

การจำแนกสัดส่วนแหล่งกำเนิดของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน
สำหรับจังหวัดสมุทรปราการ



นางธิดารินทร์ หงษ์ศรีสวัสดิ์

สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม (สหสาขาวิชา)

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2549

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

PM10 SOURCE APPORTIONMENT FOR SAMUTPRAKAN PROVINCE.

Mrs. Thidarin Hongsresawat

สถาบันวิทยบริการ

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Science Program in Environmental Science

(Interdisciplinary Program)

Graduate School

Chulalongkorn University

Academic Year 2006

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์ การจำแนกสัดส่วนแหล่งกำเนิดของฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 10 ไมครอน
สำหรับจังหวัดสมุทรปราการ
โดย นางธิดารินทร์ หงษ์ศรีสวัสดิ์
สาขาวิชา วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม
อาจารย์ที่ปรึกษา ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุรัตน์ บัวเลิศ
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม รองศาสตราจารย์ วงศ์พันธ์ ลิ้มปเสนีย์

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้รับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่ง
ของการศึกษาดตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

.....
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ม.ร.ว. กัลยา ดิงศภัทย์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ชาญวิทย์ ไชยิตานนท์)

.....
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุรัตน์ บัวเลิศ)

.....
(รองศาสตราจารย์ วงศ์พันธ์ ลิ้มปเสนีย์)

.....
(ดร. หทัยรัตน์ การีเวทย์)

.....
(ดร. พัชรชาติ สุวรรณชาติ)

นางธิดารินทร์ หงษ์ศรีสวัสดิ์ : การจำแนกสัดส่วนแหล่งกำเนิดของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน สำหรับจังหวัดสมุทรปราการ (PM10 SOURCE APPORTIONMENT FOR SAMUTPRAKAN PROVINCE) อ. ที่ปรึกษา : ผศ.ดร. สุรัตน์ บัวเลิศ อ. ที่ปรึกษาร่วม : รศ. วงศ์พันธ์ ลิ้มปเสนีย์, 105 หน้า.

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อหาสัดส่วนแหล่งกำเนิดที่มีผลกระทบต่อคุณภาพอากาศของพื้นที่ต่างๆ ในจังหวัดสมุทรปราการซึ่งมีความหนาแน่นของโรงงานอุตสาหกรรมต่อพื้นที่ มากที่สุดในประเทศไทย ตัวอย่างฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน (PM10) ได้ถูกเก็บจากแหล่งรับ 4 จุด คือ ศูนย์ฟื้นฟูอาชีพและสถานสงเคราะห์คนพิการพระประแดง โรงเรียนวัดกิ่งแก้ว โรงเรียนปากคลองมอญ และโรงเรียนคลองเจริญราษฎร์ สำหรับการจำแนกแบบจำลองแหล่งรับได้มีการพิจารณาแหล่งกำเนิดหลัก คือ ละอองไอจากทะเล ฝุ่นจากดินและถนน ฝุ่นจากยานพาหนะ ฝุ่นจากการใช้เชื้อเพลิงในอุตสาหกรรม ฝุ่นจากเตาเผาขยะ ฝุ่นจากการเผาไหม้ชีวมวล กระบวนการวิเคราะห์หาล่องค์ประกอบทางเคมีเพื่อหาปริมาณ ธาตุ ไอออนละลายน้ำได้ และการวิเคราะห์คาร์บอน ทั้งจากแหล่งรับและแหล่งกำเนิด กระทำโดยวิธี X-Ray Fluorescence (XRF), Ion Chromatography (IC) , UV Spectrophotometer และ CHNS/O analyzer

การใช้แบบจำลอง Factor Analysis-Multiple Regression (FA-MR) และ การใช้แบบจำลองดุลยภาพมวลเคมี (Chemical Mass Balance Model) กับจังหวัดสมุทรปราการ พบว่าสัดส่วนที่มาโดยเฉลี่ยของ PM10 โดยวิธี FA-MR มาจากฝุ่นดินและถนน 0 - 36.7% ฝุ่นจากไอเสียรถยนต์ 0 - 32.9% ฝุ่นจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงในภาคอุตสาหกรรม 14.9 - 61.6%, ฝุ่นจากกระบวนการอุตสาหกรรม 0 - 26.8% ละอองไอทะเล 0 - 4.8% และฝุ่นไม่ทราบที่มา 15.5 - 42.2% และการใช้วิธี CMB พบแหล่งกำเนิดมาจาก ฝุ่นถนน 0 - 25.0% ฝุ่นจากไอเสียรถยนต์ดีเซลเบา 0 - 12.1% ฝุ่นจากไอเสียรถมอเตอร์ไซด์ 4 จังหวะ 3.3 - 14.3% ฝุ่นจากการเผาขยะ 0 - 13.6% ฝุ่นจากการเผาชีวมวล 0 - 18.9% ฝุ่นจากหม้อไอน้ำที่ใช้ น้ำมันเตาเป็นเชื้อเพลิงในอุตสาหกรรม 0 - 29.0% ฝุ่นจากหม้อไอน้ำที่ใช้ถ่านหินลิกไนต์เป็นเชื้อเพลิงในอุตสาหกรรม 0 - 17.3% ฝุ่นจากหม้อไอน้ำที่ใช้เชื้อเพลิงเป็นเชื้อเพลิงในอุตสาหกรรม 0 - 4.7% ฝุ่นจากอุตสาหกรรมไม้ 0 - 22.9% ฝุ่นจากอุตสาหกรรมเซรามิก 7.1 - 15.4% ฝุ่นจากอุตสาหกรรมเหล็ก 0 - 18.5% และ ละอองไอทะเล 2.8 - 4.7%

สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สาขาวิชา วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม (สหสาขาวิชา)
ปีการศึกษา 2549

ลายมือชื่อนิติกร...*นิติกร*
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา...*สุรัตน์ บัวเลิศ*
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม...*วงษ์ศรีสวัสดิ์*

4789092220 : MAJOR ENVIRONMENTAL SCIENCE

KEY WORD : RECEPTOR MODEL / CHEMICAL MASS BALANCE MODEL / FACTOR ANALYSIS –
MULTIPLE REGRESSION / SOURCE APPORTIONMENT

THIDARIN HONGSRESAWAT : PM10 SOURCE APPORTIONMENT FOR SAMUTPRAKAN
PROVINCE. THESIS ADVISOR : ASST. PROF. SURAT BUALERT, THESIS COADVISOR :
ASSOC. PROF. WONGPUN LIMPASENI, 105 pp.

This study is intended to determine the apportionment of various pollution sources that affect the air quality of Samutprakarn, the province with the highest density of factories per area in Thailand. Particulate matters with nominal aerodynamic diameters less than or equal to 10 micrometers (PM 10) were captured at four monitoring stations, the center for helping the disabilities in Phapradaeng, Wat Kingkaew school, Pakklongmon school and Klongcharoenrat school in 2005 twice during the dry and wet seasons respectively. Major possible sources for collected PM 10 particles were classified as marine aerosols, soil and road aerosols, motor-vehicle aerosols, industrial boiler aerosols, refuse-burning aerosols and biomass-burning aerosols. Analytical techniques used to obtain chemical compositions such as selected elemental concentrations, soluble ion concentrations, organic and elemental carbon concentrations of the samples were X-Ray Fluorescence (XRF), Ion Chromatography (IC), UV Spectrophotometer and CHNS/O analyzer, respectively.

Factor Analysis-Multiple Regression (FA-MR) coupling with Chemical Mass Balance (CMB) techniques were applied to the data from measurements in both seasons to construct the model that justified the source apportionment of the pollution. From FA-MR method, the calculated PM 10 source apportionment yielded soil and road aerosols 0 - 36.7%, motor-vehicle aerosols 0 - 32.9%, industrial boiler aerosols 14.9 - 61.6%, industrial-related aerosols 0 - 26.8%, marine aerosols 0 - 4.8%, and suspended aerosols from unknown sources. From CMB method, the resulted PM 10 source apportionment was road aerosols 0 – 25.0%, light diesel truck aerosols 0 – 12.1%, 4-cycle engine motorcycle aerosols 3.3 – 14.3%, refuse-burning aerosols 0 – 13.6%, biomass-burning aerosols 0 – 18.9%, oil fuel industrial boiler aerosols 0 - 29.0%, lignite coal fuel industrial boiler aerosols 0 - 17.3%, saw-dust fuel industrial boiler aerosols 0 - 4.7%, lumber industry aerosols 0 – 22.9%, ceramic industry aerosols 7.1 – 15.4%, steel industry 0 – 18.5%, and marine aerosols 2.8 - 4.7%.

Field of study Environmental Science

Academic year 2006

Student's signature.....*Thidarin Hongsresawat*
Advisor's signature.....*S. Bualert*
Co-advisor's signature.....*Wongpun Limpaseni*

กิตติกรรมประกาศ

การศึกษาตามวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้สำเร็จลุล่วงไปได้ต้องกราบขอบพระคุณบิดา มารดา และญาติพี่น้องที่ให้ความรัก ความเอาใจใส่และเป็นกำลังใจให้เสมอมา

ขอขอบพระคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุรัตน์ บัวเลิศ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ รองศาสตราจารย์ วงศ์พันธ์ ลิ้มปเสนีย์ อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ดร.พรธรรมาธิ สุวัฒน์จิระ ดร. พัชรชาติ สุวรรณธาดา ดร.หทัยรัตน์ การีเวทย์ ดร.เพ็ญศรี วัฒนชรยาน ที่ให้ความช่วยเหลืออย่างดียิ่งตลอดการทำวิทยานิพนธ์นี้ ซึ่งได้กรุณาให้คำแนะนำและข้อคิดเห็นต่างๆ ตลอดจนถ่ายทอดความรู้งานวิจัยได้สำเร็จออกมา รวมทั้งคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ทุกท่านที่กรุณาให้คำแนะนำสั่งสอนในการปรับปรุงวิทยานิพนธ์

ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ของหลักสูตรสาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม เจ้าหน้าที่ของภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม และเจ้าหน้าที่จากศูนย์เครื่องมือวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยทุกท่านที่ช่วยให้การวิจัยนี้ดำเนินไปได้ด้วยดี

ขอขอบคุณบัณฑิตวิทยาลัยที่ให้ทุนสนับสนุนในการทำวิจัย

ขอขอบคุณข้าราชการและเจ้าหน้าที่ของสำนักจัดการคุณภาพอากาศและเสียง กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ที่อนุเคราะห์ข้อมูลและเครื่องมือในการเก็บตัวอย่างของการวิจัยนี้ ตลอดทั้งให้ความช่วยเหลือและคำแนะนำที่ดีเสมอมา

สุดท้ายนี้ ขอขอบคุณเพื่อนๆ รุ่นพี่ รุ่นน้อง ที่คอยให้ความช่วยเหลือและเป็นกำลังใจในยามจำเป็นตลอดมาจนกระทั่งผู้วิจัยสำเร็จการศึกษา

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ.....	ช
สารบัญตาราง.....	ญ
สารบัญภาพ.....	ฎ
บทที่	
1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	3
1.3 ขอบเขตของการวิจัย.....	3
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	4
2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	5
2.1 ระบบภาวะมลพิษอากาศ.....	5
2.2 ประเภทของแหล่งกำเนิดสารมลพิษอากาศ.....	8
2.3 แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ด้านอากาศ.....	9
2.3.1 การใช้แบบจำลองทางด้านกายภาพ.....	9
2.3.2 การใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์คำนวณการแพร่กระจายสารมลพิษ.....	9
2.4 แบบจำลองแหล่งรับ.....	10
2.4.1 Factor Analysis – Multiple Regression.....	10
2.4.2 Chemical Mass Balance Model.....	11
2.5 หลักการวิเคราะห์ห้อยค์ประกอบ.....	11
2.5.1 การวิเคราะห์ห้อยค์ประกอบเชิงสำรวจ.....	12
2.5.2 การวิเคราะห์ห้อยค์ประกอบเชิงยืนยัน.....	12
2.5.3 แบบจำลองการวิเคราะห์ห้อยค์ประกอบ.....	13
2.6 Factor Analysis – Multiple Regression.....	14
2.7 แบบจำลองคุณภาพมวลเคมี.....	15
2.7.1 สมมุติฐานของแบบจำลองคุณภาพมวลเคมี.....	17
2.7.2 ธรรมชาติที่ใช้อธิบายแบบจำลองคุณภาพมวลเคมี.....	17

บทที่	หน้า
2.8	มาตรฐานคุณภาพอากาศในบรรยากาศของประเทศไทย.....19
2.9	การศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย.....20
3	วิธีการดำเนินการวิจัย.....25
3.1	สถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศ.....25
3.2	แหล่งกำเนิดฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน ในพื้นที่จังหวัดสมุทรปราการ.....29
3.2.1	ยานพาหนะ.....29
3.2.2	โรงงานอุตสาหกรรม.....30
3.2.3	ฝุ่นดินและฝุ่นถนน.....30
3.2.4	ละอองไอทะเล และการเผาชีวมวล.....30
3.3	ลักษณะภูมิประเทศและอุตุนิยมวิทยา.....30
3.4	พารามิเตอร์ที่ทำการศึกษา.....32
3.5	การเก็บตัวอย่างฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน ในบรรยากาศ.....33
3.6	การหาความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน ในบรรยากาศ.....34
3.7	การวิเคราะห์ห้องค์ประกอบทางเคมี.....35
3.7.1	การวิเคราะห์ห้องค์ประกอบทางเคมี.....35
3.7.2	การวิเคราะห์คาร์บอน.....35
3.7.3	การวิเคราะห์ไอออนที่ละลายน้ำได้.....35
3.8	การทำความสะอาดเครื่องแก้ว.....37
3.9	เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้.....37
3.9.1	เครื่องเก็บตัวอย่างฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน.....37
3.9.2	เครื่อง X – ray Fluorescence Spectrophotometer, (XRF).....38
3.9.3	CHNS/O analyzer.....39
3.9.4	เครื่อง Ion Chromatograph, Atomic Absorption Spectrometer และ UV Spectrometer.....40
3.9.5	กล่องใส่กระดาษกรองและ Zip Lock Bag.....43
3.9.6	กระดาษกรองควอทซ์.....43
3.9.7	กระดาษกรองเทฟลอน.....43
3.10	การวิเคราะห์ข้อมูล.....45
3.11	ระยะเวลาในการดำเนินงานวิจัย.....49

บทที่	หน้า
4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล.....	51
4.1 จำนวนตัวอย่าง.....	51
4.2 สัดส่วนองค์ประกอบทางเคมีของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนจากแหล่งกำเนิด	52
4.3 การจำแนกสัดส่วนแหล่งกำเนิดของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนโดยวิธี FA - MR.....	57
4.4 การจำแนกสัดส่วนแหล่งกำเนิดของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนโดยวิธี CMB.....	69
4.5 เปรียบเทียบการวิเคราะห์ข้อมูลโดยวิธี CMB และ FA-MR.....	74
5 สรุปผลวิจัยและข้อเสนอแนะ.....	80
รายการอ้างอิง.....	82
ภาคผนวก.....	85
ภาคผนวก ก รายละเอียดการเก็บตัวอย่างฝุ่นขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน ในบรรยากาศ.....	86
ภาคผนวก ข ข้อมูลองค์ประกอบทางเคมีของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน จาก แหล่งกำเนิดต่างๆ.....	93
ภาคผนวก ค ข้อมูลองค์ประกอบทางเคมีของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน ใน บรรยากาศ.....	102
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์.....	105

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1	มาตรฐานคุณภาพอากาศโดยทั่วไปของประเทศไทย พ.ศ. 2538.....20
2.2	ตัวบ่งชี้ที่ใช้ในการสันนิษฐานที่มาของฝุ่น.....23
2.3	จำนวนโรงงานอุตสาหกรรม 12 ประเภทที่เป็นแหล่งกำเนิดมลพิษอากาศที่สำคัญใน จังหวัดสมุทรปราการ.....24
3.1	ข้อมูลจุดเก็บตัวอย่างเพื่อตรวจวัดคุณภาพอากาศ.....25
3.2	รายการอ้างอิงสำหรับการวิจัย.....33
3.3	แผนการดำเนินงานวิจัยและระยะเวลาการตรวจวัด.....50
4.1	จำนวนตัวอย่างฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน ในช่วงฤดูแล้งและฤดูฝน.....51
4.2	สัดส่วนองค์ประกอบทางเคมีของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนจากแหล่งกำเนิด...54
4.3	ตัวบ่งชี้ที่ได้มาจากสัดส่วนองค์ประกอบทางเคมีของแหล่งกำเนิดจังหวัดสมุทรปราการ...57
4.4	Component matrix with varimax rotation ที่ศูนย์ฟีนฟูอาชีพและสถานสงเคราะห์คนพิการ พระประแดง.....58
4.5	ผลของ multiple regression analysis ที่ศูนย์ฟีนฟูอาชีพและสถานสงเคราะห์คนพิการพระ ประแดง.....59
4.6	Component matrix with varimax rotation ที่โรงเรียนวัดกิ่งแก้ว.....61
4.7	ผลของ multiple regression analysis ที่โรงเรียนวัดกิ่งแก้ว.....62
4.8	Component matrix with varimax rotation ที่โรงเรียนปากคลองมอญ.....64
4.9	ผลของ multiple regression analysis ที่โรงเรียนปากคลองมอญ.....65
4.10	Component matrix with varimax rotation ที่โรงเรียนคลองเจริญราษฎร์.....67
4.11	ผลของ multiple regression analysis ที่โรงเรียนคลองเจริญราษฎร์.....68
4.12	ร้อยละการกระจายของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนจากแหล่งกำเนิดโดย แบบจำลอง CMB 8.2.....70
4.13	เปรียบเทียบการวิเคราะห์โดยใช้ CMB และ FA – MR ที่ศูนย์ฟีนฟูอาชีพและสถาน สงเคราะห์คนพิการพระประแดง.....75
4.14	เปรียบเทียบการวิเคราะห์โดยใช้ CMB และ FA – MR ที่โรงเรียนวัดกิ่งแก้ว.....76
4.15	เปรียบเทียบการวิเคราะห์โดยใช้ CMB และ FA – MR ที่โรงเรียนปากคลองมอญ.....77
4.16	เปรียบเทียบการวิเคราะห์โดยใช้ CMB และ FA – MR ที่โรงเรียนคลองเจริญราษฎร์.....78
4.17	สรุปกรณีในการเลือกใช้แบบจำลอง CMB และ FA – MR.....79

สารบัญภาพ

รูปที่		หน้า
2.1	ส่วนประกอบของระบบภาวะมลพิษอากาศ.....	7
2.2	แบบจำลองการวิเคราะห์ห้วงค์ประกอบ.....	13
3.1	จุดเก็บตัวอย่างบริเวณศูนย์ฟื้นฟูอาชีพและสถานสงเคราะห์คนพิการพระประแดง.....	27
3.2	จุดเก็บตัวอย่างบริเวณ โรงเรียนวัดกิ่งแก้ว.....	27
3.3	จุดเก็บตัวอย่างบริเวณ โรงเรียนคลองเจริญราษฎร์.....	28
3.4	จุดเก็บตัวอย่างบริเวณ โรงเรียนปากคลองมอญ.....	28
3.5	แผนที่จังหวัดสมุทรปราการและจุดเก็บตัวอย่าง.....	31
3.6	ผังลมแสดงทิศทางลมในช่วงระหว่างที่ทำการเก็บตัวอย่างฝุ่น PM10.....	32
3.7	เครื่องเก็บตัวอย่างฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน ชนิด Mini Volume Air Sampler.....	38
3.8	เครื่อง XRF-EDS (Oxford ED 2000).....	39
3.9	เครื่อง CHNS/O Analyzer (Perkin Elmer PE 2400 Series).....	40
3.10	เครื่อง Ion Chromatograph (Dionex,ICS2500).....	41
3.11	เครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometer.....	42
3.12	เครื่อง UV Spectrophotometer.....	43
3.13	แผนผังแสดงแผนงานการทดลองและการวิเคราะห์.....	44
3.14	แผนผังแสดงไฟล์ที่ต้องทำขึ้นก่อนจะทำการวิเคราะห์.....	46
3.15	หน้าจอแสดงผลของรายงานที่ได้.....	47
4.1	ร้อยละของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน จากแหล่งกำเนิดที่ศูนย์ฟื้นฟูอาชีพและสถานสงเคราะห์คนพิการ โดยวิธี FA – MR.....	60
4.2	ร้อยละของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนจากแหล่งกำเนิดที่โรงเรียนวัดกิ่งแก้ว โดยวิธี FA – MR.....	63
4.3	ร้อยละของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนจากแหล่งกำเนิดที่โรงเรียนปากคลองมอญ โดยวิธี FA – MR.....	66
4.4	ร้อยละของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนจากแหล่งกำเนิดที่โรงเรียนคลองเจริญราษฎร์ โดยวิธี FA – MR.....	69
4.5	ร้อยละการกระจายของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนจากแหล่งกำเนิดที่ศูนย์ฟื้นฟูอาชีพและสถานสงเคราะห์คนพิการ.....	71

รูปที่	หน้า
4.6 ร้อยละการกระจายของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนจากแหล่งกำเนิดที่โรงเรียน วัดกิ่งแก้ว.....	72
4.7 ร้อยละการกระจายของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนจากแหล่งกำเนิดที่โรงเรียน ปากคลองมอญ.....	73
4.8 ร้อยละการกระจายของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนจากแหล่งกำเนิดที่โรงเรียน คลองเจริญราษฎร์.....	74



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ปัญหามลพิษทางอากาศส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม (environment) เศรษฐกิจ (economy) และสุขภาพของมนุษย์ (human health) เช่น หมอกผสมควัน (smog) ฝนกรด (acid rain) มลพิษทางอากาศเนื่องจากกิจกรรมของมนุษย์ (anthropogenic pollution) คือปัญหาที่สำคัญที่ทำให้เกิดมลพิษทางอากาศในเขตเมือง มลพิษอากาศ (air pollution) คือ แก๊ส อนุภาค ละอองของเหลว (aerosols) ซึ่งทำให้ส่วนผสมของแก๊สในบรรยากาศโดยธรรมชาติเปลี่ยนไป ผลที่เกิดขึ้นทำให้เป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิต ดิน น้ำ และทำลายส่วนอื่นๆ ในสิ่งแวดล้อม โดยปกติแล้วอากาศดี (clean air) ประกอบด้วย ไนโตรเจน (N_2) และออกซิเจน (O_2) รวมกันประมาณ 99% ของอากาศแห้ง (dry air) ส่วนที่เหลือประมาณ 1% ประกอบไปด้วย อาร์กอน (argon), คาร์บอนไดออกไซด์ (carbon dioxide), ฮีเลียม (helium) และองค์ประกอบอื่นๆ (other trace gases) นอกจากนั้นอากาศยังประกอบไปด้วยไอน้ำ (water vapor) 0-4%

มลพิษ (pollutants) ในอากาศหลายชนิดที่มีผลร้ายต่อสุขภาพของมนุษย์ พืชและสัตว์ และสภาวะแวดล้อมธรรมชาติ มลพิษที่มีบทบาทสำคัญจะแปรเปลี่ยนจากสถานที่หนึ่งไปอีกสถานที่หนึ่ง มลพิษที่ก่อปัญหาในพื้นที่กว้างขวาง ได้แก่ ควันที่เกิดจากการเผาไหม้เชื้อเพลิง ซึ่งมีส่วนประกอบมีพิษ เช่น ออกไซด์ของซัลเฟอร์ (SO_x), ออกไซด์ของไนโตรเจน (NO_x), คาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) และสารอนุภาคแขวนลอย เช่น ฝุ่นละออง (particulate matter) และไฮโดรคาร์บอน (HC) ที่เกิดจากการใช้น้ำมันเชื้อเพลิง สารมีพิษจากกระบวนการทางเคมีต่างๆ อนุภาคโลหะหนักที่เกิดในการถลุงโลหะ สารกลืนเหม็นที่เกี่ยวกับการแปรรูปอาหาร

นอกจากนี้ยังมี มลพิษทุติยภูมิ (secondary pollutants) ที่เกิดจากการทำปฏิกิริยาระหว่างสารที่กล่าวมาข้างต้นในอากาศก็ไม่อาจละเลยได้ ตัวอย่างเช่น โฟโตเคมีคอลสม็อก (photochemical smog) ที่เกิดจากออกไซด์ของไนโตรเจน และ ไฮโดรคาร์บอนในไอเสียรถยนต์ โดยมีแสงเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา

ฝุ่นละอองเป็นสารที่มีความหลากหลายทางด้านกายภาพและองค์ประกอบอาจมีสภาพเป็นของแข็งหรือของเหลวก็ได้ ฝุ่นละอองที่มีอยู่ในบรรยากาศรอบๆ ตัวเรามีขนาดตั้งแต่ 0.002 ไมครอน ไปจนถึงฝุ่นที่ขนาดใหญ่กว่า 500 ไมครอน ฝุ่นละอองที่แขวนลอยอยู่ในอากาศได้นานจะเป็นฝุ่นละอองขนาดเล็ก (ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางไม่เกิน 10 ไมครอน) เพราะมีความเร็วในการตกตัวต่ำ และจะแขวนลอยอยู่ในอากาศได้นานมากขึ้นหากมีแรงกระทำจากภายนอกเข้ามามีส่วนเกี่ยวข้อง เช่น การไหลเวียนของอากาศหรือกระแสลม ฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน หากมี

ในอากาศในปริมาณที่สูงจะมีผลต่อสุขภาพอนามัยของประชาชน เนื่องจากมีขนาดเล็กพอที่จะเข้าสู่ระบบทางเดินหายใจและถูกลดลงของมนุษย์ซึ่งจะเป็นผลให้เกิดโรคทางเดินหายใจต่างๆ เกิดการระคายเคืองและเยื่อหุ้มปอดถูกทำลาย หากได้รับในปริมาณมากและเป็นเวลานานจะเกิดการสะสมทำให้เกิดพังผืดและเป็นแผลในปอดได้ ทำให้การทำงานของปอดลดลง ความรุนแรงขึ้นอยู่กับองค์ประกอบของฝุ่นละอองนั้น ดังนั้นควรมีการจัดการคุณภาพอากาศให้เหมาะสมกับสถานการณ์ที่เปลี่ยนแปลงไปด้วย

การพัฒนาบัญชีการปล่อยมลพิษ (emission inventory) ซึ่งเป็นข้อมูลที่บ่งบอกถึงปริมาณของฝุ่นละอองที่ปล่อยออกมาจากแหล่งกำเนิดต่างๆ จะทำให้สามารถประเมินถึงแหล่งกำเนิดที่มีความสำคัญทั่วไปในพื้นที่ได้ ดังนั้นการพัฒนาเทคนิคที่จะทำให้การควบคุมและป้องกันฝุ่นละอองขนาดเล็กในบรรยากาศให้เป็นไปในแนวทางที่เหมาะสมและมีประสิทธิภาพ จึงมีความจำเป็นที่จะต้องจำแนกการกระจายของแหล่งกำเนิดจากการตรวจวัดค่าความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 10 ไมครอน ที่แหล่งรับนั้นๆ โดยการใช้วิธีการจัดการคุณภาพอากาศที่เรียกว่า แบบจำลองแหล่งรับ (receptor model)

การติดตามตรวจวัดคุณภาพอากาศทั่วประเทศไทยยังคงดำเนินไปทุกๆ ปี เพื่อเฝ้าระวังอย่างต่อเนื่อง ในปี 2548 ความรุนแรงของปัญหายังคงมีอยู่ในจังหวัดสมุทรปราการซึ่งตรวจพบฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 10 ไมครอนมีค่าเกินมาตรฐานในหลายพื้นที่ทั้งในเขตชุมชนเมืองและย่านอุตสาหกรรม โดยมีแหล่งกำเนิดสำคัญจากยานพาหนะ โรงงานอุตสาหกรรม และการเผาในที่โล่ง (กรมควบคุม, 2548)

แบบจำลองแหล่งรับเป็นแบบจำลองที่ใช้ทำนายการเกิดมลพิษที่จุดรับจากการมีส่วนร่วมของแต่ละแหล่งกำเนิดโดยไม่ต้องใช้ข้อมูลทางอุตุนิยมวิทยา และสามารถระบุได้ว่าแหล่งกำเนิดมลพิษต่างๆ มีสัดส่วนที่ทำให้เกิดมลพิษที่จุดรับมากน้อยต่างกันอย่างไร ทำให้สามารถระบุได้ว่าแหล่งกำเนิดมลพิษใดที่เป็นแหล่งสำคัญที่ทำให้ปัญหาภาวะมลพิษที่จุดรับ และสามารถที่จะทำการควบคุมมลพิษที่เกิดจากแหล่งนั้นๆ เพื่อลดความเข้มข้นของมลพิษที่จุดรับได้อย่างถูกต้องแบบจำลองชนิดนี้มีหลักการที่ตรงกันข้ามกับแบบจำลองการแพร่กระจายของมลพิษทางอากาศ กล่าวคือแบบจำลองการแพร่กระจายทำนายได้เฉพาะความเข้มข้นและขอบเขตของมลพิษที่แพร่ออกมาจากแหล่งหนึ่งๆ แต่ไม่สามารถบอกได้ว่ามลพิษที่จุดรับหนึ่งๆ เกิดจากแหล่งใดมากกว่ากัน ซึ่งในขณะเดียวกันแบบจำลองแหล่งรับบอกได้ถึงว่าแหล่งใดเป็นสาเหตุหลักของการเกิดมลพิษที่จุดนั้นๆ

งานวิจัยนี้คือการศึกษาเพื่อให้ทราบถึงสัดส่วนแหล่งกำเนิดสำคัญที่เป็นแหล่งปล่อยฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 10 ไมครอน และทำให้ทราบถึงการเปลี่ยนแปลงของสัดส่วนแหล่งกำเนิดที่สำคัญ เพื่อนำไปควบคุมแหล่งกำเนิดที่สำคัญของพื้นที่ที่ทำการศึกษา รวมถึงการนำผลจากแบบจำลองที่ได้นี้ไปเป็นแนวทางในการแก้ปัญหาฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 10 ไมครอน ของจังหวัด

สมุทรปราการและเป็นแนวทางในการเลือกและประยุกต์ใช้แบบจำลองแต่ละชนิดให้เหมาะสมกับข้อมูลที่ได้ทำการเก็บรวบรวม

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.2.1 เพื่อหาสัดส่วนแหล่งกำเนิดของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน บริเวณผู้รับผลกระทบจากแหล่งกำเนิดฝุ่นละอองโดยใช้แบบจำลองแหล่งรับชนิดดุลยภาพมวลเคมี (chemical mass balance model, CMB) และ Factor Analysis - Multiple Regression (FA – MR)

1.2.2 เพื่อประเมินและเปรียบเทียบแหล่งกำเนิดที่มีความสำคัญต่อพื้นที่ที่ทำการศึกษ บริเวณผู้รับผลกระทบจากแหล่งกำเนิดฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน

1.2.3 เพื่อเสนอแนวทางที่เหมาะสมสำหรับการประยุกต์ใช้แบบจำลองแหล่งรับในเขตพื้นที่อุตสาหกรรม

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

1.3.1 การทำการศึกษานี้จะทำการเก็บตัวอย่างฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน โดยใช้เครื่อง PM10 Mini - Volume Air Sampler และใช้กระดาษกรองควอทซ์ (quartz fiber filter) และกระดาษกรองเทฟลอน (teflon fiber filter)

1.3.2 สถานที่ที่ใช้เป็นจุดตรวจวัดฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน จะแบ่งตามลักษณะการใช้พื้นที่ของจังหวัดสมุทรปราการ จำแนกได้ 4 จุด คือ 1) สถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศของกรมควบคุมมลพิษ กระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม ที่ศูนย์ฟื้นฟูอาชีพและสถานสงเคราะห์คนพิการพระประแดงเป็นบริเวณชุมชนที่มีการก่อสร้างถนนและทางด่วนข้ามแม่น้ำเจ้าพระยา 2) บริเวณชุมชนใกล้สนามบินสุวรรณภูมิ ได้แก่ โรงเรียนวัดกิ่งแก้ว 3) บริเวณพื้นที่เกษตรกรรม ได้แก่ โรงเรียนปากคลองมอญ 4) บริเวณชุมชนเขตอุตสาหกรรม ได้แก่ โรงเรียนคลองเจริญราษฎร์

1.3.3 การเก็บตัวอย่างฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน จะแบ่งช่วงการเก็บตัวอย่างเป็น 2 ช่วง คือช่วงฤดูแล้ง (มีนาคม 2548 – พฤษภาคม 2548 และเก็บตัวอย่างเพิ่มในช่วงเดือนพฤศจิกายน 2548) และช่วงฤดูฝน (มิถุนายน 2548 – กันยายน 2548)

1.3.4 การวิเคราะห์หาความเข้มข้นองค์ประกอบทางเคมีของตัวอย่างฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน จะทำการวิเคราะห์หาโลหะและอโลหะที่มีความสำคัญ ไอออนที่ละลายน้ำได้และคาร์บอน นำค่าความเข้มข้นองค์ประกอบทางเคมีและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานมาคำนวณหาสัดส่วน

แหล่งกำเนิดโดยใช้โปรแกรมแบบจำลองคุณภาพมวลเคมีรุ่นที่ 8.2 (CMB8.2) และวิธี Factor Analysis-Multiple Regression

1.3.5 พารามิเตอร์ที่ทำการศึกษา

องค์ประกอบทางเคมีที่สำคัญของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน ได้แก่ คาร์บอนอินทรีย์ (organic carbon), คาร์บอนธาตุ (elemental carbon), ไอออนละลายน้ำ 6 ชนิด ได้แก่ แอมโมเนียมไอออน (NH_4^+), โซเดียมไอออน (Na^+), โพแทสเซียมไอออน (K^+), คลอไรด์ไอออน (Cl^-), ไนเตรทไอออน (NO_3^-), ซัลเฟตไอออน (SO_4^{2-}), ธาตุโลหะและอโลหะ 29 ชนิด ได้แก่ Na, Mg, Al, Si, P, Sc, Ti, V, Cr, Fe, S, Cl, K, Ca, Co, Ni, Cu, Zn, As, Se, Br, Sb, Te, I, Cs, Ba, Ce, Pt, Pb ซึ่งขึ้นอยู่กับค่า detection limit ที่จะวิเคราะห์ได้หรือไม่

1.3.6 รวบรวมข้อมูลแหล่งกำเนิด 19 แหล่ง ได้แก่ ละอองไอจากทะเล ฝุ่นดิน ฝุ่นถนน ไอเสียรถยนต์ดีเซลขนาดเล็ก ไอเสียรถยนต์ดีเซลขนาดใหญ่ ไอเสียรถยนต์เบนซินชนิดมีตัวกรอง ไอเสียรถยนต์เบนซินชนิดไม่มีตัวกรอง ไอเสียรถมอเตอร์ไซด์ 2 จังหวะ ไอเสียรถมอเตอร์ไซด์ 4 จังหวะ ฝุ่นหม้อไอน้ำโรงงานที่ใช้ถ่านหินเป็นเชื้อเพลิง ฝุ่นหม้อไอน้ำโรงงานที่ใช้ถ่านหินลิกไนต์เป็นเชื้อเพลิง ฝุ่นหม้อไอน้ำโรงงานที่ใช้ชี้เลื้อยเป็นเชื้อเพลิง ฝุ่นหม้อไอน้ำโรงงานที่ใช้กะลาปาล์มเป็นเชื้อเพลิง ฝุ่นจากการเผาไหม้ก๊าซธรรมชาติ ฝุ่นจากโรงงานอุตสาหกรรมไม้ ฝุ่นจากโรงงานอุตสาหกรรมกระเบื้องเคลือบและเซรามิก ฝุ่นจากโรงงานอุตสาหกรรมเหล็กและเหล็กกล้า ฝุ่นจากเตาเผาขยะรวม และแหล่งกำเนิดของฝุ่นจากการเผาไหม้ชีวมวล

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 ทำให้ทราบถึงแหล่งกำเนิดที่สำคัญที่เป็นแหล่งปล่อยฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน ในเขตพื้นที่จังหวัดสมุทรปราการ

1.4.2 ทำให้ทราบถึงการเปลี่ยนแปลงแหล่งกำเนิดที่เป็นแหล่งปล่อยฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน ในเขตพื้นที่จังหวัดสมุทรปราการ

1.4.3 สามารถนำผลจากแบบจำลองที่ได้ไปเป็นแนวทางในการแก้ปัญหาฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน ของพื้นที่จังหวัดสมุทรปราการ

1.4.4 สามารถเลือกและประยุกต์ใช้แบบจำลองแหล่งรับแต่ละชนิดให้เหมาะสมกับข้อมูลที่ได้ทำการเก็บรวบรวม

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ระบบภาวะมลพิษอากาศ (air pollution system)

ภาวะมลพิษอากาศ (air pollution) หมายถึง ภาวะของอากาศ ซึ่งมีสารเจือปนอยู่ในปริมาณที่มากพอและเป็นระยะเวลาที่นานพอ ที่จะทำให้เกิดผลเสียต่อสุขภาพอนามัยของคน สัตว์ พืช และวัสดุต่างๆ สารที่กล่าวถึงอาจเป็นธาตุหรือสารประกอบ อาจเกิดขึ้นเองตามธรรมชาติหรือเกิดจากการกระทำของมนุษย์ และอาจอยู่ในรูปของก๊าซ หยดของเหลว หรืออนุภาคของแข็งก็ได้ สารมลพิษอากาศหลักที่สำคัญคือ ฝุ่นละออง ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ก๊าซออกไซด์ของไนโตรเจน ตะกั่ว และก๊าซโอโซน (นพภาพร, 2544)

คำศัพท์ที่เกี่ยวกับเกี่ยวกับฝุ่นละอองและคำศัพท์ด้านมลภาวะอากาศมีความหมายใกล้เคียงกันมาก ดังนั้นจึงต้องมีการอธิบายให้เกิดความเข้าใจในความหมายของศัพท์ให้ตรงกันเพื่อจะใช้ในการศึกษาและประยุกต์ใช้ในงานวิจัย โดยความหมายของศัพท์ต่างๆเป็นดังนี้ (Howard E. Hesketh, 1974 อ้างถึงในพงษ์เสวต สุวรรณธานี, 2545)

ละอองไอ (aerosol) คือ อนุภาคของแข็งหรือของเหลวขนาดเล็กซึ่งแขวนลอยในอากาศได้ โดยทั่วไปได้แก่ขนาดตั้งแต่ 50 ไมครอน เล็กกลงไปจนถึง 1 ไมครอน ซึ่งสิ่งที่ถูกจัดรวมเป็นละอองไอได้แก่ ฝุ่นละออง หมอก ฟูม ควัน ละอองน้ำ และเมฆหมอก

