

การกระจายตัวของฝุ่นละอองขนาดต่างๆ และองค์ประกอบที่ถูกดูดซับ  
บนอนุภาคฝุ่นที่เกิดจากการเผาขยะบ้านเรือน

SIZE DISTRIBUTION OF PARTICLES AND COMPOSITIONS  
ADSORBED ON THE PARTICLES EMITTED FROM  
HOUSEHOLD SOLID WASTE BURNING



โครงการวิจัยเกี่ยวกับสิ่งแวดล้อมของภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สาขาวิชาเคมีสิ่งแวดล้อม

คณะวิทยาศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา ๒๕๕๕

การกระจายตัวของฝุ่นละอองขนาดต่างๆ และองค์ประกอบที่ถูกดูดซับ  
บนอนุภาคฝุ่นที่เกิดจากการเผาขยะบ้านเรือน  
SIZE DISTRIBUTION OF PARTICLES AND COMPOSITIONS  
ADSORBED ON THE PARTICLES EMITTED FROM  
HOUSEHOLD SOLID WASTE BURNING



โครงการพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต  
สาขาวิชาเคมีสิ่งแวดล้อม  
คณะวิทยาศาสตร์  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
ปีการศึกษา 2555

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**SIZE DISTRIBUTION OF PARTICLES AND COMPOSITIONS  
ADSORBED ON THE PARTICLES EMITTED FROM  
HOUSEHOLD SOLID WASTE BURNING**



**A SPECIAL PROJECT SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF  
THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF BACHELOR OF SCIENCE  
IN ENVIRONMENTAL CHEMISTRY  
FACULTY OF SCIENCE  
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG  
ACADEMIC YEAR 2012**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อโครงการพิเศษ การกระจายตัวของฝุ่นละอองขนาดต่างๆ และองค์ประกอบที่ถูกดูดซับบนอนุภาคฝุ่นที่เกิดจากการเผาขยะบ้านเรือน  
Size distribution of particles and compositions adsorbed on the particles emitted from household solid waste burning

ชื่อนักศึกษา นางสาวดาริกา เชื้อนสอน  
นางสาวนิชา ลำดับพงศ์  
นางสาวอนงค์รัตน์ ศรีลารักษ์

ปริญญา วิทยาศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชา เคมีสิ่งแวดล้อม

อาจารย์ที่ปรึกษา ผศ.ดร.สุวรรณณี จรรยาพูน

คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง อนุมัติให้โครงการพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาเคมีสิ่งแวดล้อม ประจำปีการศึกษา 2555

คณะกรรมการสอบ	ลายมือชื่อ
ผศ.ครองแก้ว ทิพย์ศักดิ์	
ผศ.ดร.ชมพูนุท ไชยรักษ์	
ผศ.ดร.สุวรรณณี จรรยาพูน	

ลิขสิทธิ์ของคณะวิทยาศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อโครงการพิเศษ	การกระจายตัวของฝุ่นละอองขนาดต่างๆ และองค์ประกอบที่ถูกดูดซับบนอนุภาคฝุ่นที่เกิดจากการเผาขยะบ้านเรือน	
ชื่อนักศึกษา	นางสาวดาริกา	เชื่อนสอน
	นางสาวนิชา	ลำดับพงศ์
	นางสาวอนงค์รัตน์	ศรีลาภักย์
ปริญญา	วิทยาศาสตรบัณฑิต	
สาขาวิชา	เคมีสิ่งแวดล้อม	
ปีการศึกษา	2555	
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผศ.ดร. สุวรรณิ จรรยาพูน	

### บทคัดย่อ

โครงการพิเศษนี้ศึกษารูปแบบการกระจายตัวของฝุ่นละอองขนาดต่างๆ และองค์ประกอบทางเคมีของฝุ่นที่ถูกดูดซับบนอนุภาคฝุ่นที่เกิดจากการเผาขยะบ้านเรือน ทำการเก็บตัวอย่างฝุ่นด้วยเครื่องเก็บตัวอย่างแบบ 8 ชั้น (Eight-Stage Cascade Impactor) ที่อัตราการไหล 28.3 ลิตรต่อนาที เป็นเวลาประมาณ 1 ชั่วโมง ที่ระยะความสูง 1.8 เมตร จากระดับพื้นดิน และห่างจากจุดเผาขยะมาทิศทางใต้ลม 1 เมตร โดยศึกษาชนิดและปริมาณของไอออนที่ละลายน้ำได้ ด้วยเครื่องไอออน โครมาโทกราฟี ศึกษาชนิดและปริมาณของอินทรีย์คาร์บอนและอนินทรีย์คาร์บอนที่ถูกดูดซับบนอนุภาคฝุ่นด้วยเครื่อง TOC-SSM Analyzer จากผลการทดลองพบว่าการแพร่กระจายขนาดอนุภาคของฝุ่นละอองที่เกิดจากการเผาขยะจากบ้านเรือนพบฝุ่นขนาด < 2.5 ไมครอน มากกว่าฝุ่นขนาด 2.5-10 ไมครอน ซึ่งส่งผลกระทบต่อระบบทางเดินหายใจของมนุษย์ องค์ประกอบที่ถูกดูดซับบนอนุภาคฝุ่นละอองพบไอออนที่ละลายน้ำได้ คือ  $\text{Li}^+$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{F}^-$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{NO}_3^-$  และ  $\text{SO}_4^{2-}$  นอกจากนี้ ยังพบปริมาณอินทรีย์คาร์บอนทั้งหมดสูงกว่าสารอนินทรีย์คาร์บอน

**คำสำคัญ :** การกระจายตัวของฝุ่นละออง การเผาขยะบ้านเรือน ไอออนละลายน้ำได้  
อินทรีย์คาร์บอน อนินทรีย์คาร์บอน

<b>Title</b>	Size distribution of particles and compositions adsorbed on the particles emitted from household solid waste burning	
<b>Students</b>	Darika	Khuanson
	Nicha	Lumdabpong
	Anongrat	Srilarak
<b>Degree</b>	Bachelor of Science	
<b>Major Program</b>	Environmental Chemistry	
<b>Academic Year</b>	2012	
<b>Advisor</b>	Asst. Prof. Dr. Suwannee Junyapoon	

### ABSTRACT

This special project studied size distribution of particles and compositions adsorbed on the particles emitted from household solid waste burning. The particle samples were collected by Eight-stage Cascade Impactor with flow rate 28.3 L/min for 1 hr, at 1.8 m above ground level and 1 m downwind from burning site. Types and amounts of soluble ions were analyzed by ion chromatograph. Organic carbons and inorganic carbons adsorbed on the particles were investigated by TOC-SSM Analyzer. The results showed that the size distribution of particles < 2.5  $\mu\text{m}$  were larger than that of 2.5-10  $\mu\text{m}$  which affect the human respiratory system. Soluble ions found were  $\text{Li}^+$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{F}^-$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{NO}_3^-$  and  $\text{SO}_4^{2-}$ . It was found that the particles contained higher amount of total organic carbons than inorganic carbons.

**Keywords :** Particle size distribution, household solid waste burning, soluble ions, organic carbons, inorganic carbons

## กิตติกรรมประกาศ

โครงการพิเศษนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี เนื่องจากความช่วยเหลือจากบุคคลผู้มีพระคุณ ดังนี้  
ขอขอบพระคุณ ผศ.ดร. สุวรรณิ จรรยาพูน อาจารย์ประจำสาขาวิชาเคมี สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการพิเศษ ที่ได้ดูแลเอาใจใส่ ให้คำแนะนำ ให้คำปรึกษาอย่างใกล้ชิด และเสนอแนะแนวทางแก้ปัญหา รวมทั้งตรวจแก้โครงการพิเศษฉบับนี้ให้มีความสมบูรณ์

ขอขอบพระคุณ ผศ. กรองแก้ว ทิพย์ศักดิ์ และ ผศ.ดร. ชมพูนุท ไชยรักษ์ ที่ได้ให้คำแนะนำ และชี้แนะแนวทางการแก้ปัญหาในการศึกษา รวมถึงอาจารย์ประจำสาขาวิชาเคมีที่ได้ให้คำแนะนำ และข้อคิดเห็นเพิ่มเติม

ขอขอบพระคุณ คุณรัตติญา ไชยสุนทร ที่ได้ความสะดวกสบายในการเอื้อเฟื้อสถานที่ในการเผยแผ่ เพื่อเก็บตัวอย่างศึกษางานวิจัยครั้งนี้

ขอขอบคุณพี่ปราณี บุญวัฒน์ นักวิทยาศาสตร์ สาขาวิชาเคมี ที่ให้ความรู้และความช่วยเหลือในการใช้เครื่องมือในการทำการศึกษา และเจ้าหน้าที่ประจำห้องปฏิบัติการ สาขาวิชาเคมีทุกท่านที่ให้ความช่วยเหลือในทุกๆด้านอย่างเต็มที่

ขอขอบคุณพ่อแม่ พี่ๆ ที่ช่วยเหลือและให้กำลังใจ ให้มีกำลังใจในการฝ่าฟันอุปสรรคตลอดระยะเวลาในการทำโครงการพิเศษนี้

สุดท้ายนี้ผู้จัดทำสำนึกในพระคุณของทุกๆ ท่าน และขอถือโอกาสนี้กราบขอบพระคุณทุกท่านที่ให้ความอนุเคราะห์ ให้กำลังใจและคำปรึกษากับโครงการพิเศษนี้ตลอดมา

ดาริกา เชื้อนสอน  
นิชา ลำดับพงศ์  
อนงค์รัตน์ ศรีลาภักษ์

# สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญตาราง	VII
สารบัญรูป	X
คำย่อและสัญลักษณ์	XI
<b>บทที่ 1 บทนำ</b>	
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของงานวิจัย	1
1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย	1
1.3 ขอบเขตของงานวิจัย	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
<b>บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง</b>	
2.1 ขยะบ้านเรือน	3
2.2 แหล่งกำเนิดของขยะ	5
2.3 องค์ประกอบของขยะ	6
2.4 การจัดการขยะ	8
2.5 การเผาขยะในที่โล่งแจ้ง	12
2.6 ฝุ่นละออง	13
2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	27
<b>บทที่ 3 วิธีการดำเนินงานวิจัย</b>	
3.1 เครื่องมือและอุปกรณ์	30
3.2 สารเคมี	31
3.3 ขยะที่ใช้ในการศึกษา	31
3.4 สถานที่เก็บตัวอย่าง	32

## สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
<b>บทที่ 3 วิธีการดำเนินงานวิจัย (ต่อ)</b>	
3.5 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย	33
3.5.1 การเตรียมกระดาษกรอง	34
3.5.2 การติดตั้งอุปกรณ์เครื่องเก็บตัวอย่างฝุ่นละอองคัดแยกขนาด	34
3.5.3 การเก็บฝุ่นละอองที่เกิดจากการเผาขยะบ้านเรือน	36
3.5.4 การวิเคราะห์หาลองค์ประกอบทางกายภาพและทางเคมีในตัวอย่างฝุ่นละออง	
3.5.4.1 การวิเคราะห์หาลักษณะรูปร่างของตัวอย่างฝุ่นละออง ด้วยเครื่อง Scanning Electron Microscopy (SEM)	38
3.5.4.2 การวิเคราะห์หาปริมาณธาตุองค์ประกอบในตัวอย่างฝุ่นละออง ด้วยเครื่อง X-Ray Fluorescence Spectrometry (XRF)	38
3.5.4.3 การวิเคราะห์หาปริมาณ ไอออนที่ละลายน้ำได้ (วิธีมาตรฐาน Ion Chromatography ด้วยวิธี Chemical Suppression of Eluent Conductivity)	38
3.5.4.4 การวิเคราะห์หาปริมาณสารอินทรีย์คาร์บอนทั้งหมด (Total Organic Carbon, TOC)	39
<b>บทที่ 4 ผลการวิจัยและอภิปรายผล</b>	
4.1 ผลการศึกษารูปแบบการกระจายขนาดและความเข้มข้นของฝุ่นละออง ที่เกิดจากการเผาขยะบ้านเรือน	41
4.1.1 รูปแบบการกระจายตัวของขนาดและความเข้มข้นของฝุ่นละออง ที่เกิดจากการเผาขยะบ้านเรือน	43
4.1.2 ผลการวิเคราะห์ลักษณะของอนุภาคที่เป็นองค์ประกอบในฝุ่นจาก การเผาขยะบ้านเรือนด้วยเครื่อง Scanning Electron Microscope (SEM)	46
4.1.3 ผลการวิเคราะห์หาปริมาณธาตุองค์ประกอบ ด้วยเครื่อง X-ray fluorescence (XRF)	47
4.2 ผลการศึกษาปริมาณ ไอออนที่ละลายน้ำได้ในอนุภาคฝุ่นละออง ที่เกิดจากการเผาขยะบ้านเรือน	48
4.3 ผลการศึกษาปริมาณคาร์บอนในรูปสารอินทรีย์คาร์บอนทั้งหมด	55

**บทที่ 5 สรุปผลวิจัยและข้อเสนอแนะ**

5.1 สรุปผลการวิจัย	58
5.2 ข้อเสนอแนะ	58

**เอกสารอ้างอิง** 59

ภาคผนวก ก การคำนวณความเข้มข้นฝุ่น	64
-----------------------------------	----

ภาคผนวก ข ตารางแสดงอัตราการไหลของบั้งเก็บอากาศ น้ำหนักฝุ่นละออง องค์ประกอบของธาตุในฝุ่นละออง ปริมาณไอออนที่ละลายน้ำได้ และปริมาณอินทรีย์คาร์บอนทั้งหมด	74
--	----

ภาคผนวก ค การวิเคราะห์ทางสถิติ	113
--------------------------------	-----



# สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 องค์ประกอบของข้อมูลฝอยชุมชนในกรุงเทพมหานคร ในปี พ.ศ. 2539-2548	7
2.2 ลักษณะของข้อมูลฝอยจากแหล่งกำเนิดจากชุมชนทั่วประเทศไทย	8
2.3 ตัวบ่งชี้ที่ใช้ในการสันนิษฐานที่มาของฝุ่น	16
2.4 ส่วนประกอบและแหล่งที่มาของฝุ่นละอองทั่วไป	17
2.5 ค่ามาตรฐานฝุ่นละอองในบรรยากาศทั่วไป	22
2.6 ขนาดอนุภาคและวิธีเข้าสู่ระบบทางเดินหายใจ	25
2.7 ตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อกลไกการตกค้างของฝุ่นละอองในส่วนต่าง ๆ ของทางเดินอากาศหายใจ	25
3.1 สภาวะที่ใช้ในการวิเคราะห์ด้วยเครื่อง ไอออน โครมาโทกราฟี	39
4.1 องค์ประกอบของเขม่าจากบ้านเรือน	41
4.2 ข้อมูลทางอศุณิยวิทยา	42
ข-1 อัตราการไหลของบีมก่อนและหลังการเก็บ Background air ครั้งที่ 1 วันที่ 9 ส.ค. 2555	75
ข-2 น้ำหนักฝุ่นละอองจากการเก็บ Background air ครั้งที่ 1	75
ข-3 ความเข้มข้นของฝุ่นละออง จากการเก็บ Background air ครั้งที่ 1	76
ข-4 อัตราการไหลของบีมก่อนและหลังเก็บตัวอย่างฝุ่นละอองครั้งที่ 1 วันที่ 9 ส.ค. 2555	77
ข-5 น้ำหนักฝุ่นละอองจากการเผาขยะบ้านเรือนครั้งที่ 1	77
ข-6 ความเข้มข้นของฝุ่นละออง ที่เกิดจากการเผาขยะบ้านเรือน ครั้งที่ 1	78
ข-7 อัตราการไหลของบีมก่อนและหลังการเก็บ Background air ครั้งที่ 2 – 3 วันที่ 21 ส.ค. 2555	79
ข-8 น้ำหนักฝุ่นละอองจากการเก็บ Background air ครั้งที่ 2-3	79
ข-9 ความเข้มข้นของฝุ่นละออง จากการเก็บ Background air ครั้งที่ 2-3	80
ข-10 อัตราการไหลของบีมก่อนและหลังเก็บตัวอย่างฝุ่นละอองครั้งที่ 2 วันที่ 21 ส.ค. 2555	81
ข-11 น้ำหนักฝุ่นละอองจากการเผาขยะบ้านเรือนครั้งที่ 2	81
ข-12 ความเข้มข้นของฝุ่นละออง ที่เกิดจากการเผาขยะบ้านเรือน ครั้งที่ 2	82
ข-13 อัตราการไหลของบีมก่อนและหลังเก็บตัวอย่างฝุ่นละอองครั้งที่ 3 วันที่ 21 ส.ค. 2555	83
ข-14 น้ำหนักฝุ่นละอองจากการเผาขยะบ้านเรือนครั้งที่ 3	83
ข-15 ความเข้มข้นของฝุ่นละออง ที่เกิดจากการเผาขยะบ้านเรือน ครั้งที่ 3	84

## สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
ข-16 อัตราการไหลของปั๊มก่อนและหลังการเก็บ Background air ครั้งที่ 4-5 วันที่ 13 ก.ย. 2555	85
ข-17 น้ำหนักฝุ่นละอองจากการเก็บ Background air ครั้งที่ 4 -5	85
ข-18 ความเข้มข้นของฝุ่นละออง จากการเก็บ Background air ครั้งที่ 4-5	86
ข-19 อัตราการไหลของปั๊มก่อนและหลังเก็บตัวอย่างฝุ่นละอองครั้งที่ 4 วันที่ 13 ก.ย. 2555	87
ข-20 น้ำหนักฝุ่นละอองจากการเผาขยะบ้านเรือนครั้งที่ 4	87
ข-21 ความเข้มข้นของฝุ่นละออง ที่เกิดจากการเผาขยะบ้านเรือน ครั้งที่ 4	88
ข-22 อัตราการไหลของปั๊มก่อนและหลังเก็บตัวอย่างฝุ่นละอองครั้งที่ 5 วันที่ 13 ก.ย. 2555	89
ข-23 น้ำหนักฝุ่นละอองจากการเผาขยะบ้านเรือนครั้งที่ 5	89
ข-24 ความเข้มข้นของฝุ่นละออง ที่เกิดจากการเผาขยะบ้านเรือน ครั้งที่ 5	90
ข-25 ปริมาณฝุ่นละอองต่อน้ำหนักขยะ ( $\mu\text{g/g}$ ) ที่เกิดจากการเผาขยะบ้านเรือน	91
ข-26 การกระจายขนาดอนุภาคของฝุ่นละอองขนาดต่างๆจากการเผาขยะใน ตัวอย่างที่ 1	92
ข-27 การกระจายขนาดอนุภาคของฝุ่นละอองขนาดต่างๆจากการเผาขยะใน ตัวอย่างที่ 2	92
ข-28 การกระจายขนาดอนุภาคของฝุ่นละอองขนาดต่างๆจากการเผาขยะใน ตัวอย่างที่ 3	93
ข-29 การกระจายขนาดอนุภาคของฝุ่นละอองขนาดต่างๆจากการเผาขยะใน ตัวอย่างที่ 4	93
ข-30 การกระจายขนาดอนุภาคของฝุ่นละอองขนาดต่างๆจากการเผาขยะใน ตัวอย่างที่ 5	94
ข-31 องค์ประกอบของธาตุในฝุ่นละอองจากการเผาขยะบ้านเรือนในตัวอย่างที่ 1 วิเคราะห์โดยใช้เครื่อง XRF	95
ข-32 องค์ประกอบของธาตุในฝุ่นละอองจากการเผาขยะบ้านเรือนในตัวอย่างที่ 2 วิเคราะห์โดยใช้เครื่อง XRF	95
ข-33 องค์ประกอบของธาตุในฝุ่นละอองจากการเผาขยะบ้านเรือนในตัวอย่างที่ 3 วิเคราะห์โดยใช้เครื่อง XRF	95
ข-34 ความเข้มข้นของฟลูออไรด์ไอออน ( $\text{F}^-$ ) ที่ละลายน้ำได้	96
ข-35 ปริมาณของฟลูออไรด์ไอออน ( $\text{F}^-$ ) ที่ละลายน้ำได้	97
ข-36 ความเข้มข้นของคลอไรด์ไอออน ( $\text{Cl}^-$ ) ที่ละลายน้ำได้	98
ข-37 ปริมาณของคลอไรด์ไอออน ( $\text{Cl}^-$ ) ที่ละลายน้ำได้	99
ข-38 ความเข้มข้นของไนเตรทไอออน ( $\text{NO}_3^-$ ) ที่ละลายน้ำได้	100
ข-39 ปริมาณของไนเตรทไอออน ( $\text{NO}_3^-$ ) ที่ละลายน้ำได้	101

## สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
ข-40 ความเข้มข้นของซัลเฟตไอออน ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) ที่ละลายน้ำได้	102
ข-41 ปริมาณของซัลเฟตไอออน ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) ที่ละลายน้ำได้	103
ข-42 ความเข้มข้นของแคลเซียมไอออน ( $\text{Ca}^{2+}$ ) ที่ละลายน้ำได้	104
ข-43 ปริมาณของแคลเซียมไอออน ( $\text{Ca}^{2+}$ ) ที่ละลายน้ำได้	105
ข-44 ความเข้มข้นของโซเดียมไอออน ( $\text{Na}^+$ ) ที่ละลายน้ำได้	106
ข-45 ปริมาณของโซเดียมไอออน ( $\text{Na}^+$ ) ที่ละลายน้ำได้	107
ข-46 ความเข้มข้นของลิเทียมไอออน ( $\text{Li}^+$ ) ที่ละลายน้ำได้	108
ข-47 ปริมาณของลิเทียมไอออน ( $\text{Li}^+$ ) ที่ละลายน้ำได้	109
ข-48 ปริมาณคาร์บอนในรูปสารอินทรีย์คาร์บอนทั้งหมด (TOC) ในตัวอย่างที่ 1	110
ข-49 ปริมาณคาร์บอนในรูปสารอินทรีย์คาร์บอนทั้งหมด (TOC) ในตัวอย่างที่ 2	110
ข-50 ปริมาณคาร์บอนในรูปสารอินทรีย์คาร์บอนทั้งหมด (TOC) ในตัวอย่างที่ 3	111
ข-51 ปริมาณคาร์บอนในรูปสารอินทรีย์คาร์บอนทั้งหมด (TOC) ในตัวอย่างที่ 4	111
ข-52 ปริมาณคาร์บอนในรูปสารอินทรีย์คาร์บอนทั้งหมด (TOC) ในตัวอย่างที่ 5	112
ค-1 ข้อมูลปริมาณฝุ่นละอองต่อน้ำหนักขยะ ( $\mu\text{g/g}$ ) จากการเก็บ Background air	114
ค-2 ข้อมูลปริมาณฝุ่นละอองต่อน้ำหนักขยะ ( $\mu\text{g/g}$ ) จากการเผาขยะบ้านเรือน	114
ค-3 ตาราง Descriptives ของปริมาณฝุ่นละอองต่อน้ำหนักขยะจากการเผาขยะบ้านเรือน กับ Background air	115
ค-4 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณฝุ่นละอองต่อน้ำหนักขยะจากการเผาขยะ บ้านเรือนกับ Background air	115
ค-5 ข้อมูลปริมาณคาร์บอนในรูปสารอินทรีย์คาร์บอนทั้งหมด (TOC) ของแต่ละตัวอย่าง ในช่วงขนาดของ Coarse mode	116
ค-6 ตาราง Descriptives ของปริมาณคาร์บอนในรูปสารอินทรีย์คาร์บอนทั้งหมด (TOC) ของแต่ละตัวอย่างในช่วงขนาดของ Coarse mode	117
ค-7 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณคาร์บอนในรูปสารอินทรีย์คาร์บอน ทั้งหมด (TOC) ของแต่ละตัวอย่างในช่วงขนาดของ Coarse mode	117
ค-8 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณคาร์บอนในรูปสารอินทรีย์คาร์บอน ทั้งหมด (TOC) ของแต่ละตัวอย่างในช่วงขนาดของ Coarse mode ด้วยวิธี Duncan	118

# สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 การจำแนกประเภทขยะตามลักษณะกิจกรรมของแหล่งกำเนิด	4
2.2 สัดส่วนของปริมาณองค์ประกอบของขยะมูลฝอยในภาพรวมทั้งประเทศ ปี 2546	6
2.3 กลไกการเกิดอนุภาคฝุ่นขนาดต่างๆ	14
2.4 ขนาดอนุภาคฝุ่นต่างๆ	18
2.5 ฝุ่นละอองขนาดเล็กที่มีผลกระทบต่อสุขภาพกับอนุภาคทรายและเส้นผม	19
2.6 ขนาดของอนุภาคและองค์ประกอบทางเคมีของอนุภาคขนาดต่างๆ ในบริเวณเขตเมือง	19
2.7 การเข้าสู่ร่างกายของฝุ่นละอองขนาดต่างๆ	24
3.1 ภาพตัวอย่างขยะบ้านเรือน	31
3.2 แผนที่สถานที่ใช้ในการเผาขยะ	32
3.3 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย	33
3.4 เครื่องเก็บตัวอย่างฝุ่นแบบ 8 ชั้น (8 Stage Cascade Impactor)	35
3.5 การสอบเทียบอัตราการไหลของปั๊ม	36
3.6 การเก็บตัวอย่างจากการเผาขยะบ้านเรือน	37
4.1 รูปแบบการกระจายขนาดอนุภาคของฝุ่นละออง ที่เกิดจากการเผาขยะบ้านเรือน	43
4.2 ปริมาณฝุ่นละอองขนาดต่างๆต่อน้ำหนักขยะที่เกิดจากการเผาขยะบ้านเรือน	45
4.3 รูปแบบการกระจายขนาดอนุภาคของฝุ่นละอองขนาดต่างๆจากการเผาขยะ	45
4.4 ลักษณะของอนุภาคขนาดเล็กที่เป็นองค์ประกอบในฝุ่นจากการเผาขยะบ้านเรือน ด้วยเครื่อง SEM	46
4.5 องค์ประกอบของธาตุในฝุ่นละอองจากการเผาขยะบ้านเรือนวิเคราะห์โดยใช้เครื่อง XRF	47
4.6 รูปแบบการกระจายของฟลูออไรด์ไอออนบนอนุภาคฝุ่นที่เกิดจากการเผาขยะบ้านเรือน	49
4.7 รูปแบบการกระจายของคลอไรด์ไอออนบนอนุภาคฝุ่นที่เกิดจากการเผาขยะบ้านเรือน	50
4.8 รูปแบบการกระจายของไนเตรทไอออนบนอนุภาคฝุ่นที่เกิดจากการเผาขยะบ้านเรือน	51
4.9 รูปแบบการกระจายของซัลเฟตไอออนบนอนุภาคฝุ่นที่เกิดจากการเผาขยะบ้านเรือน	52
4.10 รูปแบบการกระจายของแคลเซียมไอออนบนอนุภาคฝุ่นที่เกิดจากการเผาขยะบ้านเรือน	53
4.11 รูปแบบการกระจายของโซเดียมไอออนบนอนุภาคฝุ่นที่เกิดจากการเผาขยะบ้านเรือน	54
4.12 รูปแบบการกระจายของลิเทียมไอออนบนอนุภาคฝุ่นที่เกิดจากการเผาขยะบ้านเรือน	55
4.13 ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนและอนินทรีย์คาร์บอนจากการเผาขยะบ้านเรือน	56
4.14 ปริมาณคาร์บอนในรูปสารอินทรีย์คาร์บอนทั้งหมด	57

## คำย่อและสัญลักษณ์

คำย่อ	ความหมาย
°C	องศาเซลเซียส
mg/L	มิลลิกรัมต่อลิตร
ppm	หนึ่งในล้านในล้านส่วน
$\mu\text{g}/\text{m}^3$	ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร
mm	มิลลิเมตร
$\mu\text{m}$	ไมโครเมตร
$\mu\text{g}/\text{g}$	ไมโครกรัมต่อกรัม
hPa	เฮกซะปาสกาล
PM <sub>10</sub>	อนุภาคขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน
PM <sub>2.5</sub>	อนุภาคขนาดเล็กกว่า 2.5 ไมครอน
BG air	Background air
OC	อินทรีย์คาร์บอน
IC	อนินทรีย์คาร์บอน
TOC	อินทรีย์คาร์บอนทั้งหมด
ND	ตรวจไม่พบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 1

## บทนำ

### 1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของงานวิจัย

การขยายตัวของชุมชนเมือง และการเจริญเติบโตของเศรษฐกิจ ก่อให้เกิดปัญหาหายนะ มลพิษและสิ่งปฏิกูลเพิ่มมากขึ้น ส่งผลกระทบต่อคุณภาพชีวิตและสิ่งแวดล้อม โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ในพื้นที่ที่ประสบปัญหาไม่สามารถจัดหาสถานที่สำหรับกำจัดขยะมูลฝอยและสิ่งปฏิกูล ขาดการบริหารจัดการจากหน่วยงานต่างๆ ในการกำจัดขยะอย่างเหมาะสม หรือขาดการเก็บ-ขนขยะ เป็นระยะเวลานาน ทำให้เกิดปัญหาการกำจัดขยะที่ไม่ถูกต้องตามหลักวิชาการ เช่น การเทกองทับพื้น การเผาขยะในที่โล่งแจ้ง เป็นต้น การเผาขยะเป็นวิธีการกำจัดขยะที่รวดเร็วและสะดวกมากที่สุด อย่างไรก็ตาม การเผาขยะนี้ก่อให้เกิดฝุ่นละอองขนาดเล็ก ซึ่งก่อให้เกิดโรคระบบทางเดินหายใจ ส่งผลกระทบต่อสุขภาพอนามัยของมนุษย์ บดบังทัศนวิสัยในการมองเห็นและยังก่อให้เกิดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งเป็นก๊าซเรือนกระจกทำให้เกิดภาวะโลกร้อน ดังนั้นมนุษย์จึงมีโอกาสดูแลและได้รับอันตรายจากขยะทั้งทางตรงและทางอ้อม โดยอันตรายที่เกิดขึ้นมีตั้งแต่อาการเล็กน้อยจนกระทั่งรุนแรงมาก อาจเกิดขึ้นโดยทันทีหรือสะสมในระยะยาว และอาจเกิดโรคร้ายแรงในที่สุด

โครงการพิเศษนี้ศึกษารูปแบบการกระจายตัวของฝุ่นละอองขนาดต่างๆ และองค์ประกอบที่ถูกดูดซับบนอนุภาคฝุ่นที่เกิดจากการเผาขยะบ้านเรือน ได้แก่ ชนิดและปริมาณของไอออนที่ละลายน้ำได้ ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนและอนินทรีย์คาร์บอนและธาตุต่างๆ เพื่อเป็นข้อมูลในการประเมินผลกระทบต่อระบบทางเดินหายใจ

### 1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1.2.1 ศึกษารูปแบบการกระจายขนาดและความเข้มข้นของอนุภาคฝุ่นละอองที่เกิดจากการเผาขยะบ้านเรือน

1.2.2 ศึกษาชนิดและปริมาณของไอออนที่ละลายน้ำได้ ที่ถูกดูดซับบนอนุภาคฝุ่นขนาดต่างๆที่เกิดจากการเผาขยะบ้านเรือน

1.2.3 ศึกษาชนิดและปริมาณของอินทรีย์คาร์บอนและอนินทรีย์คาร์บอนที่ถูกดูดซับบนอนุภาคฝุ่นขนาดต่างๆที่เกิดจากการเผาขยะบ้านเรือน

1.2.4 ศึกษาชนิดและปริมาณของธาตุที่ถูกดูดซับบนอนุภาคฝุ่นขนาดต่างๆที่เกิดจากการเผาขยะบ้านเรือน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 1.3 ขอบเขตงานของงานวิจัย

1.3.1 ศึกษารูปแบบการกระจายขนาดและความเข้มข้นของอนุภาคฝุ่นต่างๆ ที่เกิดจากการเผาขยะบ้านเรือน โดยเก็บตัวอย่างอากาศด้วย 8-Stage cascade Impactor ที่มีขนาดแตกต่างกัน 8 ขนาด คือ > 9.0, 9.0-5.8, 5.8-4.7, 4.7-3.3, 3.3-2.1, 2.1-1.1, 1.1-0.7, 0.7-0.4 และ < 0.4 ไมครอน ที่อัตราการไหล 28.3 ลิตรต่อนาที เป็นเวลา 1 ชั่วโมง และศึกษาลักษณะของอนุภาคที่เป็นองค์ประกอบในฝุ่น โดยใช้ Scanning Electron Microscope (SEM)

1.3.2 ศึกษาชนิดและความเข้มข้นของไอออนที่ละลายน้ำที่ถูกดูดซับบนอนุภาคฝุ่น ได้แก่  $\text{Li}^+$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{F}^-$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{Br}^-$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{PO}_4^{3-}$  และ  $\text{SO}_4^{2-}$  ขนาดต่างๆ ด้วยเครื่อง Ion Chromatograph (IC)

1.3.3 ศึกษาชนิดและความเข้มข้นของอินทรีย์คาร์บอนและอนินทรีย์คาร์บอนที่ถูกดูดซับบนอนุภาคฝุ่นขนาดต่างๆ ด้วยเครื่อง Total Organic Carbon Analyzer

1.3.4 ศึกษาชนิดและปริมาณธาตุที่ถูกดูดซับบนอนุภาคฝุ่นขนาดต่างๆ ด้วยเครื่อง X-Ray Fluorescence Spectrometer (XRF)

### 1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 ทราบรูปแบบการกระจายขนาดและความเข้มข้นของอนุภาคฝุ่นขนาดต่างๆ ที่เกิดจากการเผาขยะบ้านเรือนที่สามารถเข้าสู่ระบบทางเดินหายใจของมนุษย์

1.4.2 ทราบองค์ประกอบของฝุ่นละอองที่ถูกดูดซับบนอนุภาคฝุ่นขนาดต่างๆ ที่เกิดจากการเผาขยะบ้านเรือน

## บทที่ 2

# ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

### 2.1 ขยะบ้านเรือน (Household Solid Waste)

ขยะชุมชน หรือขยะตามบ้านเรือน มีคำที่ใช้เรียกแตกต่างกัน เช่น ขยะมูลฝอย (solid waste) มูลฝอยเทศบาล (municipal waste) มูลฝอยบ้านเรือน (household waste) และขยะมูลฝอยชุมชน (municipal solid waste) เป็นต้น ขยะบ้านเรือน หรือขยะมูลฝอย หมายถึง ของเสียที่เกิดขึ้นจากการกระทำหรือกิจกรรมของมนุษย์หรือสัตว์ ซึ่งโดยปกติจะเป็นของแข็ง หรือกึ่งของแข็ง และจะถูกทิ้งหลังจากมีการใช้ประโยชน์ไปแล้วหรือเมื่อไม่มีความต้องการมูลฝอย ประกอบด้วย เศษกระดาษ เศษผ้า เศษอาหาร เศษสินค้า ถุงพลาสติก ภาชนะที่ใส่อาหาร เศษมูลสัตว์หรือซากสัตว์ รวมตลอดถึงสิ่งที่ยึดติดจากถนน ตลาดที่เลี้ยงสัตว์หรือที่อื่นๆ (สุภาภรณ์, 2549) กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ซึ่งเป็นหน่วยงานที่มีหน้าที่ควบคุมดูแลปัญหาสิ่งแวดล้อมในประเทศไทย ได้ให้ความหมายว่า “ขยะมูลฝอยชุมชน หมายถึง ขยะมูลฝอยที่เกิดจากกิจกรรมต่างๆ ในชุมชน เช่น บ้านพักอาศัย ธุรกิจ ร้านค้า สถานประกอบการ สถานบริการ ตลาดสด สถาบันต่างๆ รวมทั้ง เศษวัสดุก่อสร้าง ทั้งนี้ ไม่รวมของเสียอันตรายและมูลฝอยติดเชื้อ” (กรมควบคุมมลพิษ, 2547)

ประเภทของขยะในเขตชุมชนจำแนกได้ดังนี้ (สุภาภรณ์, 2549) เช่น

1. จำแนกตามลักษณะที่มองเห็น เช่น ขยะเปียก ขยะแห้ง ขยะขนาดใหญ่ ซากสัตว์ ซากยานพาหนะ ขยะพวกเศษสิ่งก่อสร้าง และขยะอิเล็กทรอนิกส์ เป็นต้น
2. จำแนกตามวิธีการจัดการขยะ เช่น ที่ระบุไว้ในข้อบังคับกรุงเทพมหานครว่าด้วยหลักเกณฑ์การจัดการมูลฝอยและสิ่งปฏิกูลของอาคารสถานที่และสถานบริการสาธารณสุข พ.ศ. 2545 ได้แบ่งขยะออกเป็น 4 ประเภท ได้แก่ มูลฝอยทั่วไป มูลฝอยที่ย่อยสลายได้ มูลฝอยที่นำกลับมาใช้ใหม่ได้ และมูลฝอยอันตราย
3. จำแนกตามความเป็นอันตราย แบ่งเป็น 3 ประเภทใหญ่ๆ คือ ขยะมูลฝอยชุมชน, ของเสียอันตรายจากชุมชน และขยะมูลฝอยติดเชื้อ
4. จำแนกตามแหล่งกำเนิดมี 3 ประเภท คือ (สำนักงานคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ, 2535) ดังแสดงในรูปที่ 2.1

#### 4.1 ขยะมูลฝอยจากชุมชน (Community Wastes)

ขยะมูลฝอย พวกนี้ส่วนมากจะเป็นเศษอาหาร เศษกระดาษ เศษแก้ว เศษโลหะ เศษไม้ และเศษพลาสติก เป็นต้น นอกจากนี้ยังมีขยะมูลฝอยที่เป็นอันตราย (Household Hazardous Wastes)

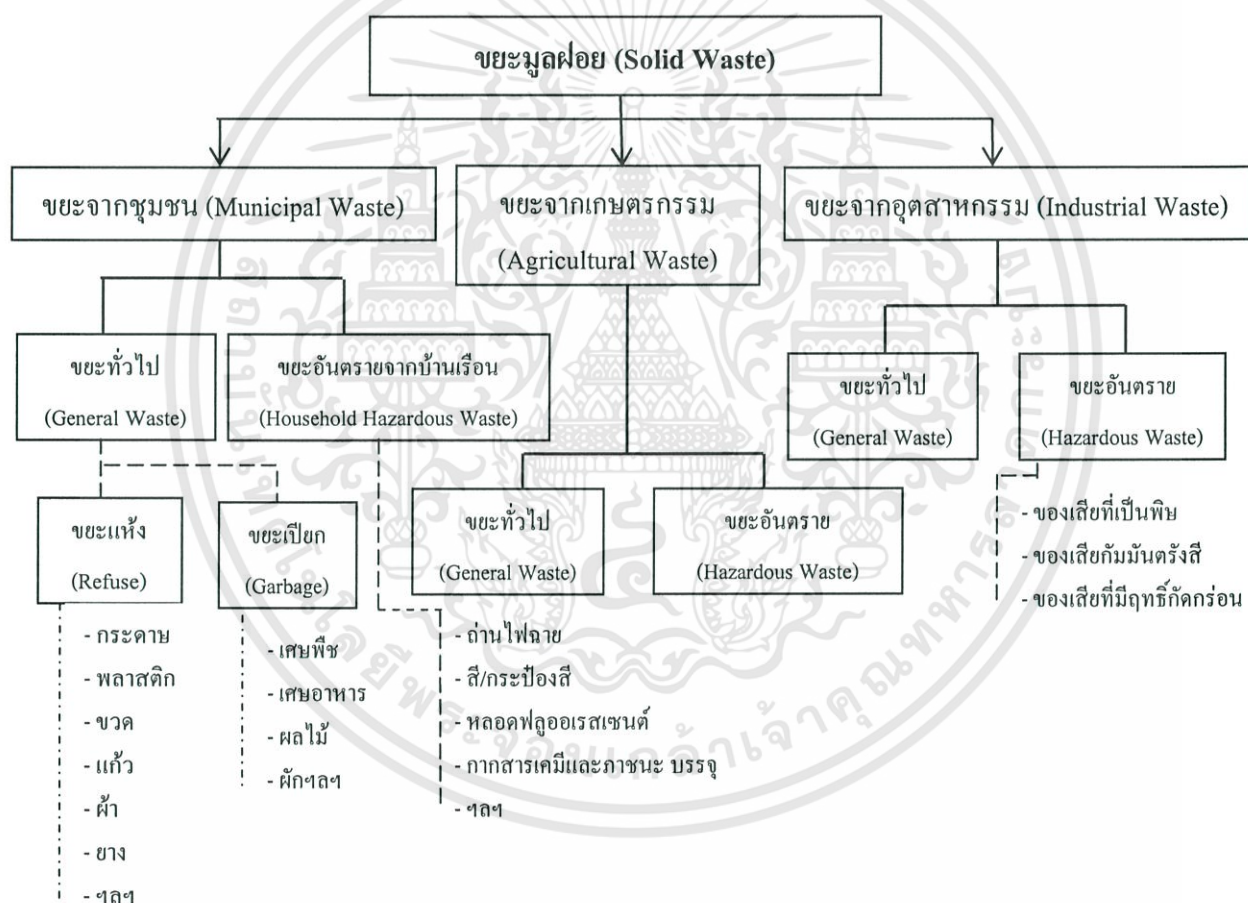
เช่น ซากถ่านไฟฉาย แบตเตอรี่เก่า ซากหลอดฟลูออเรสเซนต์ และกระป๋องสารเคมีต่าง ๆ ที่ใช้ในบ้าน เป็นต้น

#### 4.2 ขยะมูลฝอยจากโรงงานอุตสาหกรรม (Industrial Wastes)

ขยะมูลฝอยจากโรงงานอุตสาหกรรม จะมีทั้งขยะที่เป็นอันตราย เช่น กากสารเคมีและสารประกอบที่มีโลหะหนักต่าง ๆ นอกจากนี้ยังมีขยะมูลฝอยที่ไม่เป็นอันตรายที่เกิดจากกิจการในส่วนของสำนักงาน และโรงอาหารของโรงงาน เช่น เศษวัสดุเหลือทิ้ง เศษอาหาร เป็นต้น

#### 4.3 ขยะมูลฝอยจากการเกษตรกรรม (Agricultural Wastes)

ขยะมูลฝอยจากการเกษตรกรรม มีทั้งขยะที่เป็นซากพืช ซากสัตว์ มูลสัตว์ และเศษภาชนะที่ใช้บรรจุสารป้องกันและกำจัดศัตรูพืช เป็นต้น



### รูปที่ 2.1 การจำแนกประเภทขยะตามลักษณะกิจกรรมของแหล่งกำเนิด

ที่มา : สำนักงานคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ, 2535

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.2 แหล่งกำเนิดของขยะ

แหล่งกำเนิดของขยะ เกิดขึ้นจากกิจกรรมต่าง ๆ ในครัวเรือน และสถานประกอบการต่าง ๆ ในชุมชน สามารถเก็บรวบรวมได้จากสถานที่ต่าง ๆ เช่น แหล่งชุมชนหรืออาคารบ้านเรือน ร้านอาหาร การทำความสะอาดทางเท้า ที่สาธารณะหรือตลาด โรงงานอุตสาหกรรมหรือแหล่งพาณิชยกรรม เป็นต้นสามารถจำแนกออกได้ 3 ประเภทหลัก คือ (กรมควบคุมมลพิษ, 2546)

