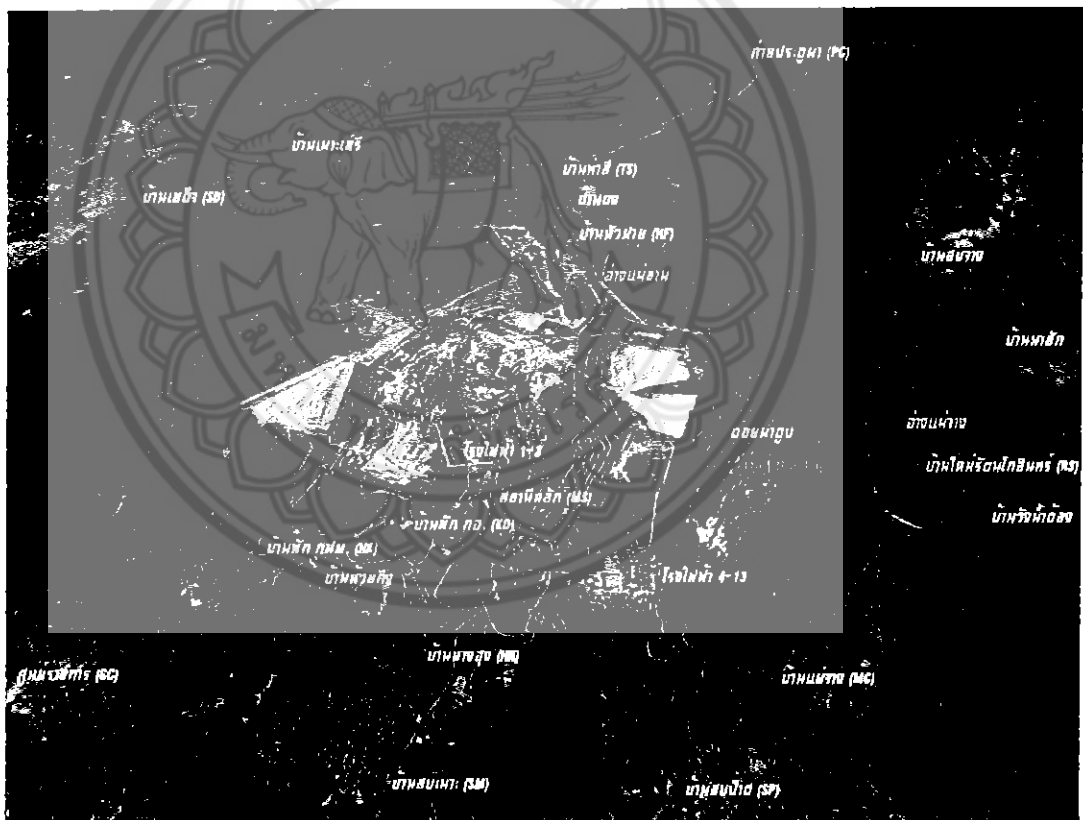
### บทที่ 3

## วิธีการดำเนินการวิจัย

การศึกษาค้นคว้าความเข้มข้นในการตกสะสมของฝุ่นตก จากบริเวณรอบ โรงไฟฟ้าแม่เมาะ อ.แม่เมาะ จ.ลำปาง จำนวน 6 จุด ได้แก่ สถานีหลัก สถานีหัวฝาย สถานีสบป่าด สถานีศูนย์ราชการ สถานีหัวคิง และสถานีแม่จาง มีวิธีการดำเนินการวิจัยดังนี้

### 3.1 พื้นที่ทำการทดลอง

#### 3.1.1 ลักษณะพื้นที่โดยทั่วไป



ภาพ 3.1 แผนที่บริเวณรอบโรงไฟฟ้าแม่เมาะ อ.แม่เมาะ จ.ลำปาง



ลักษณะพื้นที่ที่เลือกในการเก็บตัวอย่าง เลือกพื้นที่ที่มีลักษณะคล้ายกัน เป็นบริเวณโล่ง  
และโดยบริเวณรอบไม่ปิดบังทางลม เพื่อให้มีการระบายอากาศแบบธรรมชาติ



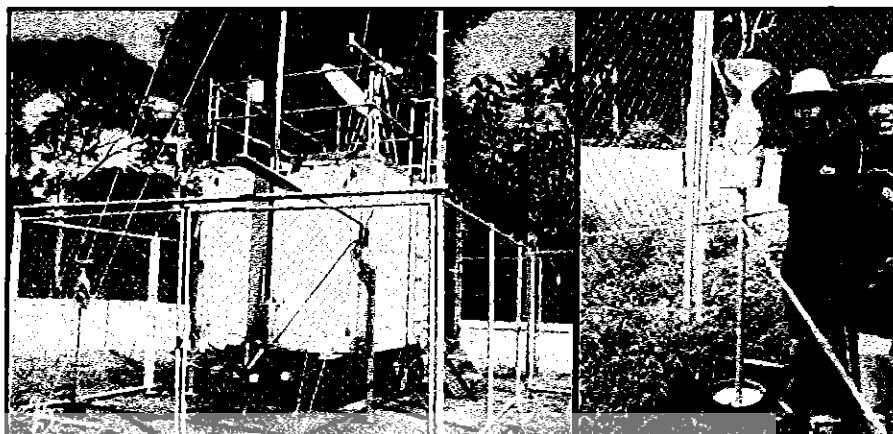
ภาพ 3.3 จุดเก็บตัวอย่าง จุดที่ 1 สถานที่หลัก

จุดเก็บตัวอย่างที่ 1 สถานที่หลัก ตั้งอยู่ในแผนกสิ่งแวดล้อมห่างจากโรงไฟฟ้าแม่เมาะ 1.2  
กิโลเมตร จุดเก็บตัวอย่างอยู่กลางสนามหญ้า ห่างจากจุดตรวจวัดอากาศ 20 เมตร ความสูงของเครื่อง  
เก็บตัวอย่างฝุ่นประมาณ 1.5 เมตร สถานที่หลักตั้งอยู่ที่พิกัด E578.053 N2022.430



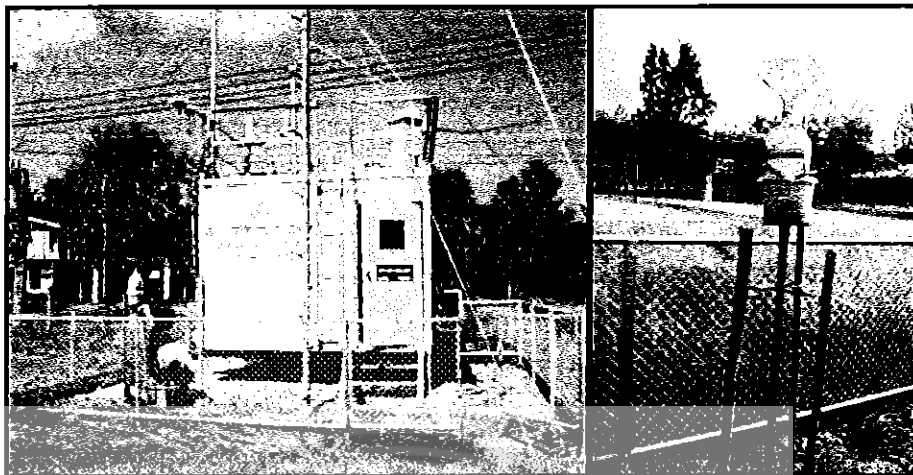
ภาพ 3.4 จุดเก็บตัวอย่าง จุดที่ 2 สถานีหัวฝาย

จุดเก็บตัวอย่างที่ที่ 2 สถานีหัวฝาย ตั้งอยู่บริเวณประปาหมู่บ้านห่างจากโรงไฟฟ้าแม่เมาะ 10 กิโลเมตร จุดเก็บตัวอย่างอยู่ ห่างจากจุดตรวจวัดอากาศ 10 เมตร ความสูงของเครื่องเก็บตัวอย่าง ผืนประมาณ 1.5 เมตร สถานีหัวฝายตั้งอยู่ที่พิกัด E578.475 N2032.540



ภาพ 3.5 จุดเก็บตัวอย่าง จุดที่ 3 สถานีสบป่าด

จุดเก็บตัวอย่างที่ 3 สถานีสบป่าด ตั้งอยู่บริเวณสาธารณสุขบ้านสบป่าดอยู่ห่างโรงไฟฟ้าแม่  
เมาะ 5.5 กิโลเมตร จุดเก็บตัวอย่าง ห่างจากจุดตรวจวัดอากาศ 1 เมตร ความสูงของเครื่องเก็บ  
ตัวอย่างสูงประมาณ 1.5 เมตร สถานีสบป่าดตั้งอยู่ที่พิกัด E580.976 N2017.365



ภาพ 3.6 จุดเก็บตัวอย่าง จุดที่ 4 สถานีศูนย์ราชการ

จุดเก็บตัวอย่างที่ 4 สถานีศูนย์ราชการ ตั้งอยู่บริเวณ โรงเรียนแม่เมาะวิทยาอยู่ห่าง โรงไฟฟ้าแม่เมาะอยู่ 10 กิโลเมตร จุดเก็บตัวอย่างอยู่ ห่างจากจุดตรวจวัดอากาศ 1.5 เมตร ความสูงของเครื่องเก็บตัวอย่างฝุ่นประมาณ 1.5 เมตร สถานีศูนย์ราชการตั้งอยู่ที่พิกัด E569.648 N2021.036



ภาพ 3.7 จุดเก็บตัวอย่าง จุดที่ 5 สถานีห้วยคิง

จุดเก็บตัวอย่างที่ 5 สถานีห้วยคิง ตั้งอยู่บริเวณอ่างเก็บน้ำห้วยคิง อยู่ห่างจากโรงไฟฟ้าแม่เมาะ 7.1 กิโลเมตร จุดเก็บตัวอย่างอยู่ห่างจากจุดตรวจวัดอากาศ 10 เมตร ความสูงของเครื่องเก็บตัวอย่าง ฝุ่นประมาณ 1.5 เมตร สถานีห้วยคิงตั้งอยู่ที่พิกัด E572.544 N2023.589

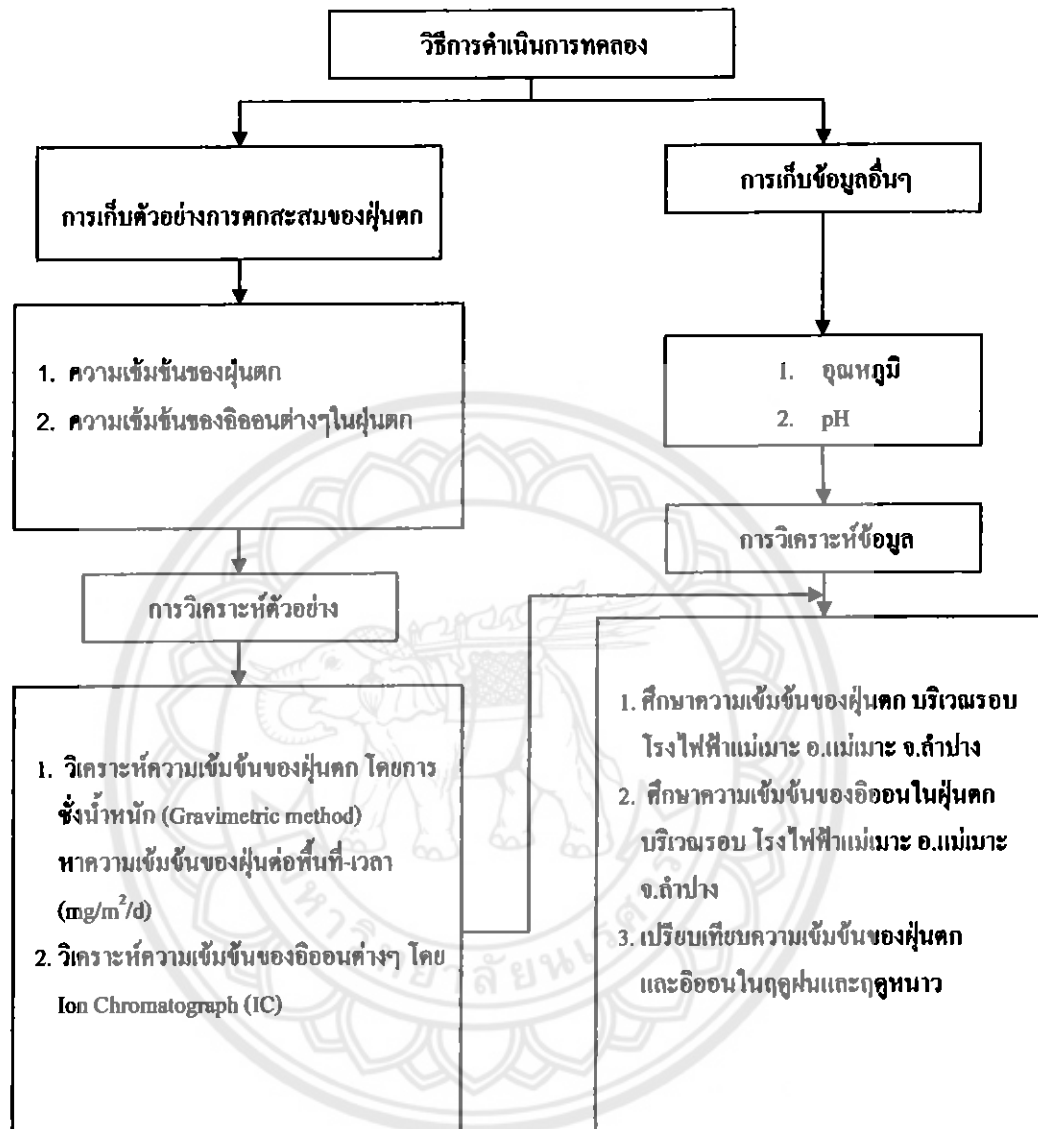




ภาพ 3.8 จุดเก็บตัวอย่าง จุดที่ 6 สถานีแม่จาง

จุดเก็บตัวอย่างที่ 6 สถานีแม่จาง อยู่ห่างโรงไฟฟ้าแม่มาะ 4.4 กิโลเมตร จุดเก็บตัวอย่างอยู่  
หลังตู้ตรวจวัดอากาศ ความสูงของเครื่องเก็บตัวอย่างสูงประมาณ 1.5 เมตร สถานีแม่จางตั้งอยู่ที่  
พิกัด E583.603 N2020.914