ฟูม (fumes) คือ อนุภาคของแข็งที่เกิดจากการควบแน่นของโลหะจากสถานะที่เป็นก๊าซ โดยทั่วไปมีรูปร่างกลม มีขนาดระหว่าง 0.001 ไมครอน ถึง 1 ไมครอน

หมอก (fog or mist) คือ ละอองไอที่ฟุ้งกระจายเป็นของเหลว โดยสามารถเกิดขึ้นจากการกลั่นตัวของสภาวะอิ่มตัวของไอระเหย หรือมาจากการกระจายของเหลวด้วยการตี ฟันหรือกวนให้เป็นฟอง มีขนาดตั้งแต่ 0.001 ไมครอน ถึง 10 ไมครอน

ฝุ่นละอองรวม (total suspended particulates, TSP) คือ ฝุ่นละอองที่สามารถถูกเก็บตัวอย่างและตรวจวัดได้โดยเครื่องเก็บตัวอย่างฝุ่นละอองชนิดปริมาตรสูง ฝุ่นละอองรวมมีช่วงของขนาดอนุภาคค่อนข้างกว้าง จากการทดสอบในอุโมงค์ลม เครื่องเก็บตัวอย่างฝุ่นละอองรวมชนิดปริมาตรสูงสามารถเก็บตัวอย่างอนุภาคที่มีขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน ได้ในปริมาณไม่มาก จนกระทั่งสามารถเก็บตัวอย่างอนุภาคที่มีขนาดไม่เกิน 100 ไมครอน ได้ 100 เปอร์เซ็นต์ เพราะว่าเครื่องเก็บตัวอย่างฝุ่นละอองรวมชนิดปริมาตรสูงมิได้มีการบ่งชี้ถึงช่วงของขนาดอนุภาคที่เก็บตัวอย่าง อย่างไรก็ตามได้ระบุถึงค่า effective cut point ที่สามารถเก็บตัวอย่างอนุภาคที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางพลศาสตร์ได้เท่ากับ 30 ไมครอน (U.S. EPA, 1995 อ้างถึงในกมล รัตนพวรรณ, 2540)

ฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 10 ไมครอน (particulate matter less than 10 micron, PM10) คืออนุภาคของแข็งขนาดเล็กที่ลอยอยู่ในอากาศมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางตั้งแต่ 10 ไมครอนลงมา ซึ่งเกิดจากวัตถุที่ถูกรบกวน ระเบิด กระแทก จนแตกออกเป็นชิ้นเล็กๆ เมื่อถูกระดมพัดก็จะปลิวกระจายตัวอยู่ในอากาศ และตกลงสู่พื้น ซึ่งเวลาในการตกจะช้าหรือเร็วขึ้นอยู่กับน้ำหนักของอนุภาคฝุ่น แหล่งกำเนิดของฝุ่นจะแสดงถึงคุณสมบัติความเป็นพิษของฝุ่นด้วย เช่น แอสเบสตอส ตะกั่ว (Pb) ไฮโดรคาร์บอน (HC) และกำมะถันไตรซัลไฟ เป็นต้น (กรมอนามัยสิ่งแวดล้อม สำนักงานอนามัยกรุงเทพมหานคร, 2545)

นอกจากนี้ยังมีคำศัพท์ที่สำคัญอีกดังนี้ (วงศ์พันธ์ ลิ้มปเสนีย์, นิตยา มหาผล และธีระ เกรอต, 2543)

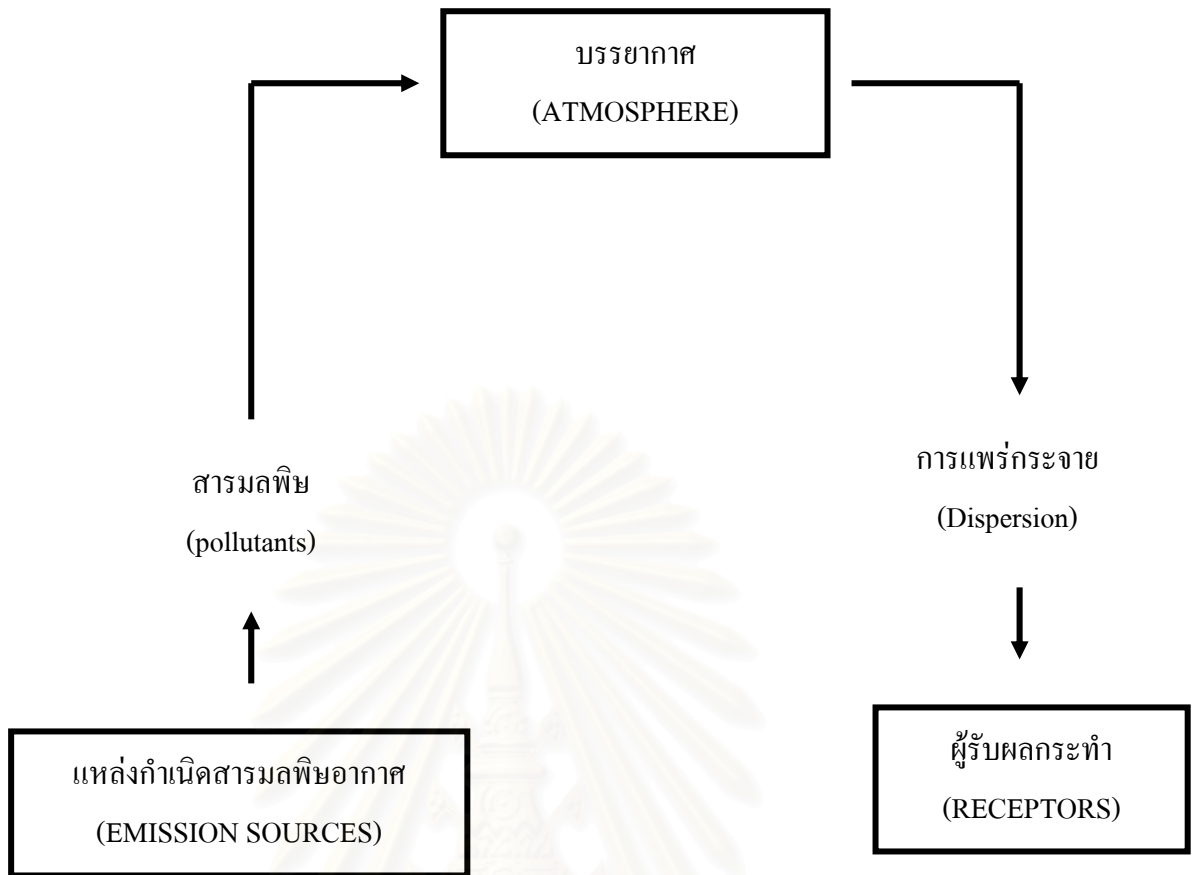
จีเอ็ม หรือจีเอ็มลอยที่ปลิวออกมากับไอเสียจากการเผาไหม้เชื้อเพลิง ได้แก่ เชื้อเพลิงที่เผาไหม้ไม่สมบูรณ์ และแร่ธาตุต่างๆ

ไอเสีย ประกอบด้วยอนุภาคซึ่งเกิดจากการกลั่นตัว (sublimation) หรือปฏิกิริยาเคมี ส่วนใหญ่แล้วขนาดเล็กไม่เกิน 1 ไมครอน ได้แก่ คาร์บอนหรือไอระเหยของโลหะออกไซด์ที่กลั่นตัว

ละอองน้ำ เป็นการฟุ้งกระจายอย่างเบาบางของหยดน้ำเล็กๆ ของของเหลว ในทางอุตุนิยมวิทยา ละอองน้ำคือ การฟุ้งกระจายอย่างเบาบางของหยดน้ำซึ่งมีขนาดใหญ่พอที่จะหล่นลงมาจากรากาศ ละอองน้ำอาจมาจากการกลั่นตัวของก๊าซหรือไอระเหย หรืออาจมาจากการกระจายของเหลวด้วยการดีน้ำ ฟ่น หรือกวนให้เป็นฟอง

ส่วนประกอบของระบบภาวะมลพิษอากาศ ประกอบไปด้วยส่วนประกอบ 3 ส่วน ที่มีความสัมพันธ์กัน คือ แหล่งกำเนิดสารมลพิษอากาศ (emission source) อากาศหรือบรรยากาศ (atmosphere) และผู้รับผลเสียหายหรือผลกระทบ (receptors) ดังแสดงเป็นแผนภูมิความสัมพันธ์ในรูปที่ 2.1

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 2.1 ส่วนประกอบของระบบภาวะมลพิษทางอากาศ

แหล่งกำเนิดสารมลพิษอากาศ (emission source) เป็นส่วนของระบบที่เป็นตัวก่อให้เกิดและระบายสารมลพิษทางอากาศออกไปสู่อากาศภายนอก โดยที่ชนิดและปริมาณของสารมลพิษทางอากาศที่ถูกระบายออกสู่อากาศจะขึ้นอยู่กับว่าเป็นแหล่งกำเนิดประเภทใด และขึ้นอยู่กับแหล่งกำเนิดนั้นๆ มีการควบคุมการระบายมลพิษทางอากาศหรือไม่

อากาศหรือบรรยากาศ (atmosphere) เป็นส่วนของระบบที่เป็นที่รองรับสารมลพิษอากาศที่ถูกระบายออกจากแหล่งกำเนิดต่างๆ และเป็นตัวกลาง (medium) ให้สารมลพิษอากาศที่ถูกระบายออกสู่อากาศ มีการแพร่กระจายออกไป โดยมีปัจจัยทางอุตุนิยมวิทยา เช่น อุณหภูมิของอากาศ ความเร็ว และทิศทางกระแสลม เป็นต้น รวมทั้ง ลักษณะภูมิประเทศ เช่น ภูเขา หุบเขา และอาคารบ้านเรือน ซึ่งจะเป็นตัวกำหนดลักษณะการแพร่กระจายของสารมลพิษในอากาศ

ผู้รับผลเสียหายหรือผลกระทบจากมลพิษอากาศ (receptors) เป็นส่วนของระบบซึ่งสัมผัสกับสารมลพิษในอากาศ ทำให้ได้รับความเสียหายหรืออันตราย โดยผู้รับผลเสียหายอาจเป็นสิ่งที่มีความมีชีวิต เช่น คน พืช และสัตว์ เป็นต้น หรือเป็นสิ่งที่ไม่มีชีวิต เช่น เสื้อผ้า อาคาร บ้านเรือน วัสดุและสิ่งก่อสร้างต่างๆ เป็นต้น ความเสียหายหรือผลกระทบที่เกิดขึ้น จะมีความรุนแรงมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของสารมลพิษในอากาศและระยะเวลาที่สัมผัส

จากส่วนประกอบของระบบภาวะมลพิษอากาศที่กล่าวมาแล้ว จะเห็นได้ว่าในพื้นที่ใดๆ ปริมาณและชนิดของสารมลพิษที่ถูกระบายออกจากแหล่งกำเนิด (emissions) สภาพทางอุตุนิยมวิทยา (meteorology) และสภาพภูมิประเทศ (topography) จะเป็นตัวกำหนดถึงชนิดและปริมาณ หรือความเข้มข้นของสารมลพิษที่เจือปนอยู่ในอากาศที่อยู่ห่างไกลออกไป ส่วนคุณภาพอากาศจะเป็นตัวกำหนดถึงลักษณะ และความรุนแรงของผลเสียที่เกิดขึ้น (air pollution effects) อีกทอดหนึ่ง

2.2 ประเภทของแหล่งกำเนิดสารมลพิษอากาศ (sources of air pollutants)

แหล่งกำเนิดสารมลพิษอากาศ สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภทใหญ่ๆ คือ

1. แหล่งกำเนิดตามธรรมชาติ (natural sources) เป็นแหล่งกำเนิดที่ก่อให้เกิดและระบายสารมลพิษทางอากาศออกสู่อากาศ โดยเป็นไปตามกระบวนการทางธรรมชาติ ไม่มีการกระทำของมนุษย์เข้าไปเกี่ยวข้องแต่อย่างใด ตัวอย่าง เช่น ภูเขาไฟระเบิด ไฟป่า ทะเล และมหาสมุทร (แหล่งกำเนิดของละอองเกลือ) เป็นต้น

2. แหล่งกำเนิดที่เป็นกิจกรรมหรือการกระทำของมนุษย์ (man-made sources) เป็นแหล่งกำเนิดที่มีมนุษย์หรือกิจกรรมที่มนุษย์กระทำ เป็นตัวการที่ทำให้เกิดและระบายสารมลพิษทางอากาศออกสู่อากาศ แหล่งกำเนิดจากมนุษย์ยังสามารถแบ่งย่อยออกไปได้อีกเป็น 2 ประเภท คือ

1) แหล่งกำเนิดที่เคลื่อนที่ได้ (mobile sources) ได้แก่ รถยนต์ประเภทต่างๆ เรือยนต์ เครื่องบิน รถไฟ เป็นต้น

2) แหล่งกำเนิดที่อยู่กับที่ (stationary sources) ได้แก่ แหล่งกำเนิดที่ไม่สามารถเคลื่อนที่ได้ซึ่งแบ่งออกได้เป็น 2 พวกใหญ่ คือ

(1) การเผาเชื้อเพลิงประเภทต่างๆ ได้แก่ โรงผลิตกระแสไฟฟ้าพลังความร้อน หม้อไอน้ำโรงงานอุตสาหกรรมประเภทต่างๆ เตาหุงต้มตามบ้านเรือน และการเผาขยะมูลฝอย เป็นต้น

(2) กระบวนการผลิตต่างๆ ได้แก่ กระบวนการผลิตต่างๆ ในโรงงานอุตสาหกรรม เช่น การกลั่นน้ำมัน การผลิตปูนซีเมนต์ การหลอมโลหะ ประเภทต่างๆ และการไม่ บด ย่อย หิน เป็นต้น

ประเภทของสารมลพิษอากาศ (types of air pollutants) สารมลพิษทางอากาศ สามารถแยกออกได้เป็น 2 ประเภท ตามลักษณะการเกิด คือ

1. สารมลพิษอากาศปฐมภูมิ (primary air pollutants) เป็นสารมลพิษอากาศที่เกิดและถูกระบายจากแหล่งกำเนิดโดยตรง เช่น ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ ก๊าซออกไซด์ของไนโตรเจน ฝุ่นผง และเขม่าควันดำที่เกิดจากการเผาเชื้อเพลิงในยานพาหนะ และเตาเผาในโรงงานอุตสาหกรรม เป็นต้น

2. สารมลพิษอากาศทุติยภูมิ (secondary air pollutants) เป็นสารมลพิษอากาศที่ไม่ได้เกิดและถูกระบายออกจากแหล่งกำเนิดใดๆ แต่เกิดขึ้นในบรรยากาศต่างๆ ไปจากปฏิกิริยาเคมีระหว่างสารมลพิษอากาศปฐมภูมิด้วยกันเอง หรือปฏิกิริยาเคมีระหว่างสารมลพิษอากาศปฐมภูมิกับสารประกอบอื่นๆ ที่อยู่ในบรรยากาศ เช่น ก๊าซโอโซน ซึ่งเกิดจากปฏิกิริยาเคมีโฟโตเคมีคอล (photochemical oxidation) ระหว่างก๊าซออกไซด์ของไนโตรเจนกับสารประกอบไฮโดรคาร์บอนที่อยู่ในบรรยากาศโดยมีแสงแดดเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา เป็นต้น

2.3 แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ด้านอากาศ

ปฏิกิริยาต่างๆที่เกิดขึ้นในชั้นบรรยากาศของโลกนั้นเป็นสิ่งที่ค่อนข้างซับซ้อน เนื่องจากว่ามีกระบวนการทั้งทางฟิสิกส์และเคมีเกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว จึงทำให้การตรวจวัดฝุ่นละอองต่างๆ ในบรรยากาศจะได้เพียงข้อมูลซึ่งอยู่ในลักษณะของบรรยากาศ ช่วงเวลาในบรรยากาศจึงไม่สามารถนำมาประยุกต์ใช้ได้กับกระบวนการทั้งระบบที่เกิดขึ้นจริง ดังนั้นจึงได้มีการจัดทำแบบจำลองเพื่อความจำเป็นในการรวมความเข้าใจในกระบวนการทางอากาศและศึกษาถึงปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นซึ่งกันและกัน การนำความเข้าใจทั้งในด้านการตรวจวัดและการจัดทำแบบจำลองจะเป็นวิธีการที่ทำให้เข้าใจถึงปฏิกิริยาต่างๆภายในบรรยากาศของโลกต่อไป แบบจำลองที่กระทำกันอยู่ในการทำนายผลกระทบที่อาจเกิดขึ้นจากการประกอบกิจกรรมอุตสาหกรรมที่มีแหล่งกำเนิดของสารมลพิษใดๆ นั้น สามารถดำเนินการได้ 2 วิธี ดังนี้ (พงศ์เสวต สุวรรณธานี, 2545)

2.3.1 การใช้แบบจำลองทางด้านกายภาพ (physical model)

เป็นการสร้างแบบจำลองของแหล่งกำเนิด และสภาพพื้นที่โดยรอบให้มีลักษณะเหมือนของจริงมากที่สุด โดยใช้วิธีการย่อส่วนให้มีสัดส่วนอยู่ระหว่าง 1:100 ถึง 1:5,000 แล้วจึงศึกษาการแพร่กระจายของสารมลพิษจากแหล่งกำเนิดออกสู่บรรยากาศจริงๆ โดยทำการศึกษาในอุโมงค์ลม (wind tunnel) แล้วเก็บตัวอย่างอากาศในบรรยากาศตามจุดต่างๆ ที่สนใจภายในอุโมงค์ลมที่ดำเนินการศึกษา วิธีนี้จะให้ผลถูกต้องใกล้เคียงกับความเป็นจริงมาก แต่จะเสียค่าใช้จ่ายสูง

2.3.2 การใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์คำนวณการแพร่กระจายสารมลพิษ

เป็นการใช้สมการทางคณิตศาสตร์ที่ได้มีการพัฒนามาจากพื้นฐานของทฤษฎีการแพร่กระจายสารมลพิษทางอากาศ ซึ่งได้มีผู้คิดค้นปรับปรุงให้เหมาะสมกับการนำมาใช้งาน เป็นวิธีที่นิยมใช้กัน โดยทั่วไปเนื่องจากเสียเวลาและค่าใช้จ่ายน้อยกว่าวิธีแรก แม้ว่าผลที่ได้จะถูกต้องแม่นยำน้อยกว่าการใช้แบบจำลองแบบย่อส่วนก็ตาม แต่ผลที่ได้มีความถูกต้องพอควรและเป็นที่นิยมใช้ แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ สามารถจำแนกออกได้เป็น 2 ประเภท คือ

- 1) แบบจำลองที่ใช้กระบวนการทางฟิสิกส์และเคมีเป็นหลัก หรือเรียกว่า Atmospheric Chemical Transport Model โดยแบบจำลองเหล่านี้จะเป็นแบบจำลองที่อ้างอิงจากแหล่งกำเนิด(source-based model) เช่น Lagrangian Model, Eulerian Model, Gaussian Plume Model เป็นต้น โดยใช้ความรู้เรื่องอัตราการปล่อยมลพิษ (emission rate) ของแหล่งกำเนิดและสภาวะอากาศมาพยากรณ์ความเข้มข้นทางด้านท้ายลมที่แหล่งรับ (receptor) แต่จะมีจุดด้อยเนื่องจาก ข้อมูลที่ไม่มีความสมบูรณ์จากอัตราการปล่อยมลพิษ, สภาวะอากาศ, คุณสมบัติของมลพิษในอากาศแต่ละตัว, สมมติฐานที่ไม่เน้นความต่างเรื่องเวลาและสถานที่ของแหล่งกำเนิดทำให้ทำนายไม่ถูกต้อง
- 2) แบบจำลองที่ใช้แนวคิดทางสถิติเป็นหลัก แบบจำลองนี้จะมีข้อดีคือ ง่ายต่อการประยุกต์ใช้ แต่อย่างไรก็ตาม ความน่าเชื่อถือของข้อมูลที่มีอยู่ยังเป็นจุดอ่อนที่สำคัญอย่างหนึ่ง จึงทำให้แบบจำลองที่ใช้สถิติจะไม่สามารถใช้ทำนายผลกระทบที่เกิดจากการเปลี่ยนอัตราปล่อยมลพิษ แบบจำลองที่มีการใช้กันอยู่ก็คือแบบจำลองแหล่งรับ (receptor model) เป็นแบบจำลองที่อ้างอิงจากแหล่งรับ (receptor-based model) ซึ่งจะทำให้การเก็บตัวอย่างที่แหล่งรับ โดยแยกสถานที่เก็บ, เวลาในการเก็บ, และชนิดของมลสารที่สนใจเพื่อใช้หาแหล่งกำเนิด (identify) และพยากรณ์สัดส่วน (contribution) ของแหล่งกำเนิดมาที่แหล่งรับ สามารถใช้ตรวจสอบความแม่นยำในการประเมินของแบบจำลองที่อ้างอิงจากแหล่งกำเนิดได้

2.4 แบบจำลองแหล่งรับ (receptor model)

แบบจำลองแหล่งรับเป็นแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่ใช้สำหรับการทำนายแหล่งกำเนิดมลพิษทางอากาศต่างๆ ว่ามีส่วนรวมในการทำให้เกิดมลพิษทางอากาศที่จุดหนึ่งๆ มากน้อยอย่างไร ใช้ข้อมูลลักษณะทางเคมีและกายภาพของก๊าซและอนุภาคจากการตรวจวัดที่แหล่งรับมลพิษ (source) หลายๆ แหล่งที่คาดว่าน่าจะทำให้เกิดภาวะมลพิษที่จุดรับและข้อมูลลักษณะเดียวกันที่จุดรับมลพิษ (receptor) ณ จุดใดจุดหนึ่ง ข้อมูลเหล่านี้ใช้ในการบ่งชี้ปริมาณการมีส่วนร่วมของ

แหล่งกำเนิดมลพิษแต่ละแหล่งที่ทำให้เกิดภาวะมลพิษที่จุดรับมลพิษนั้นๆ ทั้งนี้มีข้อแม้ว่า แหล่งกำเนิดมลพิษแต่ละแหล่งจะปล่อยสารมลพิษแต่ละชนิดในสัดส่วนที่แตกต่างกัน สัดส่วนของ สารมลพิษซึ่งเกิดจากแต่ละแหล่งจะคงที่ไม่เปลี่ยนแปลง และจะคิดวาระหว่างการเดินทางของสาร มลพิษจากแหล่งกำเนิดจนถึงจุดรับมลพิษมีการเปลี่ยนแปลงของสัดส่วนนี้ น้อยมากจนไม่ จำเป็นต้องนำมาพิจารณา

แบบจำลองแหล่งรับเป็นแบบจำลองที่ใช้ลักษณะทางเคมีและฟิสิกส์ของฝุ่นละอองที่ ตรวจวัดได้ที่แหล่งกำเนิดและแหล่งรับ เพื่อนำมาใช้ในการหาทั้งสัดส่วนแหล่งกำเนิดที่จะมีผลกระทบและ ปริมาณการกระจายของแหล่งกำเนิดต่างๆ ที่มีต่อแหล่งรับ แบบจำลองแหล่งรับสามารถแบ่งออก ตามวิธีการวิเคราะห์โดยทั่วไปจะมีดังนี้

2.4.1 Factor Analysis – Multiple Regression (FA-MR) โดยการจำแนกแหล่งกำเนิดใช้ วิธี Principal Component Analysis (PCA) ซึ่งจะใช้สำหรับการจำแนกแหล่งกำเนิดที่มีข้อมูลการ วิเคราะห์หองค์ประกอบของฝุ่นจากแหล่งรับเพียงอย่างเดียว แบบจำลองนี้เป็นแบบจำลองทาง คณิตศาสตร์ที่ซับซ้อนและผลที่วิเคราะห์หออกมาได้มีความยากในการที่จะตีความหมาย

2.4.2 Chemical Mass Balance Model (CMB) จะใช้สำหรับการจำแนกสัดส่วน แหล่งกำเนิด ซึ่งจะกล่าวโดยละเอียดในหัวข้อต่อไป

แบบจำลองซีเอ็มบีเป็นแบบจำลองแหล่งรับทางอากาศซึ่งพัฒนามาจากแบบจำลองจุดรับ มลพิษทางอากาศชนิดการวิเคราะห์องค์ประกอบหลัก (Principle Component Analysis: PCA) และ สมการถดถอยพหุเชิงเส้น (Multiple Linear Regression: MLR)

ทั้งสองวิธีที่กล่าวมานี้ (CMB และ FA-MR) จะใช้สมดุลมวล (chemical mass balance) เป็นวิธีการหลักและจุดเริ่มต้นของแบบจำลองแหล่งรับ โดยในงานวิจัยนี้จะทำการหาสัดส่วน แหล่งกำเนิดโดยใช้วิธีการ Chemical Mass Balance Model และ Factor Analysis – Multiple Regression

2.5 หลักการวิเคราะห์องค์ประกอบ (analytical method)

การวิเคราะห์องค์ประกอบเป็นเทคนิคการวิเคราะห์ตัวแปรหลายตัว (multivariate statistical technique) เพื่อตรวจสอบความสัมพันธ์ภายในระหว่างตัวแปรต่างๆ ที่สังเกตหรือที่วัดได้ ซึ่งใช้ได้ แทบทุกวงการวิชาการ ไม่ว่าจะเป็นทางสังคมศาสตร์หรือวิทยาศาสตร์ การวิเคราะห์องค์ประกอบ เกิดขึ้นในช่วงต้นศตวรรษที่ 20 โดย Spearman แต่ในสมัยนั้นวิธีการวิเคราะห์องค์ประกอบเป็น

วิธีการที่ยุ่งยากซับซ้อนและต้องเสียเวลาในการวิเคราะห์มาก การวิเคราะห์องค์ประกอบจึงไม่แพร่หลายในหมู่นักวิจัยจนกระทั่งมีเครื่องคอมพิวเตอร์เกิดขึ้นมาและมีโปรแกรมการวิเคราะห์องค์ประกอบด้วยคอมพิวเตอร์ จึงทำให้การวิเคราะห์องค์ประกอบอย่างแพร่หลายในหมู่นักวิจัย

การวิเคราะห์องค์ประกอบ หมายถึง การจับกลุ่มตัวแปรซึ่งเกิดขึ้นจากความสัมพันธ์ระหว่างกันและกันของตัวแปรทำให้เราทราบถึง โครงสร้างและแบบแผนของข้อมูลและหาองค์ประกอบร่วมของตัวแปรได้

การวิเคราะห์องค์ประกอบยึดหลักว่า ตัวแปรต่างๆ มีความสัมพันธ์กันเพราะตัวแปรเหล่านั้นมีองค์ประกอบร่วมกัน (common factor) ซึ่งสังเกตจากการจับกลุ่มของตัวแปรหรือค่าสัมประสิทธิ์ความสัมพันธ์กัน ในแต่ละกลุ่มตัวแปรมีความสัมพันธ์กันสูง ที่เป็นเช่นนี้เพราะตัวแปรเหล่านั้นมีองค์ประกอบร่วมกัน ถ้าสังเกตจะพบว่าองค์ประกอบร่วมของตัวแปรเหล่านั้นมีความสัมพันธ์กันสูง เพราะฉะนั้นในการวิเคราะห์ข้อมูลต่างๆ เราอาจใช้องค์ประกอบร่วมนั้นแทนตัวแปร ซึ่งเป็นการลดจำนวนข้อมูลในน้อยลงเพื่อความสะดวกและประหยัดเวลาในการวิเคราะห์ข้อมูล

ในการวิเคราะห์องค์ประกอบมีจุดมุ่งหมายที่สำคัญ 2 ประการ คือ

- (1) เพื่อวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงสำรวจ (exploratory factor analysis)
- (2) เพื่อวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน (confirmatory factor analysis)

2.5.1 การวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงสำรวจ

การวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงสำรวจ หมายถึง การค้นหาตัวแปรแฝงที่ซ่อนอยู่ภายใต้ตัวแปรที่สังเกตได้ เนื่องจากผู้วิจัยมีหลักฐานอ้างอิงไม่เพียงพอที่จะกำหนดจำนวนองค์ประกอบอธิบายความแปรปรวนร่วมระหว่างตัวแปร สำหรับเป็นกรอบเกี่ยวกับจำนวนองค์ประกอบภายใต้ข้อมูลที่วัดได้ เช่น ในการวิเคราะห์องค์ประกอบบุคลิกภาพการแสดงตัวของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ซึ่งมีจำนวนตัวแปร 60 ตัวแปร ซึ่งผู้วิจัยไม่ทราบถึงการจัดระเบียบหรือการรวมกลุ่มระหว่างตัวแปรเหล่านี้ การวิเคราะห์องค์ประกอบจะจัดตัวแปรออกเป็นกลุ่มๆ ตามอัตราความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรและหาองค์ประกอบร่วมของแต่ละกลุ่ม โดยองค์ประกอบร่วมที่ได้จากการวิเคราะห์องค์ประกอบผู้วิจัยจะตั้งชื่อตามลักษณะหรือชื่อของตัวแปรต่างๆ ที่สัมพันธ์กันในองค์ประกอบนั้น อาจจะเรียกองค์ประกอบร่วมนั้นว่า บุคลิกภาพการแสดงตัวด้านชอบเป็นผู้นำ เพราะองค์ประกอบร่วมดังกล่าวประกอบด้วยตัวแปรต่อไปนี้ เป็นตัวแทนกลุ่มออกมา รายงานหน้าชั้น ชอบลุกขึ้นตอบคำถามในชั้นเรียน กล้าแสดงความคิดเห็นในที่ประชุม

2.5.2 การวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน

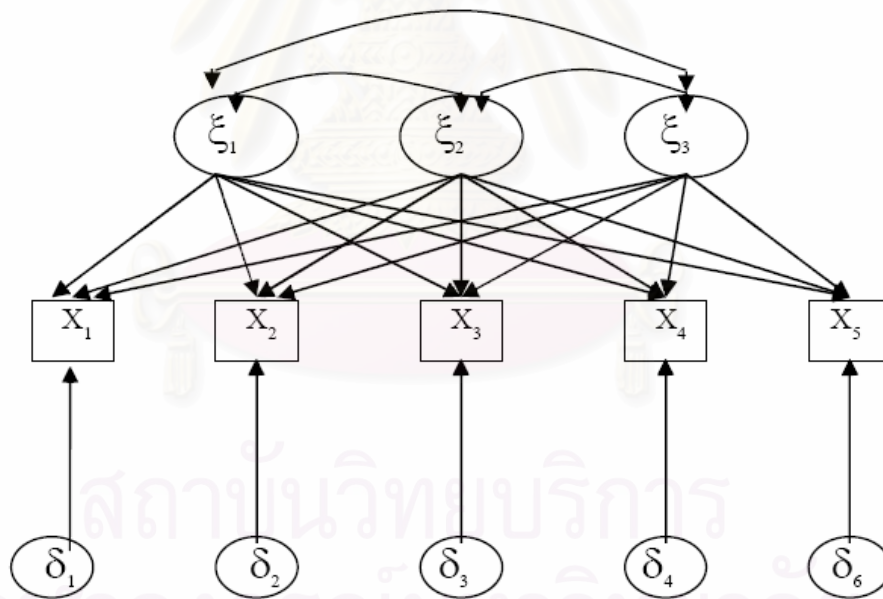
การวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน หมายถึง การตรวจสอบหรือยืนยันทฤษฎีที่ผู้อื่นค้นพบ ว่าองค์ประกอบแต่ละตัว ประกอบด้วยตัวแปรอะไรบ้างและตัวแปรแต่ละตัวควรมีน้ำหนักหรืออัตราความสัมพันธ์กับองค์ประกอบมากน้อยเพียงใด ตรงตามที่กล่าวไว้หรือไม่

2.5.3 แบบจำลองการวิเคราะห์องค์ประกอบ

ตัวแปรความคลาดเคลื่อนหรือตัวแปรเฉพาะ 1 ตัวจะส่งผลต่อตัวแปรที่สังเกตได้เพียงตัวเดียวและจะไม่มีความสัมพันธ์ระหว่างกัน และไม่มีความสัมพันธ์กับตัวแปรแฝง ส่วนตัวแปรแฝงจะส่งผลต่อตัวแปรที่สังเกตได้มากกว่า 1 ตัวและมีความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรแฝงด้วยกัน ข้อตกลงเบื้องต้น

- 1) common factor ทุกตัวมีความสัมพันธ์กัน
- 2) ตัวแปรที่สังเกตได้ทั้งหมดจะต้องเป็นผลทางตรงจาก common factor ทุกตัว
- 3) unique factors แต่ละตัวจะต้องไม่มีความสัมพันธ์กัน

ตัวแปรที่สังเกตได้ทุกตัวจะต้องเป็นผลทางตรงจาก unique factors แบบจำลองการวิเคราะห์องค์ประกอบแสดงดังรูปที่ 2.2



- ξ คือ ตัวแปรแฝง (common factor)
- X คือ ตัวแปรที่สังเกตได้
- ζ คือ ตัวแปรความคลาดเคลื่อน หรือตัวแปรเฉพาะ (unique factors)

รูปที่ 2.2 แบบจำลองการวิเคราะห์องค์ประกอบ

2.6 Factor Analysis – Multiple Regression

การใช้วิธีการนี้ในการจำแนกแหล่งกำเนิดที่ไม่สามารถรู้ได้ โดยการใช้ข้อมูลที่เก็บตัวอย่างได้จากแหล่งกำเนิดและทำการวิเคราะห์หองค์ประกอบ มีการใช้หลักการทางสถิติและใช้สมมูลทางมวลเป็นจุดเริ่มต้นในการคำนวณ ดังสมการที่ 2.1

$$C_{ik}^s = \sum a_{ij} S_{ik}^s \quad (2.1)$$

เมื่อ

C_{ik}^s = ความเข้มข้นของธาตุ i ในตัวอย่างที่ k

a_{ij} = ความเข้มข้นของธาตุ i ที่แหล่งกำเนิด j

S_{ik}^s = สัดส่วนความเข้มข้นของมวลที่แหล่งกำเนิด j ในตัวอย่างที่ k (factor score)

ในการที่จะหาสัดส่วนแหล่งกำเนิดจะต้องนำค่าที่ทำการ normalization ไปปรับเป็นค่าที่แท้จริงโดยการหา Absolute zero factor score (P_{0j}) มาลบออก

$$(AFS)_{jk} = S_{ik}^s - P_{0j} \quad (2.2)$$

$$P_{0j} = \sum W_{ij} (C_0^s)_i \quad (2.3)$$

เมื่อ

W_{ij} = score coefficient

และค่า

$$(C_0^s)_i = \frac{0 - \bar{C}_i}{\sigma_i} \quad (2.4)$$

เมื่อ

$(C_0^s)_i$ = ความเข้มข้นขององค์ประกอบชนิด i ที่ไม่มีแหล่งกำเนิดต่างๆ มารบกวนในแหล่งรับที่ทำการเก็บตัวอย่าง

เมื่อได้ค่า Absolute Factor Score (AFS) แล้วจึงนำมาคำนวณหาสัดส่วนแหล่งกำเนิดโดยใช้ multiple regression ผลที่ได้จะแสดงดังสมการที่ 2.5

$$Y_k = \sum_j Z_j (AFS)_{jk} + Z_0 \quad (2.5)$$

เมื่อ

Y_k = ความเข้มข้นของตัวอย่าง k

Z_j = regression coefficient

Z_0 = ค่าคงที่ของสมการ

2.7 แบบจำลองดุลยภาพมวลเคมี (chemical mass balance (CMB) receptor model)

แบบจำลองดุลยภาพมวลเคมีเป็นแบบจำลองแหล่งรับชนิดหนึ่งซึ่งจะใช้ข้อมูลความเข้มข้นจากการตรวจวัดได้ที่แหล่งกำเนิดและที่แหล่งรับ และการใช้สมดุลทางมวลที่เหมาะสมมาหาสัดส่วนของแหล่งกำเนิดแต่ละแหล่งที่มีความสำคัญต่อแหล่งรับนั้นๆ เช่น สมมุติว่าความเข้มข้นรวมของเหล็กที่ตรวจวัดได้ ณ แหล่งรับ สามารถพิจารณาออกมาได้เป็นผลรวมของการกระจายของอนุภาคเหล็กจากแหล่งกำเนิดต่างๆ ได้ดังสมการที่ 2.6

$$C_i = F_{i1}S_1 + F_{i2}S_2 + \dots + F_{ij}S_j + \dots + F_{im}S_m \quad i = 1..I, j = 1..J \quad (2.6)$$

เมื่อ

C_i = ความเข้มข้นองค์ประกอบทางเคมีของ i ($i = 1, 2, 3, \dots, n$) ที่แหล่งรับ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

F_{ij} = สัดส่วนองค์ประกอบทางเคมีของ i จากฝุ่นละอองที่แหล่งกำเนิด j

S_j = สัดส่วนของฝุ่นละอองจากแหล่งกำเนิดที่ j ($j = 1, 2, 3, \dots, m$) ที่จุดเก็บตัวอย่าง

จากสมการที่ 2.6 สามารถนำมาเขียนเป็นสมการทั่วไปของความเข้มข้นองค์ประกอบทางเคมี i ได้เป็นดังสมการที่ 2.7

$$C_i = \sum_{j=1}^m f_{ij}F_{ij}S_j + e_i \quad i = 1, 2, 3, \dots, n \quad (2.7)$$

เมื่อ

f_{ij} = สัมประสิทธิ์ที่แสดงถึงการเปลี่ยนแปลงต่างๆ ขององค์ประกอบทางเคมีเนื่องจากกระบวนการในบรรยากาศ (เช่น การตกตะกอน) ระหว่างแหล่งกำเนิดกับแหล่งรับ

e = ค่าคงที่ในสมการ

โดยทั่วไปแล้ว f_{ij} จะสมมติให้มีค่าเท่ากับ 1 ดังนั้นจึงจำเป็นต้องสมมติให้ F_{ij} ไม่มีการเปลี่ยนแปลงโดยกระบวนการต่างๆ (ปฏิกิริยาการกำจัดหรืออื่นๆ) ที่เกิดขึ้นระหว่างการแพร่กระจายในบรรยากาศระหว่างแหล่งกำเนิดกับแหล่งรับ ในกรณีนี้เราสามารถเขียนสมการที่ 2.7 ใหม่ได้เป็น

$$C_i = \sum_{j=1}^m F_{ij} S_j + e_i \quad i = 1, 2, 3, \dots, n \quad (2.8)$$

จากสมการที่ 2.3 ค่าความเข้มข้นขององค์ประกอบทางเคมีแต่ละชนิดที่แหล่งรับจะเท่ากับผลบวกโดยตรงของการกระจายฝุ่นละอองจากแต่ละแหล่งกำเนิดที่มาสู่แหล่งรับนั้น ซึ่งทำให้สามารถหาค่า S_j ซึ่งเป็นค่าที่ต้องการของแบบจำลองคุณภาพมวลเคมีออกมาได้ แต่ในการตรวจวัดฝุ่นละอองในบรรยากาศจะทำการตรวจวัดด้วยจำนวนตัวอย่างที่มาก เพราะฉะนั้น ในแต่ละวันก็จะมี การกระจายของแหล่งกำเนิดแต่ละแหล่งไม่เท่ากัน ทำให้มีความจำเป็นที่จะต้องเปลี่ยนรูปสมการที่ 2.8 ให้อยู่ในรูปทั่วไปสำหรับตัวอย่าง k จะได้เป็น

$$C_{ik} = \sum_{j=1}^m F_{ij} S_{jk} + e_i \quad i = 1, 2, 3, \dots, n \quad (2.9)$$