### 2.2.1 แหล่งกำเนิดจากชุมชน

1. ขยะสด (Garbage) ได้แก่ เศษอาหาร พืชผัก เศษเนื้อสัตว์ ขยะดังกล่าวนี้เกิดขึ้นจากการเตรียม การปรุง และเศษอาหารที่เหลือจากการรับประทานแล้ว นอกจากนี้ขยะสดยังเกิดจากตลาดสด สถานที่จำหน่ายอาหารสด สถานที่เก็บ และส่งจำหน่ายอาหาร
2. ขยะแห้ง (Rubbish) ได้แก่ พวงเศษแก้ว กระจังขวด ไม้ กระจาดพลาสติก โลหะต่างๆ
3. เถ้า (Ashes) ได้แก่ เศษหรือกากที่เหลือจากการเผาไหม้แล้ว ได้แก่ พวงกากของเชื้อเพลิง เช่น เถ้า เถ้าแกลบ ละอองเขม่า และพวงกากที่เหลือจากเตาเผาขยะ
4. ซากสัตว์ (Dead Animals) ซากสัตว์ชนิดต่างๆ ถือว่าเป็นขยะที่มีอันตราย เช่น เมื่อมีสัตว์เลี้ยงในครัวเรือนตายลง สามารถขอรับบริการเก็บ และกำจัดขยะจากเทศบาล ซึ่งทางเจ้าของสัตว์อาจจะเสียค่าบริการหรือไม่ก็ได้ สำหรับซากสัตว์ที่ตายเพราะโรคระบาดจำเป็นต้องได้รับการกำจัดเป็นพิเศษ
5. ขยะจากถนน (Street Refuse) ขยะที่เก็บรวบรวมได้จากถนน ส่วนใหญ่จะเป็นพวงใบไม้ และเปลือกผลไม้ เศษกระจาดและเศษดิน ฯลฯ
6. ขยะของใช้ขรุขระ (Bulky Wastes) ได้แก่ ชิ้นส่วนของรถยนต์ ยางรถยนต์เก่าที่เสื่อมสภาพ เตาไฟขรุขระ ตู้เย็นขรุขระ เฟอร์นิเจอร์ขรุขระ ฯลฯ ซึ่งบางชนิดต้องทำการจัดเก็บ และทำลายเป็นพิเศษ
7. ซากรถยนต์ (Abandon Vehicles) ในเมืองใหญ่ เช่น มหานครต่างๆ ของโลกในปัจจุบันมักจะประสบกับปัญหาเกี่ยวกับซากรถยนต์ที่เจ้าของไม่อาจจะกำจัดให้หมดไปได้ ดังนั้นปัญหาดังกล่าวนี้ในบางแห่งจำเป็นต้องจัดตั้งหน่วยงานสำหรับเก็บและทำลายซากรถยนต์ขึ้นโดยเฉพาะ
8. เศษสิ่งก่อสร้าง (Construction & Demolition Wastes) ได้แก่ พวงเศษไม้ เศษโลหะ เศษอิฐ และชิ้นส่วนของคอนกรีต ซึ่งเกิดจากการก่อสร้างหรือการรื้อถอนอาคาร ส่วนใหญ่จะเป็นพวงวัสดุที่ย่อยสลายไม่ได้

### 2.2.2 แหล่งที่มาจากรองานอุตสาหกรรม (Industrial Wastes)

ขยะมูลฝอยจากรองานอุตสาหกรรม จะมีทั้งขยะที่เป็นอันตราย เช่น กากสารเคมี และสารประกอบที่มีโลหะหนักต่าง ๆ นอกจากนี้ยังมีขยะมูลฝอยที่ไม่เป็นอันตรายที่เกิดจากกิจการในส่วนของสำนักงาน และโรงอาหารของโรงงาน เช่น เศษวัสดุเหลือทิ้ง เศษอาหาร เป็นต้น

### 2.2.3 แหล่งที่มาจากการเกษตรกรรม (Agricultural Wastes)

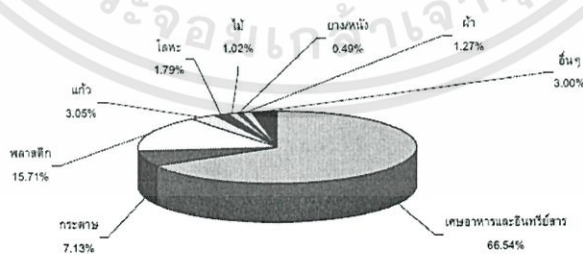
ขยะมูลฝอยจากการเกษตรกรรม เป็นสิ่งปฏิกูลอันเกิดจากกิจกรรมด้านการเกษตรชนิดต่างๆ เช่น ซากพืช ซากสัตว์ มูลสัตว์ เศษภาชนะที่ใช้บรรจุสารป้องกัน และกำจัดศัตรูพืช เป็นต้น

## 2.3 องค์ประกอบของขยะ(Composition of Solid waste)

องค์ประกอบของขยะแบ่งออกได้ 2 ลักษณะ (พิชิต, 2535) คือ

1. ลักษณะทางกายภาพ ได้แก่ ความชื้น และความหนาแน่นของขยะมูลฝอย จำแนกตามชนิดของสิ่งของต่างๆ ที่ประกอบขึ้นมาเป็นขยะมูลฝอยทั้งหมด เช่น กระดาษ ผ้า เศษอาหาร เศษหญ้า ไม้ พลาสติก ยาง โลหะ แก้ว อีฐ หิน กรวด กระจัง เป็นต้น
2. ลักษณะทางเคมี ได้แก่ คาร์บอน ไนโตรเจน ไฮโดรเจน ออกซิเจน ซัลเฟอร์ และคลอรีน

ส่วนประกอบของขยะในแต่ละพื้นที่หรือประเทศหรือภูมิภาค มักมีส่วนแตกต่างกัน เนื่องจากมีความแตกต่างกันในด้านต่างๆ เช่น กิจกรรม วัฒนธรรม ฐานะทางเศรษฐกิจ ค่านิยม และระดับการพัฒนาในพื้นที่ เป็นต้น สำหรับในประเทศไทย พบว่าปริมาณขยะในเขตเทศบาลมีสัดส่วนของเศษอาหารและขยะที่เป็นสารอินทรีย์มากที่สุด คือ ร้อยละ 66.54 รองลงมา ได้แก่ พลาสติก กระดาษ แก้ว โลหะ ผ้า ไม้ ยางหรือหนัง ตามลำดับ ส่วนที่เหลือเป็นขยะอื่นๆ (สุภาภรณ์, 2549) ดังแสดงในรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.2 สัดส่วนของปริมาณองค์ประกอบของขยะมูลฝอยในภาพรวมทั้งประเทศ ปี 2546

ที่มา : กรมควบคุมมลพิษ, 2546

ตัวอย่างองค์ประกอบขยะมูลฝอยชุมชนในกรุงเทพมหานคร แสดงในตารางที่ 2.1  
 ตารางที่ 2.1 องค์ประกอบขยะมูลฝอยชุมชนในกรุงเทพมหานคร ในปี พ.ศ. 2539-2548

องค์ประกอบ	ร้อยละโดยน้ำหนัก									
	2539	2540	2541	2542	2543	2544	2545	2546	2547	2548
<b>ขยะที่ย่อยสลายได้</b>										
เศษอาหาร	28.7	44.3	35.5	35.4	46.9	46.9	34.2	30.6	34.7	44.3
กระดาษ	11.3	11.4	11.6	9.6	8.7	8.6	13.6	13.4	10.4	9.7
พลาสติก	19.1	17.4	19.8	25.8	19.5	19.4	20.8	23.3	25.1	28.2
ยางหนัง/	2.4	0.6	0.8	2.2	0.1	0.8	2.1	0.6	0.2	0.8
สิ่งทอต่างๆ	7.3	6.2	3.7	11.0	6.4	4.0	4.5	8.1	4.8	4.6
ไม้ใบไม้/ หญ้า	3.0	5.8	14.5	7.9	6.7	7.5	6.6	8.5	6.2	5.2
อื่นๆ	17.9	7.6	7.9	5.5	6.8	6.6	8.6	10.1	13.6	1.1
<b>ขยะที่ย่อยสลายไม่ได้</b>										
แก้ว	6.7	4.5	4.1	1.6	2.6	2.3	5.1	2.6	3.0	3.2
โลหะต่างๆ	2.8	2.3	2.0	1.0	1.5	1.6	2.2	1.3	0.9	2.1
หิน/ กระเบื้อง	0.5	0	0	0	0.5	1.0	0.6	0.7	0.4	0.5
กระดุก/ เปลือกหอย	0.4	0	0	0	0.3	1.3	1.7	0.9	0.9	0.5

ที่มา : ศูนย์ข้อมูลกรุงเทพมหานคร, 2550

ตัวอย่างลักษณะของขยะมูลฝอยจากแหล่งกำเนิดจากชุมชนทั่วประเทศไทย แบ่งตาม  
 ลักษณะทางเคมีของขยะมูลฝอยจากการวิเคราะห์โดยประมาณ ดังแสดงในตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 ลักษณะของขยะมูลฝอยจากแหล่งกำเนิดจากชุมชนทั่วประเทศไทย

ภาค	ความหนาแน่น (กก./ลบ.ม.)	ความชื้น (%)	ความร้อนของ ขยะแห้ง (Cal/g.)	ปริมาณเถ้า แห้ง (Cal/g.)	ปริมาณสารที่ ใหม่ไฟได้ (%)
ภาคเหนือ	256.25	58.50	4,488	27.97	89.80
ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ	198.00	20.50	3,850	-	80.83
ภาคกลาง	260.25	57.83	4,065	26.77	86.49
ภาคใต้	214.50	53.25	4,039	21.61	86.71

หมายเหตุ : ค่าที่แสดงเป็นค่าเฉลี่ยของภาค  
ที่มา : กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน, 2535

## 2.4 การจัดการขยะมูลฝอย

การจัดการขยะมูลฝอยมีหลายวิธี เช่น การฝังกลบ การเผา การหมักทำปุ๋ย ซึ่งแต่ละวิธีมีข้อดีข้อเสียแตกต่างกัน ดังนั้น การเลือกใช้วิธีใดต้องพิจารณาจากองค์ประกอบต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ ปริมาณขยะ องค์ประกอบของขยะ คุณลักษณะของขยะมูลฝอย สภาพภูมิประเทศของพื้นที่ที่ใช้ในการกำจัดขยะ งบประมาณ เป็นต้น การกำจัดขยะโดยวิธีใดวิธีหนึ่งทำได้ค่อนข้างยาก

การจัดการและกำจัดขยะมูลฝอยที่ใช้กันอยู่มีวิธีต่างๆ ดังนี้ (เทศบาลเมืองทุ่งสง, 2552)

### 1. การนำขยะไปหมักทำปุ๋ย (Composting method)

การกำจัดขยะโดยวิธีนี้จะมีปัญหาอยู่ที่การแยกขยะประเภทอินทรีย์วัตถุออกมาจากขยะประเภทอื่นๆ จำเป็นต้องใช้พื้นที่ในการกำจัดขยะเป็นบริเวณกว้าง ขยะอินทรีย์จะถูกย่อยสลายโดยกระบวนการทางชีวเคมีของจุลินทรีย์ให้กลายเป็นแร่ธาตุที่ค่อนข้างคงรูป ที่เรียกว่า “ ปุ๋ย ” มีสีเทาหรือน้ำตาลเข้มเกือบดำ ไม่มีกลิ่น กากที่เหลือจากการย่อยสลายจะมีลักษณะคล้ายดินร่วน มีความร่วนซุยสูง มีประสิทธิภาพในการอุ้มน้ำได้ดี ดูดซึมน้ำได้ดี แลกเปลี่ยนประจุไฟฟ้ากับผิวดินได้ดีเท่ากับดินเหนียว จึงเหมาะที่จะนำปุ๋ยนี้ไปใช้ในการปรับสภาพดิน แม้ดินทรายเมื่อนำปุ๋ยนี้ไปใส่จะทำให้อุ้มน้ำได้ดีขึ้น หรือใช้กับดินเหนียวจะทำให้ดินร่วนซุยขึ้น และยังสามารถนำไปเป็นอาหารของพืชเพื่อบำรุงต้นไม้ได้ดี มีสารอาหารที่เป็นประโยชน์ต่อพืช คือ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม ซึ่งเป็นปุ๋ยอินทรีย์ไม่ทำให้ดินเป็นกรดหรือด่าง นอกจากนี้ การแยกขยะก่อนหมักทำปุ๋ย จะได้เศษโลหะ แก้ว กลับไปทำประโยชน์ใหม่ได้ อย่างไรก็ตาม วิธีนี้มีข้อเสียคือ ถ้าดำเนินการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไม่ถูกต้องตามหลักวิชาการจะเกิดปัญหากลิ่นเหม็น เนื่องจากการย่อยสลายไม่สมบูรณ์ และยังสิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายในการแยกขยะมูลฝอยที่ย่อยสลายไม่ได้ เพื่อนำไปกำจัดโดยวิธีอื่น

## 2. การนำขยะไปเทกองกลางแจ้ง (Open Dump)

มักพบในเขตเทศบาล สุขาภิบาล ที่มีการจัดการขยะไม่ดี ขาดงบประมาณ วิธีนี้มีปัญหาเรื่องกลิ่นรบกวนรุนแรง เป็นการรบกวนผู้ที่อาศัยใกล้เคียงก่อปัญหาเกี่ยวกับทัศนียภาพ การแพร่กระจายของเชื้อโรค สัตว์แมลงต่างๆ และยังพบปัญหาน้ำชะจากกองขยะ เกิดความเน่าเสียแก่น้ำผิวดิน น้ำใต้ดิน การจัดการกับขยะวิธีนี้เป็นวิธีเก่าแก่ที่ใช้กันอย่างแพร่หลายมานานแล้ว เป็นวิธีที่นำขยะไปกองทิ้งไว้ในที่ดินกว้างๆ เฉยๆ แล้วปล่อยให้ย่อยสลายตามธรรมชาติเป็นการกำจัดขยะที่ง่ายและลงทุนน้อย วิธีนี้ต้องใช้พื้นที่มาก เมื่อชุมชนเมืองยิ่งขยายตัวมากขึ้น การนำขยะไปกองทิ้งไว้ในพื้นที่กว้างเช่นนี้จึงไม่เหมาะสม เศษวัสดุบางอย่างในกองขยะใช้เวลานานกว่าจะย่อยสลาย เช่น โฟม ไม่ย่อยสลาย, กระจกใช้เวลา 1,000 ปี, กระจกอลูมิเนียมใช้เวลา 200 – 500 ปี, ถุงพลาสติกใช้เวลา 450 ปี, ก้นบุหรี่ใช้เวลา 12 ปี, ถุงเท้าขนแกะใช้เวลา 1 ปี, กระดาษใช้เวลา 2 – 5 เดือน, ผ้าฝ้ายใช้เวลา 1 – 5 เดือน

## 3. การเผาด้วยความร้อนสูงหรือการกำจัดโดยใช้เตาเผา ( Incineration )

การเผา (Incineration) หมายถึง การกำจัดขยะโดยการเผาด้วยเตาเผาขยะ ไม่รวมถึงการกองแล้วเผากลางแจ้ง ทั้งนี้เพราะการเผากลางแจ้งจะอยู่ในอุณหภูมิไม่พอที่จะทำให้เกิดการเผาไหม้ที่สมบูรณ์ได้ จึงมักเกิดปัญหาภาวะมลพิษในอากาศ และก่อให้เกิดความรำคาญเนื่องจากกลิ่นควันและละอองเขม่า การเผาด้วยเตาเผาขยะควรมีความร้อนระหว่าง 676–1,100 องศาเซลเซียส ความร้อนตั้งแต่ 676 องศาเซลเซียสขึ้นไป จะช่วยทำให้ก๊าซเผาไหม้ได้อย่างสมบูรณ์ ถ้าความร้อนเกินกว่า 760 องศาเซลเซียส จะช่วยทำให้ไม่มีกลิ่นรบกวนการเผาไหม้จะสมบูรณ์มากที่สุด เมื่อมีอุณหภูมิ 1,100 องศาเซลเซียส ดังนั้น ถ้ามีขยะสดหรือขยะเปียกปนอยู่มาก ขยะมีความชื้นสูงก็อาจจะต้องใช้เชื้อเพลิงช่วยในการเผาไหม้ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับปริมาณของขยะกับปริมาณของขยะแห้งที่เผาไหม้ได้ ปะปนอยู่ด้วยมากน้อยเพียงใด โดยปกติแล้วเตาเผาขยะที่ดีจะไม่ก่อให้เกิดสภาวะมลพิษในอากาศวิธีนี้มีข้อดีคือ ใช้พื้นที่น้อย และสามารถนำความร้อนที่เกิดจากการเผาขยะไปใช้ประโยชน์อื่น ๆ ได้อีก เช่น ผลิตไฟฟ้า ซึ่งจะทำให้ขยะมูลฝอยที่เผาไหม้ได้ถูกเผาอย่างสมบูรณ์กลายเป็นขี้เถ้า ทำให้ขยะลดปริมาณลงได้ดีถึงร้อยละ 75 – 95 อย่างไรก็ตาม วิธีนี้มีข้อเสีย คือ ต้องเสียค่าใช้จ่ายในการสร้างโรงงาน ค่าใช้จ่ายในการดำเนินการ การดูแลรักษาค่อนข้างสูง ต้องแยกขยะที่เผาไหม้ได้และที่เผาไหม้ไม่ได้ออกจากกัน และการเผาขยะเองก็ย่อมทำให้เกิดอากาศเสียขึ้น อย่างไรก็ตาม การกำจัดขยะโดยการเผาในเตาเผาขยะนี้เป็นที่นิยมใช้กันมาก เพราะเป็นวิธีการกำจัดขยะที่ดีที่สุดเท่าที่มีอยู่ในปัจจุบัน

นอกจากนี้การเผาขยะด้วยเตาเผาขยะเหมาะสมสำหรับใช้กำจัดขยะพิเศษบางชนิด เช่น ขยะที่มีการปนเปื้อนของเชื้อโรค และขยะที่มีส่วนที่เผาไหม้ได้ปนอยู่ด้วย เตาเผาขยะสามารถใช้เผา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขยะได้แทบทุกชนิด แม้บางชนิดไม่ไหม้ไฟก็อาจยุบตัวลง และสภาพของดินฟ้าอากาศไม่เป็นปัญหา ในการกำจัดสามารถปรับระยะเวลาในการทำงานได้

#### 4. การฝังกลบอย่างถูกสุขอนามัยหรือถูกหลักสุขาภิบาล (Sanitary Landfill)

บริเวณที่มีการฝังกลบอย่างถูกสุขอนามัยจะมีการปูพลาสติกพิเศษ (HDPE) เพื่อป้องกันน้ำ ชะจากกองขยะ เมื่อเทกองขยะแล้วก็จะกลบเสร็จในแต่ละวัน วิธีนี้จะสามารถลดกลิ่นรบกวน ลดการแพร่กระจายจากสัตว์นำโรคต่าง ๆ ตลอดจนสามารถควบคุมน้ำชะจากกองขยะได้เป็นวิธี กำจัดขยะที่นิยมแพร่หลายโดยเฉพาะในยุโรปและสหรัฐอเมริกา เนื่องจากสามารถกำจัดขยะ mixed refuse ได้โดยไม่ต้องคัดแยกขยะ ค่าใช้จ่ายต่ำ และสามารถปรับปรุงพื้นที่ ให้เป็นพื้นที่ที่ดีมี ประโยชน์ได้

วิธีการฝังกลบขยะมูลฝอยสามารถแบ่งออกได้เป็น 4 วิธี (กรมควบคุมมลพิษ, 2552) คือ

4.1) แบบถมพื้นที่ (Area Method) เป็นวิธีการฝังกลบที่เริ่มจากดินเดิมโดยไม่มีการ ขุดดิน ทำการบดอัดขยะมูลฝอยตามแนวราบก่อน แล้วค่อยบดอัดทับในชั้นถัดไปสูงเรื่อยๆ จนได้ ระดับตามที่กำหนด การฝังกลบขยะมูลฝอยโดยวิธีนี้ จำเป็นต้องทำคันดิน (Embankment or Berm) ตามแนวขอบพื้นที่ เพื่อทำหน้าที่เป็นผนังหรือขอบป้องกันการบดอัดขยะมูลฝอย และทำหน้าที่ป้องกัน น้ำเสียที่เกิดจากการย่อยสลายของขยะมูลฝอยไม่ให้ซึมออกด้านนอก ลักษณะของพื้นที่ที่จำเป็นต้อง ใช้วิธีนี้คือ ที่ราบลุ่มหรือที่ที่มีระดับน้ำใต้ดินอยู่ต่ำกว่าผิวดินเล็กน้อย (ไม่เกิน 1 เมตร) ซึ่งไม่ สามารถขุดดินเพื่อกำจัดด้วยวิธีฝังกลบแบบขุดร่องได้ เพราะอาจทำให้เกิดการปนเปื้อนของน้ำเสีย จากขยะมูลฝอยลงสู่ น้ำใต้ดินได้ง่าย การกำจัดด้วยวิธีนี้จำเป็นต้องจัดหาดินจากที่อื่นเพื่อมาทำคันดิน ทำให้เสียค่าใช้จ่ายในการดำเนินการสูง

4.2) แบบขุดเป็นร่อง (Trench Method) เป็นวิธีฝังกลบที่เริ่มจากระดับที่ต่ำกว่า ระดับดินเดิม โดยทำการขุดดินลึกลงไปให้ได้ระดับตามที่กำหนดแล้วจึงเริ่มบดอัดขยะมูลฝอยให้ เป็นชั้นบางๆ ทับกันหนาขึ้นเรื่อยๆ จนได้ระดับตามที่กำหนด โดยทั่วไปความลึกของการขุดร่องจะ ถูกกำหนดด้วยระดับน้ำใต้ดินอย่างน้อยระดับก้นร่องหรือพื้นล่างควรจะอยู่สูงกว่าระดับน้ำใต้ดิน ไม่ น้อยกว่า 1 เมตร โดยยึดระดับน้ำในฤดูฝนเป็นเกณฑ์ เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดการปนเปื้อนต่อน้ำใต้ดิน การฝังกลบแบบขุดร่องไม่จำเป็นต้องทำคันดิน เพราะสามารถใช้ผนังของร่องขุดเป็นกำแพงกั้นขยะ มูลฝอยที่จะบดอัดได้ ทำให้ไม่ต้องขนดินมาจากข้างนอก และยังสามารถใช้ดินที่ขุดออกแล้วนั้น กลับมาใช้กลบทับขยะมูลฝอยได้อีก

4.3) แบบหุบเขา (Canyon Method) เป็นวิธีฝังกลบบนพื้นที่ที่มีลักษณะเป็นแอ่ง ขนาดใหญ่ซึ่งอาจเกิดขึ้นตามธรรมชาติหรือเกิดจากการขุด เช่น หุบเขา ห้วย บ่อ เหมือง ฯลฯ วิธีการในการฝังกลบ และอัดมูลฝอยในบ่อแต่ละแห่งอาจแตกต่างกันไป ขึ้นอยู่กับสภาพภูมิประเทศ ของพื้นที่นั้นๆ

4.4) แบบผสม (Mixed Method) เป็นการฝังกลบบนพื้นที่ และการฝังกลบแบบขุดร่องมาใช้ร่วมกัน โดยเริ่มทำการขุดดินลงไปจากระดับดินเดิม หลังจากทำการฝังและบดอัดขยะมูลฝอยภายในพื้นที่ที่ขุดลงไปจนถึงระดับดินเดิม และทำการบดอัด ขยะมูลฝอยขึ้นไปในระดับที่สูงขึ้นจนถึงระดับที่ออกแบบไว้

วิธีกำจัดขยะ โดยการฝังกลบมีข้อดี คือ ถ้ามีพื้นที่อยู่แล้วจะเป็นวิธีที่ประหยัดที่สุดค่าใช้จ่ายในการลงทุนครั้งแรกถูกกว่าวิธีอื่น สามารถใช้ได้ทั้งระยะสั้นและระยะยาว กำจัดขยะมูลฝอยเกือบทุกชนิด และได้พื้นที่ดินไปทำประโยชน์อื่น เมื่อฝังกลบเสร็จแล้วและง่ายต่อการดำเนินงานอย่างไรก็ตามวิธีนี้มีข้อเสียคือ หาสถานที่ยากเพราะไม่มีชุมชนใดต้องการให้อยู่ใกล้ ต้องควบคุมการดำเนินงานฝังกลบให้ถูกต้อง เกิดก๊าซมีเทนที่เกิดจากการย่อยสลายของขยะ และน้ำชะขยะมูลฝอยอาจทำให้เกิดอันตรายได้ พื้นที่ฝังกลบบางแห่งต้องหาดินมาจากที่อื่น ทำให้สิ้นเปลืองค่าใช้จ่าย

#### 5. การนำขยะไปทิ้งทะเล ( Dumping at sea )

โดยทั่วไปผิวดินของพื้นน้ำแหล่งต่างๆ โดยเฉพาะทะเล มหาสมุทร เป็นที่ทับถมสิ่งปฏิกูลตามธรรมชาติได้อย่างกว้างขวางอยู่แล้ว แต่ในปัจจุบัน ผิวดินโลกที่เป็นพื้นดินนับวันจะมีน้อยลงและมีค่ามากขึ้น การนำขยะไปทิ้งในทะเล มหาสมุทร จึงนิยมทำกันในประเทศที่พัฒนาแล้ว เช่น สหรัฐอเมริกา ขณะที่นิยมนำไปทิ้งในทะเล มหาสมุทร ได้แก่ สิ่งปฏิกูลจากโรงงานอุตสาหกรรม สารพิษต่างๆ กากสารกัมมันตรังสี และวัสดุแข็งอื่นๆ

อย่างไรก็ตาม การนำขยะและสิ่งปฏิกูลไปทิ้งในทะเล – มหาสมุทร จะเกิดการแพร่กระจายของสารพิษเข้าสู่ระบบนิเวศน์ทางทะเล เช่น พืช และสัตว์น้ำ สถาบันป้องกันสารพิษสิ่งแวดล้อม (Environmental Protection Agency) จึงออกกฎหมายห้ามนำสารพิษหลายชนิดไปทิ้งในแหล่งน้ำดังกล่าว

#### 6. การนำขยะกลับไปใช้ซ้ำ และใช้ประโยชน์ใหม่ ( Recycle and Reuse )

ขยะบางประเภทสามารถนำกลับไปใช้ประโยชน์ได้ใหม่ เช่น แก้ว กระดาษ พลาสติก โลหะต่างๆ วิธีนี้ช่วยลดขยะและลดการใช้ทรัพยากรธรรมชาติ การนำขยะกลับมาใช้ประโยชน์ใหม่เป็นผลดีทั้งในแง่เศรษฐกิจและสิ่งแวดล้อม แต่วิธีการคัดเลือกสิ่งของที่จักนำกลับไปใช้ได้ใหม่ ก่อให้เกิดความล่าช้าในการขนถ่ายขยะ เกิดความสกปรกในบริเวณที่มีการคัดเลือกสิ่งของจากขยะ และผู้คัดเลือกขยะก็มัก ได้รับเชื้อโรคจากกองขยะ

#### 7. การนำขยะไปเป็นอาหารสัตว์ (Hog Feeding)

ขยะจำพวกเศษอาหาร ผัก ผลไม้ จากอาคารบ้านเรือน ร้านอาหาร ภัตตาคาร ตลาดสด นำไปเลี้ยงสัตว์ เช่น หมู วัว เป็ด ไก่ แพะ แกะ ปลา จะเป็นการลดปริมาณขยะลงได้จำนวนหนึ่ง เพราะในแต่ละวันเศษอาหารจะมีปริมาณนับร้อยตัน การแยกขยะประเภทเศษอาหารเพื่อนำไปเลี้ยงสัตว์จึงนับเป็นวิธีที่สะดวกและประหยัดได้มากที่สุด แต่ข้อเสียในการนำขยะพวกเศษอาหารไปเลี้ยง

สัตว์นี้ อาจทำให้เกิดอันตรายแก่สัตว์เลี้ยงและผู้ที่ยังมีชีวิตได้ ถ้าในเศษอาหารมีเชื้อโรคปะปนอยู่ และถ้าจะนำเศษอาหารที่ได้ไปให้ความร้อนก่อนก็จะทำให้เกิดความปลอดภัยยิ่งขึ้น

นอกจากการกำจัดขยะด้วยวิธีต่างๆ ดังกล่าวแล้ว ในประเทศที่พัฒนาแล้วยังมีการกำจัดขยะอื่นๆ อีก เช่น การย่อยหรือการทำให้เศษอาหารเป็นของเหลวแล้วทิ้งลงในท่อน้ำทิ้ง ซึ่งเป็นการกำจัดขยะขั้นต้นจากบ้านเรือน การอัดสิ่งปฏิกูลที่เป็นของเหลวลงสู่ใต้ชั้นหิน ซึ่งมักเป็นการกำจัดสิ่งปฏิกูลจากโรงงานอุตสาหกรรม และการทิ้งสิ่งปฏิกูลลงสู่ถังรองรับที่จัดสร้างขึ้นเพื่อการจัดสิ่งปฏิกูลขึ้นโดยเฉพาะ

## 2.5 การเผาขยะในที่โล่งแจ้ง

การขยายตัวของชุมชนเมืองและการเจริญเติบโตของเศรษฐกิจ ก่อให้เกิดปัญหาขยะมูลฝอยและสิ่งปฏิกูลเพิ่มมากขึ้น ส่งผลกระทบต่อคุณภาพชีวิตและสิ่งแวดล้อม โดยเฉพาะอย่างยิ่งในพื้นที่ที่ได้ประสบปัญหาไม่สามารถจัดหาสถานที่กำจัดขยะมูลฝอยและสิ่งปฏิกูล ขาดการบริหารจัดการขยะอย่างเหมาะสมหรือขาดการเก็บ-ขนขยะ จึงทำให้เกิดปัญหาการกำจัดขยะที่ไม่ถูกต้องตามหลักวิชาการ เช่น การเทกองกับพื้น การเผาขยะในที่โล่ง

ผลกระทบจากการเผาขยะในที่โล่งแจ้ง ([www.breathecampaign.net](http://www.breathecampaign.net))

การเผาขยะกลางแจ้งส่งผลกระทบต่อสุขภาพอันเนื่องมาจาก การเผาขยะ และพลาสติกในเขตที่อยู่อาศัย สารไดออกซินที่แพร่ออกมาจากการเผาไหม้พลาสติก อันตรายที่สุดของการแพร่กระจายของสารเคมีจากระบวนการเผาไหม้ คือ การเผาพลาสติกจำพวก พีวีซี ซึ่งในขณะที่เกิดการเผาไหม้จะก่อให้เกิดสารไดออกซิน ซึ่งเป็นสารประกอบทางเคมีที่อันตรายที่สุดและสามารถสะสมในไขมันในร่างกายและสามารถส่งต่อจากแม่ถึงลูกในครรภ์ได้ผ่านทางสายรก นอกจากนี้สารไดออกซินยังสามารถสะสมอยู่ในผลิตภัณฑ์เกษตรและแหล่งน้ำซึ่งสุดท้ายแล้วจะสามารถเข้าสู่ร่างกายของมนุษย์

การเผาพลาสติกและขยะ จากผลสำรวจพบว่าการเผาขยะในเขตที่อยู่อาศัยสามารถพบได้ไปในเขตพื้นที่ชนบททั่วโลก ขยะจะถูกนำไปเผาในพื้นที่นอกบ้าน เช่น ในสวน หรือในบ้าน เช่น ในเตาเผา เตาอบ ขยะที่เผาประกอบไปด้วยกระดาษ บรรจุภัณฑ์อาหาร และพลาสติก วัตถุเหล่านี้สามารถที่จะนำมาใช้ใหม่หรือนำเข้าสู่กระบวนการแปรรูปขยะ แต่หากเมื่อนำขยะเหล่านี้ไปเผา มลภาวะอันเกิดจากการเผาจะลอยอยู่ในชั้นบรรยากาศรอบบ้าน โดยไม่มีการกรอง

มลภาวะอันเกิดจากการเผาพลาสติกจะสามารถส่งผลกระทบต่อสุขภาพ คนส่วนใหญ่ที่เผาพลาสติกมักไม่เข้าใจถึงอันตรายที่มีต่อสุขภาพและสิ่งแวดล้อม จากการวิจัยที่ผ่านมาพบว่ามลพิษอันเกิดจากการเผาขยะในพื้นที่บ้านส่งผลอย่างมหาศาลต่อสุขภาพของผู้อยู่อาศัย โดยก่อให้เกิดความเสี่ยงของโรคหัวใจ ระบบทางเดินหายใจ เช่น โรคหืด หอบ โรคภูมิแพ้ ปวดหัว ทำลายระบบประสาท ไต และปอด นอกจากนี้การเผาสารจำพวก โพลีสไตรีน โพลีเมอร์ เช่น บรรจุภัณฑ์จากโพลีเอทิลีนเป็นเอกสารที่ส่งมอบไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีกรนำไปใช้

กล่องบรรจุเนื้อสัตว์ ลังไข่ ขวดนม โยเกิร์ต สารสไตรีนที่ได้จะสามารถผ่านเข้าสู่ผิวหนังและปอด ในปริมาณที่สูงสารเหล่านี้สามารถทำลายตา และระบบประสาท อันส่งผลต่อการเกิดการปวดหัว หดหู่ เหนื่อยง่าย และอ่อนเพลีย ซึ่งผลอันเกิดจากการเผาไหม้ส่งผลต่อเพียงผู้เผาเท่านั้นแต่ยังส่งผลต่อ เด็ก คนในครอบครัว และเพื่อนบ้าน

มลภาวะอันเกิดจากการเผาไหม้สามารถฟุ้งกระจายเข้าสู่อากาศได้ทั้งในระยะใกล้หรือไกล ออกไปเป็นวงกว้าง และสามารถสะสมอยู่ในดินและน้ำ เช่น สารอันเกิดจากการเผาไหม้พีวีซี สารไดออกซิน ซึ่งสามารถสะสมอยู่ได้ในระยะเวลาที่ยาวนานเข้าสู่ระบบห่วงโซ่อาหาร ซึ่งสามารถส่งผลกระทบต่อโรคของทั้งคนและสัตว์ เช่น การทำลายระบบประสาท และเป็นเหตุให้เกิดโรคมะเร็งทั้งในคนและสัตว์ ซึ่งสำหรับในคนสามารถรับสารตกค้างเหล่านี้ได้ผ่านการบริโภคปลา เนื้อสัตว์ และผลิตภัณฑ์จากนม

## 2.6 ฝุ่นละออง (Particulate matter)

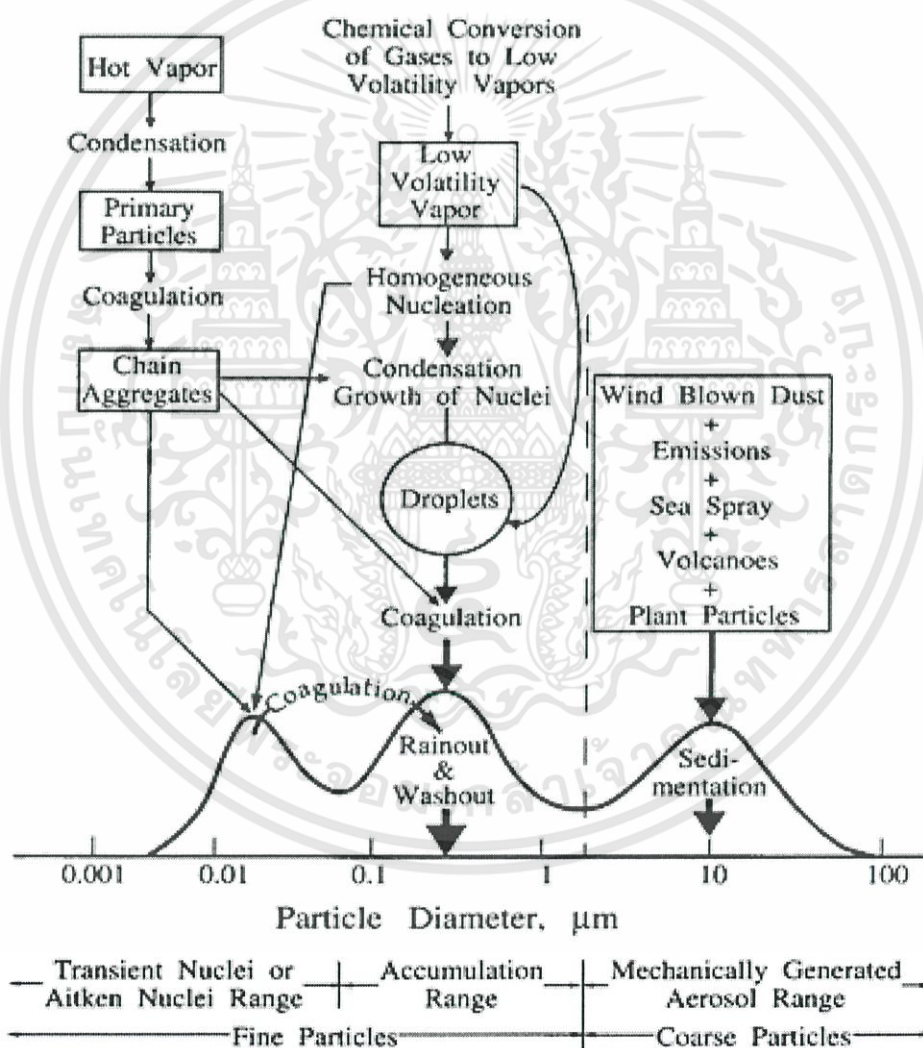
ฝุ่นละออง หมายถึง มลสารใดๆ ในบรรยากาศซึ่งอยู่ในสภาพของแข็ง หรือของเหลว ที่ อุณหภูมิและความดันปกติ ยกเว้นไอน้ำ มีขนาดตั้งแต่ 0.1-200 ไมครอน กรมควบคุมมลพิษได้ นิยามความหมายของฝุ่นละออง คือ อนุภาคของแข็งหรือของเหลวที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง ตั้งแต่ 0.002 ไมครอน ซึ่งเป็นกลุ่มของโมเลกุล ไปจนถึงขนาดใหญ่กว่า 500 ไมครอน ซึ่งเป็นฝุ่นทรายขนาดใหญ่ มองเห็นได้ด้วยตาเปล่า (ฝุ่นที่มองเห็นด้วยตาเปล่ามีขนาดตั้งแต่ 50 ไมครอนขึ้นไป) โดยเรียกฝุ่นละอองขนาดเล็กที่แขวนลอยอยู่ในอากาศไม่สามารถมองเห็นด้วยตาเปล่าว่า ละอองลอย (aerosol) (กรมควบคุมมลพิษ, 2547)

ฝุ่นละอองในบรรยากาศ อาจถูกปล่อยจากแหล่งกำเนิดธรรมชาติ ได้แก่ ภูเขาไฟ ไฟป่า ฝุ่น เกิดจากละอองน้ำทะเล เป็นต้น หรือปล่อยจากกิจกรรมที่มนุษย์สร้างขึ้น ได้แก่ ฝุ่นจากการคมนาคมขนส่ง การจราจร การก่อสร้าง การเผาไหม้ไม่สมบูรณ์ของเชื้อเพลิงตามบ้านเรือนและ โรงงานอุตสาหกรรม เป็นต้น โดยทั่วไป พบว่าอนุภาคฝุ่นขนาด  $< 1 \mu\text{m}$  เกิดจากกิจกรรมของมนุษย์ อนุภาคฝุ่นขนาด  $1-10 \mu\text{m}$  เกิดจากกิจกรรมของมนุษย์และธรรมชาติ อนุภาคฝุ่นขนาด  $> 10 \mu\text{m}$  เกิดจากธรรมชาติ ฝุ่นละอองนอกจากจะเกิดจากแหล่งกำเนิดโดยตรงแล้ว ยังสามารถเกิดจากปฏิกิริยาต่างๆในบรรยากาศ เช่น การรวมตัวของฝุ่นละอองด้วยกัน หรือรวมตัวกับก๊าซ ของเหลว ของแข็งด้วยปฏิกิริยาทางฟิสิกส์ เคมี หรือเคมีทางแสง (photochemical reaction) (สำนักจัดการคุณภาพอากาศและเสียง กรมควบคุมมลพิษ, 2553)

### 2.6.1 กลไกการเกิดฝุ่นละออง

กระบวนการเกิดฝุ่นละอองมี 2 ชนิด คือ (สำนักจัดการคุณภาพและเสียง กรมควบคุมมลพิษ, 2553)

1. ละอองไอปฐมภูมิในบรรยากาศ (Primary aerosol) เป็นอนุภาคของแข็งหรือของเหลวในบรรยากาศ เช่น ฝุ่นละอองจากทะเลทรายหรือผิวดินที่แห้ง คาร์บอนไฟ และเขม่าดำ
2. ละอองไอทุติยภูมิในบรรยากาศ (Secondary aerosol) ขณะที่ถูกปลดปล่อยสู่บรรยากาศในรูปก๊าซ และไอของสารระเหย จากนั้นเกิดการเปลี่ยนแปลงสภาพเป็นอนุภาคของแข็งหรือของเหลว เมื่อมีความเข้มข้นเกินค่าสมดุลของความดันไอระเหย (Equilibrium vapor pressure) ดังแสดงในรูปที่ 2.3



รูปที่ 2.3 กลไกการเกิดอนุภาคฝุ่นขนาดต่างๆ

ที่มา : Wilson, 1996

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.6.2 แหล่งที่มาของฝุ่นละอองในบรรยากาศ

แหล่งที่มาของฝุ่นละอองในบรรยากาศ โดยทั่วไปจะแบ่งเป็น 2 ประเภทใหญ่ ๆ

(สำนักจัดการคุณภาพและเสียง กรมควบคุมมลพิษ, 2553) คือ

### 1. ฝุ่นละอองที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติ (Natural Particles)

เกิดจากกระแสลมที่พัดผ่านตามธรรมชาติ ทำให้เกิดฝุ่น เช่น ดิน ทราย ละอองน้ำ  
เขม่าควันจากไฟฟ้า ฝุ่นเกลือจากทะเล

### 2. ฝุ่นละอองที่เกิดจากกิจกรรมที่มนุษย์สร้างขึ้น (Anthropogenic or Man-made Particles)

#### 1) การคมนาคมขนส่ง

- รถบรรทุกหิน ดิน ทราย ซีเมนต์หรือวัตถุที่ทำให้เกิดฝุ่น หรือดินโคลนที่ติดอยู่ที่ล้อรถ ขณะแล่นจะมีฝุ่นตกอยู่บนถนนแล้วกระจายตัวอยู่ในอากาศ
- ไอเสียจากรถยนต์ เครื่องยนต์ดีเซลปล่อยเขม่า ฝุ่น คิวโนดำ
- ถนนที่สกปรก มีดินทรายตกค้างอยู่มาก หรือมีกองวัสดุข้างถนนเมื่อรถแล่นจะทำให้เกิดฝุ่นปลิวอยู่ในอากาศ
- การก่อสร้างถนนใหม่ หรือการปรับปรุงผิวจราจร ทำให้เกิดฝุ่นมาก
- ฝุ่นที่เกิดจากยางรถยนต์ และผ้าเบรก

#### 2) การก่อสร้าง

- การก่อสร้างหลายชนิด มักมีการเปิดหน้าดินก่อนการก่อสร้าง ซึ่งทำให้เกิดฝุ่นได้ง่าย เช่น อาคาร สิ่งก่อสร้าง การปรับปรุงสาธารณูปโภค
- การก่อสร้างอาคารสูง ทำให้ฝุ่นปูนซีเมนต์ถูกลมพัดออกมาจากอาคาร
- การรื้อถอน ทำลาย อาคารหรือสิ่งก่อสร้าง

#### 3) โรงงานอุตสาหกรรม

- การเผาไหม้เชื้อเพลิง เช่น น้ำมันเตา ถ่านหิน ฟืน แกลบ เพื่อนำพลังงานไปใช้ในการผลิต
- กระบวนการผลิตที่มีฝุ่นออกมา เช่น การปั่นฝ้าย การเจียร โลหะ การเคลื่อนย้ายวัตถุดิบ