### 3.2 วิธีการดำเนินการทดลอง



### 3.3 แผนการดำเนินการทดลอง

#### จุดเก็บตัวอย่างการตกสะสมของฝุ่น

ในการวิจัยนี้เก็บตัวอย่างการตกสะสมของฝุ่น จากจุดเก็บตัวอย่างในเขตอำเภอแม่เมาะ จังหวัดลำปาง จำนวน 6 จุด เก็บตัวอย่างการตกสะสมของฝุ่นตก โดยวิธี Dust fall Jar จุดเก็บตัวอย่างละ 1 ตัวอย่าง เป็นเวลา 30 วัน รวมทั้งสิ้น 6 ตัวอย่าง โดยจำนวนการเก็บตัวอย่าง และวันที่ทำการเก็บดังตาราง แล้วนำมาวิเคราะห์หาปริมาณองค์ประกอบทางเคมีดังตาราง 3.1 และ 3.2

ตาราง 3.1 จำนวนการเก็บตัวอย่างการตกสะสมของฝุ่น

จุดเก็บตัวอย่างอากาศ	พารามิเตอร์	จำนวนตัวอย่าง (ต่อจุด)
ในเขตอำเภอ แม่เมาะ จังหวัดลำปาง จำนวน 6 จุด ได้แก่ หัวฝาย แม่จาง สบป่าด หัวขึง ศูนย์ราชการ สถานีหลัก	- ความเข้มข้นการตกสะสมของฝุ่น	1

ตาราง 3.2 พารามิเตอร์ในการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี

จุดเก็บตัวอย่างอากาศ	พารามิเตอร์	จำนวนตัวอย่าง (ต่อจุด)
ในเขตอำเภอ แม่เมาะ จังหวัดลำปาง จำนวน 6 จุด ได้แก่ หัวฝาย แม่จาง สบป่าด หัวขึง ศูนย์ราชการ สถานีหลัก	- Cation : $\text{NH}_4^+$ , $\text{Na}^+$ , $\text{K}^+$ , $\text{Ca}^{2+}$ , $\text{Mg}^{2+}$ - Anion : $\text{SO}_4^{2-}$ , $\text{NO}_3^-$ , $\text{Cl}^-$	1

ตาราง 3.3 วันที่ทำการเก็บตัวอย่างฝุ่นตก

วันที่เก็บตัวอย่าง	15 ต.ค. 2552	15 พ.ย. 2552	15 ธ.ค. 2552	16 ม.ค. 2553	14 ก.พ. 2553
--------------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------

### 3.4 การตรวจวัดความเข้มข้นในการตกสะสมของฝุ่น

#### 3.4.1 ความเข้มข้นในการตกสะสมของฝุ่น โดย Dust Fall Jar

วิธีอนุภาคฝุ่นโดยอาศัยแรงโน้มถ่วง

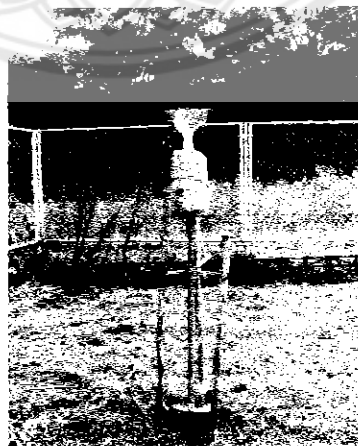
หลักการ

ฝุ่นตกเป็นการเก็บตัวอย่างมวลสาร โดยใช้เทคนิคเชิงกราวิเมตริก (Gravimetric) หรือการตกตะกอน (sedimentation) เป็นการเก็บรวบรวมอนุภาคที่มีมวลเพียงพอที่จะตกออกจากบรรยากาศโดยแรงโน้มถ่วงของโลก

อุปกรณ์สำหรับเก็บตัวอย่างอากาศ

ประกอบด้วย

1. ขวดเก็บตัวอย่างเป็นขวดน้ำ 6 ลิตร และฝาปิดเจาะรูนำกรวยเส้นผ่าศูนย์กลาง 8 นิ้วใส่ติดไว้พร้อมตะแกรงพลาสติกไว้ค้ำบนกรวย
2. ขาดังเก็บตัวอย่าง ประกอบด้วยถังหล่อปูนมีข้อต่อท่อ และนำท่อ PVC ยาวประมาณ 1.2 เมตร ต่อกัน ใช้ตะกร้าเป็นฐานวาง



ภาพ 3.9 เครื่องมือเก็บตัวอย่างการตกสะสมของฝุ่นชนิด Dust Fall Jar

### วิธีการเก็บตัวอย่าง

นำอุปกรณ์เก็บตัวอย่างไปวางในจุดที่ต้องการเก็บตัวอย่าง โดยมีหลักเกณฑ์ คือ

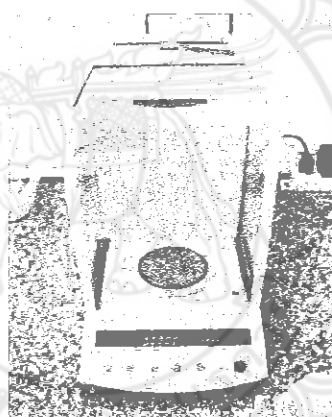
1. ตั้งห่างจากแหล่งกำเนิดมลพิษต่างๆ อย่างน้อย 50 เมตร
2. ตั้งตามแนวราบ โดยรอบไม่มีกำแพงหรือสิ่งกีดขวางอื่นใดอย่างน้อย 10 เมตร
3. ตั้งสูงจากพื้นอย่างน้อย 1.5 เมตร

โดยปกติ จะวางไว้ตลอดช่วง 30 วัน ควรมีการบันทึกสภาพอากาศจากนั้นเก็บขวดไปวิเคราะห์  
 ต่อในห้องปฏิบัติการ โดยควรปิดฝาภาชนะ เก็บฝุ่นให้สนิท

### อุปกรณ์สำหรับการตรวจวิเคราะห์

ประกอบด้วย

1. เครื่องชั่งไฟฟ้าอย่างละเอียด สำหรับชั่งตัวอย่างฝุ่นตก เครื่องชั่งมีทศนิยม 4 ตำแหน่ง



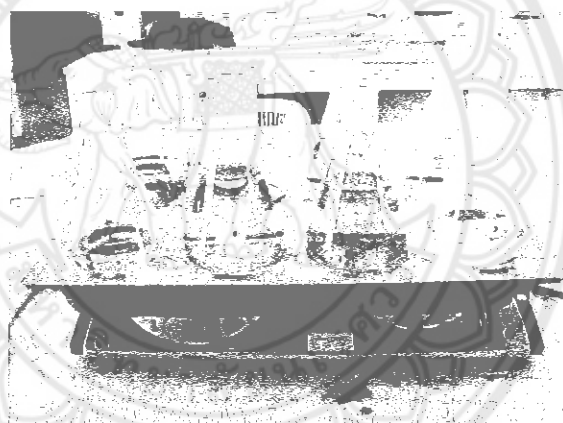
ภาพ 3.10 เครื่องชั่งไฟฟ้าอย่างละเอียดทศนิยม 4 ตำแหน่ง

2. คีมคีบปากแบน (Forceps) ชนิดเคลือบด้วยเตฟลอน (Teflon) สำหรับคีบขวดรูปชมพู่
3. ตู้สุญญากาศ (Desiccator Cabinet) ใช้สำหรับดูดความชื้นของขวดรูปชมพู่ ทั้งก่อนและหลังเก็บตัวอย่าง มีอุปกรณ์วัดความชื้น (Hygrometer) ให้เห็นเด่นชัด โดยปกติค่าความชื้นสัมพัทธ์จะไม่มากกว่า 50% ภายในตู้จะใช้ซิลิกาเจล เป็นสารดูดความชื้น



ภาพ 3.11 ตู้ดูดความชื้น (Desiccator Cabinet)

4. ตู้อบที่ควบคุมอุณหภูมิได้ (Hot Air Oven)
5. อ่างปรับอุณหภูมิได้ (Water Bath) ชนิด 12 หลุม



ภาพ 3.12 อ่างควบคุมอุณหภูมิ (Water Bath)

6. ขวดใส่น้ำกลั่นที่ขจัดไอออนแล้ว (Deionized Water)
7. ขวดรูปชมพู่ ขนาดความจุ 500 มิลลิลิตร
8. ตะแกรงร่อนพลาสติก ขนาดรูตะแกรงประมาณ 20 เมช (Mesh)
9. แท่งแก้วคน ที่ปลายด้านหนึ่งเป็นพายพลาสติก (Stirring rod with polishman)

**วิเคราะห์ความเข้มข้นของอนุภาคการตกตะกอนของฝุ่น**  
**วิเคราะห์ความเข้มข้นด้วยวิธีการชั่งน้ำหนัก (Gravimetric method) การคำนวณหาความ**  
**เข้มข้นของอนุภาคการตกตะกอนของฝุ่น โดยมีการวิเคราะห์ดังนี้**

#### การเตรียมขบวนการชั่งน้ำหนัก

1. ทำความสะอาดขบวนการชั่งน้ำหนัก ด้วย น้ำประปา และน้ำกลั่น ตามลำดับ หลังจากนั้นแช่ใน กรดไนตริก และล้างด้วยน้ำกลั่นแบบขจัดไอออนแล้ว (Deionized Water)
2. อบให้แห้งในเตาอบ อุณหภูมิ 100-110 °C ประมาณ 3-4 ชั่วโมง
3. นำขบวนการชั่งน้ำหนักที่อบแล้วใส่ในตู้ควบคุมความชื้น ตั้งทิ้งไว้ให้เย็น
4. ชั่งน้ำหนักขบวนการชั่งน้ำหนัก เปล่าด้วยเครื่องชั่งละเอียด ทศนิยม 4 ตำแหน่งแล้วบันทึก น้ำหนักขบวนการชั่งน้ำหนัก ไว้เป็นน้ำหนักขบวนการชั่งน้ำหนัก เปล่าครั้งที่หนึ่ง

#### วิธีเตรียมตัวอย่างเพื่อหาปริมาณฝุ่น

1. ฝัดน้ำกลั่นรอบๆผนังภาชนะเก็บฝุ่น เพื่อชะฝุ่นที่ติดตามผนังภาชนะ แล้วใช้แท่งแก้ว ปาด คน หรือเขี่ย ฝุ่นที่ติดรอบๆ และก้นภาชนะ
2. เทสารละลายที่ได้จากข้อ 1. ลงในขบวนการชั่งน้ำหนักที่ทราบน้ำหนักแล้ว โดยเทผ่านตะแกรง ขนาด 20 mesh เพื่อกำจัดพวกใบไม้ ซากแมลงต่างๆ
3. ชะตัวอย่างในภาชนะเก็บประมาณ 2-3 ครั้ง จนกระทั่งภาชนะเก็บตัวอย่างสะอาด
4. นำขบวนการชั่งน้ำหนักที่บรรจุตัวอย่าง ไปตั้งบนอ่างปรับอุณหภูมิได้ (Water Bath) ตั้ง อุณหภูมิที่ประมาณ 100-110 องศาเซลเซียส แล้วระเหยจนสารละลายในขวดแห้ง
5. นำขบวนการชั่งน้ำหนักที่สารละลายแห้งแล้ว เข้าตู้อบอุณหภูมิประมาณ 105 องศาเซลเซียส 1 ชั่วโมง เพื่ออบให้แห้งแล้วชั่งหาน้ำหนักของฝุ่น ซึ่งขั้นตอนเหมือนกับการเตรียมขบวนการชั่งน้ำหนัก ในข้อ 1
6. คำนวณน้ำหนักฝุ่น จากผลต่างระหว่างน้ำหนักขบวนการชั่งน้ำหนัก ที่มีตัวอย่างฝุ่นกับน้ำหนัก ขบวนการชั่งน้ำหนัก เปล่า
7. รายงานผลการวิเคราะห์ในหน่วยน้ำหนัก/พื้นที่ของปากภาชนะ/ระยะเวลาเก็บ

#### **ข้อควรระวัง**

**ไม่ควรทำการตรวจวัดในช่วงที่มีฝนตกชุกเพราะจะทำให้ปริมาณน้ำฝนในขวด ก่อนข้างมากและอาจล้นขวดได้**

การคำนวณหาปริมาณอนุภาคการตกสะสมของฝุ่น หาได้จากสูตรดังนี้

$$DF(\text{mg}/\text{m}^2 / \text{day}) = \frac{(W_2(\text{g}) - W_1(\text{g})) \times 10^3}{A \times T}$$

โดยที่

DF = ความเข้มข้นของการตกสะสมของฝุ่นในอากาศ (มิลลิกรัม/ตารางเมตร/วัน)

$W_1$  = น้ำหนักขวดรูปชมพู ก่อนเก็บตัวอย่าง (กรัม)

$W_2$  = น้ำหนักขวดรูปชมพู หลังเก็บตัวอย่าง (กรัม)

A = พื้นที่หน้าตัดของอุปกรณ์เก็บตัวอย่าง (ตารางเมตร)

T = ระยะเวลาในการเก็บตัวอย่าง (วัน)

$10^3$  = เปลี่ยนหน่วยกรัม เป็น มิลลิกรัม

### 3.4.2 ค่าความเป็นกรด-ด่าง

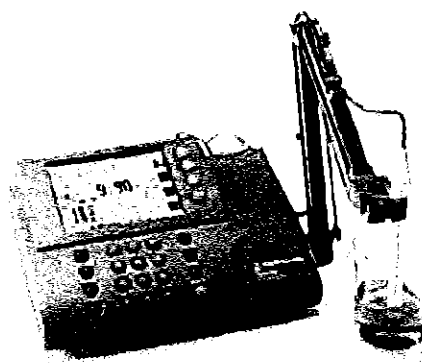
หลักการ

ค่าพีเอชเป็นสิ่งบ่งชี้ให้ทราบถึง สภาพความเข้มของความเป็นกรด หรือสภาพความเป็นด่างของสารละลายโดยวัดออกมาในรูปของแอกทิวิตีของไฮดรอน ไฮโดรเจน

อุปกรณ์สำหรับการตรวจวิเคราะห์ค่าความเป็นกรด-ด่าง

1. กระดาษกรองเมมเบรนขนาด 0.45 ไมครอน
2. หลอดพลาสติก ขนาด 50 มิลลิลิตร
3. เครื่องเขย่า
4. เครื่องวัดพีเอช





ภาพ 3.13 เครื่องวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง

#### วิเคราะห์ค่าความเป็นกรด-ด่าง

การวิเคราะห์ค่าความเป็นกรด-ด่างสามารถวิเคราะห์ได้ดังนี้  
วิธีเตรียมสารละลายในการวิเคราะห์

1. นำฟู่ที่ทราบปริมาณแล้วใส่ในหลอดพลาสติก ขนาด 50 มิลลิลิตร ชนิดมีฝาปิด ปรับปริมาตรให้ 20 มิลลิลิตร
2. นำขวดพลาสติกใส่เครื่องเขย่าเป็นเวลา 20 นาที
3. กรองสารละลายที่ได้ด้วยแผ่นกรองเมมเบรน ขนาด 0.45 ไมครอน
4. นำไปตรวจวัดกับเครื่องวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง

#### 3.4.3 ปริมาณความเข้มข้นของอ็อกซอน

##### อุปกรณ์เครื่องมือในการวิเคราะห์ปริมาณความเข้มข้นของอ็อกซอน

1. กระดาษกรองเมมเบรนขนาด 0.45 ไมครอน
2. หลอดพลาสติก ขนาด 50 มิลลิลิตร
3. เครื่องเขย่า
4. เครื่องอ็อกซอนโครมาโทกราฟี (Ion Chromatograph:IC)

### วิธีในการวิเคราะห์ปริมาณความเข้มข้นของไอออน

การวิเคราะห์ความเข้มข้นของไอออนสามารถวิเคราะห์ได้ดังนี้

วิธีเตรียมสารละลายในการวิเคราะห์

1. นำฝุ่นที่ทราบปริมาณแล้วใส่ในหลอดพลาสติก ขนาด 50 มิลลิลิตร ชนิดมีฝาปิด ปรับปริมาตรให้ 20 มิลลิลิตร
2. นำขวดพลาสติกใส่เครื่องเขย่าเป็นเวลา 20 นาที
3. กรองสารละลายที่ได้ด้วยแผ่นกรองเมมเบรน ขนาด 0.45 ไมครอน
4. นำสารละลายที่เตรียมได้ไปวิเคราะห์หาปริมาณไอออนชนิดต่างๆ



ภาพ 3.14 เครื่องวัดปริมาณไอออน (Ion Chromatograph)

## บทที่ 4

### ผลการทดลอง

การวิจัยครั้งนี้ได้ทำการศึกษาความเข้มข้นของฝุ่นตกโดยใช้เครื่อง Dust fall Jar และศึกษาความเข้มข้นของไอออนในฝุ่นตกได้แก่  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$  และ  $\text{Mg}^{2+}$  โดยทำการเก็บตัวอย่างทั้งหมด 6 จุด ในบริเวณรอบโรงไฟฟ้าแม่เมาะ ได้แก่ สถานีหลัก สถานีหัวฝาย สถานีสบป่าด สถานีศูนย์ราชการ สถานีห้วยคิง และสถานีแม่จาง โดยทำการเก็บตัวอย่างในช่วงเดือนตุลาคม พ.ศ. 2552 ถึง กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2553 โดยมีผลการทดลองดังต่อไปนี้

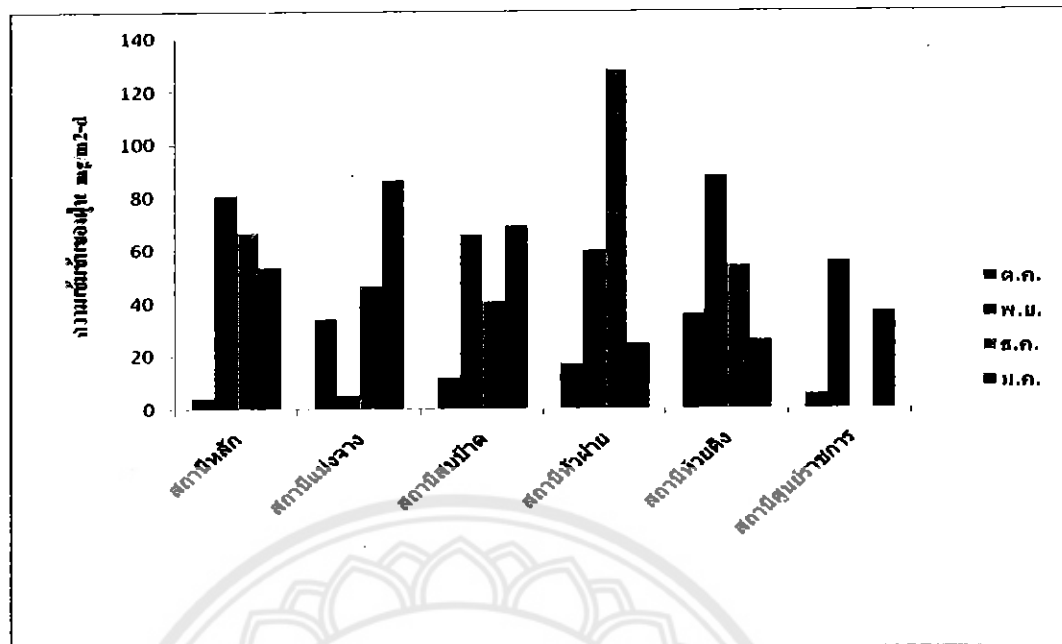
#### 4.1 ข้อมูลอุตุนิยมวิทยาในพื้นที่ศึกษา

ข้อมูลอุตุนิยมวิทยา ด้วยความอนุเคราะห์จากสถานีทั้ง 6 สถานีที่ทำการศึกษาได้จัดทำข้อมูลเก็บตัวอย่าง สรุปได้ว่า มีลักษณะอากาศมีอุณหภูมิเฉลี่ย 23.64 องศาเซลเซียส โดยอุณหภูมิอยู่ในช่วง 19.2 ถึง 27.7 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยร้อยละ 74 โดยความชื้นสัมพัทธ์อยู่ใน ช่วงร้อยละ 47 ถึง 95 และเมื่อพิจารณาความชื้นในแต่ละเดือนก่อนข้างมีความสม่ำเสมอ ปริมาณฝน 5 เดือน ประมาณ 244 มิลลิเมตร โดยเดือนตุลาคม มีความเข้มข้นฝนสูงสุดซึ่งวัดได้ 152.5 มิลลิเมตร และมีค่าต่ำสุดในเดือนพฤศจิกายน ธันวาคม และกุมภาพันธ์ ซึ่งไม่มีฝนตกในช่วงนั้น

#### 4.2 ความเข้มข้นฝุ่นตก

ความเข้มข้นฝุ่นตกในบริเวณโรงไฟฟ้าแม่เมาะ ทำการเก็บตัวอย่างทั้งหมด 6 จุด เพื่อทำการวัดความเข้มข้นของฝุ่นตก โดยวิธี Dust fall Jar เป็นระยะเวลาเวลาทุก 30 วัน ในช่วง ตุลาคม พ.ศ. 2552 ถึง กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2553 ดังต่อไปนี้

ความเข้มข้นของฝุ่นตกบริเวณโรงไฟฟ้าแม่เมาะ เก็บตัวอย่างฝุ่นตกเป็นระยะเวลาทุก 30 วัน โดยเก็บตัวอย่าง 6 จุด ได้แก่ สถานีหลัก สถานีหัวฝาย สถานีสบป่าด สถานีศูนย์ราชการ สถานีห้วยคิง และสถานีแม่จาง



กราฟ 4.1 ความเข้มข้นของฝุ่นตลบบริเวณรอบโรงไฟฟ้าแม่เมาะ

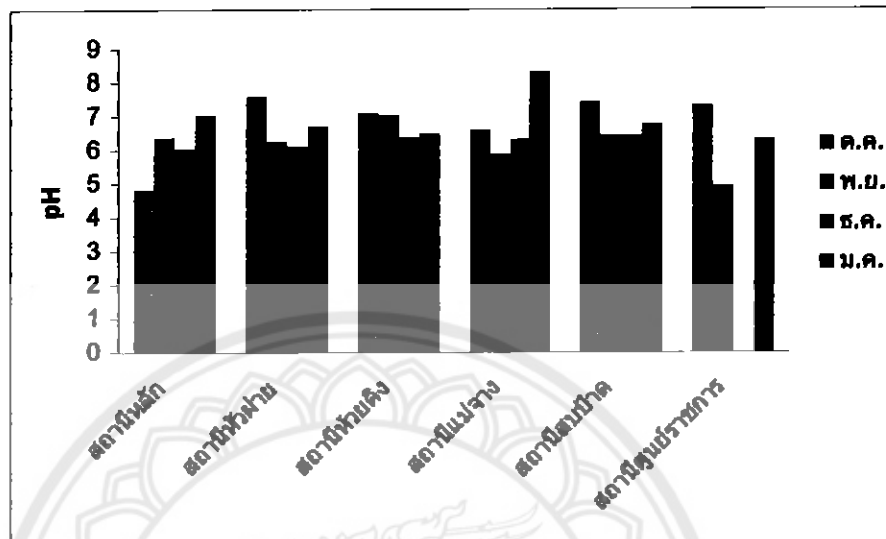
พบว่าความเข้มข้นฝุ่นตลบบริเวณรอบโรงไฟฟ้าแม่เมาะมีค่าค่าสุดที่สถานีหลัก 4.17 มิลลิกรัมต่อตารางเมตรต่อวัน และ มีค่าสูงสุดที่สถานีหัวน้ำ 128.23 มิลลิกรัมต่อตารางเมตรต่อวัน แสดงในภาคผนวก จ-2

#### 4.3 ผลการวิเคราะห์ลักษณะทางเคมี

ในการวิเคราะห์ลักษณะทางเคมี มีพารามิเตอร์ต่างๆ ที่ทำการวิเคราะห์ดังนี้ คือ ความเป็นกรด-ด่าง สภาพการนำไฟฟ้า ความเข้มข้นของไอออนชนิดต่างๆ ทั้งที่เป็นประจุลบ ได้แก่  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{NO}_3^-$  และ  $\text{Cl}^-$  และชนิดที่เป็นประจุบวก ได้แก่  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$  และ  $\text{Mg}^{2+}$  ซึ่งมีผลดังต่อไปนี้

#### 4.3.1 ค่าความเป็นกรด-ด่าง

ทำการเก็บตัวอย่างทั้งหมด 6 จุด ในช่วง ตุลาคม พ.ศ. 2552 ถึง มกราคม พ.ศ. 2553 ดังผล  
แสดงในภาพ



กราฟ 4.2 ค่าความเป็นกรด-ด่างของตัวอย่างแต่ละจุด

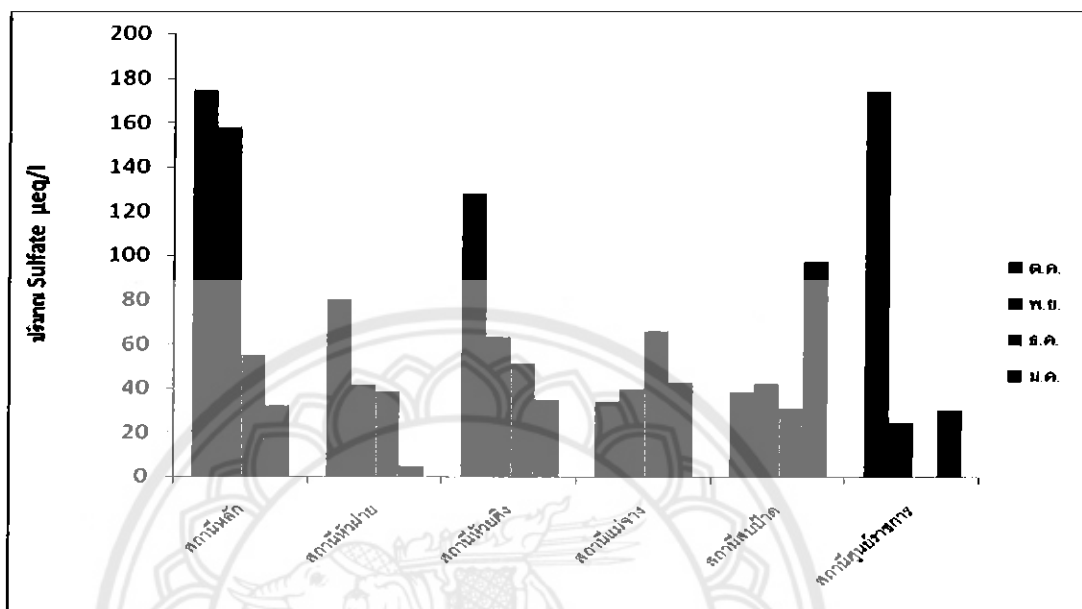
การวิเคราะห์ด้วย เครื่องวัดพีเอช พบค่าพีเอชสูงสุดมีค่า 8.32 ที่สถานีแม่จางในเดือน  
มกราคม พ.ศ.2553 และค่าต่ำสุด 4.85 ที่สถานีหลัก ในเดือนตุลาคม พ.ศ.2552 แสดงข้อมูลใน  
ภาคผนวก จ-1

#### 4.3.2 ความเข้มข้นของไอออนชนิดต่างๆ

การนำตัวอย่างที่เหลือจากการวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง และค่าการนำไฟฟ้าแล้ว ได้นำไป  
วิเคราะห์ค่าไอออนชนิดต่างๆ ทั้งที่เป็นประจุลบ ได้แก่  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{NO}_3^-$  และ  $\text{Cl}^-$  และประจุบวก ได้แก่  
 $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$  และ  $\text{Mg}^{2+}$  วิเคราะห์ โดยใช้เครื่อง Ion Chromatography ซึ่งผลที่ได้จากการ  
วิเคราะห์ เป็นมิลลิกรัมต่อลิตร เพื่อทำการเปรียบเทียบความเข้มข้นของไอออนจึงเปลี่ยนหน่วยเป็น  
มิลลิกรัมต่อตารางเมตรต่อวัน ผลการตรวจวัด พบว่าความเข้มข้นของไอออนแต่ละชนิดมีความ  
แตกต่างกัน แสดงว่าปัจจัยทางกายภาพ เช่น สภาพทางอุคุนิยมวิทยา และกิจกรรมที่เกิดขึ้นในพื้นที่มี  
ผลต่อความเข้มข้นของไอออน ดังนี้

#### 4.3.2.1 อีออนซัลเฟต

ความเข้มข้นของการตกสะสมของอีออนซัลเฟตที่ทำการศึกษาทั้งหมด 6 จุด ในช่วงเดือนตุลาคม พ.ศ. 2552 ถึง เดือนมกราคม พ.ศ. 2553 ดังต่อไปนี้

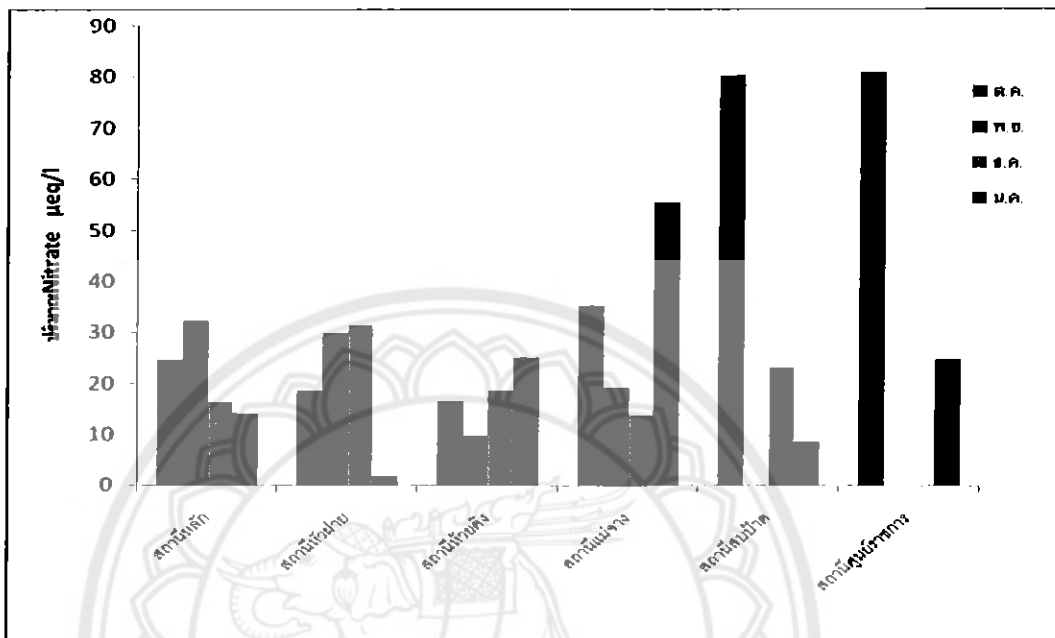


กราฟ 4.3 ความเข้มข้นของการตกสะสมของอีออนซัลเฟตบริเวณรอบโรงไฟฟ้าแม่เมาะ

สรุป การศึกษาความเข้มข้นของการตกสะสมของอีออนซัลเฟตในบริเวณรอบโรงไฟฟ้าแม่เมาะพบว่าความเข้มข้นของการตกสะสมของซัลเฟตบริเวณรอบโรงไฟฟ้าแม่เมาะมีค่าอยู่ในช่วง  $4.79 \mu\text{eq/l}$  ถึง  $174.63 \mu\text{eq/l}$  มีค่าเฉลี่ยสถานีหลัก  $104.84 \mu\text{eq/l}$  สถานีหัวฝาย  $41.05 \mu\text{eq/l}$  สถานีหัวคิง  $69.11 \mu\text{eq/l}$  สถานีแม่จาง  $45.33 \mu\text{eq/l}$  สถานีสบป่าด  $51.87 \mu\text{eq/l}$  สถานีศูนย์ราชการ  $76.12 \mu\text{eq/l}$  จะพบว่าความเข้มข้นของซัลเฟตมีค่าสูงสุดในเดือนตุลาคม พ.ศ.2552 และมีค่าต่ำสุดในเดือนมกราคม พ.ศ.2553 แสดงข้อมูลในภาคผนวก จ-3

4.3.2.2 อีออนไนเตรด

ความเข้มข้นของการตกสะสมของอีออนไนเตรดที่ทำการศึกษาทั้งหมด 6จุด ในช่วงเดือนตุลาคม พ.ศ. 2552 ถึง เดือนมกราคม พ.ศ. 2553 ดังต่อไปนี้

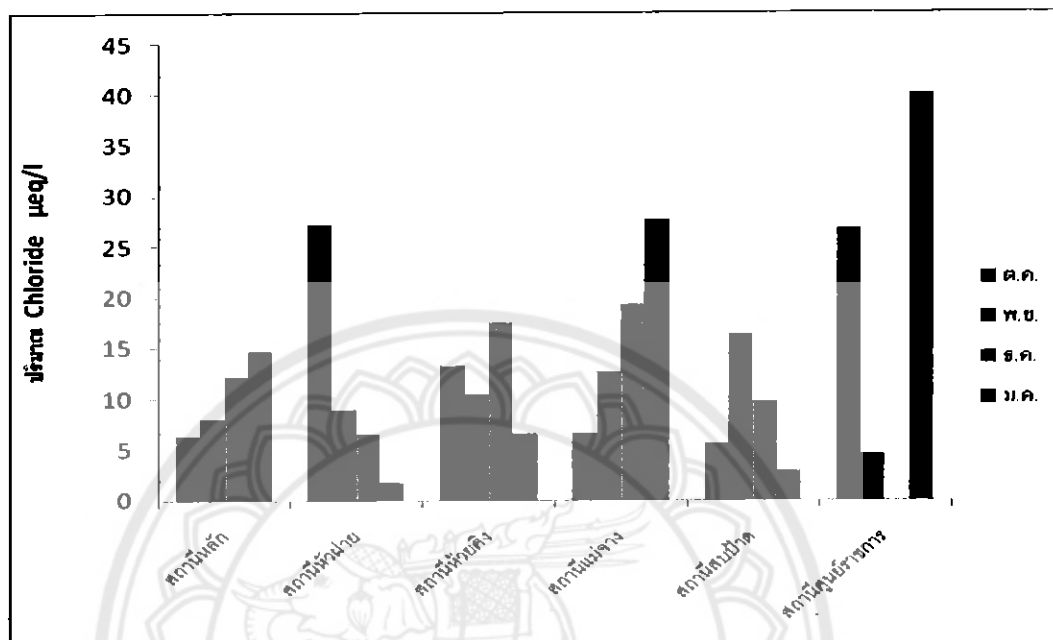


กราฟ 4.4 ความเข้มข้นของการตกสะสมของอีออนไนเตรดบริเวณรอบโรงไฟฟ้าแม่เมาะ

สรุป การศึกษาความเข้มข้นของการตกสะสมของอีออนไนเตรดในบริเวณรอบโรงไฟฟ้าแม่เมาะพบว่าความเข้มข้นของการตกสะสมของไนเตรดบริเวณรอบโรงไฟฟ้าแม่เมาะมีค่าอยู่ในช่วง 0.00 µeq/l ถึง 80.91 µeq/l มีค่าเฉลี่ยสถานีหลัก 21.84 µeq/l สถานีหัวฝาย 20.37 µeq/l สถานีหัวคิง 17.50 µeq/l สถานีแม่จาง 30.86 µeq/l สถานีสบป่าด 27.98 µeq/l สถานีศูนย์ราชการ 35.19 µeq/l จะพบว่าความเข้มข้นของไนเตรดมีค่าสูงสุดในเดือนตุลาคม พ.ศ.2552 และมีค่าต่ำสุดในเดือนพฤศจิกายน พ.ศ.2552 แสดงข้อมูลในภาคผนวก จ-4

### 4.3.2.3 อีออนคลอไรด์

ความเข้มข้นของการตกสะสมของอีออนคลอไรด์ที่ทำการตรวจวัดทั้งหมด 6 จุด ในช่วงเดือนตุลาคม พ.ศ. 2552 ถึง เดือนมกราคม พ.ศ. 2553 ดังต่อไปนี้



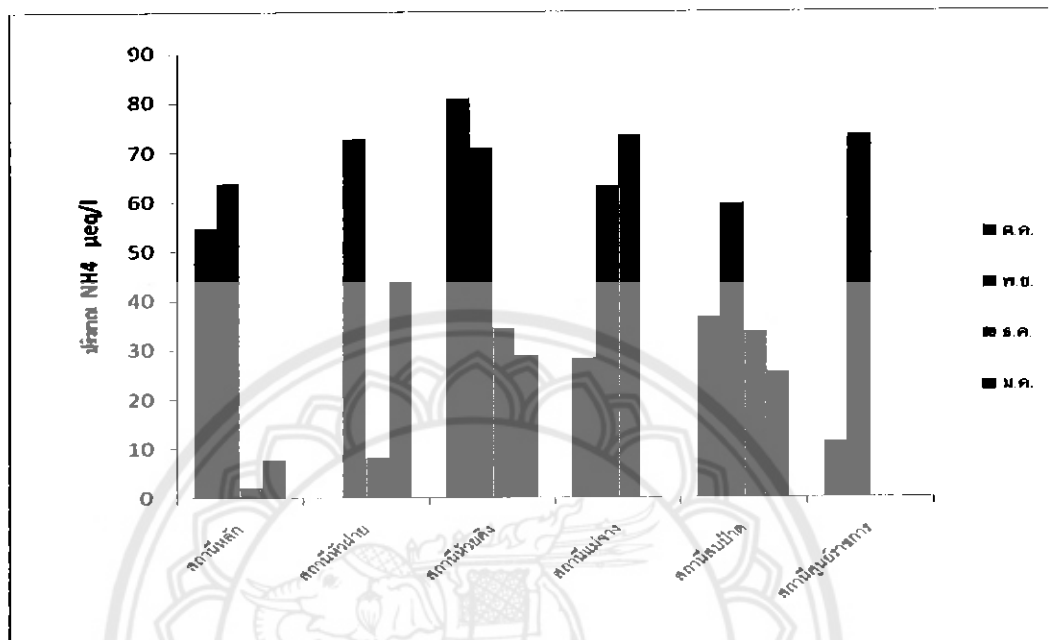
กราฟ 4.5 ความเข้มข้นของการตกสะสมของอีออนคลอไรด์บริเวณรอบโรงไฟฟ้าแม่เมาะ

สรุป การศึกษาความเข้มข้นของการตกสะสมของอีออนคลอไรด์ในบริเวณรอบโรงไฟฟ้าแม่เมาะพบว่าความเข้มข้นของการตกสะสมของคลอไรด์บริเวณรอบโรงไฟฟ้าแม่เมาะมีค่าอยู่ในช่วง  $1.69 \mu\text{eq/l}$  ถึง  $40.06 \mu\text{eq/l}$  มีค่าเฉลี่ยสถานีหลัก  $10.30 \mu\text{eq/l}$  สถานีหัวฝาย  $11.08 \mu\text{eq/l}$  สถานีหัวคิง  $11.87 \mu\text{eq/l}$  สถานีแม่จาง  $16.52 \mu\text{eq/l}$  สถานีสบป่าด  $8.55 \mu\text{eq/l}$  สถานีศูนย์ราชการ  $23.78 \mu\text{eq/l}$  จะพบว่าความเข้มข้นของคลอไรด์มีค่าสูงสุดในเดือนมกราคม พ.ศ.2553 และมีค่าต่ำสุดในเดือนมกราคม พ.ศ.2553 แสดงข้อมูลในภาคผนวก จ-5



#### 4.3.2.4 อีออนแอมโมเนียม

ความเข้มข้นของการตกสะสมของอีออนแอมโมเนียมที่ทำการตรวจวัดทั้งหมด 6 จุด ในช่วงเดือนตุลาคม พ.ศ. 2552 ถึง เดือนมกราคม พ.ศ. 2553 ดังต่อไปนี้

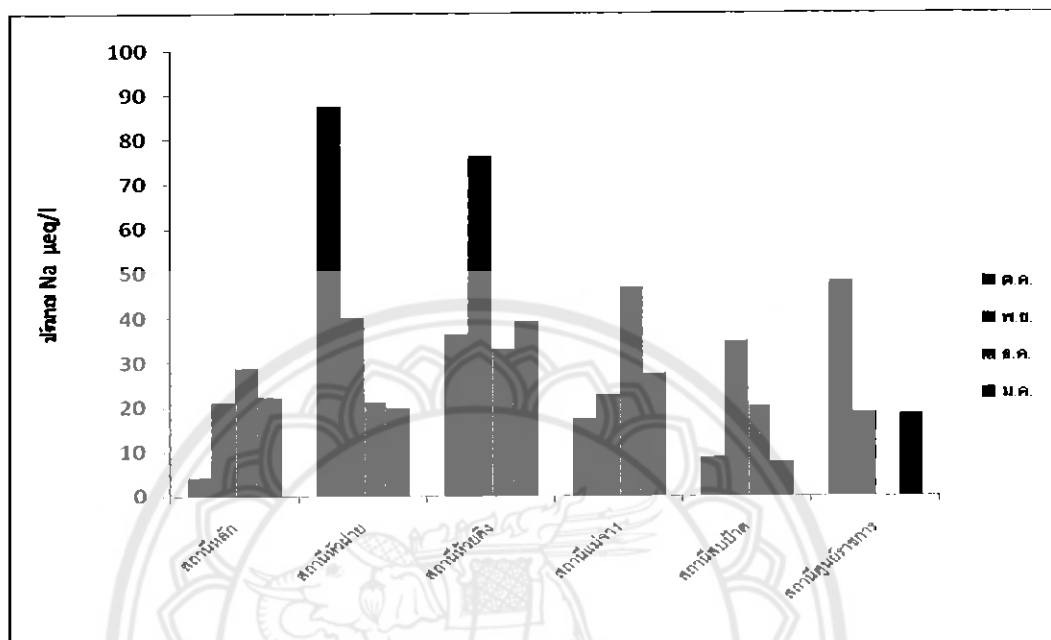


กราฟ 4.6 ความเข้มข้นของการตกสะสมของอีออนแอมโมเนียมบริเวณรอบโรงไฟฟ้าแม่เมาะ

สรุป การศึกษาความเข้มข้นของการตกสะสมของอีออนแอมโมเนียมในบริเวณรอบโรงไฟฟ้าแม่เมาะพบว่าความเข้มข้นของการตกสะสมของแอมโมเนียมบริเวณรอบโรงไฟฟ้าแม่เมาะมีค่าอยู่ในช่วง 0.00 µeq/l ถึง 80.83 µeq/l มีค่าเฉลี่ยสถานีหลัก 32.12 µeq/l สถานีหัวฝาย 31.15 µeq/l สถานีหัวคิง 53.76 µeq/l สถานีแม่จาง 41.25 µeq/l สถานีสบป่าด 38.80 µeq/l สถานีศูนย์ราชการ 28.26 µeq/l จะพบว่าความเข้มข้นของแอมโมเนียมมีค่าสูงสุดในเดือนตุลาคม พ.ศ.2552 และมีค่าต่ำสุดในเดือนมกราคม พ.ศ.2553 แสดงข้อมูลในภาคผนวก จ-6

#### 4.3.2.5 อีออนโซเดียม

ความเข้มข้นของการตกสะสมของอีออนโซเดียมที่ทำการตรวจวัดทั้งหมด 6 จุด ในช่วงเดือนตุลาคม พ.ศ. 2552 ถึง เดือนมกราคม พ.ศ. 2553 ดังต่อไปนี้

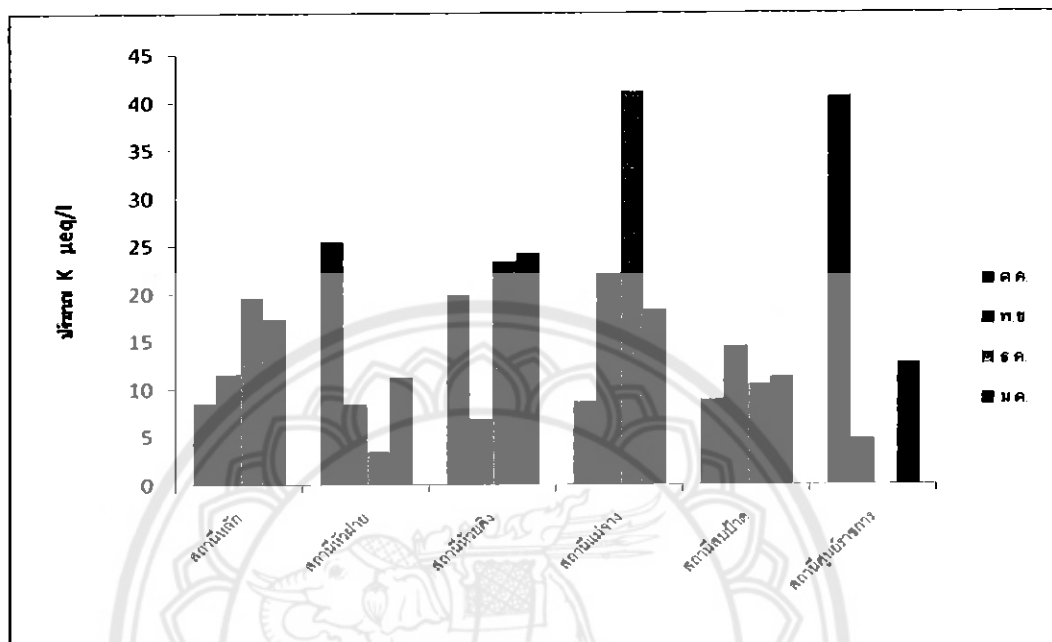


กราฟ 4.7 ความเข้มข้นของการตกสะสมของอีออนโซเดียมบริเวณรอบโรงไฟฟ้าแม่เมาะ

สรุป การศึกษาความเข้มข้นของการตกสะสมของอีออนโซเดียมในบริเวณรอบโรงไฟฟ้าแม่เมาะพบว่าความเข้มข้นของการตกสะสมของอีออนโซเดียมบริเวณรอบโรงไฟฟ้าแม่เมาะมีค่าอยู่ในช่วง 4.13  $\mu\text{eq/l}$  ถึง 87.40  $\mu\text{eq/l}$  มีค่าเฉลี่ยสถานีหลัก 19.03  $\mu\text{eq/l}$  สถานีหัวฝาย 41.99  $\mu\text{eq/l}$  ต่อวัน สถานีหัวคิง 46.14  $\mu\text{eq/l}$  สถานีแม่จาง 28.56  $\mu\text{eq/l}$  สถานีสบป่าด 17.72  $\mu\text{eq/l}$  สถานีศูนย์ราชการ 28.40  $\mu\text{eq/l}$  จะพบว่าความเข้มข้นของอีออนโซเดียมมีค่าสูงสุดในเดือนตุลาคม พ.ศ.2552 และมีค่าต่ำสุดในเดือนตุลาคม พ.ศ.2552 แสดงข้อมูลในภาคผนวก จ-7

#### 4.3.2.6 อีออนโพแทสเซียม

ความเข้มข้นของการตกสะสมของอีออนโพแทสเซียมที่ทำการตรวจวัดทั้งหมด 6 จุด ในช่วง เดือนตุลาคม พ.ศ. 2552 ถึง เดือนมกราคม พ.ศ. 2553 ดังต่อไปนี้

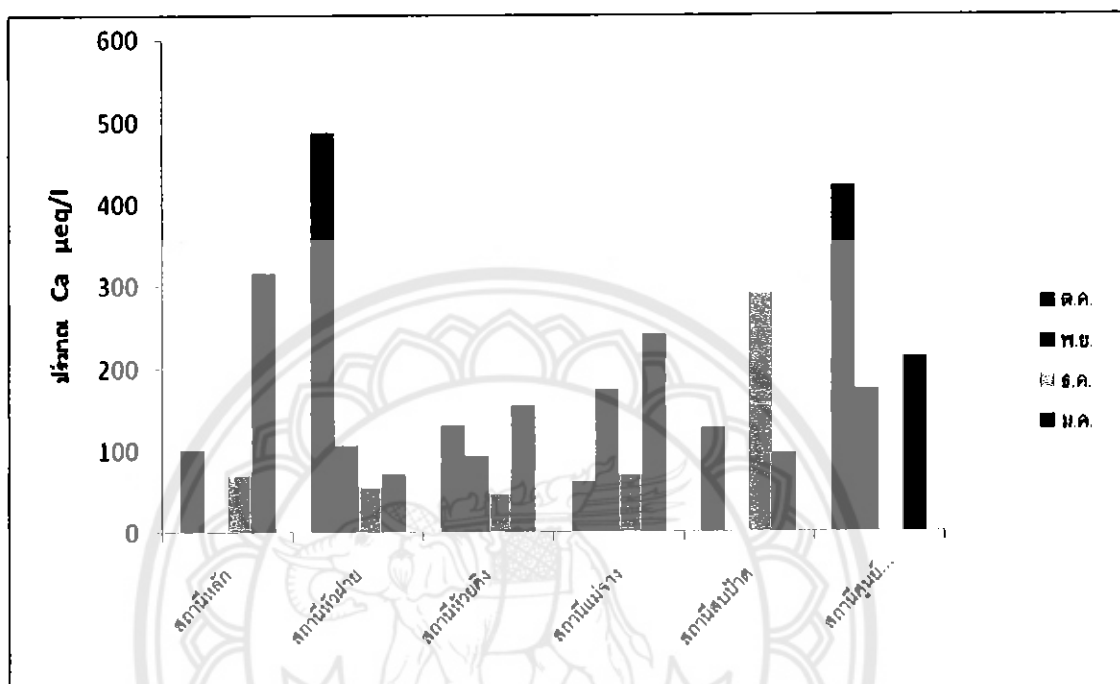


กราฟ 4.8 ความเข้มข้นของการตกสะสมของอีออนโพแทสเซียมบริเวณรอบโรงไฟฟ้าแม่เมาะ

สรุป การศึกษาความเข้มข้นของการตกสะสมของอีออนโพแทสเซียมในบริเวณรอบโรงไฟฟ้าแม่เมาะพบว่าความเข้มข้นของการตกสะสมของโพแทสเซียมบริเวณรอบโรงไฟฟ้าแม่เมาะมีค่าอยู่ในช่วง 3.55  $\mu\text{eq/l}$  ถึง 41.09  $\mu\text{eq/l}$  มีค่าเฉลี่ยสถานีหลัก 14.34  $\mu\text{eq/l}$  สถานีหัวฝาย 12.19  $\mu\text{eq/l}$  สถานีหัวคิง 18.65  $\mu\text{eq/l}$  สถานีแม่จาง 22.58  $\mu\text{eq/l}$  สถานีสบป่าด 11.29  $\mu\text{eq/l}$  สถานีศูนย์ราชการ 19.39  $\mu\text{eq/l}$  จะพบว่าความเข้มข้นของโพแทสเซียมมีค่าสูงสุดในเดือนธันวาคม พ.ศ.2552 และมีค่าต่ำสุดในเดือนธันวาคม พ.ศ.2552 แสดงข้อมูลในภาคผนวก จ-8

#### 4.3.2.7 อีออนแคลเซียม

ความเข้มข้นของการตกสะสมของอีออนแคลเซียมที่ทำการตรวจวัดทั้งหมด 6 จุด ในช่วงเดือนตุลาคม พ.ศ. 2552 ถึง เดือนมกราคม พ.ศ. 2553 ดังต่อไปนี้

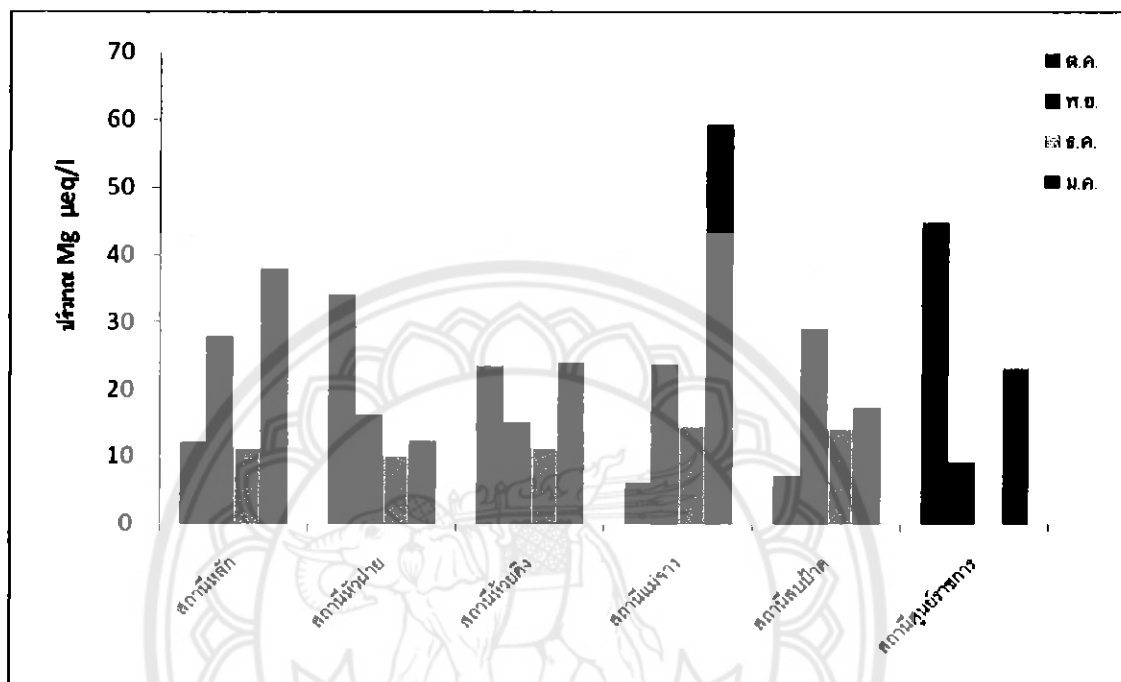


กราฟ 4.9 ความเข้มข้นของการตกสะสมของอีออนแคลเซียมบริเวณรอบโรงไฟฟ้าแม่เมาะ

สรุป การศึกษาความเข้มข้นของการตกสะสมของอีออนแคลเซียมในบริเวณรอบโรงไฟฟ้าแม่เมาะพบว่าความเข้มข้นของการตกสะสมของแคลเซียมบริเวณรอบโรงไฟฟ้าแม่เมาะมีค่าอยู่ในช่วง 0.00  $\mu\text{eq/l}$  ถึง 488.26  $\mu\text{eq/l}$  มีค่าเฉลี่ยสถานีหลัก 122.01  $\mu\text{eq/l}$  สถานีหัวฟ้าย 180.38  $\mu\text{eq/l}$  สถานีหัวคิง 106.37  $\mu\text{eq/l}$  สถานีแม่จาง 137.40  $\mu\text{eq/l}$  สถานีสบป่าด 129.08  $\mu\text{eq/l}$  สถานีศูนย์ราชการ 270.15  $\mu\text{eq/l}$  จะพบว่าความเข้มข้นของแคลเซียมมีค่าสูงสุดในเดือนตุลาคม พ.ศ.2552 และมีค่าต่ำสุดในเดือนพฤศจิกายน พ.ศ.2552 แสดงข้อมูลในภาคผนวก จ-9

#### 4.3.2.8 อีออนแมกนีเซียม

ความเข้มข้นของการตกสะสมของอีออนแมกนีเซียมที่ทำการตรวจวัดทั้งหมด 6 จุด ในช่วงเดือนตุลาคม พ.ศ. 2552 ถึง เดือนมกราคม พ.ศ. 2553 ดังต่อไปนี้



กราฟ 4.10 ความเข้มข้นของการตกสะสมของอีออนแมกนีเซียมบริเวณรอบโรงไฟฟ้าแม่เมาะ

สรุป การศึกษาความเข้มข้นของการตกสะสมของอีออนแมกนีเซียมในบริเวณรอบโรงไฟฟ้าแม่เมาะพบว่าความเข้มข้นของการตกสะสมของแมกนีเซียมบริเวณรอบโรงไฟฟ้าแม่เมาะมีค่าอยู่ในช่วง 6.19  $\mu\text{eq/l}$  ถึง 59.26  $\mu\text{eq/l}$  มีค่าเฉลี่ยสถานีหลัก 22.21  $\mu\text{eq/l}$  สถานีหัวฝาย 18.12  $\mu\text{eq/l}$  สถานีหัวขึง 18.32  $\mu\text{eq/l}$  สถานีแม่จาง 25.87  $\mu\text{eq/l}$  สถานีสบป่าด 16.84  $\mu\text{eq/l}$  สถานีศูนย์ราชการ 25.64  $\mu\text{eq/l}$  จะพบว่าความเข้มข้นของแมกนีเซียมมีค่าสูงสุดในเดือนมกราคม พ.ศ.2553 และมีค่าต่ำสุดในเดือนตุลาคม พ.ศ.2552 แสดงข้อมูลในภาคผนวก จ-10

สรุปผลการศึกษา ความเข้มข้นของไอออนต่างๆ เพื่อศึกษาการตกสะสม โดยพบว่าความเข้มข้นของการตกสะสมของไอออนตลอดระยะเวลาที่ทำการศึกษามีค่าดังนี้

ตาราง 4.1 ความเข้มข้นของไอออนชนิดต่างๆ

พารามิเตอร์	รอบบริเวณ โรงไฟฟ้าแม่เมาะ (µeq/l)		
	ต่ำสุด	สูงสุด	ค่าเฉลี่ย
ไอออนซัลเฟต	4.79	174.63	67.02±48.76
ไอออนไนเตรด	0.00	80.91	25.21±21.47
ไอออนคลอไรด์	1.69	40.06	12.43±5.98
ไอออนแอมโมเนียม	0.00	80.83	37.96±27.98
ไอออนโซเดียม	4.13	87.40	30.39±20.05
ไอออนโพแทสเซียม	3.55	41.09	16.28±10.01
ไอออนแคลเซียม	0.00	488.26	152.67±126.57
ไอออนแมกนีเซียม	6.20	59.26	20.97±13.16

เรียงจากมากไปน้อยดังนี้  $Ca^{2+} > SO_4^{2-} > Na^+ > NO_3^- > NH_4^+ > K^+ > Mg^{2+} > Cl^-$

ไอออนกลุ่มบวก  $Ca^{2+} > Na^+ > NH_4^+ > K^+ > Mg^{2+}$

ไอออนกลุ่มลบ  $SO_4^{2-} > NO_3^- > Cl^-$

ซึ่งเห็นได้ว่าความเข้มข้นของไอออนบวกที่พบสูงสุด คือ แคลเซียม โซเดียมและแอมโมเนียม ตามลำดับ ซึ่งมีความสามารถในการทำให้เป็นกลาง สามารถลดความเป็นกรดในน้ำฝนได้ ซึ่งสัมพันธ์กับค่าความเป็นกรดค่าที่สูงกว่าน้ำธรรมชาติ ความเป็นกรดในพื้นที่รอบโรงไฟฟ้าแม่เมาะเกิดจากไอออนซัลเฟตและไอออนไนเตรดเป็นหลัก เนื่องจากมีแหล่งกำเนิดจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงถ่านหิน ลิกไนต์ในการผลิตกระแสไฟฟ้า

ความสัมพันธ์ระหว่างไอออนที่ได้จากการวิเคราะห์ตัวอย่างบริเวณรอบโรงไฟฟ้าแม่เมาะ แสดงในรูปของสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ ( $p\text{-value} < 0.05$ ) ได้ดังตาราง 4.2

ตาราง 4.2 สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Pearson correlation coefficient) ของไอออนชนิดต่างๆ

	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	0.97							
Cl <sup>-</sup>	0.89	0.96						
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	0.65	0.50	0.44					
Na <sup>+</sup>	0.89	0.89	0.93	0.72				
K <sup>+</sup>	0.81	0.89	0.96	0.42	0.93			
Ca <sup>2+</sup>	0.94	0.93	0.95	0.37	0.84	0.89		
Mg <sup>2+</sup>	0.93	0.92	0.77	0.41	0.69	0.66	0.92	

จากตาราง แสดงค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของความเข้มข้นของไอออน พบว่า SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> และ NO<sub>3</sub><sup>-</sup> มีความสัมพันธ์ค่อนข้างสูง ( $r^2=0.97$ ) เนื่องจากแหล่งกำเนิดของไอออนทั้งสองมีแหล่งกำเนิดหลักมาจากโรงไฟฟ้าแม่เมาะใช้ถ่านหินลิกไนต์ในการเผาไหม้เพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า และการเผาไหม้ชีวมวลทางการเกษตร

นอกจากนี้ยังพบความสัมพันธ์ระหว่าง K<sup>+</sup> กับ Cl<sup>-</sup> ( $r^2=0.96$ ) และ ระหว่าง Ca<sup>+</sup> กับ Cl<sup>-</sup> ( $r^2=0.95$ ) ทั้งนี้อาจเป็นเพราะ K<sup>+</sup> ที่พบอาจเกี่ยวข้องกับฝุ่นขนาดเล็กที่เกิดขึ้นจากการเผาเชื้อเพลิงชีวมวล ซึ่งจากการสำรวจในพื้นที่โดยรอบจุดเก็บตัวอย่างพบว่าการนำถ่านไม้มาใช้หุงต้มภายในครัวเรือน เพราะไอออนเหล่านี้เป็นองค์ประกอบของฝุ่นละอองที่เกิดขึ้น

## บทที่ 5

### สรุปผลการทดลอง

#### สรุปผลวิจัย

การศึกษารังนี้ ได้ทำการศึกษาความเข้มข้นของฝุ่นตกบริเวณรอบ โรงไฟฟ้าแม่เมาะ อำเภอแม่เมาะจังหวัดลำปาง ทำการศึกษาจำนวน 6 จุด สรุปได้ดังนี้

#### ความเข้มข้นฝุ่นตกบริเวณโรงไฟฟ้าแม่เมาะ

ศึกษาความเข้มข้นฝุ่นตก โดยวิธี Dust fall Jar เก็บตัวอย่างความเข้มข้นฝุ่นตก ทุก 30 วัน บริเวณรอบโรงไฟฟ้าแม่เมาะมีค่าต่ำสุด คือ 4.17 มิลลิกรัมต่อตารางเมตรต่อวันที่สถานีหลัก และมีค่าสูงสุด 128.23 มิลลิกรัมต่อตารางเมตรต่อวันที่สถานีหัวฝาย

#### การวิเคราะห์ลักษณะทางเคมี

1. ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของตัวอย่างน้ำฝนมีค่าเฉลี่ยที่ 6.57 ซึ่งแสดงว่า ตัวอย่างน้ำฝนนั้น ไม่มีสภาพเป็นกรด โดยที่สภาพน้ำฝนธรรมชาติจะมีค่า pH อยู่ที่ 5.60 แสดงว่า ค่า pH ที่สูงกว่าน้ำฝนธรรมชาติ ทำให้มีสภาพเป็นกลาง
2. ความเข้มข้นของการตกสะสมของไอออนในพื้นที่ศึกษาจากสูงสุดไปต่ำสุด ได้แก่  $\text{Ca}^{2+} > \text{SO}_4^{2-} > \text{Na}^+ > \text{NO}_3^- > \text{NH}_4^+ > \text{K}^+ > \text{Mg}^{2+} > \text{Cl}^-$  ซึ่งไอออนแคลเซียม ไอออนซัลเฟตและไอออนไนเตรดเป็นสารที่มีความสามารถทำให้เป็นกลางซึ่งส่งผลให้ค่า pH เพิ่มขึ้น เมื่อเปรียบเทียบความเข้มข้นของไอออนต่างๆ ในแต่ละพื้นที่พบว่ามีความแตกต่างและชนิดของไอออนมีความแตกต่างกัน โดยที่สถานีศูนย์ราชการจะมีไอออนแคลเซียมสูงสุด โดยคาดว่าไอออนแคลเซียมที่สูงมาจากกิจกรรมการเผาไหม้ในพื้นที่นั้น



**ข้อเสนอแนะ**

1. ควรมีการติดตามผลทางจิตวิทยามิตรอย่างต่อเนื่อง ณ จุดเก็บตัวอย่าง เพื่อให้ได้ผลที่สอดคล้องกับผลการทดลองมากยิ่งขึ้น
2. การศึกษาการตกสะสมของฝุ่นตกรควรทำการเก็บตัวอย่างทุกๆจุด เพื่อเปรียบเทียบความเข้มข้นของฝุ่นตกรในแต่ละจุดว่าแตกต่างกันมากน้อยแค่ไหน





## เอกสารอ้างอิง

- กองการจัดการคุณภาพอากาศและเสียง. (2542). สถานการณ์และการจัดการปัญหามลพิษทางอากาศและเสียง ปี 2539-2540. กรุงเทพฯ: กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข.
- กรมควบคุมมลพิษ. (2547). คู่มือการตรวจสอบคุณภาพสิ่งแวดล้อมอย่างง่าย. สืบค้นเมื่อ 10 กันยายน 2551 จาก <http://www.pcd.go.th/index.cfm>
- ดำรงศักดิ์ คงสวัสดิ์. (2545). เคมีประยุกต์. กรุงเทพฯ: ศูนย์ส่งเสริมวิชาการ.
- ฝ่ายประชาสัมพันธ์ การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย(ธันวาคม 2541)
- พงษ์ชัย ชุมมมงคล. (2536). มลพิษทางอากาศและวิธีการควบคุม. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยพระจอมเกล้าธนบุรี.
- พงศธร วงษ์. (2550). ปริมาณโอโซนในฝุ่นตกลในเขตเมืองพิษณุโลก. วิทยานิพนธ์ วศ.ม.,มหาวิทยาลัยนเรศวร.
- มัลลิกา ปัญญาอะโป และคณะ. (2549). การตกสะสมของกรด ในพื้นที่ภาคตะวันตกของประเทศไทย. ใน เอกสารการประชุมทางวิชาการ สิ่งแวดล้อมนเรศวร ครั้งที่ 2. พิษณุโลก: มหาวิทยาลัยนเรศวร.
- มัลลิกา ปัญญาอะโป และคณะ. (2548). ผลของลักษณะทางอุณหภูมิต่ออัตราส่วนโดยมวลของ  $\text{NO}_3^-/\text{SO}_4^{2-}$  ในการตกสะสมแบบเปียก. ใน เอกสารการประชุมทางวิชาการสิ่งแวดล้อมนเรศวร ครั้งที่ 1. พิษณุโลก: มหาวิทยาลัยนเรศวร.
- มาริษา เพ็ญสุตภักฎิญาญกุล. (2542). ฝุ่นจากการจราจร : กลไกการเกิดผลกระทบต่อสุขภาพ. สืบค้นเมื่อวันที่ 16 มีนาคม 2553 จาก [http://www.anamai.moph.go.th/factsheet/envi4\\_6.htm](http://www.anamai.moph.go.th/factsheet/envi4_6.htm).
- ลัดดา ขาววิรัตน์. (2544). การศึกษาการตกสะสมของกรดในบริเวณเขตสาทรกรรมขนาดเล็กที่ใช้ถ่านหินเป็นเชื้อเพลิง. วิทยานิพนธ์ วศ.ม.,มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.
- วงศพันธ์ ลิ้มปเตนีย์, นิตยา มหาผล และ วีระ เกรต. (2540). มลภาวะอากาศ. (พิมพ์ครั้งที่ 5). กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- วิเชียร อริยภิญญา. (2544). การศึกษาเกลือไอออนิกในฝนกรด และผลต่อการตกสะสมของกรดในพื้นที่ชายฝั่งทะเลตะวันออกของประเทศไทย. วิทยานิพนธ์ วท.ม., มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.
- วินัย สมบูรณ์. (2539). ฝนกรดและคุณภาพน้ำฝนในกรุงเทพฯ. วารสารสิ่งแวดล้อม. 1(4), 5-6.
- ศิริกัลยา สุวจิตตานนท์ และคณะ. (2542). มลภาวะทางอากาศ. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ศกฤกษ์ พุทธิรักษ์กุล. (2545). การศึกษาการตกสะสมของกรดในพื้นที่ภาคเหนือของประเทศไทย.  
วิทยานิพนธ์ วศ.ม.,มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

Mustafa Arslan & Mustafa Boybay. (1989). A study on the characterization of dustfall. Turkey:  
Firat University, Chemistry Department, Elazi.







วิเคราะห์ความเข้มข้นของอนุภาคการตกสะสมของฝุ่น

วิเคราะห์ปริมาณด้วยวิธีการชั่งน้ำหนัก (Gravimetric method) การคำนวณหาความเข้มข้นของฝุ่น โดยมีวิธีการวิเคราะห์ดังนี้

#### การเตรียมขวดรูปชมพู่

1. ทำความสะอาดขวดรูปชมพู่ด้วย น้ำประปา และน้ำกลั่น ตามลำดับ หลังจากนั้นแช่ในกรวดในตริก และล้างด้วยน้ำกลั่นแบบขจัดไอออนแล้ว (Deionized Water)
2. อบให้แห้งในเตาอบ อุณหภูมิ 105 °C ประมาณ 3 ชั่วโมง
3. นำขวดรูปชมพู่ที่อบแล้วใส่ในตู้ควบคุมความชื้น ตั้งทิ้งไว้ให้เย็น
4. ชั่งน้ำหนักขวดรูปชมพู่เปล่าด้วยเครื่องชั่งละเอียด ทศนิยม 5 ตำแหน่งแล้วบันทึกน้ำหนักขวดรูปชมพู่ไว้เป็นน้ำหนักด้วยเปล่าครั้งหนึ่ง

#### วิธีเตรียมตัวอย่างเพื่อหาความเข้มข้นฝุ่น

1. ฝึคน้ำกลั่นรอบๆผนังภาชนะเก็บฝุ่น เพื่อชะฝุ่นที่ติดตามผนังภาชนะ แล้วใช้แท่งแก้วปาด คน หรือเขี่ย ฝุ่นที่ติดรอบๆ และก้นภาชนะ
2. เทสารละลายที่ได้จากข้อ 1. ลงในขวดที่ทราบน้ำหนักแล้ว โดยเทผ่านตะแกรงขนาด 20 mesh เพื่อกำจัดพวกใบไม้ ซากแมลงต่างๆ
3. ชะตัวอย่างในภาชนะเก็บประมาณ 2-3 ครั้ง จนกระทั่งภาชนะเก็บตัวอย่างสะอาด
4. นำขวดรูปชมพู่แห้งที่บรรจุตัวอย่าง ไปตั้งบนอ่างปรับอุณหภูมิได้ (Water Bath) ตั้งอุณหภูมิที่ประมาณ 105 องศาเซลเซียส แล้วระเหยจนสารละลายในขวดแห้ง
5. นำขวดรูปชมพู่ที่สารละลายแห้งแล้ว เข้าตู้อบอุณหภูมิประมาณ 105 องศาเซลเซียส เพื่ออบให้แห้งแล้วชั่งหาน้ำหนักของฝุ่น ซึ่งขั้นตอนเหมือนกับการเตรียมขวดรูปชมพู่
6. คำนวมน้ำหนักฝุ่น จากผลต่างระหว่างน้ำหนักขวดรูปชมพู่ที่มีตัวอย่างฝุ่นกับน้ำหนักขวดรูปชมพู่เปล่า
7. รายงานผลการวิเคราะห์ในหน่วยน้ำหนัก/พื้นที่ของปากภาชนะ/ระยะเวลาเก็บ

การคำนวณหาความเข้มข้นของอนุภาคการตกสะสมของฝุ่น หาได้จากสูตรดังนี้

$$DF(\text{mg}/\text{m}^2 / \text{day}) = \frac{(W_2(\text{g}) - W_1(\text{g})) \times 10^3}{A \times T}$$

โดยที่

DF = ความเข้มข้นของการตกสะสมของฝุ่นในอากาศ (มิลลิกรัม/ตารางเมตร/วัน)

$W_1$  = น้ำหนักขวครูปชมพู่ก่อนเก็บตัวอย่าง (กรัม)

$W_2$  = น้ำหนักขวครูปชมพู่หลังเก็บตัวอย่าง (กรัม)

A = พื้นที่หน้าตัดของอุปกรณ์เก็บตัวอย่าง (ตารางเมตร)

T = ระยะเวลาในการเก็บตัวอย่าง (วัน)

$10^3$  = เปลี่ยนหน่วยกรัม เป็น มิลลิกรัม







ตารางที่ ข-1 รายงานข้อมูลคุณภาพนิคมวิทยาประจำเดือน ตุลาคม 2552

วันที่	ความกดอากาศ เฉลี่ย (มิลลิบาร์)	อุณหภูมิ			ความชื้น (%) เฉลี่ย	ฝน ม.ม.
		สูง	ต่ำ	เฉลี่ย		
1	965	29.14	22.71	24.81	87	2
2	967	28.75	22.65	25.25	85	6
3	968	28.29	23.45	25.01	90	3
4	969	30.10	23.51	25.82	86	4
5	968	33.01	23.28	27.14	82	0
6	968	33.21	23.69	27.29	80	0
7	967	32.74	22.40	26.67	83	0
8	966	33.00	23.14	27.24	81	0
9	965	33.22	23.41	27.75	80	0
10	967	33.79	23.23	27.58	79	0
11	969	29.42	22.92	24.91	92	48
12	969	31.84	22.93	26.00	86	1
13	969	31.87	23.04	26.36	83	0
14	970	32.54	23.35	26.41	84	1
15	970	31.09	23.17	25.40	89	5
16	969	29.73	22.87	25.01	91	3
17	967	30.87	22.79	25.75	87	1
18	966	32.13	22.97	26.52	83	2
19	967	32.63	23.46	26.87	84	1
20	968	31.96	23.24	26.41	84	4
21	969	31.09	22.86	25.42	88	4
22	970	28.26	23.01	25.03	92	8
23	969	29.80	23.30	25.47	88	1
24	968	30.74	22.62	25.90	85	1
25	969	32.95	23.42	26.58	84	0
26	970	33.18	21.56	25.90	80	0
27	970	33.11	19.87	25.07	78	0
28	971	32.99	19.89	25.43	79	0
29	971	32.84	21.59	25.97	77	0
30	971	32.78	20.44	25.45	80	0
31	970	32.50	20.60	25.36	80	0
รวม	30022	980	701	806	2607	95
เฉลี่ย	968	32	23	26	84	3

ตารางที่ ข-2 รายงานข้อมูลอุณหภูมิตามรายวัน ประจำเดือน พฤศจิกายน 2552

วันที่	ความกดอากาศ เฉลี่ย (มิลลิบาร์)	อุณหภูมิ			ความชื้น (%) เฉลี่ย	ฝน ม.ม.
		สูง	ต่ำ	เฉลี่ย		
1	972	31.61	21.26	25.37	78	0
2	973	30.56	18.95	24.01	73	0
3	974	27.47	18.39	22.76	69	0
4	974	28.64	20.01	22.91	72	0
5	973	28.53	17.70	22.57	77	0
6	971	30.91	17.55	23.09	78	0
7	970	31.97	17.66	23.83	78	0
8	969	32.68	18.87	24.53	79	0
9	967	33.63	19.04	25.31	78	0
10	965	33.99	20.14	25.97	78	0
11	966	34.43	20.88	26.39	77	0
12	968	34.25	20.70	26.04	77	0
13	970	34.25	19.47	25.49	77	0
14	967	34.95	20.32	26.31	75	0
15	966	34.09	20.96	26.51	77	0
16	968	33.58	21.56	26.49	80	0
17	970	33.73	21.51	26.58	77	0
18	972	27.13	19.95	23.57	81	0
19	973	27.31	18.41	22.77	76	0
20	975	28.09	16.31	21.70	75	0
21	975	27.40	16.61	21.54	75	0
22	976	23.51	15.48	19.78	74	0
23	973	27.05	13.30	19.29	77	0
24	971	29.74	13.53	20.33	77	0
25	970	30.00	14.07	20.57	76	0
26	970	29.89	14.27	20.74	74	0
27	971	30.14	13.04	20.26	74	0
28	973	30.51	12.93	20.40	73	0
29	973	30.60	13.78	20.89	73	0
30	973	29.92	13.98	20.89	74	0
รวม	29128	921	531	697	2279	0
เฉลี่ย	971	31	18	23	76	0

ตารางที่ ข-3 รายงานข้อมูลคุณภาพวิทยาประจำเดือน ธันวาคม 2552

วันที่	ความกดอากาศ เฉลี่ย (มิลลิบาร์)	อุณหภูมิ			ความชื้น (%) เฉลี่ย	ฝน ม.ม.
		สูง	ต่ำ	เฉลี่ย		
1	973	29.12	16.12	21.22	74	0
2	973	29.82	13.83	20.81	71	0
3	973	28.94	14.41	20.45	73	0
4	972	28.53	14.95	20.31	77	0
5	972	28.02	15.23	20.35	74	0
6	971	28.20	12.74	19.44	73	0
7	971	28.54	12.56	19.48	75	0
8	971	29.02	13.54	20.03	75	0
9	970	29.22	13.90	20.31	75	0
10	970	29.00	14.10	20.24	76	0
11	971	29.13	13.30	19.95	76	0
12	971	29.76	12.47	19.69	75	0
13	972	29.41	13.99	20.34	76	0
14	971	30.45	13.61	20.69	75	0
15	972	30.77	15.49	21.78	75	0
16	972	31.39	15.50	22.29	75	0
17	972	31.40	16.52	22.90	75	0
18	973	30.80	17.12	23.02	77	0
19	975	29.82	19.49	23.83	74	0
20	975	29.78	17.63	22.80	74	0
21	974	29.50	17.44	22.18	74	0
22	973	29.22	15.69	20.98	75	0
23	972	29.89	13.98	20.70	74	0
24	971	30.72	14.47	21.31	72	0
25	969	31.17	15.15	22.13	71	0
26	968	31.18	15.34	22.50	70	0
27	968	31.54	14.26	21.93	69	0
28	968	30.66	15.40	22.67	73	0
29	968	31.57	16.76	23.20	72	0
30	969	30.85	14.82	22.18	71	0
31	969	31.28	15.94	22.76	73	0
รวม	30109	929	466	662	2289	0
เฉลี่ย	971	30	15	21	74	0

ตารางที่ ข-4 รายงานข้อมูลคุณิยัฒวิทยาประจำเดือน มกราคม 2553

วันที่	ความกดอากาศ เฉลี่ย (มิลลิบาร์)	อุณหภูมิ			ความชื้น (%) เฉลี่ย	ฝน ม.ม.
		สูง	ต่ำ	เฉลี่ย		
1	969	31.64	16.58	23.52	74	0
2	970	31.80	14.58	23.68	71	0
3	970	32.29	16.43	23.13	67	0
4	968	32.45	15.94	23.18	65	0
5	968	32.43	14.68	22.44	70	0
6	969	31.66	17.84	24.56	74	3
7	971	24.97	17.30	22.03	95	54
8	972	29.25	20.43	23.19	86	0
9	971	29.14	18.86	22.68	82	0
10	970	30.28	17.42	22.29	79	0
11	970	31.48	16.29	22.82	73	0
12	971	30.84	17.00	23.39	72	0
13	973	29.71	18.50	23.55	73	0
14	974	29.18	18.60	22.92	73	0
15	975	29.75	17.20	22.39	75	0
16	976	29.24	16.83	22.21	76	0
17	976	28.57	16.98	22.08	73	0
18	974	28.61	16.81	21.70	69	0
19	972	29.45	14.78	20.94	69	0
20	972	30.66	14.55	21.90	69	0
21	970	30.30	18.29	23.81	69	0
22	971	30.26	21.24	24.70	74	0
23	972	31.26	19.29	24.21	77	0
24	972	31.48	19.08	24.44	76	0
25	972	31.88	19.97	25.09	71	0
26	972	27.77	20.95	23.81	83	13
27	971	30.90	20.55	24.56	77	0
28	971	32.45	19.11	24.55	73	0
29	972	32.45	17.84	24.11	64	0
30	971	32.28	14.48	22.49	63	0
31	971	32.12	15.18	22.81	66	0
รวม	30116	947	544	719	2278	70
เฉลี่ย	971	31	18	23	73	2

ตารางที่ ข-5 รายงานข้อมูลจุดศูนย์รวมวิทยาประจำเดือน กุมภาพันธ์ 2553

วันที่	ความกดอากาศ เฉลี่ย (มิลลิบาร์)	อุณหภูมิ			ความชื้น (%) เฉลี่ย	ฝน ม.ม.
		สูง	ต่ำ	เฉลี่ย		
1	970	32.44	14.96	22.88	65	0
2	969	33.09	14.02	22.79	64	0
3	969	33.91	13.34	22.96	61	0
4	969	33.63	16.46	24.41	64	0
5	970	32.69	16.77	24.31	65	0
6	970	33.45	15.69	23.53	58	0
7	971	33.28	14.35	23.19	61	0
8	969	33.72	16.01	24.42	63	0
9	969	33.54	15.10	24.04	60	0
10	969	34.24	15.46	24.13	57	0
11	970	34.59	14.35	23.58	54	0
12	971	34.64	14.21	23.38	56	0
13	969	34.86	16.62	25.10	58	0
14	968	35.04	16.58	25.11	57	0
15	969	34.97	15.79	24.39	57	0
16	970	34.90	16.87	25.57	60	0
17	970	34.56	19.68	26.69	65	0
18	970	33.35	20.47	26.61	67	0
19	970	32.88	20.60	26.32	67	0
20	969	33.16	20.31	26.10	62	0
21	969	31.79	15.45	23.68	57	0
22	970	33.57	11.50	23.32	54	0
23	968	33.66	14.52	24.20	56	0
24	967	33.62	16.07	25.04	46	0
25	968	34.70	13.58	23.64	50	0
26	967	35.28	15.23	24.31	51	0
27	967	35.48	15.95	25.31	51	0
28	968	35.85	18.13	26.57	55	0
รวม	27135	951	448	686	1641	0
เฉลี่ย	969	34	16	24	59	0



## 1. การทำประกันคุณภาพ-ควบคุมคุณภาพ (QA/QC)

วัตถุประสงค์ในการทำประกันคุณภาพ-ควบคุมคุณภาพในการตรวจวัดการตกสะสมของกรดแบบเปียกมีวัตถุประสงค์เพื่อให้ได้มาซึ่งข้อมูลในหลายๆพื้นที่ที่เก็บตัวอย่างมีความถูกต้องและแม่นยำ ทำให้สามารถนำข้อมูลที่ได้ในแต่ละแห่งมาเปรียบเทียบกันได้อย่างมีเหตุผล ข้อมูลของการตกสะสมของกรดนำมาใช้ในการประเมินการกระจายของกรดในภาพรวม และแนวโน้มในอนาคต ใช้ในการวิจัยกระบวนการและผลกระทบของกรดต่อระบบนิเวศน์แหล่งน้ำ และระบบนิเวศน์บนพื้นดินตลอดจนใช้ในการประเมินแบบจำลองการเคลื่อนที่ของกรดในภูมิภาค ดังนั้นข้อมูลที่ได้อาจต้องเป็นข้อมูลที่เป็นตัวแทนที่ดี และเชื่อถือได้ และสามารถนำมาใช้เปรียบเทียบระดับความรุนแรงของแต่ละพื้นที่ในประเทศ หรือแต่ละประเทศได้

## 2. การตรวจสอบข้อมูล

เมื่อความไวของเครื่องมือวัดไม่อยู่ในสถานะที่มีเสถียรภาพ หรือเมื่อข้อมูลที่ทำการวัดหลายๆครั้งให้ค่าที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ หรือเมื่ออัตราส่วนระหว่างค่าที่คำนวณได้ทางทฤษฎีต่างจากค่าที่วัดได้ หรือต่างจากการประเมินโดยใช้ค่าการนำไฟฟ้ามาคำนวณอย่างมีนัยสำคัญ หรือเมื่อตัวอย่างน่าจะมีการปนเปื้อนถือได้ว่าข้อมูลเหล่านี้ไม่สามารถนำมาบันทึกไว้ ปัญหาเหล่านี้จะทำให้เสียทั้งเวลา แรงงาน และค่าใช้จ่าย และมีผลกระทบต่อการรายงานผล ดังนั้นจึงต้องมีการตรวจสอบอย่างรอบคอบกับข้อมูลที่มีคุณภาพไม่เพียงพอ และต้องมีการทบทวนกระบวนการต่างๆ เพื่อป้องกันเกิดปัญหาดังกล่าวขึ้นอีก

เมื่อความเข้มข้นของไอออนที่วัดได้ในหน่วย มิลลิกรัมต่อลิตร (mg/l) จะต้องเปลี่ยนเป็น ไมโครกรัมสมมูลต่อลิตร ( $\mu\text{eq/l}$ ) ดังนี้

$$\mu\text{eq/l} = \text{mg/l} \times (1000/\text{equivalent weight})$$





ตารางที่ ง-1 ความเข้มข้นของฝุ่นตกและการตกสะสมของไอออน

เดือน	จุดเก็บ ตัวอย่าง	ความเข้มข้นของฝุ่นตก (mg/m <sup>2</sup> /d)	ความเข้มข้นของการตกสะสมไอออนในฝุ่นตก (mg/m <sup>2</sup> /d)									
			SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Ca <sup>+</sup>	Mg <sup>+</sup>		
ต.ค.	1	4.17	0.431	0.078	0.012	0.051	0.005	0.0174	0.104	0.007		
ต.ค.	2	33.96	0.197	0.059	0.050	0.000	0.103	0.0512	0.503	0.021		
ต.ค.	3	11.98	0.315	0.053	0.024	0.075	0.043	0.0401	0.134	0.015		
ต.ค.	4	17.08	0.083	0.112	0.012	0.026	0.020	0.0175	0.064	0.004		
ต.ค.	5	35.83	0.094	0.256	0.010	0.034	0.010	0.0179	0.132	0.004		
ต.ค.	6	5.72	0.429	0.258	0.049	0.011	0.057	0.0817	0.435	0.028		
พ.ย.	1	80.62	0.390	0.103	0.015	0.059	0.025	0.0234	0.000	0.017		
พ.ย.	2	5.31	0.102	0.095	0.016	0.068	0.047	0.0171	0.109	0.010		
พ.ย.	3	65.62	0.156	0.031	0.019	0.066	0.090	0.0139	0.096	0.009		
พ.ย.	4	59.79	0.098	0.061	0.023	0.059	0.027	0.0445	0.181	0.015		
พ.ย.	5	87.81	0.103	0.000	0.030	0.055	0.041	0.0292	0.000	0.018		
พ.ย.	6	55.73	0.060	0.000	0.008	0.068	0.022	0.0096	0.181	0.006		
ธ.ค.	1	66.77	0.135	0.052	0.022	0.002	0.034	0.0396	0.073	0.007		
ธ.ค.	2	46.56	0.095	0.100	0.012	0.007	0.025	0.0071	0.058	0.006		
ธ.ค.	3	40.73	0.127	0.060	0.032	0.032	0.039	0.0472	0.049	0.007		

ตารางที่ ง-1 ความเข้มข้นของฝุ่นตกและการตกสะสมของไอออน (ต่อ)

เดือน	จุดเก็บ ตัวอย่าง	ความเข้มข้นของฝุ่นตก (mg/m <sup>2</sup> /d)	ความเข้มข้นของการตกสะสมไอออนในฝุ่นตก (mg/m <sup>2</sup> /d)							
			SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Ca <sup>+</sup>	Mg <sup>+</sup>
ธ.ค.	4	128.229	0.162	0.044	0.035	0.068	0.056	0.0826	0.073	0.009
ธ.ค.	5	54.271	0.076	0.074	0.018	0.031	0.024	0.0211	0.302	0.009
ธ.ค.	6	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ม.ค.	1	53.646	0.079	0.045	0.027	0.007	0.026	0.0350	0.326	0.024
ม.ค.	2	86.563	0.012	0.006	0.003	0.041	0.023	0.0226	0.074	0.008
ม.ค.	3	68.958	0.085	0.080	0.012	0.027	0.046	0.0489	0.159	0.015
ม.ค.	4	24.583	0.104	0.177	0.050	0.000	0.032	0.0370	0.249	0.037
ม.ค.	5	26.042	0.240	0.027	0.005	0.024	0.009	0.0226	0.099	0.011
ม.ค.	6	36.771	0.074	0.079	0.073	0.000	0.022	0.0257	0.220	0.014



ตารางที่ จ-1 ค่าพีเอช

	ค.ค.	ท.ย.	ธ.ค.	ม.ค.
สถานีหลัก	4.85	6.37	6.07	7.04
สถานีหัวฝาย	7.63	6.3	6.13	6.74
สถานีหัวคิง	7.1	7.07	6.38	6.48
สถานีแม่จาง	6.61	5.88	6.36	8.32
สถานีสบป่าค	7.45	6.45	6.42	6.79
สถานีศูนย์ราชการ	7.33	4.92	-	6.34

ตารางที่ จ-2 ค่าความเข้มข้นฝุ่นตก หน่วย มิลลิกรัมต่อตารางเมตรต่อวัน

	ค.ค.	ท.ย.	ธ.ค.	ม.ค.
สถานีหลัก	4.17	80.63	66.78	53.65
สถานีแม่จาง	33.96	5.31	46.56	86.56
สถานีสบป่าค	11.98	65.63	40.73	68.96
สถานีหัวฝาย	17.08	59.79	128.23	24.58
สถานีหัวคิง	35.83	87.81	54.27	26.04
สถานีศูนย์ราชการ	5.73	55.73	F	36.77

ตารางที่ จ-3 ค่าซัลเฟต หน่วย  $\mu\text{eq/l}$ 

$\mu\text{eq/l}$	ต.ก.	ท.ย.	ช.ก.	ม.ก.
สถานีหลัก	174.63	157.89	54.79	32.07
สถานีหัวฝาย	79.97	41.09	38.37	4.79
สถานีหัวคิง	127.50	63.05	51.32	34.57
สถานีแม่จาง	33.67	39.57	65.80	42.28
สถานีสบป่าด	37.90	41.64	30.89	97.05
สถานีศูนย์ราชการ	173.86	24.50	-	29.99

ตารางที่ จ-4 ค่าไนเตรต หน่วย  $\mu\text{eq/l}$ 

$\mu\text{eq/l}$	ต.ก.	ท.ย.	ช.ก.	ม.ก.
สถานีหลัก	24.55	32.25	16.36	14.19
สถานีหัวฝาย	18.45	29.89	31.37	1.77
สถานีหัวคิง	16.50	9.82	18.69	25.0
สถานีแม่จาง	35.11	19.15	13.69	55.48
สถานีสบป่าด	80.34	0.000	23.03	8.55
สถานีศูนย์ราชการ	80.90	0.000	-	24.67

ตารางที่ จ-5 ค่าคลอไรด์ หน่วย  $\mu\text{eq/l}$ 

$\mu\text{eq/l}$	ค.ก.	ท.ย.	ช.ก.	ม.ก.
สถานีหลัก	6.30	8.02	12.23	14.67
สถานีหัวฝาย	27.19	8.89	6.53	1.69
สถานีหัวคิง	13.19	10.32	17.48	6.49
สถานีแม่จาง	6.54	12.65	19.26	27.65
สถานีสบป่าด	5.48	16.21	9.70	2.82
สถานีศูนย์ราชการ	26.75	4.55	-	40.06

ตารางที่ จ-6 ค่าแอมโมเนียม หน่วย  $\mu\text{eq/l}$ 

$\mu\text{eq/l}$	ค.ก.	ท.ย.	ช.ก.	ม.ก.
สถานีหลัก	54.75	63.80	2.18	7.76
สถานีหัวฝาย	0.00	72.76	8.07	43.79
สถานีหัวคิง	80.83	70.97	34.41	28.83
สถานีแม่จาง	28.37	63.15	73.48	0.00
สถานีสบป่าด	36.57	59.52	33.63	25.50
สถานีศูนย์ราชการ	11.34	73.46	-	0.00

ตารางที่ จ-7 ค่าโซเดียมหน่วย  $\mu\text{eq/l}$ 

$\mu\text{eq/l}$	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.
สถานีหลัก	4.13	21.08	28.74	22.18
สถานีหัวฝาย	87.40	39.95	21.06	19.57
สถานีหัวคิง	36.27	76.16	32.99	39.15
สถานีแม่จาง	17.18	22.73	46.94	27.40
สถานีสบป่าด	8.63	34.62	20.22	7.40
สถานีศูนย์ราชการ	48.18	18.77	-	18.27

ตารางที่ จ-8 ค่าโพแทสเซียม หน่วย  $\mu\text{eq/l}$ 

$\mu\text{eq/l}$	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.
สถานีหลัก	8.63	11.65	19.69	17.39
สถานีหัวฝาย	25.45	8.52	3.55	11.25
สถานีหัวคิง	19.92	6.93	23.44	24.30
สถานีแม่จาง	8.69	22.13	41.09	18.41
สถานีสบป่าด	8.90	14.52	10.50	11.25
สถานีศูนย์ราชการ	40.60	4.79	-	12.79



ตารางที่ จ-9 ค่าแคลเซียม หน่วย  $\mu\text{eq/l}$ 

$\mu\text{eq/l}$	ต.ก.	พ.ย.	ธ.ก.	ม.ก.
สถานีหลัก	101.08	0.00	70.59	316.37
สถานีหัวฝาย	488.26	105.92	55.97	71.36
สถานีหัวคิง	130.24	93.31	47.23	154.69
สถานีแม่จาง	61.83	175.11	70.64	242.02
สถานีสบป่าด	127.93	0.00	292.57	95.81
สถานีศูนย์ราชการ	422.27	175.11	-	213.07

ตารางที่ จ-10 ค่าแมกนีเซียม หน่วย  $\mu\text{eq/l}$ 

$\mu\text{eq/l}$	ต.ก.	พ.ย.	ธ.ก.	ม.ก.
สถานีหลัก	11.99	27.83	11.15	37.86
สถานีหัวฝาย	33.95	16.17	9.99	12.35
สถานีหัวคิง	23.33	15.01	11.07	23.87
สถานีแม่จาง	6.20	23.59	14.44	59.26
สถานีสบป่าด	6.97	29.00	14.09	17.28
สถานีศูนย์ราชการ	44.79	9.09	-	23.05