เมื่อ

k = ลำดับที่ตัวอย่างฝุ่นละอองจากการตรวจวัด

C_{ik} = ความเข้มข้นองค์ประกอบทางเคมีที่ i ของตัวอย่างที่ k ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

S_{jk} = สัดส่วนของฝุ่นละอองจากแหล่งกำเนิดที่ j ของตัวอย่างที่ k ณ แหล่งรับ

การสร้างความสัมพันธ์ระหว่างแหล่งกำเนิดและแหล่งรับให้เป็นแบบจำลองคุณภาพมวลเคมีจะนำสมการที่ 2.4 มาใช้ในการเริ่มต้นภายใต้สมมุติฐานที่ว่าองค์ประกอบทางเคมีต่างๆ จะไม่มีการทำปฏิกิริยาในอากาศที่ทำการศึกษา

จากการพิจารณาทฤษฎีแบบจำลองคุณภาพมวลเคมีในเบื้องต้นแล้วนั้น วิธีกำลังสองน้อยที่สุด (least square solution) จะเป็นวิธีการที่ใช้หาคำตอบของสมการที่ 2.4 ซึ่งเป็นกลุ่มสมการเส้นตรง สมการเหล่านี้แสดงถึงค่าความเข้มข้นขององค์ประกอบทางเคมีที่แหล่งรับในรูปผลรวมเชิงเส้นของสัดส่วนองค์ประกอบทางเคมีจากแหล่งกำเนิดและการกระจายของแหล่งกำเนิดเพื่อที่จะหาค่าตัวแปร S_j หรือความเข้มข้นของฝุ่นละอองจากแหล่งกำเนิดนั้นๆ สัดส่วนองค์ประกอบทางเคมีของแหล่งกำเนิดและค่าความเข้มข้นขององค์ประกอบทางเคมีที่แหล่งรับพร้อมกับค่าประมาณความไม่แน่นอนจะเป็นข้อมูลสำหรับแก้ปัญหาของแบบจำลองคุณภาพมวลเคมีผลลัพธ์ที่ได้จะประกอบไปด้วยการประมาณสัดส่วนการกระจายของแหล่งกำเนิดแต่ละชนิดที่วัดได้ ณ แหล่งรับแบบจำลองคุณภาพมวลเคมีจะใช้ค่าความไม่แน่นอนมาชั่งน้ำหนักให้กับข้อมูลที่ใช้ในการ

แก้ปัญหาและประมาณค่าความไม่แน่นอนของสัดส่วนการกระจายของแหล่งกำเนิด (Motallebi, 1999 อ้างถึงใน พงษ์เสวต สุวรรณธานี, 2547)

2.7.1 สมมุติฐานของแบบจำลองคุณภาพมวลเคมี

- (1) ค่าความเข้มข้นองค์ประกอบทางเคมีจากแหล่งกำเนิดจะต้องมีค่าคงที่ตลอดระยะเวลาการเก็บตัวอย่างที่แหล่งกำเนิดและในบรรยากาศ
- (2) องค์ประกอบทางเคมีที่ปล่อยออกมาจากแหล่งกำเนิดต้องไม่ทำปฏิกิริยาซึ่งกันและกัน
- (3) แหล่งกำเนิดที่มีความสำคัญต่อแหล่งรับทุกแห่งจะต้องนำมาพิจารณา และแต่ละแหล่งกำเนิดจะมีองค์ประกอบทางเคมีที่มีลักษณะเด่น
- (4) องค์ประกอบทางเคมีของแหล่งกำเนิดนั้นๆ จะเป็นอิสระต่อกัน
- (5) จำนวนของแหล่งกำเนิดที่นำมาวิเคราะห์จะต้องน้อยกว่าหรือเท่ากับจำนวนขององค์ประกอบทางเคมี
- (6) ค่าความไม่แน่นอนของการตรวจวัดเป็นลักษณะสุ่ม ไม่มีสหสัมพันธ์ และมีการแจกแจงแบบปกติ

ผลลัพธ์ของการประมาณสัดส่วนที่มาของแหล่งกำเนิดและตรวจวัดที่ใช้อธิบายแบบจำลองคุณภาพมวลเคมี (source contribution estimate, SCE and CMB performance measures)

2.7.2 วรรณคดีที่ใช้อธิบายแบบจำลองคุณภาพมวลเคมีจะใช้ในการประเมินความมีเหตุมีผล (validity) ของผลลัพธ์การประมาณสัดส่วนการกระจายของแหล่งกำเนิด ผลลัพธ์และวรรณคดีที่ใช้อธิบายแบบจำลองคุณภาพมวลเคมีมีดังนี้ คือ

- (1) สัดส่วนการกระจายของแหล่งกำเนิด (source contribution estimate, SCE) เป็นผลลัพธ์หลักที่จะได้จากแบบจำลองคุณภาพมวลเคมี ค่านี้ควรมีค่ามากกว่าศูนย์แต่ไม่เกินความเข้มข้นฝุ่นละออง แต่ในการคำนวณของแบบจำลองคุณภาพมวลเคมีบางครั้งจะมีการประมาณสัดส่วนการกระจายของแหล่งกำเนิดแต่ละชนิดที่เป็นลบ (negative SCE) ซึ่งไม่มีความหมายในทางปฏิบัติ และสามารถที่จะเกิดขึ้นได้เนื่องจากสัดส่วนองค์ประกอบทางเคมีของแหล่งกำเนิดแต่ละแห่งมีความคล้ายคลึงกันหรือเมื่อการกระจายของแหล่งกำเนิดมีค่าเข้าใกล้ศูนย์
- (2) ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (standard error) เป็นค่าที่แสดงถึงความแม่นยำของสัดส่วนการกระจายของแหล่งกำเนิด สัดส่วนองค์ประกอบทางเคมีของแหล่งกำเนิด และความคล้ายคลึงกัน (collinearity) ระหว่างความเข้มข้นองค์ประกอบทางเคมีของแต่ละแหล่งกำเนิด (profiles) ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานเป็นฟังก์ชันของค่าความไม่แน่นอนของข้อมูลที่ป้อนเข้าไปและความคล้ายคลึงกันของสัดส่วนองค์ประกอบทางเคมีของแหล่งกำเนิด ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานควรมีค่าน้อยกว่าค่าสัดส่วนการกระจายของแหล่งกำเนิด

(3) T-Statistic (TSTAT) เป็นอัตราส่วนระหว่างสัดส่วนการกระจายของแหล่งกำเนิด กับค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน ค่า TSTAT ที่มีค่าสูงกว่า 2.0 แสดงให้เห็นว่าความแม่นยำของการทำนายสัดส่วนการกระจายของแหล่งกำเนิดนั้นดีมาก แต่ถ้าค่า TSTAT มีค่าน้อยกว่า 2.0 หมายความว่า การกระจายของแหล่งกำเนิดจะไม่แสดงถึงระดับที่จะเกิน 2 เท่าของค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน สำหรับค่า TSTAT ที่ต่ำจะเป็นผลให้สัดส่วนการกระจายของแหล่งกำเนิดที่คำนวณได้มาจากแหล่งกำเนิดที่มีองค์ประกอบทางเคมีคล้ายคลึงกัน

(4) Chi-Square และ R-Square

Chi-Square เป็นค่าที่ชี้แจงน้ำหนักของผลบวกกำลังสองของค่าแตกต่างระหว่างค่าความเข้มข้นขององค์ประกอบทางเคมีที่ได้จากการคำนวณและได้จากการตรวจวัด การชี้แจงน้ำหนักจะแปรผกผันกับกำลังสองของค่าความไม่แน่นอนของสัดส่วนองค์ประกอบทางเคมีของแหล่งกำเนิดและแหล่งรับสำหรับองค์ประกอบทางเคมีแต่ละตัว ในทางอุดมคติแล้วค่าที่ได้จากการคำนวณและที่ได้จากการตรวจวัดควรที่จะไม่มีความแตกต่างกันและ Chi-Square จะต้องมียุทธศาสตร์ค่าเท่ากับศูนย์ ถ้า Chi-Square มีค่าน้อยกว่า 1 จะถือว่าข้อมูลที่ได้จากการตรวจวัดจะเข้าได้กับสมการที่สร้างมาเป็นตัวแทน ถ้าค่า Chi-Square อยู่ระหว่าง 1-2 ถือว่ายังยอมรับได้ แต่ถ้าค่า Chi-Square มีค่ามากกว่า 4 แสดงว่าจำนวนธาตุหนึ่งธาตุหรือมากกว่านั้นไม่สามารถที่จะถูกอธิบายได้ดีโดยการประมาณสัดส่วนของแหล่งกำเนิด

R-Square เป็นค่าที่แสดงให้เห็นว่าสมการความเข้มข้นที่ได้จากการคำนวณอธิบายความเข้มข้นที่ได้จากการตรวจวัดที่แหล่งรับดีมากเท่าใด ค่า R-Square จะหาได้จากการคำนวณทางด้านความถดถอยเชิงเส้นของค่าความเข้มข้นที่ตรวจวัดได้กับค่าความเข้มข้นที่คำนวณได้จากแบบจำลองดุลยภาพมวลเคมี ค่า R-Square น้อยกว่า 0.8 จะถือว่าการประมาณสัดส่วนของแหล่งกำเนิดไม่สามารถที่จะอธิบายข้อมูลได้ดีนักกับสัดส่วนองค์ประกอบของแหล่งกำเนิดที่นำมาใช้ จึงมีความจำเป็นต้องเปลี่ยนสัดส่วนองค์ประกอบทางเคมีของแหล่งกำเนิดนั้นๆ หรือเพิ่มสัดส่วนองค์ประกอบทางเคมีของแหล่งกำเนิดที่ยังขาดอยู่

ค่า Chi-Square และ R-Square ทั้งสองนี้มีค่าไม่ถึงเป้าหมายที่ต้องการนั้นอาจจะเนื่องมาจากสาเหตุต่อไปนี้

- 1) แหล่งกำเนิดที่นำมาใช้ในการคำนวณในแบบจำลองดุลยภาพมวลเคมีนั้นไม่พอ
- 2) สัดส่วนองค์ประกอบทางเคมีของแหล่งกำเนิดที่นำมาใช้นั้น ไม่ได้เป็นตัวแทนที่แท้จริงของแหล่งกำเนิดที่มีอยู่ในบริเวณนั้น
- 3) ความแม่นยำของข้อมูลที่ตรวจวัดได้จากแหล่งรับและแหล่งกำเนิดมีค่าต่ำเกินไป
- 4) ข้อมูลที่ได้จากแหล่งกำเนิดและแหล่งรับมีค่าไม่ถูกต้อง

(5) Percent Mass เป็นอัตราส่วนเปอร์เซ็นต์ของผลบวกของค่าความเข้มข้นฝุ่นละอองจากแหล่งกำเนิดต่างๆ กับค่าความเข้มข้นของมวลทั้งหมดที่ตรวจวัดได้จริง ค่านี้ควรที่จะเท่ากับ 100 เปอร์เซ็นต์ แม้ว่าเปอร์เซ็นต์มวล(percent mass) จะมีค่าอยู่ระหว่าง 80-120 เปอร์เซ็นต์ก็ถือว่ายอมรับได้

(6) Uncertainty/Similarity Cluster ในส่วนนี้จะแสดงถึงผลของการวิเคราะห์เมื่อแหล่งกำเนิดมีความคล้ายคลึงกันในด้านขององค์ประกอบทางเคมี หมายถึงว่าถ้ามีรหัสของแหล่งกำเนิด(รหัสนี้จะแทนแหล่งกำเนิดแต่ละแหล่งในโปรแกรมคุณภาพมวลเคมีรุ่นที่ 8.2 (CMB 8.2) แสดงอยู่ในส่วนนี้ จะทำให้การทำนายผลของแบบจำลองคุณภาพมวลเคมีนั้นค่อนข้างที่จะเบี่ยงเบนออกจากความเป็นจริง ซึ่งส่วนใหญ่เหตุการณ์เหล่านี้จะเกิดขึ้นกับแหล่งกำเนิดที่มีองค์ประกอบทางเคมีค่อนข้างใกล้เคียงกัน เช่นฝุ่นละอองจากดิน การเผาไหม้ของชีวมวลและไอเสียจากยานพาหนะ เป็นต้น เหตุผลอีกข้อหนึ่งที่มีรหัสของแหล่งกำเนิดปรากฏในส่วนนี้ก็คือ ค่าความไม่แน่นอนของการตรวจวัดหรือค่าความไม่แน่นอนของความเข้มข้นขององค์ประกอบทางเคมีจากแหล่งกำเนิดนั้นสูงมาก

(7) Ratio R/U เป็นอัตราส่วนระหว่างความแตกต่างระหว่างค่าความเข้มข้นขององค์ประกอบทางเคมีที่คำนวณได้และตรวจวัดได้กับค่าความไม่แน่นอนขององค์ประกอบทางเคมีชนิดนั้น ถ้าอัตราส่วนนี้มีค่าเกิน 2.0 แสดงว่าในการคำนวณของโปรแกรมแบบจำลองคุณภาพมวลเคมีจะเน้นไปที่องค์ประกอบทางเคมีนั้นมากเกินไป แต่ถ้าอัตราส่วนนี้ต่ำกว่า -2.0 แสดงว่าสมการการกระจายแหล่งกำเนิดไปสู่องค์ประกอบทางเคมีชนิดนั้นมีน้อยเกินไปหรือไม่ก็อาจจะขาดแหล่งกำเนิดที่สำคัญไป

(8) Ratio C/M เป็นอัตราส่วนระหว่างค่าความเข้มข้นขององค์ประกอบทางเคมีที่คำนวณได้กับค่าความเข้มข้นที่ตรวจวัดได้จริงในบรรยากาศ พร้อมกับการคำนวณค่า Standard Error ด้วยค่าอัตราส่วนนี้ควรจะมีค่าใกล้เคียง 1.00 ถ้าแบบจำลองนี้คำนวณความถูกต้องได้ดีที่จะอธิบายความเข้มข้นที่ตรวจวัดได้

2.8 มาตรฐานคุณภาพอากาศในบรรยากาศของประเทศไทย

มาตรฐานคุณภาพอากาศในบรรยากาศเป็นเป้าหมายระดับคุณภาพอากาศที่ต้องการ ซึ่งแสดงอยู่ในรูปของความเข้มข้นเฉลี่ยของสารมลพิษแต่ละชนิดที่ยอมรับได้ในบรรยากาศในช่วงระยะเวลาที่กำหนดไว้ กำหนดโดยใช้ข้อมูลและผลการศึกษาวิจัยทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งบ่งบอกถึงผลเสียหายและอันตรายของมลพิษแต่ละชนิด หากสัมผัสกับสารมลพิษนั้นๆ ที่ระดับความเข้มข้นและระยะเวลาสัมผัสต่างๆ กัน เป็นพื้นฐานหลัก และอาจใช้ปัจจัยอื่นๆ ประกอบเข้าด้วย เช่น ปัจจัยทาง

เทคโนโลยี และปัจจัยทางเศรษฐกิจ เป็นต้น ดังนั้น มาตรฐานคุณภาพอากาศในบรรยากาศจะต้องได้รับการทบทวนและปรับปรุงให้เหมาะสมกับสถานการณ์เป็นระยะๆ ตามประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 10 (พ.ศ. 2538) และฉบับที่ 12 (พ.ศ. 2538) องค์การที่ประเทศไทยได้กำหนดมาตรฐานคุณภาพอากาศในบรรยากาศทั่วไปเป็นดังตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 มาตรฐานคุณภาพอากาศโดยทั่วไปของประเทศไทย พ.ศ. 2538

สารพิษ*	ค่าเฉลี่ย 1 ชั่วโมง mg/m ³ (ppm)	ค่าเฉลี่ย 8 ชั่วโมง mg/m ³ (ppm)	ค่าเฉลี่ย 24 ชั่วโมง mg/m ³ (ppm)	ค่าเฉลี่ย 1 เดือน mg/m ³ (ppm)	ค่าเฉลี่ย 1 ปี mg/m ³ (ppm)	วิธีการตรวจวัด
ก๊าซคาร์บอนมอนนอกไซด์ (CO)	34.2 (30)	10.26 (9)	-	-	-	Non-Dispersive Infrared Detection
ก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ (NO ₂)	0.32 (0.17)	-	-	-	-	Chemiluminescence
ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ /a (SO ₂)	0.78 (0.3)	-	0.30 (0.12)	-	0.10** (0.04)	Pararosaniline
ฝุ่นรวม (TSP)	-	-	0.33	-	0.10**	Gravimetric-Hi Volume
ฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน (PM-10)	-	-	0.12	-	0.05**	Gravimetric-Hi Volume
โอโซน (O ₃)	0.20 (0.10)	-	-	-	-	Chemiluminescence
ตะกั่ว (Pb)	-	-	-	1.5	-	Atomic Absorption Spectrometer

หมายเหตุ * : ที่ความดัน 1 บรรยากาศและ 25 องศาเซลเซียส

ที่มา: กรมควบคุมมลพิษ, 2545

2.9 การศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย

อภา หวังเกียรติ (2544) ได้จัดทำแบบจำลองคุณภาพมวลเคมีของฝุ่นละอองรวมโดยเก็บตัวอย่างทั้งหมด 42 ตัวอย่างระหว่างเดือนธันวาคม 2539 ถึง มกราคม 2540 ที่สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมในกรุงเทพมหานคร และได้ทำการวิเคราะห์ธาตุ 14 ชนิด และคาร์บอน 2 ชนิด การวิเคราะห์ผลจะใช้โปรแกรมแบบจำลองคุณภาพมวลเคมีรุ่นที่ 8 (CMB

8.0) ทำการวิเคราะห์แหล่งกำเนิด 7 แหล่งและค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของข้อมูลฝุ่นละอองในบรรยากาศและพร้อมทั้งทำ Factor Analysis-Multiple Regression (FA-MR) ในการเปรียบเทียบ

จากการศึกษาโดยใช้แบบจำลอง CMB พบว่า แหล่งกำเนิดที่สำคัญในกรุงเทพมหานคร คือ ดิน ฝุ่นจากถนนและยานพาหนะรวมกัน รองลงมา คือ เกลือทะเล เตาเผาขยะและการเผาชีวมวล โรงหลอมเหล็กและการเผาไหม้ของน้ำมันเชื้อเพลิง การวิเคราะห์โดยใช้วิธี FA-MR แสดงสัดส่วนแหล่งกำเนิดที่สำคัญในกรุงเทพมหานคร คือ ฝุ่นจากดินและถนน ไอเสียจากยานพาหนะ ละอองไอจากทะเลกับไอเสียจากอุตสาหกรรม ไอเสียจากการเผาขยะและชีวมวล เมื่อเปรียบเทียบการจำแนกสัดส่วนแหล่งกำเนิดของทั้งสองวิธีจะเห็นว่า สัดส่วนไอเสียการเผาไหม้ขยะและชีวมวลแตกต่างกันมากแสดงถึงการขาดแคลนข้อมูลแหล่งกำเนิดที่ดีทำให้ค่าการเผาไหม้ของชีวมวลในกรุงเทพมหานครจากวิธี CMB น้อยกว่าที่น้ำจะเป็นไปได้เมื่อเปรียบเทียบกับวิเคราะห์โดยใช้ FA-MR เพราะฉะนั้นจึงจำเป็นต้องมีการปรับปรุงการคำนวณแบบจำลองคุณภาพมวลเคมีของการกระจายแหล่งกำเนิดของกรุงเทพมหานครเนื่องจากว่าในแบบจำลองคุณภาพมวลเคมีนั้นไม่สามารถจะบอกถึงแหล่งกำเนิดที่เป็นพวกฝุ่นละอองทุติยภูมิได้ ดังนั้นจึงมีการตัดในส่วนของซัลเฟตและไนเตรตออกจากการคำนวณในแบบจำลองคุณภาพมวลเคมีทำให้ผลที่ได้ออกมาของการเผาไหม้ชีวมวลมีค่าต่ำกว่าแบบจำลอง FA-MR

Chia-Pin Chia et al. (2004) ได้ทำแบบจำลองคุณภาพอากาศโดยเลือกใช้ Principal Component Analysis และแบบจำลองคุณภาพมวลเคมีของฝุ่นละอองขนาดต่ำกว่า 2.5 และ 10 ไมครอน เป็นการศึกษาในช่วงเดือนสิงหาคม 1998 และเดือนมีนาคม 1999 โดยเก็บตัวอย่างในเขตเมืองไทซังและในเขตพื้นที่ชายฝั่งทะเลของไทซังซึ่งในการศึกษาจะดูแหล่งกำเนิดของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน

จากการศึกษาพบว่าแหล่งกำเนิดที่สำคัญของบริเวณเขตเมืองไทซัง คือ ฝุ่นจากยานพาหนะ ฝุ่นบนท้องถนน ฝุ่นละอองทุติยภูมิ การเผาชีวมวล เกลือทะเล ซึ่งจะพบว่ามีแหล่งกำเนิดคล้ายคลึงกับบริเวณชายฝั่งทะเลยกเว้นว่าบริเวณชายฝั่งทะเลจะมีแหล่งกำเนิดเกลือทะเลเป็นแหล่งกำเนิดที่สำคัญเป็นอันดับแรกและพบว่าการเผาชีวมวลและละอองฝุ่นทุติยภูมิเป็นแหล่งสำคัญที่ทำให้เกิดการเพิ่มขึ้นของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนจากบริเวณทั้งสองที่ทำการศึกษา

Pajaree และ Wanida (2005) ทำการศึกษาฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน ที่ทางภาคเหนือตอนล่างของประเทศไทย คือ จังหวัดพิษณุโลกตั้งแต่วันที่ 1 มิถุนายน 2546 ถึงเดือนมกราคม 2547 นำมาเปรียบเทียบกับฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน ในเขตเมือง คือ กรุงเทพมหานคร โดยใช้แบบจำลองคุณภาพมวลเคมีรุ่นที่ 8

ผลการศึกษาพบว่าที่พิษณุโลกค่า organic carbon, element carbon และ แคลเซียมมีค่าความเข้มข้น 29.33 ± 9.40 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร 42.28 ± 16.57 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร และ 9.57 ± 5.47 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตรตามลำดับและธาตุที่พบเป็นส่วนใหญ่ได้แก่ Si, Al, Fe, K และ S ซึ่งเมื่อดูที่ในเขตเมืองกรุงเทพมหานครพบว่ามีค่า 24.86 ± 8.23 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร 71.21 ± 25.37 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตรและ 4.03 ± 1.79 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ ส่วนของแบบจำลองคุณภาพมวลเคมีนั้นจะใช้ฐานข้อมูลแหล่งกำเนิด 5 แห่งได้แก่ แหล่งกำเนิดที่เคลื่อนที่ได้ ฝุ่นดินและถนน การเผาไหม้ชีวมวล การเผาไหม้เชื้อเพลิงอุตสาหกรรมและอุตสาหกรรมโรงหลอมเหล็ก พบว่าแหล่งกำเนิดที่สำคัญของจังหวัดพิษณุโลก ได้แก่ แหล่งกำเนิดที่เคลื่อนที่ได้ การเผาไหม้ชีวมวล และฝุ่นดินส่วนของเขตเมืองกรุงเทพมหานครนั้นแหล่งกำเนิดที่สำคัญได้แก่ ไอเดียรถยนต์ เป็นหลัก

ดังนั้นแหล่งกำเนิดที่สำคัญที่ควรมีการเก็บตัวอย่างและทำการวิเคราะห์เพื่อนำมาใช้ในแบบจำลองคุณภาพมวลเคมีควรจะต้องมี ฝุ่นดิน ฝุ่นจากยานพาหนะ ฝุ่นถนน จะเป็นแหล่งกำเนิดหลักที่สำคัญที่เป็นที่มาของฝุ่นขนาดต่ำกว่า 10 ไมครอน รองลงมา ได้แก่ การเผาไหม้ชีวมวล เกื้อทะเล และจากอุตสาหกรรมต่างๆ และจากการสำรวจเอกสารสามารถที่จะบ่งชี้ได้ว่าแหล่งกำเนิดต่างๆ ควรจะเป็นแหล่งไหนซึ่งจะใช้ในแบบจำลอง factor analysis- multiple regression

การรวบรวมผลงานวิจัยได้มานั้นจะสามารถแสดงถึงตัวบ่งชี้แหล่งกำเนิดที่ใช้ในการสันนิษฐานที่มาของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน ซึ่งในงานวิจัยของอาภา หวังเกียรติ, 2547 ได้ทำการรวบรวมไว้แสดงดังตารางที่ 2.2 และการรวบรวมแหล่งกำเนิดที่เป็นโรงงานอุตสาหกรรมรวมถึงจำนวนโรงงานอุตสาหกรรมที่ใช้ในการเก็บตัวอย่างเพื่อจัดทำสัดส่วนของแหล่งกำเนิดที่จะนำมาใช้ในงานวิจัยนำมารายงานฉบับสมบูรณ์ การจัดทำฐานข้อมูลแหล่งกำเนิดมลพิษทางอากาศ. มีนาคม 2549 แสดงดังตารางที่ 2.3

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตาราง 2.2 ตัวบ่งชี้ที่ใช้ในการสันนิษฐานที่มาของฝุ่น

แหล่งที่มา	ตัวบ่งชี้ (Marker Elements)
ฝุ่นดิน	Al, Si, Sc, Ca, Fe, Mn, Ti, Sm
ฝุ่นถนน	Ca, Al, Sc, Si, Ti, Fe, Sm
ฝุ่นจากการจราจร	Br, C, CU, Pb, Sb, Zn
1. รถยนต์ที่มี catalytic	Al
2. รถยนต์ที่ใช้เชื้อเพลิง	Al, Ca, Cd, Cu, Fe, Mn, Ni
3. รถยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซล	OC, EC, S(SO ₄ ²⁻ , NO ₃ ⁻)
4. รถยนต์ที่ไม่มี catalytic	Br, Pb
5. ยางรถยนต์	Zn
รถไฟ	Mn
ละอองไอทะเล	Cl, Na
อุตสาหกรรมเหล็กและหลอมโลหะ	Ca, Cd, Cr, Cu, Fe, In, Mn, Pb, Sn, Zn
เตาเผาขยะ	Ag, Cl, Cu, In, K, Pb, Sb, Zn
การเผาไหม้ถ่านหิน	Ag, As, Cr, K, Mo, Pb, Sb, Se, S, Zn
การเผาไหม้ น้ำมันเตา	Cr, La, Ni, Sm, S, V
การเผาชีวมวล	K, OC, EC
ฝุ่นทุติยภูมิ	SO ₄ ²⁻ , NO ₃ ⁻ , NH ₄ ⁺

ที่มา: รวบรวมโดยอากาศหวังเกียรติ, 2547

ตารางที่ 2.3 จำนวนโรงงานอุตสาหกรรม 12 ประเภทที่เป็นแหล่งกำเนิดมลพิษอากาศที่สำคัญใน
จังหวัดสมุทรปราการ

ลำดับ	ประเภทโรงงาน	จำนวน (แห่ง)
1	โรงไฟฟ้า (ใช้น้ำมันเตา)	3
2	อุตสาหกรรมผลิตผลเกษตรกรรม (ใช้ชี้เลี้ยง)	122
3	อุตสาหกรรมอาหาร (ใช้กะลาปาล์ม)	167
4	อุตสาหกรรมสิ่งทอ (ใช้ถ่านหิน)	717
5	อุตสาหกรรมไม้	333
6	อุตสาหกรรมเยื่อและกระดาษ (ใช้ชี้เลี้ยง)	72
7	อุตสาหกรรมผลิตเม็ดพลาสติกและเคมีภัณฑ์ (ใช้ก๊าซธรรมชาติ)	136
8	อุตสาหกรรมกระเบื้องเคลือบ	16
9	อุตสาหกรรมแก้ว	26
10	อุตสาหกรรมเหล็กและเหล็กกล้า	176
11	อุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์โลหะ (ใช้ก๊าซธรรมชาติ)	59
12	เตาเผาขยะรวม	1
	รวม	1,828

หมายเหตุ: เฉพาะ โรงงานจำพวก 3 ที่มีทุนจดทะเบียนมากกว่า 10 ล้านบาท และกำลังเครื่องจักร 100
แรงม้าขึ้นไป

ที่มา: การจัดทำฐานข้อมูลแหล่งกำเนิดมลพิษทางอากาศ, 2549

บทที่ 3
วิธีการดำเนินการวิจัย

3.1 สถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศ

ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ จะทำการเก็บตัวอย่างฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนโดยใช้เครื่อง PM10 Mini Volume Air Sampler ในระดับความสูงประมาณ 3 เมตร จากระดับพื้นดิน ณ สถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศที่ศูนย์ฟื้นฟูอาชีพและสถานสงเคราะห์คนพิการพระประแดง โรงเรียนวัดกิ่งแก้ว โรงเรียนปากคลองมอญ โรงเรียนคลองเจริญราษฎร์ โดยที่ตั้งของทั้ง 4 จุด จะอยู่ในเขตที่มีลักษณะการก่อสร้าง อุตสาหกรรม การจราจรและลักษณะชุมชนที่แตกต่างกันไป ข้อมูลโดยสรุปของสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศทั้ง 4 สถานี แสดงดังตารางที่ 3.1 และรูปของจุดตรวจวัดคุณภาพอากาศแต่ละจุดตรวจวัดแสดงดังรูปที่ 3.1 ถึง 3.4

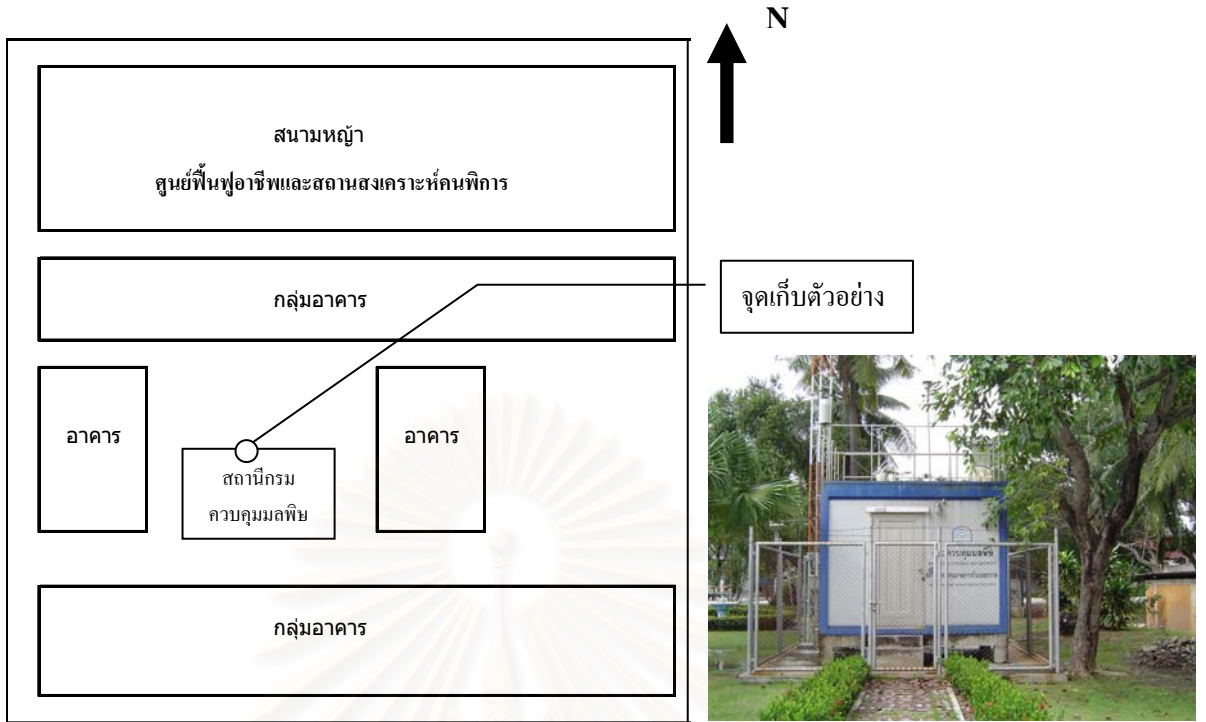
ตารางที่ 3.1 ข้อมูลจุดเก็บตัวอย่างเพื่อตรวจวัดคุณภาพอากาศ

สถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศ	ประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน	ลักษณะพื้นที่
1. ศูนย์ฟื้นฟูอาชีพและสถานสงเคราะห์คนพิการพระประแดง	การก่อสร้างถนน ชุมชน พาณิชยกรรมและการจราจรคับคั่ง	จุดเก็บตัวอย่างตั้งอยู่ใกล้กับพื้นที่สร้างสะพานข้ามแม่น้ำเจ้าพระยา บนสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศของกรมควบคุมมลพิษ ลักษณะโดยทั่วไปของจุดเก็บตัวอย่างมีต้นไม้ขนาดใหญ่อยู่ใกล้กับบริเวณสถานีตรวจวัด พื้นที่โดยรอบส่วนใหญ่เป็นสนามหญ้า
2. โรงเรียนวัดกิ่งแก้ว	โรงงานอุตสาหกรรม การก่อสร้างสนามบิสิเนส	จุดเก็บตัวอย่างตั้งอยู่ห่างจากถนนกิ่งแก้วประมาณ 300 เมตร ลักษณะโดยทั่วไปด้านข้างโรงเรียนติดกับวัดกิ่งแก้ว มีเมรุเผาศพ ด้านหลังโรงเรียนติดคลองชวดลากข้าว อาคารเรียนเป็นอาคาร 2 ชั้น

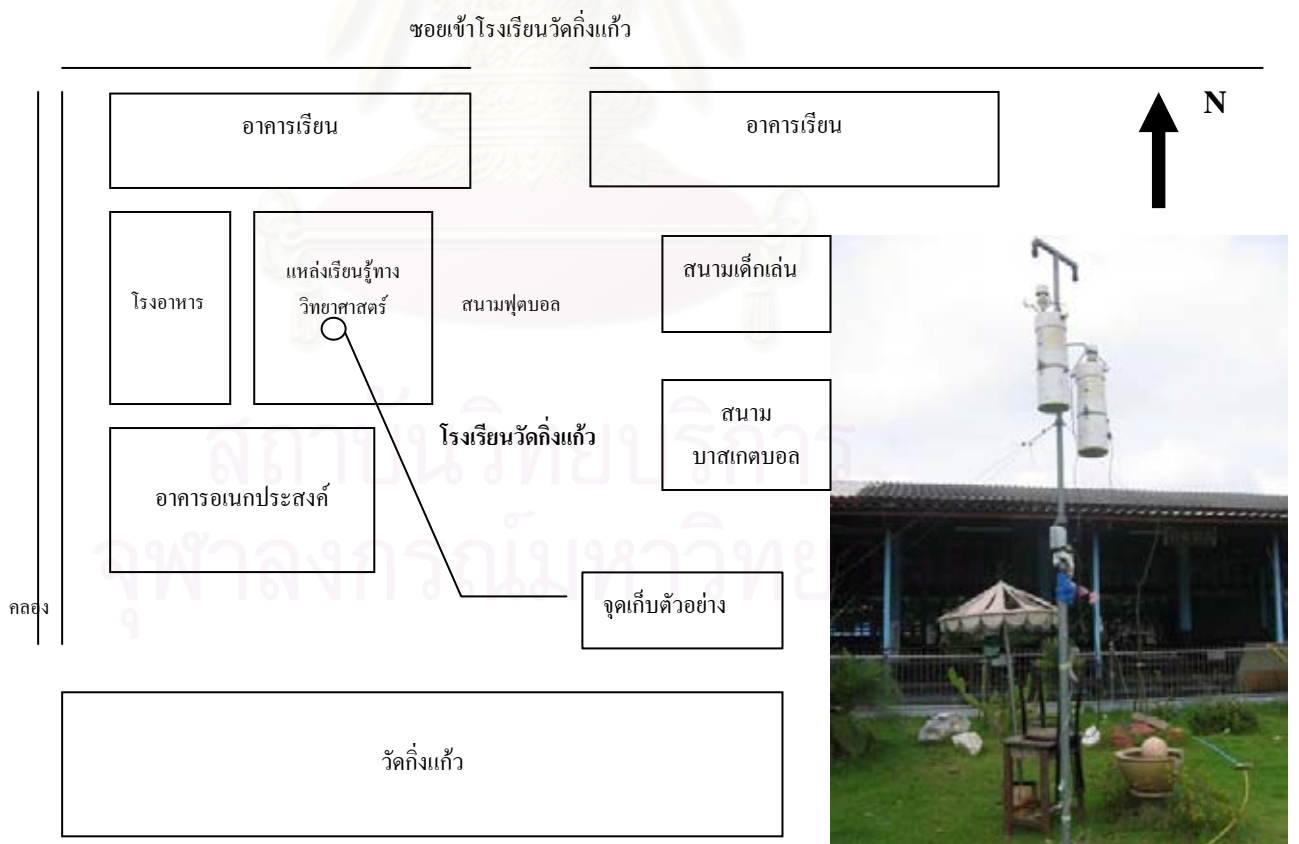
ตารางที่ 3.1 (ต่อ) ข้อมูลจุดเก็บตัวอย่างเพื่อตรวจวัดคุณภาพอากาศ

สถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศ	ประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน	ลักษณะพื้นที่
3. โรงเรียนปากคลองมอญ	พื้นที่เกษตรกรรม	จุดเก็บตัวอย่างตั้งอยู่ในบริเวณโรงเรียน ถนนวัดศรีวารีน้อย สองข้างทางของถนนส่วนใหญ่ เป็นทุ่งหญ้า มีบ้านพักอาศัยน้อย การจราจรต่ำ
4. โรงเรียนคลองเจริญราษฎร์	ชุมชน โรงงานอุตสาหกรรม	จุดเก็บตัวอย่างตั้งอยู่ในบริเวณการเคหะชุมชนบางพลี ถนนเมืองใหม่- บางพลี ลักษณะโดยทั่วไป ด้านข้างของโรงเรียนอยู่ติดคลองจรเข้สั้น้อย