นอกจากนี้ แหล่งที่มาของฝุ่นละอองในบรรยากาศที่เกิดจากกิจกรรมของมนุษย์ ซึ่งส่งผลให้เกิดมลพิษทางอากาศ และเป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดผลกระทบต่อสุขภาพอนามัยโดยตรง ได้แก่ การเผาในที่โล่ง การปิ้งย่างอาหาร การเผาขยะ เป็นต้น เหตุผลสำคัญที่ประชาชนมักใช้วิธีการเผาในการกำจัดขยะในครัวเรือน เพราะง่ายต่อการจัดการขาดการบริการเก็บ-ขนขยะ ประหยัดค่าใช้จ่ายหรือค่าธรรมเนียมในการเก็บขนขยะที่จัดเก็บโดยองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น อย่างไรก็ตาม วิธีการกำจัดขยะด้วยการเผามักก่อให้เกิดฝุ่นขนาดเล็ก และสารมลพิษซึ่งเป็นอันตรายต่อสุขภาพและสิ่งแวดล้อม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แหล่งกำเนิดที่เกิดจากการเผาไหม้เหล่านี้ มีปริมาณธาตุคาร์บอนที่เป็นทั้งอินทรีย์คาร์บอน อนินทรีย์คาร์บอน ไอออนที่ละลายน้ำได้ และโลหะ ซึ่งองค์ประกอบเหล่านี้มีบทบาทสำคัญที่ทำให้เกิดผลต่อสุขภาพ นอกจากนี้ องค์ประกอบที่พบในฝุ่นละอองยังสามารถบอกแหล่งกำเนิดได้ ดังแสดงในตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.3 ตัวอย่างที่ใช้ในการสันนิษฐานที่มาของฝุ่น

แหล่งที่มา (Sources)	ตัวบ่งชี้ (Marker elements)
ดิน ถนน อุตสาหกรรมซีเมนต์ โรงโม่ เถ้าลอย (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 จี๊เลื่อย 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 : กรมควบคุมมลพิษ, 2549

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 2.6.3 ส่วนประกอบของฝุ่น

ฝุ่นละอองเป็นสารประกอบผสมของสารอินทรีย์และสารอนินทรีย์ที่แขวนลอยอยู่ในอากาศ ความแตกต่างของส่วนประกอบขึ้นอยู่กับแหล่งกำเนิดของฝุ่น ฝุ่นที่มาจากการจราจรเนื่องจากกระบวนการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงจะมีขนาดเล็กและเข้าสู่ทางเดินอากาศหายใจได้ ฝุ่นจากแหล่งนี้มีสภาพความเป็นกรดมากกว่าฝุ่นจากแหล่งอื่นๆ ระดับความหนาแน่นของฝุ่นรวม (total suspended particles - TSP) กำหนดเป็นมวลต่อปริมาตรอากาศ แต่เมื่อพิจารณาถึงผลกระทบต่อสุขภาพจากฝุ่น ขนาดของอนุภาคและส่วนประกอบของฝุ่นละอองนั้นเป็นปัจจัยสำคัญที่สุด ส่วนประกอบที่สำคัญของฝุ่นละอองรวม (มาริษา, 2542) แสดงไว้ในตารางที่ 2.4








ตารางที่ 2.4 ส่วนประกอบและแหล่งที่มาของฝุ่นละอองทั่วไป

ส่วนประกอบ	แหล่งที่มา
สารประกอบคาร์บอน	กระบวนการเผาไหม้
สารประกอบอินทรีย์ เช่น ไดออกซิน ไดเบนโซฟูแรนส์ โพลีไซคลิกอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอน (PAHS)	กระบวนการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์ในเครื่องยนต์ดีเซลและเบนซิน
เกลือแอมโมเนียม	การทำให้เป็นกลางของกรดในอากาศ
เกลือ โซเดียมและแมกนีเซียมคลอไรด์	ทะเล
แคลเซียม	วัสดุก่อสร้าง เช่น หินดินและทราย
ซัลเฟต	การออกซิเดชันของซัลเฟอร์ไดออกไซด์
ไนเตรท	การออกซิเดชันของไนโตรเจนไดออกไซด์
ตะกั่ว	น้ำมันที่มีสารตะกั่ว
ดิน	แร่ธาตุต่างๆ

ที่มา: มาริษา, 2542

### 2.6.4 ขนาดของฝุ่นละออง (Particulate size)

ขนาดของอนุภาค หมายถึง เส้นผ่านศูนย์กลางของอนุภาคฝุ่น กรณีที่เป็นอนุภาคทรงกลม แต่โดยทั่วไปอนุภาคฝุ่นมีรูปร่างหลายอย่าง นอกจากทรงกลม ดังแสดงในรูปที่ 2.4 ดังนั้น อนุภาคที่ไม่ใช่ทรงกลมมักบอกขนาดที่เป็นเส้นผ่านศูนย์กลางเทียบเท่า (Equivalent diameter) โดยเทียบกับ Project area พื้นที่ผิว ปริมาตร และมวล

	Solid Sphere
	Hollow Sphere
	Solid Irregular
	Flake
	Fiber
	Condensation Floc
	Aggregate

รูปที่ 2.4 ขนาดอนุภาคฝุ่นต่างๆ

ที่มา : U.S. EPA., 1999

ฝุ่นละอองสามารถแบ่งตามขนาดของอนุภาคออกเป็น 4 ประเภท (U.S. EPA., 1999) คือ

### 1. ฝุ่นละอองรวม (Total suspended particulates, TSP)

ฝุ่นละอองรวม หมายถึง อนุภาคของแข็งและหยดละอองของเหลวที่แขวนลอยกระจายในอากาศบางชนิดมีขนาดใหญ่ และมีสีดำจางมองเห็นเป็นเขม่าและควัน แต่บางชนิดมีขนาดเล็กมากจนมองด้วยตามเปล่าไม่เห็น โดยทั่วไปมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางตั้งแต่ 100 ไมครอนลงไป มีแหล่งกำเนิดจากการฟุ้งกระจายของดินและทรายที่พื้นผิวถนน และสถานที่ก่อสร้าง ฝุ่นละอองทางชีวภาพ (bio aerosol) เช่น สปอร์ ละอองเกสรของพืชต่างๆ เป็นต้น ฝุ่นละอองรวมที่มีขนาดใหญ่ถูกกำจัดออกโดยระบบทางเดินหายใจส่วนบน เช่น ช่องจมูก

### 2. ฝุ่นหยาบ (Coarse fraction particles)

ฝุ่นหยาบ หมายถึง ฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน ( $PM_{10}$ ) เป็นอนุภาคที่มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 2.5-10 ไมครอน มีแหล่งกำเนิดจากฝุ่นดิน ฝุ่นจากละอองไอของทะเล ฝุ่นจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงขยะ ของเสียจากเกษตรกรรม เป็นต้น ฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน สามารถผ่านเข้าสู่ระบบทางเดินหายใจตอนล่างได้

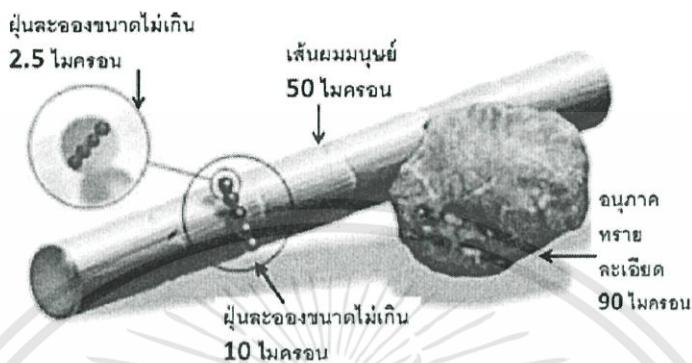
### 3. ฝุ่นละเอียด (Fine fraction particles)

ฝุ่นละเอียด หมายถึง ฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 2.5 ไมครอน ( $PM_{2.5}$ ) เป็นอนุภาคที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางเล็กกว่า 2.5 ไมครอน (รูปที่ 2.5) ส่วนใหญ่เป็นอนุภาคทุติยภูมิ (Secondary fine particles) เกิดจากก๊าซต่างๆ เช่น ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ( $SO_2$ ), ก๊าซไนโตรเจนออกไซด์ ( $NO_x$ ) และสารประกอบอินทรีย์ระเหยง่าย (VOCs) ที่เกิดจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงถูกเปลี่ยนรูปจากก๊าซไปอยู่ในรูปอนุภาค โดยปฏิกิริยาเคมีและฟิสิกส์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

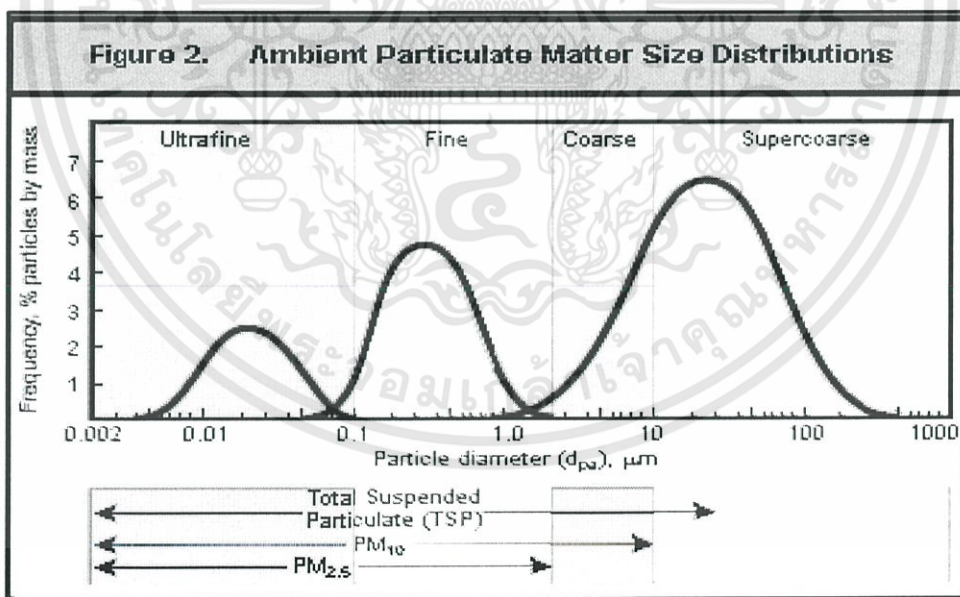
4. ฝุ่นละอองขนาดเล็กมาก (Ultrafine particles)

ฝุ่นละอองขนาดเล็กมาก หมายถึง ฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 0.1 ไมครอน ( $PM_{0.1}$ ) เป็นอนุภาคที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางเล็กกว่า 0.1 ไมครอน มีแหล่งกำเนิดจากการรวมตัวของไอน้ำในช่วงระหว่างที่เกิดการเผาไหม้ในช่วงที่มีอุณหภูมิสูง



รูปที่ 2.5 ฝุ่นละอองขนาดเล็กที่มีผลกระทบต่อสุขภาพกับอนุภาคทรายและเส้นผม  
ที่มา : สำนักจัดการคุณภาพอากาศและเสียง, 2553

ตัวอย่างองค์ประกอบของฝุ่นขนาดต่างๆ แสดงดังในรูปที่ 2.6



รูปที่ 2.6 ขนาดของอนุภาคและองค์ประกอบทางเคมีของอนุภาคขนาดต่างๆ ในบริเวณเขตเมือง  
ที่มา : U.S. EPA., 1999

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อาชีวอนามัย (Occupational Health) แบ่งฝุ่นละอองตามขนาดของอนุภาคที่เข้าสู่ระบบทางเดินหายใจ ออกเป็น 3 ประเภทใหญ่ๆ คือ

1. Total dust ฝุ่นละอองรวม เป็น Airborne particles ทั้งหมด
2. Inhalable dusts เป็นฝุ่นละอองขนาดเล็กที่ร่างกายดักไว้ที่บริเวณจมูก คอ และระบบทางเดินหายใจตอนบน ได้แก่ ฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน ( $PM_{10}$ )
3. Respirable dusts เป็นฝุ่นละอองขนาดเล็กที่สามารถผ่านจมูก เข้าสู่ปอด และถุงลม ได้แก่ ฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 2.5 ไมครอน ( $PM_{2.5}$ )

ฝุ่นละอองในบรรยากาศเป็นอนุภาคที่มีทั้งของแข็งและของเหลว ซึ่งแพร่กระจายอยู่ในอากาศ โดยทั่วไปมีขนาดแตกต่างกัน ตั้งแต่ 0.0002 ไมครอน จนถึงขนาดใหญ่กว่า 500 ไมครอน ฝุ่นละอองขนาดใหญ่สามารถแขวนลอยอยู่ในบรรยากาศ 2-3 นาที ก่อนตกลงสู่พื้นด้วยแรงโน้มถ่วงของโลก ส่วนฝุ่นละอองขนาดเล็กสามารถแขวนลอยอยู่ในอากาศได้นาน และสามารถเข้าสู่ระบบทางเดินหายใจส่วนล่าง (กรมควบคุมมลพิษ, 2546)

### 2.6.5 การแพร่กระจายของฝุ่นละอองในบรรยากาศ

การกระจายตัว (Size distribution) ของอนุภาคฝุ่นละออง จะขึ้นอยู่กับขนาด รูปร่าง และความหนาแน่นของฝุ่น โดยทั่วไปนิยมแสดงค่าในรูปแอโรไดนามิกไดเอมิเตอร์ (Aerodynamic diameter,  $D_p$ ) ซึ่งเป็นเส้นผ่านศูนย์กลางของวงกลมที่มีความหนาแน่น ในหน่วยกรัมต่อลูกบาศก์เมตร และมีความเร็วตกกลับในบรรยากาศเท่ากับของอนุภาค ซึ่งการกระจายของอนุภาคฝุ่นสามารถคำนวณได้จากสมการที่ 2.1 (สวรค์, 2552)

$$SD = n_N = \frac{dN}{dD_p} = \frac{dC_i}{d \log D_p} \quad (2.1)$$

เมื่อ	$SD$	=	การกระจายตัวของฝุ่นละออง ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
	$n_N$	=	ปริมาณความเข้มข้นของฝุ่นละออง ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
	$D_p$	=	เส้นผ่านศูนย์กลางของฝุ่นละออง ( $\mu\text{m}$ )
	$dD_p$	=	ส่วนต่างของขนาดในแต่ละชั้น
	$dC_i$	=	$\log$ ขนาดชั้นบน - $\log$ ขนาดชั้นล่าง
	$d \log D_p$	=	ความเข้มข้นในแต่ละชั้น ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )

ปัจจัยที่มีผลต่อการแพร่กระจายของฝุ่นละออง (กัลยกร, 2549) มีดังต่อไปนี้

### 1. ความเร็วลมและทิศทางลม (Wind speed and Wind direction)

เนื่องจากฝุ่นละอองจะถูกเจือจางโดยลมที่พัดผ่านแหล่งกำเนิด ซึ่งเกิดจากอากาศที่ไม่มีฝุ่นละอองหรือมีฝุ่นละอองน้อยเคลื่อนที่เข้ามาทำให้บริเวณที่มีความเข้มข้นของฝุ่นละอองมากจะทำให้มีความเข้มข้นลดลง ในขณะที่ทิศทางลมจะมีอิทธิพลต่อการเคลื่อนที่ของฝุ่นละอองและบริเวณที่มลสารกระจายออกไป ซึ่งทิศทางลมจะเป็นตัวกำหนดว่ามลสารจะถูกพัดพาไปในทิศทางไหน เนื่องจากลมไม่ได้พัดพาไปในทิศทางเดียวกันตลอดเวลา และการพัดพาไปในทิศทางต่างๆ มักไม่คงที่ ทั้งในช่วงเวลาสั้น หรือเป็นเวลานาน ในทางอุตุนิยมวิทยาจะแสดงความเร็วลม และทิศทางลม ในรูปแผนภูมิ (Wind rose) ซึ่งเป็นผังที่แสดงทิศทางตรงข้าม เช่น ลมที่พัดมาจากทิศตะวันตกเฉียงใต้จะพัดฝุ่นละอองไปทางทิศตะวันออกเฉียงเหนือ เป็นต้น (วงศ์พันธ์และคณะ, 2543)

### 2. ความปั่นป่วน (Turbulence)

ธรรมชาติการไหลของของไหล ซึ่งแสดงให้เห็นอยู่ในรูปของความไม่แน่นอน ไม่สามารถทำนายได้ เป็นการเคลื่อนที่อย่างไม่ราบเรียบในบรรยากาศ ซึ่งความปั่นป่วนของอากาศเกิดขึ้นเมื่อการไหลของอากาศมีการเคลื่อนที่แบบกระแสวน ซึ่งหมายถึงส่วนของอากาศที่เคลื่อนไหวแบบอิสระในลักษณะขึ้นลง โดยกระแสวนสามารถเกิดทั้งในแนวราบและแนวตั้ง มีความสำคัญต่อการแพร่กระจาย และการเจือจางของฝุ่นละออง โดยพบว่าเมื่อมีความปั่นป่วนของบรรยากาศลดลง ความเข้มข้นของฝุ่นละอองที่ออกมาจากแหล่งกำเนิดมีค่าสูงขึ้น แต่หาบรรยากาศมีความปั่นป่วนของบรรยากาศเกิดจากสาเหตุหลัก 2 สาเหตุ คือ

2.1) ความปั่นป่วนเนื่องมาจากความร้อน (Thermal turbulence) เกิดจากผิวโลกได้รับความร้อนจากดวงอาทิตย์ พื้นผิวและอากาศที่อยู่ใกล้เคียงจะมีอุณหภูมิสูงขึ้น ทำให้เกิดกระแสลมปั่นป่วนในบรรยากาศชั้นล่าง ในขณะที่ช่วงกลางคืนพื้นดินและอากาศที่อยู่ใกล้ผิวโลกจะมีอุณหภูมิลดลง เนื่องจากพื้นดินเกิดการแผ่รังสีความร้อนกลับสู่บรรยากาศ ทำให้อากาศหยุดนิ่งและความปั่นป่วนลดลง

2.2) ความปั่นป่วนทางกล (Mechanical turbulence) เกิดจากการเคลื่อนไหวของอากาศผ่านผิวโลกที่มีสิ่งกีดขวาง เช่น อาคาร ต้นไม้ ภูเขา เป็นต้น ทำให้เกิดกระแสวนของอากาศ ซึ่งความปั่นป่วนมีผลมาจากกระแสวนที่มีขนาดต่างๆกัน ทำให้เกิดการผสมของอากาศทั้งในแนวราบและแนวตั้ง โดยความปั่นป่วนจะเพิ่มขึ้นตามรวมเร็วลม (นิตยา, 2533)

### 3. อุณหภูมิ (Temperature)

อุณหภูมิจะลดลงตามระดับความสูง และความแตกต่างของอุณหภูมิจะมีผลต่อการกระจายของฝุ่นละออง โดยในเวลากลางวันจะทำให้เกิดการปั่นป่วนของมวลอากาศ เป็นผลให้การแพร่กระจายของฝุ่นละอองในบรรยากาศแพร่กระจายได้ดี ส่วนเวลากลางคืนอุณหภูมิลดต่ำลงมาก ทำให้มวลอากาศนิ่งแพร่กระจายได้ไม่ดี (นพภาพรและแสงสันต์, 2544)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.6.6 มาตรฐานคุณภาพอากาศในบรรยากาศโดยทั่วไป

ตารางที่ 2.5 ค่ามาตรฐานฝุ่นละอองในบรรยากาศทั่วไป

สารมลพิษ	ค่าเฉลี่ยความเข้มข้นในเวลา	ค่ามาตรฐาน (mg/m <sup>3</sup> )	ที่มา
ฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 100 ไมครอน (TSP)	24 ชม.	ไม่เกิน 0.33	1, 2
	1 ปี	ไม่เกิน 0.10	
ฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน (PM <sub>10</sub> )	24 ชม.	ไม่เกิน 0.12	1, 2
	1 ปี	ไม่เกิน 0.05	
ฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน (PM <sub>2.5</sub> )	24 ชม.	ไม่เกิน 0.05	3
	1 ปี	ไม่เกิน 0.025	

หมายเหตุ : - มาตรฐานค่าเฉลี่ยระยะสั้น (1, 8 และ 24 ชม.) กำหนดขึ้นเพื่อป้องกันผลกระทบต่อสุขภาพอนามัยอย่างเฉียบพลัน (acute effect)

- มาตรฐานค่าเฉลี่ยระยะยาว (1 เดือน และ 1 ปี) กำหนดขึ้นเพื่อป้องกันผลกระทบยาวหรือผลกระทบเรื้อรัง ที่อาจเกิดขึ้นต่อสุขภาพอนามัย (chronic effect)

ที่มา : กรมควบคุมมลพิษ, 2547 ดัดแปลงจาก

1. ประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 10 (พ.ศ.2538) เรื่อง กำหนดมาตรฐานคุณภาพอากาศในบรรยากาศโดยทั่วไป ออกตามความในพระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ. 2535 ประกาศในกิจจานุเบกษา เล่ม 112 ตอนที่ 52ง. วันที่ 25 พฤษภาคม พ.ศ. 2538
2. ประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 24 (พ.ศ. 2547) เรื่อง กำหนดมาตรฐานคุณภาพอากาศในบรรยากาศโดยทั่วไป ออกตามความในพระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ. 2535 ประกาศในราชกิจจานุเบกษา เล่ม 121 ตอนพิเศษ 104ง. วันที่ 22 กันยายน พ.ศ. 2547
3. ประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 28 (พ.ศ. 2550) เรื่อง กำหนดมาตรฐานคุณภาพอากาศในบรรยากาศโดยทั่วไป ออกตามความในพระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ. 2535 ประกาศในราชกิจจานุเบกษา เล่ม 124 ตอนพิเศษ 58ง. วันที่ 14 พฤษภาคม พ.ศ. 2550
4. ประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 33 (พ.ศ. 2552) เรื่อง กำหนดมาตรฐานค่าก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ในบรรยากาศโดยทั่วไป ออกตามความในพระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ. 2535 ประกาศในราชกิจจานุเบกษา เล่ม 126 ตอนพิเศษ 114ง. วันที่ 14 สิงหาคม พ.ศ. 2552

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. ประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 36 (พ.ศ. 2553) เรื่อง กำหนดมาตรฐานฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน ในบรรยากาศโดยทั่วไป ออกตามความในพระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ. 2535 ประกาศในราชกิจจานุเบกษา เล่ม 127 ตอนพิเศษ 37ง. วันที่ 24 มีนาคม พ.ศ. 2553

## 2.6.7 ผลกระทบของฝุ่นละอองในบรรยากาศ

- 1) ผลต่อสิ่งแวดล้อม (กลุ่มพัฒนาการส่งเสริมสุขภาพและอนามัยสิ่งแวดล้อม สอ.4, 2553)

- ผลต่อทัศนวิสัยและการมองเห็น โดยเฉพาะ  $PM_{2.5}$  ทำให้เกิดหมอกควัน ทำให้ลดทัศนวิสัยในการมองเห็น

- การทำลายสิ่งแวดล้อม โดยเฉพาะฝุ่นละอองขนาดเล็กสามารถที่ลอยไปในอากาศไปได้ไกล เมื่อตกลงไปในพื้นดินหรือแหล่งน้ำ จะทำให้สิ่งแวดล้อมเปลี่ยนไป เช่น มีความเป็นกรดด่างมากขึ้น ทำให้ห่วงโซ่อาหาร และนิเวศวิทยาในแหล่งน้ำและบนดินเปลี่ยนแปลงไป จนทำให้ความอุดมสมบูรณ์ลดลง

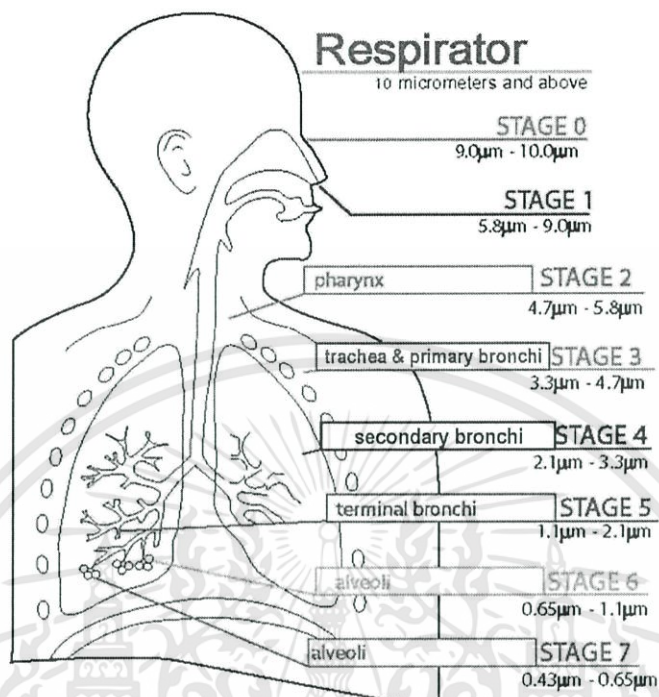
- การทำลายทัศนียภาพ โดยเฉพาะอากาศที่มีความเป็นกรดจะทำให้กัดกร่อนสิ่งก่อสร้าง โบราณสถานหรืออนุสาวรีย์

- 2) ผลกระทบต่อสุขภาพ

ฝุ่นละอองจะทำให้เกิดอาการระคายเคืองตา การหายใจเอาฝุ่นละอองเข้าไปในระบบทางเดินหายใจ โดยฝุ่นละอองที่มีขนาดใหญ่กว่า 15 ไมครอน จะถูกจับที่ระบบทางเดินหายใจส่วนบน ในส่วนของจมูกและลำคอ ทำให้ระคายเคือง แสบจมูก ไอจาม มีเสมหะ ซึ่งฝุ่นละอองชนิดนี้จะถูกขับออกมาพร้อมเสมหะ ส่วนฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน จะเป็นอันตรายต่อสุขภาพอนามัยของมนุษย์ เพราะสามารถแทรกตัวลึกเข้าไปถึงระบบทางเดินหายใจส่วนล่างเข้าไปในเนื้อเยื่อปอด หรือมีการสะสมของฝุ่นในถุงลมปอด ทำให้การทำงานของปอดเสื่อมลง ทำให้หลอดลมอักเสบ (bronchitis) เกิดหอบหืด (asthma) ถุงลมโป่งพอง (emphysema) และปอดบวม (pneumonia) โดยแบ่งขนาดของฝุ่นละอองที่มีผลกระทบต่อระบบทางเดินหายใจออกเป็น 8 ระดับ คือ ฝุ่นละอองที่มีขนาด 10.0-9.0 ไมครอน (stage 0) ฝุ่นละอองขนาด 9.0-5.8 ไมครอน (stage 1) เข้าสู่ทางจมูก และตกสะสมบริเวณโพรงจมูก จากนั้นฝุ่นละอองขนาด 5.8-4.7 ไมครอน (stage 2) เข้าสู่บริเวณคอหอย (pharynx) ซึ่งเป็นทางเชื่อมระหว่างปาก โพรงจมูกและหลอดอาหาร ฝุ่นละอองขนาดระหว่าง 4.7-3.3 ไมครอน (stage 3) เข้าสู่บริเวณหลอดลม (trachea) และท่อหลอดลมคอระดับที่หนึ่ง (primary bronchi) ฝุ่นละอองขนาดระหว่าง 3.3-2.1 ไมครอน (stage 4) เข้าสู่บริเวณท่อหลอดลมระดับสอง (secondary bronchi) ฝุ่นละอองขนาดระหว่าง 2.1-1.1 ไมครอน (stage 5) เข้าสู่บริเวณระดับปลายแขนงของหลอดลม (terminal bronchi) ฝุ่นละอองขนาดระหว่าง 1.1-0.65

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไมครอน (stage 6) และฝุ่นละอองขนาด 0.65-0.43 ไมครอน (stage 7) เข้าสู่บริเวณถุงลมปอด (alveoli) ดังแสดงในรูปที่ 2.7



รูปที่ 2.7 การเข้าสู่ร่างกายของฝุ่นละอองขนาดต่างๆ

ที่มา : New Star Environmental, LLC, 2004

ฝุ่นละอองขนาดเล็กมีผลกระทบต่อสุขภาพเป็นอย่างมาก เมื่อหายใจเข้าไปในปอดจะเข้าไปอยู่ในทางเดินหายใจส่วนล่าง ในสหรัฐอเมริกาพบว่าผู้ที่ได้รับฝุ่น  $PM_{10}$  ในระดับหนึ่งจะทำให้เกิดโรคหอบหืด และฝุ่น  $PM_{2.5}$  ในบรรยากาศจะมีความสัมพันธ์กับอัตราการเพิ่มของผู้ป่วยที่เป็นโรคหัวใจ และโรคปอดที่เข้ามารักษาตัวในโรงพยาบาล เพิ่มอาการของโรคทางเดินหายใจ ลดประสิทธิภาพการทำงานของปอดและเกี่ยวโยงกับการเสียชีวิตก่อนวัยอันควร โดยเฉพาะผู้ป่วยสูงอายุ

ระบบทางเดินหายใจแบ่งเป็นส่วนบนและส่วนล่าง ตั้งแต่โพรงจมูกและช่องปาก ผ่านช่องคอ กล่องเสียง หลอดลมใหญ่ หลอดลมฝอย ไปจนถึงถุงลมปอดซึ่งเป็นส่วนปลายสุดของทางเดินหายใจ อนุภาคในอากาศสามารถกระจายเข้าไปอยู่ในระบบทางเดินหายใจได้ 4 วิธี (ตารางที่ 2.6) คือ

1. Interception คือ การสัมผัสกับผิวเยื่อทางเดินหายใจโดยตรง ได้แก่ อนุภาคที่มีขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน
2. Impaction คือ การเคลื่อนที่ไปตามทิศทางของลมหายใจ ได้แก่ อนุภาคที่มีขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. Sedimentation คือ การตกลงตามแรงโน้มถ่วง ได้แก่ อนุภาคที่มีขนาดใหญ่กว่า 0.5 ไมครอน
4. Diffusion คือ การแพร่กระจาย สำหรับอนุภาคที่มีขนาดเล็กกว่า 0.5 ไมครอน

ตารางที่ 2.6 ขนาดอนุภาคและวิธีเข้าสู่ระบบทางเดินหายใจ

ขนาดอนุภาค	ตำแหน่งของระบบทางเดินหายใจที่ได้รับอนุภาค	วิธีที่อนุภาคเข้าสู่ระบบทางเดินหายใจ	*ผลกระทบจากความเร็วยของอากาศ
> 10 ไมครอน	โพรงจมูกและช่องคอ	Impaction, Interception	++++
0.003 – 5 ไมครอน	หลอดลมใหญ่จนถึงถุงลมปอด	Sedimentation	+
< 0.5 ไมครอน	ถุงลมปอด	Diffusion	0

หมายเหตุ : ต้องอาศัยความเร็วของอากาศในการเคลื่อนที่ในการเดินหายใจมาก +++++ \* :

0 ไม่ต้องอาศัยความเร็วของอากาศในการเคลื่อนที่ในทางเดินหายใจ

ที่มา : จิรวัดน์, 2555

#### กลไกการตกค้างของฝุ่นละออง

- 1) กลไกการตกค้างของฝุ่นละอองในทางเดินอากาศหายใจ (ตารางที่ 2.7) ได้แก่
  - การปะทะเนื่องจากความเฉื่อย (inertial impaction)
  - การตกตะกอนเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก (sedimentation)
  - การแพร่ของโมเลกุลแบบการเคลื่อนที่บราวเนียน (diffusion)

ตารางที่ 2.7 ตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อกลไกการตกค้างของฝุ่นละอองในส่วนต่าง ๆ ของทางเดินอากาศหายใจ

ขนาดของฝุ่น	กลไกการตกค้าง	บริเวณตกค้างของฝุ่นในทางเดินหายใจ
5-30 ไมโครเมตร	การปะทะเนื่องจากความเฉื่อย	จมูกและคอหอยส่วนจมูก
1-10 ไมโครเมตร	การตกตะกอน	คอหอยและหลอดลม
		หลอดลมคอและหลอดลมฝอย
ต่ำกว่า 1 ไมโครเมตร	การแพร่	บริเวณถุงลม
		ถุงลม

ที่มา : มาริษา, 2542

## 2) กลไกการทำอันตรายของอนุภาคมลสาร

มีหลักฐานบ่งชี้ว่าอนุภาคมลสารขนาดเล็กมากมีปฏิกิริยาการตอบสนองของร่างกายแตกต่างจากอนุภาคมลสารขนาดใหญ่ จากการทดลองในสัตว์ทดลองพบว่าอนุภาคมลสารขนาดเล็กมากจะค้างอยู่ในช่องระหว่างเซลล์ถุงลมในปอด และก่อให้เกิดอันตรายต่อไปนี้

### - การอักเสบของถุงลมปอด (alveolar inflammation)

การค้างค้างของอนุภาคมลสารขนาดเล็กมากเกิดจากความล้มเหลวของเม็ดเลือดขาวในการจับและทำลายอนุภาคมลสารขนาดเล็ก หลักฐานในสัตว์ทดลองนำไปสู่สมมุติฐานที่ว่าอนุภาคมลสารที่มีขนาดเล็ก และไวต่อปฏิกิริยาทางเคมีจะทำให้เกิดปฏิกิริยาตอบสนองอย่างเดียวกันในมนุษย์ ทำให้เกิดการอักเสบของถุงลมปอดจากกระตุ้น โดยอนุภาคมลสารขนาดเล็ก กระบวนการเกิดการอักเสบของปอดพบได้จากการเปลี่ยนแปลงของโปรตีนในพลาสมาที่จะกลายเป็นไฟบริน และมีจำนวนเม็ดเลือดขาวเพิ่มขึ้น

### - การจับตัวเป็นลิ่มในทางไหลเวียนเลือด (clotting pathway)

เม็ดเลือดขาวที่ถูกกระตุ้นโดยสิ่งเร้าต่างๆ นำไปสู่กระบวนการตกตะกอนของเลือดโดยโปรตีนในพลาสมาจะเปลี่ยนไปเป็นโปรตีน (ไฟบริโนเจน) ที่เกี่ยวข้องกับการแข็งตัวของเลือดซึ่งหลั่งออกมาจาก pneumatocytes เนื่องจากการอักเสบของเซลล์ถุงลมในปอดมีส่วนส่งเสริมให้เกิดการตกตะกอนของเลือดและเป็นสาเหตุการเกิดโรคหัวใจล้มเหลว

เมื่อมีการแทรกตัวของอนุภาคมลสารที่มีขนาดเล็กมาก ซึ่งเป็นอนุภาคมลสารที่หายใจเข้าถึงถุงลมปอด (ส่วนที่มีการแลกเปลี่ยนของก๊าซ) ได้ ระบบภูมิคุ้มกันโรคในเครือข่ายของเลือดบริเวณนี้จะปล่อยสารภูมิคุ้มกันที่ไม่จำเพาะ (non-specific immune response) ทำให้เกิดการเคลื่อนย้ายของเม็ดเลือดขาว และเซลล์ที่ก่อให้เกิดกระบวนการกระตุ้นให้มีการหลั่งสารเคมีออกมาจากเซลล์และก่อปฏิกิริยาภูมิแพ้ เช่น เซลล์แมสต์ ซึ่งจะกระตุ้นการหลั่งสารเคมีต่างๆ เช่น อินเตอร์ลิวคิน, TGF  $\beta$ , TNF  $\alpha$ , ฮิสตามีน และซีโรโทนินสารเหล่านี้ก่อให้เกิดปฏิกิริยาต่างๆ ในร่างกาย ได้แก่ อัตราการไหลเวียนเลือดเพิ่มขึ้น การเร่งทำให้เลือดเป็นลิ่ม การหดตัวของหลอดเลือด และอาจทำให้มีไข้ อาการที่เกิดขึ้นเป็นการกระตุ้นให้ร่างกายหยุดการรับสัมผัสกับอนุภาคมลสารภายนอก ถ้าการรับสัมผัสเป็นไปอยู่นานจะทำให้เกิดปัญหาต่อระบบการหายใจ และหลอดเลือด ทำให้เกิดอาการของโรคหืด และหัวใจล้มเหลวขึ้นได้

### - ความข้นเหนียวของพลาสมา (plasma viscosity)

การศึกษาในเยอรมนี พบความสัมพันธ์ของความเข้มข้นของพลาสมากับการเปลี่ยนแปลงระดับมลพิษทางอากาศในกลุ่มผู้หญิงและกลุ่มผู้ชายที่ไม่สูบบุหรี่ การศึกษาการเปลี่ยนแปลงการไหลเวียนเลือดเนื่องมาจากกระบวนการอักเสบของเซลล์ถุงลมในปอด นำไปสู่ปฏิกิริยาฉับพลันทางพยาธิวิทยาที่ใช้อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างระดับฝุ่นละอองในอากาศ และอุบัติการณ์การเสียชีวิต

- ปฏิกริยาของทางเดินอากาศหายใจ (airway reactivity)

ทางเดินอากาศหายใจขนาดใหญ่ถูกล้อมรอบด้วยกล้ามเนื้อเรียบซึ่งกำกับการยืดหดของท่อหายใจ ขณะมีการหดขยายของปอด การยืดหดตัวของ กล้ามเนื้อเรียบในบริเวณหลอดลมจะถูกควบคุมโดยระบบประสาทเสรี ปฏิกริยาการหดตัวของกล้ามเนื้อ จะเกิดขึ้นเมื่อตัวรับสัมผัสในหลอดลมคอ (trachea) และหลอดลมใหญ่ (large bronchi) ถูกกระตุ้นด้วยสิ่งเร้าเช่นอากาศเย็น ควันบุหรี่ และสารมลพิษในอากาศ สารเคมีที่หลังจากกล้ามเนื้อเรียบของทางเดินอากาศหายใจที่สำคัญคือ สารก่อภูมิแพ้ และสารที่มีฤทธิ์กระตุ้นการบีบตัวของกล้ามเนื้อเรียบ เช่น Prostaglandins โดยเฉพาะอย่างยิ่งในหลอดลมของผู้ป่วยที่เป็นโรคหืดจะทำให้มีอาการกำเริบได้มาก การหดตัวของหลอดลมมีผลทำให้เส้นผ่านศูนย์กลางของทางผ่านอากาศลดลงซึ่งมีผลทำให้เพิ่มแรงต้านของอากาศที่ผ่านเข้าออกในท่อหายใจ การหดตัวของหลอดลม (broncho-constriction) ทำให้เกิดอาการหายใจมีเสียงวี๊ด หรือฮืดในอก ไอ แน่นหน้าอก หายใจลำบาก และอาการรุนแรงขึ้นเมื่อออกกำลังกาย (มาริษา, 2542)

## 2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Lin และคณะ (2012) ศึกษาคุณสมบัติทางเคมีของอนุภาคที่ถูกรวบรวมจากการเผาไหม้แบบเปิดของของเสียชีวมวลเปิดจากการเกษตร และประเมินผลกระทบต่อคุณภาพอากาศในชนบทจากการเผาไหม้ ปริมาณไอออนที่ละลายน้ำ, ธาตุคาร์บอน (EC) และอินทรีย์คาร์บอน (OC) ในอนุภาคละเอียด ( $D_p \leq 2.5 \mu\text{m}$ ) และอนุภาคหยาบ ( $2.5 < D_p \leq 10 \mu\text{m}$ ) ถูกเก็บโดยใช้ micro-orifice uniform deposition impactor (MOUDI) และ two Dichot samplers จากผลการทดลองพบว่า ค่าเฉลี่ยอัตราส่วน  $\text{PM}_{2.5}/\text{PM}_{10}$  ในระหว่างการเผาแบบเปิด (0.90) มีค่าสูงกว่าก่อนและหลังการเผา (0.57 และ 0.55 ตามลำดับ) การกระจายตัวของอนุภาคก่อนและระหว่างการเผาไหม้เป็นแบบ bi-modal และ uni-modal ตามลำดับ ในระหว่างการเผาแบบเปิด ปริมาณ OC หรือ  $\text{K}^+$  เพิ่มขึ้นอย่างชัดเจน ในขณะที่ละอองทุติยภูมิ ( $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{NO}_3^-$  และ  $\text{SO}_4^{2-}$ ) มีค่าลดลง อัตราส่วนโมลของ  $\text{Na}^+/\text{Cl}^-$  ในอนุภาคละเอียดก่อน, หลัง และระหว่างการเผาแบบเปิด มีค่า 0.40, 0.18 และ 0.24 ตามลำดับ อัตราส่วนโมลของ  $(\text{Na}^+ + \text{K}^+)/\text{Cl}^-$  มีค่า 0.74, 0.99 และ 0.39 ตามลำดับ ปริมาณ OC,  $\text{K}^+$  และ  $\text{Cl}^-$  พบจำนวนมากในการเผาแบบเปิดของของเสียจากการเกษตร (ชีวมวลเปิด) และอัตราส่วน (มวล)  $\text{OC}/\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+/\text{Na}^+$  และ  $\text{Cl}^-/\text{Na}^+$  ในอนุภาคละเอียด (318, 10.2 และ 10.5 ตามลำดับ) อาจใช้เป็นดัชนีอ้างอิงที่เกี่ยวข้องกับการเผาแบบเปิดของของเสียชีวมวลเปิด

Wang และคณะ (2012) ตรวจสอบผลกระทบต่อมลพิษทางอากาศในเมืองในระหว่างการเผาไหม้เศษวัสดุทางการเกษตรนอกเมืองหนานจิง ความเข้มข้นละอองในอากาศ, ความเข้มข้นของก๊าซมลพิษ, ความเข้มข้นมวล และการกระจายขนาดไอออนละลายน้ำ ระหว่างช่วงวันที่ 4-9

พฤศจิกายน, 2010 ผลการศึกษาแสดงว่าการกระจายขนาดของความเข้มข้นละอองในอากาศเป็นแบบ bimodal ในวันที่มีมลพิษและวันปกติ มีค่าสูงสุดที่ 60-70 และ 200-300 nm ตามลำดับ ความเข้มข้นละอองในอากาศ คือ  $10^4 \text{ cm}^{-3} \cdot \text{nm}^{-1}$  ในวันที่มีมลพิษ ค่าสูงสุดของการกระจายสเปกตรัมของความเข้มข้นละอองในอากาศในวันที่มีมลพิษเป็น 1.5-3.3 เท่า สูงกว่าในวันธรรมดา การเผาเศษวัสดุทางการเกษตรมีผลกระทบต่อความเข้มข้นของอนุภาคละเอียด การเปลี่ยนแปลงรายวันของความเข้มข้นละอองในอากาศเป็นแบบ trimodal ในวันที่มีมลพิษและวันธรรมดา ที่มีค่าสูงสุดที่เวลามาตรฐานท้องถิ่น 03:00, 09:00 และ 19:00 น. ค่าสูงสุดแรกที่มีผลกระทบจากองค์ประกอบทางอนุกรมวิธาน ในขณะที่ค่าสูงสุดอันดับสองและสามเป็นเพราะกิจกรรมของมนุษย์ เช่น การจราจรในช่วงโมงเร่งด่วน การเผาไหม้เศษวัสดุทางการเกษตรมีผลกระทบมากที่สุดในความเข้มข้นของ  $\text{SO}_2$  โดย  $\text{NO}_2$ ,  $\text{O}_3$  แทบจะไม่ได้รับผลกระทบ ผลกระทบจากการเผาเศษวัสดุทางการเกษตรในอนุภาคละเอียด ( $< 2.1 \mu\text{m}$ ) มีมากกว่าอนุภาคหยาบ ( $> 2.1 \mu\text{m}$ ) ดังนั้น ความเข้มข้นของไอออนในอนุภาคละเอียดมีค่าสูงกว่าในอนุภาคหยาบ การเผาเศษวัสดุทางการเกษตรมีผลกระทบอย่างมากต่อการกระจายขนาดของ  $\text{K}^+$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{Na}^+$  และ  $\text{F}^-$  และมีผลกระทบน้อยมากในการกระจายขนาดของ  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{NO}_3^-$  และ  $\text{SO}_4^{2-}$

**Kumar และคณะ (2010)** ศึกษาความเข้มข้นของไอออนที่ละลายได้ในกรดและน้ำในอนุภาคฝุ่นละอองขนาดต่างๆ ในบรรยากาศ ( $\text{PM}_{10}$ ) ( $>1.1 - <2.0 \mu\text{m}$ ,  $>2.0 - <3.3 \mu\text{m}$ ,  $>3.3 - <4.7 \mu\text{m}$ ,  $>4.7 - <5.8 \mu\text{m}$ ,  $>5.8 - <9.0 \mu\text{m}$  และ  $>9 \mu\text{m} - <10 \mu\text{m}$ ) โดยเครื่องเก็บอากาศแบบ 6 stages Anderson Cascade Impactor วิเคราะห์โดยใช้เครื่อง Ion Chromatograph เก็บตัวอย่างฝุ่นละอองในบรรยากาศ บนตึก 3 ชั้นที่มีความสูง 20 เมตรจากระดับพื้นที่ Bhabha Atomic Research Centre (BARC), Mumbai โดยใช้เครื่องเก็บอากาศแบบ ไฮโดรลุ่ม ใช้กระดาษกรองชนิด Whatman glass fiber filter ทำการเก็บตัวอย่างระหว่างเดือนมีนาคม-เดือนมิถุนายน 2543 ผลการทดลองพบว่า ไอออนที่ละลายได้ทั้งในน้ำและกรดของฝุ่นละออง  $\text{PM}_{10}$  เรียงลำดับจากมากไปน้อยพบว่า  $\text{Na}^+ > \text{Ca}^{2+} > \text{K}^+ > \text{Cl}^- > \text{F}^- > \text{Mg}^{2+} > \text{NO}_3^- \approx \text{SO}_4^{2-}$  และความเข้มข้นเฉลี่ยของ  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{F}^-$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{NO}_3^-$  และ  $\text{SO}_4^{2-}$  ในฝุ่นละออง  $\text{PM}_{10}$  มีค่าเท่ากับ 13.36 g/kg, 3.76 g/kg, 0.251 g/kg, 3.771 g/kg, 0.833 g/kg, 1.17 g/kg, 81  $\mu\text{g}/\text{kg}$  และ 290  $\mu\text{g}/\text{kg}$  ตามลำดับ ปัจจัยของความสามารถของไอออนที่ละลายได้ในฝุ่นละอองเกิดจากปริมาณของฝุ่นละออง  $\text{PM}_{10}$  มีมาก, ความสามารถในการดูดซับน้อย ขนาดของของแข็งบนฝุ่นละอองในบรรยากาศเล็กมาก, ความสามารถในการสกัด, มีความสามารถในการถูกละลายได้ดี และมีการเคลื่อนที่ได้ง่าย โดยสามารถแบ่งประเภทของฝุ่นละออง  $\text{PM}_{10}$  เป็น 2 ประเภท ได้แก่ ฝุ่นละเอียด ( $< 2.5 \mu\text{m}$ ) และฝุ่นหยาบ ( $>2.5 \mu\text{m} - <10 \mu\text{m}$ ) ซึ่งฝุ่นละเอียด พบได้โดยทั่วไป แสดงให้เห็นว่าในองค์ประกอบในความเข้มข้นโดยค่าเฉลี่ยทั้งหมดของไอออนที่ละลายได้ในกรดและน้ำ พบว่ามีค่าสูงกว่าฝุ่นหยาบกล่าวโดยสรุป คือ จากการวิจัย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สังเกตได้ว่าโดยทั่วไปขนาดของฝุ่นละอองที่เพิ่มขึ้น ความเข้มข้นโดยค่าเฉลี่ยของไอออนที่ละลาย  
ได้ในกรดและน้ำของฝุ่นละออง  $PM_{10}$  จะลดลง



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 3

### วิธีการดำเนินงานวิจัย

#### 3.1 เครื่องมือและอุปกรณ์

1. เครื่องเก็บตัวอย่างฝุ่นแบบ 8 ชั้น (8 stage non-viable cascade impactor model) บริษัท Tisch Environmental ประเทศสหรัฐอเมริกา
2. เครื่อง Calibrator, Defender™ 500 series บริษัท Tisch Environmental ประเทศสหรัฐอเมริกา
3. เครื่องไอออนโครมาโทกราฟี (Ion Chromatograph) รุ่น DX-600 บริษัท Metrohm ประเทศสวิตเซอร์แลนด์
4. เครื่อง Total Organic Carbon Analyzer แบบการวิเคราะห์ตัวอย่างของแข็ง (Solid Sample Module, SSM) รุ่น TOC-VCSH บริษัท Shimadzu ประเทศญี่ปุ่น
5. เครื่อง Scanning Electron Microscope (SEM) รุ่น 1455 VP บริษัท LEO ประเทศอังกฤษ
6. เครื่อง X-Ray Fluorescence Spectrometer (XRF) รุ่น SRS 3400 บริษัท Bruker AXS GmbH
7. เครื่องอัลตราโซนิก (Ultrasonic) รุ่น 136H บริษัท Fisher Scientific Worldwide ประเทศเยอรมนี
8. เครื่องชั่งละเอียด 5 ตำแหน่ง รุ่น Sartorius BA 210 บริษัท Scientific Promotion ประเทศฝรั่งเศส
9. ตู้ควบคุมความชื้นอัตโนมัติ (Desiccator auto dry box) รุ่น CM-3 บริษัท Samplatec Corp., ประเทศเยอรมนี
10. กระดาษกรองควอตซ์ (Quartz Fiber Filter) เกรด QR-100 ขนาด 203×254 mm บริษัท Toyo Roshi Kaisha ประเทศญี่ปุ่น
11. เตาเผา (Furnace) รุ่น F6000 บริษัท Thermolyne Corporation ประเทศสหรัฐอเมริกา
12. เครื่องวัดความดันบรรยากาศ (Barometer) รุ่น NO.115 ขนาด 85 mm บริษัท Barigo ประเทศเยอรมนี
13. เทอร์โมมิเตอร์
14. คีมคีบพลาสติก
15. จานเพาะเชื้อ (Petri Dish)
16. ถุงมือไวนิลชนิดไม่มีแป้ง (Vinyl non powdered gloves)
17. ชามระเหย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

18. Paper Punches
19. กรรไกร
20. เครื่องแก้วต่างๆ

### 3.2 สารเคมี

1. กลูโคส ( $C_6H_{12}O_6$ ) เกรดวิเคราะห์ บริษัท Fine Chem ประเทศอังกฤษ
2. โซเดียมคาร์บอเนต ( $Na_2CO_3$ ) เกรดวิเคราะห์ บริษัท Merck ประเทศเยอรมนี
3. โซเดียมไฮโดรเจนคาร์บอเนต ( $NaHCO_3$ ) เกรดวิเคราะห์ บริษัท Carlo Erba ประเทศอิตาลี
4. กรดทาร์ทาริก ( $C_4H_6O_6$ ) เกรดวิเคราะห์ บริษัท Merck ประเทศเยอรมนี
5. กรดไดพิโคลนิก (Dipicolonic Acid) เกรดวิเคราะห์ บริษัท Fluka ประเทศสวิตเซอร์แลนด์
6. กรดไนตริก ( $HNO_3$  65%) เกรดวิเคราะห์ บริษัท Carlo Erba ประเทศอิตาลี
7. กรดฟอสฟอริก ( $H_3PO_4$ ) เกรดวิเคราะห์ บริษัท Carlo Erba ประเทศอิตาลี
8. กรดซัลฟิวริก ( $H_2SO_4$ ) เกรดวิเคราะห์ บริษัท Carlo Erba ประเทศอิตาลี
9. อะซิโตน ( $CH_3COCH_3$ ) เกรดวิเคราะห์ บริษัท Fisher Chemical ประเทศเยอรมนี
10. น้ำที่มีความบริสุทธิ์สูง (Deionized Water, น้ำ DI)

### 3.3 ขยะที่ใช้ในการศึกษา

ขยะแห้งจากบ้านเรือน โดยคัดแยกขยะเปียกออก ดังแสดงในรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 ภาพตัวอย่างขยะบ้านเรือน

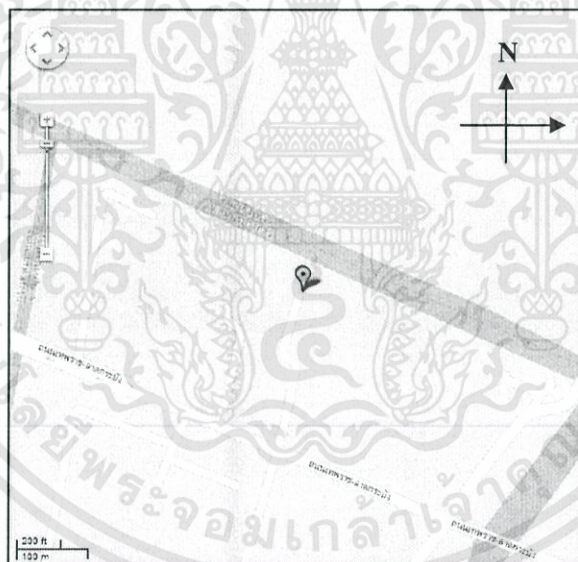
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### หาค่าประกอบของขยะด้วยวิธี Photogrammetry

1. ถ่ายภาพด้วยกล้องดิจิทัลที่มีเลนส์ขยายและแฟลชแบบอิเล็กทรอนิกส์ที่บริเวณต่างๆ ของกองขยะ โดยทำมุม  $90^\circ$  กับขยะโดยตรง
2. โอนย้ายภาพถ่ายไปลงบนโปรแกรม Photoshop แล้วสร้างตารางกริด (grid) ขนาด  $10 \times 10$  ช่องลงบนภาพ
3. ทำการแยกประเภทของขยะและนับจำนวนของแต่ละองค์ประกอบในแต่ละช่อง
4. คำนวณหาน้ำหนักขยะแต่ละองค์ประกอบ

### 3.4 สถานที่เก็บตัวอย่าง

สถานที่ที่ใช้ในการเผาขยะเพื่อเก็บตัวอย่างฝุ่นละออง คือ บ้านเลขที่ 7 หมู่ 7 ถนนเทพราช-ลาดกระบัง ตำบลเป็ริง อำเภอบางบ่อ จังหวัดสมุทรปราการ ที่ละติจูด  $(13.695005) + 13^\circ 41' 42.02''$ , ลองจิจูด  $(100.863912) + 100^\circ 51' 50.08''$  (รูปที่ 3.2)

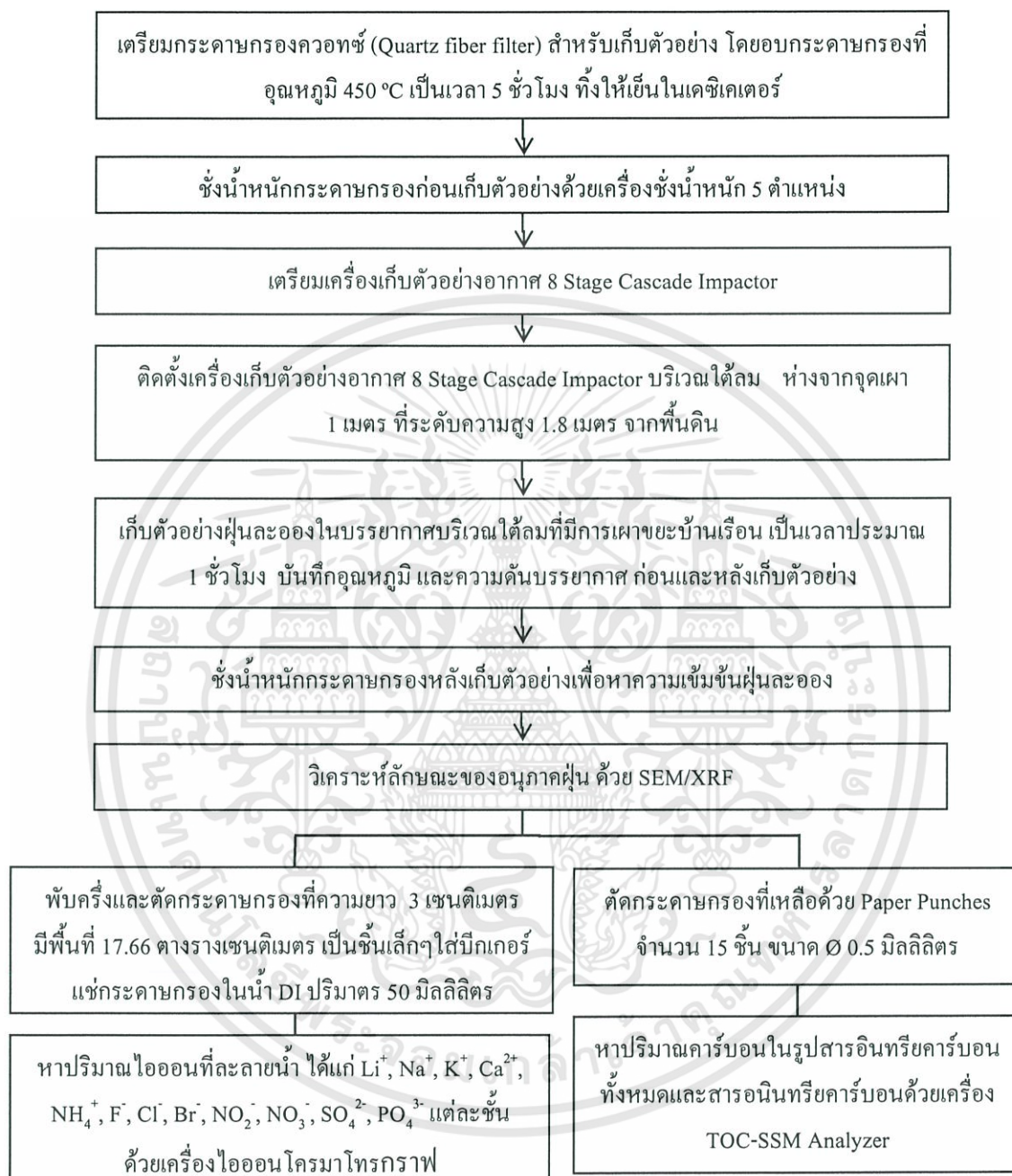


รูปที่ 3.2 แผนที่สถานที่ใช้ในการเผาขยะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.5 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

สรุปขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย ดังแสดงในรูปที่ 3.3



รูปที่ 3.3 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.5.1 การเตรียมกระดาษกรอง ด้วยวิธีมาตรฐานของ U.S. EPA, 1999b และกรมควบคุมมลพิษ, 2546

งานวิจัยนี้ใช้กระดาษกรองควอทซ์ (Quartz Fiber Filter) มีประสิทธิภาพในการกรองอนุภาคฝุ่นละออง 98.5% สภาพพีเอชเป็นกลาง ความหนาแน่น 6.51 มิลลิกรัมต่อตารางเซนติเมตร ทนต่อการกัดกร่อนของสภาพอากาศ และทนอุณหภูมิได้สูงสุด 900 °C ซึ่งเหมาะสำหรับการเก็บตัวอย่างฝุ่น เพื่อวิเคราะห์หาลักษณะอนุภาค ปริมาณสารอินทรีย์คาร์บอนทั้งหมด และปริมาณไอออนที่ละลายได้ในน้ำ

1. ตัดกระดาษกรองควอทซ์ ให้มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 81 มิลลิเมตร แล้วนำไปอบที่อุณหภูมิ 450 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 ชั่วโมง (U.S. EPA, 1999b) เพื่อไล่สารปนเปื้อนออก
2. นำกระดาษกรองที่ผ่านการอบในเตาเผา เก็บไว้ใน Desiccator Cabinet ที่ควบคุมความชื้นสัมพัทธ์ไม่เกิน  $50\% \pm < 5\%$  (หากความชื้นสัมพัทธ์สูงเกิน แก้ไขโดยการนำซิลิกาเจลไปวางในตู้ทุกครั้ง จนความชื้นสัมพัทธ์อยู่ในเกณฑ์ที่เหมาะสม ก่อนปรับสภาพกระดาษกรองใน Desiccator Cabinet ให้ทำความสะอาดตู้ก่อนทุกครั้ง) อุณหภูมิห้องระหว่าง 15-30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง เมื่อครบ 24 ชั่วโมง เก็บตัวอย่างกระดาษกรองไว้ในถุงซิปลพลาสติก และเก็บไว้ใน Desiccator Cabinet อีก 2-3 ชั่วโมง เพื่อให้มีการดูดความชื้นในถุงซิปลอีกครั้ง
3. ชั่งน้ำหนักกระดาษกรองก่อนเก็บตัวอย่าง ก่อนชั่งเปิดเครื่องชั่งไว้อย่างน้อย 1 ชั่วโมง เพื่อให้คานิ่ง ทำการชั่งซ้ำรวมทั้งหมด 2 ครั้ง โดยค่าที่ได้ต้องมีน้ำหนักไม่ต่างกันเกิน  $\pm 0.00005$  g
4. บันทึกน้ำหนักที่ชั่งได้ทั้ง 2 ครั้ง และคำนวณหาค่าเฉลี่ย นำกระดาษกรองใส่ถุงซิปลพลาสติก และนำมาเก็บไว้ในซองสีน้ำตาล เพื่อนำไปเก็บตัวอย่างภาคสนาม

### 3.5.2 การติดตั้งอุปกรณ์เครื่องเก็บตัวอย่างฝุ่นละอองคัดแยกขนาด

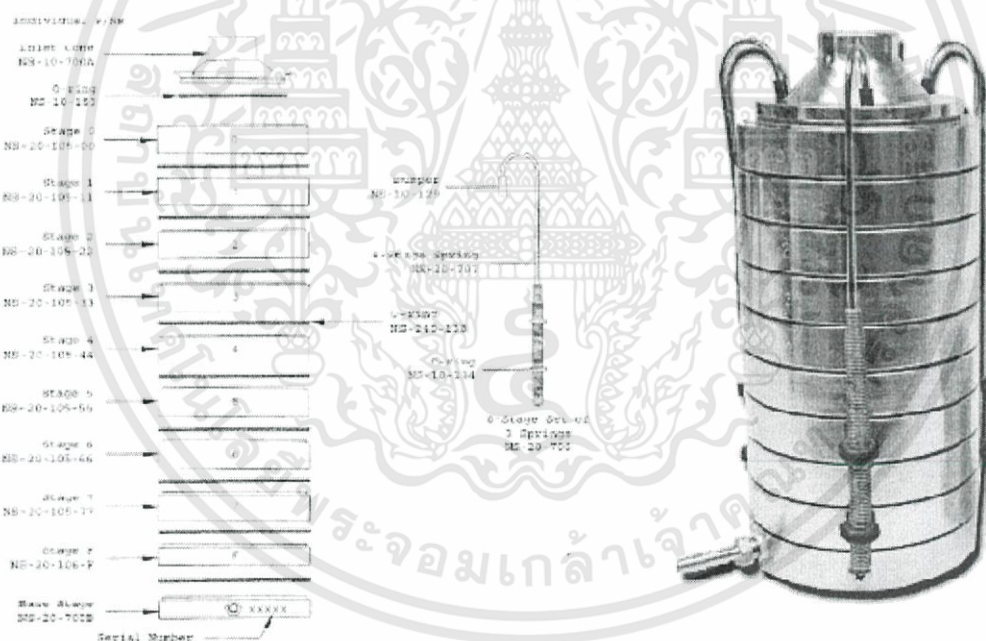
อุปกรณ์ 8 Stage Cascade Impactor ประกอบด้วยชั้นอนุภาคนิยม 8 ชั้น คือ

Stage	ขนาดการคัดแยกฝุ่น (ไมครอน)
0	> 9.0
1	9.0-5.8
2	5.8-4.7
3	4.7-3.3
4	3.3-2.1
5	2.1-1.1
6	1.1-0.7
7	0.7-0.4
8 (Backup filter)	< 0.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

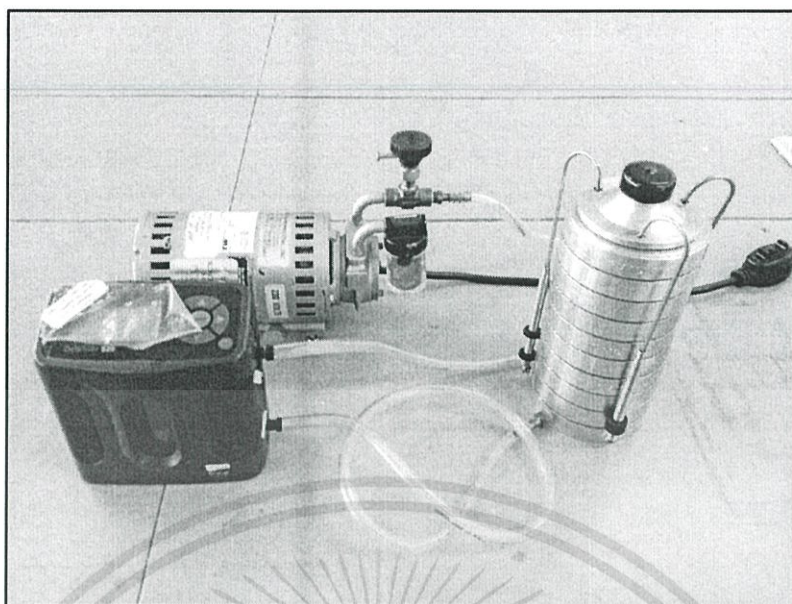
ขั้นตอนการติดตั้งอุปกรณ์ที่จุดเก็บตัวอย่าง มีดังนี้

1. วางกระดาษกรองควอทซ์ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 81 มิลลิเมตร ที่ผ่านการอบไล่สารอินทรีย์ต่างๆ และซั่งน้ำหนักเรียบร้อยแล้ว บนแผ่นเพลสววงกลม ซึ่งในแต่ละชั้นจะมี O - ring เพื่อป้องกันการรั่วไหลของอากาศ
2. ต่อชุด Impactor ในแต่ละชั้น เริ่มตั้งแต่ Stage F ตามด้วย Stage 7 จนถึงหัวเก็บตัวอย่าง Inlet โดยแต่ละชั้นจะมี O - ring ป้องกันการรั่วไหลของอากาศ จากนั้นใช้สปริงทั้ง 3 ชุด เครื่องเก็บตัวอย่างฝุ่นแบบ 8 ชั้น ไว้ (รูปที่ 3.4)
3. ต่ออุปกรณ์ 8 Stage Cascade Impactor เข้ากับปั๊มเก็บตัวอย่างอากาศ สอบเทียบอัตราการไหลของปั๊มที่ 28.3 ลิตรต่อนาที โดยต่อท่อ Tygon เข้ากับปั๊ม และชุดสอบเทียบอัตราการไหล (Calibrator Defender 520) (รูปที่ 3.5) บันทึกอัตราการไหลของปั๊มก่อนและหลังเก็บตัวอย่างฝุ่นละออง 10 ครั้ง และหาค่าเฉลี่ย



รูปที่ 3.4 เครื่องเก็บตัวอย่างฝุ่นแบบ 8 ชั้น (8 Stage Cascade Impactor)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.5 การสอบเทียบอัตราการไหลของปั๊ม

### 3.5.3 การเก็บฝุ่นละอองที่เกิดจากการเผาขยะบ้านเรือน

1. เตรียมตัวอย่างกระดาษกรองควอทซ์ (รายละเอียดแสดงในหัวข้อ 3.5.1) และติดตั้งอุปกรณ์เครื่องเก็บตัวอย่างฝุ่นละออง 8 Stage Cascade Impactor (รายละเอียดแสดงในหัวข้อ 3.5.2)
2. สอบเทียบอัตราการไหลของปั๊มให้มีอัตราการไหล 28.3 ลิตรต่อนาที ซึ่งเป็นอัตราการไหลของการหายใจของมนุษย์ ก่อนเก็บตัวอย่างอากาศ จำนวน 10 ครั้ง และหาค่าเฉลี่ย
3. ชั่งน้ำหนักขยะแห้งจากบ้านเรือนโดยคัดแยกขยะเปียกออก ประมาณ 10 กิโลกรัม กองขยะรวมๆกันเป็นกองเดียว
4. จุดไฟเผาขยะ
5. เก็บตัวอย่างฝุ่นละอองโดยใช้ 8 Stage Cascade Impactor ในบรรยากาศ ทิศทางใต้ลมห่างจากจุดเผาขยะในที่โล่งแจ้ง 1 เมตร ที่อัตราการไหล 28.3 ลิตรต่อนาที ระดับความสูง 1.8 เมตร จากพื้นดิน ซึ่งเป็นระดับความสูงเฉลี่ยของมนุษย์ เป็นเวลาประมาณ 1 ชั่วโมง ดังรูปที่ 3.6
6. บันทึก อุณหภูมิ ความดันบรรยากาศ (โดยสังเกตเวลาสิ้นสุดการเก็บตัวอย่างจากควันที่หมดไปจากกองขยะ) ในขณะที่เริ่มต้นและสิ้นสุดการเก็บตัวอย่าง
7. สอบเทียบอัตราการไหลของปั๊มหลังจากการเก็บตัวอย่างฝุ่นละออง จำนวน 10 ครั้ง หาค่าเฉลี่ย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8. สวมถุงมือไวนิลชนิดไม่มีแป้ง และใช้คีบคีบพลาสติก คีบกระดาษกรองออกจากเครื่องเก็บตัวอย่างฝุ่น ใส่งาน (Petri Dish) แล้วหุ้มด้วยแผ่นอลูมิเนียมฟอยล์ จากนั้นเก็บใส่ในถุงพลาสติกปิดถุงให้แน่นสนิท
9. ปรับสภาพตัวอย่างกระดาษกรองในตู้ดูดความชื้น 24 ชั่วโมง โดยเปิดฝาของงาน (Petri Dish) ไว้ จากนั้นชั่งน้ำหนักกระดาษกรองหลังเก็บตัวอย่าง คำนวณความเข้มข้นฝุ่นละอองแต่ละขนาด (รายละเอียดวิธีการคำนวณแสดงในภาคผนวก ก-1) และการกระจายขนาดของฝุ่นละออง (รายละเอียดวิธีการคำนวณแสดงในภาคผนวก ก-2)
10. นำตัวอย่างฝุ่นละอองไปวิเคราะห์ลักษณะรูปทรงของตัวอย่าง, หาปริมาณธาตุองค์ประกอบในตัวอย่าง, หาปริมาณไอออนที่ละลายน้ำได้และปริมาณสารอินทรีย์คาร์บอนทั้งหมดต่อไป
11. ทำการเก็บตัวอย่างอากาศ Background Air ก่อนการเผาขยะทุกครั้ง โดยทำการเก็บตัวอย่างเช่นเดียวกับการเก็บตัวอย่างฝุ่นละออง แต่ไม่มีการเผาขยะและใช้เวลาในการเก็บตัวอย่างอากาศ 1 ชั่วโมง



รูปที่ 3.6 การเก็บตัวอย่างจากการเผาขยะบ้านเรือน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.5.4 การวิเคราะห์หาลักษณะประกอบทางกายภาพและทางเคมีในตัวอย่างฝุ่นละออง

#### 3.5.4.1 การวิเคราะห์หาลักษณะรูปร่างของตัวอย่างฝุ่นละอองด้วยเครื่อง Scanning Electron Microscope (SEM)

ใช้หลักการยิงอิเล็กตรอนให้ไปกระทบกับวัตถุ แล้วจึงใช้ Detector และอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์แปลงเป็นภาพขึ้นบนจอให้เห็นลักษณะรูปร่างของตัวอย่าง โดยทำการวิเคราะห์ stage 2, 6 และ 7 ตามขนาดของอนุภาคฝุ่น คือ Coarse mode, Accumulation mode และ Nuclei mode ตามลำดับ

วิธีการเตรียมตัวอย่าง

- 1) ตัดกระดาษกรองตัวอย่างฝุ่นละออง ขนาด  $1 \times 1$  cm
- 2) แปะคาร์บอนเทป บนมินิสตัม
- 3) นำตัวอย่างวางบนคาร์บอนเทปที่แปะอยู่บนมินิสตัม
- 4) นำตัวอย่างไปทำการเคลือบด้วยทอง (AU coating) วิเคราะห์ด้วยเครื่อง SEM

#### 3.5.4.2 การวิเคราะห์หาปริมาณธาตุองค์ประกอบในตัวอย่างฝุ่นละอองด้วยเครื่อง X-Ray Fluorescence Spectrometer (XRF)

ใช้หลักการวัดปริมาณรังสี X-Ray Fluorescence ที่ปลดปล่อยออกมาจากธาตุองค์ประกอบแต่ละชนิดในสารตัวอย่าง โดยวิเคราะห์ตัวอย่างที่ 1, 2 และ 3 ใน stage 2, 6 และ 7 ตามขนาดของอนุภาคฝุ่น คือ Coarse mode, Accumulation mode และ Nuclei mode ตามลำดับ

วิธีการเตรียมตัวอย่าง

- 1) ตัดกระดาษกรองตัวอย่างฝุ่นละอองขนาด  $4 \times 4$  cm
- 2) นำเข้าเครื่องไฮดรอลิก อัด กรดบอริก เพื่อคงสภาพตัวอย่างก่อนเข้าเครื่องวิเคราะห์
- 3) นำตัวอย่างวางบนสตัป เข้าช่องสำหรับใส่ตัวอย่าง วิเคราะห์ด้วยเครื่อง XRF

#### 3.5.4.3 การวิเคราะห์หาปริมาณไอออนที่ละลายน้ำได้ (วิธีมาตรฐาน Ion Chromatography ด้วยวิธี Chemical Suppression of Eluent Conductivity)

1. วิธีการเตรียมตัวอย่างฝุ่นละออง โดยการสกัดด้วยน้ำ

1) นำกระดาษกรองที่มีตัวอย่างฝุ่นละอองมาพับครึ่งเข้าหากันเป็นครึ่งวงกลม วัดและตัดที่ความยาว 3 เซนติเมตร มีพื้นที่ 17.66 ตารางเซนติเมตร และตัดเป็นชิ้นเล็กๆใส่ในบีกเกอร์ขนาด 100 มิลลิลิตร เติมน้ำที่มีความบริสุทธิ์สูง (Deionized Water, DI) ปริมาตร 50 มิลลิลิตร โดยใช้กระบอกตวง ให้กระดาษกรองเปียกทั้งหมด และปิดบีกเกอร์ด้วยกระดาษฟิวส์

2) นำบีกเกอร์วางในเครื่องอัลตราโซนิก สกัดด้วยคลื่นโซนิกนาน 15 นาที นำบีกเกอร์ออกจากเครื่องและตั้งทิ้งไว้ให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง

3) กรองสารละลายที่ได้ผ่าน micro filter membrane ลงในขวดวัดปริมาตรขนาด 100 มิลลิลิตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4) ล้างบีกเกอร์และกระดวยกรองอีกประมาณ 2 ครั้งด้วยน้ำที่มีความบริสุทธิ์สูง ปริมาณเล็กน้อย เทลงในขวดวัดปริมาตรขนาด 100 มิลลิลิตร แล้วปรับปริมาตรด้วยน้ำที่มีความบริสุทธิ์สูงจนถึงขีดวัดปริมาตร เขย่าให้เข้ากัน

5) กรองสารละลายจากขวดวัดปริมาตรด้วย micro filter membrane ขนาด เส้นผ่านศูนย์กลาง 0.45 ไมครอน ลงในขวดพลาสติก (Vial) ที่ติดฉลากระบุรายละเอียด แล้วนำไป วิเคราะห์ด้วยเครื่องไอออนโครมาโทกราฟี ในสภาวะที่แสดงในตารางที่ 3.1

6) แบลงค์ ทำเช่นเดียวกับข้อ 1 – 5 แต่เปลี่ยนจากกระดวยกรองที่มีตัวอย่างฝุ่น ละอองเป็นกระดวยกรองเปล่า

7) คำนวณหาความเข้มข้นของไอออน (รายละเอียดวิธีการคำนวณแสดงใน ภาคผนวก ก-3)

ตารางที่ 3.1 สภาวะที่ใช้ในการวิเคราะห์ด้วยเครื่องไอออนโครมาโทกราฟี

ข้อมูลทางเทคนิค	แคทไอออน (Cation)	แอนไอออน (Anion)
คอลัมน์ที่ใช้	Metrosep C 2-150 (6.1010.220)	Metrosep A Supp 5-150 (6.1006.220)
อัตราการไหล	1.0 mL/min	0.7 mL/min
ความดันสูงสุด	35 MPa	11 MPa
ตัวชะ (Mobile phase)	กรดทาร์ทาริก - กรดไดฟิโกลินิก	คาร์บอเนต
วัสดุที่ใช้เป็นตัวแลกเปลี่ยน ประจุ	ซิลิกาเจลกับหมู่คาร์บอกซิล	พอลิไวนิลแอลกอฮอล์กับ หมู่ควอเทอนารีแอมโมเนียม

#### 3.5.4.4 การวิเคราะห์หาปริมาณสารอินทรีย์คาร์บอนทั้งหมด (Total Organic Carbon, TOC)

##### 1. การวิเคราะห์หาปริมาณสารอนินทรีย์คาร์บอน (Inorganic Carbon, IC)

###### 1.1 กราฟมาตรฐาน Inorganic Carbon (IC)

1) สารมาตรฐานที่ใช้คือ โซเดียมคาร์บอเนต ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) ซึ่งมีปริมาณคาร์บอนเท่ากับ 11.3%

2) ชั่งโซเดียมคาร์บอเนต 202.4, 102.0, 50.12 และ 25.3 มิลลิกรัม ตามลำดับ ใส่ใน Ceramic Combustion Boat และนำไปวิเคราะห์ และพลอตกราฟ Inorganic Carbon

## 1.2 การวิเคราะห์หา Inorganic Carbon (IC)

1) นำกระดาษกรองตัวอย่างฝุ่นละอองพับครึ่งเข้าหากัน โดยให้ตัวอย่างฝุ่นละอองอยู่ด้านใน และตัดด้วย Paper Punches ซึ่งมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.5 มิลลิเมตร จำนวนทั้งหมด 10 คู่

2) นำไปใส่ใน Ceramic Combustion Boat โดยทำการชั่งน้ำหนักก่อนใส่ตัวอย่างและหลังใส่ตัวอย่างฝุ่นละออง เพื่อหาน้ำหนักของตัวอย่างฝุ่นละออง

3) นำไปวัดหาค่า IC ด้วยเครื่อง TOC-SSM ที่อุณหภูมิ 200 องศาเซลเซียส และเติมกรดฟอสฟอริกเจือจาง ( $H_3PO_4 \cdot H_2O$ , 2:1) จำนวน 1 มิลลิลิตร ด้วยอัตราการไหลของก๊าซออกซิเจน 500 มิลลิลิตรต่อนาที

## 2. การวิเคราะห์หาปริมาณสารอินทรีย์คาร์บอน (Organic Carbon, OC)

### 2.1 กราฟมาตรฐาน Organic Carbon (OC)

1) สารมาตรฐานที่ใช้คือ กลูโคส ( $C_6H_{12}O_6$ ) ซึ่งมีปริมาณคาร์บอนเท่ากับ 40%

2) ชั่งกลูโคส 74.3, 50.16, 24.8 และ 10.43 มิลลิกรัม ตามลำดับ ใส่ใน Ceramic Combustion Boat และนำไปวิเคราะห์ และพลอตกราฟ Organic Carbon

### 2.2 การวิเคราะห์หา Organic Carbon (OC)

1) นำกระดาษกรองตัวอย่างฝุ่นละอองพับครึ่งเข้าหากัน โดยให้ตัวอย่างฝุ่นละอองอยู่ด้านใน และตัดด้วย Paper Punches ซึ่งมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.5 มิลลิเมตร จำนวนทั้งหมด 10 คู่

2) นำไปใส่ใน Ceramic Combustion Boat โดยทำการชั่งน้ำหนักก่อนใส่ตัวอย่างและหลังใส่ตัวอย่างฝุ่นละออง เพื่อหาน้ำหนักของตัวอย่างฝุ่นละออง

3) นำไปวัดหาค่า OC ด้วยเครื่อง TOC-SSM ที่อุณหภูมิ 900 องศาเซลเซียส และอัตราการไหลของก๊าซออกซิเจน 500 มิลลิลิตรต่อนาที

## บทที่ 4

### ผลการวิจัยและการอภิปรายผล

#### 4.1 ผลการศึกษารูปแบบการกระจายขนาดและความเข้มข้นของฝุ่นละอองที่เกิดจากการเผาขยะบ้านเรือน

ขยะบ้านเรือนที่ใช้ในการเผาขยะมีองค์ประกอบคล้ายคลึงกัน โดยมีพลาสติก/โฟมเป็นองค์ประกอบหลัก ดังแสดงในตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 องค์ประกอบขยะแห้งจากบ้านเรือน

องค์ประกอบขยะ	ร้อยละโดยปริมาตร				
	ตัวอย่างที่ 1	ตัวอย่างที่ 2	ตัวอย่างที่ 3	ตัวอย่างที่ 4	ตัวอย่างที่ 5
พลาสติก/โฟม	77	66	70	67	73
กระดาษ	12	14	15	20	9
แก้ว	1	6	-	3	4
ไม้/ใบไม้/หญ้า	10	12	15	10	11
กระดูก	-	2	-	-	3

ก่อนและหลังการเผาขยะบ้านเรือน ได้ทำการบันทึกข้อมูลทางอนุกรมวิธานทุกครั้ง ดังแสดงในตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 ข้อมูลทางอุตุนิยมวิทยา

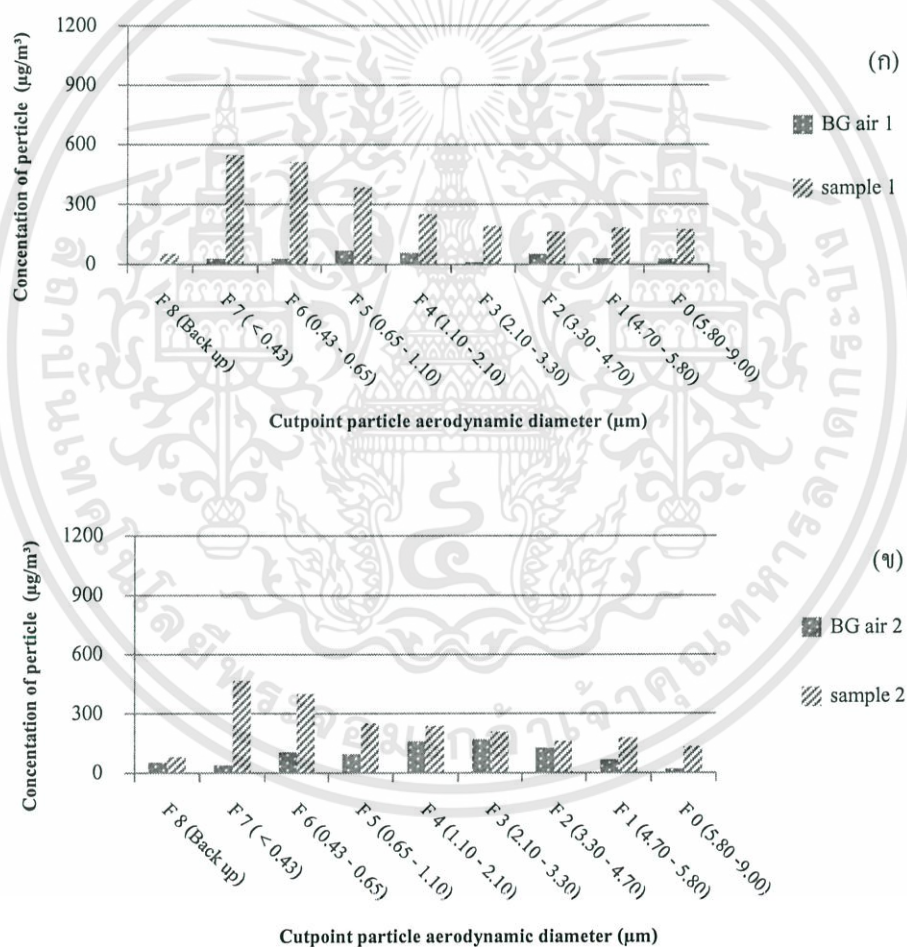
	BG air 1	ตัวอย่างที่ 1	BG air 2,3	ตัวอย่างที่ 2	ตัวอย่างที่ 3	BG air 4,5	ตัวอย่างที่ 4	ตัวอย่างที่ 5
เวลาเก็บตัวอย่าง	10.55 - 11.55	12.53 - 14.10	10.05 - 11.05	11.56 - 12.56	13.35 - 14.35	12.43 - 13.43	14.05-15.05	15.35-16.35
อุณหภูมิเฉลี่ย (°C)	31.5	32.8	31.5	33.0	35.8	35.5	33.0	31.8
ความดันบรรยากาศ (kPa)	100.9	100.6	101.2	101.25	100.8	101.05	101.0	101.0
วันที่เก็บตัวอย่าง	9 สิงหาคม 2555		21 สิงหาคม 2555			13 กันยายน 2555		
ทิศทางลม	ทิศใต้ ไป ทิศเหนือ		ทิศตะวันออกเฉียงเหนือ ไป ทิศตะวันตกเฉียงใต้			ทิศใต้ ไป ทิศเหนือ		
สภาพอากาศ	เมฆมาก แดดอ่อนๆ อากาศชื้นเล็กน้อย ลมพัดค่อนข้างแรง		ท้องฟ้าโปร่ง แดดแรง ลมพัดแรงเป็นช่วงๆ			ท้องฟ้าโปร่ง แดดแรง อากาศนิ่ง ลมพัดเป็นช่วงๆไม่แรง		

หมายเหตุ : BG air = background air

#### 4.1.1 รูปแบบการกระจายตัวของขนาดและความเข้มข้นของฝุ่นละอองที่เกิดจากการเผาขยะบ้านเรือน

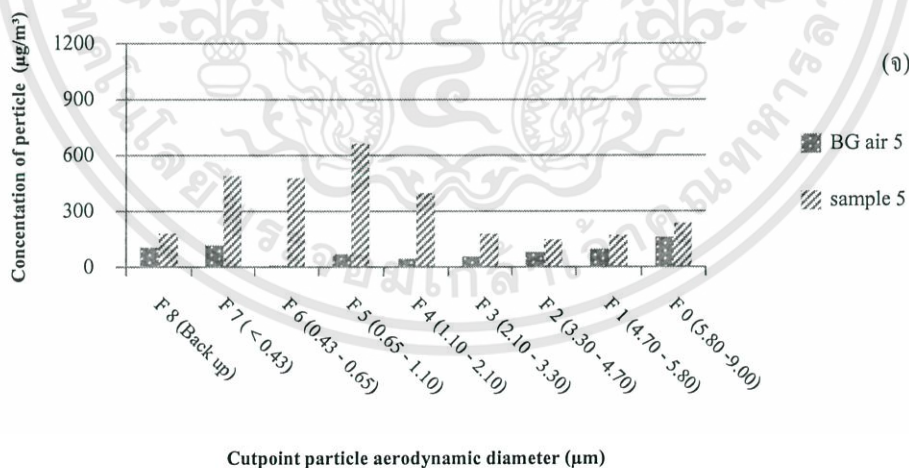
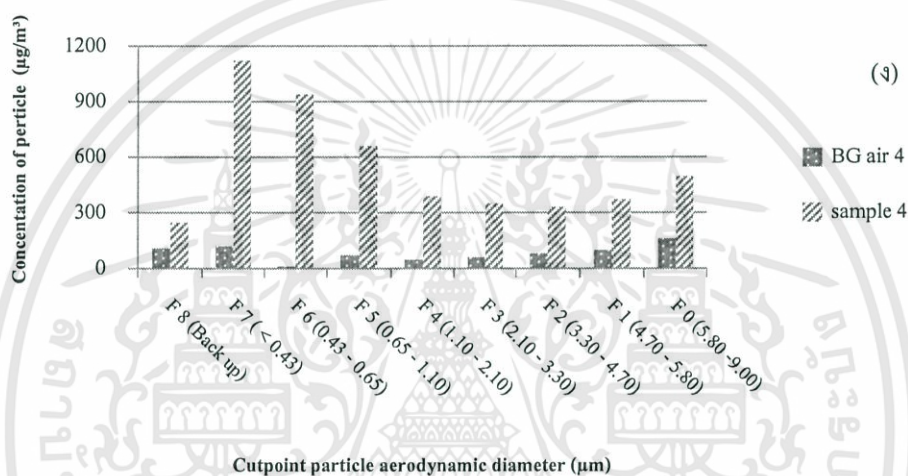
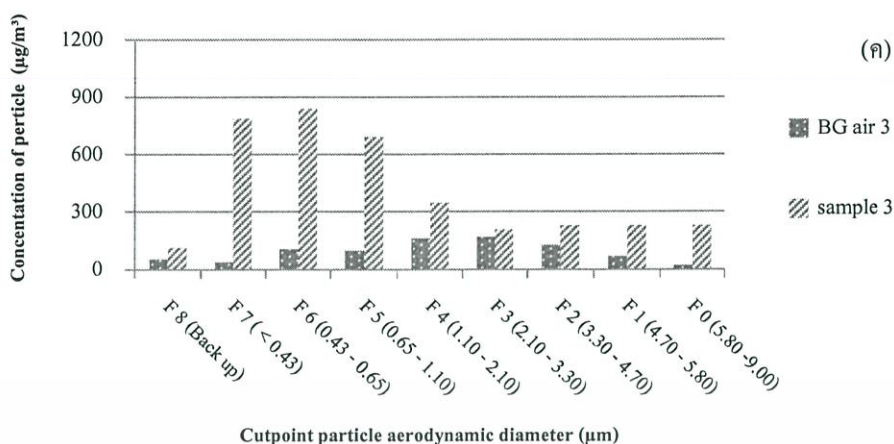
ในการศึกษานี้ได้แบ่งขนาดฝุ่นละอองออกเป็น 3 กลุ่ม คือ Nuclei mode ( $<0.43 \mu\text{m}$ ), Accumulation mode ( $0.43\text{-}2.10 \mu\text{m}$ ) และ Coarse mode ( $2.10\text{-}10.0 \mu\text{m}$ )