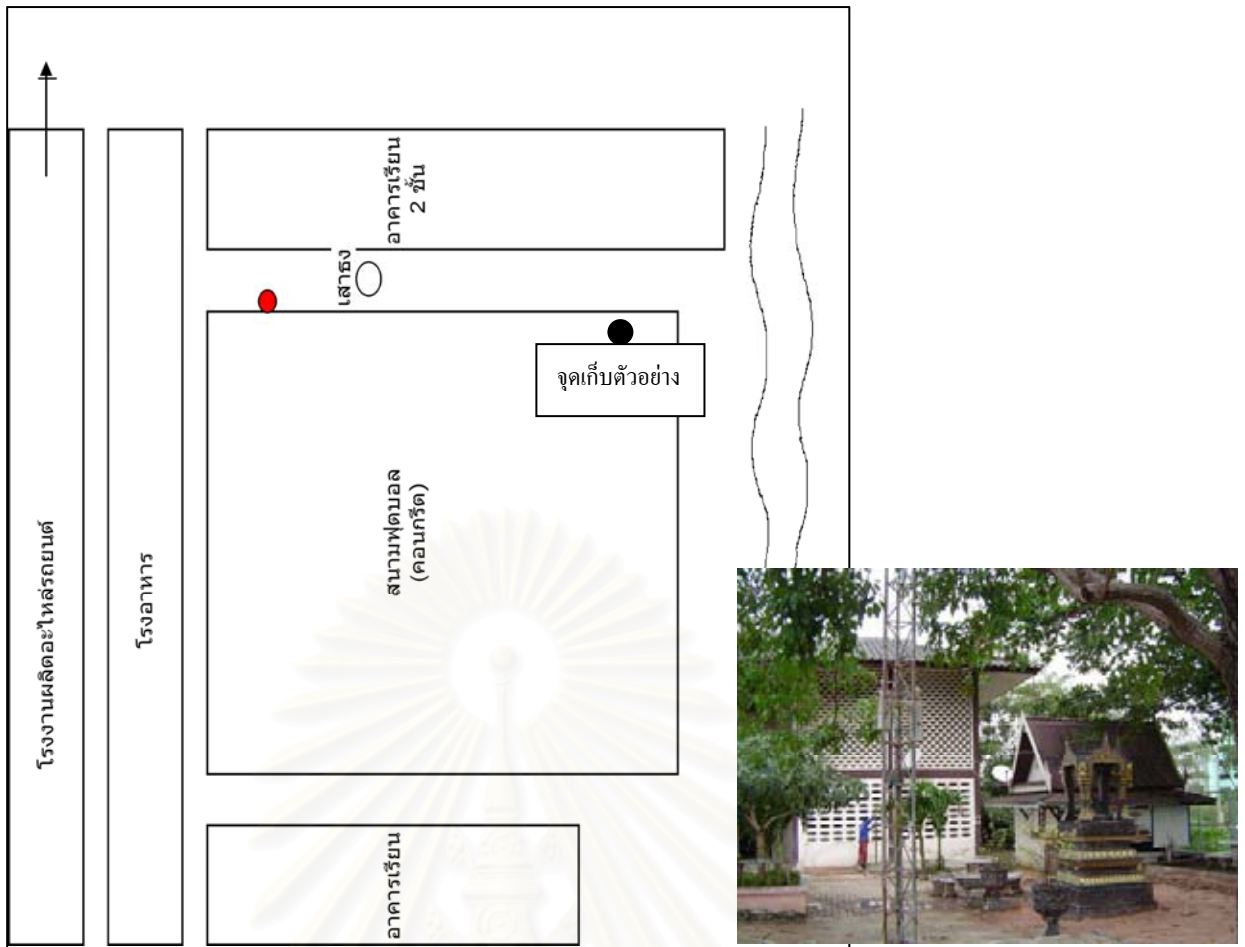
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



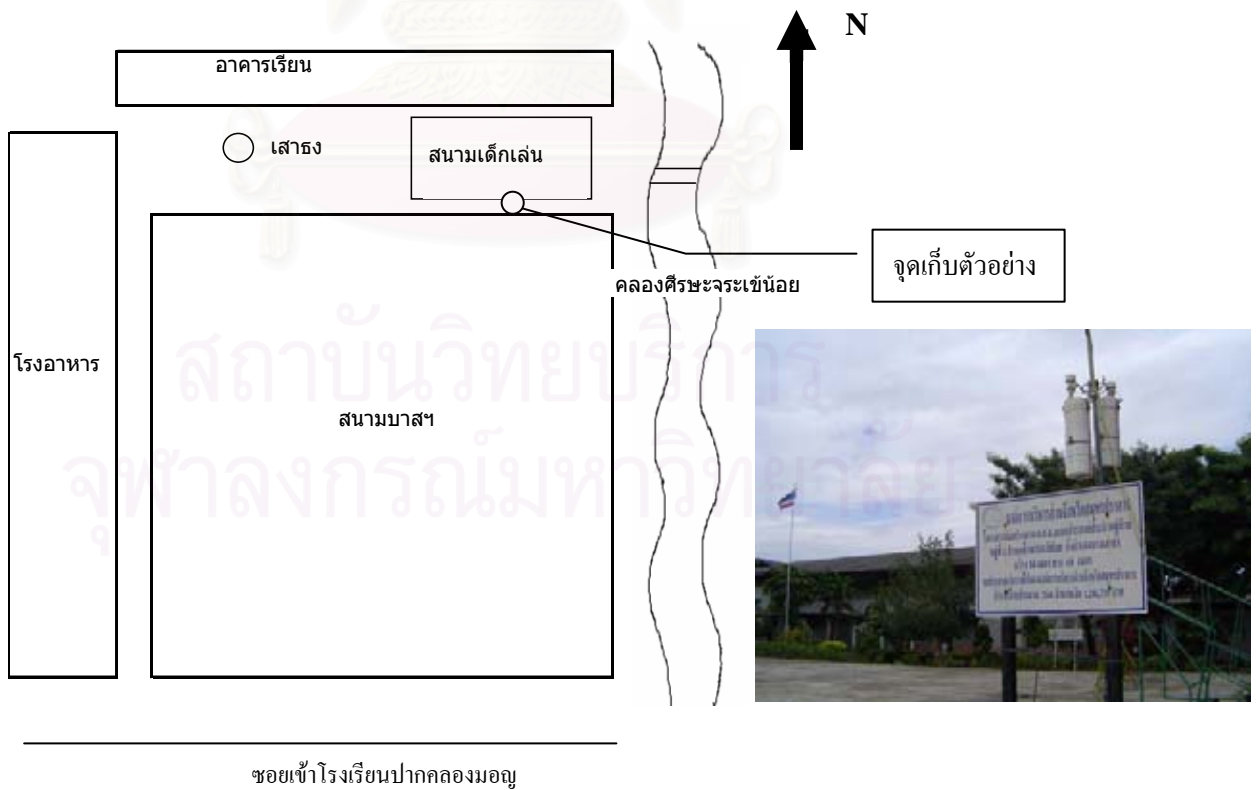
รูปที่ 3.1 จุดเก็บตัวอย่างบริเวณศูนย์ฟื้นฟูอาชีพและสถานสงเคราะห์คนพิการพระประแดง



รูปที่ 3.2 จุดเก็บตัวอย่างบริเวณโรงเรียนวัดกึ่งแก้ว



รูปที่ 3.3 จุดเก็บตัวอย่างบริเวณ โรงเรียนคลองเจริญราษฎร์



รูปที่ 3.4 จุดเก็บตัวอย่างบริเวณ โรงเรียนปากคลองมอญ

3.2 แหล่งกำเนิดฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 10 ไมครอน ในพื้นที่จังหวัดสมุทรปราการ

จังหวัดสมุทรปราการเป็นจังหวัดที่มีโรงงานอุตสาหกรรมจำนวนมากที่เป็นแหล่งกำเนิดมลพิษทางอากาศ มีโรงงานจำพวก 3 ถึงสิ้นปี 2548 จำนวนรวมทั้งสิ้น 6,683 โรงงาน โดยเป็นโรงงานที่มีทุนจดทะเบียนมากกว่า 10 ล้านบาท และกำลังเครื่องจักร 100 แรงม้าขึ้นไปและจัดเป็นแหล่งกำเนิดมลพิษทางอากาศที่สำคัญ 12 ประเภทอุตสาหกรรม จำนวน 1,828 โรงงาน ได้แก่ โรงไฟฟ้า อุตสาหกรรมผลิตผลเกษตรกรรม อุตสาหกรรมอาหาร อุตสาหกรรมสิ่งทอ อุตสาหกรรมไม้ อุตสาหกรรมเยื่อและกระดาษ อุตสาหกรรมผลิตเม็ดพลาสติกและเคมีภัณฑ์ อุตสาหกรรมแก้ว อุตสาหกรรมเหล็กและเหล็กกล้า อุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์โลหะ และเตาเผาขยะรวม

ถนนสายหลักที่มีปริมาณการจราจรตั้งแต่ 25,000 คันต่อวัน จนถึง 120,000 คันต่อวัน อย่างน้อย 7 สาย ซึ่งมีรถบรรทุกหนักระหว่างร้อยละ 15-30 ของปริมาณรถทั้งหมดจึงเป็นแหล่งกำเนิดมลพิษที่สำคัญ

ในส่วนของแหล่งกำเนิดแบบพื้นที่ มีประชากรในพื้นที่รวมทั้งสิ้น 1,049,416 คน เป็นพื้นที่เพื่อการเกษตร 238,526 ไร่ คิดเป็น 37.95% ดังนั้นจึงมีการใช้เชื้อเพลิงในครัวเรือนและการเผาในพื้นที่เกษตร (กรมควบคุมมลพิษ, 2549)

แบบจำลองคุณภาพมวลเคมีมีความจำเป็นต้องใช้ข้อมูลเกี่ยวกับสัดส่วนองค์ประกอบทางเคมีของแหล่งกำเนิดที่จะส่งผลกระทบต่อแหล่งรับต่างๆ ในเขตพื้นที่จังหวัดสมุทรปราการ ในประเทศไทยยังมีข้อมูลทางด้านนี้อยู่ไม่มากนัก ในปี พ.ศ. 2548 กรมควบคุมมลพิษได้ทำการสำรวจคุณภาพอากาศบริเวณอุตสาหกรรม จังหวัดสมุทรปราการ เพื่อการวางแผนคุณภาพอากาศในพื้นที่นั้นซึ่งข้อมูลขององค์ประกอบทางเคมีจากกรมควบคุมมลพิษนำมาจากของโครงการการศึกษาสัดส่วน องค์ประกอบและแหล่งที่มาของฝุ่นขนาดเล็กในพื้นที่จังหวัดสมุทรปราการ ดังนั้นในงานวิจัยนี้ได้ข้อมูลสัดส่วนความเข้มข้นขององค์ประกอบทางเคมีของแหล่งกำเนิดที่มีความสำคัญในพื้นที่จังหวัดสมุทรปราการจากรายงานโครงการสมุทรปราการ (กรมควบคุมมลพิษ, 2549)

การจัดทำองค์ประกอบทางเคมีของฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 10 ไมครอน จากแหล่งกำเนิดต่างๆ ได้แก่ ไอเสียจากยานพาหนะ 6 ชนิด ฝุ่นจากโรงงานอุตสาหกรรม 9 ประเภท ประกอบด้วย หม้อไอน้ำที่ใช้ น้ำมันเตาเป็นเชื้อเพลิง หม้อไอน้ำที่ใช้ชี้เลื่อยเป็นเชื้อเพลิง หม้อไอน้ำที่ใช้กะลาปาล์มเป็นเชื้อเพลิง หม้อไอน้ำที่ใช้ถ่านหินเป็นเชื้อเพลิง การเผาไหม้ก๊าซธรรมชาติเพื่อใช้อบผลิตภัณฑ์เคมี อุตสาหกรรมไม้ อุตสาหกรรมเซรามิค การหลอมเหล็ก เตาเผาขยะ ฝุ่นดินและฝุ่นถนน ละอองไอน้ำจากทะเล และข้อมูลจากการเผาชีวมวล

3.2.1 ฝุ่นจากยานพาหนะ การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของฝุ่นจากไอเสียยานพาหนะประเภทต่างๆ พบว่าสัดส่วนทางเคมีที่วิเคราะห์ได้ คิดเป็นค่าเฉลี่ยร้อยละ 44 – 104 ของ

น้ำหนักฝุ่น องค์ประกอบทางเคมีของฝุ่นจากยานพาหนะมีองค์ประกอบทางเคมีที่เด่น ได้แก่ สารประกอบอินทรีย์คาร์บอน และสารคาร์บอน

3.2.2 ฝุ่นจากโรงงานอุตสาหกรรม องค์ประกอบทางเคมีของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน จากอุตสาหกรรมแตกต่างกันตามชนิดของอุตสาหกรรม เป็นต้นว่า การใช้วัสดุเหลือใช้ เป็นเชื้อเพลิง เช่น ขี้เถ้า กะลาปาล์ม องค์ประกอบเด่น คือ K และคาร์บอน การใช้ถ่านหินเป็น เชื้อเพลิง องค์ประกอบเด่น คือ SO_4^{2-} และสารคาร์บอน การใช้ก๊าซธรรมชาติเป็นเชื้อเพลิง พบ สารประกอบอินทรีย์คาร์บอนสูง ทั้งนี้อาจเนื่องจากตัวอย่างที่ได้เป็นการอบผลิตภัณฑ์เคมี ได้แก่ ไย แก้ว และเม็ดพลาสติก เต็มไปด้วยของค์ประกอบเด่น คือ สารประกอบอินทรีย์คาร์บอนและสาร คาร์บอน การหลอมเหล็กองค์ประกอบเด่น ได้แก่ Fe และ Zn ฝุ่นเซรามิก องค์ประกอบเด่น คือ Si ฝุ่นจากการขัดไม้พบ Cl สูง

3.2.3 ฝุ่นดินและฝุ่นถนน องค์ประกอบทางเคมีเด่นของฝุ่นดิน ได้แก่ สารประกอบ อินทรีย์คาร์บอนและสารคาร์บอน องค์ประกอบทางเคมีอื่นที่พบสูงในระดับมากกว่า 1% ได้แก่ Si, Cs และ SO_4^{2-} องค์ประกอบทางเคมีเด่นของฝุ่นถนน ได้แก่ สารประกอบอินทรีย์คาร์บอนและสาร คาร์บอน แต่พบในปริมาณต่ำกว่าฝุ่นดิน องค์ประกอบทางเคมีอื่นที่พบสูงในระดับมากกว่า 1% ได้แก่ Si และ NH_4^+

3.2.4 ละอองไอทะเล และการผาชีวมวล ละอองไอทะเลมีธาตุองค์ประกอบเด่น คือ Na และ Cl องค์ประกอบทางเคมีอื่นที่พบสูงในระดับมากกว่า 1% ได้แก่ Mg, S, K และ Ca

การเผาชีวมวล องค์ประกอบทางเคมีเด่น ได้แก่ สารประกอบสารอินทรีย์คาร์บอน และสารคาร์บอน องค์ประกอบทางเคมีอื่นที่พบสูงในระดับมากกว่า 1% ได้แก่ K

3.3 ลักษณะภูมิประเทศและอุตุนิยมวิทยา(geography and meteorology)

จังหวัดสมุทรปราการ หรือที่เรียกกันทั่วไปว่า “เมืองปากน้ำ” ตั้งอยู่ปลายสุดของแม่น้ำ เจ้าพระยา ทางด้านเหนือของอ่าวไทย ระหว่างเส้นรุ้งที่ 13-14 องศาเหนือ และเส้นแวงที่ 100-101 องศาตะวันออก สมุทรปราการมีพื้นที่ประมาณ 1,004 ตารางกิโลเมตร (627,558 ไร่) ตั้งอยู่ภาค กลางของประเทศไทย ห่างจากกรุงเทพฯ ไปทางทิศตะวันออกเฉียงใต้ประมาณ 29 กิโลเมตร แบ่ง การปกครองออกเป็น 5 อำเภอ กับอีก 1 กิ่งอำเภอ ได้แก่ อำเภอเมืองสมุทรปราการ อำเภอพระ ประแดง อำเภอบางพลี อำเภอบางบ่อ อำเภอพระสมุทรเจดีย์ กิ่งอำเภอบางเสาธง มีอาณาเขตติดต่อกับ จังหวัดใกล้เคียง ดังนี้ ทิศเหนือ ติดต่อกับ กรุงเทพมหานคร ทิศใต้ ติดต่อกับ อ่าวไทย ทิศ ตะวันออก ติดต่อกับ จังหวัดฉะเชิงเทรา ทิศตะวันตก ติดต่อกับ กรุงเทพมหานคร



รูปที่ 3.5 แผนที่จังหวัดสมุทรปราการและจุดเก็บตัวอย่าง

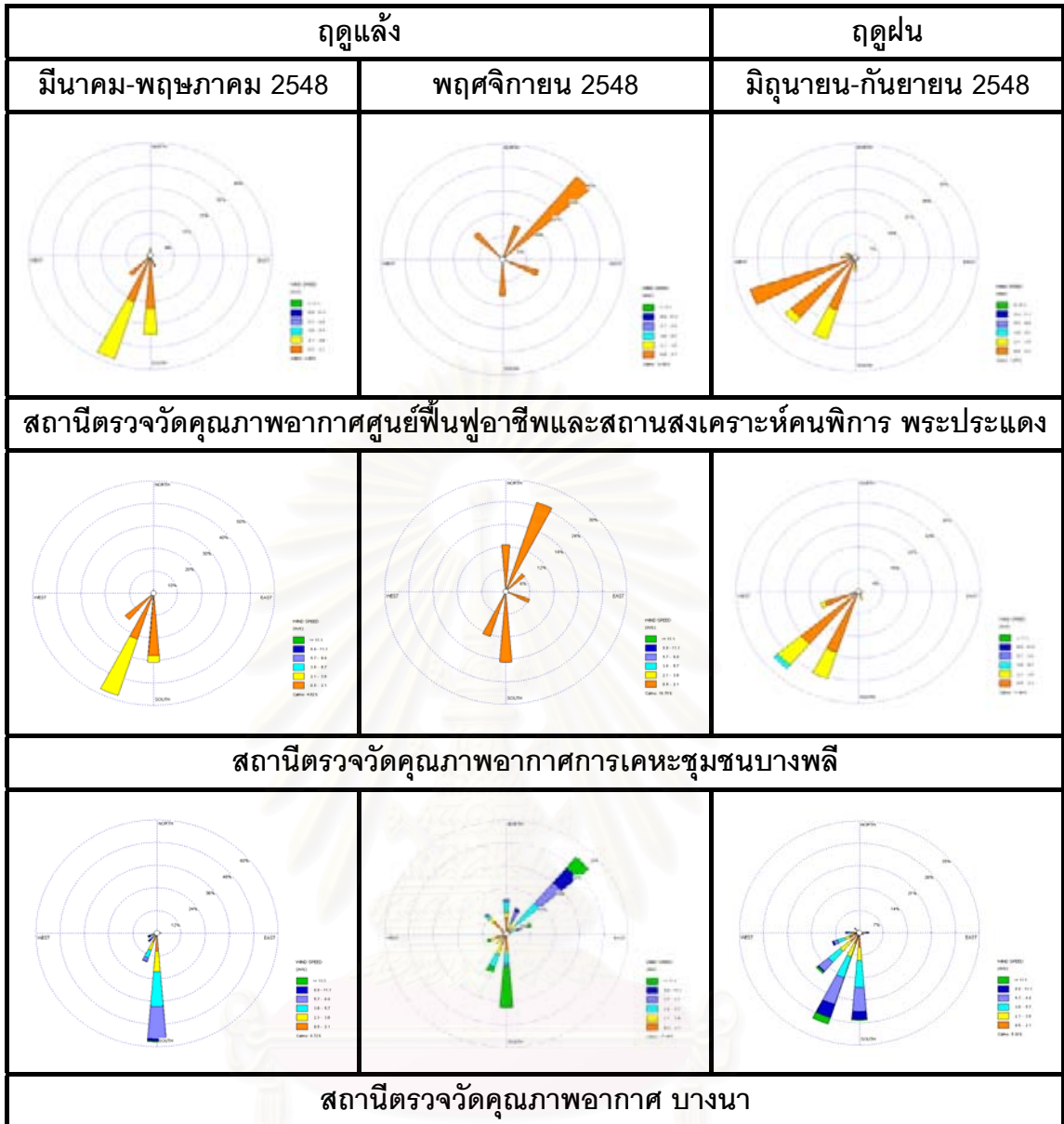
ลักษณะภูมิประเทศส่วนใหญ่พื้นที่เป็นที่ราบลุ่ม มีแม่น้ำเจ้าพระยาไหลผ่านกลาง แยกพื้นที่ออกเป็นด้านตะวันตกและด้านตะวันออกและมีลำคลองมากมาย โดยทั่วไปแล้วลักษณะภูมิประเทศของจังหวัดสามารถแบ่งพื้นที่ออกได้เป็น 3 ส่วน คือ

1. บริเวณแม่น้ำเจ้าพระยาทั้งสองฝั่ง ซึ่งเป็นที่ราบลุ่มทั้งหมด
2. บริเวณตอนใต้ใกล้ชายฝั่งทะเล น้ำทะเลท่วมถึงและพื้นดินจะเค็มจัดในฤดูแล้ง
3. บริเวณที่ราบกว้างใหญ่ทางตอนเหนือและตะวันออก ซึ่งจะเป็นที่ราบลุ่มติดต่อกัน

ตลอด มีคลองชลประทานหลายแห่ง

จังหวัดสมุทรปราการ เป็นจังหวัดชายทะเล ได้รับอิทธิพลของลมบกลมทะเลจึงทำให้อากาศไม่ร้อนจัดหรือหนาวจัด ในช่วงฤดูร้อนมีความชื้นในอากาศสูงเนื่องจากได้รับอิทธิพลของลมทะเลจากอ่าวไทย และลมตะวันตกเฉียงใต้ ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยทั้งปีเท่ากับ 1,756.3 มิลลิเมตร จำนวนวันที่ฝนตกเฉลี่ยทั้งปี 99 วัน เดือนตุลาคมเป็นเดือนที่มีน้ำฝนมากที่สุด และเดือนธันวาคมเป็นเดือนที่มีน้ำฝนน้อยที่สุด อากาศไม่ค่อยหนาวนัก อุณหภูมิของจังหวัดเฉลี่ยทั้งปีสูงสุด 35.1 องศาเซลเซียส อุณหภูมิโดยเฉลี่ยต่ำสุด 20.4 องศาเซลเซียส (กรมอุตุนิยมวิทยา, 2548)

ลักษณะของทิศทางการในช่วงที่ทำการศึกษาดังรูปที่ 3.6



รูปที่ 3.6 ฝั่งลมแสดงทิศทางลมในช่วงระหว่างที่ทำการเก็บตัวอย่างฝุ่น PM₁₀

3.4 พารามิเตอร์ที่ทำการศึกษา

องค์ประกอบทางเคมีของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน ได้แก่ คาร์บอนอินทรีย์ (organic carbon), คาร์บอนธาตุ (elemental carbon) ไอออนละลายน้ำ 6 ชนิด ได้แก่ แอมโมเนียมไอออน (NH₄⁺), โซเดียมไอออน (Na⁺), โพแทสเซียมไอออน (K⁺), คลอไรด์ไอออน (Cl⁻), ไนเตรทไอออน (NO₃⁻), ซัลเฟตไอออน (SO₄²⁻) ธาตุโลหะและอโลหะ 29 ชนิด ได้แก่ Na, Mg, Al, Si, P, Sc, Ti, V, Cr, Fe, S, Cl, K, Ca, Co, Ni, Cu, Zn, As, Se, Br, Sb, Te, I, Cs, Ba, Ce, Pt, Pb ซึ่งขึ้นอยู่กับค่า detection limit ว่าจะวิเคราะห์ได้หรือไม่

การศึกษาวิจัยนี้เพื่อหาความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนและสัดส่วนของแหล่งกำเนิดต่อแหล่งรับนั้นจำเป็นต้องมีการเก็บตัวอย่างฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน การวิเคราะห์หองค์ประกอบทางเคมีและการประมวลผลจากแบบจำลองคุณภาพมวลเคมีและการทำ factor analysis ฉะนั้นรายการอ้างอิงหรือมาตรฐานของวิธีกาและประมวลผลเหล่านี้จึงมีความสำคัญอย่างยิ่ง จึงได้นำมาสรุปรวมกันดังตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.2 รายการอ้างอิงสำหรับการวิจัย

การวิเคราะห์	รายการอ้างอิง
1. การเก็บตัวอย่างฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนในบรรยากาศ	Mini Volume Portable Air Sample Operation Manual
2. การหาความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนในบรรยากาศ	World Health Organization, 1976
3. การวิเคราะห์ธาตุองค์ประกอบ	Guidelines for PM-10 Sampling and Analysis Applicable to Receptor Modeling
4. การวิเคราะห์หาไอออนละลายน้ำ	Guidelines for PM-10 Sampling and Analysis Applicable to Receptor Modeling Standard Method for the Examination of Water and Wastewater
5. การวิเคราะห์หาคาร์บอน	อัมพร, 2543
6. การทำความสะอาดเครื่องแก้ว	U.S. EPA, 1989
7. การประมวลผลด้วยแบบจำลองคุณภาพมวลเคมี	EPA-CMB 8.2 Users Manual
8. การประมวลผลด้วย Factor Analysis – Multiple Regression	Thurston and Spengler, 1984

3.5 การเก็บตัวอย่างฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนในบรรยากาศ

3.5.1 การตรวจวัดความเข้มข้นฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนในบรรยากาศจะใช้เครื่องเก็บ Mini Volume Air Sampler

3.5.2 จุดเก็บตัวอย่างฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนจะใช้จุดตรวจวัด 4 จุด คือ ศูนย์พื้นฟูอาชีพและสถานสงเคราะห์คนพิการพระประแดง โรงเรียนวัดกิ่งแก้ว โรงเรียนปากคลองมอญ โรงเรียนคลองเจริญราษฎร์

3.5.3 ระยะเวลาการตรวจวัดแบ่งเป็น 2 ช่วงเวลา ได้แก่

- 1) ช่วงฤดูแล้ง ตั้งแต่ 29 มีนาคม พ.ศ. 2548 – 31 พฤษภาคม พ.ศ. 2548 และมี การเก็บตัวอย่างเพิ่มเติมตั้งแต่ 1 ตุลาคม พ.ศ. 2548 – 30 พฤศจิกายน พ.ศ. 2548 จำนวนตัวอย่างเท่ากับ 30 ตัวอย่าง ต่อ 1 สถานี รวมทั้งสิ้น 120 ตัวอย่าง ต่อ 4 จุด
- 2) ช่วงฤดูฝน ตั้งแต่ 1 มิถุนายน พ.ศ. 2548 – 30 กันยายน พ.ศ. 2548 จำนวนเท่ากับ 30 ตัวอย่าง ต่อ 1 สถานี รวมทั้งสิ้น 120 ตัวอย่าง ต่อ 4 จุด

โดยทำการเก็บตัวอย่าง 5 วัน หยุด 1 วัน และในแต่ละครั้งของการเก็บตัวอย่างตัวอย่างที่สามารถใช้ได้จะต้องเป็นตัวอย่างที่เก็บได้ครบ 24 ชั่วโมง

3.5.4 ทรายกรองที่นำมาใช้ คือ ทรายกรองเทฟลอน (teflon fiber filter) จะใช้นำมาวิเคราะห์หาธาตุองค์ประกอบทางเคมีและวิเคราะห์หาไอออนละลายน้ำและทรายกรองควอทซ์ (quartz fiber filter) จะใช้นำมาวิเคราะห์หาคาร์บอน

3.6 การหาความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน ในบรรยากาศ

3.6.1 น้ำหนักของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน ในบรรยากาศที่เก็บได้บนทรายกรองหาได้จากการชั่งน้ำหนักทรายกรองก่อนและหลังการเก็บตัวอย่าง โดยจะนำทรายกรองควอทซ์ไปเผาที่อุณหภูมิ 650 องศาเซลเซียส เพื่อไล่คาร์บอนที่ค้างอยู่บนทรายกรองแล้วนำทรายกรองควอทซ์และเทฟลอนใส่ในเคสซิเคเตอร์และชั่งน้ำหนัก เมื่อเก็บตัวอย่างเรียบร้อยแล้วนำทรายกรองที่มีฝุ่นอยู่บนทรายกรองมาใส่ในเคสซิเคเตอร์เพื่อปรับสภาพให้เหมือนกับทรายกรองก่อนออกเก็บตัวอย่างแล้วนำมาชั่งน้ำหนัก เมื่อน้ำหนักฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน มีการเปลี่ยนแปลงให้นำไปใส่ในเคสซิเคเตอร์อีกครั้ง จนน้ำหนักไม่มีการเปลี่ยนแปลง

3.6.2 ก่อนการออกเก็บตัวอย่างจะมีการปรับเทียบอัตราการไหลโดยการใช้เครื่องวัดอัตราการไหล (flow meter) ซึ่งจะทำการปรับเทียบทุกๆ 5 วัน

3.6.3 ความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน ได้โดยการคำนวณจาก

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

เมื่อ

- PM10 = ความเข้มข้นฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน ในบรรยากาศ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
A = น้ำหนักกระดาศกรองก่อนการเก็บตัวอย่าง (g)
B = น้ำหนักกระดาศกรองหลังการเก็บตัวอย่าง (g)
V = ปริมาตรอากาศทั้งหมด (m^3)

3.7 การวิเคราะห์หาคาร์บอนประกอบทางเคมี

3.7.1 การวิเคราะห์ธาตุองค์ประกอบ

1. กระดาศกรองที่ใช้ในการวิเคราะห์คือ กระดาศกรองเทฟลอน
2. การวิเคราะห์ธาตุองค์ประกอบจะใช้เครื่อง X-ray fluorescent spectrophotometer
3. การวิเคราะห์โดยศูนย์เครื่องมือจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
4. ธาตุที่ทำการวิเคราะห์ ได้แก่ Na, Mg, Al, Si, P, Sc, Ti, V, Cr, Fe, S, Cl, K, Ca, Co, Ni, Cu, Zn, As, Se, Br, Sb, Te, I, Cs, Ba, Ce, Pt, Pb

3.7.2 การวิเคราะห์คาร์บอน

1. กระดาศกรองที่ใช้ในการวิเคราะห์คือ กระดาศกรองควอทซ์
2. การวิเคราะห์คาร์บอนจะใช้เครื่อง CHNS/O
3. การวิเคราะห์โดยศูนย์เครื่องมือจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
4. คาร์บอนที่ทำการวิเคราะห์ ได้แก่ คาร์บอนอินทรีย์ (organic carbon), คาร์บอนธาตุ (elemental carbon)

3.7.3 การวิเคราะห์หาไอออนที่ละลายน้ำได้

1. การเตรียมตัวอย่าง

นำกระดาศกรองเทฟลอนที่ผ่านการวิเคราะห์หาธาตุองค์ประกอบแล้วมาทำการสกัดไอออนละลายน้ำ

- 1) สารเคมี
น้ำปราศจากไอออน (Deionized Water)
- 2) อุปกรณ์
(1) กรรไกรเซรามิกซ์
(2) บีกเกอร์ 100 มิลลิลิตร
(3) กระดาศกรอง GF/C ขนาด 47 มิลลิเมตร
(4) เครื่องอัลตราโซนิก
(5) Volumetric Flask 100 ml.

- (6) Brusner 180/45
 - (7) แท่งแก้วคน
 - (8) พาราฟิล์ม
- 3) วิธีการเตรียมตัวอย่างจากกระดาษกรองที่มีฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอนจากกระดาษกรองเทฟลอน
- (1) นำกระดาษกรองเทฟลอนมาใส่ในบีกเกอร์ขนาด 100 มิลลิลิตร โดยไม่ต้องตัด เติมน้ำปราศจากไอออนปริมาตร 50 มิลลิลิตร นำแท่งแก้วคนมาคดทับกระดาษกรองไว้เพื่อไม่ให้กระดาษกรองลอยขึ้นมาและปิดบีกเกอร์ด้วยพาราฟิล์ม
 - (2) นำบีกเกอร์วางไว้ในอ่างอัลตราโซนิกซึ่งในอ่างมีน้ำใส่ไว้ประมาณครึ่งอ่างเป็นเวลา 30 นาที อุณหภูมิประมาณ 30 องศาเซลเซียส ความถี่ 50 hertz
 - (3) นำบีกเกอร์ออกจากอ่างอัลตราโซนิกและทิ้งไว้ให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง
 - (4) ล้างพาราฟิล์ม แท่งแก้วคนและด้านข้างของบีกเกอร์ด้วยน้ำปราศจากไอออน
 - (5) เทสารละลายในบีกเกอร์ลงใน Volumetric Flask ขนาด 100 มิลลิลิตร โดยเทผ่านกระดาษกรอง GF/C
 - (6) เติมน้ำปราศจากไอออนลงในบีกเกอร์จนถึงขีด 40 มิลลิลิตร แล้วปิดด้วยพาราฟิล์มและทิ้งไว้ประมาณ 30 นาที เพื่อให้ไอออนละลายออกมาให้หมด
 - (7) เทสารละลายในบีกเกอร์ลงใน Volumetric Flask โดยเทผ่านกระดาษกรอง GF/C
 - (8) ล้างกระดาษกรองและบีกเกอร์อีก 2 ครั้ง ด้วยน้ำปราศจากไอออนและเติมน้ำปราศจากไอออนลงใน Volumetric Flask จนได้ปริมาตรเป็น 90 มิลลิลิตร
 - (9) ปิดฝาและเขย่า Volumetric Flask แล้วตั้งทิ้งไว้ประมาณ 5 นาที หรือจนฟองหายไป
 - (10) ปรับปริมาตรให้ได้ 100 มิลลิลิตรและผสมให้เข้ากัน
 - (11) เก็บสารละลายที่เตรียมได้ไว้ในตู้เย็นอุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส
2. การเตรียมตัวอย่างของกระดาษกรองที่ยังไม่ได้ใช้เพื่อทำBlank

ให้ทำโดยใช้วิธีเดียวกันกับข้อ 3 ของวิธีการเตรียมตัวอย่างของการหาไอออนละลายน้ำได้เพียงแต่เปลี่ยนจากกระดาษกรองเทฟลอนที่มีฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอนเป็นกระดาษกรองเทฟลอนที่ยังไม่ได้ใช้แทน

3. วิเคราะห์ไอออนโดยใช้เครื่อง Ion Chromatograph, Atomic Absorption Spectrometers และ UV Spectrometer

- 1) เครื่อง Ion Chromatograph ที่ใช้วิเคราะห์ไอออนลบ Cl^- , NO_3^- , SO_4^{2-} คือ เครื่อง Ion Chromatograph (Dionex, ICS2500) ใช้ Column AS12A
- 2) เครื่อง Atomic Absorption Spectrometer (GBC, Avanta) ที่ใช้วิเคราะห์ไอออนบวก Na^+ , K^+
- 3) เครื่อง UV Spectrograph จะใช้ในการวิเคราะห์หา NH_4^+ โดยจะใช้วิธีอินดอปปิโนล (indophenols method)

3.8 การทำความสะอาดเครื่องแก้ว

1. ล้างเครื่องแก้วด้วยน้ำประปาและน้ำปราศจากไอออนให้สะอาด
2. เติมกรดไนตริกที่มีความเข้มข้น 20% w/w (AR Grade) ลงไปในเครื่องแก้วและแช่ไว้เป็นเวลา 4 ชั่วโมง ส่วนเครื่องแก้วที่ไม่สามารถกักเก็บกรดไนตริกได้ เช่น ปิเปตต์ ให้แช่ไว้ในบีกเกอร์และกระบอกตวง 1000 มิลลิลิตร ที่มีกรดไนตริกความเข้มข้นเท่ากัน
3. นำเครื่องแก้วที่แช่เสร็จแล้วมาทำการล้างด้วยน้ำปราศจากไอออน 3 ครั้ง
4. ตากและเก็บเครื่องแก้วไว้ในอุปกรณ์ป้องกันฝุ่นจากสิ่งแวดล้อมภายนอก

3.9 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้

3.9.1 เครื่องเก็บตัวอย่างฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน ชนิด PM10 Mini Volume Air Sampler

อุปกรณ์การเก็บตัวอย่างฝุ่น Mini Volume Air Sampler ซึ่งมีขนาดเล็กเคลื่อนย้ายได้ง่าย และใช้แบตเตอรี่จึงสะดวกในการติดตั้งในพื้นที่ที่ไม่มีไฟฟ้า เครื่องเก็บตัวอย่างทั้งหมดต้องทำการสอบเทียบอัตราการไหลของอากาศด้วยเครื่องสอบเทียบอัตราการไหล (primary flow meter) การเก็บตัวอย่างแบ่งออกเป็น 2 ช่วง คือ ฤดูแล้ง และฤดูฝน



รูปที่ 3.7 เครื่องเก็บตัวอย่างฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 10 ไมครอน ชนิด Mini Volume Air Sampler

3.9.2 เครื่อง X-ray Fluorescence Spectrophotometer, XRF

การวิเคราะห์ธาตุโลหะและอโลหะในตัวอย่างฝุ่นด้วยวิธี X-ray Fluorescence ใช้เครื่องรุ่น XRF-EDS (Oxford ED 2000) ที่ศูนย์เครื่องมือวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หลักการของเครื่องเป็นการตรวจวัดค่ารังสีเอ็กซ์เฉพาะที่เกิดจากการที่ตัวอย่างถูกกระตุ้นด้วยรังสีจากหลอดรังสีเอ็กซ์หรือจากแหล่งกำเนิดรังสีรังสีจากหลอดรังสีเอ็กซ์หรือจากแหล่งกำเนิดรังสีจะถูกดูดกลืนโดยตัวอย่างหรือทะลุผ่านตัวอย่างนั้นๆ ซึ่งกระบวนการที่มีการถ่ายเทและแลกเปลี่ยนพลังงานกับอิเล็กตรอนส่วนในสุด เรียกว่า “ Photo-electric Effect ” ถ้ารังสีมีพลังงานเพียงพอจะส่งผลให้อิเล็กตรอนชั้นในสุดหลุดออกมาและอิเล็กตรอนชั้นนอกจะเข้าไปแทนที่อิเล็กตรอนชั้นใน ในการแทนที่ของอิเล็กตรอนนี้จะปล่อยพลังงานออกมาซึ่งเรียกว่า เอ็กซ์เรย์ฟลูออเรสเซนซ์ หรือ XRF โดยธาตุแต่ละชนิดจะมีค่ารังสีเอ็กซ์เฉพาะที่ต่างกัน ดังนั้นการตรวจวัดรังสีเอ็กซ์เฉพาะ ทำให้ทราบถึงธาตุองค์ประกอบได้



รูปที่ 3.8 เครื่อง XRF-EDS (Oxford ED 2000)

3.9.3 CHNS/O analyzer (รุ่น Perkin Elmer PE2400 Series II)

เครื่องวิเคราะห์คาร์บอน ไฮโดรเจน ไนโตรเจน ซัลเฟอร์และออกซิเจน นี้ เป็นเครื่องวิเคราะห์แบบอัตโนมัติสำหรับการหาปริมาณธาตุที่เป็นองค์ประกอบของสารอินทรีย์ โดยในการวิจัยนี้จะทำการหา OC (organic carbon) และ EC (elemental carbon) จากฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน บนกระดาษกรองควอทซ์

ในการวิเคราะห์หา OC จะเผาที่อุณหภูมิ 650 องศาเซลเซียส ในสภาวะที่มีฮีเลียม แต่ไม่มีออกซิเจน และหา TC (total carbon) จะเผาที่อุณหภูมิ 925 องศาเซลเซียส ในสภาวะที่มีฮีเลียมและมีออกซิเจน

$$EC = TC - OC \quad (3.1)$$

เมื่อ

EC = Elemental Carbon

TC = Total Carbon

OC = Organic Carbon



รูปที่ 3.9 เครื่อง CHNS/O Analyzer (Perkin Elmer PE 2400 Series)

3.9.4 เครื่องวัดสารไอออนได้แก่ Ion Chromatograph, Atomic Absorbtion Spectrometer และ UV Spectrometer

เครื่อง Ion Chromatograph เป็นเทคนิคทางการแลกเปลี่ยนไอออน เพื่อใช้หาสารอนินทรีย์และสารอินทรีย์ที่มีประจุ โดยทั่วไปจะวิเคราะห์สารประเภทนี้ที่มีปริมาณน้อยๆ และใช้เทคนิคในการหาไอออนที่มีปริมาณต่ำๆ ในสารละลาย

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 3.10 เครื่อง Ion Chromatograph (Dionex, ICS2500)

เครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometer เป็นการตรวจวัดค่าการดูดกลืนแสงที่เกิดขึ้นจากอะตอมของโลหะที่ถูกกระตุ้นให้เปลี่ยนสถานะจากสถานะปกติ (ground state) เป็นสถานะถูกกระตุ้น (excited state) ค่าการดูดกลืนแสงที่เกิดขึ้นแปรผันกับความเข้มข้นของโลหะในตัวอย่าง ทำให้สามารถนำค่าการดูดกลืนไปแปรค่าเป็นความเข้มข้นได้โดยเปรียบเทียบกับสารละลายมาตรฐาน

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 3.11 เครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometer

เครื่อง UV Spectrophotometer เป็นการตรวจวัดค่าการดูดกลืนของแสง เมื่อแสงหรือรังสีที่อยู่ในช่วงความยาวคลื่นประมาณ 200-800 นาโนเมตร ผ่านเข้าไปในวัตถุใสบางส่วนเกิดการสะท้อน บางส่วนกระเจิง บางส่วนถูกดูดกลืน บางส่วนผ่านทะลุออกไป ถ้าให้แสงที่ทะลุออกไปนั้นผ่านเครื่องกระจายแสง เช่น ปริซึม จะเห็นว่าสเปกตรัมหายไปส่วนหนึ่ง ส่วนที่หายไปนี้เรียกว่า Absorption Spectrum พลังงานที่ถูกดูดกลืนไปนั้นจะทำให้โมเลกุลหรืออะตอมเปลี่ยนระดับจาก Ground State ไปเป็น Excited State ค่าการดูดกลืนแสงของตัวอย่างแปรผันกับความเข้มข้น เมื่อนำค่าการดูดกลืนแสงของสารตัวอย่างไปเปรียบเทียบกับกราฟมาตรฐานจะทำให้ทราบความเข้มข้นของสารตัวอย่าง



รูปที่ 3.12 เครื่อง UV Spectrophotometer

3.9.5 ก่อ้งใส่กระดาษกรองและ Zip Lock Bag

ก่่งใส่กระดาษกรองจะเป็นก่่งพลาสติกที่ทำความสะอาดและผ่านการอบแล้ว นำมาใส่กระดาษกรองไว้ด้านในทั้งก่อนเก็บและหลังเก็บก่อนจะนำมาใส่ไว้ในถุง zip lock bag อีกครั้ง ก่่งนี้เป็นอุปกรณ์ในการใส่กระดาษกรองเพื่อป้องกันการปนเปื้อนขณะขนย้ายทั้งก่อนและหลังการเก็บตัวอย่างฝุ่นละอองรวมและยังป้องกันสิ่งที่จะก่อให้เกิดความเสียหายต่อกระดาษกรองได้ ก่่งจะมีลักษณะเหมือนกับซองใส่ยาทั่วไปจะปิดกั้นการเข้าและออกของฝุ่นละออง

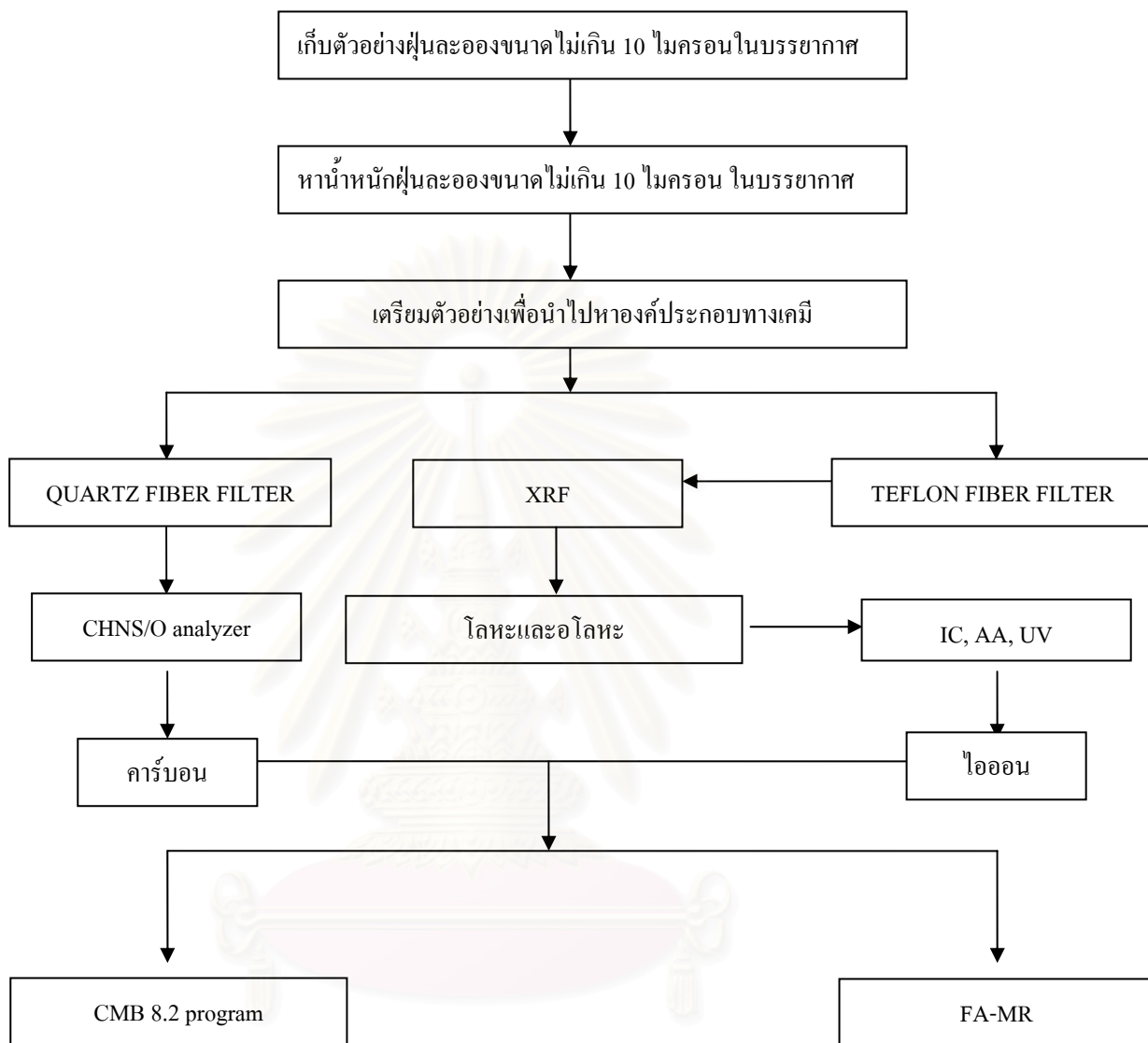
3.9.6 กระดาษกรองควอทซ์(quartz fiber filter)

โดยทั่วไปกระดาษกรองควอทซ์เป็นกระดาษกรองที่ใช้ในการวิเคราะห์เพื่อหาคาร์บอนเป็นหลักเนื่องจากทนความร้อนได้สูง ข้อเสียสำคัญของกระดาษกรองควอทซ์คือ จะแตกหักได้ง่ายเพราะฉะนั้นจึงต้องมีการดูแลอย่างดีในระหว่างการเก็บตัวอย่างอากาศ

3.9.7 กระดาษกรองเทฟลอน(teflon membrane filter)

กระดาษกรองเทฟลอนเป็นกระดาษกรองที่ใช้ในการวิเคราะห์เพื่อหาปริมาณธาตุที่เป็นโลหะและอโลหะเป็นหลักเนื่องจากไม่มีส่วนประกอบของพวกโลหะและอโลหะในเนื้อกระดาษกรอง แต่มีข้อเสียคือเป็นกระดาษกรองที่มีราคาแพงและมีความต้านทานการไหลของอากาศมาก

สรุปแผนผังการทดลองและการวิเคราะห์



รูปที่ 3.13 แผนผังแสดงแผนงานการทดลองและการวิเคราะห์

3.10 การวิเคราะห์ข้อมูล

ในการวิเคราะห์ข้อมูลจะวิเคราะห์ทางด้านความเข้มข้นของฝุ่นละอองรวมกับมาตรฐานคุณภาพในบรรยากาศ ลักษณะองค์ประกอบทางเคมีจากแหล่งกำเนิดและจากบรรยากาศและใช้โปรแกรมแบบจำลองคุณภาพมลเคมีรุ่นที่ 8.2 และ Factor Analysis - Multiple Regression ซึ่งเป็นโปรแกรมที่ทำการคิดค้นและพัฒนาจาก US EPA และ โปรแกรมใน SPSS ตามลำดับ เพื่อใช้ในการวิเคราะห์หาความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนจากแหล่งกำเนิดและประมาณสัดส่วนจากแหล่งกำเนิด รายละเอียดของการวิเคราะห์เป็นดังนี้

3.10.1 วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีจากแหล่งรับเพื่อหาสัดส่วนแหล่งกำเนิดที่มีผลต่อแหล่งรับนั้น โดยใช้โปรแกรม CMB 8.2 และ Factor Analysis - Multiple Regression

3.10.2 เปรียบเทียบสัดส่วนการกระจายแหล่งกำเนิดระหว่างโปรแกรม CMB 8.2 และ Factor Analysis - Multiple Regression

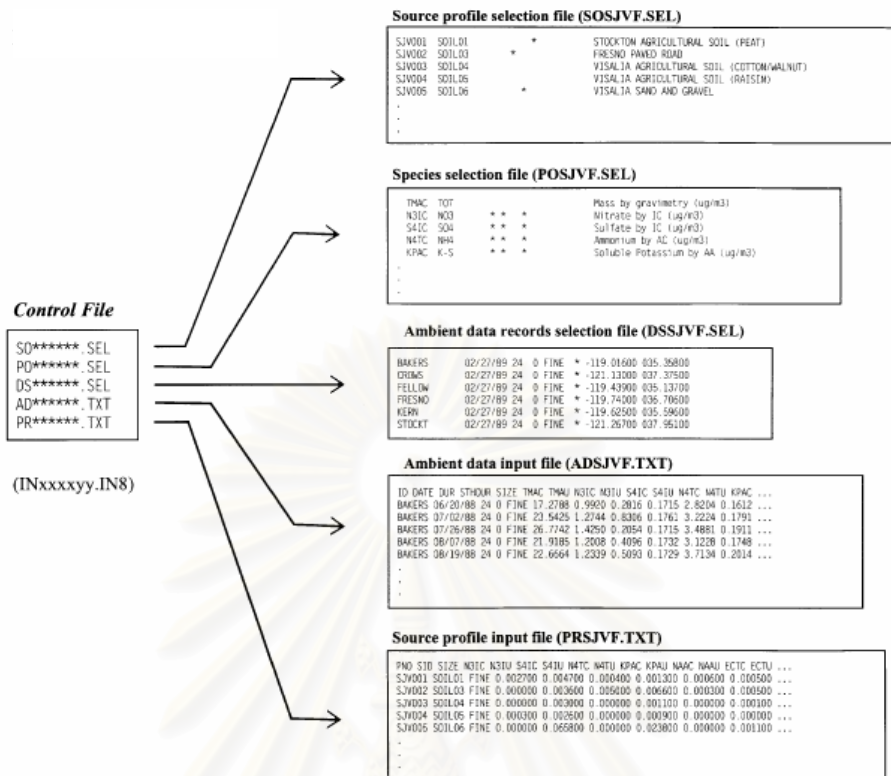
3.10.3 CMB 8.2 Program

(1) การใส่ข้อมูล

การใส่ข้อมูลลงในโปรแกรมนี้จะต้องไฟล์ที่สร้างขึ้นทั้งหมด 5 ไฟล์ด้วยกัน ได้แก่

- 1) ข้อมูลตัวอย่างของแหล่งกำเนิดที่ใช้ในโปรแกรม (source profile selection file) จะมีนามสกุลเป็น .sel
- 2) ข้อมูลตัวอย่างขององค์ประกอบทางเคมีที่ใช้ในโปรแกรม (species selection file) จะมีนามสกุลเป็น .sel
- 3) ข้อมูลตัวอย่างในบรรยากาศที่ทำการเก็บตัวอย่าง (ambient data record selection file) จะมีนามสกุลเป็น .sel
- 4) ข้อมูลตัวเลขที่เป็นองค์ประกอบที่วิเคราะห์ได้ในบรรยากาศในแต่ละวันที่ทำการเก็บตัวอย่าง (ambient data input file) จะมีนามสกุลเป็น .txt
- 5) ข้อมูลตัวเลขที่เป็นองค์ประกอบที่วิเคราะห์ได้ของแหล่งกำเนิดแต่ละแหล่ง (source profile input file) จะมีนามสกุลเป็น .txt

แผนผังของไฟล์ข้อมูลแสดงดังรูปที่ 3.12



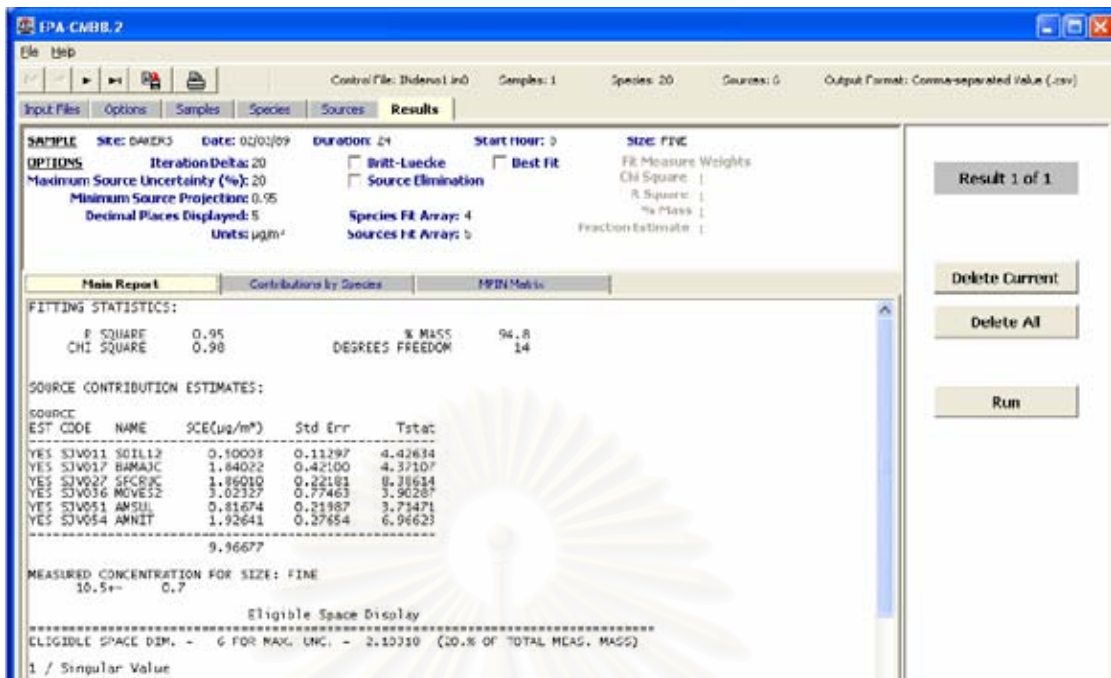
รูปที่ 3.14 แผนผังแสดงไฟล์ที่ต้องทำขึ้นก่อนจะทำการวิเคราะห์

2. การแสดงผลของข้อมูล

ผลที่แสดงออกมามีค่า

- 1) R – Square
- 2) Chi – Square
- 3) Percent Mass
- 4) ความเข้มข้นฝุ่นที่มาจากแหล่งกำเนิดแต่ละแหล่งที่มีผลต่อจุดตรวจวัดนั้นๆ
- 5) ความเข้มข้นของฝุ่นละอองที่ได้จากการคำนวณ

แสดงดังรูปที่ 3.13



รูปที่ 3.15 หน้าจอแสดงผลของรายงานที่ได้

3.10.4 Factor Analysis - Multiple Regression

ขั้นตอนการวิเคราะห์หองค์ประกอบ

1. เก็บข้อมูล
2. สร้างเมตริกสหสัมพันธ์
3. หองค์ประกอบ
4. หมุนแกน
5. เลือกค่า loading
6. ตั้งชื่อองค์ประกอบ
7. นำไปวิเคราะห์ต่อโดยวิธี multiple regression

1. การเก็บข้อมูล ข้อมูลที่ต้องจัดเก็บ คือ ตัวแปรต่างๆ ที่ต้องการวิเคราะห์ ซึ่งอาจจะเป็นคุณสมบัติของบุคคล สิ่งของ เขตภูมิศาสตร์ หรือจำนวนตัวแปร การจัดเก็บข้อมูลทำเหมือนกับการวิเคราะห์เทคนิคอื่นๆ

2. สร้างเมตริกสหสัมพันธ์ ใช้ในกรณีที่มีจำนวนตัวแปรและจำนวนกลุ่มตัวอย่างหรือประชากรมีมาก การใช้ข้อมูลดิบในการวิเคราะห์ข้อมูลสิ้นเปลืองทั้งเวลาค่าใช้จ่าย ผู้วิจัยควรหันมาใช้เมตริกค่าสหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรข้อมูลดิบ

นอกจากนี้เมตริกยังบอกให้ทราบว่าตัวแปรมีความสัมพันธ์กับตัวแปรใดมากน้อยเพียงใด ซึ่งจะช่วยให้ตัดสินใจได้ว่าตัวแปรใดควรใช้ในการวิเคราะห์องค์ประกอบในขั้นต่อไป เพราะหากตัวแปรบางตัวมีความสัมพันธ์กับตัวแปรอื่นน้อยมากก็ควรตัดทิ้งไป

3. การหาองค์ประกอบ เป็นการค้นหาจำนวนองค์ประกอบที่มีความสามารถเพียงพอในการอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรที่สังเกตได้ ซึ่งมีวิธีการให้เลือกดังนี้

- 1) Maximum Likelihood Method
- 2) Least-Squares Method
- 3) Alpha Factoring
- 4) Image Factoring
- 5) Principal Component Analysis

ซึ่งในงานวิจัยนี้จะใช้วิธี Principal Component Analysis ผลลัพธ์ที่ได้จากการวิเคราะห์องค์ประกอบ จะช่วยในการตัดสินใจเกี่ยวกับจำนวนองค์ประกอบเพื่อเก็บไว้สำหรับใช้ในการวิเคราะห์ขั้นต่อไป การกำหนดองค์ประกอบให้ดูที่ค่า eigenvalue > 1 เพราะค่า eigenvalue เป็นค่าที่บอกถึงความสามารถขององค์ประกอบว่าอธิบายความแปรปรวนของกลุ่มตัวแปรได้มากน้อยเพียงไร โดยปกติถ้าองค์ประกอบนั้นอธิบายความแปรปรวนของกลุ่มตัวแปรได้น้อยกว่า 1 eigenvalue ก็ไม่มีประโยชน์ที่จะนำองค์ประกอบนั้นมาใช้

4. หมุนแกน เนื่องจากก่อนการหมุนแกนตัวแปรแต่ละตัวมีค่า loading สูงมาก เนื่องจากตัวแปรบางตัวสามารถเป็นสมาชิกขององค์ประกอบได้มากกว่า 1 องค์ประกอบจึงยากในการแปลความหมายข้อมูล วิธีเดียวที่จะแปลผลได้ ต้องหมุนแกนเพื่อทำให้ตัวแปรบางตัวที่เดิมเป็นสมาชิกหลายขององค์ประกอบกลายเป็นสมาชิกขององค์ประกอบใดองค์ประกอบหนึ่งอย่างเด่นชัด ซึ่งมี 2 วิธีให้เลือก

- 1) Orthogonal ใช้ในกรณีที่ตัวแปรแต่ละตัวเป็นอิสระจากกัน การหมุนแกนวิธีนี้มีให้เลือก 3 แบบ คือ
- 2) Varimax
- 3) Equamax
- 4) Quartimax
- 5) Oblique ใช้ในกรณีที่ตัวแปรแต่ละตัวมีความสัมพันธ์กัน โดยหมุนแบบ oblimin

ในการวิจัยนี้เลือกใช้วิธี varimax องค์ประกอบที่ผ่านการหมุนแกนแล้ว จะมีค่า loading กระจายระหว่างองค์ประกอบ จึงง่ายต่อการแปลผล

5. เลือกค่า loading เป็นการแยกว่าตัวแปรใดควรจะอยู่ในองค์ประกอบใด โดยพิจารณาจากค่า loading ของตัวแปรต่างๆ ว่ามีค่ามากที่สุดอยู่ที่องค์ประกอบใด ก็จัดให้อยู่ในองค์ประกอบนั้นแต่มีข้อแม้ว่า loading ควรจะมีค่าตั้งแต่ .3 ขึ้นไป

6. การตั้งชื่อองค์ประกอบ เมื่อคัดเลือกตัวแปรเข้าในองค์ประกอบแล้ว ต่อไปก็ต้องตั้งชื่อองค์ประกอบโดยอาจจะตั้งตามความคล้ายคลึงกันของตัวแปรที่อยู่ในองค์ประกอบ หรือตามโครงสร้างของทฤษฎีที่ผู้วิจัยได้ศึกษามา หรือตั้งชื่อใหม่ที่สอดคล้องกับแนวความคิดของผู้วิจัยเอง โดยตั้งชื่อสั้นๆ แต่ควรจะสื่อความหมายของตัวแปรทุกตัวที่อยู่ในองค์ประกอบนั้นได้

7. การนำค่า factor score ที่ได้ไปใส่ในโปรแกรม multiple regression เพื่อหาองค์ประกอบที่มีนัยสำคัญทางสถิติ และหาสัดส่วนขององค์ประกอบนั้นๆ

3.11 ระยะเวลาในการดำเนินงานวิจัย

แผนการดำเนินการวิจัยและระยะเวลาในการตรวจวัดเป็นดังตารางที่ 3.3



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 3.3 แผนการดำเนินงานวิจัยและระยะเวลาการตรวจวัด

ขั้นตอน	(เริ่มทำวิทยานิพนธ์เมื่อเดือน...มิถุนายน... พ.ศ. 2548...)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1	ค้นคว้าเอกสารและรวบรวมข้อมูล	—																	
2	ศึกษาลักษณะสภาพพื้นที่			—	—														
3	เก็บตัวอย่างเพื่อวิเคราะห์				—	—	—	—	—	—	—	—							
4	เสนอโครงร่างวิทยานิพนธ์												—						
5	วิเคราะห์ตัวอย่างในห้องปฏิบัติการ											—	—	—	—	—	—	—	—
6	รวบรวมและวิเคราะห์ผลการทดลอง											—	—	—	—	—	—	—	—
7	สรุปรายงานการวิจัย														—	—	—	—	—
8	จัดทำวิทยานิพนธ์ฉบับสมบูรณ์															—	—	—	—
9	การเสนอวิทยานิพนธ์																	—	—

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

4.1 จำนวนตัวอย่าง

วันที่ทำการเก็บตัวอย่างฝุ่นละอองในบรรยากาศในช่วงฤดูแล้งและฤดูฝนของทั้ง 4 แห่งรับ ได้แก่ ศูนย์ฟื้นฟูอาชีพและสถานสงเคราะห์คนพิการพระประแดง (site 1) โรงเรียนวัดกิ่งแก้ว (site 2) โรงเรียนปากคลองมอญ (site 3) และโรงเรียนคลองเจริญราษฎร์ (site 4) ในช่วงฤดูแล้งดำเนินการเก็บตัวอย่างตั้งแต่วันที่ 29 มีนาคม พ.ศ. 2548 ถึงวันที่ 31 พฤษภาคม พ.ศ. 2548 และมีการเก็บตัวอย่างเพิ่มเติมในช่วงวันที่ 6 พฤศจิกายน พ.ศ. 2548 ถึงวันที่ 25 พฤศจิกายน พ.ศ. 2548 ตัวอย่างที่นำมาทำการวิเคราะห์มีทั้งสิ้น 30 – 32 ตัวอย่าง และในช่วงฤดูฝนของทั้ง 4 แห่งรับดำเนินการเก็บตัวอย่างตั้งแต่วันที่ 5 มิถุนายน พ.ศ. 2548 ถึงวันที่ 7 กันยายน พ.ศ. 2548 ตัวอย่างที่นำมาทำการวิเคราะห์มีทั้งสิ้น 30 – 32 ตัวอย่าง ซึ่งแสดงไว้ดังภาคผนวก ก และจำนวนของตัวอย่างแต่ละแห่งรับในช่วงฤดูแล้งและฤดูฝนนั้นแสดงดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 จำนวนตัวอย่างฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน ในช่วงฤดูแล้งและฤดูฝน

แหล่งรับ	ฤดูกาล	
	ฤดูแล้ง	ฤดูฝน
Site 1	30	31
Site 2	32	32
Site 3	30	32
Site 4	31	32

หมายเหตุ Site 1 = ศูนย์ฟื้นฟูอาชีพและสถานสงเคราะห์คนพิการ
Site 2 = โรงเรียนวัดกิ่งแก้ว
Site 3 = โรงเรียนปากคลองมอญ
Site 4 = โรงเรียนคลองเจริญราษฎร์

4.2 สัดส่วนองค์ประกอบทางเคมีของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนจากแหล่งกำเนิด

สัดส่วนองค์ประกอบทางเคมีของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน ที่มาจากแหล่งกำเนิดต่างๆ กันจะเป็นข้อมูลที่น่ามาใช้ในแบบจำลองคุณภาพมลพิษเพื่อคำนวณหาสัดส่วนแหล่งกำเนิดซึ่งได้มีการอธิบายลักษณะของแหล่งกำเนิดและองค์ประกอบทางเคมีไว้แล้วในหัวข้อ 3.2

สัดส่วนองค์ประกอบทางเคมี มีความหมายถึง อัตราส่วนระหว่างค่าความเข้มข้นขององค์ประกอบทางเคมีของธาตุที่ทำการวิเคราะห์ในฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน กับ ความเข้มข้นของน้ำหนักฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน ที่ดำเนินการเก็บตัวอย่างก่อนนำไปวิเคราะห์ห่อองค์ประกอบทางเคมี ซึ่งความเข้มข้นขององค์ประกอบทางเคมีและความเข้มข้นของน้ำหนักฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน ได้มาจากการเก็บตัวอย่างแล้วทำการชั่งน้ำหนักฝุ่นละอองและนำมาวิเคราะห์ต่อไป

องค์ประกอบทางเคมีที่มีความเข้มข้นสูงและเมื่อเปรียบเทียบกับแหล่งกำเนิดอื่นๆ จะมีความเข้มข้นที่สูงกว่าอย่างเห็นได้ชัดเจน เป็นผลให้องค์ประกอบทางเคมีชนิดนั้นเป็นองค์ประกอบทางเคมีที่ชี้ถึงฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน ที่มาจากแหล่งกำเนิดแหล่งนั้นได้ค่อนข้างดี แต่ถ้าแหล่งกำเนิดใดที่มีค่าความเข้มข้นขององค์ประกอบทางเคมีที่ใกล้เคียงกันก็อาจจะเป็นผลให้ไม่สามารถที่จะจำแนกสัดส่วนแหล่งกำเนิดของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนได้ เพราะฉะนั้นแหล่งกำเนิดแต่ละแห่งจำเป็นต้องมีองค์ประกอบทางเคมีที่เป็นตัวชี้ที่มาได้เป็นอย่างดี ซึ่งมีรายละเอียดการวิเคราะห์แหล่งกำเนิดของโครงการสมุทรปราการซึ่งจำแนกแหล่งกำเนิดเป็นกลุ่มได้ดังนี้ ละเอียดของไอทะเลจะมีองค์ประกอบทางเคมีได้แก่ Na, Mg, S, Cl, Ca, SO_4^{2-} ฝุ่นดินจะมีองค์ประกอบทางเคมี ได้แก่ Si, Ti, S, Cl, K, Cu, Zn, As, Se, Te, I, Cs, Ba, Ce, Pt, Pb, OC, EC, SO_4^{2-} ฝุ่นถนนจะมีองค์ประกอบทางเคมีที่วิเคราะห์ได้ได้แก่ Mg, Al, Si, Ti, S, Cl, K, Cu, Zn, As, Se, Br, Te, I, Cs, Ba, Ce, Pt, Pb, OC, EC, NH_4^+ ฝุ่นจากไอเสียรถยนต์ดีเซลหนักมีองค์ประกอบทางเคมีได้แก่ P, V, Cr, Fe, S, Cl, Co, Ni, Cu, Zn, As, Se, Br, Te, Cs, Ba, Ce, Pt, Pb, OC, EC ฝุ่นจากไอเสียรถยนต์ดีเซลเบา มีองค์ประกอบทางเคมีที่วิเคราะห์ได้ได้แก่ Ti, V, Cr, Fe, S, Cl, Co, Ni, Zn, As, Se, Br, Te, I, Cs, Ce, Pt, Pb, OC, EC ฝุ่นไอเสียรถยนต์เบนซินชนิดมี catalytic มีองค์ประกอบทางเคมีได้แก่ Ti, S, Cl, Cu, Zn, As, Br, Te, I, Cs, Pt, Pb, OC, EC, SO_4^{2-} ฝุ่นไอเสียรถยนต์เบนซินชนิดไม่มี catalytic มีองค์ประกอบทางเคมีได้แก่ Sc, V, Cr, Fe, S, Cl, Co, Ni, Zn, As, Br, Te, I, Ce, Pb, OC, EC, SO_4^{2-} ฝุ่นไอเสียรถมอเตอร์ไซด์ 2 จังหวะมีองค์ประกอบทางเคมีได้แก่ Ti, Cr, Fe, S, Co, Ni, Zn, Br, Te, I, Ba, Ce, Pt, OC, EC ฝุ่นไอเสียรถมอเตอร์ไซด์ 4 จังหวะมีองค์ประกอบทางเคมีได้แก่ Ti, V, Cr, Fe, Cl, Co, Ni, Cu, Zn, As, Se, Br, Te, Ba, Ce, Pt, Pb, OC, EC ฝุ่นจากหม้อไอน้ำที่ใช้ น้ำมันเตาเป็นเชื้อเพลิงในอุตสาหกรรมมีองค์ประกอบทางเคมีได้แก่ Al, Si, P, Sc, Ti, V, Cr,

Fe, S, K, Ca, Co, Ni, Cu, Zn, As, Se, Br, I, Ba, Ce, Pb, OC, EC, SO_4^{2-} , Cl^- , Na^+ , K^+ , NH_4^+ ฝุ่นจากหม้อไอน้ำที่ใช้ถิกไนต์เป็นเชื้อเพลิงในอุตสาหกรรมได้แก่ Al, Si, P, Sc, Ti, V, Cr, Fe, S, Cl, K, Ca, Co, Ni, Cu, Zn, As, Se, Br, I, Cs, Ba, Ce, Pt, OC, EC, SO_4^{2-} , Cl^- , Na^+ , K^+ , NH_4^+ ฝุ่นจากหม้อไอน้ำที่ใช้ถิกไนต์เป็นเชื้อเพลิงในอุตสาหกรรมมีองค์ประกอบทางเคมีได้แก่ Mg, Al, Si, P, Sc, V, Cr, Fe, S, Cl, K, Ca, Co, Ni, Cu, Zn, As, Se, Br, Te, I, Cs, Ba, Ce, Pt, Pb, OC, EC, SO_4^{2-} , NO_3^- , Cl^- , Na^+ , K^+ , NH_4^+ ฝุ่นจากหม้อไอน้ำที่ใช้กะลาปาล์มเป็นเชื้อเพลิงในอุตสาหกรรมมีองค์ประกอบทางเคมีได้แก่ Al, Si, P, Sc, Ti, V, Cr, Fe, S, Cl, K, Ca, Co, Ni, Cu, Zn, As, Se, Br, I, Cs, Ce, Pb, OC, EC, SO_4^{2-} , Cl^- , Na^+ , K^+ , NH_4^+ ฝุ่นจากหม้อไอน้ำที่ใช้ก๊าซธรรมชาติเป็นเชื้อเพลิงมีองค์ประกอบทางเคมีได้แก่ Si, Ti, V, Cr, Fe, S, Cl, K, Co, Ni, Se, Br, Sb, I, Ce, Pb, OC, SO_4^{2-} , Cl^- , Na^+ , K^+ ฝุ่นจากอุตสาหกรรมไม้มีองค์ประกอบทางเคมีที่พบได้แก่ V, Fe, Cl, K, Co, Se, Br, Te, I, Ba, Ce, Cl^- , Na^+ , K^+ , NH_4^+ ฝุ่นจากอุตสาหกรรมเซรามิกมีองค์ประกอบทางเคมีที่พบได้แก่ Al, Si, Sc, Ti, Cr, Fe, Cl, K, Ca, Co, Ni, As, Se, Br, I, Pb, SO_4^{2-} , Cl^- , Na^+ , K^+ , NH_4^+ ฝุ่นจากอุตสาหกรรมเหล็กมีองค์ประกอบทางเคมีที่พบได้แก่ Al, Si, Ti, V, Cr, Fe, S, Cl, K, Ca, Co, Ni, Cu, Zn, As, Br, I, Ba, Ce, Pt, Pb, OC, EC, SO_4^{2-} , Cl^- , Na^+ , K^+ ฝุ่นจากการเผาขยะมีองค์ประกอบทางเคมีที่พบได้แก่ Al, Si, Ti, Cr, Fe, S, Cl, K, Co, Ni, Cu, Zn, As, Se, Br, Te, I, Cs, Ba, Ce, Pb, OC, EC, SO_4^{2-} , Cl^- , Na^+ , K^+ ฝุ่นจากการเผาชีวมวลมีองค์ประกอบทางเคมีได้แก่ Na, Mg, Al, Cr, Fe, K, Ca, Ni, Cu, Zn, Pb, OC, EC, SO_4^{2-} , NO_3^- , NH_4^+ ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีแสดงดังตารางที่ 4.2

การบอกถึงตัวบ่งชี้แหล่งกำเนิดนั้นจากสัดส่วนองค์ประกอบทางเคมีที่ได้จากแหล่งกำเนิดต่างๆ ที่แสดงดังตารางที่ 4.2 นั้นจะนำมาใช้ในการวิเคราะห์หาประเภทแหล่งกำเนิดที่มีความสำคัญในพื้นที่โดยใช้วิธีการวิเคราะห์โดย FA – MR นั้นจะแบ่งประเภทแหล่งกำเนิดออกเป็น 6 ประเภท ได้แก่ ละอองไอทะเล ฝุ่นดินและฝุ่นถนน ฝุ่นจากไอเสียรถยนต์ ฝุ่นจากการใช้เชื้อเพลิงในอุตสาหกรรม ฝุ่นจากอุตสาหกรรม ฝุ่นจากการเผาขยะและชีวมวล โดยมีตัวบ่งชี้ที่สำคัญแสดงดังตารางที่ 4.3

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.2 สัดส่วนองค์ประกอบทางเคมีของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนจากแหล่งกำเนิด

องค์ประกอบทางเคมี	สัดส่วนโดยน้ำหนัก (ไมโครกรัม/ไมโครกรัม)						
	ละอองไอทะเล	ฝุ่นดิน	ฝุ่นถนน	รถดีเซลหนัก	รถดีเซลเบา	รถเบนซินชนิดสี่ตัว ทรง	รถเบนซินชนิดไม่มี ตัวทรง
Na	0.40000	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Mg	0.04800	ND	0.00178	ND	ND	ND	ND
Al	ND	ND	0.00398	ND	ND	ND	ND
Si	ND	0.01648	0.01198	ND	ND	ND	ND
P	ND	ND	ND	0.00008	ND	ND	0.00121
Sc	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Ti	ND	0.00505	0.00110	0.00115	0.00500	0.00154	0.00010
V	ND	ND	ND	ND	0.00378	ND	ND
Cr	ND	ND	ND	0.01680	0.04480	ND	0.01691
Fe	ND	ND	ND	0.02711	0.10989	ND	0.04951
S	0.03300	0.00351	0.00200	0.01771	0.00094	0.00771	0.00667
Cl	0.40000	0.00226	0.00147	0.00059	0.00010	0.00138	0.00010
K	0.01400	0.00408	0.00110	ND	ND	ND	ND
Ca	0.01400	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Co	ND	ND	ND	0.00916	0.01669	ND	0.00501
Ni	ND	ND	ND	0.02494	0.04889	ND	0.01290
Cu	ND	0.00021	0.00020	0.00023	ND	0.00333	ND
Zn	ND	0.00107	0.00062	0.00066	0.00154	0.00306	0.00124
As	ND	0.00034	0.00017	0.00005	0.00007	0.00017	0.00002
Se	ND	0.00007	0.00008	0.00011	0.00008	ND	ND
Br	ND	ND	0.00005	0.00013	0.00020	0.00056	0.00007
Sb	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Te	ND	0.00827	0.00137	0.00278	0.00606	0.00959	0.00114
I	ND	0.00590	0.00037	ND	0.00267	0.00159	0.00025
Cs	ND	0.01067	0.00368	0.00137	0.00354	0.00671	ND
Ba	ND	0.00475	0.00183	0.00420	ND	ND	ND
Ce	ND	0.00951	0.00204	0.00944	0.00757	ND	0.00182
Pt	ND	0.00192	0.00084	0.00222	0.00089	0.00362	ND
Pb	ND	0.00260	0.00218	0.00151	0.00023	0.01046	0.00010
OC	ND	0.24904	0.09405	0.12167	0.17964	0.19621	0.43157
EC	ND	0.14540	0.05570	0.73754	0.60578	0.18917	0.15836
SO ₄ ²⁻	0.10000	0.05000	ND	ND	ND	0.03580	0.00707
NO ₃ ⁻	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Cl ⁻	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Na ⁺	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
K ⁺	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
NH ₄ ⁺	ND	ND	0.01916	ND	ND	0.01052	ND