การกระจายตัวของขนาดและความเข้มข้นของฝุ่นละออง ที่เกิดจากการเผาขยะบ้านเรือน 5 ครั้ง ดังแสดงในรูปที่ 4.1 (ดูรายละเอียดในตารางที่ ข-1-24 ภาคผนวก ข) พบว่ามีรูปแบบการกระจายตัวที่คล้ายคลึงกัน โดยพบฝุ่นขนาดเล็กกว่า  $2.5 \mu\text{m}$  ไมครอนมากกว่าฝุ่นขนาดใหญ่ ซึ่งฝุ่นที่ได้จากการเผาขยะมีความแตกต่างกันกับ Background Air อย่างมีนัยสำคัญ (ดูรายละเอียดในตารางที่ ค-1-4 ภาคผนวก ค)



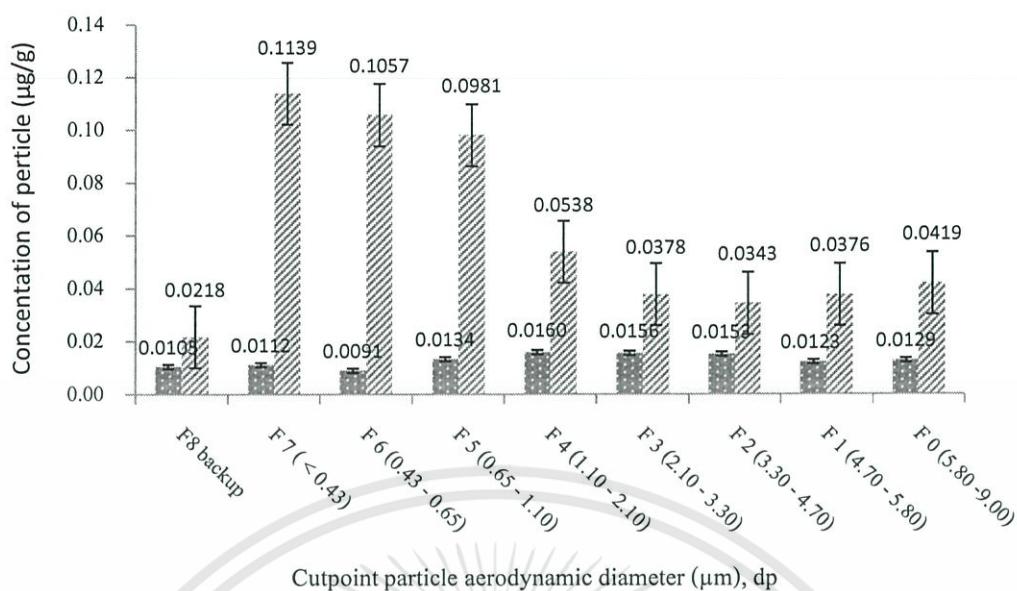
รูปที่ 4.1 ความเข้มข้นของอนุภาคฝุ่นละอองขนาดต่างๆที่เกิดจากการเผาขยะบ้านเรือน

(ก) – ตัวอย่างที่ 1, (ข) – ตัวอย่างที่ 2, (ค) – ตัวอย่างที่ 3, (ง) – ตัวอย่างที่ 4, (จ) – ตัวอย่างที่ 5



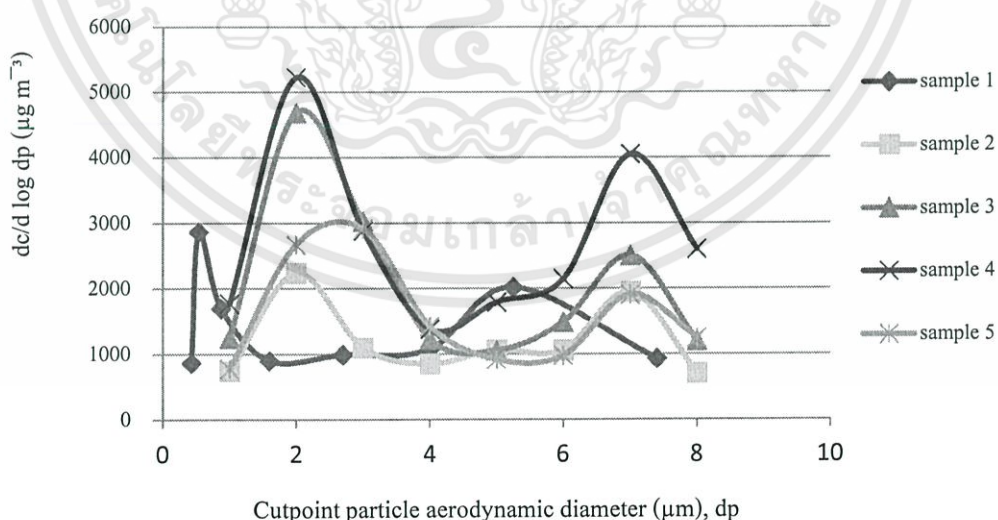
รูปที่ 4.1 (ต่อ) ความเข้มข้นของอนุภาคฝุ่นละอองขนาดต่างๆที่เกิดจากการเผาขยะบ้านเรือน (ก) – ตัวอย่างที่ 1, (ข) – ตัวอย่างที่ 2, (ค) – ตัวอย่างที่ 3, (ง) – ตัวอย่างที่ 4, (จ) – ตัวอย่างที่ 5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.2 ปริมาณฝุ่นละอองขนาดต่างๆต่อน้ำหนักขยะที่เกิดจากการเผาขยะบ้านเรือน

จากรูปที่ 4.2 (ดูรายละเอียดในตารางที่ ข-25 ภาคผนวก ข) แสดงความสัมพันธ์ของน้ำหนักฝุ่นที่ได้ต่อน้ำหนักของขยะจากการเผาขยะบ้านเรือนทั้งหมด 5 ครั้ง พบว่า มีการแพร่กระจายขนาดของอนุภาคฝุ่นละอองอยู่ในช่วงขนาดของ Nuclei mode (<0.43  $\mu\text{m}$ ) และ Accumulation mode (0.43-2.10  $\mu\text{m}$ ) มาก ส่วนอนุภาคฝุ่นช่วงขนาดของ Coarse mode (2.10-10  $\mu\text{m}$ ) มีน้อย



รูปที่ 4.3 รูปแบบการกระจายขนาดอนุภาคของฝุ่นละอองขนาดต่างๆจากการเผาขยะ

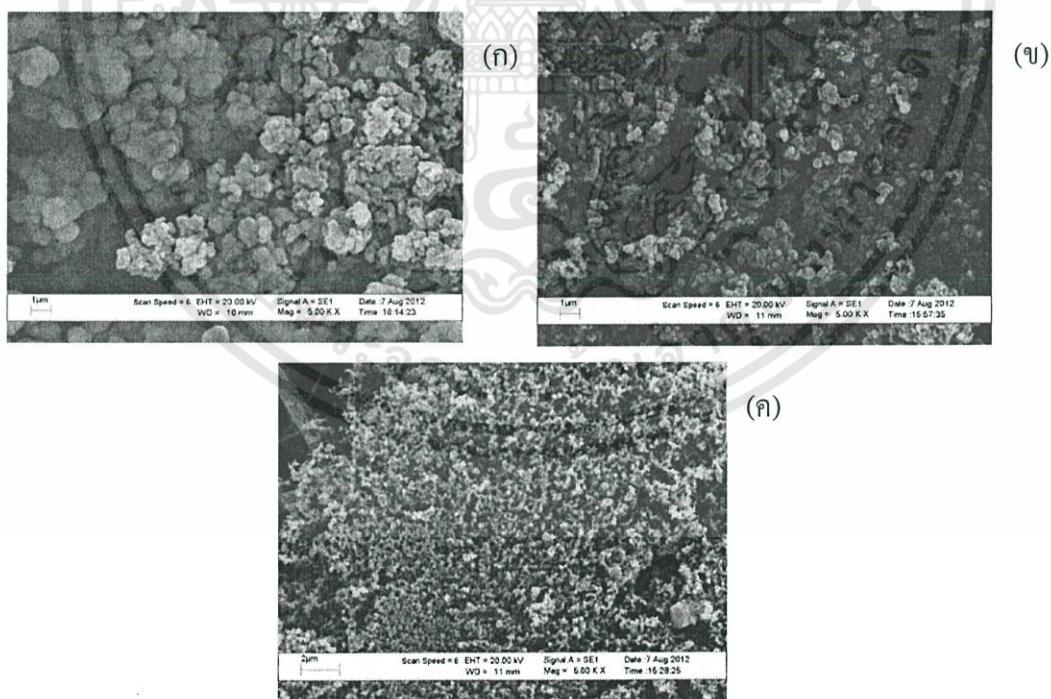
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 4.3 (ดูรายละเอียดในตารางที่ ข- 26-30 ภาคผนวก ข) แสดงการกระจายขนาดของอนุภาคฝุ่นละออง พบว่าฝุ่นที่เกิดจากการเผาขยะบ้านเรือนมีการกระจายแบบ Bimodal โดยมีพีคสูงสุดในช่วงขนาดของ Accumulation mode และพีครองลงมาอยู่ในช่วงขนาดของ Coarse mode ซึ่งการกระจายขนาดของอนุภาคฝุ่นละอองในช่วงขนาดของ Accumulation mode สามารถเข้าสู่ระบบทางเดินหายใจลึกในระดับปลายแขนงของหลอดลม (terminal bronchi) จนถึงระดับถุงลมปอด (alveoli) ได้ ซึ่งเป็นสาเหตุก่อให้เกิดโรคทางระบบทางเดินหายใจ

#### 4.1.2 ผลการวิเคราะห์ลักษณะของอนุภาคที่เป็นองค์ประกอบในฝุ่นจากการเผาขยะบ้านเรือนด้วยเครื่อง Scanning Electron Microscope (SEM)

การศึกษาลักษณะของอนุภาคขนาดเล็กที่เป็นองค์ประกอบในฝุ่นจากการเผาขยะบ้านเรือนด้วยเครื่อง SEM กำลังขยาย 5,000 เท่า โดยใช้ตัวอย่างที่ 2 stage 2 เป็นตัวแทนในกลุ่ม Coarse mode, stage 6 เป็นตัวแทนในกลุ่ม Accumulation mode และ stage 7 เป็นตัวแทนในกลุ่ม Nuclei mode ได้ผลการทดลองดังแสดงในรูปที่ 4.4

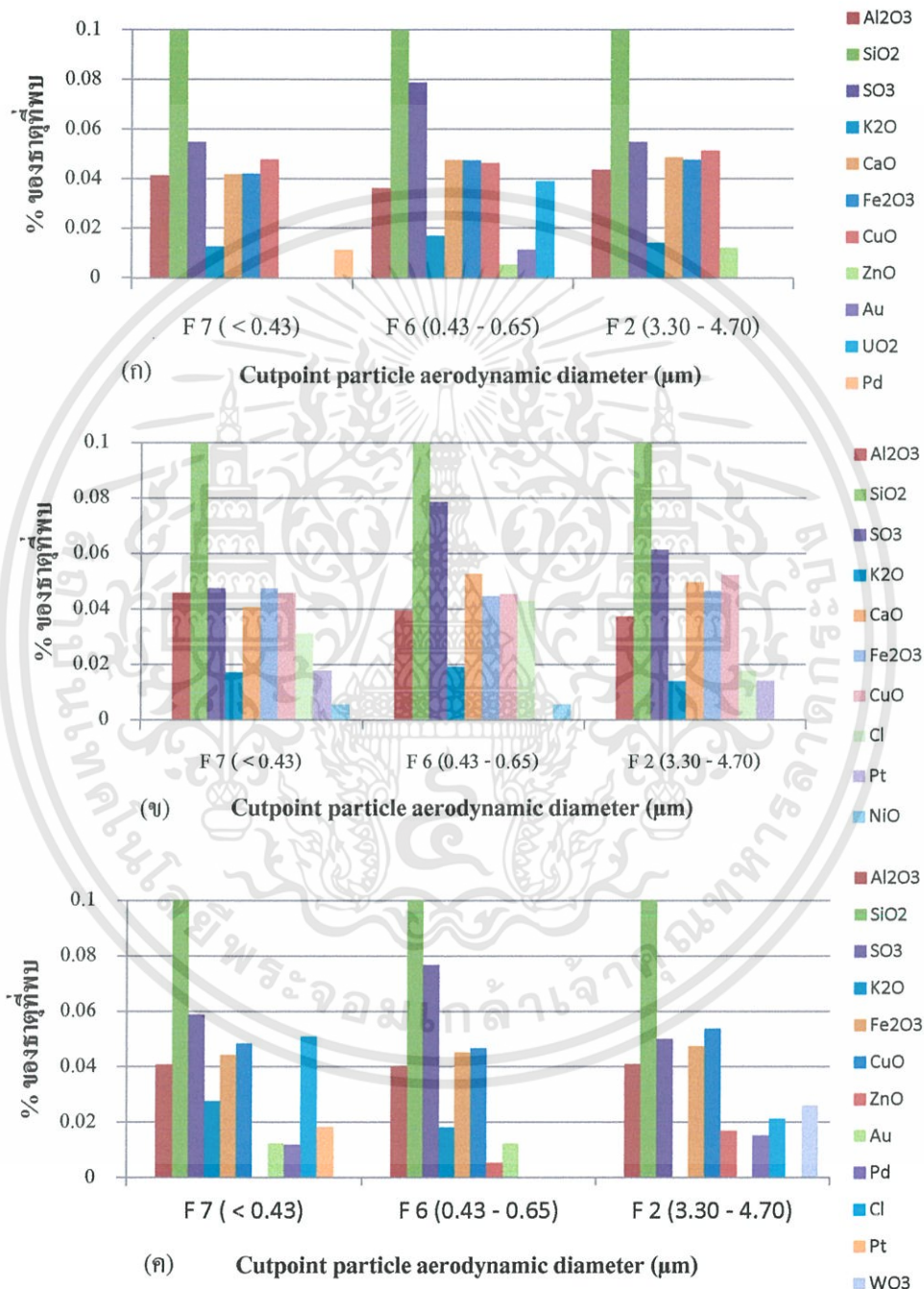
จากรูปที่ 4.4 แสดงลักษณะของอนุภาคในช่วง stage 2, 6 และ 7 มีรูปร่างทรงกลม รวมตัวกันแน่นเป็นกระจุก อย่างไรก็ตาม stage 7 เป็นฝุ่นที่มีขนาดเล็ก พบปริมาณมาก ทำให้ชั้นของฝุ่นหนาเกินไป จึงทำให้ไม่สามารถมองเห็นลักษณะของอนุภาคฝุ่นได้ชัดเจน (รูปที่ 4.4 ค)



รูปที่ 4.4 ลักษณะของอนุภาคขนาดเล็กที่เป็นองค์ประกอบในฝุ่นจากการเผาขยะบ้านเรือนของ (ก) – Stage 2, (ข) – Stage 6, (ค) – Stage 7 ด้วยเครื่อง SEM

#### 4.1.3 ผลการวิเคราะห์หาปริมาณธาตุองค์ประกอบด้วยเครื่อง X-ray fluorescence (XRF)

จากการวิเคราะห์หาปริมาณธาตุองค์ประกอบ โดยใช้ตัวอย่างที่ 1, 2 และ 3 เป็นตัวแทนของตัวอย่าง 5 ตัวอย่าง โดยวิเคราะห์ stage 2 เป็นตัวแทนในกลุ่ม Coarse mode, stage 6 เป็นตัวแทนในกลุ่ม Accumulation mode และ stage 7 เป็นตัวแทนในกลุ่ม Nuclei mode



รูปที่ 4.5 องค์ประกอบของธาตุในฝุ่นละอองจากการเผาขยะบ้านเรือนวิเคราะห์โดยใช้เครื่อง XRF

(ก) – ตัวอย่างที่ 1, (ข) – ตัวอย่างที่ 2, (ค) – ตัวอย่างที่ 3

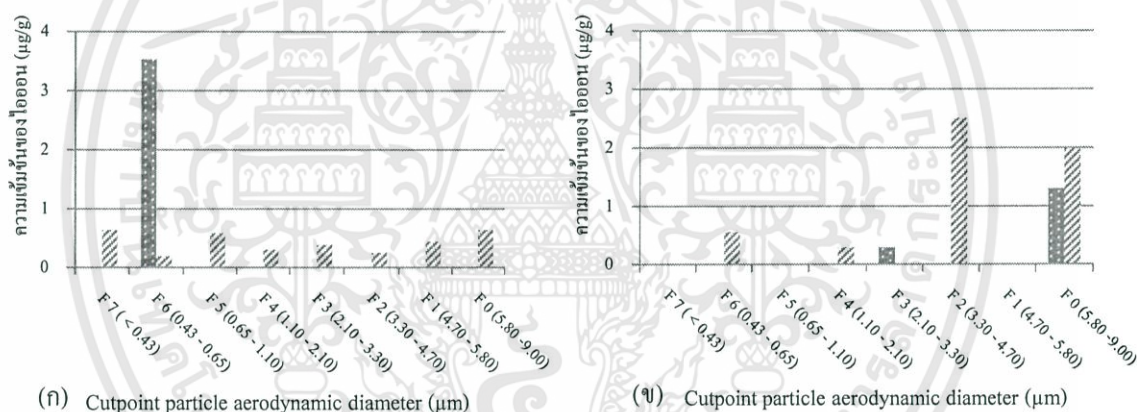
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 4.5 (ดูรายละเอียดในตารางที่ ข-31-33 ภาคผนวก ข) พบ  $\text{SiO}_2$  เป็นส่วนมาก เนื่องจาก Si เป็นธาตุที่พบมากในผิวโลก และเป็นองค์ประกอบสำคัญของฝุ่นจากดินและทราย ส่วนธาตุ O และ Ca มีปริมาณรองลงมาเป็นไปได้ว่ามาจากฝุ่นที่มาจากไอทะเลโดยอาศัยกระแสลมพัด และปริมาณของ C และ Fe มาจากฝุ่นที่เกิดจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงของรถบรรทุกบนท้องถนน (ปัญญา และคณะ, 2551)

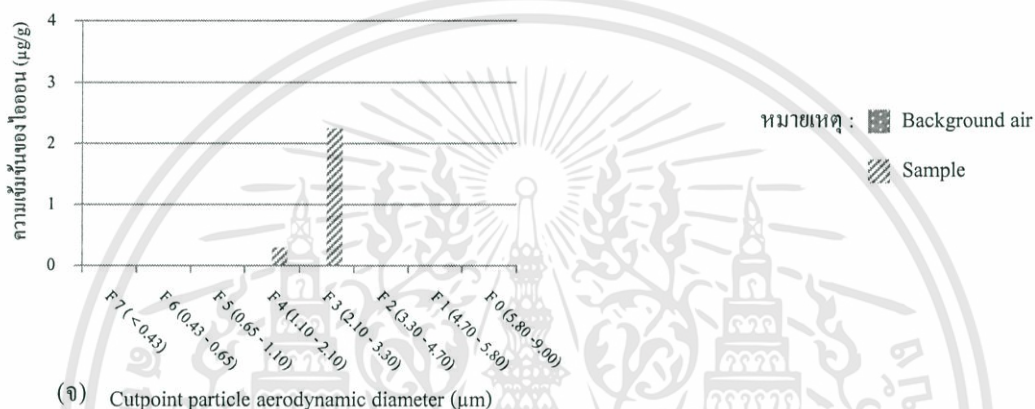
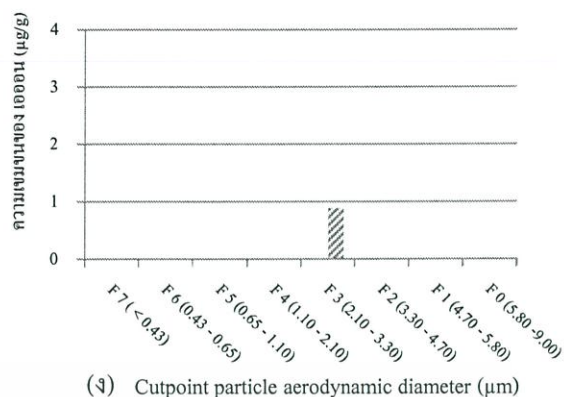
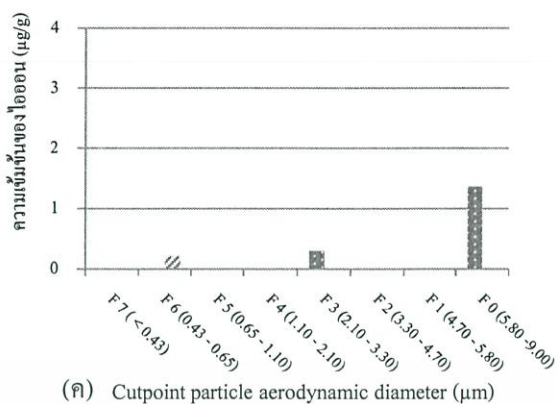
#### 4.2 ผลการศึกษาปริมาณไอออนที่ละลายน้ำได้ในอนุภาคฝุ่นละอองที่เกิดจากการเผาขยะบ้านเรือน

จากการวิเคราะห์หาไอออนที่ละลายน้ำได้ในฝุ่นละอองที่เกิดจากการเผาขยะบ้านเรือนทั้ง 5 ตัวอย่าง ได้ผลการวิเคราะห์ดังนี้

##### ฟลูออไรด์ไอออน ( $\text{F}^-$ )



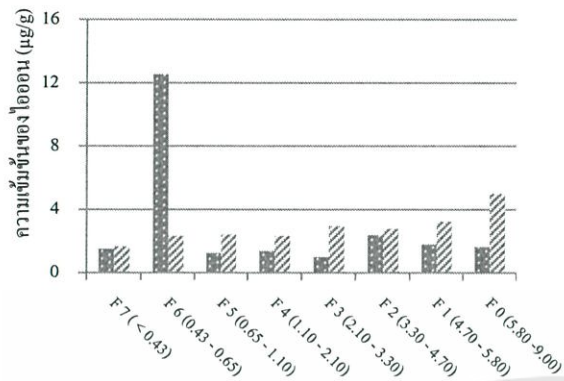
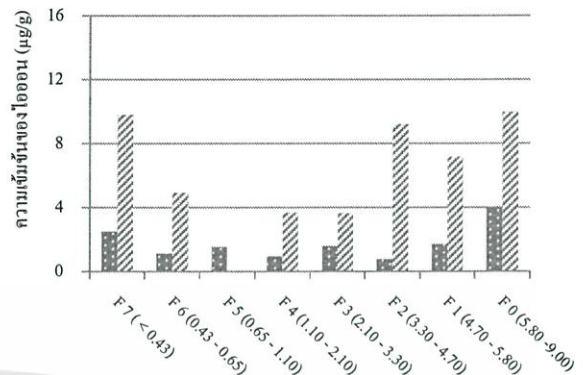
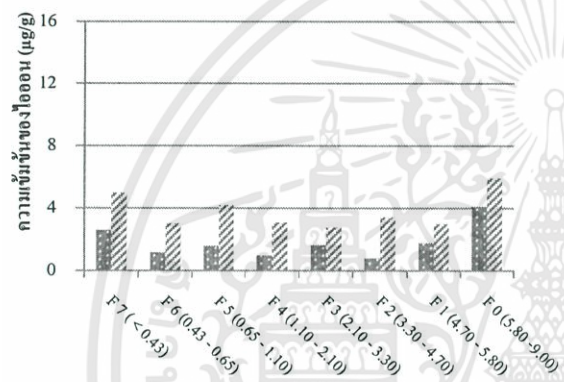
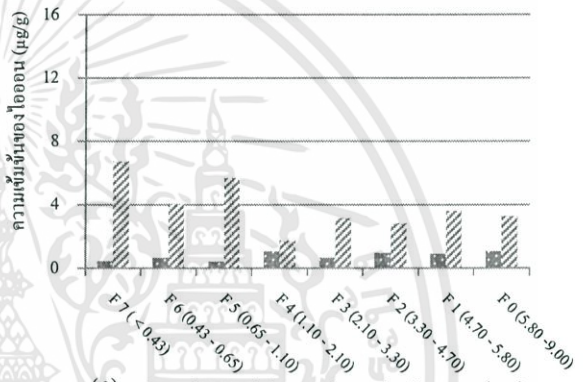
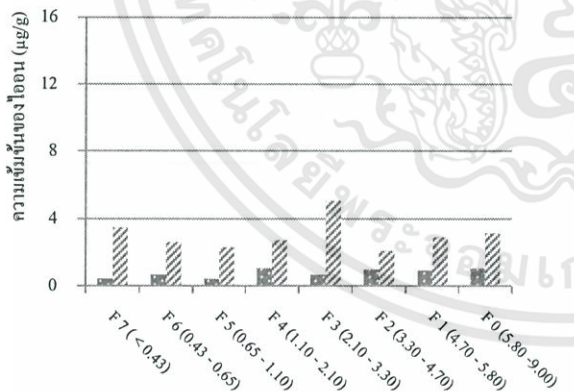
รูปที่ 4.6 รูปแบบการกระจายของฟลูออไรด์ไอออนบนอนุภาคฝุ่นที่เกิดจากการเผาขยะบ้านเรือน (ก)-ตัวอย่างที่ 1, (ข)-ตัวอย่างที่ 2, (ค)-ตัวอย่างที่ 3, (ง)-ตัวอย่างที่ 4, (จ)-ตัวอย่างที่ 5



รูปที่ 4.6 (ต่อ) รูปแบบการกระจายของฟลูออไรด์ไอออนบนอนุภาคฝุ่นที่เกิดจากการเผาขยะบ้านเรือน (ก)-ตัวอย่างที่ 1, (ข)-ตัวอย่างที่ 2, (ค)-ตัวอย่างที่ 3, (ง)-ตัวอย่างที่ 4, (จ)-ตัวอย่างที่ 5

จากรูปที่ 4.6 (ดูรายละเอียดในตารางที่ ข-34-35 ภาคผนวก ข) พบ F<sup>-</sup> ในเผาขยะบ้านเรือน ทั้ง 5 ครั้ง โดยในตัวอย่างที่ 1 พบในทุก stage ในปริมาณที่ใกล้เคียงกัน ตัวอย่างที่ 2, 3, 4 และ 5 พบเพียงบาง stage ส่วนใหญ่พบในช่วงขนาดของ Coarse mode (2.10-10 µm) ทั้งนี้เนื่องจาก F<sup>-</sup> ที่พบในตัวอย่างเกิดจากการเผาพลาสติก/โฟมเป็นองค์ประกอบหลัก

## คลอไรด์ไอออน (Cl<sup>-</sup>)

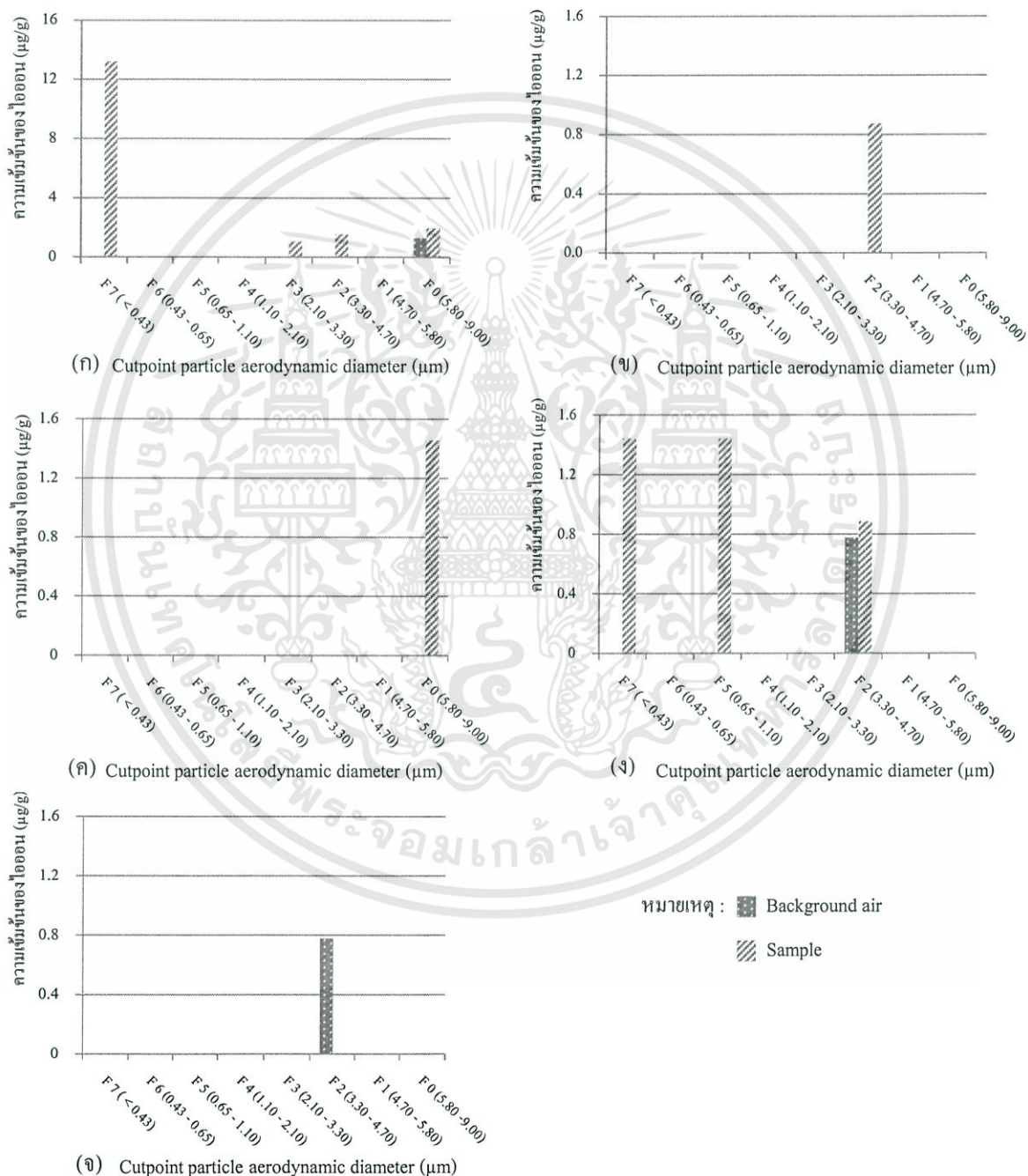
(ก) Cutpoint particle aerodynamic diameter ( $\mu\text{m}$ )(ข) Cutpoint particle aerodynamic diameter ( $\mu\text{m}$ )(ค) Cutpoint particle aerodynamic diameter ( $\mu\text{m}$ )(ง) Cutpoint particle aerodynamic diameter ( $\mu\text{m}$ )(จ) Cutpoint particle aerodynamic diameter ( $\mu\text{m}$ )

หมายเหตุ : ■ Background air  
▨ Sample

**รูปที่ 4.7** รูปแบบการกระจายของคลอไรด์ไอออนบนอนุภาคฝุ่นที่เกิดจากการเผาขยะบ้านเรือน  
(ก)-ตัวอย่างที่ 1, (ข)-ตัวอย่างที่ 2, (ค)-ตัวอย่างที่ 3, (ง)-ตัวอย่างที่ 4, (จ)-ตัวอย่างที่ 5

จากรูปที่ 4.7 (ดูรายละเอียดในตารางที่ ข- 36-37 ภาคผนวก ข) พบ CI<sup>-</sup> จากการเผาขยะบ้านเรือนทั้ง 5 ครั้ง ในตัวอย่างที่ 1, 3, 4 และ 5 พบปริมาณใกล้เคียงกัน ส่วนในตัวอย่างที่ 2 พบปริมาณมากในช่วงขนาด Coarse mode มาก ทั้งนี้ CI<sup>-</sup> เกิดจากการเผาขยะที่มีพลาสติก/โฟมเป็นองค์ประกอบหลัก ส่วน CI<sup>-</sup> ที่พบใน Background air 1 อาจเกิดจากไอทะเล

**ไนเตรทไอออน (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>)**

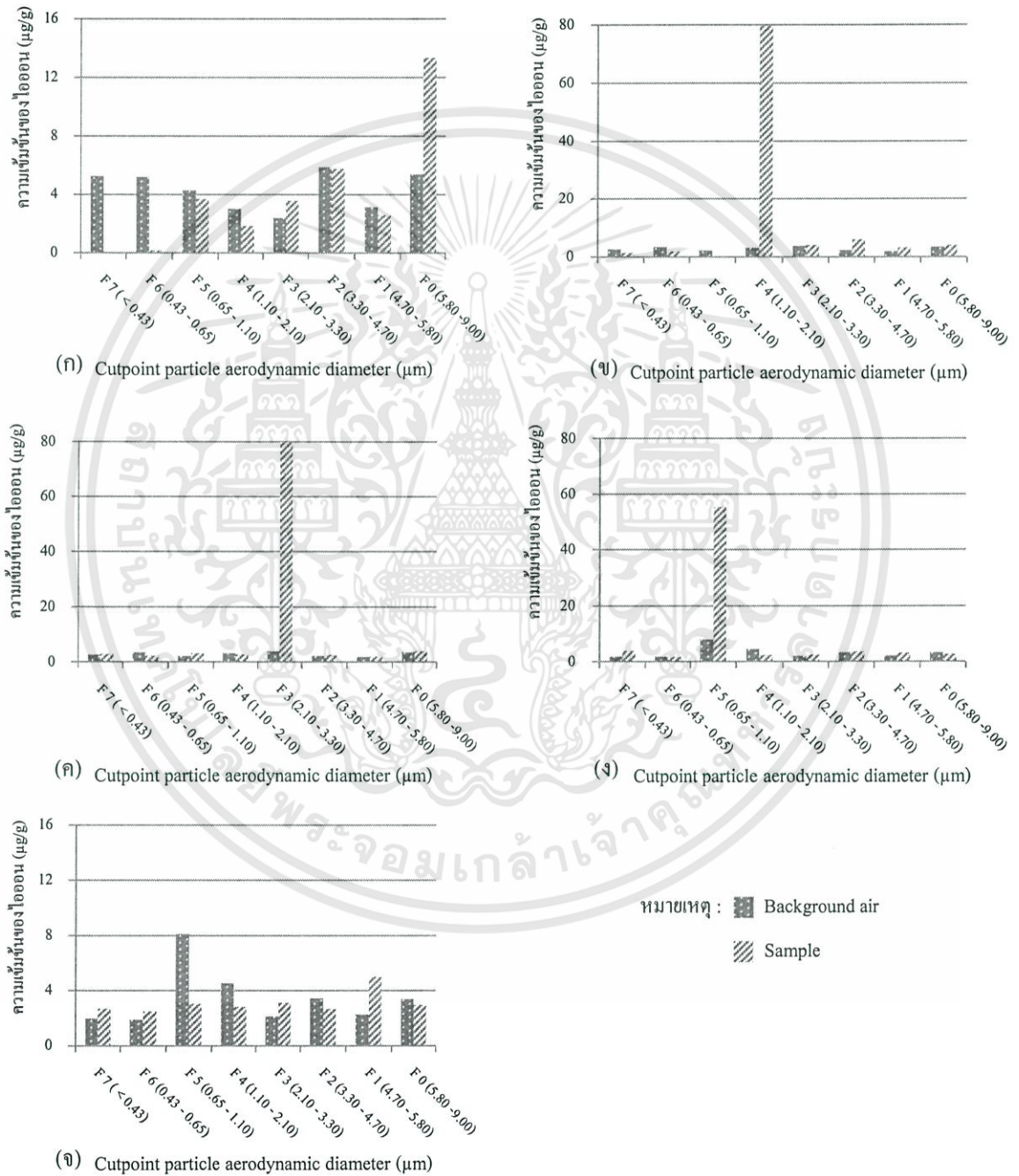


**รูปที่ 4.8** รูปแบบการกระจายของไนเตรทไอออนบนอนุภาคฝุ่นที่เกิดจากการเผาขยะบ้านเรือน (ก)-ตัวอย่างที่ 1, (ข)-ตัวอย่างที่ 2, (ค)-ตัวอย่างที่ 3, (ง)-ตัวอย่างที่ 4, (จ)-ตัวอย่างที่ 5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรรมใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 4.8 (ดูรายละเอียดในตารางที่ ข- 38-39 ภาคผนวก ข) พบ  $\text{NO}_3^-$  ในตัวอย่างที่ 1, 2, 3 และ 4 ซึ่งพบเพียงบาง Stage เท่านั้น ทั้งนี้เนื่องจาก  $\text{NO}_3^-$  เป็นฝุ่นละอองทุติยภูมิที่ก่อตัวมาจากการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของสารประกอบไนโตรเจนซึ่งเป็นองค์ประกอบของขยะ

**ซัลเฟตไอออน ( $\text{SO}_4^{2-}$ )**

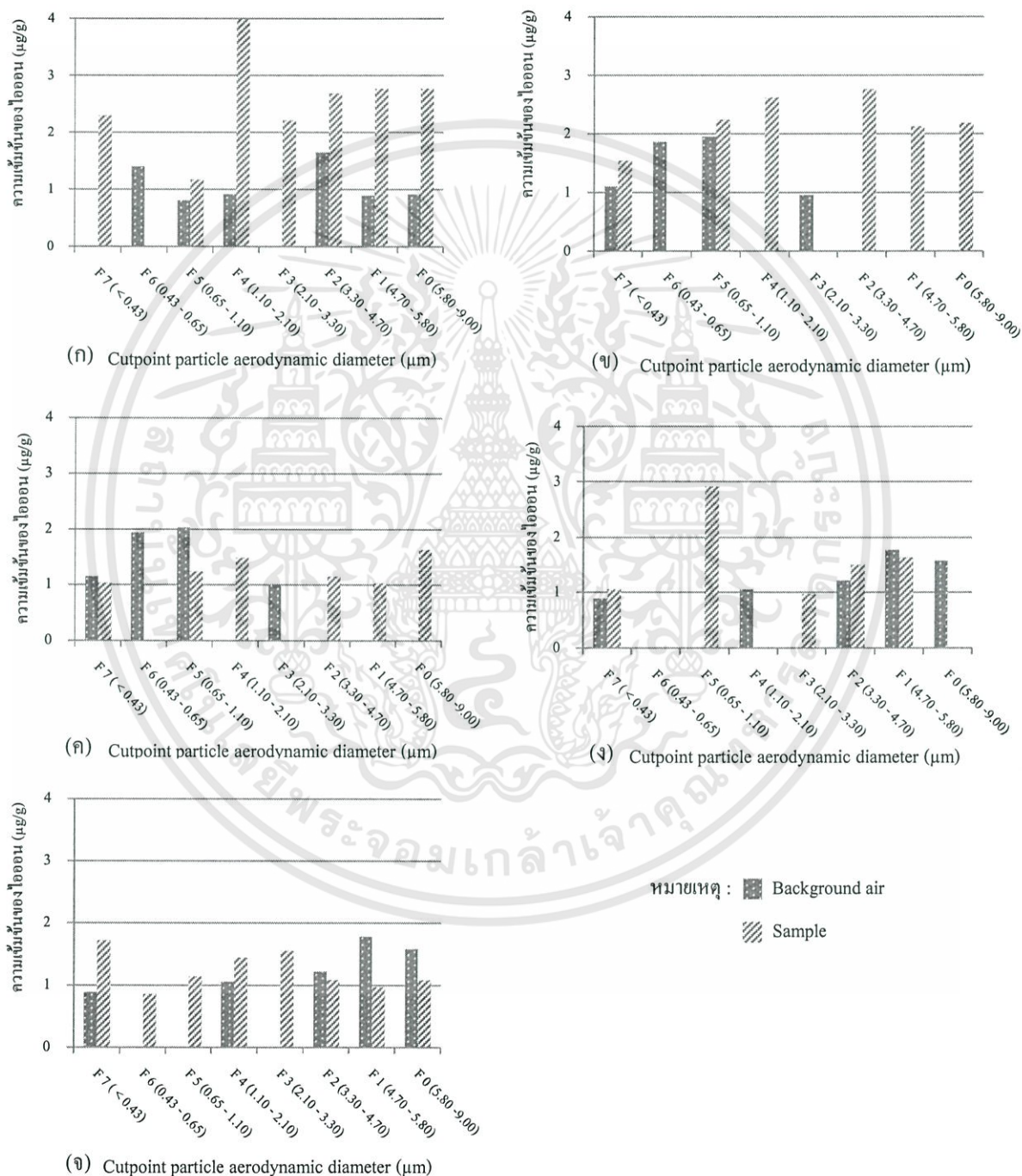


**รูปที่ 4.9** รูปแบบการกระจายของซัลเฟตไอออนบนอนุภาคฝุ่นที่เกิดจากการเผาขยะบ้านเรือน (ก)-ตัวอย่างที่ 1, (ข)-ตัวอย่างที่ 2, (ค)-ตัวอย่างที่ 3, (ง)-ตัวอย่างที่ 4, (จ)-ตัวอย่างที่ 5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 4.9 (ดูรายละเอียดในตารางที่ ข- 40-41 ภาคผนวก ข) พบ  $\text{SO}_4^{2-}$  จากการเผาขยะบ้านเรือนทั้ง 5 ครั้ง โดยที่ในตัวอย่างที่ 2, 3 และ 4 พบมากในบาง stage ทั้งนี้เนื่องจาก  $\text{SO}_4^{2-}$  เป็นฝุ่นละอองทุติยภูมิที่ก่อตัวมาจากการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของสารประกอบซัลเฟอร์ซึ่งเป็นองค์ประกอบของขยะ