ตารางที่ 4.2 (ต่อ) สัดส่วนองค์ประกอบทางเคมีของฝุ่นจากแหล่งกำเนิด

	สัดส่วนโดยน้ำหนัก (ไมโครกรัม/ไมโครกรัม)						
	รวมไอออนที่ 2 จังหวะ	รวมไอออนที่ 4 จังหวะ	หม้อไออนน้ำใช้ น้ำดื่ม	หม้อไออนน้ำใช้ อีกไนต์	หม้อไออนน้ำใช้ เดี่ยว	หม้อไออนน้ำใช้ ปลั๊กกะลา	การเผาไหม้ แก๊สธรรมชาติ
องค์ประกอบทางเคมี	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Mg	ND	ND	ND	ND	0.00319	ND	ND
Al	ND	ND	0.00333	0.00157	0.00012	0.00981	ND
Si	ND	ND	0.00413	0.00197	0.00029	0.05818	0.00301
P	ND	ND	0.00648	0.00329	0.0035	0.0244	ND
Sc	ND	ND	0.0003	0.00009	0.00181	0.00103	ND
Ti	0.00004	0.00754	0.00171	0.00107	ND	0.00045	0.00041
V	ND	0.01032	0.01111	0.00031	0.00005	0.00033	0.00066
Cr	0.01636	0.06084	0.00514	0.00719	0.00057	0.00401	0.00954
Fe	0.04673	0.03581	0.05769	0.02668	0.00204	0.02531	0.02348
S	0.00237	ND	0.06591	0.03887	0.01906	0.01053	0.00037
Cl	ND	0.00092	ND	0.00009	0.00528	0.03126	0.00049
K	ND	ND	0.00349	0.01404	0.16675	0.15088	0.00004
Ca	ND	ND	0.00495	0.00031	0.02423	0.01463	ND
Co	0.00777	0.0338	0.00432	0.00195	0.00022	0.00134	0.00294
Ni	0.0244	0.09581	0.03023	0.00491	0.00048	0.00301	0.00697
Cu	ND	0.07115	0.00124	0.00296	0.00012	0.0034	ND
Zn	0.00015	0.09246	0.00546	0.03522	0.00169	0.00681	ND
As	ND	0.00699	0.00085	0.00041	0.00009	0.00043	ND
Se	ND	0.00046	0.00008	0.00042	0.00004	0.00006	0.00019
Br	0.00008	0.00176	0.00003	0.00005	0.00004	0.00097	0.00019
Sb	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.00037
Te	0.00044	0.08129	ND	ND	0.00002	ND	ND
I	0.00049	ND	0.00584	0.00063	0.00016	0.00103	0.00294
Cs	ND	ND	ND	0.00126	0.00014	0.00033	ND
Ba	0.00198	0.01893	0.00283	0.00425	0.00025	ND	ND
Ce	0.0261	0.09291	0.01572	0.00299	0.00016	0.00182	0.00259
Pt	0.00223	0.00485	ND	0.00033	0.00009	ND	ND
Pb	ND	0.07213	0.00216	ND	0.00047	0.00033	0.0011
OC	0.56872	0.24019	0.10407	0.01003	0.0272	0.04646	0.21117
EC	0.13275	0.10871	0.42587	0.00606	0.04201	0.16836	ND
SO ₄ ²⁻	ND	ND	0.22923	0.4885	0.1233	0.05591	0.04796
NO ₃ ⁻	ND	ND	ND	ND	0.00481	ND	ND
Cl ⁻	ND	ND	0.00707	0.00437	0.00864	0.0355	0.03093
Na ⁺	ND	ND	0.02097	0.05161	0.0173	0.01508	0.01123
K ⁺	ND	ND	0.00877	0.01973	0.12521	0.08944	0.00585
NH ₄ ⁺	ND	ND	0.00717	0.00653	0.00005	0.00159	ND

ตารางที่ 4.2 (ต่อ) สัดส่วนองค์ประกอบทางเคมีของฝุ่นจากแหล่งกำเนิด

องค์ประกอบทางเคมี	สัดส่วนโดยน้ำหนัก (ไมโครกรัม/ไมโครกรัม)				
	ฝุ่นจากอุตสาหกรรมไม้	ฝุ่นจากอุตสาหกรรมเซรามิก	อุตสาหกรรมเหล็ก	เตาเผาขยะ	การเผาชีวมวล
Na	ND	ND	ND	ND	0.00095
Mg	ND	ND	ND	ND	0.00043
Al	ND	0.05806	0.00046	0.00004	0.00133
Si	ND	0.09329	0.00291	0.0001	ND
P	ND	ND	ND	ND	ND
Sc	ND	0.00001	ND	ND	ND
Ti	ND	0.00185	0.00006	0.00075	ND
V	0.0066	ND	0.00051	ND	ND
Cr	ND	0.00139	0.0019	0.00925	0.00012
Fe	0.0033	0.01499	0.15983	0.02887	0.00203
S	ND	ND	0.00104	0.00094	ND
Cl	0.00195	0.00018	0.01365	0.02482	ND
K	0.00168	0.02599	0.01029	0.00088	0.01487
Ca	ND	0.00011	0.0007	ND	0.00293
Co	0.0066	0.00061	0.00361	0.00264	ND
Ni	ND	0.00102	0.0012	0.00792	0.00004
Cu	ND	ND	0.00078	0.00066	0.00004
Zn	ND	ND	0.18579	0.00132	0.0025
As	ND	0.00015	0.0021	0.00021	ND
Se	0.00034	0.00002	ND	0.00013	ND
Br	0.00015	0.00001	0.00044	0.00124	ND
Sb	ND	ND	ND	ND	ND
Te	0.0066	ND	ND	0.00189	ND
I	0.03302	0.00026	0.00155	0.00189	ND
Cs	ND	ND	ND	0.00528	ND
Ba	0.04953	ND	0.00025	0.00047	ND
Ce	0.04293	ND	0.00076	0.01123	ND
Pt	ND	ND	0.0007	ND	ND
Pb	ND	0.00022	0.00703	0.00094	0.00003
OC	ND	0.08153	0.04005	0.22168	0.31341
EC	ND	0.032	0.01061	0.22844	0.33723
SO ₄ ²⁻	ND	0.00315	0.00818	0.05486	0.00074
NO ₃ ⁻	ND	ND	ND	ND	0.00003
Cl ⁻	0.14	0.00211	0.025	0.03743	ND
Na ⁺	0.077	0.00114	0.00326	0.01429	ND
K ⁺	0.033	0.00076	0.00585	0.00366	ND
NH ₄ ⁺	0.00919	0.00004	ND	ND	0.00489

ที่มา: การศึกษาสัดส่วน องค์ประกอบและแหล่งที่มาของฝุ่นขนาดเล็กในพื้นที่จังหวัดสมุทรปราการ, 2548

ตารางที่ 4.3 ตัวบ่งชี้ที่ได้มาจากสัดส่วนองค์ประกอบทางเคมีของแหล่งกำเนิดของจังหวัดสมุทรปราการ

ละอองไอทะเล	Na	Cl	SO ₄ ²⁻	Mg	S	K	Ca												
ฝุ่นดินและถนน	OC	EC	SO ₄ ²⁻	NH ₄ ⁺	Si	Cs													
ฝุ่นจากไอเสียรถยนต์	EC	OC	Se	Sb	Fe	Ni	Ce	Zn	Te	Pb	Cu	Cr	Ba	Co	S	K ⁺	V	AS	Ti
ฝุ่นจากเชื้อเพลิงอุตสาหกรรม	SO ₄ ²⁻	EC	OC	K	K ⁺	S	Si	Fe	Na ⁺	Cl	Zn	Cl	Ni	P	Ca	Ce	V		
ฝุ่นจากอุตสาหกรรม	Zn	Fe	Cl ⁻	Si	OC	Na ⁺	Al	Ba	Ce	I	EC	K	Cl						
ฝุ่นจากการเผาขยะและชีวมวล	EC	OC	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	Fe	Cl	K	Na ⁺	Ce										

ที่มา: การศึกษาสัดส่วน องค์ประกอบและแหล่งที่มาของฝุ่นขนาดเล็กในพื้นที่จังหวัดสมุทรปราการ, 2548

4.3 การจำแนกสัดส่วนแหล่งกำเนิดของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนโดยวิธี FA-MR

แบบจำลองแหล่งรับชนิด Factor Analysis-Multiple Regression นั้นขั้นแรกจะเป็นจำแนกแหล่งกำเนิดในพื้นที่โดยใช้ Factor Analysis โดยวิธี Principle Component และทำการหาแหล่งกำเนิดที่อาจเป็นไปได้โดยใช้ข้อมูลจากตารางที่ 4.3 ซึ่งรวบรวมตัวบ่งชี้ของแหล่งกำเนิดในจังหวัดสมุทรปราการในแต่ละกลุ่มประเภทแหล่งกำเนิด เมื่อได้แหล่งกำเนิดแล้วจะทำการหาสัดส่วนแหล่งกำเนิดที่มีความสำคัญในพื้นที่โดยใช้ Multiple Regression

กระบวนการวิเคราะห์ FA-MR ที่ศูนย์ฟื้นฟูอาชีพและสถานสงเคราะห์คนพิการพระประแดงข้อมูลที่ใช้วิเคราะห์มีจำนวน n = 62 หลังจาการทำการกระบวนการ varimax rotate ใน principle component และการทำ multiple regression แล้วพบว่าแหล่งกำเนิดที่สามารถจำแนกได้นั้นมีทั้งสิ้น 3 แหล่ง ได้แก่ ฝุ่นดินและถนน (36.7%) ฝุ่นจากไอเสียรถยนต์ (32.9%) ฝุ่นจากเชื้อเพลิงอุตสาหกรรม (14.9%) ฝุ่นที่ไม่ทราบที่มา (15.5%) ซึ่งฝุ่นจากไอเสียรถยนต์จะแสดงองค์ประกอบทางเคมีได้แก่ Cr, Ni, Co, Fe, As, Zn, Ti, OC, EC ฝุ่นดินและถนนจะแสดงองค์ประกอบทางเคมีที่พบได้แก่ Si, Al, K ฝุ่นจากเชื้อเพลิงในอุตสาหกรรมมีองค์ประกอบทางเคมีที่พบได้แก่ S, NH₄⁺, Si, K, P, K⁻, SO₄²⁻ ผลการจำแนกแหล่งกำเนิดแสดงดังตารางที่ 4.4 และผลการทำ multiple regression แสดงดังตารางที่ 4.5 และผลของสัดส่วนแหล่งกำเนิดนั้นแสดงดังรูปที่ 4.1

ตารางที่ 4.4 Component matrix with varimax rotation ที่ศูนย์พิกัดปุ๋ยมูลสัตว์และสถานสงเคราะห์คนพิการพระประแดง

Rotated Component Matrix

	Component					Communalities
	1	2	3	4	5	
Cr	0.979	-0.107	0.110	0.042	-0.051	0.986
Ni	0.974	-0.125	0.130	0.039	-0.069	0.988
Co	0.974	-0.116	0.137	0.050	-0.060	0.986
Fe	0.965	-0.065	0.113	0.146	-0.073	0.975
Br	0.535	0.030	0.192	0.498	0.051	0.574
S	-0.008	0.912	0.222	0.172	0.039	0.913
NH ₄ ⁺	-0.108	0.880	-0.145	0.168	0.138	0.855
P	0.005	0.861	0.260	0.153	0.056	0.835
K ⁺	-0.138	0.774	-0.026	0.312	0.241	0.774
SO ₄ ²⁻	-0.133	0.651	-0.134	-0.030	0.008	0.461
Si	0.197	-0.068	0.923	-0.006	0.063	0.899
Al	0.310	0.054	0.870	0.016	-0.169	0.689
K	0.078	0.373	0.565	0.369	0.481	0.832
As	0.312	0.338	0.190	0.751	-0.097	0.820
Zn	0.022	0.309	0.227	0.708	-0.198	0.689
Ti	-0.189	0.445	-0.156	0.673	0.068	0.716
Se	0.239	-0.079	-0.120	0.477	0.204	0.346
OC	-0.107	0.150	0.015	0.300	0.769	0.716
EC	-0.023	-0.068	0.108	-0.320	0.745	0.674
Cl	-0.025	-0.020	0.521	0.119	-0.574	0.616
NO ₃ ⁻	-0.111	0.311	-0.125	0.063	0.566	0.448
variance	4.477	4.101	2.608	2.547	2.256	
% variance	21.318	19.528	12.418	12.126	10.745	
% cumulative variance	21.318	40.846	53.263	65.389	76.134	
แหล่งกำเนิดที่อาจเป็นไปได้	ไอเสียรถยนต์	เชื้อเพลิงในอุตสาหกรรม	ฝุ่นดินและถนน	ไอเสียรถยนต์	ไอเสียรถยนต์	

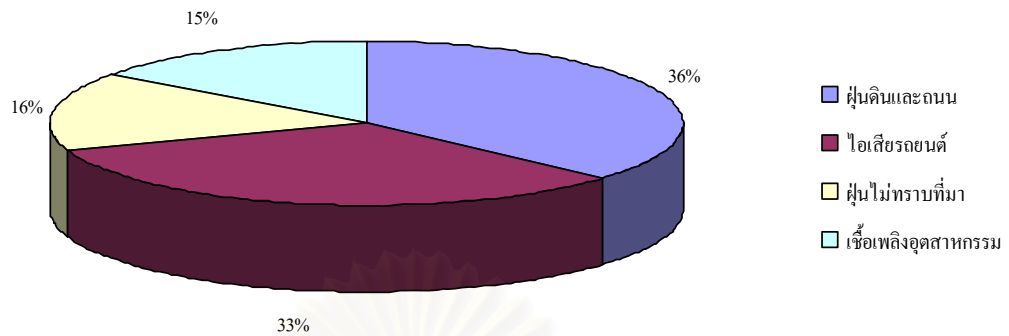
ตารางที่ 4.5 ผลของ multiple regression analysis ที่ศูนย์ฟื้นฟูอาชีพและสถานสงเคราะห์คนพิการ พระประแดง

Source of Variation	Sum of squares	Degree of freedom	Mean square
Regression	13220.516	5.000	2644.103
Residual	6874.663	57.000	120.608
Total	20095.179	62.000	

	Regression coefficient	Standard error	Normalised partial regression coefficient
Factor1	-0.796	1.396	-0.044
Factor2	7.930	1.409	0.437
Factor3	8.990	1.461	0.479
Factor4	0.944	1.412	0.052
Factor5	10.120	1.430	0.550
Constant	8.586	5.090	

แหล่งกำเนิดที่อาจเป็นไปได้	Possible sources	Absolute contribution	Percent contribution
1	ไอเสียยานยนต์	0.329	0.595
2	เชื้อเพลิงอุตสาหกรรม	8.236	14.879
3	ฝุ่นดินและถนน	20.301	36.674
4	ไอเสียรถยนต์	1.108	2.002
5	ไอเสียรถยนต์	16.795	30.341
	ฝุ่นที่ไม่ทราบที่มา	8.586	15.510
	รวม	55.355	100.000

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.1 ร้อยละของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนจากแหล่งกำเนิดที่ศูนย์พื้นฟูอาชีพและสถานสงเคราะห์คนพิการโดยวิธี FA-MR

กระบวนการวิเคราะห์ FA-MR ที่โรงเรียนวัดกิ่งแก้วมีจำนวนข้อมูลที่ใช้วิเคราะห์ $n = 64$ หลังจากการทำกระบวนการ varimax rotate ใน principle component และการทำ multiple regression แล้วพบว่าแหล่งกำเนิดที่สามารถจำแนกได้นั้นมีทั้งสิ้น 3 แหล่งได้แก่ ฝุ่นจากการเผาเชื้อเพลิง (61.6%) ฝุ่นดินและถนน (7.0%) ละอองไอทะเล (0.4%) ฝุ่นที่ไม่ทราบที่มา (30.9%) ซึ่งฝุ่นจากไอเสียดยนต์ร่วมกับฝุ่นจากอุตสาหกรรมจะพบองค์ประกอบทางเคมีได้แก่ EC, OC, P, S, Si, K ฝุ่นจากเชื้อเพลิงในอุตสาหกรรมพบองค์ประกอบทางเคมีได้แก่ SO_4^{2-} , NH_4^+ ละอองไอทะเลพบองค์ประกอบทางเคมีได้แก่ Cl^- , Na^+ ผลการจำแนกแหล่งกำเนิดแสดงดังตารางที่ 4.6 และผลการทำ multiple regression แสดงดังตารางที่ 4.7 และผลของสัดส่วนแหล่งกำเนิดแสดงดังรูปที่ 4.2

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.6 Component matrix with varimax rotation ที่โรงเรียนวัดกิ่งแก้ว

Rotated Component Matrix

	Component			Communalities
	1	2	3	
EC	0.992	-0.065	-0.039	0.991
OC	0.731	0.236	-0.190	0.626
P	0.711	0.559	-0.104	0.829
S	0.690	0.594	-0.062	0.834
Si	0.686	0.019	-0.073	0.477
K	0.681	0.378	-0.083	0.613
Al	0.578	0.159	-0.053	0.362
NO ₃ ⁺	0.499	0.461	-0.026	0.463
Ti	0.321	0.240	-0.154	0.184
Se	0.218	0.102	-0.030	0.059
SO ₄ ²⁻	0.509	0.858	0.006	0.995
NH ₄ ⁺	0.478	0.670	-0.169	0.706
As	0.014	0.607	-0.110	0.381
K ⁺	0.369	0.567	-0.043	0.460
Ni	-0.096	-0.451	0.091	0.220
Br	0.218	0.371	-0.083	0.192
Zn	-0.076	-0.362	-0.009	0.137
Fe	-0.069	0.313	-0.154	0.127
Cu	-0.094	-0.278	-0.018	0.086
Pt	-0.095	-0.249	0.146	0.092
Pb	-0.132	-0.219	0.075	0.071
Cl ⁻	0.123	0.028	0.983	0.982
Na ⁺	-0.101	-0.195	0.545	0.345
Cl	-0.137	-0.125	0.479	0.264
Co	-0.090	-0.019	0.331	0.118
variance	62.046	38.748	11.529	
% variance	48.946	30.566	9.094	
% cumulative variance	48.946	79.512	88.607	
แหล่งกำเนิดที่อาจเป็นไปได้	การเผาเชื้อเพลิง	ฝุ่นดินและถนน	ละอองไอทะเล	

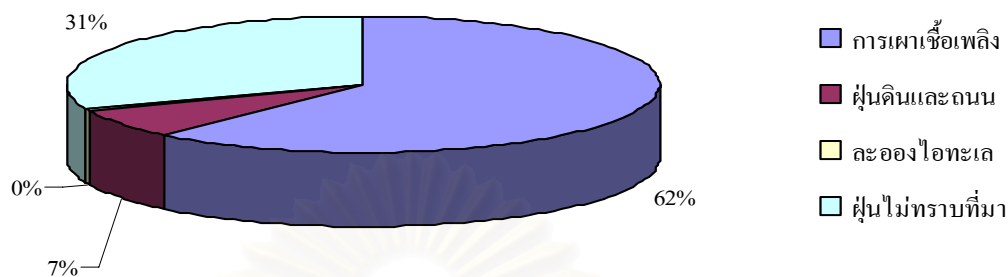
ตารางที่ 4.7 ผลของ multiple regression analysis ที่โรงเรียนวัดกิ่งแก้ว

Source of Variation	Sum of squares	Degree of freedom	Mean square
Regression	30208.940	3.000	10069.647
Residual	14335.146	61.000	235.002
Total	44544.085	64.000	

	Regression coefficient	Standard error	Normalised partial regression coefficient
Factor1	19.921	1.971	0.734
Factor2	9.544	1.917	0.362
Factor3	-2.497	1.918	-0.095
constant	18.875	4.254	

แหล่งกำเนิดที่อาจเป็นไปได้	Possible sources	Absolute contribution	Percent contribution
1	การเผาเชื้อเพลิง	37.583	61.631
2	ฝุ่นดินและถนน	4.277	7.014
3	ละอองไอทะเล	0.246	0.403
	ฝุ่นไม่ทราบที่มา	18.875	30.952
	รวม	60.980	100.000

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.2 ร้อยละของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนจากแหล่งกำเนิดที่โรงเรียนวัดกิ่งแก้วโดยวิธี FA-MR

กระบวนการวิเคราะห์ FA-MR ที่โรงเรียนปากคลองมอญมีจำนวนข้อมูลที่ใช้วิเคราะห์ $n = 62$ หลังจากการทำกระบวนการ varimax rotate ใน principle component และทำ multiple regression แล้วพบว่าแหล่งกำเนิดที่สามารถจำแนกได้นั้นมีทั้งสิ้น 4 แหล่งได้แก่ ฝุ่นจากเชื้อเพลิงอุตสาหกรรม (30.9%) ฝุ่นจากอุตสาหกรรม (30.9%) ฝุ่นจากไอเสียรถยนต์ (9.4%) ละอองไอทะเล (0.0%) ฝุ่นที่ไม่ทราบที่มา (32.9%) ฝุ่นจากเชื้อเพลิงอุตสาหกรรมมีองค์ประกอบทางเคมีที่พบได้แก่ SO_4^{2-} , S, P, NH_4^+ , K, K^+ ฝุ่นจากอุตสาหกรรมมีองค์ประกอบที่พบได้แก่ OC, Si, Mg, Al, EC ฝุ่นจากไอเสียรถยนต์มีองค์ประกอบที่พบได้แก่ Fe, Ni, EC ละอองไอทะเลมีองค์ประกอบทางเคมีที่พบได้แก่ Na^+ ผลการจำแนกแหล่งกำเนิดแสดงดังตารางที่ 4.8 และผลการวิเคราะห์ multiple regression แสดงดังตารางที่ 4.9 และผลของสัดส่วนแหล่งกำเนิดแสดงดังรูปที่ 4.7

ตารางที่ 4.8 Component matrix with varimax rotation ที่โรงเรียนปากคลองมอญ

	Component					Communalities
	1	2	3	4	5	
SO ₄ ²⁻	0.996	-0.076	0.023	0.008	-0.030	1.000
S	0.974	-0.050	0.053	0.083	-0.004	0.962
P	0.960	-0.012	0.030	0.061	-0.003	0.926
NH ₄ ⁺	0.951	0.011	-0.031	-0.050	-0.055	0.911
K	0.755	-0.032	0.346	0.083	-0.029	0.698
K ⁺	0.700	-0.137	-0.013	0.172	-0.060	0.542
Cl	-0.430	0.198	-0.109	0.030	0.158	0.262
Ti	0.396	-0.149	0.080	-0.021	-0.107	0.197
Cs	-0.351	-0.003	-0.018	0.075	0.218	0.176
Fe	-0.207	0.902	0.280	-0.069	-0.070	0.945
Ni	-0.350	0.778	0.305	-0.028	0.008	0.822
Cl ⁻	0.483	-0.488	0.187	0.057	-0.041	0.512
NO ₃ ⁺	0.379	-0.451	0.396	0.365	0.005	0.638
Se	0.002	0.436	-0.021	0.121	0.049	0.208
As	0.047	0.336	-0.086	-0.031	0.042	0.125
OC	0.155	-0.262	0.940	0.087	-0.016	0.985
Si	0.009	-0.105	0.583	0.159	-0.044	0.379
Mg	0.025	0.171	0.532	-0.001	-0.022	0.313
Al	0.063	0.086	0.441	-0.081	-0.039	0.214
EC	0.304	0.118	0.319	0.886	-0.075	0.998
Br	0.124	0.020	0.125	-0.203	-0.092	0.081
Na ⁺	-0.232	0.117	-0.105	0.016	0.960	1.000
variance	40.048	4.510	7.724	8.441	3.824	
% variance	59.082	6.654	11.395	12.454	5.641	
% cumulative variance	59.082	65.736	77.130	89.584	95.225	
แหล่งกำเนิดที่อาจเป็นไปได้	เชื้อเพลิงอุตสาหกรรม	ไอเสียรถยนต์	ฝุ่นอุตสาหกรรม	ไอเสียรถยนต์	ละอองไอทะเล	

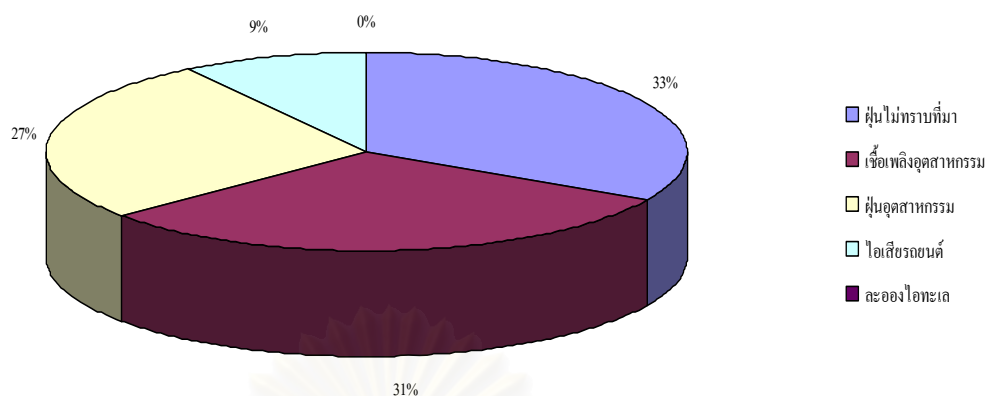
ตารางที่ 4.9 ผลของ multiple regression analysis ที่โรงเรียนปากคลองมอญ

Source of Variation	Sum of squares	Degree of freedom	Mean square
Regression	19117.497	5.000	3823.499
Residual	11258.482	57.000	197.517
Total	30375.979	62.000	

	Regression coefficient	Standard error	Normalised partial regression coefficient
Factor1	16.362	1.797	0.735
Factor2	-4.300	1.791	-0.194
Factor3	4.502	1.903	0.191
Factor4	3.442	1.803	0.154
Factor5	-0.971	1.798	-0.044
constant	14.909	6.472	

แหล่งกำเนิดที่อาจเป็นไปได้	Possible sources	Absolute contribution	Percent contribution
1	เชื้อเพลิงอุตสาหกรรม	13.971	30.888
2	ไอเสียรถยนต์	0.446	0.986
3	ฝุ่นอุตสาหกรรม	12.105	26.763
4	ไอเสียรถยนต์	3.801	8.402
5	ละอองไอทะเล	0.000	0.000
	ฝุ่นไม่ทราบที่มา	14.909	32.960
	รวม	45.232	99.999

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.3 ร้อยละของฟูนละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนจากแหล่งกำเนิดที่โรงเรียนปากคลองมอญ โดยวิธี FA-MR

กระบวนการวิเคราะห์ FA-MR ที่โรงเรียนคลองเจริญราษฎร์มีจำนวนข้อมูลที่ใช้วิเคราะห์ $n = 63$ หลังจากการทำกระบวนการ varimax rotate ใน principle component และทำ multiple regression แล้วพบว่าแหล่งกำเนิดที่สามารถจำแนกได้นั้นมีทั้งสิ้น 3 แหล่ง ได้แก่ ฟูนจากเชื้อเพลิงอุตสาหกรรม (45.9%) ฟูนจากไอเสียรถยนต์ (7.2%) ละอองไอทะเล (4.8%) ฟูนไม่ทราบที่มา (42.2%) ฟูนจากเชื้อเพลิงอุตสาหกรรมมีองค์ประกอบทางเคมีที่พบได้แก่ SO_4^{2-} , S, NH_4^+ , K, K^+ , NO_3^- , OC ฟูนจากไอเสียรถยนต์มีองค์ประกอบทางเคมีที่พบได้แก่ Fe, Cr, Co, Ni, As, Al, EC ละอองไอทะเลพบองค์ประกอบทางเคมีได้แก่ Cl ผลการจำแนกแหล่งกำเนิดแสดงดังตารางที่ 4.10 และผลการวิเคราะห์ multiple regression แสดงดังตารางที่ 4.11 และผลของสัดส่วนแหล่งกำเนิดแสดงดังรูปที่ 4.8

ตารางที่ 4.10 Component matrix with varimax rotation ที่โรงเรียนคลองเจริญราษฎร์

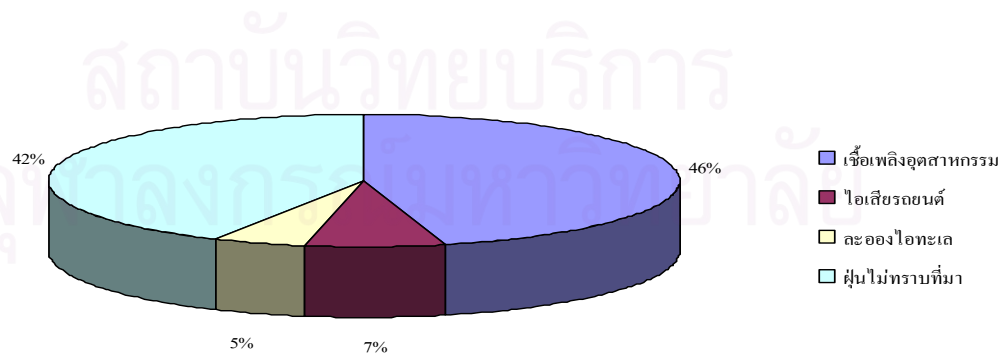
	Component					Communalities
	1	2	3	4	5	
SO ₄ ²⁻	0.912	-0.168	0.367	-0.017	0.066	0.999
S	0.876	-0.128	0.395	-0.097	0.098	0.958
NH ₄ ⁺	0.842	-0.207	0.205	-0.044	0.080	0.802
K	0.817	-0.168	-0.019	-0.053	0.202	0.740
K ⁺	0.782	-0.151	0.130	0.150	0.193	0.667
NO ₃ ⁻	0.761	-0.186	0.073	0.189	0.113	0.712
OC	0.717	-0.116	-0.489	-0.204	0.415	0.981
Ti	0.464	0.004	0.335	0.000	-0.005	0.327
Cl	-0.420	0.260	0.287	0.396	-0.037	0.484
Mg	-0.312	0.159	0.137	0.056	0.017	0.145
Fe	-0.092	0.991	-0.014	0.019	-0.064	0.995
Cr	-0.143	0.848	-0.056	0.030	0.007	0.743
Co	-0.204	0.825	-0.027	0.045	0.025	0.726
Ni	-0.239	0.824	-0.031	0.051	-0.007	0.740
As	0.269	0.005	0.616	0.014	0.023	0.453
Al	0.077	-0.024	0.416	0.032	0.045	0.183
Si	0.079	-0.051	0.185	0.045	0.067	0.050
Br	-0.032	0.014	0.181	0.038	-0.031	0.036
Cl ⁻	0.198	0.083	-0.052	0.969	-0.097	0.996
Na ⁺	-0.265	0.237	0.123	0.278	-0.074	0.225
Se	-0.012	-0.020	0.132	0.221	0.038	0.068
EC	0.432	0.029	0.138	-0.035	0.889	0.999
Variance	23.941	14.397	4.839	7.674	12.859	
% variance	35.285	21.218	7.132	11.310	18.953	
% cumulative variance	35.285	56.504	63.636	74.946	93.898	
แหล่งกำเนิดที่อาจเป็นไปได้	เชื้อเพลิงในอุตสาหกรรม	ไอเสียรถยนต์	ไอเสียรถยนต์	ละอองไอทะเล	ไอเสียรถยนต์	

ตารางที่ 4.11 ผลของ multiple regression analysis ที่โรงเรียนคลองเจริญราษฎร์

Source of Variation	Sum of squares	Degree of freedom	Mean square
Regression	15614.089	5.000	3122.818
Residual	10513.375	58.000	181.265
Total	26127.464	63.000	

	Regression coefficient	Standard error	Normalised partial regression coefficient
Factor1	15.114	1.731	0.728
Factor2	-3.155	1.709	-0.154
Factor3	1.803	1.698	0.088
Factor4	3.537	1.702	0.173
Factor5	1.888	1.738	0.091
Constant	21.398	4.889	

แหล่งกำเนิดที่อาจเป็นไปได้	Possible sources	Absolute contribution	Percent contribution
1	เชื้อเพลิงอุตสาหกรรม	23.304	45.915
2	ไอเสียรถยนต์	0.000	0.000
3	ไอเสียรถยนต์	0.441	0.869
4	ละอองไอทะเล	2.418	4.765
5	ไอเสียรถยนต์	3.193	6.291
	ฝุ่นไม่ทราบที่มา	21.39815463	42.161
	รวม	50.754	100.000



รูปที่ 4.4 ร้อยละของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนจากแหล่งกำเนิดที่โรงเรียนคลองเจริญราษฎร์โดยวิธี FA-MR

ผลการวิเคราะห์ที่ได้โดย FA – MR สรุปได้ดังตาราง

แหล่งกำเนิดที่อาจเป็นไปได้	สัดส่วนที่มาของแหล่งกำเนิด (%)			
	Site1	Site 2	Site3	Site4
ฝุ่นดินและถนน	36.7	7.0	-	-
ฝุ่นไอเสียรถยนต์	32.9	-	9.4	7.2
ฝุ่นจากเชื้อเพลิงอุตสาหกรรม	14.9	61.6	30.9	45.9
ฝุ่นจากกระบวนการอุตสาหกรรม	-	-	26.8	-
ละอองไอทะเล	-	0.4	-	4.8
ฝุ่นไม่ทราบที่มา	15.0	30.9	32.9	42.2

4.4 การจำแนกสัดส่วนแหล่งกำเนิดของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนโดยวิธี CMB

แบบจำลองคุณภาพมวลเคมีทำการคำนวณเพื่อหาสัดส่วนแหล่งกำเนิดที่มาสู่แหล่งรับแต่ละแหล่ง ขั้นตอนแรกของการพิจารณาการจำแนกสัดส่วนแหล่งกำเนิด ทำเพื่อหาคู่ประกอบทางเคมี (fitting species) ที่สำคัญที่จะทำให้ค่าพรรณนิตที่อธิบายถึงความสัมพันธ์ของตัวแปรได้ดีและเพื่อพิจารณาแหล่งกำเนิดที่อาจหายไปหรือไม่จำเป็นในการจำแนกแหล่งกำเนิดด้วยแบบจำลองนี้

การที่ได้มาซึ่งผลลัพธ์สุดท้ายของการคำนวณหาสัดส่วนแหล่งกำเนิดด้วยแบบจำลองคุณภาพมวลเคมี ต้องทำการประมวลผลแบบจำลองในจำนวนที่มากครั้ง เพื่อให้ได้ผลการจำแนกที่ดีที่สุดซึ่งจะใช้พรรณนิตที่อธิบายถึงความสัมพันธ์ของตัวแปรเป็นเกณฑ์ ซึ่งในส่วนนี้จะเป็นการบรรยายถึงการประมวลผลที่จะได้มาซึ่งผลลัพธ์ที่ดีที่สุด

การคำนวณหาสัดส่วนแหล่งกำเนิดที่ทุกแหล่งรับใช้องค์ประกอบทางเคมีและแหล่งกำเนิดทั้งหมดที่มีอยู่ เพื่อพิจารณาถึงพรรณนิตที่อธิบายถึงความสัมพันธ์ของตัวแปรของผลลัพธ์ที่ได้จากการประมวลผลครั้งแรกๆ ค่าแหล่งกำเนิดที่มีค่า TSTAT ที่ต่ำมากน้อยกว่า 2 ซึ่งแสดงถึงการมีอิทธิพลที่ต่ำต่อแหล่งรับแต่ละแหล่ง จะถูกตัดออกไม่นำมาพิจารณา

ในส่วนขององค์ประกอบทางเคมีในการประมวลผลครั้งแรกๆ จะพิจารณาค่า R/U Ratio ที่ต่ำกว่าเกณฑ์ ซึ่งจะส่งผลให้ R-square, Chi-square และ Percent mass ไม่เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด และเมื่อทำการประมวลผลครั้งถัดๆ ไปก็ต้องทำการตัดแหล่งกำเนิดและองค์ประกอบทางเคมีบางชนิดออกไปด้วย ก็จะได้ค่า R-square (0.8-1), Chi-square (<4) และ Percent mass (80-120%) ค่า R/U Ratio อยู่ในช่วง -2 ถึง 2 ซึ่งเป็นค่าพิจารณาหลักการผ่านเกณฑ์ และค่าที่ต้องพิจารณาตัวอื่นๆ ก็ถือว่าใช้ได้

การคำนวณสัดส่วนแหล่งกำเนิดทั้ง 2 ชุดของแต่ละแหล่งรับจะให้ผลลัพธ์ของแบบจำลองคุณภาพมวลเคมีเป็นไปตามผลสรุปการจำแนกสัดส่วนแหล่งกำเนิดของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10

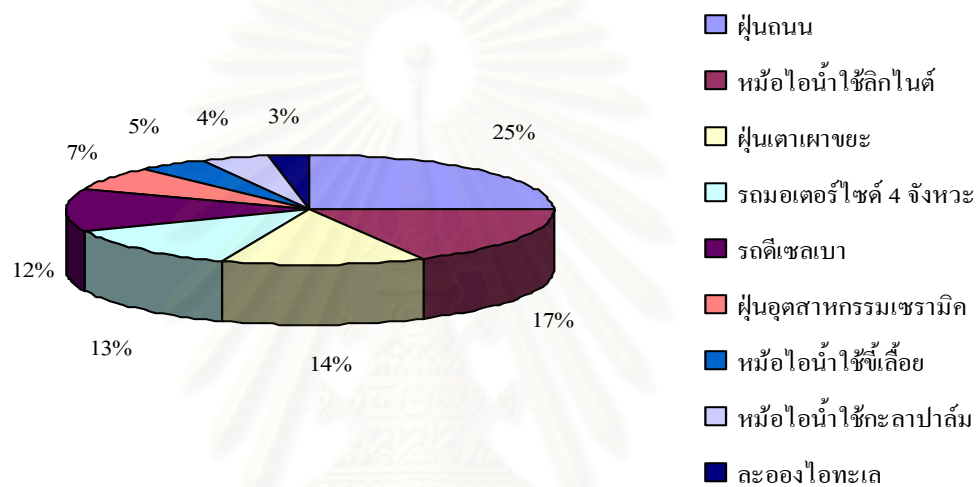
ไมครอน จากแหล่งกำเนิดที่แหล่งรับในตารางที่ 4.12 และแผนภูมิวงกลมแสดงสัดส่วนการกระจาย แหล่งกำเนิดของแต่ละแหล่งรับแสดงดังรูปที่ 4.5 ถึง 4.8

ตารางที่ 4.12 ร้อยละการกระจายของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน จากแหล่งกำเนิดที่แหล่งรับ โดยแบบจำลอง CMB 8.2

แหล่งกำเนิด	สัดส่วนแหล่งที่มาของฝุ่น (%)			
	Site 1	site 2	site 3	Site 4
ละอองไอทะเล (MARINE)	2.8	2.8	3.7	4.7
ฝุ่นถนน (RDUST)	25.0	21.8	-	-
รถดีเซลเบา (LDDV)	12.1	-	-	-
รถเบนซินชนิดมี catalytic (GASWC)	-	6.5	-	-
รถมอเตอร์ไซด์ 4 จังหวะ (MT4S)	13.0	3.3	14.1	14.3
หม้อไอน้ำใช้น้ำมันเตา (FBOIL)	-	16.3	-	29.0
หม้อไอน้ำใช้ลิกไนต์ (LBOIL)	17.3	-	12.0	-
หม้อไอน้ำใช้ขี้เลื่อย (SBOIL)	4.7	4.4	-	4.3
หม้อไอน้ำใช้กะลาปาล์ม (PBOIL)	4.4	1.9	-	-
ฝุ่นอุตสาหกรรมไม้ (WDUST)	-	12.7	20.9	22.9
ฝุ่นอุตสาหกรรมเซรามิก (CDUST)	7.1	6.4	15.4	11.6
ฝุ่นอุตสาหกรรมเหล็ก (STEEL)	-	0.9	18.5	8.8
ฝุ่นเตาเผาขยะ (INCIN)	13.6	3.9	-	4.3
ฝุ่นการเผาชีวมวล (BIOM)	-	18.9	15.4	-

สัดส่วนการกระจายแหล่งกำเนิดที่ศูนย์พื้นฟูอาชีพและสถานสงเคราะห์คนพิการแสดงดังรูปที่ 4.5 จะได้แหล่งกำเนิดได้แก่ ฝุ่นถนน (25.0%) ฝุ่นจากหม้อไอน้ำที่ใช้ลิกไนต์เป็นเชื้อเพลิงในอุตสาหกรรม (17.3%) ฝุ่นเตาเผาขยะ (13.6%) ฝุ่นจากไอเสียรถมอเตอร์ไซด์ 4 จังหวะ (13.0%) ฝุ่นจากไอเสียรถยนต์ดีเซลเบา (12.1%) ฝุ่นจากอุตสาหกรรมเซรามิก (7.1%) ฝุ่นจากหม้อไอน้ำที่ใช้ขี้เลื่อยเป็นเชื้อเพลิงในอุตสาหกรรม (4.7%) ฝุ่นจากหม้อไอน้ำที่ใช้กะลาปาล์มเป็นเชื้อเพลิงในอุตสาหกรรม (4.4%) ละอองไอทะเล (2.8%) แหล่งกำเนิดที่เป็นแหล่งใหญ่ของศูนย์พื้นฟูอาชีพและสถานสงเคราะห์คนพิการพระประแดง คือ ฝุ่นถนน ฝุ่นจากหม้อไอน้ำที่ใช้ลิกไนต์เป็นเชื้อเพลิง ฝุ่นจากการเผาขยะ ฝุ่นจากไอเสียรถมอเตอร์ไซด์ 4 จังหวะ เนื่องจากว่าพื้นที่ของพระประแดงเป็น

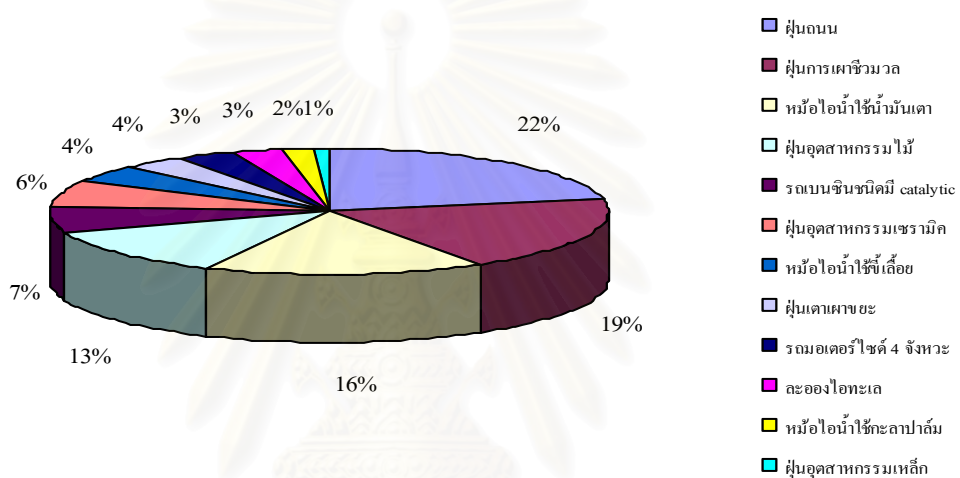
แหล่งชุมชนที่มีคนอาศัยอยู่หนาแน่นมีการก่อสร้างสะพานข้ามแม่น้ำเจ้าพระยาและยังมีการกลุ่มโรงงานอุตสาหกรรมอยู่แทรกกับพื้นที่อาศัยของชุมชนและฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 10 ไมครอนจากปล่องสูงของโรงงานสามารถแพร่กระจายไปได้ไกลทั่วพื้นที่ศึกษา แหล่งกำเนิดที่สำคัญรองลงไปได้แก่ ฝุ่นอุตสาหกรรมเซรามิก ฝุ่นจากหม้อไอน้ำที่ใช้เชื้อเพลิงในอุตสาหกรรม ฝุ่นจากหม้อไอน้ำที่ใช้กะลาปาล์มเป็นเชื้อเพลิงในอุตสาหกรรมฝุ่นถนน ละอองไอทะเล ซึ่งพื้นที่จุดเก็บตัวอย่างอยู่ใกล้กับพื้นที่โรงงานอุตสาหกรรมในอำเภอพระประแดง และยังมีอิทธิพลของลมที่พัดจากทางตะวันตกเฉียงใต้เข้ามาโดยนำละอองไอจากทะเลเข้ามาด้วย



รูปที่ 4.5 ร้อยละการกระจายของฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 10 ไมครอน จากแหล่งกำเนิดที่ศูนย์พื้นฟูอาชีพและสถานสงเคราะห์คนพิการ โดยวิธี CMB

สัดส่วนการกระจายแหล่งกำเนิดที่โรงเรียนวัดกิ่งแก้วแสดงดังรูปที่ 4.6 จะได้แหล่งกำเนิดได้แก่ ฝุ่นถนน (21.8%) ฝุ่นจากการเผาชีวมวล (18.9%) ฝุ่นจากหม้อไอน้ำที่ใช้ น้ำมันเตาเป็นเชื้อเพลิงในอุตสาหกรรม (16.3%) ฝุ่นจากอุตสาหกรรมไม้ (12.7%) ฝุ่นจากไอเสียรถยนต์เบนซินที่มี catalytic (6.5%) ฝุ่นจากอุตสาหกรรมเซรามิก (6.4%) ฝุ่นจากหม้อไอน้ำที่ใช้เชื้อเพลิงในอุตสาหกรรม (4.4%) ฝุ่นจากเตาเผาขยะ (3.9%) ฝุ่นจากไอเสียรถมอเตอร์ไซด์ 4 จังหวะ (3.3%) ละอองไอทะเล (2.8%) ฝุ่นจากหม้อไอน้ำที่ใช้กะลาปาล์มเป็นเชื้อเพลิงในอุตสาหกรรม (1.9%) ฝุ่นจากอุตสาหกรรมเหล็ก (0.9%) แหล่งกำเนิดที่เป็นแหล่งใหญ่ของโรงเรียนวัดกิ่งแก้ว คือ ฝุ่นถนน ฝุ่นจากการเผาชีวมวล ฝุ่นจากหม้อไอน้ำที่ใช้ น้ำมันเตาเป็นเชื้อเพลิงในอุตสาหกรรม ฝุ่นจากอุตสาหกรรมไม้ ซึ่งภายในบริเวณโรงเรียนมีการรื้อถอนอาคารเรียนเดิมและมีการก่อสร้างอาคารเรียนใหม่อยู่ในทำให้มีกิจกรรมจากการก่อสร้างเข้ามามีอิทธิพลต่อจุดตรวจวัดนี้ และยังอยู่ใกล้กับพื้นที่ก่อสร้างสนามบินสุวรรณภูมิด้วยและด้านทิศใต้ของโรงเรียนอยู่ใกล้กับเมรุเผาศพของวัดกิ่ง

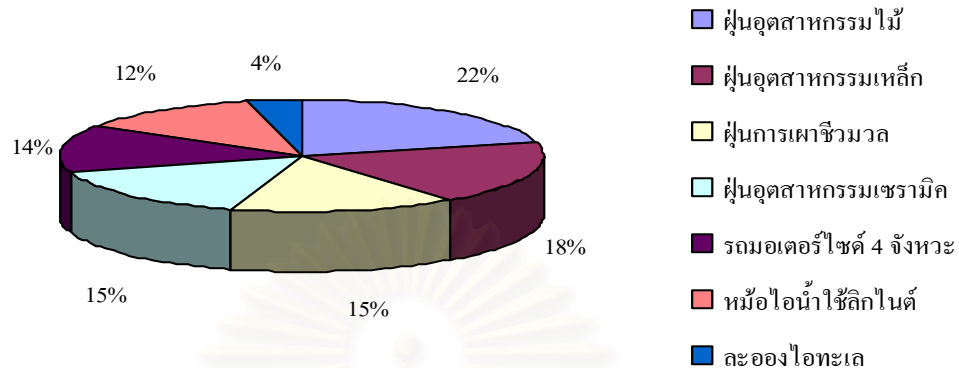
แก้ว และบริเวณรัศมี 10 กิโลเมตร ก็มีกลุ่มโรงงานอุตสาหกรรมตั้งอยู่ แหล่งกำเนิดที่สำคัญเป็นอันดับรองลงไปได้แก่ ฝุ่นจากไอเสียรถยนต์เบนซินที่มี catalytic ฝุ่นจากอุตสาหกรรมเซรามิก ฝุ่นจากหม้อไอน้ำที่ใช้เชื้อเพลิงในอุตสาหกรรม ฝุ่นจากเตาเผาขยะ ฝุ่นจากไอเสียรถมอเตอร์ไซด์ 4 จังหวะ ตะอองไอทะเล ฝุ่นจากอุตสาหกรรมที่ใช้กะลาปาล์มเป็นเชื้อเพลิงในอุตสาหกรรม ฝุ่นจากอุตสาหกรรมเหล็ก เนื่องจากพื้นที่ที่เก็บตัวอย่างนั้นตั้งอยู่ใกล้กับถนนที่มีรถยนต์วิ่งผ่านและในพื้นที่รอบๆ โรงเรียนก็ยังมีโรงงานอุตสาหกรรมตั้งด้วยในรัศมีประมาณ 10 กิโลเมตร และอยู่ใกล้กับสถานที่ทิ้งขยะราชาชวะและมีอิทธิพลของลมจากทิศตะวันตกเฉียงใต้ในการพัดเอาแหล่งกำเนิดที่เป็นตะอองไอทะเลเข้ามา



รูปที่ 4.6 ร้อยละการกระจายของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนจากแหล่งกำเนิดที่โรงเรียนวัดกิ่งแก้วโดยวิธี CMB

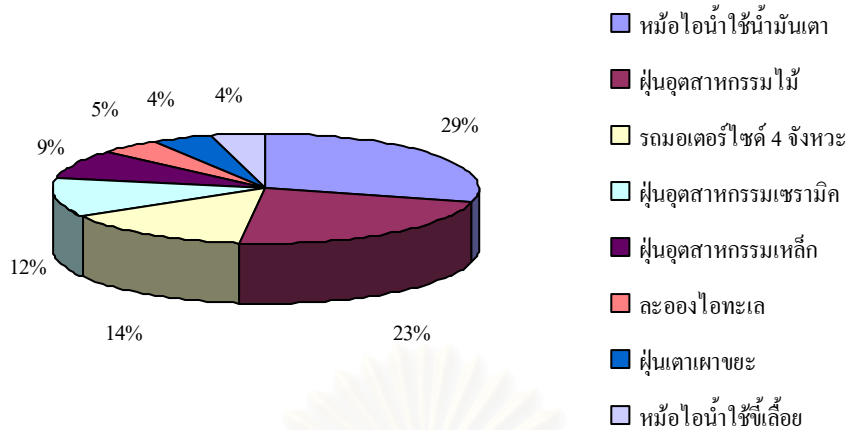
สัดส่วนการกระจายแหล่งกำเนิด ที่โรงเรียนปากคลองมอญแสดงดังรูป 4.7 จะได้แหล่งกำเนิดได้แก่ ฝุ่นจากอุตสาหกรรมไม้ (20.9%) ฝุ่นจากอุตสาหกรรมเหล็ก (18.5%) ฝุ่นจากการเผาชีวมวล (15.4%) ฝุ่นจากอุตสาหกรรมเซรามิก (15.4%) ฝุ่นจากไอเสียรถมอเตอร์ไซด์ 4 จังหวะ (14.1%) ฝุ่นจากหม้อไอน้ำที่ใช้ถ่านเป็นเชื้อเพลิงในอุตสาหกรรม (12.0%) ตะอองไอทะเล (3.7%) แหล่งกำเนิดที่เป็นแหล่งใหญ่ของโรงเรียนปากคลองมอญ คือ ฝุ่นจากอุตสาหกรรมไม้ ฝุ่นจากอุตสาหกรรมเหล็ก ฝุ่นจากการเผาชีวมวล ฝุ่นจากอุตสาหกรรมเซรามิก ฝุ่นจากไอเสียรถมอเตอร์ไซด์ 4 จังหวะ เนื่องจากพื้นที่บริเวณดังกล่าวเป็นแหล่งเกษตรกรรมและมีคลองซื่อคลองมอญอยู่ติดกับบริเวณ โรงเรียนใกล้พื้นที่เก็บตัวอย่างมีรถยนต์แล่นผ่านตลอดเวลาและพื้นที่เกษตรจะเป็นพื้นที่ที่มีการปลูกผักมีการใช้เครื่องมือเครื่องมือทางการเกษตรด้วย และพื้นที่ใกล้เคียงบริเวณที่เก็บตัวอย่างนั้นก็ยังมีโรงงานอุตสาหกรรมตั้งอยู่ในรัศมีประมาณ 10 กิโลเมตร แหล่งที่มาที่สำคัญ

เป็นอันดับรองลงไปได้แก่ ละอองไอทะเล เนื่องจากมีอิทธิพลของลมจากทิศตะวันตกเฉียงใต้ทำให้พัดเอาละอองไอทะเลเข้ามาด้วย



รูปที่ 4.7 ร้อยละการกระจายของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนจากแหล่งกำเนิดที่โรงเรียนปากคลองมอญโดยวิธี CMB

สัดส่วนการกระจายแหล่งที่โรงเรียนคลองเจริญราษฎร์แสดงดังรูปที่ 4.8 จะได้แหล่งกำเนิดได้แก่ ฝุ่นจากหม้อไอน้ำที่ใช้ น้ำมันเตาเป็นเชื้อเพลิงในอุตสาหกรรม (29.0%) ฝุ่นจากอุตสาหกรรมไม่มี (22.9%) ฝุ่นจากไอเสียรถมอเตอร์ไซด์ 4 จังหวะ (14.3%) ฝุ่นจากอุตสาหกรรมเซรามิก (11.6%) ฝุ่นจากอุตสาหกรรมเหล็ก (8.8%) ละอองไอทะเล (4.7%) ฝุ่นจากการเผาขยะ (4.3%) ฝุ่นจากหม้อไอน้ำที่ใช้เชื้อเพลิงเป็นเชื้อเพลิงในอุตสาหกรรม (4.3%) แหล่งกำเนิดที่เป็นแหล่งใหญ่ของโรงเรียนคลองเจริญราษฎร์ คือ ฝุ่นจากหม้อไอน้ำที่ใช้ น้ำมันเตาเป็นเชื้อเพลิงในอุตสาหกรรม ฝุ่นจากอุตสาหกรรมไม่มี ฝุ่นจากไอเสียรถมอเตอร์ไซด์ 4 จังหวะ ฝุ่นจากอุตสาหกรรมเซรามิก เนื่องจากพื้นที่บริเวณดังกล่าวเป็นชุมชนที่อยู่ใกล้กับนิคมอุตสาหกรรมดังนั้นฝุ่นจากกลุ่มของโรงงานอุตสาหกรรมจึงมีอิทธิพลต่ออุตสาหกรรมนี้ แหล่งที่มาที่สำคัญเป็นอันดับรองลงไปได้แก่ ฝุ่นจากอุตสาหกรรมเหล็ก ละอองไอทะเล ฝุ่นจากการเผาขยะ ฝุ่นจากหม้อไอน้ำที่ใช้เชื้อเพลิงเป็นเชื้อเพลิงในอุตสาหกรรม ซึ่งพื้นที่ที่เก็บตัวอย่างบริเวณด้านข้างของโรงเรียนก่อนที่จะเดินข้ามคลองจะเข้่น้อยเข้าไปนั้นจะมีบริเวณที่สำหรับการทิ้งขยะอยู่และมีการเผาขยะอยู่เป็นประจำ และยังมีอิทธิพลของลมจากทิศตะวันตกเฉียงใต้ที่พัดเอาละอองไอทะเลเข้ามาด้วย



รูปที่ 4.8 ร้อยละการกระจายของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนจากแหล่งกำเนิดที่โรงเรียนคลองเจริญราษฎร์โดยวิธี CMB

4.5 เปรียบเทียบการวิเคราะห์ข้อมูลโดยวิธี CMB และ FA-MR

ผลที่ได้จากการวิเคราะห์ข้อมูลของทั้ง CMB และ FA-MR ตลอดทั้ง 2 จุดที่แต่ละแหล่งวัดรวม 4 จุดซึ่งผลที่ได้จากการเปรียบเทียบนี้จะเป็นตัวบอกได้ว่าแหล่งกำเนิดที่สำคัญของพื้นที่จริง ๆ นั้นควรเป็นแหล่งกำเนิดชนิดใดและโมเดลชนิดใดเหมาะกับข้อมูลที่ได้ทำการเก็บมาวิเคราะห์

ศูนย์พื้นที่ฟูลาชีพและสถานสงเคราะห์คนพิการพระประแดง จากการวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้ CMB นั้นจะพบว่าแหล่งกำเนิดที่มีความสำคัญในพื้นที่ได้แก่ ฝุ่นถนน ฝุ่นจากหม้อไอน้ำที่ใช้ลิกไนต์เป็นเชื้อเพลิงในอุตสาหกรรม ฝุ่นจากเตาเผาขยะ ฝุ่นจากไอเสียรถมอเตอร์ไซด์ 4 จังหวะ ฝุ่นจากไอเสียรถยนต์ดีเซลเบา ฝุ่นจากอุตสาหกรรมเซรามิก ฝุ่นจากหม้อไอน้ำที่ใช้ชีเสื่อยเป็นเชื้อเพลิงในอุตสาหกรรม ฝุ่นจากหม้อไอน้ำที่ใช้กะลาปาล์มเป็นเชื้อเพลิงในอุตสาหกรรม และละอองไอทะเล และแหล่งกำเนิดที่ได้จาก FA - MR ได้แก่ ฝุ่นดินและถนน ฝุ่นจากไอเสียรถยนต์ ฝุ่นจากเชื้อเพลิง และฝุ่นที่ไม่ทราบที่มา จะเห็นได้ว่าแหล่งกำเนิดที่สำคัญในพื้นที่ของทั้งสองแบบจำลองจะคล้ายคลึงกัน แต่ในการใช้แบบจำลองโดยวิธี CMB นั้นจะให้ผลการจำแนกแหล่งกำเนิดได้อย่างละเอียดและชัดเจนกว่าการใช้แบบจำลอง FA - MR และในแบบจำลอง FA -MR นั้นยังมีแหล่งกำเนิดที่ไม่ทราบที่มาของฝุ่นด้วย แต่ก็ทำให้ทราบได้ว่าแหล่งกำเนิดที่ต้องดำเนินการควบคุมในพื้นที่พระประแดงซึ่งเป็นตัวแทนของแหล่งชุมชนนั้นจะต้องควบคุมแหล่งกำเนิดจากกลุ่มฝุ่นดินและถนน กลุ่มฝุ่นไอเสียรถยนต์ และกลุ่มฝุ่นจากการใช้เชื้อเพลิงในอุตสาหกรรมและเชื้อเพลิงจากการเผาไหม้ทั่วไป ซึ่งรายละเอียดของแหล่งกำเนิดเหล่านี้สามารถดูได้จากผลของแบบจำลอง CMB และการควบคุมควรรวมถึงละอองไอทะเลด้วย ดังแสดงในตารางที่ 4.13

ตารางที่ 4.13 เปรียบเทียบการวิเคราะห์โดยใช้ CMB และ FA – MR ที่ศูนย์ฟื้นฟูอาชีพและสถานสงเคราะห์คนพิการพระประแดง

CMB Calculation	% mass Contribution	FA-MR Calculation	% mass Contribution
ฝุ่นถนน	25.0	ฝุ่นดินและถนน	36.7
ฝุ่นเตาเผาขยะ	13.6	ฝุ่นจากไอเสียดยนต์	32.9
ฝุ่นไอเสียดยนต์เครื่องยนต์ 4 จังหวะ	13.0		
ฝุ่นไอเสียดดีเซลเบา	12.1	ฝุ่นจากเชื้อเพลิง	14.9
ฝุ่นจากหม้อไอน้ำที่ใช้ถ่านหิน	17.3		
ฝุ่นจากหม้อไอน้ำที่ใช้ถ่านหิน	4.7		
ฝุ่นจากหม้อไอน้ำที่ใช้กะลาปาล์ม	4.4	ฝุ่นไม่ทราบที่มา	15.5
ฝุ่นอุตสาหกรรมเซรามิก	7.1		
ละอองไอทะเล	2.8		

โรงเรียนวัดกิ่งแก้วจากการวิเคราะห์โดยใช้แบบจำลอง CMB พบว่าแหล่งกำเนิดที่มีความสำคัญในพื้นที่ ได้แก่ ฝุ่นถนน ฝุ่นจากการเผาชีวมวล ฝุ่นจากหม้อไอน้ำที่ใช้ น้ำมันเตาเป็นเชื้อเพลิงในอุตสาหกรรม ฝุ่นจากอุตสาหกรรมไม้ ฝุ่นจากไอเสียดยนต์เบนซินที่มี catalytic ฝุ่นจากอุตสาหกรรมเซรามิก ฝุ่นจากหม้อไอน้ำที่ใช้ถ่านหินเป็นเชื้อเพลิงในอุตสาหกรรม ฝุ่นจากเตาเผาขยะ ฝุ่นจากไอเสียดยนต์เครื่องยนต์ 4 จังหวะ ละอองไอทะเล ฝุ่นจากหม้อไอน้ำที่ใช้กะลาปาล์ม ฝุ่นจากอุตสาหกรรมเหล็ก ตามลำดับ ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับแหล่งกำเนิดที่หาได้จากวิธี FA – MR จะพบว่าฝุ่นที่มีความสำคัญในพื้นที่ ได้แก่ ฝุ่นจากการเผาเชื้อเพลิงในอุตสาหกรรม ฝุ่นดินและถนน ละอองไอทะเล ฝุ่นไม่ทราบที่มา จะเห็นได้ว่าแหล่งกำเนิดที่สำคัญในพื้นที่ของทั้งสองแบบจำลองจะคล้ายคลึงกัน แต่ในการใช้แบบจำลองโดยวิธี CMB นั้นจะให้ผลการจำแนกแหล่งกำเนิดได้อย่างละเอียดและชัดเจนกว่าการใช้แบบจำลอง FA – MR และในแบบจำลอง FA –MR นั้นยังมีแหล่งกำเนิดที่ไม่ทราบที่มาของฝุ่นด้วย แต่ก็ทำให้ทราบได้ว่าแหล่งกำเนิดที่ต้องดำเนินการควบคุมในพื้นที่ชุมชนที่มีการก่อสร้างอยู่นั้นแหล่งกำเนิดที่ต้องดำเนินการควบคุม ได้แก่ ฝุ่นดินถนน กลุ่มของฝุ่นจากเชื้อเพลิงในการเผาไหม้ ซึ่งสามารถจำแนกแหล่งกำเนิดโดยละเอียดได้โดยดูผลการวิเคราะห์จากวิธี CMB และละอองไอทะเลก็เป็นอีกแหล่งกำเนิดหนึ่งที่ต้องดำเนินการควบคุม ผลการเปรียบเทียบแสดงดังตารางที่ 4.14

ตารางที่ 4.14 เปรียบเทียบการวิเคราะห์โดยใช้ CMB และ FA – MR ที่โรงเรียนวัดกิ่งแก้ว

CMB Calculation	% mass Contribution	FA-MR Calculation	% mass Contribution
ฝุ่นถนน	21.8	ฝุ่นดินและถนน	7.0
ฝุ่นจากการเผาชีวมวล	18.9	ฝุ่นจากเชื้อเพลิง	61.6
ฝุ่นจากหม้อไอน้ำที่ใช้ น้ำมันเตา	16.3		
ฝุ่นจากหม้อไอน้ำที่ใช้ ไม้เลื่อย	4.4		
ฝุ่นจากหม้อไอน้ำที่ใช้ กะลาปาล์ม	1.9		
ฝุ่นเตาเผาขยะ	3.9		
ฝุ่นไอเสียรถยนต์เบนซินที่มี catalytic	6.5		
ฝุ่นไอเสียรถยนต์ 4 จังหวะ	3.3		
ฝุ่นอุตสาหกรรมเซรามิก	6.4		
ฝุ่นอุตสาหกรรมไม้	12.7		
ฝุ่นอุตสาหกรรมเหล็ก	0.9		
ละอองไอทะเล	2.8	ละอองไอทะเล	0.4
		ฝุ่นไม่ทราบที่มา	30.9

โรงเรียนปากคลองมอญจากการวิเคราะห์ผลโดยใช้วิธี CMB พบว่าแหล่งกำเนิดที่มีความสำคัญในพื้นที่ ได้แก่ ฝุ่นจากอุตสาหกรรมไม้ ฝุ่นจากอุตสาหกรรมเหล็ก ฝุ่นจากการเผาชีวมวล ฝุ่นจากอุตสาหกรรมเซรามิก ฝุ่นจากไอเสียรถยนต์ 4 จังหวะ ฝุ่นจากหม้อไอน้ำที่ใช้ ถังแก๊ส เป็นเชื้อเพลิงในอุตสาหกรรม ละอองไอทะเล ตามลำดับ ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับแหล่งกำเนิดที่หา มาได้จากการใช้การวิเคราะห์แบบ FA – MR พบว่าแหล่งกำเนิดที่มีความสำคัญ ได้แก่ ฝุ่นจากการใช้เชื้อเพลิงในอุตสาหกรรมและการเผาไหม้ ฝุ่นจากกระบวนการในอุตสาหกรรม ฝุ่นจากไอเสียรถยนต์ ละอองไอทะเล และฝุ่นที่ไม่ทราบที่มา จะเห็นได้ว่าแหล่งกำเนิดที่สำคัญในพื้นที่ของทั้งสองแบบจำลองจะคล้ายคลึงกัน แต่ในการใช้แบบจำลองโดยวิธี CMB นั้นจะให้ผลการจำแนกแหล่งกำเนิดได้อย่างละเอียดและชัดเจนกว่าการใช้แบบจำลอง FA – MR และในแบบจำลอง FA – MR นั้นยังมีแหล่งกำเนิดที่ไม่ทราบที่มาของฝุ่นด้วย แต่ก็ทำให้ทราบได้ว่าแหล่งกำเนิดที่ต้องดำเนินการควบคุมในพื้นที่ที่เป็นตัวแทนแหล่งเกษตรกรรมในจังหวัดสมุทรปราการนั้นแหล่งกำเนิดที่ต้องดำเนินการควบคุม ได้แก่ ฝุ่นจากกลุ่มการใช้เชื้อเพลิงทั้งในอุตสาหกรรมและการเผาไหม้ ฝุ่นจากกระบวนการผลิตในอุตสาหกรรม ฝุ่นจากไอเสียรถยนต์ ซึ่งรายละเอียดของกลุ่มอุตสาหกรรมนั้นสามารถดูแหล่งกำเนิดที่ชัดเจนได้จากผลการวิเคราะห์โดยใช้วิธี CMB และการควบคุมควรรวมถึงละอองไอทะเลด้วย ดังแสดงในตารางที่ 4.15

ตารางที่ 4.15 เปรียบเทียบการวิเคราะห์โดยใช้ CMB และ FA – MR ที่โรงเรียนปากคลองมอญ

CMB Calculation	% mass Contribution	FA-MR Calculation	% mass Contribution
ฝุ่นจากการเผาชีวมวล	15.4	ฝุ่นจากเชื้อเพลิง	30.9
ฝุ่นจากหม้อไอน้ำที่ใช้ถิกไนต์	12.0		
ฝุ่นอุตสาหกรรมไม้	20.9	ฝุ่นจากกระบวนการในอุตสาหกรรม	26.8
ฝุ่นอุตสาหกรรมเหล็ก	18.5		
ฝุ่นอุตสาหกรรมเซรามิก	15.4		
รถมอเตอร์ไซด์ 4 จังหวะ	14.1	ฝุ่นจากไอเสียรถยนต์	9.4
ละอองไอทะเล	3.7	ละอองไอทะเล	0
		ฝุ่นไม่ทราบที่มา	32.9

โรงเรียนคลองเจริญราษฎร์จากการวิเคราะห์โดยใช้วิธีการแบบ CMB พบว่าแหล่งกำเนิดที่มีความสำคัญในพื้นที่ได้แก่ ฝุ่นจากหม้อไอน้ำที่ใช้ถ่านหินเป็นเชื้อเพลิงในอุตสาหกรรม ฝุ่นจากอุตสาหกรรมไม้ ฝุ่นจากไอเสียรถมอเตอร์ไซด์ 4 จังหวะ ฝุ่นจากอุตสาหกรรมเซรามิก ฝุ่นจากอุตสาหกรรมเหล็ก ละอองไอทะเล ฝุ่นจากเตาเผาขยะ ฝุ่นจากหม้อไอน้ำที่ใช้ชีลื้อยเป็นเชื้อเพลิงในอุตสาหกรรม เมื่อเทียบกับการวิเคราะห์โดยใช้วิธี FA – MR พบว่าแหล่งกำเนิดที่สำคัญได้แก่ ฝุ่นจากการใช้เชื้อเพลิงในอุตสาหกรรมและการเผาไหม้ ฝุ่นจากไอเสียรถยนต์ ละอองไอทะเล และฝุ่นไม่ทราบที่มา จะเห็นได้ว่าแหล่งกำเนิดที่สำคัญในพื้นที่ของทั้งสองแบบจำลองจะคล้ายคลึงกัน แต่ในการใช้แบบจำลองโดยวิธี CMB นั้นจะให้ผลการจำแนกแหล่งกำเนิดได้อย่างละเอียดและชัดเจนกว่าการใช้แบบจำลอง FA – MR และในแบบจำลอง FA –MR นั้นยังมีแหล่งกำเนิดที่ไม่ทราบที่มาของฝุ่นด้วย แต่ก็ทำให้ทราบได้ว่าแหล่งกำเนิดที่ต้องดำเนินการควบคุมในพื้นที่ชุมชนใกล้แหล่งอุตสาหกรรมในสมุทรปราการนั้นได้แก่ กลุ่มของแหล่งกำเนิดที่ใช้เชื้อเพลิงในอุตสาหกรรมและการเผาไหม้ ฝุ่นจากไอเสียรถยนต์ ซึ่งรายละเอียดของกลุ่มอุตสาหกรรมนั้นสามารถดูแหล่งกำเนิดที่ชัดเจนได้จากผลการวิเคราะห์โดยวิธี CMB และการควบคุมควรรวมถึงละอองไอทะเลด้วย ดังแสดงในตารางที่ 4.16

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.16 เปรียบเทียบการวิเคราะห์โดยใช้ CMB และ FA – MR ที่โรงเรียนคลองเจริญราษฎร์

CMB Calculation	% mass Contribution	FA-MR Calculation	% mass Contribution
ฝุ่นจากหม้อไอน้ำที่ใช้ น้ำมันเตา	29.0	ฝุ่นจากเชื้อเพลิง	45.9
ฝุ่นอุตสาหกรรมไม้ฝุ่นเตาเผาขยะ	22.9		
ฝุ่นเตาเผาขยะ	4.3		
ฝุ่นจากหม้อไอน้ำที่ใช้ขี้เถ้า	4.3		
ฝุ่นไอเสียรถมอเตอร์ไซด์ 4 จังหวะ	14.3	ฝุ่นจากไอเสียรถยนต์	7.2
ฝุ่นอุตสาหกรรมเซรามิก	11.6		
ฝุ่นอุตสาหกรรมเหล็ก	8.8		
ละอองไอทะเล	4.7	ละอองไอทะเล	4.8
		ฝุ่นไม่ทราบที่มา	42.2

เมื่อมองในภาพรวมแล้วจะพบว่าการใช้แบบจำลอง CMB นั้นให้ผลการวิเคราะห์ออกมาดีกว่า FA – MR เนื่องจากผลการวิเคราะห์แสดงให้เห็นว่า CMB นั้นสามารถจำแนกได้ว่าฝุ่นจากดินและถนนนั้นต่างกันอย่างไรในสัดส่วนของแหล่งกำเนิดแต่ละแหล่งในปริมาณเท่าใดหรือฝุ่นอุตสาหกรรมนั้นสามารถจำแนกได้ว่าเป็นแหล่งของอุตสาหกรรมชนิดใดหรือเป็นการใช้เชื้อเพลิงชนิดใดในอุตสาหกรรมนั้นซึ่งข้อมูลที่สำคัญในการนำมาใส่เข้าไปในแบบจำลอง CMB ได้แก่ สัดส่วนองค์ประกอบของแหล่งกำเนิดซึ่งยังมีแหล่งกำเนิดมีปริมาณข้อมูลของแหล่งกำเนิดมากและมีความเหมาะสมกับพื้นที่ที่ต้องการศึกษาจะยิ่งทำให้ผลการวิเคราะห์ของแบบจำลองมีความถูกต้องมากขึ้นซึ่งต่างจากแบบจำลองที่ใช้ FA – MR เนื่องจากว่าแบบจำลองชนิดนี้สามารถบอกได้เพียงว่าแหล่งกำเนิดควรจะมาจากกลุ่มของแหล่งกำเนิดใดแต่จะแยกย่อยว่าเป็นแหล่งกำเนิดจากอุตสาหกรรมใดให้ชัดเจนนั้นไม่ได้ถึงแม้ว่าแบบจำลอง FA – MR จะสามารถบอกได้ถึงสัดส่วนของฝุ่นทุกชนิดที่มีอิทธิพลต่อแหล่งรับได้แต่ก็ไม่สามารถบอกได้ว่าฝุ่นทุกชนิดนั้นมาจากแหล่งกำเนิดใด และยังมีปัญหาในเรื่องฝุ่นที่ไม่ทราบที่มาซึ่งไม่สามารถบอกได้ถึงแหล่งกำเนิดที่ชัดเจนได้เลยทำได้เพียงการสันนิษฐานเท่านั้น สามารถสรุปกรณีของการใช้แบบจำลองทั้งสองชนิดดังตารางที่ 4.17

ตารางที่ 4.17 สรุปกรณีในการเลือกใช้แบบจำลอง CMB และ FA- MR

การเลือกใช้งานแบบจำลอง	CMB	FA – MR
ประเภทข้อมูล		
แหล่งรับ		/
แหล่งรับและแหล่งกำเนิด	/	
จำนวนข้อมูล		
จำนวนอย่างน้อย 1 ข้อมูล	/	
จำนวนข้อมูลมากกว่า 100 ข้อมูล		/
งบประมาณ		
ต่ำ		/
สูง	/	
ข้อจำกัดของแบบจำลอง		
สามารถทราบสัดส่วนฝุ่นทุกชนิด		/
แยกแหล่งกำเนิดได้เฉพาะ	/	
ความถูกต้องของแหล่งกำเนิด		
จำแนกสัดส่วนตามประเภทแหล่งกำเนิดใน source profile	/	
ใช้ตัวบ่งชี้มาช่วยในการแยกแหล่งกำเนิด		/
การแปรผลการวิเคราะห์		
ง่าย	/	
ยาก		/

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 5

สรุปผลวิจัยและข้อเสนอแนะ

การศึกษาสัดส่วน องค์ประกอบและแหล่งที่มาของฝุ่นขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน ในพื้นที่จังหวัดสมุทรปราการ มีการใช้แบบจำลองคณิตศาสตร์สองชนิดในการคำนวณหาสัดส่วนและแหล่งกำเนิดที่สำคัญในพื้นที่จังหวัดสมุทรปราการ พบว่า

1. ในการวิเคราะห์โดยวิธี FA – MR พบว่าแหล่งกำเนิดและสัดส่วนที่มาของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน ทั้ง 4 แหล่งรับ มาจากฝุ่นดินและถนน 0 – 36.7% ฝุ่นจากไอเสียรถยนต์ 0 - 32.9% ฝุ่นจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงในภาคอุตสาหกรรม 14.9 - 61.6%, ฝุ่นจากกระบวนการอุตสาหกรรม 0 - 26.8% ละอองไอน้ำทะเล 0 - 4.8% และฝุ่นไม่ทราบที่มา 15.5 - 42.2%

2. ในการวิเคราะห์โดยวิธี CMB พบว่าแหล่งกำเนิดและสัดส่วนที่มาของฝุ่นขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน ทั้ง 4 แหล่งรับ มาจากฝุ่นถนน 0 - 25.0% ฝุ่นจากไอเสียรถยนต์ดีเซลเบา 0 - 12.1% ฝุ่นจากไอเสียรถมอเตอร์ไซด์ 4 จังหวะ 3.3 - 14.3% ฝุ่นจากการเผาขยะ 0 - 13.6% ฝุ่นจากการเผาชีวมวล 0 - 18.9% ฝุ่นจากหม้อไอน้ำที่ใช้ น้ำมันเตาเป็นเชื้อเพลิงในอุตสาหกรรม 0 - 29.0% ฝุ่นจากหม้อไอน้ำที่ใช้ถ่านหินลิกไนต์เป็นเชื้อเพลิงในอุตสาหกรรม 0 - 17.3% ฝุ่นจากหม้อไอน้ำที่ใช้ชี้เถื่อยเป็นเชื้อเพลิงในอุตสาหกรรม 0 - 4.7% ฝุ่นจากอุตสาหกรรมไม้ 0 - 22.9% ฝุ่นจากอุตสาหกรรมเซรามิก 7.1 - 15.4% ฝุ่นจากอุตสาหกรรมเหล็ก 0 - 18.5% และละอองไอน้ำทะเล 2.8 - 4.7%

3. จากผลการวิเคราะห์พบว่าแบบจำลองที่น่าจะนำมาใช้ในการหาแหล่งที่มาของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน ของจังหวัดสมุทรปราการควรจะเป็นแบบจำลองคุณภาพมวลเคมี เนื่องจากว่าเป็นแบบจำลองที่สามารถบอกได้ถึงรายละเอียดของแหล่งที่มาได้อย่างชัดเจน เช่นว่าเป็นแหล่งอุตสาหกรรมชนิดใดที่ควรเข้าไปควบคุมดูแลเป็นพิเศษ เป็นต้น และสามารถที่จะจำแนกได้ระหว่าง ฝุ่นดิน ฝุ่นถนน ฝุ่นจากการเผาขยะ ฝุ่นจากการเผาชีวมวล เนื่องจากว่ามีรูปแบบของสัดส่วนองค์ประกอบทางเคมีจากแหล่งกำเนิดที่ชัดเจน แต่ในการวิเคราะห์โดยใช้วิธี FA – MR นั้น เหมาะกับการทำที่มีการเก็บตัวอย่างจากแหล่งรับเพียงอย่างเดียวผลที่ได้ออกมาจะมองเห็นเป็นภาพกว้างจะยังเจาะจงไม่ได้ว่าเป็นแหล่งอุตสาหกรรมชนิดใด หรือเป็นฝุ่นชนิดไหนได้ละเอียดเท่ากับแบบจำลองคุณภาพมวลเคมี

4. ข้อเสนอแนะสำหรับงานวิจัยนี้ มีดังนี้

4.1 ในการเก็บตัวอย่างด้วยเครื่อง Mini Volume Air Sampler นั้นมีข้อดีคือสะดวกในการใช้งานแต่มีข้อเสียคือความเข้มข้นของฝุ่นที่เก็บได้นั้นค่อนข้างต่ำทำให้ในการวิเคราะห์หองค์ประกอบทางเคมีนั้นผลจะออกมาได้ไม่ค่อยดีนัก ดังนั้นในการเก็บตัวอย่างควรเลือกใช้เครื่องมือเป็น High Volume Air Sampler

4.2 การจัดทำสัดส่วนองค์ประกอบทางเคมีของแหล่งกำเนิดนั้นควรจะเป็นไปตามสถานการณ์ปัจจุบันมากที่สุดเพื่อให้ได้ความถูกต้องที่สุด

4.3 ควรมีการจัดทำการศึกษาสัดส่วนแหล่งที่มาของฝุ่นขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน เพื่อพิจารณาความสำคัญของแหล่งกำเนิดของฝุ่นชนิดนี้เปรียบเทียบกับ

4.4 เนื่องจากข้อกำหนดของลักษณะข้อมูลไม่เหมาะสมกับการวิเคราะห์โดยวิธี FA – MR ซึ่งจะเห็นได้จากผลการวิเคราะห์ที่ออกมา ดังนั้น ไม่ควรจะให้ความสำคัญของผลการวิเคราะห์เทียบเท่ากับผลที่วิเคราะห์ออกมาโดยวิธี CMB

รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

กมล ชนชนพวรรณ. 2540. การพัฒนาตัวคุณอัตราการปล่อยฝุ่นละอองจากโรงโม่หิน. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

อนามัยม, กรม. 2545. ข้อมูลจากกองอนามัยสิ่งแวดล้อม สำนักงานอนามัย.