**แคลเซียมไอออน ( $\text{Ca}^{2+}$ )**

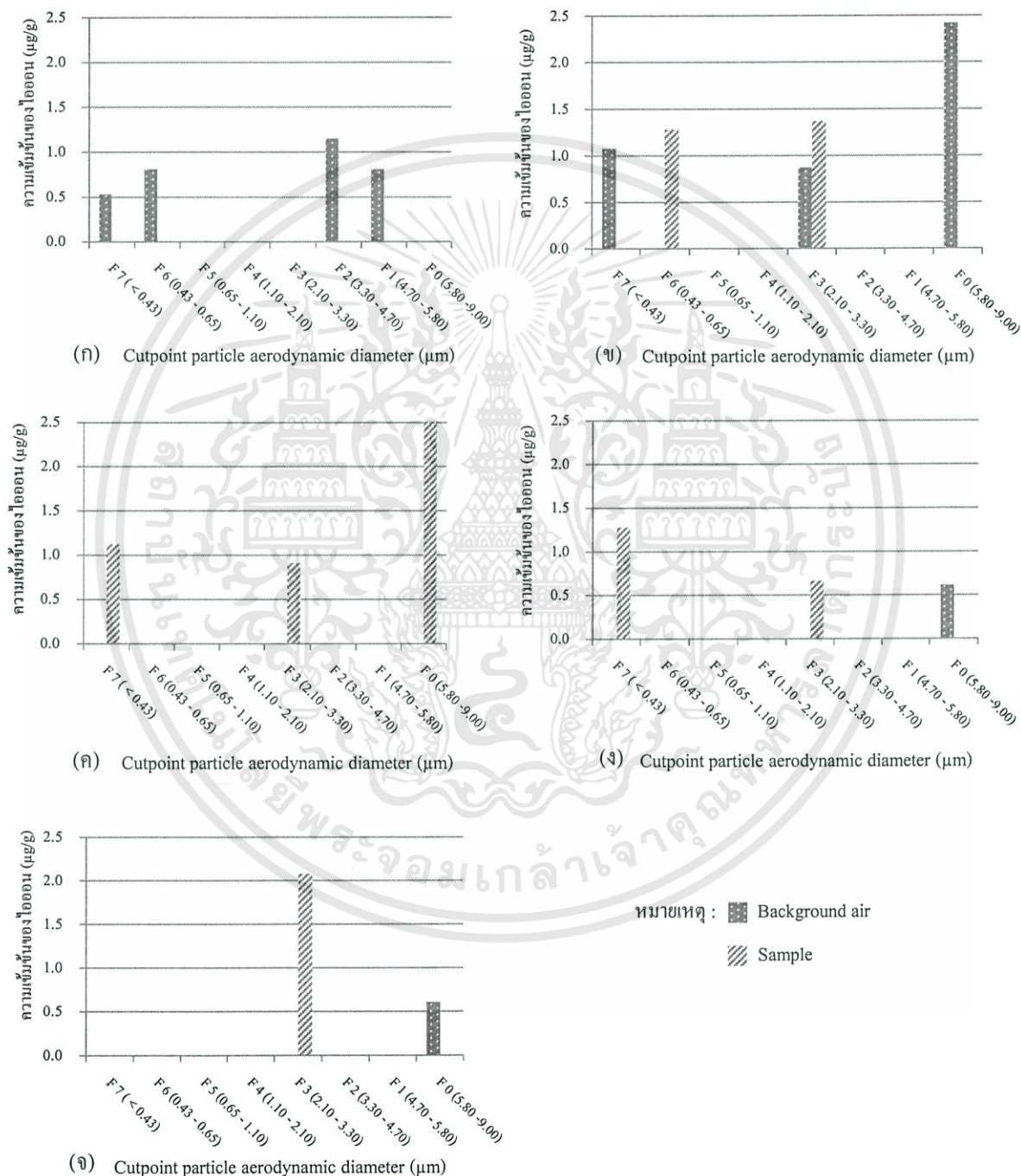


**รูปที่ 4.10** รูปแบบการกระจายของแคลเซียมไอออนบนอนุภาคฝุ่นที่เกิดจากการเผาขยะบ้านเรือน (ก)-ตัวอย่างที่ 1, (ข)-ตัวอย่างที่ 2, (ค)-ตัวอย่างที่ 3, (ง)-ตัวอย่างที่ 4, (จ)-ตัวอย่างที่ 5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรรมใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 4.10 (ดูรายละเอียดในตารางที่ ข- 42-43 ภาคผนวก ข) พบ  $\text{Ca}^{2+}$  ในการเผาขยะ บ้านเรือนทั้ง 5 ครั้ง โดยพบในปริมาณและช่วงขนาดที่ใกล้เคียงกัน เนื่องจาก  $\text{Ca}^{2+}$  มีอยู่ในธรรมชาติทั่วไป

### โซเดียมไอออน ( $\text{Na}^+$ )



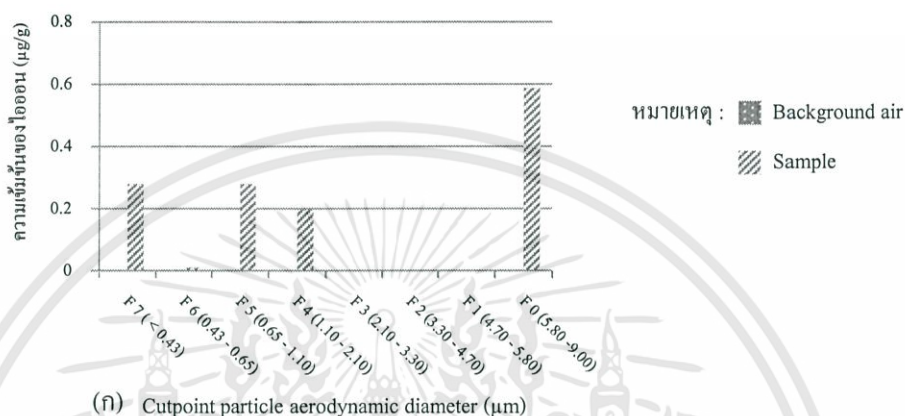
รูปที่ 4.11 รูปแบบการกระจายของโซเดียมไอออนบนอนุภาคฝุ่นที่เกิดจากการเผาขยะบ้านเรือน

(ก)-ตัวอย่างที่ 1, (ข)-ตัวอย่างที่ 2, (ค)-ตัวอย่างที่ 3, (ง)-ตัวอย่างที่ 4, (จ)-ตัวอย่างที่ 5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีกรนำไปใช้

จากรูปที่ 4.11 (ดูรายละเอียดในตารางที่ ข- 44-45 ภาคผนวก ข) พบ  $\text{Na}^+$  จากการเผาขยะ บ้านเรือนในตัวอย่างที่ 2, 3, 4 และ 5 โดยที่ในตัวอย่างที่ 1 ไม่พบ  $\text{Na}^+$  แต่พบใน Background air 1 เนื่องจากทิศทางลมที่พัดพาไอทะเลเข้ามา

### ลิเทียมไอออน ( $\text{Li}^+$ )

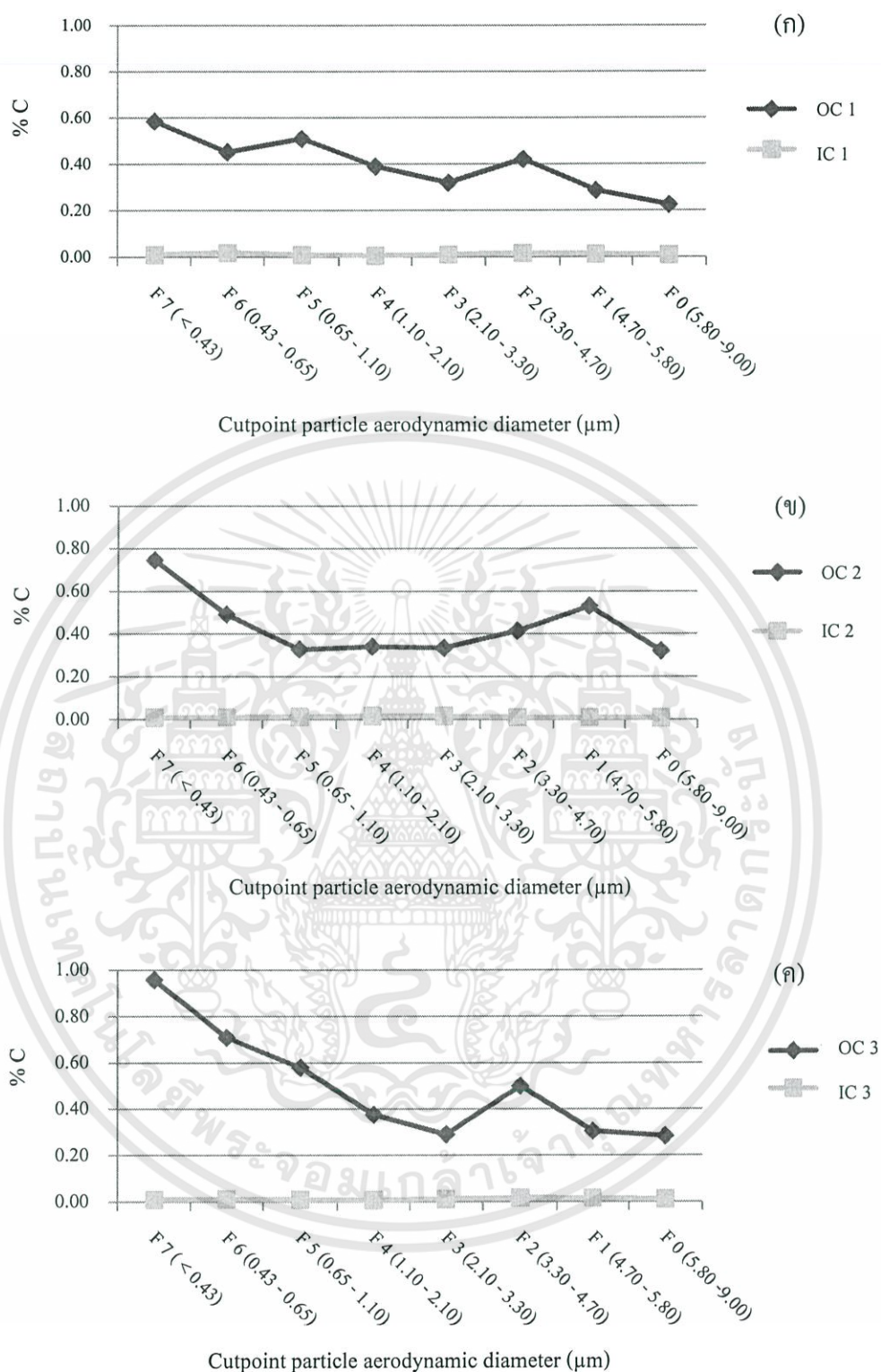


รูปที่ 4.12 รูปแบบการกระจายของลิเทียมไอออนบนอนุภาคฝุ่นที่เกิดจากการเผาขยะบ้านเรือน (ก)-ตัวอย่างที่ 1

จากรูปที่ 4.12 (ดูรายละเอียดในตารางที่ ข- 46-47 ภาคผนวก ข) พบ  $\text{Li}^+$  จากการเผาขยะ บ้านเรือนในครั้งที่ 1 เท่านั้น ซึ่งมีความเข้มข้นที่น้อยมาก โดยส่วนใหญ่อยู่ในช่วงขนาด Accumulation mode (0.43-2.10 µm) มากกว่า Coarse mode (2.10 -10 µm) ส่วนการเผาขยะ บ้านเรือนครั้งอื่น ไม่พบ  $\text{Li}^+$  อาจเนื่องมาจากองค์ประกอบของขยะที่ใช้เผาในแต่ละครั้งไม่เหมือนกัน

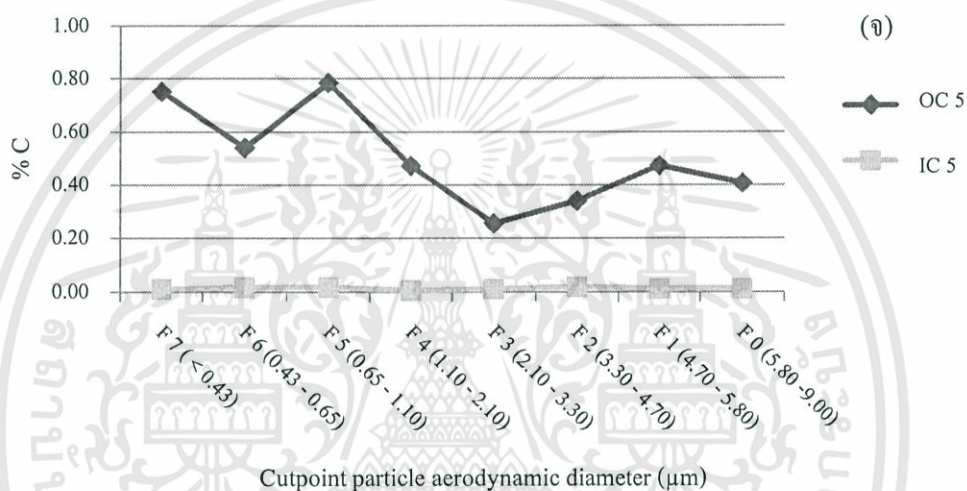
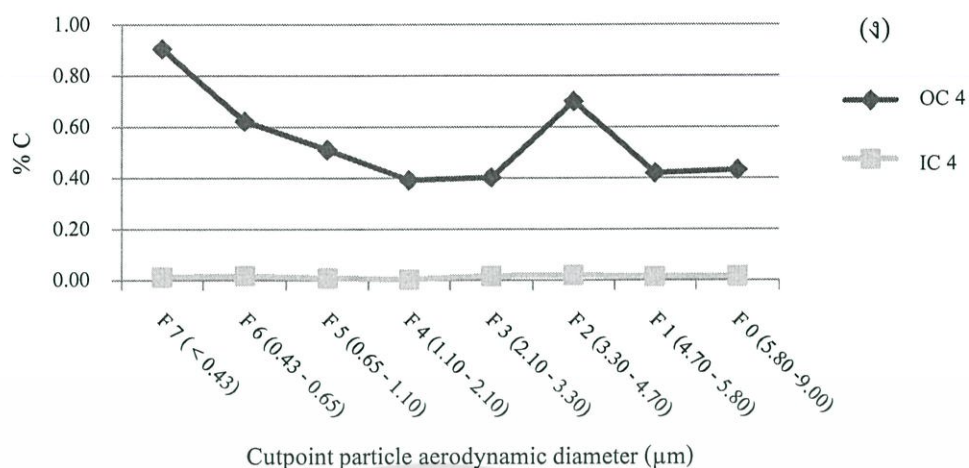
### 4.3 ผลการศึกษาปริมาณอินทรีย์คาร์บอนทั้งหมด (Total Organic Carbon)

จากการวิเคราะห์ตัวอย่างฝุ่นละอองจากการเผาขยะบ้านเรือน 5 ตัวอย่าง พบว่า มีปริมาณ สารอินทรีย์คาร์บอน (OC) มากกว่าปริมาณสารอนินทรีย์คาร์บอน (IC) ทั้งนี้เนื่องจากองค์ประกอบ ของขยะที่เผาส่วนใหญ่เป็นพลาสติก/โฟม ซึ่งเป็นสารประกอบของอินทรีย์คาร์บอน ดังแสดงในรูป ที่ 4.13 และปริมาณอินทรีย์คาร์บอนทั้งหมด (TOC) ของแต่ละตัวอย่าง พบมากในช่วงขนาดของ Coarse mode ซึ่งไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (ดูรายละเอียดในตารางที่ ค-5-8 ภาคผนวก ค) ดังแสดงในรูปที่ 4.14 (ดูรายละเอียดในตารางที่ ข- 48-52 ภาคผนวก ข)

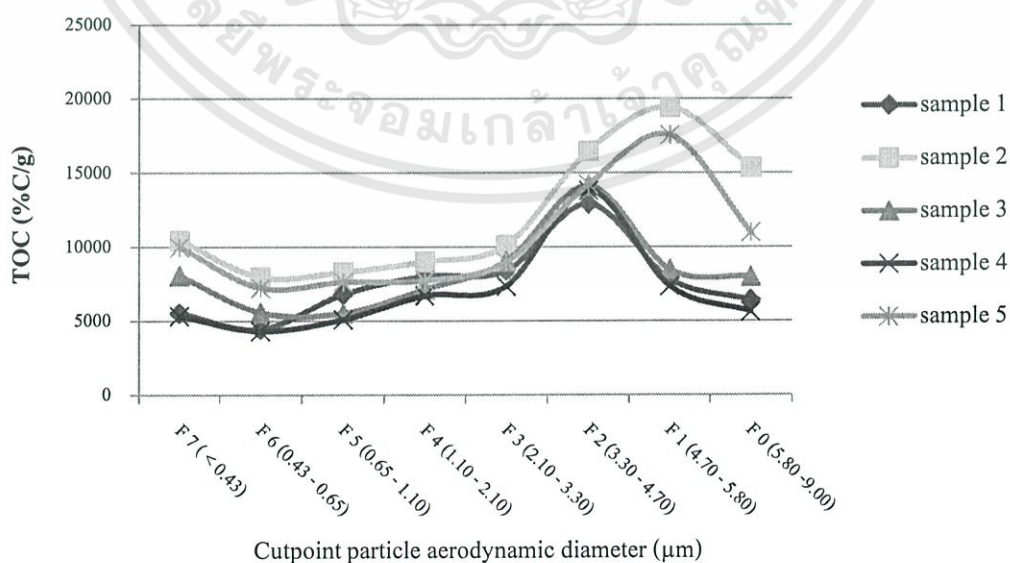


รูปที่ 4.13 ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนและอนินทรีย์คาร์บอนจากการเผาขยะบ้านเรือน (ก)-ตัวอย่างที่ 1, (ข)-ตัวอย่างที่ 2, (ค)-ตัวอย่างที่ 3, (ง)-ตัวอย่างที่ 4, (จ)-ตัวอย่างที่ 5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.13 (ต่อ) ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนและอนินทรีย์คาร์บอนจากการเผาขยะบ้านเรือน (ก)-ตัวอย่างที่ 1, (ข)-ตัวอย่างที่ 2, (ค)-ตัวอย่างที่ 3, (ง)-ตัวอย่างที่ 4, (จ)-ตัวอย่างที่ 5



รูปที่ 4.14 ปริมาณคาร์บอนในรูปสารอินทรีย์คาร์บอนทั้งหมด (TOC)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 5

# สรุปผลวิจัยและข้อเสนอแนะ

### 5.1 สรุปผลการวิจัย

การศึกษารูปแบบการกระจายตัวของฝุ่นละอองขนาดต่างๆ ชนิดและปริมาณของไอออนที่ละลายน้ำได้ ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนและอนินทรีย์คาร์บอนและธาตุต่างๆที่ถูกดูดซับบนอนุภาคฝุ่นที่เกิดจากการเผาขยะบ้านเรือน โดยเก็บตัวอย่างฝุ่นด้วยเครื่องเก็บตัวอย่างแบบ 8 ชั้น (Eight-Stage Cascade Impactor) ที่อัตราการไหล 28.3 ลิตรต่อนาที เป็นเวลา 1 ชั่วโมง พบว่าฝุ่นที่เกิดจากการเผาขยะมีลักษณะกลม เกาะรวมตัวกัน พบ  $\text{SiO}_2$  เป็นส่วนมาก ส่วนการกระจายตัวของขนาดและความเข้มข้นของฝุ่นละออง ที่เกิดจากการเผาขยะบ้านเรือน มีรูปแบบการกระจายแบบ Bimodal โดยมีฝุ่นขนาดเล็ก ขนาด  $< 2.5$  ไมครอน มากกว่าฝุ่นขนาดใหญ่ ขนาด 2.5-10 ไมครอน ดังนั้นฝุ่นละอองที่เกิดจากการเผาขยะจะส่งผลกระทบต่อสุขภาพของระบบทางเดินหายใจของมนุษย์ โดยฝุ่นละอองจะเข้าสู่บริเวณระดับปลายแขนงของหลอดลม (terminal bronchi) จนถึงบริเวณถุงลมปอด (alveoli) นอกจากนี้ยังพบชนิดและปริมาณของไอออนที่ละลายน้ำได้ ดังนี้  $\text{Li}^+$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{F}^-$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{NO}_3^-$  และ  $\text{SO}_4^{2-}$  และปริมาณของอินทรีย์คาร์บอนทั้งหมดสูงกว่าสารอนินทรีย์คาร์บอน

### 5.2 ข้อเสนอแนะ

- 5.2.1 ควรมีการจำแนกประเภทองค์ประกอบของขยะก่อนเผา
- 5.2.2 ควรมีการเก็บข้อมูลอนุกรม โดยเครื่องมือทางอนุกรมวิทยา
- 5.2.3 ควรมีการวิเคราะห์ก๊าซต่างๆที่เกิดจากการเผาขยะ

## เอกสารอ้างอิง

- กรมควบคุมมลพิษ. 2546. โครงการสำรวจและวิเคราะห์องค์ประกอบขยะมูลฝอยชุมชนของเทศบาลทั่วประเทศ. กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม.
- กรมควบคุมมลพิษ. 2547. กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. ประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 24 พ.ศ. 2547. เรื่อง กำหนดมาตรฐานคุณภาพอากาศในบรรยากาศโดยทั่วไป. [Online]. Available : [http://www.pcd.go.th/info\\_serv/reg\\_std\\_airsnd01.html](http://www.pcd.go.th/info_serv/reg_std_airsnd01.html). สืบค้นวันที่ 5 ตุลาคม 2555.
- กรมควบคุมมลพิษ. 2549. รายงานการศึกษาสัดส่วน องค์ประกอบและแหล่งที่มาของฝุ่นละอองขนาดเล็กในพื้นที่จังหวัดสมุทรปราการ. กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม.
- กรมควบคุมมลพิษ. 2552. หลักเกณฑ์ในการคัดเลือกพื้นที่ตั้งสถานที่ฝังกลบกากของเสีย. กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม.
- กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน. 2535. การเก็บข้อมูลเพื่อสนับสนุนการจัดตั้งโครงการกำจัดขยะนำร่อง. [Online]. Available : <https://sites.google.com/site/kayamulfoi/hnwy-thi-1-sphaph-thawpi> สืบค้นวันที่ 5 ตุลาคม 2555
- กัลยกร ตั้งอุไรวรรณ. 2549. การเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นและองค์ประกอบทางเคมีของฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 10 ไมครอน ในจังหวัดสมุทรปราการ. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- กลุ่มพัฒนาการส่งเสริมสุขภาพและอนามัยสิ่งแวดล้อม สอ.4. 2553. ฝุ่นละอองขนาดเล็ก. [Online]. Available : <http://hpe4.anamai.moph.go.th/hia/pm.php>. สืบค้นวันที่ 24 ตุลาคม 2555.
- จิรวัดน์ จิงศิริกุลวิทย์. 2555. ฝุ่นละอองในอากาศกับการปรับตัว. [Online]. Available : <http://www.vachiraphuket.go.th/www/public-health/index.php?name=knowledge&file=readknowledge&id=290>. สืบค้นวันที่ 5 ตุลาคม 2555.
- เทศบาลเมืองทุ่งสง. 2552. ปัญหาขยะมูลฝอย. การกำจัดขยะมูลฝอย. [Online]. Available : [http://www.tungsong.com/Environment/Garbage\\_n/garbage\\_09.html](http://www.tungsong.com/Environment/Garbage_n/garbage_09.html). สืบค้นวันที่ 5 ตุลาคม 2555.
- เทศบาลเมืองทุ่งสง. 2552. ขยะมูลฝอยและการกำจัด. [Online]. Available : [http://www.mcs.most.go.th/WEB-ESERVICES/km\\_community\\_technology/waste.html](http://www.mcs.most.go.th/WEB-ESERVICES/km_community_technology/waste.html). สืบค้นวันที่ 5 ตุลาคม 2555.

- ไทยแลนด์อินดัสตรีคอคคอม. 2554. การวัดขนาดอนุภาคฝุ่นแขวนลอยในอากาศ. [Online]. Available : <http://www.thailandindustry.com/guru/view.php?id=15066&section=9&rcount=Y> สืบค้นวันที่ 20 ตุลาคม 2555
- นภาพร พานิช และแสงสันต์ พานิช. 2544. แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ด้านคุณภาพอากาศ. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- นพวรรณ มาดารัตน์. 2551. อันดับโรคสำคัญที่พบในคนไทย. [Online]. Available : [http://www.tmi.or.th/index.php?option=com\\_content&task=view&id=288&Itemid=74/](http://www.tmi.or.th/index.php?option=com_content&task=view&id=288&Itemid=74/). สืบค้นวันที่ 25 กันยายน 2555.
- นิตยา มหาผล. 2533. เอกสารการสอนชุดวิชากฎหมายสิ่งแวดล้อม หน่วยที่ 8 สาขาวิชานิติศาสตร์ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานครสำนักพิมพ์ : มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.
- บริษัทราชเทวีเอ็นจิเนียริง จำกัด. ฝุ่นละอองขนาดเล็ก. [Online]. Available : <http://www.aqthailand.com/index.php?lay=show&ac=article&Id=539307027&Ntype=4>. สืบค้นวันที่ 3 ตุลาคม 2555.
- ปัญญา เข่น้ำแก้ว, พรรณศักดิ์ เอี่ยมรักษา, สันติ รักษาวงศ์, เกริก วงศ์สอนธรรม, ชลชาย อังวลิชย์ สกุด และสุนทรี ขุนทอง. 2551. มลพิษอากาศและองค์ประกอบธาตุจากฝุ่นในอากาศที่เก็บจากสถานีตรวจวัด คุณภาพอากาศ อ.ศรีราชา จ.ชลบุรี. [Online]. Available : [http://rdi.ku.ac.th/kasetresearch54/GroupEnvironment/22-1-Panya\\_kae/template.html](http://rdi.ku.ac.th/kasetresearch54/GroupEnvironment/22-1-Panya_kae/template.html) สืบค้นวันที่ 24 ตุลาคม 2555.
- พิชิต สกุดพราหมณ์. 2535. การสูหาภิบาลสิ่งแวดล้อม. พิมพ์ครั้งที่ 5. กรุงเทพมหานคร: ธนชากรพิมพ์.
- มาริษา เพ็ญสุด ภูภิญญากุล. 2542. ฝุ่นจากการจราจร กลไกการเกิดผลกระทบต่อสุขภาพ. [Online]. Available : [http://advisor.anamai.moph.go.th/factsheet/envi4\\_6.htm](http://advisor.anamai.moph.go.th/factsheet/envi4_6.htm). สืบค้นวันที่ 22 ตุลาคม 2555.
- วงศ์พันธ์ ลิ้มปเสนีย์, นิตยา มหาผล และธีระ เกรอด. 2543. มลภาวะอากาศ. พิมพ์ครั้งที่ 6. กรุงเทพมหานคร. สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ศูนย์ข้อมูลกรุงเทพมหานคร. 2550. สถิติรายปี. [Online]. Available : [http://203.155.220.230/stat\\_search/frame.asp](http://203.155.220.230/stat_search/frame.asp). สืบค้นวันที่ 15 ตุลาคม 2555.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ศูนย์วิจัยและจัดการคุณภาพอากาศ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. 2554. การทบทวนวรรณกรรมการเผาขยะชุมชนในที่โล่งแจ้งและการจัดการ. [Online]. Available : [http:// www3.med.cmu.ac.th/etc/smog/modules/article/upload/attach\\_file/11-06-22-555d6.pdf](http://www3.med.cmu.ac.th/etc/smog/modules/article/upload/attach_file/11-06-22-555d6.pdf). สืบค้นวันที่ 24 ตุลาคม 2555.
- สถาบันขยะวิทยาด้วยหัวใจ. 2555. คู่มือช่วยชาติลดขยะพลาสติก และโฟม. ภาค ๓ ขยะวันละ ๖๐ ล้านชิ้นจะเพิ่มหรือลดอยู่ที่ใจเราทุกคน. เผาขยะกลางแจ้ง ๒. [Online]. Available : <http://www.ethicalwastemanagement.org/เผาขยะกลางแจ้ง-๒>. สืบค้นวันที่ 23 ตุลาคม 2555
- สถาบันวิจัยสภาวะแวดล้อม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 2552. โครงการนำร่องเพื่อสนับสนุนการจัดตั้งศูนย์สาธิตเทคโนโลยีด้านสิ่งแวดล้อม. [Online]. Available : <http://www.ertc.deqp.go.th/ertc/images/stories/user/ct/จัดตั้งศูนย์สาธิต/2-community%20west.pdf>. สืบค้นวันที่ 5 ตุลาคม 2555.
- สภาวิศวกร. 2553. (ร่าง) การออกแบบ การดำเนินการและบำรุงรักษาระบบกำจัดขยะมูลฝอยโดยวิธีฝังกลบอย่างถูกหลักสุขาภิบาล. [Online]. Available : [http://www.coe.or.th/\\_coe/\\_product/20100608163332-2.pdf](http://www.coe.or.th/_coe/_product/20100608163332-2.pdf). สืบค้นวันที่ 25 ตุลาคม 2555.
- สุวรรณ ภูริวุฒิ. 2552. การกระจายตัวของสารประกอบพอลิไซคลิกอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอนในฝุ่นละอองขนาดต่างๆ ที่เกิดจากการเผาชีวมวลในที่โล่ง. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- สุภาภรณ์ ศิริโสภณา. 2549. ขยะชุมชน สถานที่ฝังกลบ และการฟื้นฟู. วารสารวิทยาศาสตร์ มศว. 22(2), หน้า 104-119.
- สำนักงานคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ. 2555. เอกสารวิชาการด้านเทคโนโลยีการจัดการขยะมูลฝอย บทที่ 2 เรื่องกระบวนการและเทคโนโลยีการจัดการขยะมูลฝอย. [Online]. Available : <http://www.onep.go.th/oneb/appimages/download/75.pdf> สืบค้นวันที่ 25 ตุลาคม 2555
- สำนักงานปลัดกระทรวงเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร และจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 2548. โครงการงานจ้างศึกษาวิจัยชั้นบรรยากาศโดยการประยุกต์ใช้ประโยชน์จากดาวเทียม. [Online]. Available : [http://www.space.mict.go.th/knowledge/studiedreports/atmospheric\\_Studied\\_Report\\_1.pdf](http://www.space.mict.go.th/knowledge/studiedreports/atmospheric_Studied_Report_1.pdf). สืบค้นวันที่ 24 ตุลาคม 2555.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- สำนักจัดการกากของเสียและสารอันตราย กรมควบคุมมลพิษ. 2552. **การกำจัดขยะมูลฝอยแบบฝังกลบอย่างถูกหลักสุขาภิบาล**. [online]. Available : [http://infofile.pcd.go.th/waste/waste\\_sanitaryLandfill.pdf?CFID=10759505&CFTOKEN=82526980](http://infofile.pcd.go.th/waste/waste_sanitaryLandfill.pdf?CFID=10759505&CFTOKEN=82526980). สืบค้นวันที่ 25 ตุลาคม 2555.
- สำนักจัดการคุณภาพและเสียง กรมควบคุมมลพิษ. 2553. **เกร็ดความรู้เรื่องฝุ่นละออง**. [Online]. Available : [http://www.pcd.go.th/info\\_serv/air\\_dust.htm](http://www.pcd.go.th/info_serv/air_dust.htm). สืบค้นวันที่ 28 กันยายน 2555.
- สำนักจัดการคุณภาพและเสียง กรมควบคุมมลพิษ. 2553. **ประเภทของมลพิษทางอากาศ**. [Online]. Available : <http://aqnis.pcd.go.th/node/2292>. สืบค้นวันที่ 28 กันยายน 2555.
- www.breathecampaign.net. **อันตรายจากการเผา ผลกระทบต่อสุขภาพอันเนื่องมาจากการเผาขยะและพลาสติกในเขตที่อยู่อาศัย**. [Online]. Available : <http://www.breathecampaign.net/th/dangers-of-burning>. สืบค้นวันที่ 25 ตุลาคม 2555.
- Kumar A., Mishra MK., Divkar J.K., Rout S., Narayanan U., Hegde A.G. 2010. **Impact of particle size on distribution of major ions in acid and water-soluble components of PM10 atmospheric aerosols in the coastal region of Mumbai**. Atmospheric Research. 98(2-4), 406-415.
- Lin, C., Kuo-Lin, H., Jen-Hsiung, T., Wen-Jhy, L., Shui-Jen, C. and Shao-Kai, L. 2012. **Characteristics of water-soluble ions and carbon in fine and coarse particles collected near an open burning site**. Atmospheric Environment, 51, 39-45.
- New Star Environmental, LLC. 2004. **Instruction Manual 8 Stage Non-Viable Cascade Impactor**. [Online]. Available : <http://www.newstarenvironmental.com/pdfs/New%20Star%20NVI%20manual.pdf>. สืบค้นวันที่ 29 ตุลาคม 2555.
- Wang H., Bin, Z., Lijuan, S. and Hanqing, K. 2012. **Size distributions of aerosol and water-soluble ions in Nanjing during a crop residual burning event**. Journal of Environmental Sciences, 24, 1457-1465. soluble ions in PM<sub>2.5</sub> in Jinan, China: Temporal variations and source apportionments. Atmospheric Environment, 45, 6048-6056.
- Wilson, R. and Spengler, J.D. 1996. **Particles in our air**. Cambridge : Harvard University Press.
- U.S. EPA. 1999. **Characteristics of Particles - Aerodynamic Diameter**. [Online]. Available : <http://www.epa.gov/apti/bces/module3/diameter/diameter.htm> สืบค้นวันที่ 28 กันยายน 2555.

- U.S. EPA. 1999. **Characteristics of Particles - Particle Size Categories.** [Online]. Available : <http://www.epa.gov/apti/bces/module3/category/category.htm>. สืบค้นวันที่ 28 กันยายน 2555.
- U.S. EPA. 1999. Office of Research and Development, National Center for Environmental Assessment, Washington Office, Washington, DC, EPA/600/P-99/002. **Air Quality Criteria for Particulate Matter.**



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาคผนวก ก

การคำนวณความเข้มข้นฝุ่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ภาคผนวก ก – 1 การคำนวณความเข้มข้นฝุ่น

1. หาอัตราการไหลเฉลี่ยที่สภาวะความดันบรรยากาศและอุณหภูมิมาตรฐาน ( $Q_{std}$ ) จากสมการที่ ก – 1

$$Q_{std} = Q_{av} \left( \frac{P_{av}}{T_{av}} \right) \left( \frac{T_{std}}{P_{std}} \right) \dots\dots\dots (ก - 1)$$

เมื่อ

$Q_{std}$  = อัตราการไหลเฉลี่ยของอากาศที่สภาวะมาตรฐาน ( $m^3_{std}/min$ )

$Q_{av}$  = อัตราการไหลเฉลี่ยของอากาศที่ใช้ในการเก็บตัวอย่าง ( $m^3/min$ )

$P_{std}$  = ความดันบรรยากาศที่สภาวะมาตรฐาน เท่ากับ 101.325 kPa

$T_{std}$  = อุณหภูมิที่สภาวะมาตรฐาน เท่ากับ 298 K

$P_{av}$  = ความดันบรรยากาศเฉลี่ยที่ใช้ในการเก็บตัวอย่าง (kPa)

$T_{av}$  = อุณหภูมิเฉลี่ยที่ใช้ในการเก็บตัวอย่าง (K)

2. หาปริมาตรตัวอย่างอากาศทั้งหมดที่สภาวะความดันบรรยากาศและอุณหภูมิมาตรฐาน จากสมการที่ ก – 2

$$V_{std} = (Q_{std}) \times (t) \dots\dots\dots (ก - 2)$$

เมื่อ

$V_{std}$  = ปริมาตรอากาศทั้งหมดที่สภาวะมาตรฐาน ( $m^3$ )

$t$  = ระยะเวลาในการเก็บตัวอย่างทั้งหมด (min)

3. หาความเข้มข้นของฝุ่นละอองทั้งหมดในแต่ละช่วงชั้นขนาด จากสมการที่ ก – 3

$$C_t = \frac{(W_f - W_i)}{V_{std}} \times 10^6 \dots\dots\dots (ก - 3)$$

เมื่อ

$C_t$  = ความเข้มข้นของฝุ่นละอองทั้งหมดที่สภาวะมาตรฐาน ( $\mu g/m^3$ )

$W_f$  = น้ำหนักกระดาษกรองเฉลี่ยหลังเก็บตัวอย่างอากาศ (g)

$W_i$  = น้ำหนักกระดาษกรองเฉลี่ยก่อนเก็บตัวอย่างอากาศ (g)

$10^6$  = การแปลงหน่วยจาก กรัม เป็น ไมโครกรัม

ตัวอย่างการคำนวณที่ ก - 1.1 การคำนวณหาปริมาณฝุ่นละอองที่เกิดจากการเผาขยะบ้านเรือนครั้งที่ 1 (ตัวอย่างที่ 1) เมื่อวันที่ 9 สิงหาคม 2555 เวลา 12.53 - 14.10 น. ปริมาณขยะที่เผา 10.4 กิโลกรัม

1. หาอัตราการไหลเฉลี่ยที่สภาวะความดันบรรยากาศและอุณหภูมิมาตรฐาน ( $Q_{std}$ ) จากสมการที่ ก - 1

$$Q_{std} = Q_{av} \left( \frac{P_{av}}{T_{av}} \right) \left( \frac{T_{std}}{P_{std}} \right)$$

$$Q_{av} = 0.0277 \text{ m}^3 / \text{min}$$

$$P_{std} = 101.325 \text{ kPa}$$

$$T_{std} = 298 \text{ K}$$

$$P_{av} = 100.6 \text{ kPa}$$

$$T_{av} = 305.8 \text{ K}$$

$$t = 77 \text{ min}$$

แทนค่า

$$Q_{std} = 0.0277 \frac{\text{m}^3}{\text{min}} \times \left( \frac{100.6 \text{ kPa}}{305.8 \text{ K}} \right) \left( \frac{298 \text{ K}}{101.325 \text{ kPa}} \right)$$

$$Q_{std} = 0.0268 \text{ m}^3 / \text{min}$$

2. หาปริมาตรตัวอย่างอากาศทั้งหมดที่สภาวะความดันบรรยากาศและอุณหภูมิมาตรฐาน จากสมการที่ ก - 2

$$V_{std} = (Q_{std}) \times (t)$$

แทนค่า

$$V_{std} = 0.0268 \frac{\text{m}^3}{\text{min}} \times 77 \text{ min}$$

$$V_{std} = 2.0628 \text{ m}^3$$

3. หาความเข้มข้นของฝุ่นละอองทั้งหมดในแต่ละช่วงชั้นขนาด จากสมการที่ ก - 3

$$C_t = \frac{(W_f - W_i)}{V_{std}} \times 10^6$$

$$W_f = 0.45489 \text{ g}$$

$$W_i = 0.45376 \text{ g}$$

ที่ Stage 7 แทนค่า

$$C_t = \frac{(0.45489 - 0.45376) \text{ g}}{2.0628 \text{ m}^3} \times 10^6$$

$$C_t = 547.7973 \text{ } \mu\text{g/m}^3$$

หมายเหตุ : ความเข้มข้นของฝุ่นละอองในช่วงชั้นขนาดอื่นๆ (stage 0 – 6) คำนวณเช่นเดียวกันกับตัวอย่างการคำนวณ ก – 1.1 ที่กล่าวมาข้างต้น

### ภาคผนวก ก – 2 การคำนวณการกระจายตัวของฝุ่นละออง (Particle Size Distribution)

การกระจายตัวของฝุ่นละอองจากการเก็บตัวอย่างแบบ 8 stage cascade impactor แสดงลักษณะความถี่สะสม (Cumulative Frequency) คำนวณมาจากการแบ่งชั้น การนับจำนวนขนาดของฝุ่น นำค่าที่ได้มาหาผลรวมในแต่ละชั้นแสดงข้อมูลเป็นกราฟลอการิทึม ดังสมการที่ ก – 4

$$SD = \frac{dc}{d \log dp} \dots\dots\dots(\text{ก} - 4)$$

เมื่อ

SD = การกระจายตัวของฝุ่นละออง

dc = ความเข้มข้นของฝุ่นละออง ( $\mu\text{g/m}^3$ ) ในแต่ละช่วงชั้นขนาด

dp = ช่วงชั้นขนาดของอนุภาคฝุ่น/2 ( $\mu\text{m}$ )

d log dp = log ขนาดชั้นบน – log ขนาดชั้นล่าง

ตัวอย่างการคำนวณที่ ก – 2.1 การคำนวณการกระจายตัวของฝุ่นละออง ในการเผาขยะครั้งที่ 1 ที่ Stage 0 ขนาดของอนุภาคฝุ่น 5.8 – 9.0 ไมครอน มีความเข้มข้นของฝุ่นละออง เท่ากับ 176.9434  $\mu\text{g/m}^3$

จากสมการที่ ก – 4

$$SD = \frac{dc}{d \log dp}$$

เมื่อ

$d_c$  = ความเข้มข้นของฝุ่นละอองใน stage 0 =  $176.9434 \mu\text{g}/\text{m}^3$

$d_p$  =  $(5.8 + 9.0) / 2 = 7.4 (\mu\text{m})$

$d \log d_p = \log$  ขนาดชั้นบน -  $\log$  ขนาดชั้นล่าง

=  $\log 9.0 - \log 5.8$

=  $0.9542 - 0.7634$

=  $0.1908$

แทนค่า

$$SD = \frac{176.9434}{0.1908}$$

$$SD = 927.3763$$

การกระจายตัวของฝุ่นละออง (Particle Size Distribution ,  $d_c/d \log d_p$ ) =  $247.7628$

หมายเหตุ : ใน stage ที่ 1 - 7 จำนวนตามวิธีเดียวกันกับตัวอย่างที่ ก - 2.1 ข้างต้น และนำค่า  $d_c/d \log d_p$  ที่ได้ไปพลอตกราฟเป็นแกน y และ  $d_p$  เป็น แกน x แสดงกราฟลอการิทึม

ภาคผนวก ก - 3 การคำนวณความเข้มข้นของไอออนที่ละลายน้ำได้

1. หาปริมาณของไอออนในหน่วย มิลลิกรัม (mg)

จากสมการที่ ก - 5

$$C_m = \left( \frac{C_i \times v}{1000} \right) \dots \dots \dots (\text{ก} - 5)$$

เมื่อ

$C_m$  = ปริมาณของไอออน (mg)

$C_i$  = ความเข้มข้นของไอออนจากการวิเคราะห์ (mg/L)

$v$  = ปริมาตรที่ใช้ในการสกัด (mL)

2. หาน้ำหนักฝุ่นที่ใช้ในการวิเคราะห์

จากสมการที่ ก - 6

$$m_i = \frac{m \times B}{A} \dots \dots \dots (\text{ก} - 6)$$

เมื่อ

 $m_i$  = น้ำหนักฝุ่นที่ใช้ในการวิเคราะห์ (g) $m$  = น้ำหนักฝุ่นที่ได้ทั้งหมด (g)A = พื้นที่ของกระดาษกรองตัวอย่างทั้งหมด เท่ากับ  $51.53 \text{ cm}^2$ B = พื้นที่กระดาษกรองตัวอย่างที่ใช้ในการวิเคราะห์ เท่ากับ  $17.66 \text{ cm}^2$ 

3. หาปริมาณของไอออนทั้งหมดที่มีอยู่ในฝุ่นละออง

จากสมการที่ ก - 7

$$C = \frac{C_m \times m}{m_i} \dots\dots\dots (\text{ก} - 7)$$

เมื่อ

C = ปริมาณของไอออนทั้งหมด (mg)

4. หาความเข้มข้นของไอออนทั้งหมดในหน่วย ไมโครกรัมต่อกรัมของขยะ ( $\mu\text{g/g}$ )

จากสมการที่ ก - 8

$$C_t = \frac{C}{M} \times 10^3 \dots\dots\dots (\text{ก} - 8)$$

เมื่อ

 $C_t$  = ความเข้มข้นของไอออนทั้งหมด ( $\mu\text{g/g}$ )

M = น้ำหนักขยะที่ใช้ในการเผา (kg)

 $10^3$  = การแปลงหน่วยเป็น ไมโครกรัม ( $\mu\text{g}$ )

ตัวอย่างการคำนวณที่ ก - 3.1 การคำนวณความเข้มข้นของไอออนที่ละลายน้ำได้ จากการวิเคราะห์ในตัวอย่างที่ 1 ที่ Stage 0 พบไอออนดังนี้  $F = 0.023 \text{ mg/L}$ ,  $Cl = 0.178 \text{ mg/L}$ ,  $NO_3 = 0.07 \text{ mg/L}$ ,  $SO_4^{2-} = 0.476 \text{ mg/L}$ ,  $Li^+ = 0.021 \text{ mg/L}$ ,  $Ca^{2+} = 0.099 \text{ mg/L}$  ปริมาตรที่ใช้ในการสกัด เท่ากับ  $100 \text{ mL}$  น้ำหนักฝุ่นที่ได้ทั้งหมด เท่ากับ  $0.00036 \text{ g}$  น้ำหนักขยะเท่ากับ  $10.4 \text{ kg}$

1. หาปริมาณของไอออนในหน่วย มิลลิกรัม (mg)

จากสมการที่ ก - 5

$$C_m = \left( \frac{C_i \times v}{1000} \right)$$

$C_i$  = ความเข้มข้นไอออน  $F^- = 0.023 \text{ mg/L}$

$V$  = 100 mL

แทนค่า

$$C_m = \left( \frac{0.023 \times 100}{1000} \right)$$

$$C_m = 2.3 \times 10^{-3} \text{ mg}$$

2. หาน้ำหนักฝุ่นที่ใช้ในการวิเคราะห์

จากสมการที่ ก - 6

$$m_i = \frac{m \times B}{A}$$

$m$  = 0.00036 g

$A$  = พื้นที่ของกระดาษกรองตัวอย่างทั้งหมด เท่ากับ  $51.53 \text{ cm}^2$

$B$  = พื้นที่กระดาษกรองตัวอย่างที่ใช้ในการวิเคราะห์ เท่ากับ  $17.66 \text{ cm}^2$

แทนค่า

$$m_i = \frac{0.00036 \times 17.66}{51.53}$$

$$m_i = 1.2338 \times 10^{-4} \text{ g}$$

3. หาปริมาณของไอออนทั้งหมดที่มีอยู่ในฝุ่นละออง

จากสมการที่ ก - 7

$$C = \frac{C_m \times m}{m_i}$$

แทนค่า

$$C = \frac{2.3 \times 10^{-3} \times 0.00036}{1.2338 \times 10^{-4}}$$

$$C = 6.7110 \times 10^{-3}$$

4. หาคความเข้มข้นของไอออนทั้งหมดในหน่วย ไมโครกรัมต่อกรัมของขยะ ( $\mu\text{g/g}$ )

จากสมการที่ ก - 8

$$C_t = \frac{C}{M} \times 10^3$$

$M$  = 10.4 kg

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แทนค่า

$$C_t = \frac{6.7110 \times 10^{-3}}{10.4} \times 10^3$$

$$C_t = 0.6453 \mu\text{g/g}$$

หมายเหตุ : ความเข้มข้นของไอออนชนิดอื่นๆ คำนวณเช่นเดียวกันกับตัวอย่างการคำนวณที่ ก - 3.1 ที่กล่าวมาข้างต้น

ภาคผนวก ก - 4 การคำนวณหาความเข้มข้นของอินทรีย์คาร์บอนที่ถูกดูดซับบนอนุภาคฝุ่น (Total Organic Carbon) ขนาดต่างๆ

1. หาความเข้มข้นของอินทรีย์คาร์บอนที่ถูกดูดซับบนอนุภาคฝุ่น ในหน่วยของ %TOC ต่อกรัมของน้ำหนักฝุ่นที่ได้ จากสมการที่ ก - 9

$$TOC = \left( \frac{(\%TC - \%IC)}{m} \right) \left( \frac{A}{B} \right) \dots\dots\dots (ก - 9)$$

เมื่อ

TOC = ความเข้มข้นของอินทรีย์คาร์บอนที่ถูกดูดซับบนอนุภาคฝุ่น (% / g)

%TC = ปริมาณสารอินทรีย์คาร์บอนทั้งหมด (%)

%IC = ปริมาณสารอนินทรีย์คาร์บอน (%)

m = น้ำหนักฝุ่นที่ได้ (g)

A = พื้นที่ของกระดาษกรองตัวอย่างทั้งหมด เท่ากับ  $51.53 \text{ cm}^2$

B = พื้นที่กระดาษกรองตัวอย่างที่ใช้ในการวิเคราะห์ เท่ากับ  $4.752 \text{ cm}^2$

ตัวอย่างการคำนวณที่ ก - 4.1 คำนวณหาความเข้มข้นของอินทรีย์คาร์บอนที่ถูกดูดซับบนอนุภาคฝุ่นในกระดาษกรองตัวอย่างที่ 1 ที่ Stage 0 น้ำหนักฝุ่นที่ได้ = 0.000365 g จากการวิเคราะห์พบ %TC = 0.22540, %IC = 0.01016

1. หาความเข้มข้นของอินทรีย์คาร์บอนที่ถูกดูดซับบนอนุภาคฝุ่น ในหน่วยของ %TOC ต่อกรัมของน้ำหนักฝุ่นที่ได้ จากสมการที่ ก - 9

$$TOC = \left( \frac{(\%TC - \%IC)}{m} \right) \left( \frac{A}{B} \right)$$

%TC = 0.22540 %

%IC = 0.01016 %

m = 0.000365 g

A = พื้นที่ของกระดาษกรองตัวอย่างทั้งหมด =  $51.53 \text{ cm}^2$

B = พื้นที่กระดาษกรองตัวอย่างที่ใช้ในการวิเคราะห์ =  $4.752 \text{ cm}^2$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แทนค่า

$$TOC = \left( \frac{(0.22540\% - 0.01016\%)}{0.000365 \text{ g}} \right) \left( \frac{51.53 \text{ cm}^2}{4.752 \text{ cm}^2} \right)$$

$$TOC = 6394.6066 \text{ \%/g}$$

ความเข้มข้นของอินทรีย์คาร์บอนที่ถูกดูดซับบนอนุภาคฝุ่นใน Stage 0 = 6394.6066 %/g

หมายเหตุ : ความเข้มข้นของอินทรีย์คาร์บอนใน Stage 1 – 7 คำนวณเช่นเดียวกันกับตัวอย่างการคำนวณที่ ก – 4.1 ที่กล่าวมาข้างต้น

#### ภาคผนวก ก – 5 การคำนวณหา Error Bar

1. หาค่าเฉลี่ยของข้อมูล ( $\bar{x}$ ) จากสมการที่ ก – 10

$$\bar{x} = \left( \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} \right) \dots\dots\dots(\text{ก} - 10)$$

เมื่อ

$\bar{x}$  = ค่าเฉลี่ยของข้อมูลทั้งหมด

$n$  = จำนวนข้อมูล

$\sum_{i=1}^n x_i$  = ผลรวมของข้อมูลทั้งหมด

2. หาค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานสัมพัทธ์ (SD) จากสมการที่ ก – 11

$$SD = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} \dots\dots\dots(\text{ก} - 11)$$

เมื่อ

SD = ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

$\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2$  = ผลรวมของผลต่างระหว่างข้อมูลแต่ละข้อมูลกับค่าเฉลี่ยกำลังสอง

#### ภาคผนวก ก – 6 การคำนวณหา Error Bar ของความเข้มข้นฝุ่น

1. หา Error Bar ของความเข้มข้นฝุ่น ในหน่วยของน้ำหนักฝุ่นต่อน้ำหนักขยะ 1 กรัม ( $\mu\text{g/g}$ ) จากสมการที่ ก – 12

$$C = \frac{m}{M} \times 10^3 \dots\dots\dots(\text{ก} - 12)$$

เมื่อ

$C$  = ค่า Error Bar ของความเข้มข้นฝุ่น ( $\mu\text{g/g}$ )

$m$  = น้ำหนักฝุ่นที่ได้ (g)

$M$  = น้ำหนักขยะที่ใช้ในการเผาแต่ละครั้ง (kg)

ตัวอย่างการคำนวณที่ ก - 6.1 หาค่า Error Bar ของความเข้มข้นฝุ่น ใน Stage 0 ของตัวอย่างที่ 1  
 มีน้ำหนักฝุ่น = 0.00036 g น้ำหนักขยะ = 10.4 kg  
 จากสมการที่ ก - 12

$$C = \frac{m}{M} \times 10^3$$

แทนค่า

$$C = \frac{0.00036 \text{ g}}{10.4 \text{ kg}} \times 10^3$$

$$C = 0.0346 \mu\text{g/g}$$

จะได้ว่า ค่า Error Bar ของความเข้มข้นฝุ่น ใน Stage 0 ของตัวอย่างที่ 1 มีค่าเท่ากับ 0.0346  $\mu\text{g/g}$   
 ค่า Error Bar ของความเข้มข้นฝุ่น ใน Stage 0 ของตัวอย่างที่ 2 มีค่าเท่ากับ 0.0220  $\mu\text{g/g}$   
 ค่า Error Bar ของความเข้มข้นฝุ่น ใน Stage 0 ของตัวอย่างที่ 3 มีค่าเท่ากับ 0.0385  $\mu\text{g/g}$   
 ค่า Error Bar ของความเข้มข้นฝุ่น ใน Stage 0 ของตัวอย่างที่ 4 มีค่าเท่ากับ 0.0771  $\mu\text{g/g}$   
 ค่า Error Bar ของความเข้มข้นฝุ่น ใน Stage 0 ของตัวอย่างที่ 5 มีค่าเท่ากับ 0.0371  $\mu\text{g/g}$

หมายเหตุ : นำค่าที่ได้ทั้งหมดใน Stage 0 ของแต่ละตัวอย่าง มาคำนวณหาค่าเฉลี่ยในสมการที่ ก - 10 และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานในสมการที่ ก - 11

หมายเหตุ : ค่า Error Bar ของความเข้มข้นฝุ่น ใน Stage 1 - 8 ของแต่ละตัวอย่างคำนวณเช่นเดียวกันกับตัวอย่างการคำนวณที่ ก - 6.1 ที่กล่าวมาข้างต้น



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข-1 อัตราการไหลของปั๊มก่อนและหลังการเก็บ Background air ครั้งที่ 1 วันที่ 9 ส.ค. 2555

ครั้งที่	อัตราการไหล (ลิตร/นาที)		อัตราการไหลเฉลี่ย (ลิตร/นาที)
	ก่อนเก็บตัวอย่าง	หลังเก็บตัวอย่าง	
1	28.261	25.867	27.752
2	28.509	27.305	
3	28.509	27.259	
4	28.188	27.180	
5	28.459	27.282	
6	28.484	27.351	
7	28.261	27.305	
8	28.335	27.397	
9	28.286	27.236	
10	28.360	27.213	
เฉลี่ย	28.365	27.140	

ตารางที่ ข-2 น้ำหนักฝุ่นละอองจากการเก็บ Background air ครั้งที่ 1

ช่วงขนาด (ไมครอน)	ครั้งที่	น้ำหนักกระดาศกรอง (g)		น้ำหนักฝุ่น (g)	ความเข้มข้นของฝุ่น ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
		ก่อนเก็บตัวอย่าง	หลังเก็บตัวอย่าง		
stage 0 (9.0 - 5.8)	1	0.44230	0.44236	0.00006	27.7531
	2	0.44232	0.44235	0.00003	
	เฉลี่ย	0.44231	0.44236	0.00005	
stage 1 (5.8 - 4.7)	1	0.43638	0.43643	0.00005	30.8368
	2	0.43638	0.43643	0.00005	
	เฉลี่ย	0.43638	0.43643	0.00005	
stage 2 (4.7 - 3.3)	1	0.45205	0.45214	0.00009	52.4226
	2	0.45207	0.45215	0.00008	
	เฉลี่ย	0.45206	0.45215	0.00009	
stage 3 (3.3 - 2.1)	1	0.44006	0.44010	0.00004	70.9247
	2	0.44008	0.44008	0.00000	
	เฉลี่ย	0.44007	0.44009	0.00002	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข-2 (ต่อ) น้ำหนักฝุ่นละอองจากการเก็บ Background air ครั้งที่ 1

ช่วงขนาด (ไมครอน)	ครั้งที่	น้ำหนักกระดาศกรอง (g)		น้ำหนักฝุ่น (g)	ความเข้มข้นของ ฝุ่น ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
		ก่อนเก็บตัวอย่าง	หลังเก็บตัวอย่าง		
stage 4 (2.1 - 1.1)	1	0.44580	0.44589	0.00009	12.3347
	2	0.44579	0.44589	0.00010	
	เฉลี่ย	0.44580	0.44589	0.00010	
stage 5 (1.1 -0.65)	1	0.45004	0.45015	0.00011	70.9247
	2	0.45002	0.45014	0.00012	
	เฉลี่ย	0.45003	0.45015	0.00012	
stage 6 (0.65-0.43)	1	0.44440	0.44443	0.00003	27.7531
	2	0.44435	0.44441	0.00006	
	เฉลี่ย	0.44438	0.44442	0.00005	
stage 7 (< 0.43)	1	0.43722	0.43729	0.00007	27.7531
	2	0.43725	0.43727	0.00002	
	เฉลี่ย	0.43724	0.43728	0.00004	
stage 8 Backup	1	0.44255	0.44257	0.00002	0.0000
	2	0.44261	0.44259	-0.00002	
	เฉลี่ย	0.44258	0.44258	0.00000	

ตารางที่ ข-3 ความเข้มข้นของฝุ่นละออง จากการเก็บ Background air ครั้งที่ 1

ลำดับชั้น และช่วงขนาด ( $\mu\text{m}$ )	น้ำหนักฝุ่นที่ได้ (g)	เปอร์เซ็นต์ฝุ่น (%)	ความเข้มข้นฝุ่นที่ 25°C 1atm ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
F 8 (Back up)	0.000005	0.99	3.0837
F 7 (< 0.43)	0.000045	8.91	27.7531
F 6 (0.43 - 0.65)	0.00005	8.91	27.7531
F 5 (0.65 - 1.10)	0.00012	22.77	70.9247
F 4 (1.10 - 2.10)	0.00010	18.81	58.5900
F 3 (2.10 - 3.30)	0.00002	3.96	12.3347
F 2 (3.30 - 4.70)	0.00009	16.83	52.4226
F 1 (4.70 - 5.80)	0.00005	9.90	30.8368
F 0 (5.80 -9.00)	0.00005	8.91	27.7531
<b>Total</b>	<b>0.00050</b>	<b>100.00</b>	<b>311.4518</b>

ตารางที่ ข-4 อัตราการไหลของปื้ก่อนและหลังเก็บตัวอย่างฝุ่นละอองครั้งที่ 1 วันที่ 9 ส.ค. 2555

ครั้งที่	อัตราการไหล (ลิตร/นาที)		อัตราการไหลเฉลี่ย (ลิตร/นาที)
	ก่อนเก็บตัวอย่าง	หลังเก็บตัวอย่าง	
1	28.310	25.785	27.685
2	28.335	27.174	
3	28.286	27.197	
4	28.335	27.243	
5	28.284	27.266	
6	28.261	27.197	
7	28.310	27.243	
8	28.335	27.243	
9	28.286	27.197	
10	28.237	27.174	
เฉลี่ย	28.298	27.072	

ตารางที่ ข-5 น้ำหนักฝุ่นละอองจากการเผาขยะบ้านเรือนครั้งที่ 1

ช่วงขนาด (ไมครอน)	ครั้งที่	น้ำหนักกระดาษกรอง (g)		น้ำหนักฝุ่น (g)	ความเข้มข้นของฝุ่น ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
		ก่อนเก็บตัวอย่าง	หลังเก็บตัวอย่าง		
stage 0 (9.0 - 5.8)	1	0.43192	0.43229	0.00037	176.9434
	2	0.43194	0.43230	0.00036	
	เฉลี่ย	0.43193	0.43230	0.00036	
stage 1 (5.8 - 4.7)	1	0.45200	0.45239	0.00039	184.2150
	2	0.45200	0.45237	0.00037	
	เฉลี่ย	0.45200	0.45238	0.00038	
stage 2 (4.7 - 3.3)	1	0.44689	0.44724	0.00035	164.8240
	2	0.44691	0.44724	0.00033	
	เฉลี่ย	0.44690	0.44724	0.00034	
stage 3 (3.3 - 2.1)	1	0.44492	0.44532	0.00040	193.9105
	2	0.44494	0.44534	0.00040	
	เฉลี่ย	0.44493	0.44533	0.00040	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข-5 (ต่อ) น้ำหนักฝุ่นละอองจากการเผาขยะบ้านเรือนครั้งที่ 1

ช่วงขนาด (ไมครอน)	ครั้งที่	น้ำหนักกระดาษกรอง (g)		น้ำหนักฝุ่น (g)	ความเข้มข้นของ ฝุ่น ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
		ก่อนเก็บตัวอย่าง	หลังเก็บตัวอย่าง		
stage 4 (2.1 - 1.1)	1	0.44348	0.44397	0.00049	252.0837
	2	0.44345	0.44400	0.00055	
	เฉลี่ย	0.44347	0.44399	0.00052	
stage 5 (1.1 - 0.65)	1	0.45516	0.45597	0.00081	387.8211
	2	0.45518	0.45597	0.00079	
	เฉลี่ย	0.45517	0.45597	0.00080	
stage 6 (0.65-0.43)	1	0.44005	0.44110	0.00105	513.8629
	2	0.44007	0.44114	0.00107	
	เฉลี่ย	0.44006	0.44112	0.00106	
stage 7 (< 0.43)	1	0.45375	0.45490	0.00115	547.7973
	2	0.45376	0.45487	0.00111	
	เฉลี่ย	0.45376	0.45489	0.00113	
stage 8 Backup	1	0.44933	0.44941	0.00008	53.3254
	2	0.44929	0.44943	0.00014	
	เฉลี่ย	0.44931	0.44942	0.00011	

ตารางที่ ข-6 ความเข้มข้นของฝุ่นละออง ที่เกิดจากการเผาขยะบ้านเรือน ครั้งที่ 1

ลำดับชั้น และช่วงขนาด ( $\mu\text{m}$ )	น้ำหนักฝุ่นที่ได้ (g)	เปอร์เซ็นต์ฝุ่น (%)	ความเข้มข้นฝุ่นที่ 25°C 1atm ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
F 8 (Back up)	0.00011	2.15	53.3254
F 7 (< 0.43)	0.00113	22.14	547.7973
F 6 (0.43 - 0.65)	0.00106	20.76	513.8629
F 5 (0.65 - 1.10)	0.00080	15.67	387.8211
F 4 (1.10 - 2.10)	0.00052	10.19	252.0837
F 3 (2.10 - 3.30)	0.00040	7.84	193.9105
F 2 (3.30 - 4.70)	0.00034	6.66	164.8240
F 1 (4.70 - 5.80)	0.00038	7.44	184.2150
F 0 (5.80 - 9.00)	0.00036	7.15	176.9434
<b>Total</b>	<b>0.00510</b>	<b>100.00</b>	<b>2474.7833</b>

ตารางที่ ข-7 อัตราการไหลของปั๊มก่อนและหลังการเก็บ Background air ครั้งที่ 2 – 3 วันที่ 21 ส.ค.

2555

ครั้งที่	อัตราการไหล (ลิตร/นาที)		อัตราการไหลเฉลี่ย (ลิตร/นาที)
	ก่อนเก็บตัวอย่าง	หลังเก็บตัวอย่าง	
1	28.212	27.636	28.079
2	28.310	27.731	
3	28.261	27.778	
4	28.237	27.754	
5	28.310	27.802	
6	28.163	27.993	
7	28.286	28.115	
8	28.212	28.112	
9	28.188	28.188	
10	28.185	28.115	
เฉลี่ย	28.236	27.922	

ตารางที่ ข-8 น้ำหนักฝุ่นละอองจากการเก็บ Background air ครั้งที่ 2-3

ช่วงขนาด (ไมครอน)	ครั้งที่	น้ำหนักกระดาศกรอง (g)		น้ำหนักฝุ่น (g)	ความเข้มข้นของฝุ่น ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
		ก่อนเก็บตัวอย่าง	หลังเก็บตัวอย่าง		
stage 0 (9.0 - 5.8)	1	0.44411	0.44415	0.00004	21.2541
	2	0.44411	0.44414	0.00003	
	เฉลี่ย	0.44411	0.44415	0.00004	
stage 1 (5.8 - 4.7)	1	0.43955	0.43967	0.00012	69.8348
	2	0.43954	0.43965	0.00011	
	เฉลี่ย	0.43955	0.43966	0.00012	
stage 2 (4.7 - 3.3)	1	0.45557	0.45568	0.00011	127.5245
	2	0.45557	0.45566	0.00009	
	เฉลี่ย	0.45557	0.45567	0.00010	
stage 3 (3.3 - 2.1)	1	0.44517	0.44545	0.00028	170.0326
	2	0.44516	0.44544	0.00028	
	เฉลี่ย	0.44517	0.44545	0.00028	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข-8 (ต่อ) น้ำหนักฝุ่นละอองจากการเก็บ Background air ครั้งที่ 2-3

ช่วงขนาด (ไมครอน)	ครั้งที่	น้ำหนักกระดาชกรอง (g)		น้ำหนักฝุ่น (g)	ความเข้มข้นของ ฝุ่น ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
		ก่อนเก็บตัวอย่าง	หลังเก็บตัวอย่าง		
stage 4 (2.1 - 1.1)	1	0.44222	0.44251	0.00029	160.9237
	2	0.44225	0.44249	0.00024	
	เฉลี่ย	0.44224	0.44250	0.00027	
stage 5 (1.1 -0.65)	1	0.44726	0.44742	0.00016	97.1615
	2	0.44728	0.44744	0.00016	
	เฉลี่ย	0.44727	0.44743	0.00016	
stage 6 (0.65-0.43)	1	0.44375	0.44393	0.00018	106.2704
	2	0.44375	0.44392	0.00017	
	เฉลี่ย	0.44375	0.44393	0.00018	
stage 7 (< 0.43)	1	0.44022	0.44029	0.00007	39.4719
	2	0.44022	0.44028	0.00006	
	เฉลี่ย	0.44022	0.44029	0.00007	
stage 8 Backup	1	0.44480	0.44489	0.00009	54.6533
	2	0.44482	0.44491	0.00009	
	เฉลี่ย	0.44481	0.44490	0.00009	

ตารางที่ ข-9 ความเข้มข้นของฝุ่นละออง จากการเก็บ Background air ครั้งที่ 2-3

ลำดับชั้น และช่วงขนาด ( $\mu\text{m}$ )	น้ำหนักฝุ่นที่ได้ (g)	เปอร์เซ็นต์ฝุ่น (%)	ความเข้มข้นฝุ่นที่ $25^\circ\text{C}$ 1atm ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
F 8 (Back up)	0.00009	6.45	54.6533
F 7 (< 0.43)	0.00007	4.66	39.4719
F 6 (0.43 - 0.65)	0.00018	12.54	106.2704
F 5 (0.65 - 1.10)	0.00016	11.47	97.1615
F 4 (1.10 - 2.10)	0.00027	19.00	160.9237
F 3 (2.10 - 3.30)	0.00028	20.07	170.0326
F 2 (3.30 - 4.70)	0.00021	15.05	127.5245
F 1 (4.70 - 5.80)	0.00012	8.24	69.8348
F 0 (5.80 -9.00)	0.00004	2.51	21.2541
<b>Total</b>	<b>0.00140</b>	<b>100.00</b>	<b>847.1269</b>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข-10 อัตราการไหลของน้ำก่อนและหลังเก็บตัวอย่างฝู่นละอองครั้งที่ 2 วันที่ 21 ส.ค. 2555

ครั้งที่	อัตราการไหล (ลิตร/นาที)		อัตราการไหลเฉลี่ย (ลิตร/นาที)
	ก่อนเก็บตัวอย่าง	หลังเก็บตัวอย่าง	
1	28.335	27.403	27.935
2	28.335	27.311	
3	28.335	27.380	
4	28.360	27.473	
5	28.335	27.533	
6	28.261	27.921	
7	28.286	27.519	
8	28.237	28.054	
9	28.320	27.473	
10	28.360	27.470	
เฉลี่ย	28.316	27.554	

ตารางที่ ข-11 น้ำหนักฝู่นละอองจากการเผาขยะบ้านเรือนครั้งที่ 2

ช่วงขนาด (ไมครอน)	ครั้งที่	น้ำหนักกระดาษกรอง (g)		น้ำหนักฝู่น (g)	ความเข้มข้นของ ฝู่น ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
		ก่อนเก็บตัวอย่าง	หลังเก็บตัวอย่าง		
stage 0 (9.0 - 5.8)	1	0.43252	0.43272	0.00020	134.8806
	2	0.43251	0.43275	0.00024	
	เฉลี่ย	0.43252	0.43274	0.00022	
stage 1 (5.8 - 4.7)	1	0.44313	0.44344	0.00031	177.7972
	2	0.44315	0.44342	0.00027	
	เฉลี่ย	0.44314	0.44343	0.00029	
stage 2 (4.7 - 3.3)	1	0.44568	0.44596	0.00028	162.4698
	2	0.44570	0.44595	0.00025	
	เฉลี่ย	0.44569	0.44596	0.00026	
stage 3 (3.3 - 2.1)	1	0.43667	0.43699	0.00032	208.4518
	2	0.43664	0.43700	0.00036	
	เฉลี่ย	0.43666	0.43700	0.00034	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข-11 (ต่อ) น้ำหนักฝุ่นละอองจากการเผาขยะบ้านเรือนครั้งที่ 2

ช่วงขนาด (ไมครอน)	ครั้งที่	น้ำหนักกระดาชกรอง (g)		น้ำหนักฝุ่น (g)	ความเข้มข้นของ ฝุ่น ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
		ก่อนเก็บตัวอย่าง	หลังเก็บตัวอย่าง		
stage 4 (2.1 - 1.1)	1	0.44295	0.44335	0.00040	239.1065
	2	0.44299	0.44337	0.00038	
	เฉลี่ย	0.44297	0.44336	0.00039	
stage 5 (1.1 -0.65)	1	0.43702	0.43743	0.00041	251.3684
	2	0.43702	0.43743	0.00041	
	เฉลี่ย	0.43702	0.43743	0.00041	
stage 6 (0.65-0.43)	1	0.44497	0.44562	0.00065	401.5763
	2	0.44499	0.44565	0.00066	
	เฉลี่ย	0.44498	0.44564	0.00066	
stage 7 (< 0.43)	1	0.44704	0.44781	0.00077	469.0166
	2	0.44702	0.44778	0.00076	
	เฉลี่ย	0.44703	0.44780	0.00077	
stage 8 Backup	1	0.44771	0.44785	0.00014	82.7676
	2	0.44770	0.44783	0.00013	
	เฉลี่ย	0.44771	0.44784	0.00013	

ตารางที่ ข-12 ความเข้มข้นของฝุ่นละออง ที่เกิดจากการเผาขยะบ้านเรือน ครั้งที่ 2

ลำดับชั้น และช่วงขนาด ( $\mu\text{m}$ )	น้ำหนักฝุ่นที่ได้ (g)	เปอร์เซ็นต์ฝุ่น (%)	ความเข้มข้นฝุ่นที่ 25°C 1atm ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
F 8 (Back up)	0.00013	3.89	82.7676
F 7 (< 0.43)	0.00077	22.05	469.0166
F 6 (0.43 - 0.65)	0.00066	18.88	401.5763
F 5 (0.65 - 1.10)	0.00041	11.82	251.3684
F 4 (1.10 - 2.10)	0.00039	11.24	239.1065
F 3 (2.10 - 3.30)	0.00034	9.80	208.4518
F 2 (3.30 - 4.70)	0.00026	7.64	162.4698
F 1 (4.70 - 5.80)	0.00029	8.36	177.7972
F 0 (5.80 -9.00)	0.00022	6.34	134.8806
<b>Total</b>	<b>0.00347</b>	<b>100.00</b>	<b>2127.4350</b>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข-13 อัตราการไหลของบ่อก่อนและหลังเก็บตัวอย่างฝุ่นละอองครั้งที่ 3 วันที่ 21 ส.ค. 2555

ครั้งที่	อัตราการไหล (ลิตร/นาที)		อัตราการไหลเฉลี่ย (ลิตร/นาที)
	ก่อนเก็บตัวอย่าง	หลังเก็บตัวอย่าง	
1	28.335	27.754	28.099
2	28.335	27.897	
3	28.281	27.873	
4	28.310	27.826	
5	28.360	27.826	
6	28.360	27.873	
7	28.360	27.896	
8	28.353	27.850	
9	28.360	27.826	
10	28.310	27.993	
เฉลี่ย	28.336	27.861	

ตารางที่ ข-14 น้ำหนักฝุ่นละอองจากการเผาขยะบ้านเรือนครั้งที่ 3

ช่วงขนาด (ไมครอน)	ครั้งที่	น้ำหนักกระดาศกรอง (g)		น้ำหนักฝุ่น (g)	ความเข้มข้นของฝุ่น ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
		ก่อนเก็บตัวอย่าง	หลังเก็บตัวอย่าง		
stage 0 (9.0 - 5.8)	1	0.45649	0.45688	0.00039	228.5673
	2	0.45654	0.45689	0.00035	
	เฉลี่ย	0.45652	0.45689	0.00037	
stage 1 (5.8 - 4.7)	1	0.44995	0.45033	0.00038	228.5673
	2	0.44994	0.45030	0.00036	
	เฉลี่ย	0.44995	0.45032	0.00037	
stage 2 (4.7 - 3.3)	1	0.43607	0.43644	0.00037	228.5673
	2	0.43610	0.43647	0.00037	
	เฉลี่ย	0.43609	0.43646	0.00037	
stage 3 (3.3 - 2.1)	1	0.43579	0.43615	0.00036	206.9461
	2	0.43580	0.43611	0.00031	
	เฉลี่ย	0.43580	0.43613	0.00033	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข-14 (ต่อ) น้ำหนักฝุ่นละอองจากการเผาขยะบ้านเรือนครั้งที่ 3

ช่วงขนาด (ไมครอน)	ครั้งที่	น้ำหนักกระตาศกรอง (g)		น้ำหนัก ฝุ่น (g)	ความเข้มข้นของ ฝุ่น ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
		ก่อนเก็บตัวอย่าง	หลังเก็บตัวอย่าง		
stage 4 (2.1 - 1.1)	1	0.43360	0.43416	0.00056	345.9397
	2	0.43359	0.43415	0.00056	
	เฉลี่ย	0.43360	0.43416	0.00056	
stage 5 (1.1 -0.65)	1	0.44182	0.44296	0.00114	691.8794
	2	0.44185	0.44295	0.00110	
	เฉลี่ย	0.44184	0.44296	0.00112	
stage 6 (0.65-0.43)	1	0.44074	0.44212	0.00138	840.1393
	2	0.44077	0.44211	0.00134	
	เฉลี่ย	0.44076	0.44212	0.00136	
stage 7 (< 0.43)	1	0.45027	0.45156	0.00129	787.6306
	2	0.45028	0.45154	0.00126	
	เฉลี่ย	0.45028	0.45155	0.00128	
stage 8 Backup	1	0.43919	0.43939	0.00020	114.2836
	2	0.43922	0.43939	0.00017	
	เฉลี่ย	0.43921	0.43939	0.00018	

ตารางที่ ข-15 ความเข้มข้นของฝุ่นละออง ที่เกิดจากการเผาขยะบ้านเรือน ครั้งที่ 3

ลำดับชั้น และช่วงขนาด ( $\mu\text{m}$ )	น้ำหนักฝุ่นที่ได้ (g)	เปอร์เซ็นต์ฝุ่น (%)	ความเข้มข้นฝุ่นที่ 25°C 1atm ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
F 8 (Back up)	0.00018	3.11	114.2837
F 7 (< 0.43)	0.00128	21.45	787.6306
F 6 (0.43 - 0.65)	0.00136	22.88	840.1393
F 5 (0.65 - 1.10)	0.00112	18.84	691.8794
F 4 (1.10 - 2.10)	0.00056	9.42	345.9397
F 3 (2.10 - 3.30)	0.00033	5.63	206.9461
F 2 (3.30 - 4.70)	0.00037	6.22	228.5673
F 1 (4.70 - 5.80)	0.00037	6.22	228.5673
F 0 (5.80 -9.00)	0.00037	6.22	228.5673
<b>Total</b>	<b>0.00595</b>	<b>100.00</b>	<b>3672.5207</b>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข-16 อัตราการไหลของปั๊มก่อนและหลังการเก็บ Background air ครั้งที่ 4-5 วันที่ 13 ก.ย.

2555

ครั้งที่	อัตราการไหล (ลิตร/นาที)		อัตราการไหลเฉลี่ย (ลิตร/นาที)
	ก่อนเก็บตัวอย่าง	หลังเก็บตัวอย่าง	
1	28.360	41.866	28.829
2	28.360	27.897	
3	28.335	27.897	
4	28.261	27.897	
5	28.335	27.969	
6	28.335	27.921	
7	28.283	27.921	
8	28.360	27.921	
9	28.335	28.042	
10	28.310	27.969	
เฉลี่ย	28.327	29.330	

ตารางที่ ข-17 น้ำหนักฝุ่นละอองจากการเก็บ Background air ครั้งที่ 4 -5

ช่วงขนาด (ไมครอน)	ครั้งที่	น้ำหนักกระดาศกรอง (g)		น้ำหนักฝุ่น (g)	ความเข้มข้นของฝุ่น ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
		ก่อนเก็บตัวอย่าง	หลังเก็บตัวอย่าง		
stage 0 (9.0 - 5.8)	1	0.44021	0.44046	0.00025	162.0353
	2	0.44017	0.44046	0.00029	
	เฉลี่ย	0.44019	0.44046	0.00027	
stage 1 (5.8 - 4.7)	1	0.44423	0.44440	0.00017	99.0216
	2	0.44422	0.44438	0.00016	
	เฉลี่ย	0.44423	0.44439	0.00017	
stage 2 (4.7 - 3.3)	1	0.45201	0.45214	0.00013	81.0176
	2	0.45200	0.45214	0.00014	
	เฉลี่ย	0.45201	0.45214	0.00013	
stage 3 (3.3 - 2.1)	1	0.44270	0.44280	0.00010	60.0131
	2	0.44271	0.44282	0.00011	
	เฉลี่ย	0.44271	0.44281	0.00011	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข-17 (ต่อ) น้ำหนักฝุ่นละอองจากการเก็บ Background air ครั้งที่ 4 -5

ช่วงขนาด (ไมครอน)	ครั้งที่	น้ำหนักกระดาดกรอง (g)		น้ำหนักฝุ่น (g)	ความเข้มข้นของ ฝุ่น ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
		ก่อนเก็บตัวอย่าง	หลังเก็บตัวอย่าง		
stage 4 (2.1 - 1.1)	1	0.43804	0.43810	0.00006	48.01045
	2	0.43803	0.43812	0.00009	
	เฉลี่ย	0.43804	0.43811	0.00008	
stage 5 (1.1 -0.65)	1	0.44194	0.44205	0.00011	72.0157
	2	0.44190	0.44203	0.00013	
	เฉลี่ย	0.44192	0.44204	0.00012	
stage 6 (0.65-0.43)	1	0.45271	0.45276	0.00005	12.0026
	2	0.45274	0.45273	-0.00001	
	เฉลี่ย	0.45273	0.45275	0.00002	
stage 7 (< 0.43)	1	0.44080	0.44102	0.00022	120.0261
	2	0.44081	0.44099	0.00018	
	เฉลี่ย	0.44081	0.44101	0.00020	
stage 8 Backup	1	0.44165	0.44181	0.00016	108.0235
	2	0.44161	0.44181	0.00020	
	เฉลี่ย	0.44163	0.44181	0.00018	

ตารางที่ ข-18 ความเข้มข้นของฝุ่นละออง จากการเก็บ Background air ครั้งที่ 4-5

ลำดับชั้น และช่วงขนาด ( $\mu\text{m}$ )	น้ำหนักฝุ่นที่ได้ (g)	เปอร์เซ็นต์ฝุ่น (%)	ความเข้มข้นฝุ่นที่ 25°C 1atm ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
F 8 (Back up)	0.00018	14.17	108.0235
F 7 (< 0.43)	0.00020	15.75	120.0262
F 6 (0.43 - 0.65)	0.00002	1.57	12.0026
F 5 (0.65 - 1.10)	0.00012	9.45	72.0157
F 4 (1.10 - 2.10)	0.00008	6.30	48.0105
F 3 (2.10 - 3.30)	0.00010	7.87	60.0131
F 2 (3.30 - 4.70)	0.00013	10.63	81.0177
F 1 (4.70 - 5.80)	0.00017	12.99	99.0216
F 0 (5.80 -9.00)	0.00027	21.26	162.0353
<b>Total</b>	<b>0.00127</b>	<b>100.00</b>	<b>762.1661</b>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข-19 อัตราการไหลของน้ำก่อนและหลังเก็บตัวอย่างฝุ่นละอองครั้งที่ 4 วันที่ 13 ก.ย. 2555

ครั้งที่	อัตราการไหล (ลิตร/นาที)		อัตราการไหลเฉลี่ย (ลิตร/นาที)
	ก่อนเก็บตัวอย่าง	หลังเก็บตัวอย่าง	
1	28.310	25.759	27.843
2	28.360	27.496	
3	28.261	27.566	
4	28.212	27.566	
5	28.286	27.636	
6	28.286	27.543	
7	28.237	27.566	
8	28.286	27.566	
9	28.261	27.566	
10	28.261	27.826	
เฉลี่ย	28.276	27.409	

ตารางที่ ข-20 น้ำหนักฝุ่นละอองจากการเผาขยะบ้านเรือนครั้งที่ 4

ช่วงขนาด (ไมครอน)	ครั้งที่	น้ำหนักกระดวยกรอง (g)		น้ำหนัก ฝุ่น (g)	ความเข้มข้นของ ฝุ่น ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
		ก่อนเก็บตัวอย่าง	หลังเก็บตัวอย่าง		
stage 0 (9.0 - 5.8)	1	0.44192	0.44272	0.00080	496.4057
	2	0.44191	0.44272	0.00081	
	เฉลี่ย	0.44192	0.44272	0.00081	
stage 1 (5.8 - 4.7)	1	0.44324	0.44383	0.00059	369.9919
	2	0.44320	0.44381	0.00061	
	เฉลี่ย	0.44322	0.44382	0.00060	
stage 2 (4.7 - 3.3)	1	0.44271	0.44326	0.00055	329.9094
	2	0.44272	0.44324	0.00052	
	เฉลี่ย	0.44272	0.44325	0.00054	
stage 3 (3.3 - 2.1)	1	0.43732	0.43788	0.00056	351.4923
	2	0.43730	0.43788	0.00058	
	เฉลี่ย	0.43731	0.43788	0.00057	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข-20 (ต่อ) น้ำหนักฝุ่นละอองจากการเผาขยะบ้านเรือนครั้งที่ 4

ช่วงขนาด (ไมครอน)	ครั้งที่	น้ำหนักกระดาษกรอง (g)		น้ำหนัก ฝุ่น (g)	ความเข้มข้นของ ฝุ่น ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
		ก่อนเก็บตัวอย่าง	หลังเก็บตัวอย่าง		
stage 4 (2.1 - 1.1)	1	0.43572	0.43636	0.00064	388.4915
	2	0.43573	0.43635	0.00062	
	เฉลี่ย	0.43573	0.43636	0.00063	
stage 5 (1.1 -0.65)	1	0.44153	0.44259	0.00106	659.8188
	2	0.44154	0.44261	0.00107	
	เฉลี่ย	0.44154	0.44260	0.00106	
stage 6 (0.65-0.43)	1	0.43816	0.43966	0.00150	937.3127
	2	0.43813	0.43967	0.00154	
	เฉลี่ย	0.43815	0.43967	0.00152	
stage 7 (< 0.43)	1	0.45567	0.45751	0.00184	1122.3086
	2	0.45567	0.45747	0.00180	
	เฉลี่ย	0.45567	0.45749	0.00182	
stage 8 Backup	1	0.44536	0.44577	0.00041	246.6612
	2	0.44538	0.44577	0.00039	
	เฉลี่ย	0.44537	0.44577	0.00040	

ตารางที่ ข-21 ความเข้มข้นของฝุ่นละออง ที่เกิดจากการเผาขยะบ้านเรือน ครั้งที่ 4

ลำดับชั้น และช่วงขนาด ( $\mu\text{m}$ )	น้ำหนักฝุ่นที่ได้ (g)	เปอร์เซ็นต์ฝุ่น (%)	ความเข้มข้นฝุ่นที่ 25°C 1atm ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
F 8 (Back up)	0.00040	5.03	246.6612
F 7 (< 0.43)	0.00182	22.89	1122.3087
F 6 (0.43 - 0.65)	0.00152	19.12	937.3127
F 5 (0.65 - 1.10)	0.00107	13.46	659.8188
F 4 (1.10 - 2.10)	0.00063	7.92	388.4915
F 3 (2.10 - 3.30)	0.00057	7.17	351.4923
F 2 (3.30 - 4.70)	0.00054	6.73	329.9094
F 1 (4.70 - 5.80)	0.00060	7.55	369.9919
F 0 (5.80 -9.00)	0.00081	10.13	496.4057
<b>Total</b>	<b>0.00795</b>	<b>100.00</b>	<b>4902.3922</b>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข-22 อัตราการไหลของป๊มก่อนและหลังเก็บตัวอย่างฝุ่นละอองครั้งที่ 5 วันที่ 13 ก.ย. 2555

ครั้งที่	อัตราการไหล (ลิตร/นาท)		อัตราการไหลเฉลี่ย (ลิตร/นาท)
	ก่อนเก็บตัวอย่าง	หลังเก็บตัวอย่าง	
1	28.409	27.543	28.004
2	28.360	27.613	
3	28.360	27.559	
4	28.261	27.753	
5	28.186	27.731	
6	28.134	27.826	
7	28.335	27.707	
8	28.360	27.660	
9	28.310	27.660	
10	28.459	27.850	
เฉลี่ย	28.317	27.690	

ตารางที่ ข-23 น้ำหนักฝุ่นละอองจากการเผาขยะบ้านเรือนครั้งที่ 5

ช่วงขนาด (ไมครอน)	ครั้งที่	น้ำหนักกระดาศกรอง (g)		น้ำหนักฝุ่น (g)	ความเข้มข้นของฝุ่น ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
		ก่อนเก็บตัวอย่าง	หลังเก็บตัวอย่าง		
stage 0 (9.0 - 5.8)	1	0.44345	0.44385	0.00040	238.1353
	2	0.44349	0.44387	0.00038	
	เฉลี่ย	0.44347	0.44386	0.00039	
stage 1 (5.8 - 4.7)	1	0.44365	0.44392	0.00027	174.0219
	2	0.44362	0.44392	0.00030	
	เฉลี่ย	0.44364	0.44392	0.00028	
stage 2 (4.7 - 3.3)	1	0.43148	0.43174	0.00026	149.5978
	2	0.43149	0.43172	0.00023	
	เฉลี่ย	0.43149	0.43173	0.00024	
stage 3 (3.3 - 2.1)	1	0.44097	0.44125	0.00028	180.1280
	2	0.44095	0.44126	0.00031	
	เฉลี่ย	0.44096	0.44126	0.00029	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข-23 (ต่อ) น้ำหนักฝุ่นละอองจากการเผาขยะบ้านเรือนครั้งที่ 5

ช่วงขนาด (ไมครอน)	ครั้งที่	น้ำหนักกระดาศกรอง (g)		น้ำหนักฝุ่น (g)	ความเข้มข้นของ ฝุ่น ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
		ก่อนเก็บตัวอย่าง	หลังเก็บตัวอย่าง		
stage 4 (2.1 - 1.1)	1	0.44052	0.44117	0.00065	399.9451
	2	0.44052	0.44118	0.00066	
	เฉลี่ย	0.44052	0.44118	0.00065	
stage 5 (1.1 -0.65)	1	0.44643	0.44753	0.00110	665.5576
	2	0.44645	0.44753	0.00108	
	เฉลี่ย	0.44644	0.44753	0.00109	
stage 6 (0.65-0.43)	1	0.44376	0.44453	0.00077	479.3236
	2	0.44373	0.44453	0.00080	
	เฉลี่ย	0.44375	0.44453	0.00078	
stage 7 (< 0.43)	1	0.45402	0.45484	0.00082	491.5356
	2	0.45403	0.45482	0.00079	
	เฉลี่ย	0.45403	0.45483	0.00081	
stage 8 Backup	1	0.44053	0.44082	0.00029	183.1820
	2	0.44051	0.44082	0.00031	
	เฉลี่ย	0.44052	0.44082	0.00030	

ตารางที่ ข-24 ความเข้มข้นของฝุ่นละออง ที่เกิดจากการเผาขยะบ้านเรือน ครั้งที่ 5

ลำดับชั้น และช่วงขนาด ( $\mu\text{m}$ )	น้ำหนักฝุ่นที่ได้ (g)	เปอร์เซ็นต์ฝุ่น (%)	ความเข้มข้นฝุ่นที่ 25°C 1atm ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
F 8 (Back up)	0.00030	6.19	183.1810
F 7 (< 0.43)	0.00081	16.60	491.5356
F 6 (0.43 - 0.65)	0.00078	16.19	479.3236
F 5 (0.65 - 1.10)	0.00109	22.47	665.5576
F 4 (1.10 - 2.10)	0.00065	13.51	399.9451
F 3 (2.10 - 3.30)	0.00029	6.08	180.1280
F 2 (3.30 - 4.70)	0.00024	5.05	149.5978
F 1 (4.70 - 5.80)	0.00028	5.88	174.0219
F 0 (5.80 - 9.00)	0.00039	8.04	238.1353
<b>Total</b>	<b>0.00485</b>	<b>100.00</b>	<b>2961.4258</b>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข-25 ปริมาณฝุ่นละอองต่อน้ำหนักขยะ ( $\mu\text{g/g}$ ) ที่เกิดจากการเผาขยะบ้านเรือน

	<b>F8 backup</b>	<b>F 7</b> ( < 0.43)	<b>F 6</b> (0.43 - 0.65)	<b>F 5</b> (0.65 - 1.10)	<b>F 4</b> (1.10 - 2.10)	<b>F 3</b> (2.10 - 3.30)	<b>F 2</b> (3.30 - 4.70)	<b>F 1</b> (4.70 - 5.80)	<b>F 0</b> (5.80 -9.00)
<b>sample 1</b>	0.0106	0.1087	0.1019	0.0769	0.0500	0.0385	0.0327	0.0365	0.0346
<b>sample 2</b>	0.0130	0.0770	0.0660	0.0410	0.0390	0.0340	0.0260	0.0290	0.0220
<b>sample 3</b>	0.0188	0.1333	0.1417	0.1667	0.0583	0.0344	0.0385	0.0385	0.0385
<b>sample 4</b>	0.0381	0.1733	0.1448	0.1019	0.0600	0.0543	0.0514	0.0571	0.0771
<b>sample 5</b>	0.0286	0.0771	0.0743	0.1038	0.0619	0.0276	0.0229	0.0267	0.0371
<b>Total</b>	0.1090	0.5695	0.5286	0.4903	0.2692	0.1888	0.1715	0.1879	0.2094
<b>เฉลี่ย (X)</b>	<b>0.0218</b>	<b>0.1139</b>	<b>0.1057</b>	<b>0.0981</b>	<b>0.0538</b>	<b>0.0378</b>	<b>0.0343</b>	<b>0.0376</b>	<b>0.0419</b>
<b>SD</b>	<b>0.0114</b>	<b>0.0408</b>	<b>0.0367</b>	<b>0.0460</b>	<b>0.0095</b>	<b>0.0100</b>	<b>0.0113</b>	<b>0.0120</b>	<b>0.0208</b>
<b>X + SD</b>	<b>0.0332</b>	<b>0.1547</b>	<b>0.1425</b>	<b>0.1441</b>	<b>0.0633</b>	<b>0.0478</b>	<b>0.0456</b>	<b>0.0496</b>	<b>0.0627</b>
<b>X - SD</b>	<b>0.0104</b>	<b>0.0731</b>	<b>0.0690</b>	<b>0.0521</b>	<b>0.0444</b>	<b>0.0277</b>	<b>0.0230</b>	<b>0.0256</b>	<b>0.0211</b>

ตารางที่ ข-26 การกระจายขนาดอนุภาคของฝุ่นละอองขนาดต่างๆจากการเผาขยะใน ตัวอย่างที่ 1

ตัวอย่างที่ 1	ความเข้มข้นฝุ่นที่ 25°C 1atm ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	dp	d log dp	dc/d log dp
F 7 (< 0.43)	547.7973	0.43	0.6335	864.7586
F 6 (0.43 - 0.65)	513.8629	0.54	0.1794	2863.6251
F 5 (0.65 - 1.10)	387.8211	0.875	0.2285	1697.4012
F 4 (1.10 - 2.10)	252.0837	1.6	0.2808	897.6489
F 3 (2.10 - 3.30)	193.9105	2.7	0.1963	987.8545
F 2 (3.30 - 4.70)	164.8240	4	0.1536	1073.1850
F 1 (4.70 - 5.80)	184.2150	5.25	0.0913	2017.0233
F 0 (5.80 - 9.00)	176.9434	7.4	0.1908	927.3056

ตารางที่ ข-27 การกระจายขนาดอนุภาคของฝุ่นละอองขนาดต่างๆจากการเผาขยะใน ตัวอย่างที่ 2

ตัวอย่างที่ 2	ความเข้มข้นฝุ่นที่ 25°C 1atm ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	dp	d log dp	dc/d log dp
F 7 (< 0.43)	469.0166	0.43	0.6335	740.3946
F 6 (0.43 - 0.65)	401.5763	0.54	0.1794	2237.8810
F 5 (0.65 - 1.10)	251.3684	0.875	0.2285	1100.1800
F 4 (1.10 - 2.10)	239.1065	1.6	0.2808	851.4383
F 3 (2.10 - 3.30)	208.4518	2.7	0.1963	1061.9334
F 2 (3.30 - 4.70)	162.4698	4	0.1536	1057.8570
F 1 (4.70 - 5.80)	177.7972	5.25	0.0913	1946.7524
F 0 (5.80 - 9.00)	134.8806	7.4	0.1908	706.8676

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข-28 การกระจายขนาดอนุภาคของฝุ่นละอองขนาดต่างๆจากการเผาขยะใน ตัวอย่างที่ 3

ตัวอย่างที่ 3	ความเข้มข้นฝุ่นที่ 25°C 1atm ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	dp	d log dp	dc/d log dp
F 7 (< 0.43)	787.6306	0.43	0.6335	1243.3620
F 6 (0.43 - 0.65)	840.1393	0.54	0.1794	4681.8790
F 5 (0.65 - 1.10)	691.8794	0.875	0.2285	3028.1927
F 4 (1.10 - 2.10)	345.9397	1.6	0.2808	1231.8623
F 3 (2.10 - 3.30)	206.9461	2.7	0.1963	1054.2625
F 2 (3.30 - 4.70)	228.5673	4	0.1536	1488.2243
F 1 (4.70 - 5.80)	228.5673	5.25	0.0913	2502.6494
F 0 (5.80 - 9.00)	228.5673	7.4	0.1908	1197.8508

ตารางที่ ข-29 การกระจายขนาดอนุภาคของฝุ่นละอองขนาดต่างๆจากการเผาขยะใน ตัวอย่างที่ 4

ตัวอย่างที่ 4	ความเข้มข้นฝุ่นที่ 25°C 1atm ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	dp	d log dp	dc/d log dp
F 7 (< 0.43)	1122.3087	0.43	0.6335	1771.6883
F 6 (0.43 - 0.65)	937.3127	0.54	0.1794	5223.4012
F 5 (0.65 - 1.10)	659.8188	0.875	0.2285	2887.8710
F 4 (1.10 - 2.10)	388.4915	1.6	0.2808	1383.3855
F 3 (2.10 - 3.30)	351.4923	2.7	0.1963	1790.6361
F 2 (3.30 - 4.70)	329.9094	4	0.1536	2148.0726
F 1 (4.70 - 5.80)	369.9919	5.25	0.0913	4051.1476
F 0 (5.80 - 9.00)	496.4057	7.4	0.1908	2601.5094

ตารางที่ ข-30 การกระจายขนาดอนุภาคของฝุ่นละอองขนาดต่างๆจากการเผาขยะใน ตัวอย่างที่ 5

ตัวอย่างที่ 5	ความเข้มข้นฝุ่นที่ 25°C 1atm ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	dp	d log dp	dc/d log dp
F 7 (< 0.43)	491.5356	0.43	0.6335	775.9433
F 6 (0.43 - 0.65)	479.3236	0.54	0.1794	2671.1462
F 5 (0.65 - 1.10)	665.5576	0.875	0.2285	2912.9881
F 4 (1.10 - 2.10)	399.9451	1.6	0.2808	1424.1711
F 3 (2.10 - 3.30)	180.1280	2.7	0.1963	917.6407
F 2 (3.30 - 4.70)	149.5978	4	0.1536	974.0460
F 1 (4.70 - 5.80)	174.0219	5.25	0.0913	1905.4163
F 0 (5.80 - 9.00)	238.1353	7.4	0.1908	1247.9935

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข-31 องค์ประกอบของธาตุในฝุ่นละอองจากการเผาขยะบ้านเรือนในตัวอย่างที่ 1 วิเคราะห์โดยใช้เครื่อง XRF

ตัวอย่างที่ 1	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	SO <sub>3</sub>	K <sub>2</sub> O	CaO	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CuO	ZnO	Au	UO <sub>2</sub>	Pd	Cl	Pt	NiO	WO <sub>3</sub>
F 7 (< 0.43)	0.0413	99.7	0.0548	0.0127	0.0418	0.0419	0.0477	ND	ND	ND	0.0115	ND	ND	ND	ND
F 6 (0.43 - 0.65)	0.0362	99.6	0.0788	0.0169	0.0475	0.0473	0.0464	0.0054	0.0114	0.0391	ND	ND	ND	ND	ND
F 2 (3.30 - 4.70)	0.0437	99.7	0.0547	0.0141	0.0485	0.0476	0.0512	0.0122	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND

ตารางที่ ข-32 องค์ประกอบของธาตุในฝุ่นละอองจากการเผาขยะบ้านเรือนในตัวอย่างที่ 2 วิเคราะห์โดยใช้เครื่อง XRF

ตัวอย่างที่ 2	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	SO <sub>3</sub>	K <sub>2</sub> O	CaO	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CuO	ZnO	Au	UO <sub>2</sub>	Pd	Cl	Pt	NiO	WO <sub>3</sub>
F 7 (< 0.43)	0.0459	99.7	0.0476	0.0172	0.0407	0.0476	0.0458	ND	ND	ND	ND	0.0314	0.0179	0.00561	ND
F 6 (0.43 - 0.65)	0.0396	99.6	0.0787	0.0193	0.0527	0.0448	0.0455	ND	ND	ND	ND	0.0431	ND	0.00578	ND
F 2 (3.30 - 4.70)	0.0374	99.7	0.0614	0.0141	0.0498	0.0466	0.0523	ND	ND	ND	ND	0.018	0.0143	ND	ND

ตารางที่ ข-33 องค์ประกอบของธาตุในฝุ่นละอองจากการเผาขยะบ้านเรือนในตัวอย่างที่ 3 วิเคราะห์โดยใช้เครื่อง XRF

ตัวอย่างที่ 3	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	SO <sub>3</sub>	K <sub>2</sub> O	CaO	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CuO	ZnO	Au	UO <sub>2</sub>	Pd	Cl	Pt	NiO	WO <sub>3</sub>
F 7 (< 0.43)	0.0408	99.6	0.0588	0.0275	0.0419	0.0442	0.0483	ND	0.0124	ND	0.0118	0.051	0.0183	ND	ND
F 6 (0.43 - 0.65)	0.0402	99.7	0.0768	0.0182	0.0523	0.0451	0.0466	0.0054	0.0124	ND	ND	ND	ND	ND	ND
F 2 (3.30 - 4.70)	0.041	99.7	0.0501	ND	0.0452	0.0475	0.0537	0.0169	ND	ND	0.0152	0.0212	ND	ND	0.026

ตารางที่ ข-34 ความเข้มข้นของฟลูออไรด์ไอออน (F<sup>-</sup>) ที่ละลายน้ำได้ ในหน่วย mg/L

Stage	BG air 1	ตัวอย่างที่ 1	BG air 2,3	ตัวอย่างที่ 2	ตัวอย่างที่ 3	BG air 4,5	ตัวอย่างที่ 4	ตัวอย่างที่ 5
<b>F 7 (&lt; 0.43)</b>	ND	0.0230	ND	ND	ND	ND	ND	ND
<b>F 6 (0.43 - 0.65)</b>	0.1260	0.0070	ND	0.0190	0.0070	ND	ND	ND
<b>F 5 (0.65 - 1.10)</b>	ND	0.0210	ND	ND	ND	ND	ND	ND
<b>F 4 (1.10 - 2.10)</b>	ND	0.0110	ND	0.0100	ND	ND	ND	0.0110
<b>F 3 (2.10 - 3.30)</b>	ND	0.0140	0.0100	ND	ND	ND	0.0320	0.0810
<b>F 2 (3.30 - 4.70)</b>	ND	0.0090	ND	0.0860	ND	ND	ND	ND
<b>F 1 (4.70 - 5.80)</b>	ND	0.0160	ND	ND	ND	ND	ND	ND
<b>F 0 (5.80 - 9.00)</b>	ND	0.0230	0.0450	0.0680	ND	ND	ND	ND

ตารางที่ ข-35 ปริมาณของฟลูออไรด์ไอออน (F) ที่ละลายน้ำได้ ในหน่วย  $\mu\text{g/g}$

Stage	BG air 1	ตัวอย่างที่ 1	BG air 2,3	ตัวอย่างที่ 2	ตัวอย่างที่ 3	BG air 4,5	ตัวอย่างที่ 4	ตัวอย่างที่ 5
<b>F 7 (&lt; 0.43)</b>	ND	0.6453	ND	ND	ND	ND	ND	ND
<b>F 6 (0.43 - 0.65)</b>	3.5351	0.1964	ND	0.5544	0.2128	ND	ND	ND
<b>F 5 (0.65 - 1.10)</b>	ND	0.5892	ND	ND	ND	ND	ND	ND
<b>F 4 (1.10 - 2.10)</b>	ND	0.3086	ND	0.2918	ND	ND	ND	0.3057
<b>F 3 (2.10 - 3.30)</b>	ND	0.3928	0.2918	ND	ND	ND	0.8893	2.2509
<b>F 2 (3.30 - 4.70)</b>	ND	0.2525	ND	2.5094	ND	ND	ND	ND
<b>F 1 (4.70 - 5.80)</b>	ND	0.4489	ND	ND	ND	ND	ND	ND
<b>F 0 (5.80 - 9.00)</b>	ND	0.6453	1.3131	1.9842	ND	ND	ND	ND

ตารางที่ ข-36 ความเข้มข้นของคลอไรด์ไอออน (Cl<sup>-</sup>) ที่ละลายน้ำได้ ในหน่วย mg/L

Stage	BG air 1	ตัวอย่างที่ 1	BG air 2,3	ตัวอย่างที่ 2	ตัวอย่างที่ 3	BG air 4,5	ตัวอย่างที่ 4	ตัวอย่างที่ 5
<b>F 7 (&lt; 0.43)</b>	0.0540	0.0590	0.0860	0.3360	0.1640	0.0170	0.2430	0.1260
<b>F 6 (0.43 - 0.65)</b>	0.4470	0.0830	0.0390	0.1690	0.1000	0.0250	0.1460	0.0950
<b>F 5 (0.65 - 1.10)</b>	0.0440	0.0860	0.0530	ND	0.1390	0.0160	0.2050	0.0840
<b>F 4 (1.10 - 2.10)</b>	0.0490	0.0830	0.0330	0.1260	0.1020	0.0390	0.0640	0.0990
<b>F 3 (2.10 - 3.30)</b>	0.0350	0.1050	0.0550	0.1250	0.0920	0.0250	0.1150	0.1830
<b>F 2 (3.30 - 4.70)</b>	0.0850	0.0990	0.0270	0.3160	0.1130	0.0360	0.1020	0.0760
<b>F 1 (4.70 - 5.80)</b>	0.0640	0.1150	0.0590	0.2460	0.0990	0.0340	0.1310	0.1060
<b>F 0 (5.80 - 9.00)</b>	0.0580	0.1780	0.1360	0.3420	0.1960	0.0390	0.1190	0.1140

ตารางที่ ข-37 ปริมาณของคลอไรด์ไอออน (Cl<sup>-</sup>) ที่ละลายน้ำได้ ในหน่วย µg/g

Stage	BG air 1	ตัวอย่างที่ 1	BG air 2,3	ตัวอย่างที่ 2	ตัวอย่างที่ 3	BG air 4,5	ตัวอย่างที่ 4	ตัวอย่างที่ 5
<b>F 7 (&lt; 0.43)</b>	1.5151	1.6553	2.5094	9.8041	4.9847	0.4724	6.7528	3.5015
<b>F 6 (0.43 - 0.65)</b>	12.5413	2.3287	1.1380	4.9312	3.0395	0.6947	4.0573	2.6400
<b>F 5 (0.65 - 1.10)</b>	1.2345	2.4129	1.5465	ND	4.2249	0.4446	5.6968	2.3343
<b>F 4 (1.10 - 2.10)</b>	1.3748	2.3287	0.9629	3.6765	3.1003	1.0838	1.7785	2.7512
<b>F 3 (2.10 - 3.30)</b>	0.9820	2.9460	1.6048	3.6474	2.7963	0.6947	3.1958	5.0855
<b>F 2 (3.30 - 4.70)</b>	2.3848	2.7776	0.7878	9.2205	3.4346	1.0004	2.8345	2.1120
<b>F 1 (4.70 - 5.80)</b>	1.7956	3.2265	1.7216	7.1780	3.0091	0.9448	3.6404	2.9457
<b>F 0 (5.80 - 9.00)</b>	1.6273	4.9941	3.9683	9.9792	5.9574	1.0838	3.3069	3.1680

ตารางที่ ข-38 ความเข้มข้นของไนเตรทไอออน ( $\text{NO}_3^-$ ) ที่ละลายน้ำได้ ในหน่วย mg/L

Stage	BG air 1	ตัวอย่างที่ 1	BG air 2,3	ตัวอย่างที่ 2	ตัวอย่างที่ 3	BG air 4,5	ตัวอย่างที่ 4	ตัวอย่างที่ 5
F 7 (< 0.43)	ND	0.4710	ND	ND	ND	ND	0.0520	ND
F 6 (0.43 - 0.65)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
F 5 (0.65 - 1.10)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.0520	ND
F 4 (1.10 - 2.10)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
F 3 (2.10 - 3.30)	ND	0.0380	ND	ND	ND	ND	ND	ND
F 2 (3.30 - 4.70)	ND	0.0550	ND	0.0300	ND	0.0280	0.0320	ND
F 1 (4.70 - 5.80)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
F 0 (5.80 - 9.00)	0.0460	0.0700	ND	ND	0.0480	ND	ND	ND

ตารางที่ ข-39 ปริมาณของไนเตรทไอออน ( $\text{NO}_3^-$ ) ที่ละลายน้ำได้ ในหน่วย  $\mu\text{g/g}$

Stage	BG air 1	ตัวอย่างที่ 1	BG air 2,3	ตัวอย่างที่ 2	ตัวอย่างที่ 3	BG air 4,5	ตัวอย่างที่ 4	ตัวอย่างที่ 5
F 7 (< 0.43)	ND	13.2147	ND	ND	ND	ND	1.4451	ND
F 6 (0.43 - 0.65)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
F 5 (0.65 - 1.10)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	1.4451	ND
F 4 (1.10 - 2.10)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
F 3 (2.10 - 3.30)	ND	1.0662	ND	ND	ND	ND	ND	ND
F 2 (3.30 - 4.70)	ND	1.5431	ND	0.8754	ND	0.7781	0.8893	ND
F 1 (4.70 - 5.80)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
F 0 (5.80 - 9.00)	1.2906	1.9640	ND	ND	1.4589	ND	ND	ND

ตารางที่ ข-40 ความเข้มข้นของซัลเฟตไอออน ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) ที่ละลายน้ำได้ ในหน่วย mg/L

Stage	BG air 1	ตัวอย่างที่ 1	BG air 2,3	ตัวอย่างที่ 2	ตัวอย่างที่ 3	BG air 4,5	ตัวอย่างที่ 4	ตัวอย่างที่ 5
F 7 (< 0.43)	0.1880	ND	0.0900	0.0480	0.1010	0.0710	0.1440	0.0970
F 6 (0.43 - 0.65)	0.1860	0.1490	0.1160	0.0640	0.0780	0.0680	0.0660	0.0890
F 5 (0.65 - 1.10)	0.1530	0.1320	0.0740	ND	0.1030	0.2920	1.9970	0.1090
F 4 (1.10 - 2.10)	0.1080	0.0660	0.1060	2.7290	0.0920	0.1630	0.0880	0.1010
F 3 (2.10 - 3.30)	0.0850	0.1270	0.1300	0.1380	2.6470	0.0760	0.0960	0.1120
F 2 (3.30 - 4.70)	0.2100	0.2060	0.0780	0.2060	0.0870	0.1240	0.1300	0.0960
F 1 (4.70 - 5.80)	0.1120	0.0920	0.0620	0.1090	0.0700	0.0810	0.1180	0.1800
F 0 (5.80 - 9.00)	0.1920	0.4760	0.1160	0.1360	0.1300	0.1220	0.1000	0.1060

ตารางที่ ข-41 ปริมาณของซัลเฟตไอออน ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) ที่ละลายน้ำได้ ในหน่วย  $\mu\text{g/g}$

Stage	BG air 1	ตัวอย่างที่ 1	BG air 2,3	ตัวอย่างที่ 2	ตัวอย่างที่ 3	BG air 4,5	ตัวอย่างที่ 4	ตัวอย่างที่ 5
<b>F 7 (&lt; 0.43)</b>	5.2747	ND	2.6261	1.4006	3.0699	1.9731	4.0017	2.6956
<b>F 6 (0.43 - 0.65)</b>	5.2185	0.1490	3.3848	1.8675	2.3708	1.8897	1.8341	2.4733
<b>F 5 (0.65 - 1.10)</b>	4.2927	3.7035	2.1592	ND	3.1307	8.1145	55.4956	3.0291
<b>F 4 (1.10 - 2.10)</b>	3.0301	1.8517	3.0930	79.6293	2.7963	4.5297	2.4455	2.8067
<b>F 3 (2.10 - 3.30)</b>	2.3848	3.5632	3.7933	4.0267	80.4548	2.1120	2.6678	3.1124
<b>F 2 (3.30 - 4.70)</b>	5.8919	5.7797	2.2760	6.0109	2.6443	3.4459	3.6126	2.6678
<b>F 1 (4.70 - 5.80)</b>	3.1423	2.5812	1.8091	3.1805	2.1276	2.2509	3.2792	5.0021
<b>F 0 (5.80 - 9.00)</b>	5.3869	13.3550	3.3848	3.9683	3.9513	3.3903	2.7789	2.9457

ตารางที่ ข-42 ความเข้มข้นของแคลเซียมไอออน ( $\text{Ca}^{2+}$ ) ที่ละลายน้ำได้ ในหน่วย mg/L

Stage	BG air 1	ตัวอย่างที่ 1	BG air 2,3	ตัวอย่างที่ 2	ตัวอย่างที่ 3	BG air 4,5	ตัวอย่างที่ 4	ตัวอย่างที่ 5
F 7 (< 0.43)	ND	0.0820	0.0380	0.0530	0.0340	0.0320	0.0380	0.0620
F 6 (0.43 - 0.65)	0.0500	ND	0.0640	ND	ND	ND	ND	0.0310
F 5 (0.65 - 1.10)	0.0290	0.0420	0.0670	0.0770	0.0410	ND	0.1050	0.0410
F 4 (1.10 - 2.10)	0.0330	0.6750	ND	0.0900	0.0490	0.0380	ND	0.0520
F 3 (2.10 - 3.30)	ND	0.0790	0.0330	ND	ND	ND	0.0350	0.0560
F 2 (3.30 - 4.70)	0.0590	0.0960	ND	0.0950	0.0380	0.0440	0.0540	0.0390
F 1 (4.70 - 5.80)	0.0320	0.0990	ND	0.0730	0.0340	0.0640	0.0590	0.0350
F 0 (5.80 - 9.00)	0.0330	0.0990	ND	0.0750	0.0540	0.0570	ND	0.0390

ตารางที่ ข-43 ปริมาณของแคลเซียมไอออน ( $\text{Ca}^{2+}$ ) ที่ละลายน้ำได้ ในหน่วย  $\mu\text{g/g}$

Stage	BG air 1	ตัวอย่างที่ 1	BG air 2,3	ตัวอย่างที่ 2	ตัวอย่างที่ 3	BG air 4,5	ตัวอย่างที่ 4	ตัวอย่างที่ 5
F 7 (< 0.43)	ND	2.3006	1.1088	1.5465	1.0334	0.8893	1.0560	1.7229
F 6 (0.43 - 0.65)	1.4028	ND	1.8675	ND	ND	ND	ND	0.8615
F 5 (0.65 - 1.10)	0.8136	1.1784	1.9550	2.2468	1.2462	ND	2.9179	1.1394
F 4 (1.10 - 2.10)	0.9259	18.9383	ND	2.6261	1.4893	1.0560	ND	1.4451
F 3 (2.10 - 3.30)	ND	2.2165	0.9629	ND	ND	ND	0.9726	1.5562
F 2 (3.30 - 4.70)	1.6553	2.6934	ND	2.7720	1.1550	1.2227	1.5006	1.0838
F 1 (4.70 - 5.80)	0.8978	2.7776	ND	2.1301	1.0334	1.7785	1.6396	0.9726
F 0 (5.80 - 9.00)	0.9259	2.7776	ND	2.1884	1.6413	1.5840	ND	1.0838

ตารางที่ ข-44 ความเข้มข้นของโซเดียมไอออน ( $\text{Na}^+$ ) ที่ละลายน้ำได้ ในหน่วย mg/L

Stage	BG air 1	ตัวอย่างที่ 1	BG air 2,3	ตัวอย่างที่ 2	ตัวอย่างที่ 3	BG air 4,5	ตัวอย่างที่ 4	ตัวอย่างที่ 5
F 7 (< 0.43)	0.0190	ND	0.0370	ND	ND	ND	0.0460	ND
F 6 (0.43 - 0.65)	0.0290	ND	ND	0.0440	ND	ND	ND	ND
F 5 (0.65 - 1.10)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
F 4 (1.10 - 2.10)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
F 3 (2.10 - 3.30)	ND	ND	0.0300	0.0470	ND	ND	0.0240	0.0750
F 2 (3.30 - 4.70)	0.0410	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
F 1 (4.70 - 5.80)	0.0290	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
F 0 (5.80 - 9.00)	ND	ND	0.0830	ND	ND	0.0220	ND	ND

ตารางที่ ข-45 ปริมาณของโซเดียมไอออน ( $\text{Na}^+$ ) ที่ละลายน้ำได้ ในหน่วย  $\mu\text{g/g}$

Stage	BG air 1	ตัวอย่างที่ 1	BG air 2,3	ตัวอย่างที่ 2	ตัวอย่างที่ 3	BG air 4,5	ตัวอย่างที่ 4	ตัวอย่างที่ 5
<b>F 7 (&lt; 0.43)</b>	0.5331	ND	1.0796	ND	ND	ND	1.2783	ND
<b>F 6 (0.43 - 0.65)</b>	0.8136	ND	ND	1.2839	ND	ND	ND	ND
<b>F 5 (0.65 - 1.10)</b>	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
<b>F 4 (1.10 - 2.10)</b>	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
<b>F 3 (2.10 - 3.30)</b>	ND	ND	0.8754	1.3714	ND	ND	0.6669	2.0842
<b>F 2 (3.30 - 4.70)</b>	1.1503	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
<b>F 1 (4.70 - 5.80)</b>	0.8136	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
<b>F 0 (5.80 - 9.00)</b>	ND	ND	2.4219	ND	ND	0.6114	ND	ND

ตารางที่ ข-46 ความเข้มข้นของลิเทียม ไอออน ( $Li^+$ ) ที่ละลายน้ำได้ ในหน่วย mg/L

Stage	BG air 1	ตัวอย่างที่ 1	BG air 2,3	ตัวอย่างที่ 2	ตัวอย่างที่ 3	BG air 4,5	ตัวอย่างที่ 4	ตัวอย่างที่ 5
F 7 (< 0.43)	ND	0.0100	ND	ND	ND	ND	ND	ND
F 6 (0.43 - 0.65)	ND	0.0120	ND	ND	ND	ND	ND	ND
F 5 (0.65 - 1.10)	ND	0.0100	ND	ND	ND	ND	ND	ND
F 4 (1.10 - 2.10)	ND	0.0070	ND	ND	ND	ND	ND	ND
F 3 (2.10 - 3.30)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
F 2 (3.30 - 4.70)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
F 1 (4.70 - 5.80)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
F 0 (5.80 - 9.00)	ND	0.0210	ND	ND	ND	ND	ND	ND

ตารางที่ ข-47 ปริมาณของลิเทียมไอออน ( $\text{Li}^+$ ) ที่ละลายน้ำได้ ในหน่วย  $\mu\text{g/g}$

Stage	BG air 1	ตัวอย่างที่ 1	BG air 2,3	ตัวอย่างที่ 2	ตัวอย่างที่ 3	BG air 4,5	ตัวอย่างที่ 4	ตัวอย่างที่ 5
F 7 (< 0.43)	ND	0.2806	ND	ND	ND	ND	ND	ND
F 6 (0.43 - 0.65)	ND	0.0120	ND	ND	ND	ND	ND	ND
F 5 (0.65 - 1.10)	ND	0.2806	ND	ND	ND	ND	ND	ND
F 4 (1.10 - 2.10)	ND	0.1964	ND	ND	ND	ND	ND	ND
F 3 (2.10 - 3.30)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
F 2 (3.30 - 4.70)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
F 1 (4.70 - 5.80)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
F 0 (5.80 - 9.00)	ND	0.5892	ND	ND	ND	ND	ND	ND

ตารางที่ ข-48 ปริมาณคาร์บอนในรูปสารอินทรีย์คาร์บอนทั้งหมด (TOC) ในตัวอย่างที่ 1

Stage	น้ำหนักฝุ่นที่ได้ (g)	TC (%)	IC (%)	TOC (%) = %TC - %IC	ปริมาณ TOC (%/g)
F 7 (< 0.43)	0.00113	0.5858	0.01016	0.57564	5524.0326
F 6 (0.43 - 0.65)	0.00106	0.4526	0.01895	0.43365	4436.2621
F 5 (0.65 - 1.10)	0.0008	0.5103	0.00964	0.50066	6786.3557
F 4 (1.10 - 2.10)	0.00052	0.3906	0.00591	0.38469	8022.1590
F 3 (2.10 - 3.30)	0.0004	0.3204	0.01074	0.30966	8394.7705
F 2 (3.30 - 4.70)	0.00034	0.4222	0.01766	0.40454	12902.2741
F 1 (4.70 - 5.80)	0.00038	0.2869	0.01326	0.27364	7808.7172
F 0 (5.80 -9.00)	0.000365	0.2254	0.01016	0.21524	6394.6066

ตารางที่ ข-49 ปริมาณคาร์บอนในรูปสารอินทรีย์คาร์บอนทั้งหมด (TOC) ในตัวอย่างที่ 2

Stage	น้ำหนักฝุ่นที่ได้ (g)	TC (%)	IC (%)	TOC (%) = %TC - %IC	ปริมาณ TOC (%/g)
F 7 (< 0.43)	0.000765	0.7452	0.00924	0.73596	10432.2140
F 6 (0.43 - 0.65)	0.000655	0.4917	0.01105	0.48065	7957.4031
F 5 (0.65 - 1.10)	0.00041	0.3273	0.01348	0.31382	8300.0455
F 4 (1.10 - 2.10)	0.00039	0.3404	0.01717	0.32323	8987.3316
F 3 (2.10 - 3.30)	0.00034	0.3342	0.0171	0.3171	10113.4897
F 2 (3.30 - 4.70)	0.000265	0.4139	0.01147	0.40243	16467.5195
F 1 (4.70 - 5.80)	0.00029	0.5302	0.01119	0.51901	19407.1355
F 0 (5.80 -9.00)	0.00022	0.321	0.00923	0.31177	15367.2216

ตารางที่ ข-50 ปริมาณคาร์บอนในรูปสารอินทรีย์คาร์บอนทั้งหมด (TOC) ในตัวอย่างที่ 3

Stage	น้ำหนักฝุ่นที่ได้ (g)	TC (%)	IC (%)	TOC (%) = %TC - %IC	ปริมาณ TOC (%/g)
F 7 (< 0.43)	0.001275	0.9573	0.00952	0.94778	8060.8542
F 6 (0.43 - 0.65)	0.00136	0.7091	0.01071	0.69839	5568.5589
F 5 (0.65 - 1.10)	0.00112	0.5786	0.00923	0.56937	5512.6481
F 4 (1.10 - 2.10)	0.00056	0.3753	0.00721	0.36809	7127.7048
F 3 (2.10 - 3.30)	0.000335	0.2905	0.01159	0.27891	9028.2378
F 2 (3.30 - 4.70)	0.00037	0.4987	0.01673	0.48197	14125.4403
F 1 (4.70 - 5.80)	0.00037	0.3049	0.01593	0.28897	8469.0509
F 0 (5.80 -9.00)	0.00037	0.2835	0.01106	0.27244	7984.5944

ตารางที่ ข-51 ปริมาณคาร์บอนในรูปสารอินทรีย์คาร์บอนทั้งหมด (TOC) ในตัวอย่างที่ 4

Stage	น้ำหนักฝุ่นที่ได้ (g)	TC (%)	IC (%)	TOC (%) = %TC - %IC	ปริมาณ TOC (%/g)
F 7 (< 0.43)	0.00182	0.9054	0.01206	0.89334	5322.6646
F 6 (0.43 - 0.65)	0.00152	0.6215	0.0173	0.6042	4310.4324
F 5 (0.65 - 1.10)	0.00107	0.5103	0.00864	0.50166	5084.0452
F 4 (1.10 - 2.10)	0.00063	0.3922	0.00294	0.38926	6700.1255
F 3 (2.10 - 3.30)	0.00057	0.4027	0.01632	0.38638	7350.6119
F 2 (3.30 - 4.70)	0.000535	0.70042	0.01923	0.68119	13806.9640
F 1 (4.70 - 5.80)	0.0006	0.4203	0.01405	0.40625	7342.1936
F 0 (5.80 -9.00)	0.000805	0.4319	0.01507	0.41683	5614.9617

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข-52 ปริมาณคาร์บอนในรูปสารอินทรีย์คาร์บอนทั้งหมด (TOC) ในตัวอย่างที่ 5

Stage	น้ำหนักฝุ่นที่ได้ (g)	TC (%)	IC (%)	TOC (%) = %TC - %IC	ปริมาณ TOC (%/g)
F 7 (< 0.43)	0.000805	0.7508	0.01032	0.74048	9974.7303
F 6 (0.43 - 0.65)	0.000785	0.5401	0.01674	0.52336	7229.6052
F 5 (0.65 - 1.10)	0.00109	0.784	0.01788	0.76612	7621.7379
F 4 (1.10 - 2.10)	0.000655	0.4728	0.00625	0.46655	7723.9705
F 3 (2.10 - 3.30)	0.000295	0.2554	0.01134	0.24406	8971.3604
F 2 (3.30 - 4.70)	0.000245	0.3403	0.01881	0.32149	14229.3511
F 1 (4.70 - 5.80)	0.000285	0.4732	0.01229	0.46091	17536.9870
F 0 (5.80 - 9.00)	0.00039	0.4064	0.01201	0.39439	10965.9181

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาคผนวก ค

การวิเคราะห์ทางสถิติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค-1 ข้อมูลปริมาณฝุ่นละอองต่อน้ำหนักขยะ ( $\mu\text{g/g}$ ) จากการเก็บ Background air

	F8	F7	F6	F5	F4	F3	F2	F1	F0
BG air 1	0.0000	0.0038	0.0048	0.0115	0.0096	0.0019	0.0087	0.0048	0.0048
BG air 2	0.0090	0.0070	0.0180	0.0160	0.0270	0.0280	0.0210	0.0120	0.0040
BG air 3	0.0094	0.0073	0.0188	0.0167	0.0281	0.0292	0.0219	0.0125	0.0042
BG air 4	0.0171	0.0190	0.0019	0.0114	0.0076	0.0095	0.0124	0.0162	0.0257
BG air 5	0.0171	0.0190	0.0019	0.0114	0.0076	0.0095	0.0124	0.0162	0.0257
Total	0.0527	0.0562	0.0454	0.0671	0.0800	0.0781	0.0763	0.0617	0.0644
เฉลี่ย (X)	0.0105	0.0112	0.0091	0.0134	0.0160	0.0156	0.0153	0.0123	0.0129
SD	0.0071	0.0072	0.0086	0.0027	0.0106	0.0122	0.0059	0.0047	0.0117

ตารางที่ ค-2 ข้อมูลปริมาณฝุ่นละอองต่อน้ำหนักขยะ ( $\mu\text{g/g}$ ) จากการเผาขยะบ้านเรือน

	F8	F7	F6	F5	F4	F3	F2	F1	F0
sample 1	0.0106	0.1087	0.1019	0.0769	0.0500	0.0385	0.0327	0.0365	0.0346
sample 2	0.0130	0.0770	0.0660	0.0410	0.0390	0.0340	0.0260	0.0290	0.0220
sample 3	0.0188	0.1333	0.1417	0.1667	0.0583	0.0344	0.0385	0.0385	0.0385
sample 4	0.0381	0.1733	0.1448	0.1019	0.0600	0.0543	0.0514	0.0571	0.0771
sample 5	0.0286	0.0771	0.0743	0.1038	0.0619	0.0276	0.0229	0.0267	0.0371
Total	0.1090	0.5695	0.5286	0.4903	0.2692	0.1888	0.1715	0.1879	0.2094
เฉลี่ย (X)	0.0218	0.1139	0.1057	0.0981	0.0538	0.0378	0.0343	0.0376	0.0419
SD	0.0114	0.0408	0.0367	0.0460	0.0095	0.0100	0.0113	0.0120	0.0208

$H_0$  : ปริมาณฝุ่นละอองต่อน้ำหนักขยะจากการเผาขยะบ้านเรือน ไม่แตกต่างกับ Background air

$H_1$  : ปริมาณฝุ่นละอองต่อน้ำหนักขยะจากการเผาขยะบ้านเรือนแตกต่างกับ Background air

ตารางที่ ค-3 ตาราง Descriptives ของปริมาณฝุ่นละอองต่อน้ำหนักขยะจากการเผาขยะบ้านเรือนกับ Background air

### Descriptives

concentrate

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
1	9	.0605	.03521	.01174	.0335	.0876	.02	.11
2	9	.0129	.00243	.00081	.0110	.0148	.01	.02
Total	18	.0367	.03445	.00812	.0196	.0538	.01	.11

ตารางที่ ค-4 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณฝุ่นละอองต่อน้ำหนักขยะจากการเผาขยะบ้านเรือนกับ Background air

### ANOVA

concentrate					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	.010	1	.010	16.398	.001
Within Groups	.010	16	.001		
Total	.020	17			

การวิเคราะห์โดยโปรแกรม SPSS พบว่า จากตารางที่ ค-4 พบว่าค่า Sig. เท่ากับ .001 ซึ่งน้อยกว่า 0.05 จึงปฏิเสธ  $H_0$

สรุปว่า ปริมาณฝุ่นละอองต่อน้ำหนักขยะจากการเผาขยะบ้านเรือนแตกต่างกับ Background air อย่างมีนัยสำคัญ

ตารางที่ ค-5 ข้อมูลปริมาณคาร์บอนในรูปสารอินทรีย์คาร์บอนทั้งหมด (TOC) ของแต่ละตัวอย่าง ในช่วงขนาดของ Coarse mode

	Nuclei mode	Accumulation mode				Coarse mode			
	F7	F6	F5	F4	F3	F2	F1	F0	
sample 1	5524.03	4436.26	6786.36	8022.16	8394.77	12902.27	7808.72	6394.61	
sample 2	10432.21	7957.40	8300.05	8987.33	10113.49	16467.52	19407.14	15367.22	
sample 3	8060.85	5568.56	5512.65	7127.70	9028.24	14125.44	8469.05	7984.59	
sample 4	5322.66	4310.43	5084.05	6700.13	7350.61	13806.96	7342.19	5614.96	
sample 5	9974.73	7229.61	7621.74	7723.97	8971.36	14229.35	17536.99	10965.92	
<b>Total</b>	39314.50	29502.26	33304.83	38561.29	43858.47	71531.55	60564.08	46327.30	
<b>เฉลี่ย</b>	7862.90	5900.45	6660.97	7712.26	8771.69	14306.31	12112.82	9265.46	
<b>SD</b>	2399.14	1641.64	1362.97	878.65	1008.42	1316.26	5856.40	3979.06	

$H_0$  : ปริมาณคาร์บอนในรูปสารอินทรีย์คาร์บอนทั้งหมดของแต่ละตัวอย่างในช่วงขนาดของ Coarse mode ไม่แตกต่างกัน

$H_1$  : ปริมาณคาร์บอนในรูปสารอินทรีย์คาร์บอนทั้งหมดของแต่ละตัวอย่างในช่วงขนาดของ Coarse mode แตกต่างกัน

ตารางที่ ค-6 ตาราง Descriptives ของปริมาณคาร์บอนในรูปสารอินทรีย์คาร์บอนทั้งหมด (TOC) ของแต่ละตัวอย่างในช่วงขนาดของ Coarse mode

### Descriptives

TOC	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
					1	4		
2	4	1.5339E4	3878.57521	1.93929E3	9167.1629	21510.5202	10113.49	19407.14
3	4	9.9018E3	2847.84688	1.42392E3	5370.2710	14433.3907	7984.59	14125.44
4	4	8.5287E3	3612.27679	1.80614E3	2780.7443	14276.6213	5614.96	13806.96
5	4	1.2926E4	3761.25070	1.88063E3	6940.9149	18910.8934	8971.36	17536.99
Total	20	1.1114E4	4052.15403	9.06089E2	9217.6038	13010.5368	5614.96	19407.14

ตารางที่ ค-7 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณคาร์บอนในรูปสารอินทรีย์คาร์บอนทั้งหมด (TOC) ของแต่ละตัวอย่างในช่วงขนาดของ Coarse mode

### ANOVA

TOC	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	1.372E8	4	3.430E7	2.943	.056
Within Groups	1.748E8	15	1.165E7		
Total	3.120E8	19			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การวิเคราะห์โดยโปรแกรม SPSS พบว่า จากตารางที่ ค-4 พบว่าค่า Sig. เท่ากับ .056 ซึ่งมากกว่า 0.05 จึงปฏิเสธ  $H_0$

สรุปว่า ปริมาณคาร์บอนในรูปสารอินทรีย์คาร์บอนทั้งหมด (TOC) ของแต่ละตัวอย่าง ในช่วงขนาดของ Coarse mode ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

ตารางที่ ค-8 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณคาร์บอนในรูปสารอินทรีย์คาร์บอนทั้งหมด (TOC) ของแต่ละตัวอย่างในช่วงขนาดของ Coarse mode ด้วยวิธี Duncan

**TOC**

Duncan

sample	N	Subset for alpha = 0.05	
		1	2
4	4	8.5287E3	
1	4	8.8751E3	
3	4	9.9018E3	
5	4	1.2926E4	1.2926E4
2	4		1.5339E4
Sig.		.113	.333

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้