<http://members.fortunecity.com/benja2000/c8.html>.

ควบคุมมลพิษ, กรม. 2541. เอกสารประกอบการสัมมนาการจัดทำกลยุทธ์ในการแก้ไขปัญหาฝุ่นละอองในกรุงเทพมหานคร ณ ศูนย์ประชุมสิริกิติ์ กรุงเทพฯ วันที่ 20-21 พฤษภาคม. กรุงเทพมหานคร: เรเดียน อินเตอร์เนชั่นแนล.

ควบคุมมลพิษ, กรม. 2548. การศึกษาสัดส่วน องค์ประกอบและแหล่งที่มาของฝุ่นขนาดเล็กในพื้นที่จังหวัดสมุทรปราการ.

นภาพร พานิช. 2544. แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ด้านคุณภาพอากาศ. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

พงษ์เสวต สุวรรณธานี. 2545. การจำแนกสัดส่วนแหล่งกำเนิดของอนุภาคมลสารรวมทั้งหมดในพื้นที่กรุงเทพมหานคร. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ. ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

วงศ์พันธ์ ลิ้มปเสนีย์, นิตยา มหาผล และ ชีระ เกรอต. 2543. มลภาวะอากาศ. พิมพ์ครั้งที่ 6. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

นโยบายแผนและสิ่งแวดล้อม, สำนักงาน. 2547. รายงานสถานการณ์คุณภาพสิ่งแวดล้อม พ.ศ. 2546. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์พิทักษ์อักษร.

อัมพร อึ้งปกรณ์แก้ว. 2540. เครื่องวิเคราะห์คาร์บอน ไฮโดรเจน ไนโตรเจน ซัลเฟอร์และออกซิเจน. วารสารศูนย์เครื่องมือวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 6 (มิถุนายน): 51-71.

อาภา หวังเกียรติ. 2544. Application of CMB8 Receptor model for source apportionment in Bangkok Metropolitan Area. เอกสารประกอบการประชุมประจำปีระดับชาติ ครั้งที่ 13 สวสท, พฤษภาคม 17-18. สมาคมวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมแห่งประเทศไทย.

ภาษาอังกฤษ

Air Metric. n.d. Mini Volume Portable Air Sampler Operation Manual.

APHA, AWWA, and WEF. 1998. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 20th ed. American and Public Health Association.

Chio, Chia-Pin., Cheng, Man-Ting., and Wang, Chu-Fang. 2004. Source apportionment to PM10 in different air quality conditions for Taichung urban and coastal areas, Taiwan. Journal of Atmospheric Environment 38: 6893-6905.

Hopke, P. K. 1985. Receptor Model in Environmental Chemistry. New York: John Wiley & Sons.

Thongsanit, P., and Jinsart, W. 2005. Chemical Characterization and Source Apportionment of Fine Air Particles in Thailand Comparison to Urban Area in Bangkok. Annual Conference & Exhibition, June 21-24. Air & Waste Management Association.

McMurry, Peter., Shepherd, Marjorie., and Vickery, James. 2004. Particulate Matter Science for Policy Markers. Cambridge.

Thurston, D., and Spengler, D. 1984. A quantitative assessment of source contributions to inhalable particulate matter pollution in metropolitan Boston. Atmospheric Environment 19: 9-25.

U.S. Environmental Protection Agency. 1994. Guidelines for PM-10 Sampling and Analysis Applicable to Receptor Modeling. Reserch Triangle Park, NC 2711, EPA-452/R-94-009.

U.S. Environmental Protection Agency. 1989. Atmospheric sampling manual. Research Triangle Park, NC, EPA 45/2-80-004

U.S. Environmental Protection Agency. 1999. Compendium of Methods for the Determination of Inorganic Compounds in Ambient Air: Compendium Method IO-3.1 Selection, Preparation and Extraction of Filter Material. EPA/625/R-96/010a.

U.S. Environmental Protection Agency. 2001. CMB8.2 User's Manual. Research Triangle Park, NC 27711, EPA-454/R-01-XXX.

Watson, J. G. 1989. Receptor Model Technical Series, Volume III (1989 Revision) CMB7 User's Manual. U.S. Environmental Protection Agency, Research Triangle Park, NC, EPA-450/4-90-004

World Health Organization. 1976. Selected Methods of Measuring Air Pollutants. Geneva.



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ภาคผนวก

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ภาคผนวก ก

รายละเอียดการเก็บตัวอย่างฝุ่นขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน ในบรรยากาศ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ก.1 วันที่ทำการเก็บตัวอย่างฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน ในช่วงฤดูแล้ง

เดือน/วัน/ปี	แหล่งรับที่ทำการตรวจวัด			
	site 1	site 2	site 3	site 4
03/29/05	/	/		
03/30/05	/			/
04/01/05	/	/		
04/02/05				/
04/03/05	/	/		
04/04/05			/	/
04/05/05		/		
04/06/05			/	/
04/07/05	/		/	/
04/08/05		/	/	/
04/09/05			/	/
04/10/05		/	/	/
04/11/05			/	/
04/14/05			/	/
04/15/05	/	/	/	
04/16/05		/		/
04/17/05		/	/	
04/19/05	/	/	/	/
04/20/05	/	/	/	/
04/21/05	/	/	/	/
04/22/05				/
04/23/05			/	
04/25/05		/		
04/26/05		/	/	
04/28/05		/		/
05/9/05		/		
05/10/05		/		
05/11/05			/	
05/12/05		/		
05/15/05				/
05/17/05		/		

ตารางที่ ก.1 (ต่อ) วันที่ทำการเก็บตัวอย่างฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน ในช่วงฤดูแล้ง

เดือน/วัน/ปี	แหล่งรับที่ทำการตรวจวัด			
	site 1	site 2	site 3	site 4
05/19/05	/			/
05/20/05	/			
05/21/05	/			
05/22/05	/			
05/23/05	/			
05/24/05	/			
05/25/05	/			
05/26/05	/			
05/27/05	/			
05/28/05	/			
05/29/05	/	/		/
05/30/05	/		/	/
05/31/05	/		/	/
11/06/05	/		/	/
11/07/05	/		/	/
11/09/05	/		/	/
11/12/05	/	/	/	/
11/13/05	/	/	/	/
11/14/05	/	/	/	/
11/15/05	/	/	/	/
11/16/05	/	/	/	/
11/19/05	/	/	/	
11/20/05		/	/	/
11/21/05		/	/	/
11/22/05		/	/	
11/23/05		/		
11/24/05		/		
11/25/05		/		

ตารางที่ ก.2 วันที่ทำการเก็บตัวอย่างฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน ในช่วงฤดูฝน

เดือน/วัน/ปี	แหล่งรับที่ทำการตรวจวัด			
	Site 1	Site 2	site 3	site 4
06/05/05	/		/	/
06/06/05	/		/	/
06/07/05	/		/	/
06/09/05	/		/	/
06/10/05			/	/
06/11/05			/	/
06/13/05			/	/
06/14/05			/	/
06/15/05			/	/
06/26/05	/	/		/
06/27/05	/	/		/
06/28/05	/	/		/
06/29/05	/	/		/
06/30/05		/		/
07/04/05	/		/	
08/03/05	/	/	/	/
08/04/05	/	/	/	/
08/05/05	/	/	/	/
08/06/05	/		/	/
08/07/05	/	/		/
08/09/05	/	/		/
08/10/05		/	/	/
08/11/05	/	/	/	/
08/12/05		/	/	/
08/13/05	/	/	/	/
08/15/05		/	/	/
08/16/05		/	/	/
08/17/05		/	/	
08/18/05	/	/	/	/
08/19/05		/	/	/
08/21/05		/	/	

ตารางที่ ก.2 (ต่อ) วันที่ทำการเก็บตัวอย่างฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน ในช่วงฤดูฝน

เดือน/วัน/ปี	แหล่งรับที่ทำการตรวจวัด			
	site 1	site 2	site 3	site 4
08/22/05	/	/	/	
08/23/05	/	/	/	
08/24/05	/	/	/	
08/25/05	/	/	/	
08/27/05	/	/		
08/28/05	/	/		/
08/29/05	/	/		/
08/30/05	/	/		
08/31/05	/	/		/
09/03/05	/		/	
09/04/05	/	/	/	
09/05/05	/	/	/	
09/06/05	/	/	/	
09/07/05				/

หมายเหตุ Site 1 = ศูนย์ฟื้นฟูอาชีพและสถานสงเคราะห์คนพิการ
 Site 2 = โรงเรียนวัดกิ่งแก้ว
 Site 3 = โรงเรียนปากคลองมอญ
 Site 4 = โรงเรียนคลองเจริญราษฎร์

สถาบันวิทยบริการ
 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ก.3 ทิศทางลมในวันที่ทำการเก็บตัวอย่างที่ศูนย์ฟื้นฟูอาชีพและสถานสงเคราะห์คนพิการ พระประแดงในช่วงฤดูแล้ง

เดือน/วัน/ปี	ทิศทางลม					
	SE	SSE	S	SSW	SW	SWW
03/29/05				/		
03/30/05				/		
04/01/05			/			
04/03/05	/					
04/07/05				/		
04/15/05			/			
04/19/05			/			
04/20/05		/				
04/21/05				/		
05/19/05			/			
05/20/05	/					
05/21/05		/				
05/22/05		/				
05/23/05			/			
05/24/05				/		
05/25/05				/		
05/26/05					/	
05/27/05					/	
05/28/05						/
05/29/05						/
05/30/05		/				
05/31/05				/		

ตารางที่ ก.4 ทิศทางลมในวันที่ทำการเก็บตัวอย่างที่โรงเรียนคลองเจริญราษฎร์ในช่วงฤดูแล้ง

เดือน/วัน/ปี	ทิศทางลม				
	SSE	S	SSW	SW	SWW
03/30/05				/	
04/02/05				/	
04/04/05					/
04/07/05			/		
04/08/05			/		
04/09/05			/		
04/10/05			/		
04/11/05			/		
04/14/05	/				
04/16/05			/		
04/19/05	/				
04/20/05	/				
04/21/05			/		
04/22/05			/		
04/28/05		/			
05/15/05			/		
05/19/05		/			
05/29/05					/

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ภาคผนวก ข

ข้อมูลองค์ประกอบทางเคมีของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน
จากแหล่งกำเนิดต่างๆ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ข สัดส่วนองค์ประกอบทางเคมีของฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 10 ไมครอน จากแหล่งกำเนิดที่ใช้ในการวิเคราะห์ด้วยแบบจำลองคุณภาพมวลเคมี

	ละอองไอ ทะเล	ฝุ่นดิน	ฝุ่นถนน	รถดีเซลหนัก	รถดีเซลเบา	รถเบนซิน ชนิดมีตัว กรอง	รถเบนซิน ชนิดไม่มีตัว กรอง
Na	0.40000 ± 0.08000	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Mg	0.04800 ± 0.00960	ND	0.00178 ± 0.00036	ND	ND	ND	ND
Al	ND	ND	0.00398 ± 0.00080	ND	ND	ND	ND
Si	ND	0.01648 ± 0.00330	0.01198 ± 0.00240	ND	ND	ND	ND
P	ND	ND	ND	0.00008 ± 0.00002	ND	ND	0.00121 ± 0.00024
Sc	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Ti	ND	0.00505 ± 0.00101	0.00110 ± 0.00022	0.00115 ± 0.00023	0.00500 ± 0.00010	0.00154 ± 0.00031	0.00010 ± 0.00002
V	ND	ND	ND	ND	0.00378 ± 0.00076	ND	ND
Cr	ND	ND	ND	0.01680 ± 0.00336	0.04480 ± 0.00896	ND	0.01691 ± 0.00338
Fe	ND	ND	ND	0.02711 ± 0.00542	0.10989 ± 0.02198	ND	0.04951 ± 0.00990
S	0.03300 ± 0.00660	0.00351 ± 0.00070	0.00200 ± 0.00040	0.01771 ± 0.00354	0.00094 ± 0.00019	0.00771 ± 0.00154	0.00667 ± 0.00133
Cl	0.40000 ± 0.08000	0.00226 ± 0.00045	0.00147 ± 0.00029	0.00059 ± 0.00012	0.00010 ± 0.00002	0.00138 ± 0.00028	0.00010 ± 0.00002
K	0.01400 ± 0.00280	0.00408 ± 0.00082	0.00110 ± 0.00022	ND	ND	ND	ND
Ca	0.01400 ± 0.00280	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Co	ND	ND	ND	0.00916 ± 0.00183	0.01669 ± 0.00334	ND	0.00501 ± 0.00100
Ni	ND	ND	ND	0.02494 ± 0.00498	0.04889 ± 0.00978	ND	0.01290 ± 0.00258
Cu	ND	0.00021 ± 0.00004	0.00020 ± 0.00004	0.00023 ± 0.00005	ND	0.00333 ± 0.00067	ND
Zn	ND	0.00107 ± 0.00021	0.00062 ± 0.00012	0.00066 ± 0.00013	0.00154 ± 0.00031	0.00306 ± 0.00061	0.00124 ± 0.00025

ตารางที่ ข (ต่อ) สกัดส่วนองค์ประกอบทางเคมีของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน จากแหล่งกำเนิดที่ใช้ในการวิเคราะห์ด้วยแบบจำลองคุณภาพมวลเคมี

	ละอองไอ ทะเล	ฝุ่นดิน	ฝุ่นถนน	รถดีเซลหนัก	รถดีเซลเบา	รถเบนซิน ชนิดมีตัว กรอง	รถเบนซิน ชนิดไม่มีตัว กรอง
As	ND	0.00034 ± 0.00007	0.00017 ± 0.00003	0.00005 ± 0.00001	0.00007 ± 0.00001	0.00017 ± 0.00003	0.00002 ± 0.00000
Se	ND	0.00007 ± 0.00001	0.00008 ± 0.00002	0.00011 ± 0.00002	0.00008 ± 0.00002	ND	ND
Br	ND	ND	0.00005 ± 0.00001	0.00013 ± 0.00003	0.00020 ± 0.00004	0.00056 ± 0.00011	0.00007 ± 0.00001
Sb	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Te	ND	0.00827 ± 0.00165	0.00137 ± 0.00027	0.00278 ± 0.00056	0.00606 ± 0.00121	0.00959 ± 0.00192	0.00114 ± 0.00023
I	ND	0.00590 ± 0.00118	0.00037 ± 0.00007	ND	0.00267 ± 0.00053	0.00159 ± 0.00032	0.00025 ± 0.00005
Cs	ND	0.01067 ± 0.00213	0.00368 ± 0.00074	0.00137 ± 0.00027	0.00354 ± 0.00071	0.00671 ± 0.00134	ND
Ba	ND	0.00475 ± 0.00095	0.00183 ± 0.00037	0.00420 ± 0.00084	ND	ND	ND
Ce	ND	0.00951 ± 0.00190	0.00204 ± 0.00041	0.00944 ± 0.00189	0.00757 ± 0.00151	ND	0.00182 ± 0.00036
Pt	ND	0.00192 ± 0.00038	0.00084 ± 0.00017	0.00222 ± 0.00044	0.00089 ± 0.00018	0.00362 ± 0.00072	ND
Pb	ND	0.0026 ± 0.00052	0.00218 ± 0.00044	0.00151 ± 0.00030	0.00023 ± 0.00005	0.01046 ± 0.00209	0.00010 ± 0.00002
OC	ND	0.24904 ± 0.04981	0.09405 ± 0.01881	0.12167 ± 0.02433	0.17964 ± 0.03593	0.19621 ± 0.03924	0.43157 ± 0.08631
EC	ND	0.14540 ± 0.02908	0.05570 ± 0.01114	0.73754 ± 0.14751	0.60578 ± 0.12116	0.18917 ± 0.03783	0.15836 ± 0.03167
SO₄²⁻	0.10000 ± 0.02000	0.05000 ± 0.01000	ND	ND	ND	0.03580 ± 0.00716	0.00707 ± 0.00141
NO₃⁻	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Cl⁻	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Na⁺	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
K⁺	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
NH₄⁺	ND	ND	0.01916 ± 0.00383	ND	ND	0.01052 ± 0.00210	ND

ตารางที่ ข (ต่อ) สัดส่วนองค์ประกอบทางเคมีของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน จากแหล่งกำเนิดที่ใช้ในการวิเคราะห์ด้วยแบบจำลองคุณภาพมวลเคมี

	รอมอเตอร์ ไซค์ 2 จังหวะ	รอมอเตอร์ ไซค์ 4 จังหวะ	หม้อไอน้ำใช้ น้ำมันเตา	หม้อไอน้ำใช้ ลิกไนต์	หม้อไอน้ำใช้ ขี้เลื่อย	หม้อไอน้ำใช้ ปาล์มกะลา	การเผาไหม้ แก๊ส ธรรมชาติ
Na	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Mg	ND	ND	ND	ND	0.00319 ± 0.00064	ND	ND
Al	ND	ND	0.00333 ± 0.00067	0.00157 ± 0.00031	0.00012 ± 0.00002	0.00981 ± 0.00196	ND
Si	ND	ND	0.00413 ± 0.00083	0.00197 ± 0.00039	0.00029 ± 0.00006	0.05818 ± 0.01164	0.00301 ± 0.00060
P	ND	ND	0.00648 ± 0.00130	0.00329 ± 0.00066	0.00350 ± 0.00070	0.02440 ± 0.00488	ND
Sc	ND	ND	0.00030 ± 0.00006	0.00009 ± 0.00002	0.00181 ± 0.00036	0.00103 ± 0.00021	ND
Ti	0.00004 ± 0.00001	0.00754 ± 0.00151	0.00171 ± 0.00034	0.00107 ± 0.00021	ND	0.00045 ± 0.00009	0.00041 ± 0.00008
V	ND	0.01032 ± 0.00206	0.01111 ± 0.00222	0.00031 ± 0.00006	0.00005 ± 0.00001	0.00033 ± 0.00007	0.00066 ± 0.00013
Cr	0.01636 ± 0.00327	0.06084 ± 0.01217	0.00514 ± 0.00103	0.00719 ± 0.00144	0.00057 ± 0.00011	0.00401 ± 0.00080	0.00954 ± 0.00191
Fe	0.04673 ± 0.00935	0.03581 ± 0.00716	0.05769 ± 0.01154	0.02668 ± 0.00534	0.00204 ± 0.00041	0.02531 ± 0.00506	0.02348 ± 0.00470
S	0.00237 ± 0.00047	ND	0.06591 ± 0.01318	0.03887 ± 0.00777	0.01906 ± 0.00381	0.01053 ± 0.00211	0.00037 ± 0.00007
Cl	ND	0.00092 ± 0.00018	ND	0.00009 ± 0.00002	0.00528 ± 0.00106	0.03126 ± 0.00625	0.00049 ± 0.00010
K	ND	ND	0.00349 ± 0.00070	0.01404 ± 0.00281	0.16675 ± 0.03335	0.15088 ± 0.03018	0.00004 ± 0.00001
Ca	ND	ND	0.00495 ± 0.00099	0.00031 ± 0.00006	0.02423 ± 0.00485	0.01463 ± 0.00293	ND
Co	0.00777 ± 0.00155	0.03380 ± 0.00676	0.00432 ± 0.00086	0.00195 ± 0.00039	0.00022 ± 0.00004	0.00134 ± 0.00027	0.00294 ± 0.00059
Ni	0.02440 ± 0.00488	0.09581 ± 0.01916	0.03023 ± 0.00605	0.00491 ± 0.00098	0.00048 ± 0.00010	0.00301 ± 0.00060	0.00697 ± 0.00139
Cu	ND	0.07115 ± 0.01423	0.00124 ± 0.00025	0.00296 ± 0.00059	0.00012 ± 0.00002	0.00340 ± 0.00068	ND
Zn	0.00015 ± 0.00003	0.09246 ± 0.01849	0.00546 ± 0.00109	0.03522 ± 0.00704	0.00169 ± 0.00034	0.00681 ± 0.00136	ND

ตารางที่ ข (ต่อ) สัดส่วนองค์ประกอบทางเคมีของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน จากแหล่งกำเนิดที่ใช้ในการวิเคราะห์ด้วยแบบจำลองคุณภาพมวลเคมี

	รอมอเตอร์ ไซค์ 2 จังหวะ	รอมอเตอร์ ไซค์ 4 จังหวะ	หม้อไอน้ำใช้ น้ำมันเตา	หม้อไอน้ำใช้ ลิกไนต์	หม้อไอน้ำใช้ ขี้เลื่อย	หม้อไอน้ำใช้ ปาล์มกะลา	การเผาไหม้ แก๊ส ธรรมชาติ
As	ND	0.00699 ± 0.00140	0.00085 ± 0.00017	0.00041 ± 0.00008	0.00009 ± 0.00002	0.00043 ± 0.00009	ND
Se	ND	0.00046 ± 0.00009	0.00008 ± 0.00002	0.00042 ± 0.00008	0.00004 ± 0.00001	0.00006 ± 0.00001	0.00019 ± 0.00004
Br	0.00008 ± 0.00002	0.00176 ± 0.00035	0.00003 ± 0.00001	0.00005 ± 0.00001	0.00004 ± 0.00001	0.00097 ± 0.00019	0.00019 ± 0.00004
Sb	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.00037 ± 0.00007
Te	0.00044 ± 0.00009	0.08129 ± 0.01626	ND	ND	0.00002 ± 0.00000	ND	ND
I	0.00049 ± 0.00010	ND	0.00584 ± 0.00117	0.00063 ± 0.00013	0.00016 ± 0.00003	0.00103 ± 0.00021	0.00294 ± 0.00059
Cs	ND	ND	ND	0.00126 ± 0.00025	0.00014 ± 0.00003	0.00033 ± 0.00007	ND
Ba	0.00198 ± 0.00040	0.01893 ± 0.00379	0.00283 ± 0.00057	0.00425 ± 0.00085	0.00025 ± 0.00005	ND	ND
Ce	0.02610 ± 0.00522	0.09291 ± 0.01858	0.01572 ± 0.00314	0.00299 ± 0.00060	0.00016 ± 0.00003	0.00182 ± 0.00036	0.00259 ± 0.00052
Pt	0.00223 ± 0.00045	0.00485 ± 0.00097	ND	0.00033 ± 0.00009	0.00009 ± 0.00002	ND	ND
Pb	ND	0.07213 ± 0.01443	0.00216 ± 0.00043	ND	0.00047 ± 0.00009	0.00033 ± 0.00007	0.00110 ± 0.00022
OC	0.56872 ± 0.11374	0.24019 ± 0.04804	0.10407 ± 0.02081	0.01003 ± 0.00201	0.02720 ± 0.00544	0.04646 ± 0.00929	0.21117 ± 0.04223
EC	0.13275 ± 0.02655	0.10871 ± 0.02174	0.42587 ± 0.08517	0.00606 ± 0.00121	0.04201 ± 0.00840	0.16836 ± 0.03367	ND
SO ₄ ²⁻	ND	ND	0.22923 ± 0.04585	0.48850 ± 0.09770	0.12330 ± 0.02466	0.05591 ± 0.01118	0.04796 ± 0.00959
NO ₃ ⁻	ND	ND	ND	ND	0.00481 ± 0.00096	ND	ND
Cl ⁻	ND	ND	0.00707 ± 0.00141	0.00437 ± 0.00087	0.00864 ± 0.00173	0.03550 ± 0.00710	0.03093 ± 0.00619
Na ⁺	ND	ND	0.02097 ± 0.00419	0.05161 ± 0.01032	0.01730 ± 0.00346	0.01508 ± 0.00302	0.01123 ± 0.00225

ตารางที่ ข (ต่อ) สัดส่วนองค์ประกอบทางเคมีของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน จากแหล่งกำเนิดที่ใช้ในการวิเคราะห์ด้วยแบบจำลองคุณภาพมวลเคมี

	รอมอเตอร์ ไซค์ 2 จังหวัด	รอมอเตอร์ ไซค์ 4 จังหวัด	หม้อไอน้ำใช้ น้ำมันเตา	หม้อไอน้ำใช้ ลิกไนต์	หม้อไอน้ำใช้ ถ่านหิน	หม้อไอน้ำใช้ ปาล์มกะลา	การเผาไหม้ แก๊สธรรมชาติ
K^+	ND	ND	0.00877 ± 0.00175	0.01973 ± 0.00395	0.12521 ± 0.02504	0.08944 ± 0.01789	0.00585 ± 0.00117
NH_4^+	ND	ND	0.00717 ± 0.00143	0.00653 ± 0.00131	0.00005 ± 0.00001	0.00159 ± 0.00032	ND



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ข (ต่อ) สัดส่วนองค์ประกอบทางเคมีของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน จากแหล่งกำเนิดที่ใช้ในการวิเคราะห์ด้วยแบบจำลองคุณภาพมวลเคมี

	ฝุ่นจาก อุตสาหกรรม ไม้	ฝุ่นจาก อุตสาหกรรม เซรามิก	อุตสาหกรรม เหล็ก	เตาเผาขยะ	การเผาชีวมวล
Na	ND	ND	ND	ND	0.00095 ± 0.00019
Mg	ND	ND	ND	ND	0.00043 ± 0.00009
Al	ND	0.05806 ± 0.01161	0.00046 ± 0.00009	0.00004 ± 0.00001	0.00133 ± 0.00027
Si	ND	0.09329 ± 0.01866	0.00291 ± 0.00058	0.00010 ± 0.00002	ND
P	ND	ND	ND	ND	ND
Sc	ND	0.00001 ± 0.00000	ND	ND	ND
Ti	ND	0.00185 ± 0.00037	0.00006 ± 0.00001	0.00075 ± 0.00015	ND
V	0.00660 ± 0.00132	ND	0.00051 ± 0.00010	ND	ND
Cr	ND	0.00139 ± 0.00028	0.00190 ± 0.00038	0.00925 ± 0.00185	0.00012 ± 0.00002
Fe	0.00330 ± 0.00066	0.01499 ± 0.00300	0.15983 ± 0.03197	0.02887 ± 0.00577	0.00203 ± 0.00041
S	ND	ND	0.00104 ± 0.00021	0.00094 ± 0.00019	ND
Cl	0.00195 ± 0.00039	0.00018 ± 0.00004	0.01365 ± 0.00273	0.02482 ± 0.00496	ND
K	0.00168 ± 0.00034	0.02599 ± 0.00520	0.01029 ± 0.00206	0.00088 ± 0.00018	0.01487 ± 0.00297
Ca	ND	0.00011 ± 0.00002	0.00070 ± 0.00014	ND	0.00293 ± 0.00059
Co	0.00660 ± 0.00132	0.00061 ± 0.00012	0.00361 ± 0.00072	0.00264 ± 0.00053	ND
Ni	ND	0.00102 ± 0.00020	0.00120 ± 0.00024	0.00792 ± 0.00158	0.00004 ± 0.00001
Cu	ND	ND	0.00078 ± 0.00016	0.00066 ± 0.00013	0.00004 ± 0.00001
Zn	ND	ND	0.18579 ± 0.03716	0.00132 ± 0.00026	0.00250 ± 0.00050

ตารางที่ ข (ต่อ) สกัดส่วนองค์ประกอบทางเคมีของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน จากแหล่งกำเนิดที่ใช้ในการวิเคราะห์ด้วยแบบจำลองคุณภาพมวลเคมี

	ฝุ่นจาก อุตสาหกรรม ไม้	ฝุ่นจาก อุตสาหกรรม เซรามิก	อุตสาหกรรม เหล็ก	เตาเผาขยะ	การเผาชีวมวล
As	ND	0.00015 ± 0.00003	0.00210 ± 0.00042	0.00021 ± 0.00004	ND
Se	0.00034 ± 0.00007	0.00002 ± 0.00000	ND	0.00013 ± 0.00003	ND
Br	0.00015 ± 0.00003	0.00001 ± 0.00000	0.00044 ± 0.00009	0.00124 ± 0.00025	ND
Sb	ND	ND	ND	ND	ND
Te	0.00660 ± 0.00132	ND	ND	0.00189 ± 0.00038	ND
I	0.03302 ± 0.00660	0.00026 ± 0.00005	0.00155 ± 0.00031	0.00189 ± 0.00038	ND
Cs	ND	ND	ND	0.00528 ± 0.00106	ND
Ba	0.04953 ± 0.00991	ND	0.00025 ± 0.00005	0.00047 ± 0.00009	ND
Ce	0.04293 ± 0.00859	ND	0.00076 ± 0.00015	0.01123 ± 0.00225	ND
Pt	ND	ND	0.00070 ± 0.00014	ND	ND
Pb	ND	0.00022 ± 0.00004	0.00703 ± 0.00141	0.00094 ± 0.00019	0.00003 ± 0.00001
OC	ND	0.08153 ± 0.01631	0.04005 ± 0.00801	0.22168 ± 0.04434	0.31341 ± 0.06268
EC	ND	0.03200 ± 0.00640	0.01061 ± 0.00212	0.22844 ± 0.04569	0.33723 ± 0.06745
SO₄²⁻	ND	0.00315 ± 0.00063	0.00818 ± 0.00164	0.05486 ± 0.01097	0.00074 ± 0.00015
NO₃⁻	ND	ND	ND	ND	0.00003 ± 0.00001
Cl⁻	0.14000 ± 0.02800	0.00211 ± 0.00042	0.02500 ± 0.00500	0.03743 ± 0.00749	ND
Na⁺	0.07700 ± 0.01540	0.00114 ± 0.00023	0.00326 ± 0.00065	0.01429 ± 0.00286	ND

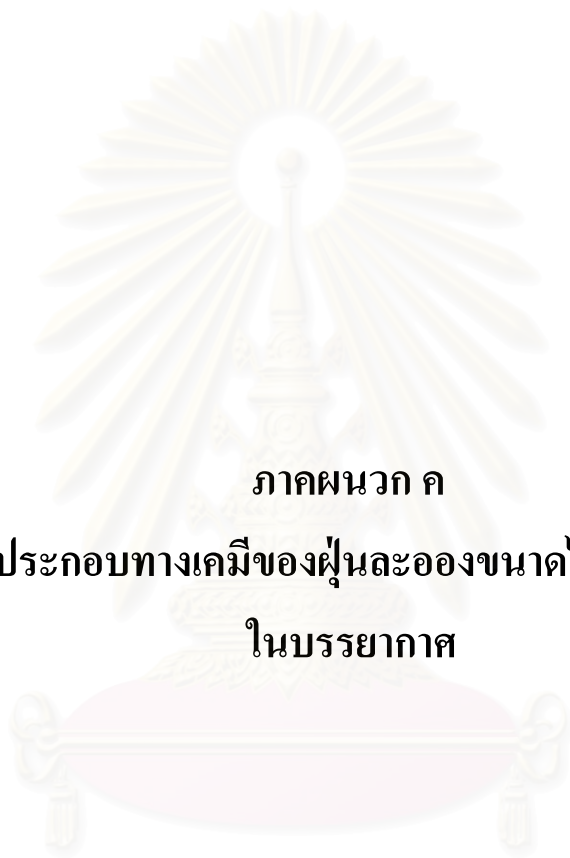
ตารางที่ ข (ต่อ) สัดส่วนองค์ประกอบทางเคมีของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน จากแหล่งกำเนิดที่ใช้ในการวิเคราะห์ด้วยแบบจำลองคุณภาพมวลเคมี

	ฝุ่นจาก อุตสาหกรรม ไม้	ฝุ่นจาก อุตสาหกรรม เซรามิก	อุตสาหกรรม เหล็ก	เตาเผาขยะ	การเผาชีวมวล
K^+	0.03300 ± 0.00660	0.00076 ± 0.00015	0.00585 ± 0.00117	0.00366 ± 0.00073	ND
NH_4^+	0.00919 ± 0.00184	0.00004 ± 0.00001	ND	ND	0.00489 ± 0.00098

ที่มา: การศึกษาสัดส่วน องค์ประกอบและแหล่งที่มาของฝุ่นขนาดเล็กในพื้นที่จังหวัดสมุทรปราการ (2548)



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ภาคผนวก ค

ข้อมูลองค์ประกอบทางเคมีของฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 10 ไมครอน
ในบรรยากาศ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ค (ต่อ) องค์ประกอบทางเคมีของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน ในบรรยากาศ

องค์ประกอบทางเคมี	ความเข้มข้นเฉลี่ย (ไมโครกรัม/ลูกบาศก์เมตร)							
	ฤดูแล้ง				ฤดูฝน			
	ศูนย์พื้นที่ ๑	วัดกิ่ง แก้ว	ปากคลอง มอญ	คลองเจริญ ราษฎร์	ศูนย์พื้นที่ ๑	วัดกิ่ง แก้ว	ปากคลอง มอญ	คลองเจริญ ราษฎร์
I	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Cs	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.33341	ND
Ba	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Ce	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Pt	ND	ND	ND	ND	ND	0.11720	ND	ND
Pb	ND	ND	ND	ND	ND	0.07613	ND	ND
OC	9.94742	8.50742	7.46600	7.22581	5.54245	7.03560	6.30176	3.89402
EC	11.68806	12.4803 2	6.88403	9.00000	9.12836	9.67416	6.46409	6.41460
SO42-	7.48258	10.6103 2	9.49633	7.57839	5.04903	2.87238	0.65196	2.40150
NO3-	3.96753	3.16613	1.96100	2.58839	ND	ND	ND	0.70180
Cl-	ND	1.76103	1.44758	1.98419	ND	2.40794	ND	2.03500
Na+	ND	ND	ND	ND	ND	1.07250	1.62941	0.81795
K+	1.46619	1.27598	1.28627	1.17087	0.58916	0.44054	0.58992	ND
NH4+	1.00119	1.20053	1.49220	1.12794	ND	ND	0.08229	ND

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นางฉัตรินทร์ หงษ์ศรีสวัสดิ์ เกิดวันที่ 7 มีนาคม พ.ศ. 2521 ที่จังหวัดแพร่ จบการศึกษา
ระดับปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต ภาควิชาเคมีอุตสาหกรรม คณะวิทยาศาสตร์
มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ปี พ.ศ. 2543 และจากนั้นเข้าศึกษาต่อในระดับปริญญาวิทยาศาสตร
มหาบัณฑิต ภาควิชาสหสาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์
มหาวิทยาลัยในปี พ.ศ. 2547 จนกระทั่งสำเร็จการศึกษาในปีการศึกษา 2549



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย