

การจำแนกสัดส่วนแหล่งกำเนิดของอนุภาคมลสารรวมทั้งหมดในพื้นที่กรุงเทพมหานคร

นาย พงษ์เศวต สุวรรณธานี

สถาบันวิทยบริการ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม

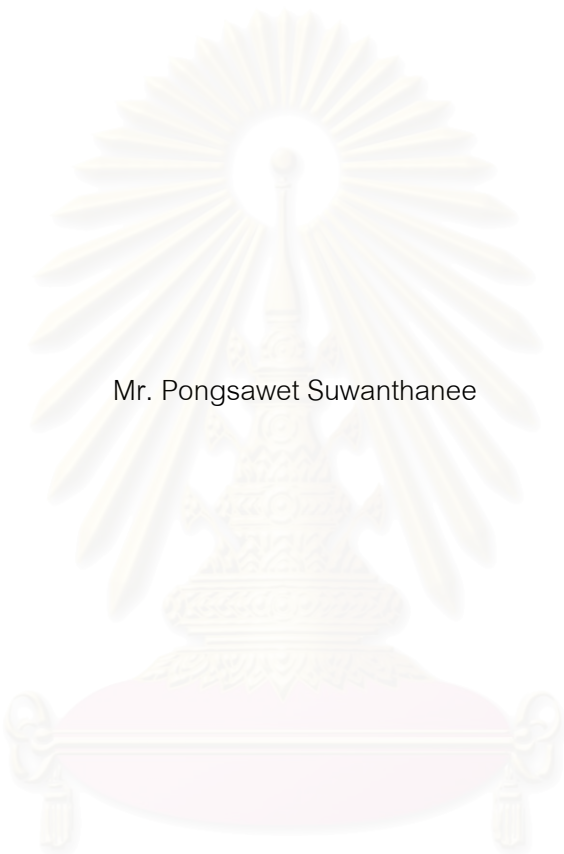
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2545

ISBN 974-17-1488-2

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

TOTAL SUSPENDED PARTICULATE MATTER SOURCE APPORTIONMENT
IN BANGKOK METROPOLITAN AREA



Mr. Pongsawet Suwanthanee

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

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

Department of Environmental Engineering

Faculty of Engineering

Chulalongkorn University

Academic Year 2002

ISBN 974-17-1488-2

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การจำแนกสัดส่วนแหล่งกำเนิดของอนุภาคมลสารรวมทั้งหมดในพื้นที่ กรุงเทพมหานคร
โดย	นายพงษ์ไศวัต สุวรรณธานี
สาขาวิชา	วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม
อาจารย์ที่ปรึกษา	รองศาสตราจารย์ วงศ์พันธ์ ลิ้มปเสนีย์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้หัวข้อวิทยานิพนธ์ฉบับนี้
เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาโทบริหารธุรกิจ

..... คณบดี คณะวิศวกรรมศาสตร์
(ศาสตราจารย์ ดร.สมศักดิ์ ปัญญาแก้ว)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการสอบ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ บุญยง ไฉ่ห้วงศ์วัฒน์)

..... อาจารย์ที่ปรึกษา
(รองศาสตราจารย์ วงศ์พันธ์ ลิ้มปเสนีย์)

..... กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.ธีระ เกรือด)

..... กรรมการ
(อาจารย์ ดร.พิชญ รัชฎาวงศ์)

นาย พงษ์ไศวต สุวรรณธานี : การจำแนกสัดส่วนแหล่งกำเนิดของอนุภาคมลสารรวม
ทั้งหมดในพื้นที่กรุงเทพมหานคร. (TOTAL SUSPENDED PARTICULATE MATTER
SOURCE APPORTIONMENT IN BANGKOK METROPOLITAN AREA)

อ.ที่ปรึกษา : รศ.วงศ์พันธ์ ลิ้มปเสนีย์ ,156 หน้า. ISBN 974-17-1488-2.

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อหาสัดส่วนแหล่งกำเนิดที่มีผลกระทบต่อคุณภาพอากาศของพื้นที่ต่างๆ ใน
กรุงเทพมหานครโดยใช้แบบจำลองคุณภาพมวลเคมี และศึกษาถึงการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นฝุ่นละอองรวม
ในบรรยากาศและสัดส่วนจากแหล่งกำเนิดช่วงลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ ลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้และ
ตลอดทั้งปี พ.ศ. 2545

ในการวิจัย เก็บตัวอย่างฝุ่นละอองรวมในพื้นที่ 4 แห่ง คือ สถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศเคหะชุมชนดิน
แดง สถาบันราชภัฏจันทรเกษม สถาบันราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา และที่ทำการไปรษณีย์โทรเลขราชบุรี
บูรณะ และการใช้แบบจำลองคุณภาพมวลเคมีนี้ได้พิจารณาถึงแหล่งกำเนิดหลัก 8 ประเภท ซึ่งมีข้อมูล
องค์ประกอบทางเคมีอยู่แล้ว ได้แก่ ไอเสียจากรถดีเซลและมอเตอร์ไซด์ การเผาไหม้ของชีวมวล ฝุ่นจากดินและ
ถนน ละอองไอจากทะเล แอมโมเนียมซัลเฟต โซเดียมไนเตรต การเผาไหม้น้ำมันเตา และโรงหลอมเหล็ก

การศึกษาพบว่าช่วงลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือมีความเข้มข้นฝุ่นละอองรวมในบรรยากาศเท่ากับ
 $128-280\mu\text{g}/\text{m}^3$ สัดส่วนและความเข้มข้นฝุ่นละอองรวมจากไอเสียจากรถดีเซลและมอเตอร์ไซด์เท่ากับ 17-
41%(22-114 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) การเผาไหม้ของชีวมวลเท่ากับ 33-43%(48-91 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) ฝุ่นจากดินและถนน 2-5%(2-
11 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) ละอองไอจากทะเล 1-3%(2-4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) แอมโมเนียมซัลเฟต 4-10%(12-13 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) และ โซเดียมไน
เตรต 5-7%(8-15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) ส่วนการเผาไหม้ของน้ำมันเชื้อเพลิงและโรงหลอมเหล็กไม่สามารถจำแนกได้

ช่วงลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้มีความเข้มข้นฝุ่นละอองรวมในบรรยากาศเท่ากับ 52-143 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
สัดส่วนไอเสียจากรถดีเซลและมอเตอร์ไซด์ 18-35%(14-48 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) การเผาไหม้ของชีวมวล 19-40%(14-
57 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) ฝุ่นจากดินและถนน 0.5-3%(1-2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) ละอองไอจากทะเล 4-17% (7-9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) แอมโมเนียม
ซัลเฟต 1-3%(1-3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) โซเดียมไนเตรต 2-6%(2-5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) การเผาไหม้น้ำมันเตา 3-11%(5-6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) และโรง
หลอมเหล็ก 3-10%(5-6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)

การศึกษาพบว่าในช่วงลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือที่ดินแดงและจันทรเกษมได้รับผลกระทบจากไอ
เสียจากรถดีเซลและมอเตอร์ไซด์มากที่สุดและที่บ้านสมเด็จและราชบุรีบูรณะจะได้รับผลกระทบจากการเผา
ไหม้ของชีวมวลในสัดส่วนที่มากที่สุด และในช่วงลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้การเผาไหม้ของชีวมวล และไอเสีย
จากรถดีเซลและมอเตอร์ไซด์มีความสำคัญมากที่สุดต่อทุกสถานีในระดับที่ค่อนข้างเท่ากัน มากกว่านั้นละอองไอ
จากทะเลยังเป็นแหล่งกำเนิดอีกแหล่งหนึ่งที่จะส่งผลอย่างเด่นชัดต่อทุกสถานีในช่วงนี้อีกด้วย และพบอีกว่าฝุ่น
จากดินและถนนมีผลกระทบต่อคุณภาพอากาศในระดับที่ต่ำและลดลงจากปี พ.ศ. 2539 เป็นอย่างมาก

ภาควิชา วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม

ลายมือชื่อ.....

สาขาวิชา วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....

ปีการศึกษา 2545

4370402521 : MAJOR ENVIRONMENTAL ENGINEERING

KEY WORD : RECEPTOR MODEL / CHEMICAL MASS BALANCE RECEPTOR MODEL / SOURCE APPORTIONMENT.

PONGSAWET SUWANTHANEE : TOTAL SUSPENDED PARTICULATE MATTER SOURCE APPORTIONMENT IN BANGKOK METROPOLITAN AREA. THESIS ADVISOR:ASSOC.PROF.WONGPUN LIMPASENI, 156 pp. ISBN 974-17-1488-2.

The objectives of this research were to identify the contribution from TSP major sources in Bangkok Metropolitan Area using chemical mass balance and study TSP concentration variations in ambient and source contribution in northeast monsoon, southwest monsoon and all of the year 2002.

This research was to sampling TSP at 4 stations, namely Dindeang Apartment, Junkasem College, Bansomdet College and Ratburana Post Office. There were 8 major sources used in this model as follows, diesel vehicle and motorcycle emission, biomass burning, soil and road dust, marine aerosol, ammonium sulfate, sodium nitrate, heavy oil combustion and steel mill.

The result showed that ambient 24-hour TSP concentrations in northeast monsoon were between 128-280 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Chemical mass balance receptor modeling showed source contribution as follows, diesel and motorcycle emission 17-41% (22-114 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), biomass burning 33-43% (48-91 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), soil and road dust 2-5% (2-11 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), marine aerosol 1-3%(2-4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), ammonium sulfate 4-10%(12-13 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) and sodium nitrate 5-7%(8-15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$). Heavy oil combustion and steel mill were not identified at any stations.

Ambient 24-hour TSP concentrations in southwest monsoon were between 52-143 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Chemical mass balance receptor modeling showed source contribution as follows, diesel and motorcycle emission 18-35%(14-48 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), biomass burning 19-40%(14-57 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), soil and road dust 0.5-3%(1-2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), marine aerosol 4-17% (7-9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), ammonium sulfate 1-3% (1-3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) and sodium nitrate 2-6% (2-5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), heavy oil combustion 3-11% (5-6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) and steel mill 3-10% (5-6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$).

The study revealed that diesel and motorcycle emission was the most important source at Dindeang and Junkasem and biomass burning was the most important source at Bansomdet and Ratburana in northeast monsoon. Biomass burning and diesel and motorcycle emission were equally important sources at all stations in southwest monsoon. Moreover, It was also found that marine aerosol was the minor source. Finally, soil and road dust was at low level of concentration, having decreased greatly from 1996.

Department Environmental Engineering
Field of study Environmental Engineering
Academic year 2002

Student's signature.....
Advisor's signature.....

กิตติกรรมประกาศ

การศึกษาตามวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้สำเร็จลุล่วงไปได้ต้องกราบขอบพระคุณบิดา มารดา และญาติพี่น้องที่ให้ความรัก ความเอาใจใส่และเป็นกำลังใจให้เสมอมา

ขอขอบพระคุณรองศาสตราจารย์ วงศ์พันธ์ ลิ้มปเสนีย์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่ให้ความช่วยเหลืออย่างดียิ่งตลอดการทำวิทยานิพนธ์นี้ ซึ่งได้กรุณาให้คำแนะนำและข้อคิดเห็นต่างๆ ตลอดจนถ่ายทอดความรู้ในงานวิจัยได้สำเร็จออกมา รวมทั้งคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ทุกท่านที่กรุณาให้คำแนะนำสั่งสอนในการปรับปรุงวิทยานิพนธ์

ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ของภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมทุกท่านที่ช่วยให้การวิจัยนี้ดำเนินไปได้ด้วยดี

ขอขอบคุณบัณฑิตวิทยาลัยที่ให้ทุนสนับสนุนในการทำวิจัย

ขอขอบคุณสมาคมวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมแห่งประเทศไทยที่ให้ทุนสนับสนุนการวิจัยในครั้งนี้

ขอขอบคุณ ข้าราชการและเจ้าหน้าที่ของกองจัดการคุณภาพอากาศและเสียง กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม ที่อนุเคราะห์ข้อมูลตุนิยมวิทยา สถานที่และเครื่องมือในการเก็บตัวอย่างของการวิจัยนี้ ตลอดจนทั้งให้ความช่วยเหลือและคำแนะนำที่ดีเสมอมา

และสุดท้ายนี้ ขอขอบคุณเพื่อนๆ รุ่นพี่ รุ่นน้อง ที่คอยให้ความช่วยเหลือและเป็นกำลังใจ ในยามจำเป็นตลอดมาจนกระทั่งผู้วิจัยสำเร็จการศึกษา

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.....	1
1.3 ขอบเขตของการวิจัย.....	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	3
2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	4
2.1 ศัพท์และความหมาย.....	4
2.2 แบบจำลองทางด้านอากาศ.....	7
2.2.1 แบบจำลองทางกายภาพ.....	7
2.2.2 แบบจำลองทางคณิตศาสตร์.....	7
2.3 แบบจำลองแหล่งรับ.....	8
2.4 แบบจำลองดุลยภาพมวลเคมี.....	9
2.5 ผลลัพธ์ของการประมาณสัดส่วนการกระจายของแหล่งกำเนิดและดรรชนีที่ใช้อธิบาย แบบจำลองดุลยภาพมวลเคมี.....	17
2.6 ลักษณะภูมิประเทศและอุตุนิยมวิทยา.....	19
2.7 มาตรฐานคุณภาพอากาศในบรรยากาศทั่วไปของประเทศไทย.....	22
2.8 การศึกษาแบบจำลองดุลยภาพมวลเคมีที่ผ่านมา.....	22
3 วิธีดำเนินการวิจัย.....	27
3.1 สถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศ.....	27
3.2 แหล่งกำเนิดที่สำคัญ.....	36
3.3 พารามิเตอร์ที่ทำการศึกษา.....	43

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
3.4 การเก็บตัวอย่างฝุ่นละอองรวมในบรรยากาศ.....	44
3.5 การหาความเข้มข้นของฝุ่นละอองรวมในบรรยากาศ.....	45
3.6 การวิเคราะห์หองค์ประกอบทางเคมี.....	45
3.6.1 การเตรียมตัวอย่างโดยใช้วิธีการย่อยด้วยกรด.....	45
3.6.2 การวิเคราะห์หาไอออนที่ละลายน้ำได้.....	47
3.6.3 การวิเคราะห์หาคาร์บอน.....	50
3.7 การทำความสะอาดเครื่องแก้ว.....	51
3.8 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้.....	52
3.8.1 เครื่องเก็บตัวอย่างฝุ่นละอองรวมชนิดปริมาตรสูง.....	52
3.8.2 Inductively Couple Plasma Atomic Emission Spectroscopy.....	53
3.8.3 Ion Chromatograph.....	54
3.8.4 CHNS/O Analyzer.....	54
3.8.5 Zip Lock Bag.....	56
3.8.6 ภาชนะกรองควอทซ์.....	56
3.9 การวิเคราะห์ข้อมูล.....	57
3.10 ระยะเวลาในการดำเนินการวิจัย.....	58
4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล.....	60
4.1 จำนวนตัวอย่าง.....	60
4.2 การตรวจวัดความเข้มข้นฝุ่นละอองรวมในบรรยากาศ.....	63
4.3 สัดส่วนองค์ประกอบทางเคมีของฝุ่นละอองรวมจากแหล่งกำเนิด.....	68
4.4 การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของฝุ่นละอองรวมในบรรยากาศ.....	72
4.4.1 ช่วงลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ.....	72
4.4.2 ช่วงลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้.....	82
4.5 การจำแนกสัดส่วนแหล่งกำเนิดของฝุ่นละอองรวม.....	91
4.5.1 ผลการจำแนกสัดส่วนแหล่งกำเนิดฝุ่นละอองรวมช่วงลมมรสุม ตะวันออกเฉียงเหนือ.....	91
4.5.2 การวิเคราะห์ผลของการกระจายแหล่งกำเนิดในช่วงลมมรสุม ตะวันออกเฉียงเหนือของกรุงเทพมหานคร.....	96

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
4.5.3 ผลการจำแนกสัดส่วนแหล่งกำเนิดฝุ่นละอองรวมจากแหล่งกำเนิดช่วงลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้.....	98
4.5.4 การวิเคราะห์ผลของการกระจายแหล่งกำเนิดในช่วงลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ของกรุงเทพมหานคร.....	103
4.5.5 การวิเคราะห์ผลความเข้มข้นฝุ่นละอองรวมในบรรยากาศและการกระจายแหล่งกำเนิดต่อกรุงเทพมหานครตลอดทั้งปี.....	105
4.5.6 การเปรียบเทียบผลที่ได้จากงานวิจัยนี้กับงานวิจัยอื่นๆ.....	107
5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ.....	108
รายการอ้างอิง.....	110
ภาคผนวก.....	114
ภาคผนวก ก ผลการเก็บตัวอย่างและข้อมูลความเข้มข้นฝุ่นละอองรวม.....	115
ภาคผนวก ข ความเข้มข้นองค์ประกอบทางเคมีช่วงลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ.....	124
ภาคผนวก ค ความเข้มข้นองค์ประกอบทางเคมีช่วงลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้.....	129
ภาคผนวก ง ผลการคำนวณด้วยแบบจำลองคุณภาพมวลเคมี รุ่นที่ 7	134
ภาคผนวก จ ความเร็วลมและทิศทางลมในวันที่ทำการเก็บตัวอย่าง.....	143
ประวัติผู้เขียน.....	156

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 ความเข้มข้นฝุ่นละอองของพื้นที่ทั่วไปในบางพื้นที่ของกรุงเทพมหานครและต่างจังหวัด พ.ศ. 2542.....	5
2.2 ข้อมูลทางอุตุนิยมวิทยาที่สถานีบดินดอนเมือง ปี 2504-2533	21
2.3 มาตรฐานคุณภาพอากาศในบรรยากาศทั่วไปของประเทศไทย พ.ศ. 2538.....	23
3.1 ข้อมูลสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศ.....	27
3.2 สัดส่วนองค์ประกอบทางเคมีจากแหล่งกำเนิดของจังหวัดสมุทรปราการ.....	36
3.3 สัดส่วนองค์ประกอบทางเคมีของแหล่งกำเนิดฝุ่นละอองรวมที่สำคัญในพื้นที่ กรุงเทพมหานคร.....	37
3.4 สัดส่วนองค์ประกอบทางเคมีฝุ่นละอองรวมจากแหล่งกำเนิดที่สำคัญในพื้นที่ กรุงเทพมหานครที่เลือกใช้ในแบบจำลองคุณภาพมวลเคมี.....	39
3.5 รายการอ้างอิงสำหรับการวิจัย.....	44
3.6 แผนงานการดำเนินการวิจัยและระยะเวลาในการตรวจวัด.....	59
4.1 วันที่ทำการเก็บตัวอย่างฝุ่นละอองรวมในช่วงลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ.....	60
4.2 วันที่ทำการเก็บตัวอย่างฝุ่นละอองรวมในช่วงลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้.....	61
4.3 จำนวนตัวอย่างฝุ่นละอองรวมในช่วงลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือและลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้.....	61
4.4 ทิศทางลมช่วงลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือในแต่ละวันของทั้ง 4 สถานี.....	62
4.5 ทิศทางลมช่วงลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ในแต่ละวันของทั้ง 4 สถานี.....	63
4.6 ค่าเฉลี่ยความเข้มข้นเฉลี่ย 24 ชั่วโมงของฝุ่นละอองรวมและองค์ประกอบทางเคมีในบรรยากาศช่วงลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ.....	64
4.7 ค่าเฉลี่ยความเข้มข้นเฉลี่ย 24 ชั่วโมงของฝุ่นละอองรวมและองค์ประกอบทางเคมีในบรรยากาศช่วงลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้.....	65
4.8 สัดส่วนองค์ประกอบทางเคมีของฝุ่นละอองรวมที่ใช้ในการวิเคราะห์ด้วยแบบจำลองคุณภาพมวลเคมี.....	69
4.9 สัดส่วนการกระจายของแหล่งกำเนิดที่แหล่งรับช่วงลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือจาก CMB7.....	93
4.10 สัดส่วนการกระจายของแหล่งกำเนิดต่อแหล่งรับช่วงลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้จาก CMB7.....	99

สารบัญญภาพ

รูปที่	หน้า
2.1	แผนภูมิลมเฉลี่ยตั้งแต่ปี พ.ศ. 2494-2523 ที่สนามบินดอนเมือง.....20
3.1	สถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศเคหะชุมชนดินแดง.....29
3.2	สถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศสถาบันราชภัฏจันทรเกษม.....29
3.3	สถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศสถาบันราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา.....30
3.4	สถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศที่ทำการไปรษณีย์โทรเลขราชบุรีบูรณะ.....30
3.5	แผนที่แสดงที่ตั้งของสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศบริเวณพื้นที่ทั่วไป 4 สถานี.....31
3.6	ตำแหน่งสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศเคหะชุมชนดินแดง.....32
3.7	ตำแหน่งสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศสถาบันราชภัฏจันทรเกษม.....33
3.8	ตำแหน่งสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศสถาบันราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา.....34
3.9	ตำแหน่งสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศที่ทำการไปรษณีย์โทรเลขราชบุรีบูรณะ.....35
3.10	เครื่องเก็บตัวอย่างฝุ่นละอองรวมชนิดปริมาตรสูง.....52
3.11	Inductively Couple Plasma Atomic Emission Spectroscopy (ICP-AES).....53
3.12	เครื่องไอออนโครมาโตกราฟ.....55
3.13	เครื่องวิเคราะห์ CHNS/O Analyzer.....55
3.14	แผนผังแสดงแผนงานการทดลองและการวิเคราะห์.....57
4.1	ความเข้มข้น 24 ชั่วโมงฝุ่นละอองรวมที่สถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศทั้ง 4 แห่ง ในช่วง ลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ.....66
4.2	ความเข้มข้น 24 ชั่วโมงฝุ่นละอองรวมที่สถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศทั้ง 4 แห่ง ในช่วง ลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้.....67
4.3	ความสัมพันธ์ระหว่าง OC และ K ที่สถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศทั้ง 4 สถานี ช่วงลม มรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ.....75
4.4	ความสัมพันธ์ระหว่าง Al Ca และ Si ที่สถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศทั้ง 4 สถานี ช่วงลม มรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ.....76
4.5	ความสัมพันธ์ระหว่าง Al และ Ca ที่สถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศทั้ง 4 สถานี ช่วงลม มรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ.....77
4.6	ความสัมพันธ์ระหว่าง Zn และ Pb ที่สถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศทั้ง 4 สถานี ช่วงลม มรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ.....78

สารบัญภาพ(ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.7 ความสัมพันธ์ระหว่าง Na และ Cl ที่สถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศทั้ง 4 สถานี ช่วงลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ.....	79
4.8 ความสัมพันธ์ระหว่าง SO_4^{2-} และ S ที่สถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศเคหะชุมชนดินแดง ช่วงลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ.....	80
4.9 ความสัมพันธ์ระหว่าง SO_4^{2-} และ S ที่สถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศสถาบันราชภัฏจันทรเกษมช่วงลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ.....	80
4.10 ความสัมพันธ์ระหว่าง SO_4^{2-} และ S ที่สถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศสถาบันราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยาช่วงลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ.....	81
4.11 ความสัมพันธ์ระหว่าง SO_4^{2-} และ S ที่สถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศที่ทำการไปรษณีย์โทรเลขราชบุรีบูรณะช่วงลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ.....	81
4.12 ความสัมพันธ์ระหว่าง OC และ K ที่สถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศทั้ง 4 สถานี ช่วงลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้.....	83
4.13 ความสัมพันธ์ระหว่าง Al กับ Si และ Ca กับ Si ที่สถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศทั้ง 4 สถานี ช่วงลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้.....	84
4.14 ความสัมพันธ์ระหว่าง Al และ Ca ที่สถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศทั้ง 4 สถานี ช่วงลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้.....	86
4.15 ความสัมพันธ์ระหว่าง Zn และ Pb ที่สถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศทั้ง 4 สถานี ช่วงลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้.....	87
4.16 ความสัมพันธ์ระหว่าง Na และ Cl ที่สถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศทั้ง 4 สถานี ช่วงลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้.....	88
4.17 ความสัมพันธ์ระหว่าง SO_4^{2-} และ S ที่สถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศเคหะชุมชนดินแดง ช่วงลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้.....	89
4.18 ความสัมพันธ์ระหว่าง SO_4^{2-} และ S ที่สถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศสถาบันราชภัฏจันทรเกษมช่วงลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้.....	89
4.19 ความสัมพันธ์ระหว่าง SO_4^{2-} และ S ที่สถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศสถาบันราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยาช่วงลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ.....	90
4.20 ความสัมพันธ์ระหว่าง SO_4^{2-} และ S ที่สถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศที่ทำการไปรษณีย์โทรเลขราชบุรีบูรณะช่วงลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้.....	90

สารบัญภาพ(ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.21	สัดส่วนการกระจายแหล่งกำเนิดของฝุ่นละอองรวมที่สถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศเคหะชุมชนดินแดงช่วงลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ.....93
4.22	สัดส่วนการกระจายแหล่งกำเนิดของฝุ่นละอองรวมที่สถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศสถาบันราชภัฏจันทรเกษมช่วงลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ.....94
4.23	สัดส่วนการกระจายแหล่งกำเนิดของฝุ่นละอองรวมที่สถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศสถาบันราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยาช่วงลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ.....94
4.24	สัดส่วนการกระจายแหล่งกำเนิดของฝุ่นละอองรวมที่สถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศที่ทำการไปรษณีย์โทรเลขราชภัฏรณรงค์ช่วงลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ.....95
4.25	ความเข้มข้นฝุ่นละอองรวมริมถนนของกรุงเทพมหานครตั้งแต่ปี พ.ศ. 2529-2543.....97
4.26	สัดส่วนการกระจายแหล่งกำเนิดของฝุ่นละอองรวมที่สถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศเคหะชุมชนดินแดงช่วงลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้..... 99
4.27	สัดส่วนการกระจายแหล่งกำเนิดของฝุ่นละอองรวมที่สถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศสถาบันราชภัฏจันทรเกษมช่วงลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้.....100
4.28	สัดส่วนการกระจายแหล่งกำเนิดของฝุ่นละอองรวมที่สถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศสถาบันราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยาช่วงลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้.....100
4.29	สัดส่วนการกระจายแหล่งกำเนิดของฝุ่นละอองรวมที่สถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศที่ทำการไปรษณีย์โทรเลขราชภัฏรณรงค์ช่วงลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้.....101

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

การลดมลภาวะทางด้านฝุ่นละอองรอนั้นยังเป็นเรื่องที่มีความสำคัญที่สุดเรื่องหนึ่งของคุณภาพอากาศในกรุงเทพมหานคร เนื่องจากการแปรผันและเปลี่ยนแปลงอย่างมากของแหล่งกำเนิดและองค์ประกอบทางเคมีของฝุ่นละอองรอน ไม่ว่าจะเป็นในเรื่องของการปรับปรุงเครื่องยนต์ การนำยานพาหนะใหม่มาใช้แทน น้ำมันเชื้อเพลิงที่ใช้ หรือมีโรงงานอุตสาหกรรมเพิ่มขึ้น ด้วยเหตุนี้ทำให้การลดระดับฝุ่นละอองรอนในบรรยากาศเป็นไปด้วยความยากลำบาก ซึ่งถ้าไม่มีการจัดการคุณภาพอากาศให้เหมาะสมกับสถานการณ์ที่เปลี่ยนไปแล้วผลกระทบจากฝุ่นละอองรอนที่เกิดขึ้นต่อมนุษย์และสภาพแวดล้อม เช่น โรคระบบทางเดินหายใจ อาครามีความสกปรก ลดการมองเห็นของการขับขี่ยานพาหนะ เป็นต้น ก็คงจะไม่สามารถที่จะแก้ไขได้อย่างมีประสิทธิภาพ แม้ว่าการพัฒนาบัญชีการปล่อยมลพิษ(Emission Inventory) ซึ่งเป็นข้อมูลที่บ่งบอกถึงปริมาณของฝุ่นละอองที่ปล่อยออกมาจากแหล่งกำเนิดต่างๆ ของกรุงเทพมหานครนั้น จะทำให้สามารถประเมินถึงแหล่งกำเนิดที่มีความสำคัญทั่วไปในพื้นที่กรุงเทพมหานครได้ ดังนั้นการพัฒนาเทคนิคที่จะทำให้การควบคุมและป้องกันฝุ่นละอองรอนในบรรยากาศให้เป็นไปในแนวทางที่เหมาะสมและมีประสิทธิภาพ จึงมีความจำเป็นที่จะต้องแยกแยะการกระจายของแหล่งกำเนิดจากการตรวจวัดค่าความเข้มข้นของฝุ่นละอองรอนที่แหล่งรับนั้นๆ โดยการใช้วิธีการจัดการคุณภาพอากาศที่เรียกว่า แบบจำลองดุลยภาพมวลเคมี (Chemical Mass Balance [CMB] Receptor Model) ซึ่งเป็นแบบจำลองที่สามารถบอกถึงการกระจายมวลของฝุ่นละอองรอนจากแหล่งกำเนิดมาสู่แหล่งรับได้

การศึกษาวิจัยใช้แบบจำลองดุลยภาพมวลเคมีประมาณสัดส่วนแหล่งกำเนิดของฝุ่นละอองรอนในช่วงลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือและลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ที่มีผลกระทบต่อคุณภาพอากาศในพื้นที่บริเวณต่างๆ ของกรุงเทพมหานคร เพื่อกำหนดแนวทางที่เหมาะสมและมีประสิทธิภาพในการลดระดับฝุ่นละอองรอนในกรุงเทพมหานครต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.2.1 เพื่อศึกษาหาความเข้มข้นของฝุ่นละอองรอนในบรรยากาศ ช่วงลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือและลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้

1.2.2 เพื่อศึกษาและคำนวณหาสัดส่วนแหล่งกำเนิดจากการปล่อยฝุ่นละอองรวมในบรรยากาศ ช่วงลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือและลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้

1.2.3 เพื่อเปรียบเทียบสัดส่วนการกระจายแหล่งกำเนิดของแต่ละพื้นที่ ภายในช่วงและระหว่างช่วงลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือและลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ และประเมินหาแหล่งกำเนิดที่มีความสำคัญต่อพื้นที่นั้นๆ

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

1.3.1 ในการทำการศึกษาวิจัยนี้จะทำการเก็บตัวอย่างฝุ่นละอองรวม(TSP) โดยใช้เครื่องเก็บตัวอย่างฝุ่นละอองรวมชนิดปริมาตรสูง(TSP Hi-Volume Sampler) โดยใช้กระดาษกรองควอทซ์(Quartz Fiber Filter) และเก็บตัวอย่างฝุ่นละอองรวมตามสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศของกรมควบคุมมลพิษ กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม

1.3.2 สถานที่ที่ใช้เป็นจุดตรวจวัดฝุ่นละอองรวมจะแบ่งตามลักษณะเขตพื้นที่ของกรุงเทพมหานคร จำแนกได้ 4 เขต คือ เขตพาณิชย์กรรมและการจราจรคับคั่ง เขตชุมชนทางทิศเหนือ เขตชุมชนทางทิศใต้ และเขตอุตสาหกรรม

1.3.3 ในการเก็บตัวอย่างฝุ่นละอองรวม จะแบ่งช่วงการเก็บตัวอย่างเป็น 2 ช่วง โดยใช้ทิศทางลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือและลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ของประเทศไทยเป็นเกณฑ์

1.3.4 การวิเคราะห์หาความเข้มข้นขององค์ประกอบทางเคมีของตัวอย่างฝุ่นละอองรวมจะทำการวิเคราะห์หาโลหะและอโลหะที่มีความสำคัญ, ไอออนที่ละลายน้ำได้และคาร์บอน และนำค่าความเข้มข้นขององค์ประกอบทางเคมีและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานมาคำนวณหาสัดส่วนแหล่งกำเนิดโดยใช้โปรแกรมแบบจำลองดุลยภาพมวลเคมีรุ่นที่ 7 (CMB 7)

1.3.5 พารามิเตอร์ที่ทำการศึกษา

1.3.5.1 ความเข้มข้นของฝุ่นละอองรวมทั้ง 4 สถานีตรวจวัด ในช่วงลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือและลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้

1.3.5.2 องค์ประกอบทางเคมีที่สำคัญของฝุ่นละอองรวม 18 ชนิด ได้แก่ คาร์บอนอินทรีย์ (Organic Carbon) คาร์บอนธาตุ(Elemental Carbon) คลอไรด์ ไนเตรต ซัลเฟต แอมโมเนียม ไอออน โซเดียม อลูมิเนียม ซิลิกอน ซัลเฟอร์ โปแทสเซียม แคลเซียม โทเทเนียม วานาเดียม โครเมียม เหล็ก สังกะสี และตะกั่ว

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 ทำให้ทราบถึงสัดส่วนแหล่งกำเนิดสำคัญที่เป็นแหล่งปล่อยฝุ่นละอองรวมทั้งในช่วงลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ และลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้

1.4.2 ทำให้ทราบถึงการเปลี่ยนแปลงของสัดส่วนแหล่งกำเนิดที่สำคัญในช่วงลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ และลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ เพื่อนำไปควบคุมแหล่งกำเนิดที่สำคัญของแต่ละช่วง

1.4.3 สามารถนำผลจากแบบจำลองคุณภาพมวลเคมีที่ได้นี้ไปเป็นแนวทางในการแก้ปัญหาฝุ่นละอองรวมของกรุงเทพมหานครโดยใช้ร่วมกับแบบจำลองทางอากาศหรือการวิเคราะห์แบบอื่นๆ เพิ่มเติมเพื่อให้มีประสิทธิภาพที่ดียิ่งขึ้น



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ฝุ่นละอองที่ถูกปล่อยออกสู่บรรยากาศจากแหล่งกำเนิดต่างๆ นั้น อาจจะมาจากรถยนต์ อุตสาหกรรม ยานพาหนะ การเผาไหม้ของชีวมวล ฝุ่นละอองที่ฟุ้งกระจายจากพื้นถนนและการก่อสร้าง หรือแหล่งกำเนิดที่อยู่ในหรือใกล้เคียงพื้นที่นั้น แหล่งกำเนิดฝุ่นละอองเหล่านี้อาจจะเป็นแหล่งกำเนิดที่สำคัญที่มีผลกระทบต่อคุณภาพอากาศภายในกรุงเทพมหานคร และฝุ่นละอองในบรรยากาศของกรุงเทพมหานครนั้นยังส่งผลกระทบต่อสุขภาพของมนุษย์และสภาพแวดล้อมมากกว่าฝุ่นละอองในต่างจังหวัดเนื่องจากปริมาณความเข้มข้นในกรุงเทพมหานครสูงกว่าในต่างจังหวัด ดังตารางที่ 2.1 ซึ่งแสดงถึงความเข้มข้นของฝุ่นละอองทั้งในกรุงเทพมหานครและต่างจังหวัด

เนื่องจากปริมาณความเข้มข้นฝุ่นละอองที่สูงในบรรยากาศและอีกทั้งยังมีส่วนประกอบทางเคมี เช่น โลหะหนัก และคาร์บอน เป็นต้น เป็นปัจจัยที่มีผลกระทบต่อของสิ่งมีชีวิตและสภาพแวดล้อมแม้จะมีปริมาณเพียงเล็กน้อยก็ตาม ดังนั้นแนวทางในการควบคุมฝุ่นละอองในบรรยากาศที่มีความสำคัญมากวิธีหนึ่งก็คือ การควบคุมฝุ่นละอองที่แหล่งกำเนิดนั้นๆ แต่เนื่องจากการควบคุมที่แหล่งกำเนิดมีความจำเป็นที่จะต้องเลือกควบคุมแหล่งกำเนิดที่ส่งผลกระทบต่ออย่างมากที่สุดต่อแหล่งรับนั้นๆ เพื่อให้ปริมาณฝุ่นละอองในบรรยากาศมีความเข้มข้นลดลงอย่างรวดเร็วและมีประสิทธิภาพ สำหรับการวิจัยในครั้งนี้จะทำการศึกษาลักษณะของแหล่งกำเนิดของการปล่อยฝุ่นละอองของกรุงเทพมหานคร ฉะนั้น เมื่อทราบถึงสัดส่วนของแหล่งกำเนิดของฝุ่นละอองก็จะช่วยให้สามารถกำหนดแหล่งกำเนิดที่สำคัญของการปล่อยฝุ่นละออง และแก้ไขปัญหาฝุ่นละอองของกรุงเทพมหานครให้มีประสิทธิภาพต่อไป

2.1 ศัพท์และความหมาย

คำศัพท์ที่เกี่ยวกับฝุ่นละอองและด้านมลภาวะอากาศมีความหมายใกล้เคียงกันมาก ดังนั้นจึงต้องมีการอธิบายให้เกิดความเข้าใจในความหมายของศัพท์ให้ตรงกันเพื่อจะใช้ในการศึกษาและประยุกต์ใช้ในงานวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม โดยความหมายของศัพท์ต่างๆเป็นดังนี้ (Howard E. Hesketh, 1974 อ้างถึงใน กมล รัตนพวรรณ, 2540:5)

ละอองไอ (Aerosol) คือ อนุภาคของแข็งหรือของเหลวขนาดเล็กซึ่งแขวนลอยอยู่ในอากาศได้ โดยทั่วไปได้แก่ขนาดตั้งแต่ 50 ไมครอน เล็กลงไปจนถึง 1 ไมครอน ซึ่งสิ่งนี้ถูกจัดรวมเป็นละอองไอได้แก่ ฝุ่นละออง หมอก พุ่มควัน ละอองน้ำ และเมฆหมอก

ตารางที่ 2.1 ความเข้มข้นฝุ่นละอองของพื้นที่ทั่วไปในบางพื้นที่ของกรุงเทพมหานครและต่างจังหวัด พ.ศ. 2542 (กรมควบคุมมลพิษ, 2544)

เขต		ฝุ่นรวม (TSP) เฉลี่ย 24 ชั่วโมง (mg/m ³)			ฝุ่นขนาดเล็ก (PM-10) เฉลี่ย 24 ชั่วโมง (µg/m ³)		
		ค่าสูงสุด ด	ค่าเฉลี่ย ย	ค่า ต่ำสุด	ค่าสูงสุด ด	ค่าเฉลี่ย ย	ค่า ต่ำสุด
กรุงเทพมหานคร	มหาวิทยาลัยรามคำแหง	0.34	0.12	0.03	149.6	52.9	16.1
	การเคหะชุมชนห้วยขวาง	0.37	0.20	0.09	202.0	78.0	31.5
	โรงเรียนนนทรีวิทยา	0.25	0.11	0.04	177.6	61.7	26.7
	โรงเรียนสิงหราชวิทยาคม	0.27	0.11	0.05	176.5	59.0	18.8
	การเคหะชุมชนคลองจั่น	0.16	0.08	0.03	140.5	50.2	19.5
ภาคเหนือ	ศูนย์ราชการรวม จ.เชียงใหม่	-	-	-	472.9	91.1	15.8
	ศาลากลาง จ.ลำปาง	-	-	-	271.6	60.5	16.9
	อนามัยบ้านท่าสี่ จ.ลำปาง	-	-	-	311.0	109.8	28.0
ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ	บ้านปลัดอำเภอเมือง จ.ขอนแก่น	-	-	-	169.0	64.0	27.4
	บ้านพักทหาร อ.เมือง จ.นครราชสีมา	-	-	-	202.1	99.2	43.8
	โรงเรียนอยุธยาวิทยาลัย	-	-	-	205.5	74.7	19.5
ภาคกลาง	สถานีดับเพลิงเขาน้อย จ.สระบุรี	-	-	-	156.2	55.9	18.5
	ศูนย์ช่างบำรุงที่ 1 อ.เมือง จ.ราชบุรี	-	-	-	160.8	58.5	15.5
	สนง.สามัญศึกษา อ.เมือง จ.ชลบุรี	-	-	-	163.9	51.7	16.2
ภาคตะวันออก	ชุมสายโทรศัพท์ อ.เมือง จ.ระยอง	-	-	-	133.7	41.8	8.4
	ศูนย์บริการสาธารณสุข อ.เมือง จ.ภูเก็ต	-	-	-	75.5	41.1	20.6
ภาคใต้	พื้นที่เทศบาลเมืองหาดใหญ่ จ.สงขลา	-	-	-	258.0	44.9	20.3
	ค่ามาตรฐาน	0.33			120		

ฟุ้ง(Fumes) คือ อนุภาคของแข็งที่เกิดจากการควบแน่นของไอระเหยจากสถานะที่เป็นก๊าซ โดยทั่วไปมีรูปร่างกลม มีขนาดระหว่าง 0.001 ถึง 1 ไมครอน

หมอก(Fog or Mist) คือ ละอองไอน้ำที่ฟุ้งกระจายเป็นของเหลว โดยสามารถเกิดขึ้นจากการกลั่นตัวของสภาวะอิ่มตัวด้วยของไอระเหย หรือมาจากการกระจายของเหลวด้วยการตี ฟัน หรือ กวนให้เป็นฟอง มีขนาดตั้งแต่ 0.001 ถึง 10 ไมครอน

ฝุ่นละอองรวม(Total Suspended Particulate Matter, TSP) คือ ฝุ่นละอองที่สามารถถูกเก็บตัวอย่างและตรวจวัดได้โดยเครื่องเก็บตัวอย่างฝุ่นละอองรวมชนิดปริมาตรสูง ฝุ่นละอองรวมมีช่วงของขนาดอนุภาคค่อนข้างกว้าง จากการทดสอบในอุโมงค์ลม เครื่องเก็บตัวฝุ่นละอองรวมชนิด

ปริมาณสูงสามารถเก็บตัวอย่างอนุภาคที่มีขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอนได้ในปริมาณไม่มากนักกระทั่งสามารถเก็บตัวอย่างอนุภาคที่มีขนาดเท่ากับ 100 ไมครอน ได้ 100 เปอร์เซ็นต์ เพราะว่าเครื่องเก็บตัวอย่างฝุ่นละอองรวมชนิดปริมาณสูงมิได้มีการบ่งชี้ถึงช่วงของขนาดอนุภาคที่เก็บตัวอย่าง อย่างไรก็ตามได้ระบุถึงค่า effective cut point ที่สามารถเก็บตัวอย่างอนุภาคที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางอากาศพลศาสตร์ได้เท่ากับ 30 ไมครอน(US EPA, 1995 อ้างถึงในกมล ธนะนพวรรณ, 2540:6)

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

ซีเมนต์ หรือซีเมนต์ลอยที่ปลิวออกมากับไอเสียจากการเผาไหม้เชื้อเพลิง ได้แก่ เชื้อเพลิงที่เผาไหม้ไม่สมบูรณ์ และแร่ธาตุต่างๆ

ไอเสีย ประกอบด้วยอนุภาคซึ่งเกิดจากการกลั่นตัว Sublimation หรือปฏิกิริยาเคมี ส่วนใหญ่แล้วขนาดเล็กกว่า 1 ไมครอน ได้แก่ คาร์บอนหรือและไอระเหยของโลหะออกไซด์ที่กลั่นตัว

ละอองน้ำ เป็นการฟุ้งกระจายอย่างเบาบางของหยดน้ำเล็กๆของของเหลว ในทางอุตุนิยมวิทยา ละอองน้ำคือ การฟุ้งกระจายอย่างเบาบางของหยดน้ำซึ่งมีขนาดใหญ่พอที่จะหล่นลงมาจากอากาศ ละอองน้ำอาจมาจากการกลั่นตัวของก๊าซหรือไอระเหย หรืออาจมาจากการกระจายของเหลวด้วยการตีน้ำ ฟัน หรือกวนให้เป็นฟอง

คำศัพท์ที่ได้กล่าวแล้วนั้นเป็นคำศัพท์ทั่วไปเกี่ยวกับฝุ่นละอองและมลพิษทางด้านอากาศแต่ว่าก็ยังมีคำศัพท์เฉพาะที่ใช้กับแบบจำลองคุณภาพมวลเคมีอีกและมีความจำเป็นอย่างมากในการทำความเข้าใจความหมายของคำศัพท์นั้นๆ เพื่อให้เกิดความเข้าใจที่ตรงกันทั้งในทฤษฎีและการประมวลผล คำศัพท์ที่สำคัญนั้นมีดังนี้

1. สัดส่วนองค์ประกอบทางเคมีของแหล่งกำเนิด(Source Profile) คือ ชนิดของมลพิษเช่น คาร์บอน ไอออนหรือธาตุต่างๆ และความเข้มข้นที่ตรวจวัดได้จากแหล่งกำเนิด โดยจะทำการตรวจวัดออกมาในหน่วยกรัมต่อกรัม

2. แหล่งรับ(Receptor) คือ จุดเก็บตัวอย่าง

3. ตัวชี้(Tracer) คือ จุดเด่นหรือลักษณะเฉพาะของสัดส่วนองค์ประกอบทางเคมีของแหล่งกำเนิดนั้นๆ ซึ่งจะเป็นตัววัดเชิงคุณภาพเท่านั้น

4. การประมาณการกระจายสัดส่วนแหล่งกำเนิด(Source Contribution Estimate) คือ การหาสัดส่วนแหล่งกำเนิดของฝุ่นละอองนั้นๆ ต่อแหล่งรับ โดยจะคิดอยู่ในรูปของเปอร์เซ็นต์เป็นส่วนใหญ่

5. ค่าประมาณความไม่แน่นอน(Uncertainty) คือ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

2.2 แบบจำลองทางด้านอากาศ

ปฏิกิริยาต่างๆ ที่เกิดขึ้นในชั้นบรรยากาศของโลกนั้นเป็นสิ่งที่ค่อนข้างซับซ้อน เนื่องจากว่ามีกระบวนการทั้งทางฟิสิกส์และเคมีเกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว จึงทำให้การตรวจวัดฝุ่นละอองต่างๆ ในบรรยากาศจะได้เพียงข้อมูลซึ่งอยู่ในลักษณะของบรรยากาศ ช่วงเวลาและสถานที่นั้นๆ เท่านั้น เพราะฉะนั้นความเข้าใจในเรื่องของกระบวนการต่างๆ ของฝุ่นละอองในบรรยากาศจึงไม่สามารถนำมาประยุกต์ใช้ได้กับกระบวนการทั้งระบบที่เกิดขึ้นจริง ดังนั้นจึงได้มีการจัดทำแบบจำลองเพื่อความจำเป็นในการรวมความเข้าใจในกระบวนการทางอากาศและศึกษาถึงปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นกัน และกัน การนำความเข้าใจทั้งในด้านการตรวจวัดและการจัดทำแบบจำลองจะเป็นวิธีการที่ทำให้เข้าใจถึงปฏิกิริยาต่างๆ ภายในบรรยากาศของโลกต่อไป แบบจำลองที่กระทำกันอยู่สามารถจำแนกได้เป็น 2 ประเภท คือ

2.2.1 แบบจำลองทางกายภาพ

เป็นการจำลองกระบวนการในบรรยากาศโดยใช้วิธีการจัดทำแบบจำลองขนาดเล็กจากระบบหรือสภาพของสถานที่แห่งนั้นจริงๆ ซึ่งจะทำให้การย่อส่วนให้มีอัตราส่วนอยู่ระหว่าง 1:100 ถึง 1:5000 โดยจะให้ที่มีสภาพและสัดส่วนของระบบหรือสถานที่เหมือนความเป็นจริงมากที่สุด แล้วจึงทำการศึกษาถึงการแพร่กระจายของมลพิษในบรรยากาศจากแหล่งกำเนิด รวมทั้งผลกระทบต่อคุณภาพอากาศจากแหล่งกำเนิดนั้นๆ ด้วย โดยทำการศึกษาในอุโมงค์ลม วิธีนี้จะให้ผลที่ถูกต้องแน่นอนมากกว่าการใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งสำหรับในกรณีพื้นที่ที่เป็นที่ตั้งของแหล่งกำเนิดและพื้นที่โดยรอบมีสภาพภูมิประเทศที่สลับซับซ้อน เช่นเป็นภูเขาหรือหุบเขา แต่จะมีความยุ่งยาก ต้องเสียเวลาและค่าใช้จ่ายมาก และปัญหาของระบบลักษณะนี้มีอยู่มากมาย เมื่อนำไปใช้อธิบายในระบบจริง เพราะฉะนั้นการใช้แบบจำลองทางกายภาพจะมีข้อจำกัดอย่างมาก

2.2.2 แบบจำลองทางคณิตศาสตร์

แบบจำลองทางคณิตศาสตร์เป็นอีกวิธีหนึ่งที่สามารถใช้ในการคาดประมาณผลกระทบที่อาจจะเกิดขึ้นต่อคุณภาพอากาศจากสารมลพิษที่ระบายออกสู่อากาศจากแหล่งกำเนิดประเภทต่างๆ แม้ว่าจะให้ผลการคาดประมาณที่มีความถูกต้องและแม่นยำน้อยกว่าการใช้แบบจำลองย่อส่วนทางกายภาพก็ตาม แต่จะมีความยุ่งยากซับซ้อนน้อยกว่า รวมทั้งเสียเวลาและค่าใช้จ่ายน้อยกว่าด้วย โดยที่สามารถให้ผลที่มีความถูกต้องพอควร ดังนั้นแบบจำลองทางคณิตศาสตร์จึง

เป็นที่นิยมใช้กันทั่วไปในการประเมินผลกระทบที่อาจเกิดขึ้นต่อคุณภาพอากาศ แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ สามารถจำแนกออกได้เป็น 2 ประเภท คือ

2.2.2.1 แบบจำลองที่ใช้กระบวนการทางฟิสิกส์และเคมีเป็นหลัก หรือ เรียกว่า Atmospheric Chemical Transport Model โดยแบบจำลองเหล่านี้จะเป็นแบบจำลองที่อ้างอิงจากแหล่งกำเนิด(Source-Based model) เช่น Lagrangian Model , Eulerian Model, Gaussian Plume Models เป็นต้น โดยใช้ความรู้เรื่องอัตราการปล่อยมลพิษ(Emission Rate) ของแหล่งกำเนิดและสภาวะอากาศมาพยากรณ์ความเข้มข้นทางด้านท้ายลมที่แหล่งรับ(Receptor) แต่จะมีจุดด้อยเนื่องจาก ข้อมูลที่ไม่มีความสมบูรณ์จากอัตราการปล่อยมลพิษ, สภาวะอากาศ, คุณสมบัติของมลพิษในอากาศแต่ละตัว, สมมุติฐานที่ไม่เน้นความต่างเรื่องเวลาและสถานที่ของแหล่งกำเนิดทำให้ทำนายไม่ถูกต้อง

2.2.2.2 แบบจำลองที่ใช้แนวคิดทางสถิติเป็นหลัก แบบจำลองนี้จะมีข้อดีคือ ง่ายต่อการประยุกต์ใช้ แต่อย่างไรก็ตาม ความน่าเชื่อถือของข้อมูลที่มีอยู่ยังเป็นจุดอ่อนที่สำคัญอย่างหนึ่ง จึงทำให้แบบจำลองที่ใช้สถิติจะไม่สามารถใช้ทำนายผลกระทบที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงอัตราปล่อยมลพิษ แบบจำลองที่มีการใช้กันอยู่ก็คือแบบจำลองแหล่งรับ(Receptor Model) เป็นแบบจำลองที่อ้างอิงจากแหล่งรับ(Receptor-Based Model) ซึ่งจะทำให้การเก็บตัวอย่างที่แหล่งรับโดยแยกสถานที่เก็บ, เวลาในการเก็บ, และชนิดของมลสารที่สนใจเพื่อใช้หาแหล่งกำเนิด(Identify) และพยากรณ์สัดส่วน(Contribution) ของแหล่งกำเนิดมาที่แหล่งรับ สามารถใช้ตรวจสอบความแม่นยำในการประเมินของแบบจำลองที่อ้างอิงจากแหล่งกำเนิดได้ ผลของแบบจำลองทั้งสอง (2.2.2.1 และ 2.2.2.2) ควรจะตรงกัน ถ้าไม่(ซึ่งมักจะไม่)จะแสดงให้เห็นถึงการเปลี่ยนแปลงของฝุ่นละอองรวมในบรรยากาศจากแหล่งกำเนิดและแหล่งรับ

2.3 แบบจำลองแหล่งรับ (Receptor Model)

แบบจำลองแหล่งรับเป็นแบบจำลองที่ใช้ลักษณะทางเคมีและฟิสิกส์ของฝุ่นละอองที่ตรวจวัดได้ที่แหล่งกำเนิดและแหล่งรับ เพื่อนำมาใช้หาทั้งสัดส่วนแหล่งกำเนิดที่จะมีผลกระทบและปริมาณการกระจายของแหล่งกำเนิดต่างๆที่มีต่อแหล่งรับ แบบจำลองแหล่งรับสามารถแบ่งออกตามวิธีการการวิเคราะห์โดยทั่วไปจะมีดังนี้

2.3.1 Chemical Mass Balance (CMB) จะใช้สำหรับการจำแนกสัดส่วนแหล่งกำเนิด ซึ่งจะกล่าวโดยละเอียดในหัวข้อต่อไป

2.3.2 Principal Component Analysis (PCA) เป็นหนึ่งในวิธี Factor analysis ซึ่งจะใช้สำหรับการแยกแยะแหล่งกำเนิดที่อาจจะไม่สามารถรู้หรือแหล่งกำเนิดที่อาจหายไปจากการวิเคราะห์ CMB แบบจำลองนี้เป็นแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่ซับซ้อนและผลที่วิเคราะห์ออกมาได้มีความยากในการที่จะตีความหมาย

2.3.3 Empirical Orthogonal Function (EOF) จะใช้สำหรับแยกแยะตำแหน่งและอิทธิพลจากแหล่งกำเนิดที่ปล่อยมลพิษ

ทั้งสามวิธีที่กล่าวมานี้(CMB,PCA และ EOF) Chemical Mass Balance เป็นวิธีการหลักและจุดเริ่มต้นของแบบจำลองแหล่งรับและ Principal Component Analysis และ Empirical Orthogonal Function เป็นกระบวนการการวิเคราะห์ที่ช่วยให้การทำ CMB ดียิ่งขึ้น โดยในงานวิจัยนี้จะศึกษาเฉพาะการจัดทำ Chemical Mass Balance เพียงอย่างเดียว

2.4 แบบจำลองดุลยภาพมวลเคมี (Chemical Mass Balance [CMB] Receptor Model)

แบบจำลองดุลยภาพมวลเคมีเป็นแบบจำลองแหล่งรับชนิดหนึ่งซึ่งจะใช้ข้อมูลความเข้มข้นจากการตรวจวัดได้ที่แหล่งกำเนิดและที่แหล่งรับ และการใช้สมดุลทางมวลที่เหมาะสมมาหาสัดส่วนของแหล่งกำเนิดแต่ละแหล่งที่มีความสำคัญต่อแหล่งรับนั้นๆ เช่น สมมุติว่าความเข้มข้นรวมของเหล็กที่ตรวจวัดได้ ณ แหล่งรับ สามารถพิจารณาออกมาได้เป็นผลรวมของการกระจายของอนุภาคเหล็กจากแหล่งกำเนิดต่างๆ ได้ดังสมการที่ 2.1

$$Fe_{total} = Fe_{soil} + Fe_{auto} + Fe_{coal} + \dots \quad (2.1)$$

ซึ่ง

- Fe_{total} = ความเข้มข้นรวมของเหล็กที่วัดได้ ณ แหล่งรับ
- Fe_{soil} = ความเข้มข้นของเหล็กที่ได้จากการกระจายมลพิษของดิน
- Fe_{auto} = ความเข้มข้นของเหล็กที่ได้จากการกระจายมลพิษของเครื่องยนต์
- Fe_{coal} = ความเข้มข้นของเหล็กที่ได้จากการกระจายมลพิษของการเผาถ่านหิน

จากสมการที่ 2.1 จะได้แนวความคิดของวิธีการทำแบบจำลองแหล่งรับ ก็คือต้องการที่จะรู้จำนวนและชนิดขององค์ประกอบทางเคมีที่กระจายเป็นสัดส่วนต่างๆ กันมายังแหล่งรับ ซึ่ง

องค์ประกอบทางเคมีเหล่านี้จะกระจายมาจากแหล่งกำเนิดต่างๆ กัน (Seinfeld, and Pandis, 1998) เพราะฉะนั้นปัญหาก็คือว่าจะต้องมีสมการที่มีการประมาณค่ามวลที่มาจากแหล่งกำเนิดต่างๆ ได้ดีที่สุด ดังนั้นเราจึงสมมุติสมการขึ้นมาดังสมการที่ 2.2

$$c_i = a_0 + a_{i1}s_1 + a_{i2}s_2 + \dots + a_{ij}s_j + \dots + a_{im}s_m + e_i \quad (2.2)$$

ซึ่ง

- c_i = ความเข้มข้นขององค์ประกอบทางเคมีที่ i ($i = 1, 2, 3, \dots, n$) ที่แหล่งรับ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
- a_{ij} = สัดส่วนขององค์ประกอบทางเคมีที่ i ของฝุ่นละอองรวมจากแหล่งกำเนิด j (g/g)
- s_j = ความเข้มข้นของฝุ่นละอองจากแหล่งกำเนิดที่ j ที่จุดเก็บตัวอย่าง ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
- m = จำนวนแหล่งกำเนิดทั้งหมด
- n = จำนวนองค์ประกอบทางเคมี
- a_0 = ค่าคงที่ของสมการ
- e_i = ค่าความคลาดเคลื่อน
- i = ลำดับที่ขององค์ประกอบทางเคมี
- j = ลำดับที่แหล่งกำเนิด

จากสมการที่ 2.2 ค่า a_0 จะสมมุติให้มีค่าเท่ากับศูนย์ และสามารถนำมาเขียนเป็นสมการทั่วไปของความเข้มข้นขององค์ประกอบทางเคมี i ได้เป็นดังสมการที่ 2.3

$$c_i = \sum_{j=1}^m f_{ij} a_{ij} s_j + e_i \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (2.3)$$

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

โดยทั่วไปแล้ว f_{ij} จะสมมุติให้มีค่าเท่ากับ 1 ดังนั้นจึงจำเป็นต้องสมมุติให้ a_{ij} ไม่มีการเปลี่ยนแปลงโดยกระบวนการต่างๆ (ปฏิกิริยา การกำจัดหรืออื่นๆ) ที่เกิดขึ้นระหว่างการแพร่กระจายในบรรยากาศระหว่างแหล่งกำเนิดกับแหล่งรับ ในกรณีนี้เราสามารถเขียนสมการที่ 2.3 ใหม่ได้เป็น

$$c_i = \sum_{j=1}^m a_{ij} s_j + e_i \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (2.4)$$

จากสมการที่ 2.4 ค่าความเข้มข้นขององค์ประกอบทางเคมีแต่ละชนิดที่แหล่งรับจะเท่ากับผลบวกโดยตรงของการกระจายฝุ่นละอองจากแต่ละแหล่งกำเนิดที่มาสู่แหล่งรับนั้น ซึ่งทำให้สามารถหาค่า S_j ซึ่งเป็นค่าที่ต้องการของแบบจำลองคุณภาพมวลเคมีออกมาได้ แต่ในการตรวจวัดฝุ่นละอองในบรรยากาศจะทำการตรวจวัดด้วยจำนวนตัวอย่างที่มาก เพราะฉะนั้น ในแต่ละวันก็จะมีการกระจายของแหล่งกำเนิดแต่ละแหล่งไม่เท่ากัน ทำให้มีความจำเป็นที่จะต้องเปลี่ยนรูปสมการที่ 2.4 ให้อยู่ในรูปทั่วไปสำหรับตัวอย่าง k จะได้เป็น

$$c_{ik} = \sum_{j=1}^m a_{ij} s_{jk} + e_i \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (2.5)$$

ซึ่ง k = ลำดับที่ตัวอย่างฝุ่นละอองจากการตรวจวัด

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

s_{jk} = ความเข้มข้นของฝุ่นละอองจากแหล่งกำเนิดที่ j ของตัวอย่างที่ k ณ แหล่งรับ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

การสร้างความสัมพันธ์ระหว่างแหล่งกำเนิดและแหล่งรับให้เป็นแบบจำลองคุณภาพมวลเคมีจะนำสมการที่ 2.5 มาใช้ในการเริ่มต้นภายใต้สมมุติฐานที่ว่าองค์ประกอบทางเคมีต่างๆ จะไม่มีการทำปฏิกิริยาในอากาศที่ทำการศึกษา

จากการพิจารณาทฤษฎีแบบจำลองคุณภาพมวลเคมีในเบื้องต้นแล้วนั้น วิธีกำลังสองน้อยที่สุด (Least Square Solution) จะเป็นวิธีการที่ใช้หาค่าตอบของสมการที่ 2.5 ซึ่งเป็นของกลุ่มสมการเส้นตรง สมการเหล่านี้แสดงถึงค่าความเข้มข้นขององค์ประกอบทางเคมีที่แหล่งรับในรูปผลรวมเชิงเส้นของสัดส่วนองค์ประกอบทางเคมีจากแหล่งกำเนิดและการกระจายของแหล่งกำเนิด เพื่อที่จะหาค่าตัวแปร s_j หรือความเข้มข้นของฝุ่นละอองจากแหล่งกำเนิดนั้นๆ สัดส่วนองค์ประกอบทางเคมีของแหล่งกำเนิดและค่าความเข้มข้นขององค์ประกอบทางเคมีที่แหล่งรับพร้อมกับค่าประมาณความไม่แน่นอนจะเป็นข้อมูลสำหรับแก้ปัญหาของแบบจำลองคุณภาพมวลเคมี ผลลัพธ์ที่ได้จะประกอบไปด้วยการประมาณสัดส่วนการกระจายของแหล่งกำเนิดแต่ละชนิดที่วัดได้ ณ แหล่งรับ แบบจำลองคุณภาพมวลเคมีจะใช้ค่าความไม่แน่นอนมาซึ่งนำหน้าให้กับข้อมูลที่ใช้ในการแก้ปัญหาและประมาณค่าความไม่แน่นอนของสัดส่วนการกระจายของแหล่งกำเนิด (Motallebi, 1999)

การสร้างสมการของแบบจำลองดุลยภาพมวลเคมีจะใช้หลักการของวิธีกำลังสองน้อยที่สุดและเนื่องจากว่าวิธีการกำลังสองน้อยที่สุดเป็นวิธีทางสถิติจึงเป็นผลให้สมมุติฐานต่างๆ ของวิธีการนี้จึงมีความจำเป็นที่จะต้องนำมาพิจารณาด้วย เริ่มต้นจากการพิจารณาสมการที่ 2.6 จะได้ว่าค่าความเข้มข้นขององค์ประกอบทางเคมีที่ทำการตรวจวัดได้ c_i ของแต่ละตัวอย่าง จะสามารถแสดงออกมาในรูปผลบวกของค่าที่ได้จากการคำนวณ \tilde{c}_i กับค่าความคลาดเคลื่อนสุ่ม e

$$c_i = \tilde{c}_i + e_i \quad i = 1, 2, 3, \dots, n \quad (2.6)$$

ซึ่ง c_i = ความเข้มข้นขององค์ประกอบทางเคมีที่ i ของตัวอย่างนั้นๆ
 \tilde{c}_i = ความเข้มข้นรวมขององค์ประกอบทางเคมีที่ i จากทุกแหล่งกำเนิดที่ได้จากการคำนวณ
 e_i = ความคลาดเคลื่อนสุ่ม

ดังนั้นเมื่อเทียบกับสมการที่ 2.5 และสมการที่ 2.6 จะได้ว่าค่าความเข้มข้นขององค์ประกอบทางเคมีทุกชนิดที่ได้จากการคำนวณ \tilde{c}_i สามารถแสดงได้ดังสมการที่ 2.7

$$\tilde{c}_i = \sum_{j=1}^m a_{ij} s_j \quad (2.7)$$

ถ้า c_i คือค่าความเข้มข้นขององค์ประกอบทางเคมีที่วัดได้ เราจะต้องลดค่าระยะระหว่างค่าที่ได้จากการวัด c_i และค่าจากการคำนวณ \tilde{c}_i ระยะนี้สามารถที่จะแสดงได้โดยผลบวกกำลังสองของผลต่างระหว่างค่า c_i กับ \tilde{c}_i

$$\sum_{i=1}^n (c_i - \tilde{c}_i)^2$$

เนื่องจากว่าในการเก็บตัวอย่างผู้ทดลองแต่ละตัวอย่างนั้นจะวิเคราะห์หาค่าความเข้มข้นขององค์ประกอบทางเคมีได้ไม่เท่ากันเพราะฉะนั้นจึงทำให้เกิดค่าความไม่แน่นอนของการตรวจวัดนั้นๆ ด้วย จึงทำให้ไม่มีโอกาสที่จะทำให้ผลลัพธ์ของการประมาณค่า s_j เท่ากับค่าความเข้มข้นจริงของผู้ทดลองที่มาจากแหล่งกำเนิดนั้นเลย และจากค่าความไม่แน่นอนของการตรวจวัดจะขึ้นอยู่กับค่าความเข้มข้นขององค์ประกอบทางเคมีแต่ละชนิดด้วยจึงทำให้มีความจำเป็นต้องนำค่าองศาความ

ไม่แน่นอน(Degree of Uncertainties) $\frac{1}{\sigma_i^2}$ มาใช้เป็นปัจจัยการถ่วงน้ำหนัก(Weighting Factor) ของความแตกต่างระหว่างค่าความเข้มข้นองค์ประกอบทางเคมีที่ทำการตรวจวัดได้จริงกับค่าความเข้มข้นที่ได้จากการคำนวณ ฉะนั้นจะได้รูปสมการออกมาดังสมการที่ 2.8

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^n \left(\frac{1}{\sigma_i^2} (c_i - \tilde{c}_i)^2 \right) \quad (2.8)$$

จากการใช้ปัจจัยการถ่วงน้ำหนัก องค์ประกอบทางเคมีที่มีค่าความไม่แน่นอนมากกว่าจะมีการกระจายของฟังก์ชัน χ^2 น้อยกว่าองค์ประกอบทางเคมีที่มีค่าความไม่แน่นอนน้อยกว่า และเมื่อรวมสมการที่ 2.7 กับ 2.8 จะได้ว่า

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^n \left(\frac{1}{\sigma_i^2} \left(c_i - \sum_{j=1}^m a_{ij} s_j \right)^2 \right) \quad (2.9)$$

ดังนั้นวิธีการก็คือจะต้องลดค่าของ χ^2 ให้มีค่าต่ำที่สุดเพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่มีค่าใกล้เคียงความเป็นจริงมากที่สุด และจากจำนวนผลลัพธ์ของ s_j ที่ต้องการหาจะทำให้เกิดสมการขึ้นพร้อมกัน m ถึง n สมการ ซึ่งจำนวนสมการจะขึ้นอยู่กับว่าองค์ประกอบทางเคมีมีจำนวนมากเท่าใด ดังนั้นการแก้ปัญหาสำหรับสมการที่มีจำนวนตัวแปร m ตัวแปร (s_1, s_2, \dots, s_m) ถึง n ตัวแปรนั้น จะถือว่าเป็นการวิเคราะห์ความถดถอยเชิงซ้อน (Multiple Linear Regression Analysis)

การแก้ปัญหสมการที่เกิดขึ้นมา m ถึง n สมการ เพื่อหาความเข้มข้นฝุ่นละอองที่มาจากแหล่งกำเนิดจะมีได้หลายวิธีเช่น การแก้สมการแบบธรรมดา การแก้สมการโดยใช้เมทริกซ์ การแก้สมการโดยใช้วิธีลัด เป็นต้น แต่วิธีที่สะดวกและเข้าใจง่ายที่สุดก็คือ การแก้สมการโดยใช้เมทริกซ์ เพราะฉะนั้นเวกเตอร์ s ซึ่งเป็นเวกเตอร์ของค่าความเข้มข้นฝุ่นละอองจากแหล่งกำเนิดแต่ละแหล่งสามารถเขียนเป็นสมการได้คือ

$$S = [A^T W A]^{-1} A^T W C \quad (2.10)$$

ซึ่ง A = เมทริกซ์ของแหล่งกำเนิดซึ่งประกอบด้วยองค์ประกอบทางเคมี a_{ij} ของแหล่งกำเนิดนั้นๆ ขนาด $n \times m$
 W = เมทริกซ์เชิงขนาด $n \times n$
 $A^T = A$ ทรานสโพส ขนาด $m \times n$
 C = เวกเตอร์ของการตรวจวัดฝุ่นละอองในบรรยากาศของ n ชาติ
 S = เวกเตอร์ของสัดส่วนการกระจายของ m แหล่งกำเนิด
 $[A^TWA]^{-1}$ = เมทริกซ์จัตุรัส สามารถที่จะอินเวอร์สได้

ในการแก้ปัญหาของแบบจำลองคุณภาพมวลเคมีโดยใช้สมการที่ 2.10 เราจะพิจารณา ค่าความไม่แน่นอนในการตรวจวัด c_i แต่ละค่าความไม่แน่นอนจากการตรวจวัดของแหล่งกำเนิด a_{ij} เพราะฉะนั้นจึงต้องนำค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน $\sigma_{a_{ij}}$ ของการหาสัดส่วน a_{ij} ขององค์ประกอบที่ i ในการปล่อยมลพิษจากแหล่งกำเนิดที่ j เข้ามาคำนวณด้วย ดังนั้นสมการของการแก้ปัญหาดังกล่าวจะเขียนได้ใหม่เป็นสมการที่ 2.11

$$S = [A^T V_e A]^{-1} A^T V_e C \quad (2.11)$$

ซึ่ง V_e = เมทริกซ์เชิง (Diagonal matrix) ซึ่งมีสมาชิกในเมทริกซ์คือ

$$v_{e_{ii}}^{-1} = \sigma_i^2 + \sum_{j=1}^m \sigma_{a_{ij}}^2 s_j^2 \quad (2.12)$$

เนื่องจากว่าตัวแปรความเข้มข้นฝุ่นละอองจากแหล่งกำเนิด s_j รวมอยู่ในส่วนประกอบของเมทริกซ์ V_e ด้วย ดังนั้นสมการที่ 2.12 จำเป็นต้องมีการแก้ปัญหาดังกล่าว (Iterative Solution)

วิธีการที่ได้กล่าวมาแล้วคือการใช้สมการที่ 2.12 และ 2.13 เป็นสมการในการแก้ปัญหาทางด้านแบบจำลองคุณภาพมวลเคมีเป็นวิธีที่เรียกว่า Effective-Variance Weight Least-Squares Method โดยมีวิธีการคำนวณโดยละเอียดที่ใช้ในโปรแกรมแบบจำลองคุณภาพมวลเคมี รุ่นที่ 7 ดังนี้

1. กำหนดค่าเริ่มต้นของค่า S_j ให้มีค่าเท่ากับศูนย์

$$s_j^{k=0} = 0 \quad j = 1, \dots, m$$

ซึ่ง k = ลำดับที่ของรอบการแก้ปัญหา

2. คำนวณหาสมาชิกในแนวเส้นทะแยงมุมจากซ้ายบนไปขวาล่างของเมทริกซ์ V_e ซึ่งสมาชิกของเมทริกซ์ที่ไม่ได้อยู่ตรงเส้นทะแยงมุมจากซ้ายบนไปขวาล่างจะมีค่าเท่ากับศูนย์

$$v_{e_{ii}}^k = \sigma_i^2 + \sum_{j=1}^m \sigma_{a_{ij}}^2 s_j^2$$

3. คำนวณหาครั้งที่ $k+1$ ของ S_j

$$S^{k+1} = [A^T (V_e^k)^{-1} A]^{-1} A^T (V_e^k)^{-1} C$$

4. ทดสอบค่า S_j ของการคำนวณครั้งที่ $k+1$ กับค่า S_j ของการคำนวณครั้งที่ k ถ้าค่าทั้งสองมีความแตกต่างกันมากกว่า 1 เปอร์เซ็นต์แล้วจะต้องมีการแก้ปัญหาแบบทำซ้ำต่อ แต่ถ้าค่าทั้งสองมีความแตกต่างกันไม่เกิน 1 เปอร์เซ็นต์ แล้วจะถือว่าได้ค่าผลลัพธ์ S_j

$$\text{ถ้า } \frac{|s_j^{k+1} - s_j^k|}{s_j^{k+1}} > 0.01 \quad \text{ไปขั้นตอนที่ 2}$$

$$\text{ถ้า } \frac{|s_j^{k+1} - s_j^k|}{s_j^{k+1}} \leq 0.01 \quad \text{ไปขั้นตอนที่ 5}$$

5. จากค่าผลลัพธ์ S_j ที่ได้จะนำไปคำนวณหา σ_{s_j}

$$\sigma_{s_j} = \left[\left(A^T (V_e^{k+1})^{-1} A \right)_{jj}^{-1} \right]^{1/2} \quad j = 1, \dots, m$$

โดยที่ $C = (c_1 \dots c_n)^T$, เวกเตอร์หลักที่ประกอบด้วย c_i ทั้งหมด n สมาชิก

$S = (s_1 \dots s_m)^T$, เวกเตอร์หลักที่ประกอบด้วย s_j ทั้งหมด m สมาชิก

- A = เมทริกซ์ขนาด $n \times m$ ประกอบด้วยสมาชิก a_{ij} , เมทริกซ์ของแหล่งกำเนิด
- σ_i = ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความแม่นยำในการวัดธาตุตัวที่ i ของแหล่งรับ
- $\sigma_{a_{ij}}$ = ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความแม่นยำในการวัดธาตุตัวที่ i ของแหล่งกำเนิดที่ j
- V_e = เมทริกซ์เฉื่อยของ Effective Variances

6. สูตรการคำนวณหาตัวชี้วัดที่ใช้อธิบายแบบจำลองคุณภาพมวลเคมี

$$\text{Reduced chi-square, } \chi^2 = \frac{1}{n - m} \sum_{i=1}^n \left[\frac{\left(c_i - \sum_{j=1}^m (a_{ij} s_j) \right)^2}{v_{e_{ii}}} \right]$$

$$\text{Percent mass} = \left(\frac{\sum_{j=1}^m s_j}{c_t} \right) \times 100 \quad , \quad c_t = \text{มวลที่วัดได้ทั้งหมด}$$

$$\text{R square, } R^2 = 1 - \left[\frac{(n - m) \chi^2}{\sum_{i=1}^n \frac{c_i^2}{v_{e_{ii}}}} \right]$$

$$\text{Modified pseudo-inverse matrix} = \left(A^T (V_e)^{-1} A \right)^{-1} A^T (V_e)^{-1/2}$$

สมมุติฐานของแบบจำลองคุณภาพมวลเคมี(Watson, et.al., 1989)

1. ค่าความเข้มข้นองค์ประกอบทางเคมีจากแหล่งกำเนิดจะต้องมีค่าคงที่ตลอดระยะเวลาการเก็บตัวอย่างที่แหล่งกำเนิดและในบรรยากาศ
2. องค์ประกอบทางเคมีที่ปล่อยออกมาจากแหล่งกำเนิดต้องไม่ทำปฏิกิริยาซึ่งกันและกัน
3. แหล่งกำเนิดที่มีความสำคัญต่อแหล่งรับทุกแหล่งจะต้องนำมาพิจารณา และแต่ละแหล่งกำเนิดจะมีองค์ประกอบทางเคมีที่มีลักษณะเด่น
4. องค์ประกอบทางเคมีของแหล่งกำเนิดนั้นๆจะเป็นอิสระต่อกัน
5. จำนวนของแหล่งกำเนิดที่นำมาวิเคราะห์จะต้องน้อยกว่าหรือเท่ากับจำนวนขององค์ประกอบทางเคมี
6. ค่าความไม่แน่นอนของการตรวจวัดเป็นในลักษณะสุ่ม ไม่มีสหสัมพันธ์ และมีการแจกแจงแบบปกติ

2.5 ผลลัพธ์ของการประมาณสัดส่วนการกระจายของแหล่งกำเนิดและดรชนีที่ใช้อธิบายแบบจำลองดุลยภาพมวลเคมี(Source Contribution Estimate, SCE and CMB Performance Measures)

ดรชนีที่ใช้อธิบายแบบจำลองดุลยภาพมวลเคมีจะใช้ในการประเมินความมีเหตุมีผล (Validity) ของผลลัพธ์การประมาณสัดส่วนการกระจายของแหล่งกำเนิด ผลลัพธ์และดรชนีที่ใช้ อธิบายแบบจำลองดุลยภาพมวลเคมีมีดังนี้(Watson, J. G., et al,1989) คือ

2.5.1 สัดส่วนการกระจายของแหล่งกำเนิด(Source Contribution Estimate, SCE) เป็นผลลัพธ์หลักที่จะได้จากแบบจำลองดุลยภาพมวลเคมี ค่านี้ควรจะมีค่ามากกว่าศูนย์แต่ไม่เกิน ความเข้มข้นฝุ่นละออง แต่ว่าการคำนวณของแบบจำลองดุลยภาพมวลเคมีบางครั้งจะมีการ ประมาณสัดส่วนการกระจายของแหล่งกำเนิดแต่ละชนิดที่เป็นลบ(Negative SCE) ซึ่งไม่มีความหมายในทางปฏิบัติ และสามารถที่จะเกิดขึ้นได้เนื่องจากสัดส่วนองค์ประกอบทางเคมีของ แหล่งกำเนิดแต่ละแหล่งมีความคล้ายคลึงกันหรือเมื่อการกระจายของแหล่งกำเนิดมีค่าเข้าใกล้ ศูนย์

2.5.2 ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน(Standard Error) เป็นค่าที่แสดงถึงความแม่นยำ ของสัดส่วนการกระจายของแหล่งกำเนิด สัดส่วนองค์ประกอบทางเคมีของแหล่งกำเนิด และความ คล้ายคลึงกัน(Collinearity) ระหว่างความเข้มข้นองค์ประกอบทางเคมีของแต่ละแหล่งกำเนิด (Profiles) ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานเป็นฟังก์ชันของค่าความไม่แน่นอนของข้อมูลที่ป้อนเข้าไป และความคล้ายคลึงกันของสัดส่วนองค์ประกอบทางเคมีของแหล่งกำเนิด ค่าความคลาดเคลื่อน มาตรฐานควรที่จะมีค่าน้อยกว่าค่าสัดส่วนการกระจายของแหล่งกำเนิด

2.5.3 T-Statistic(TSTAT) เป็นอัตราส่วนระหว่างสัดส่วนการกระจายของแหล่งกำเนิด กับ ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน ค่า TSTAT ที่มีค่าสูงกว่า 2.0 แสดงให้เห็นว่าความแม่นยำของ การทำนายสัดส่วนการกระจายของแหล่งกำเนิดนั้นดีมาก แต่ถ้าค่า TSTAT มีค่าน้อยกว่า 2.0 หมายความว่า การกระจายของแหล่งกำเนิดจะไม่แสดงถึงระดับที่จะเกิน 2 เท่าของค่าความ คลาดเคลื่อนมาตรฐาน สำหรับค่า TSTAT ที่ต่ำจะเป็นผลให้สัดส่วนการกระจายของแหล่งกำเนิดที่ คำนวณได้มาจากแหล่งกำเนิดที่มีองค์ประกอบทางเคมีคล้ายคลึงกัน

2.5.4 Chi-Square และ R-Square

Chi-Square เป็นค่าที่ชี้ให้เห็นว่าผลบวกกำลังสองของค่าแตกต่างระหว่างค่าความเข้มข้นขององค์ประกอบทางเคมีที่ได้จากการคำนวณและได้จากการตรวจวัด การชี้แจงนี้ นักจะแปรผกผันกับกำลังสองของค่าความไม่แน่นอนของสัดส่วนองค์ประกอบทางเคมีของแหล่งกำเนิด และแหล่งรับสำหรับองค์ประกอบทางเคมีแต่ละตัว ในทางอุดมคติแล้วค่าที่ได้จากการคำนวณและได้จากการตรวจวัดควรที่จะไม่มีความแตกต่างกันและ Chi-Square จะต้องมีความเท่ากับศูนย์ ถ้าค่า 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 จะมีค่าตั้งแต่ศูนย์ถึงหนึ่ง ค่า R-Square ที่ดีที่สุดคือ 1.0 คือยิ่งค่า R-Square เข้าใกล้ 1.0 มากเท่าใด การประมาณสัดส่วนการกระจายของแหล่งกำเนิดจากแบบจำลองดุลยภาพมวลเคมีก็จะสามารถอธิบายการกระจายของแหล่งกำเนิดมาที่แหล่งรับในสภาพแวดล้อมจริงได้ดีเท่านั้น ถ้าค่า R-Square น้อยกว่า 0.8 จะถือว่าการประมาณสัดส่วนการกระจายของแหล่งกำเนิดไม่สามารถที่จะอธิบายข้อมูลได้ดีนักกับสัดส่วนองค์ประกอบทางเคมีของแหล่งกำเนิดที่นำมาใช้ จึงมีความจำเป็นต้องเปลี่ยนสัดส่วนองค์ประกอบทางเคมีของแหล่งกำเนิดนั้นๆ หรือเพิ่มสัดส่วนองค์ประกอบทางเคมีของแหล่งกำเนิดที่ยังขาดอยู่

ค่า Chi-Square และ R-Square ทั้งสองนี้มีค่าไม่ถึงเป้าหมายที่ต้องการนั้นอาจจะเนื่องมาจากสาเหตุต่อไปนี้

- แหล่งกำเนิดที่นำมาใช้ในการคำนวณในแบบจำลองดุลยภาพมวลเคมีนั้นไม่พอ
- สัดส่วนองค์ประกอบทางเคมีของแหล่งกำเนิดที่นำมาใช้นั้น ไม่ได้เป็นตัวแทนที่แท้จริงของแหล่งกำเนิดที่มีอยู่ในบริเวณนั้น
- ความแม่นยำของข้อมูลที่ตรวจวัดได้จากแหล่งรับและแหล่งกำเนิดมีค่าต่ำเกินไป
- ข้อมูลที่ได้จากแหล่งกำเนิดและแหล่งรับมีค่าไม่ถูกต้อง

2.5.5 Percent Mass เป็นอัตราส่วนเปอร์เซ็นต์ของผลบวกของค่าความเข้มข้นฝุ่นละอองจากแหล่งกำเนิดต่างๆกับค่าความเข้มข้นของมวลทั้งหมดที่ตรวจวัดได้จริง ค่านี้ควรที่จะเท่ากับ 100 เปอร์เซ็นต์ แม้ว่าเปอร์เซ็นต์มวล(Percent mass) จะมีค่าอยู่ระหว่าง 80 – 120 เปอร์เซ็นต์ก็ถือว่ายอมรับได้

2.5.6 Uncertainty/Similarity Cluster ในส่วนนี้จะแสดงถึงผลของการวิเคราะห์เมื่อแหล่งกำเนิดมีความคล้ายคลึงกันในด้านขององค์ประกอบทางเคมี หมายความว่าถ้ามีรหัสของแหล่งกำเนิด(รหัสนี้จะแทนแหล่งกำเนิดแต่ละแหล่งในโปรแกรมคุณภาพมวลเคมีรุ่นที่ 7)แสดงอยู่ในส่วนนี้ จะทำให้การทำนายผลของแบบจำลองคุณภาพมวลเคมีนั้นค่อนข้างที่จะเบี่ยงเบนออกจากความเป็นจริง ซึ่งส่วนใหญ่เหตุการณ์เหล่านี้จะเกิดขึ้นกับแหล่งกำเนิดที่มีองค์ประกอบทางเคมีค่อนข้างใกล้เคียงกัน เช่นฝุ่นละอองจากดิน การเผาไหม้ของชีวมวลและไอเสียจากยานพาหนะ เป็นต้น เหตุผลอีกข้อหนึ่งที่มีรหัสของแหล่งกำเนิดปรากฏในส่วนนี้ก็คือ ค่าความไม่แน่นอนของการตรวจวัดหรือค่าความไม่แน่นอนของความเข้มข้นขององค์ประกอบทางเคมีจากแหล่งกำเนิดนั้นสูงมาก

2.5.7 Ratio R/U เป็นอัตราส่วนระหว่างความแตกต่างระหว่างค่าความเข้มข้นขององค์ประกอบทางเคมีที่คำนวณได้และตรวจวัดได้กับค่าความไม่แน่นอนขององค์ประกอบทางเคมีชนิดนั้น ถ้าอัตราส่วนนี้มีค่าเกิน 2.0 แสดงว่าในการคำนวณของโปรแกรมแบบจำลองคุณภาพมวลเคมีจะเน้นไปที่องค์ประกอบทางเคมีนั้นมากเกินไป แต่ถ้าอัตราส่วนนี้ต่ำกว่า -2.0 แสดงว่าสมการการกระจายแหล่งกำเนิดไปสู่องค์ประกอบทางเคมีชนิดนี้มีน้อยเกินไปหรือไม่ก็อาจจะขาดแหล่งกำเนิดที่สำคัญไป

2.5.8 Ratio C/M เป็นอัตราส่วนระหว่างค่าความเข้มข้นขององค์ประกอบทางเคมีที่คำนวณได้กับค่าความเข้มข้นที่ตรวจวัดได้จริงในบรรยากาศ พร้อมกับการคำนวณค่า Standard Error ด้วย ค่าอัตราส่วนนี้ควรจะมีค่าเท่ากับ 1.00 ถ้าแบบจำลองนี้คำนวณความถูกต้องได้ดีที่จะอธิบายความเข้มข้นที่ตรวจวัดได้

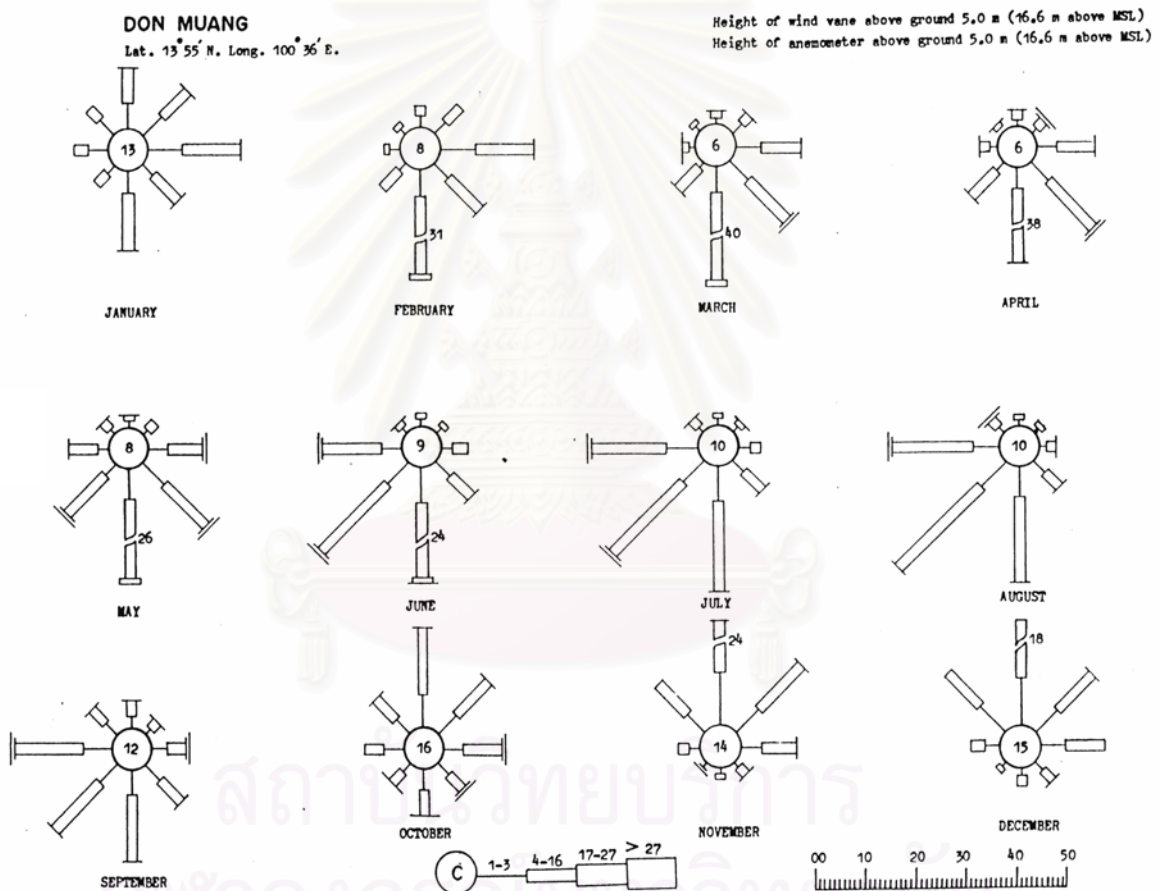
2.6 ลักษณะภูมิประเทศและอุตุนิยมวิทยา (Geography and Meteorology)

กรุงเทพมหานครตั้งอยู่บนที่ราบภาคกลางของประเทศไทย บนลุ่มแม่น้ำเจ้าพระยาซึ่งเป็นแม่น้ำสายหลักของภาคกลาง จุดศูนย์กลางของตัวเมืองอยู่ห่างจากปากแม่น้ำเจ้าพระยามาทางทิศเหนือประมาณ 20 กิโลเมตร พื้นที่โดยรอบเป็นที่ราบและสูงจากระดับน้ำทะเลปานกลางประมาณ 0.5-1.5 เมตร ลักษณะภูมิอากาศของภาคกลางรวมทั้งกรุงเทพมหานครจะมีมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ในช่วงเดือนมีนาคมถึงเดือนตุลาคมจะเป็นฤดูร้อนใน 3 เดือนแรก และฤดูฝนใน 5 เดือนท้าย และมีมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือในช่วงเดือนพฤศจิกายนถึงกุมภาพันธ์(ฤดูหนาว) ซึ่งจะมีอากาศแห้งและมีอุณหภูมิต่ำ

ทิศทางลมประจำถิ่นคือทิศตะวันออกเฉียงเหนือและทิศตะวันตกเฉียงใต้ ลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้และลมทะเลจากอ่าวไทยทำให้มีการระบายอากาศที่ดีในกรุงเทพมหานครในช่วงฤดูร้อน และในช่วงฤดูฝน ฝนตกฟ้าคะนองจะทำให้เกิดการผสมกันระหว่างชั้นบรรยากาศบนกับ

ล่าง ช่วยให้เกิดการกระจายของมลพิษได้ดีขึ้น ในช่วงฤดูหนาว ลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือจะมี
 บทบาทมากในช่วงเช้า ช่วงบ่ายลมทะเลจากทิศใต้จะมีบทบาทมากกว่า ผลจากการเปลี่ยนทิศทาง
 ลมในช่วงฤดูหนาวทำให้เกิดช่วงเวลาลมสงบซึ่งทำให้เกิดการสะสมมลพิษในบรรยากาศเพิ่มสูงขึ้น

ข้อมูลทางอุตุนิยมวิทยาสำหรับกรุงเทพมหานครส่วนใหญ่จะได้ข้อมูลจากสนามบินดอน
 เมือง เนื่องจากว่ากรุงเทพมีลักษณะภูมิประเทศค่อนข้างราบ ดังนั้นข้อมูลอุตุนิยมวิทยาของ
 สนามบินดอนเมืองเป็นข้อมูลที่น่าเชื่อถือและสามารถเป็นตัวแทนของสภาพอากาศของ
 กรุงเทพมหานครได้ ข้อมูลลม 30 ปี ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2494-2523 แสดงดังรูปที่ 2.1 และข้อมูลทาง
 อุตุนิยมวิทยาที่สนามบินดอนเมืองระหว่างปี พ.ศ. 2504 – 2533 แสดงดังตารางที่ 2.2



รูปที่ 2.1 แผนภูมิลมเฉลี่ยตั้งแต่ ปี พ.ศ. 2494-2523 ที่สนามบินดอนเมือง

จากตารางข้อมูลทางอุตุนิยมวิทยา จะเห็นว่าทัศนวิสัย(Visibility)ลดลงและจำนวนวันที่เกิดหมอกเพิ่มขึ้นในช่วงฤดูหนาว(ส่วนใหญ่แล้วจะเกิดขึ้นในช่วงเดือนมกราคมถึงมีนาคม) ซึ่งเหตุการณ์นี้จะทำให้ค่าความเข้มข้นฝุ่นละอองมีค่าสูงตามไปด้วย เนื่องด้วยความเร็วลมในฤดูหนาวมีค่าต่ำที่สุดในช่วงปี ดังนั้นหมอกจึงไม่ได้เกิดมาจากการพัดฝุ่นของลมเพียงอย่างเดียว แต่ว่าการที่หมอกเพิ่มขึ้น ทัศนวิสัยลดลง และระดับความเข้มข้นฝุ่นละอองที่สูงขึ้น เป็นเหตุการณ์ที่สามารถใช้อธิบายในแง่ที่ว่าเกิดจากการกระจายมลพิษได้น้อยลงและการเพิ่มขึ้นของฝุ่นจากการจราจรและควันในช่วงฤดูหนาวด้วย

2.7 มาตรฐานคุณภาพอากาศในบรรยากาศทั่วไปของประเทศไทย

มาตรฐานคุณภาพอากาศในบรรยากาศทั่วไปเป็นเป้าหมายระดับคุณภาพอากาศที่ต้องการ ซึ่งแสดงอยู่ในรูปของความเข้มข้นเฉลี่ยของสารมลพิษแต่ละชนิดที่ยอมให้มีได้ในบรรยากาศในช่วงระยะเวลาที่กำหนดไว้ กำหนดโดยใช้ข้อมูลและผลการศึกษาวิจัยทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งบ่งบอกถึงผลเสียหายและอันตรายของมลพิษแต่ละชนิด หากสัมผัสกับสารมลพิษนั้นๆ ที่ระดับความเข้มข้นและระยะเวลาสัมผัสต่างๆ กัน เป็นพื้นฐานหลัก และอาจใช้ปัจจัยอื่นๆ ประกอบเข้าด้วย เช่น ปัจจัยทางเทคโนโลยี และปัจจัยทางเศรษฐกิจ เป็นต้น ดังนั้น มาตรฐานคุณภาพอากาศในบรรยากาศจะต้องได้รับการทบทวนและปรับปรุงให้เหมาะสมกับสถานการณ์เป็นระยะ ๆ ตามประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 10 (พ.ศ. 2538) และ ฉบับที่ 12 (พ.ศ. 2538) ได้กำหนดมาตรฐานคุณภาพอากาศในบรรยากาศทั่วไปเป็นดังตารางที่ 2.3

2.8 การศึกษาแบบจำลองคุณภาพมลเคมีที่ผ่านมา

Glover D. M., et al. (1991) ทำการศึกษาแหล่งที่มาของฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน ที่เมืองกรานิต อิลลินอยส์ การวิเคราะห์แบ่งเป็น 2 ลักษณะ คือการใช้สัดส่วนองค์ประกอบทางเคมีของแหล่งกำเนิดที่มีตามหนังสือทางวิชาการและการสร้างสัดส่วนองค์ประกอบทางเคมีของแหล่งกำเนิดในท้องถิ่นนั้นขึ้นมาเอง 12 แหล่ง พบว่าแหล่งกำเนิดในท้องถิ่นเป็นแหล่งกำเนิดที่สำคัญของฝุ่นละอองขนาดเล็กในระหว่างที่ฝุ่นละอองขนาดใหญ่จะประกอบไปด้วยฝุ่นละอองจากอุตสาหกรรมในท้องถิ่น แม้ว่าแหล่งกำเนิดที่นำมาใช้ในแบบจำลองคุณภาพมลเคมีนี้ได้มีการนำมาใช้ในการวิจัยทางด้านอากาศของท้องถิ่นนี้มาก่อนแล้ว แต่อย่างไรก็ตามฝุ่นละอองที่ออกมาจากแหล่งกำเนิดเหล่านี้ก็จะมีเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบทางเคมีตลอดเวลา ดังนั้นการใช้สัดส่วนองค์ประกอบทางเคมีของแหล่งกำเนิดที่ทำขึ้นมาจากแหล่งกำเนิดในท้องถิ่นจะทำให้ผล

ตารางที่ 2.3 มาตรฐานคุณภาพอากาศในบรรยากาศทั่วไปของประเทศไทย 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
ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (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

** : ค่าเฉลี่ยเรขาคณิต(Geometric mean)

/a : ค่ามาตรฐาน 1 ชั่วโมง - 1.3 mg/m³ สำหรับพื้นที่แม่เมาะ
- 0.78 mg/m³ สำหรับพื้นที่อื่นๆ

ของแบบจำลองคุณภาพมวลเคมีที่ตีขึ้น

Radian International, LLC (1998) ได้จัดทำกลยุทธ์ในการแก้ไขปัญหาฝุ่นละอองในกรุงเทพมหานคร โดยการใช้แบบจำลองคุณภาพมวลเคมีในการระบุแหล่งที่มาของฝุ่นละอองที่สถานีตรวจวัดทั้ง 4 แห่ง คือ บ้านสมเด็จ แยกประตูน้ำ วงเวียนโอเดียน และโรงไฟฟ้าพระนครใต้ โดยกำหนดช่วงเวลาการเก็บตัวอย่าง 2 ช่วง คือ พฤศจิกายน 2538 และมกราคม 2539 เดือนละ 2 สัปดาห์ นอกจากการเก็บตัวอย่างจากบรรยากาศแล้วยังมีการเก็บตัวอย่างจากแหล่งกำเนิดไปพร้อมกัน ได้แก่ โรงหลอมเหล็ก, พื้นที่ก่อสร้าง, ฝุ่นบนถนน, ยานพาหนะและโรงไฟฟ้า ส่วนค่าของฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน ได้จากการวัดการกระจายฝุ่นซึ่งทำการวัดพร้อมกันกับการวัดฝุ่นละอองรวมและได้จัดทำสมมุติฐานของแหล่งที่มาของฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอนสำหรับแหล่งปล่อยแต่ละชนิดเพื่อใช้ในแบบจำลองนี้ของกรุงเทพมหานคร

ผลจากแบบจำลองประมาณ 70 % ของมวลฝุ่นละอองรวมอธิบายได้โดย default set of profiles ที่จุดวัดทุกจุดยกเว้นที่ประตูน้ำ ซึ่งอธิบายแหล่งที่มาของฝุ่นละอองได้เพียงครั้ง หากระบุที่มาของฝุ่นละอองได้เพียงส่วนน้อย แสดงว่าการวิเคราะห์ไม่ได้คำนึงถึงแหล่งกำเนิดที่สำคัญอย่างน้อย 1 แหล่ง อย่างไรก็ตามในการวิเคราะห์แหล่งที่มาสามารถอธิบายที่มาของคาร์บอนแอมโมเนียม ไนเตรท ซัลเฟต และคลอไรด์ได้ทั้งหมด ดังนั้นฝุ่นละอองที่ไม่สามารถอธิบายได้ควรจะมาจกแหล่งกำเนิดทางธรณีซึ่งเกิดจากการสูญเสียดังกล่าวจากกระดาะกรองระหว่างการขนส่ง

ผลของแบบจำลองคุณภาพมวลเคมีของฝุ่นละอองรวมจะได้แหล่งกำเนิดที่สำคัญที่สุดของทุกจุดเก็บตัวอย่างคือ ฝุ่นจากถนนและจากรถจักรยานยนต์ และผลการคาดคะเนแหล่งที่มาของฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน คือไอเสียจกยานยนต์เป็นแหล่งกำเนิดที่สำคัญที่สุด

Garivait, H. (1999) จัดทำการประมาณสัดส่วนแหล่งกำเนิดของ Polycyclic Aromatic Hydrocarbon(PAHs) ในพื้นที่กรุงเทพมหานครโดยใช้ Factor Analysis-Multiple Regression(FA-MR) Model จากการศึกษาวิจัยพบว่าสัดส่วนของฝุ่นละอองจากดินและฝุ่นจากการฟุ้งกระจายอีกครั้ง มีสัดส่วนที่มากที่สุด คือ 51% ไอเสียจกยานพาหนะ 18 % ส่วนสัดส่วนของไอเสียจกการเผาไหม้ขยะและชีวมวล ไอเสียจกอุตสาหกรรม ละอองไอกจากทะเล และมลพิษทุติยภูมิ จะมีสัดส่วนที่ค่อนข้างต่ำประมาณ 6-11 เปอร์เซ็นต์ และมีมวลที่ไม่สามารถจะอธิบายได้ 10 % และ PAHs จะเป็นองค์ประกอบทางเคมีที่จะออกมาจกยานพาหนะเป็นส่วนใหญ่

ความสัมพันธ์ระหว่างแหล่งกำเนิดกับทิศทางของลมที่แสดงได้คือ ฝุ่นจากดินและฝุ่นจากการฟุ้งกระจายอีกครั้ง และไอเสียจกยานพาหนะซึ่งเกิดขึ้นมาจากการก่อสร้างและการจราจรตามลำดับ จะมีสัดส่วนที่สูงในทุกทิศทางลม เนื่องจากแหล่งกำเนิดเหล่านี้้อยู่ภายในใจกลางกรุงเทพมหานคร ส่วนฝุ่นละอองจกอุตสาหกรรมจะมากับลมในทิศตะวันออกเฉียงใต้ และฝุ่นละอองจกพื้นที่ชุมชนและเกษตรกรรมส่วนใหญ่จะมากับลมในทิศตะวันตก

Motallebi, N. (1999) ได้จัดทำแบบจำลองคุณภาพมวลเคมีของฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 2.5 ไมครอน และฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน ในช่วงฤดูหนาว(พฤศจิกายนถึงมกราคม) ปี 1991-1996 บริเวณหนึ่งในเมืองสคราเมนโต แคลิฟอร์เนีย โดยจะเก็บข้อมูลทางอนุกรมวิธานไปพร้อมๆกันและนำตัวอย่างฝุ่นละอองที่เก็บได้ไปทำการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีด้วยเครื่อง X-Ray Fluorescence (XRF) โดยกำหนดชนิดของแหล่งกำเนิดที่สำคัญอยู่ 6 แหล่งคือ ฝุ่นละอองจากการฟุ้งกระจาย คาร์บอนจากการเผาไหม้ ยานพาหนะ แอมโมเนียมไนเตรต แอมโมเนียมซัลเฟต และไอน้ำมันดิบ

ผลจากการจำแนกสัดส่วนแหล่งกำเนิดชี้ให้เห็นว่าไอเสียจากรถยนต์และควันจากการเผาไม้เป็นแหล่งกำเนิดที่สำคัญของทั้ง PM-2.5 และ PM-10 ในฤดูหนาว ในตรงที่มาจากยานพาหนะ และแหล่งกำเนิดไนโตรเจนออกไซด์ อื่นๆ เป็นสาเหตุที่สำคัญของระดับความเข้มข้นที่สูงของ PM-2.5 และ PM-10 และสุดท้ายคือ ฝุ่นละอองจากแหล่งกำเนิดทั่วไป(Fugitive Dust)ไม่ว่าจะเป็นการฟุ้งกระจายขึ้นมาอีกครั้งของดินหรือจากการไถนาก็ตาม จะไม่เป็นส่วนสำคัญของค่าความเข้มข้นสูงสุดของระดับ PM-2.5 และ PM-10 ในพื้นที่เมืองสคราเมนโต

Park, S. S., Bae, M. S., and Kim, Y. J. (2001) งานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาถึงลักษณะทางเคมีของฝุ่นละอองที่มีขนาดเล็กกว่า 2.5 ไมครอน ของพื้นที่โซว้า เกาหลี ในช่วงเดือนกุมภาพันธ์ 1998 ถึงกุมภาพันธ์ 1999 การวิเคราะห์หาองค์ประกอบทางเคมีของตัวอย่างฝุ่นละอองจะใช้ ICP-AES, IC และ Thermal Manganese Dioxide Oxidation Method, TMO ซึ่งใช้หาธาตุไอออนที่ละลายน้ำได้ และคาร์บอน ตามลำดับและจากนั้นก็จะนำข้อมูลที่ได้มาทำการวิเคราะห์โดยแบบจำลอง CMB, Factor Analysis และ Backward Trajectory

ผลที่ได้คือ แอมโมเนียมซัลเฟตจะเป็นแหล่งกำเนิดที่สำคัญที่สุดของฝุ่นละอองที่มีขนาดเล็กกว่า 2.5 ไมครอน และที่รองลงมาคือ คาร์บอนอินทรีย์ที่ไม่ได้มาจากการจราจร, แอมโมเนียมไนเตรด การเผาไหม้ของการเกษตรกรรม ละอองไอลจากทะเล และอื่นๆ ไอเสียที่เกิดมาจากเตาเผาของเสียจะกลายมาเป็นแหล่งกำเนิดที่สำคัญในช่วงที่ลมมีทิศมาจากตะวันตกเฉียงใต้และใต้ ทำให้ทราบว่าขนาดฝุ่นละอองที่เล็กกว่า 2.5 ไมครอนนั้นจะมีผลมาจากทั้งแหล่งกำเนิดที่มนุษย์สร้างขึ้นที่เป็นแหล่งกำเนิดท้องถิ่น และการขนส่งและการแปรเปลี่ยนในระยะเวลาไกลของมลพิษ

Kavouras I.G. et al. (2001) การศึกษานี้ได้ดำเนินการที่เมืองไชล์(Chile) ทวีปอเมริกาใต้ (South America) ซึ่งเป็นเมืองที่มีการเติบโตทางด้านอุตสาหกรรมเป็นอย่างมาก การตรวจวัดได้ทำการหามวลและความเข้มข้นขององค์ประกอบทางเคมีของฝุ่นละอองที่มีขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอนและเล็กกว่า 2.5 ไมครอน ในปี 1998 ของพื้นที่สำคัญ 5 จุด คือ ทิศเหนือ 1 จุด กลาง 3 จุด และใต้ 1 เมืองของเมืองไชล์ การหาสัดส่วนแหล่งกำเนิดจะใช้ Factor Analysis เป็นวิธีวิเคราะห์ ทั้งแหล่งกำเนิดธรรมชาติและสิ่งที่มนุษย์สร้างขึ้น จะใช้เป็นแหล่งกำเนิดในแบบจำลองนี้

ผลลัพธ์ที่ได้คือฝุ่นจากดิน และละอองไอลจากทะเลจะเป็นแหล่งกำเนิดที่สำคัญของฝุ่นละอองขนาด 2.5 ถึง 10 การปล่อยไอเสียจากโรงหลอมทองแดงและโรงงานน้ำมันจะเป็นแหล่งกำเนิดที่สำคัญต่อฝุ่นละอองที่มีขนาดเล็กกว่า 2.5 ไมครอน และสุดท้าย ไอเสียจากรถยนต์และการเผาไหม้ของไม้(Wood Combustion) เป็นแหล่งที่มีความสำคัญทั้งฝุ่นละอองที่มีขนาดเล็กกว่า 2.5 ไมครอนและ 10 ไมครอน ทั้ง 5 จุด

Chen, K. S., Lin, C. F., and Chou, Y. M. (2001) การศึกษานี้ได้ทำการเก็บตัวอย่างฝุ่นละอองที่มีขนาดเล็กกว่า 2.5 ไมครอน ที่จุดเก็บตัวอย่าง 3 แห่ง ในเคหะเชียง ได้หวน ระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ถึงมีนาคม 1999 มากไปกว่านั้นก็ทำการเก็บตัวอย่างฝุ่นละอองที่มีขนาดเล็กกว่า 2.5 ไมครอน ที่มาจากอุโมงค์รถยนต์ ถนน ซี่งี้ถ้ำล่อยที่มาจากกาการเผาของขยะชุมชน และละอองไอจากทะเล ซึ่งนำมาใช้เป็นแหล่งกำเนิดในแบบจำลองคุณภาพมลเคมีพร้อมกับแหล่งกำเนิดจาก SPECIATE EPA องค์ประกอบทางเคมีที่ทำการวิเคราะห์ได้แก่ ไอออนที่ละลายน้ำได้ คาร์บอน และโลหะ เพื่อนำไปใช้ในแบบจำลองเพื่อหาสัดส่วนการกระจายของแหล่งกำเนิด

ผลที่ได้คือ ค่าความเข้มข้นของฝุ่นละอองที่มีขนาดเล็กกว่า 2.5 ไมครอน ในบรรยากาศมีค่าเท่ากับ 43-54 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร สำหรับช่วงทำการเก็บตัวอย่าง และผลที่ได้จากแบบจำลองคือแหล่งกำเนิดที่มีความสำคัญมากที่สุดคือไอเสียจากการจราจร 18-54 % ละอองไอทุติยภูมิ 30-41 % (มาจากซัลเฟตและไนเตรต) และการเผาไหม้ของของเสียทางเกษตรกรรมในพื้นที่โล่ง 13-17 %

อภา หวังเกียรติและคณะ (2544) ได้จัดทำแบบจำลองคุณภาพมลเคมีของฝุ่นละอองรวมโดยเก็บตัวอย่างทั้งหมด 42 ตัวอย่างระหว่างธันวาคม พ.ศ. 2539 ถึง มกราคม พ.ศ. 2540 ที่สำนักงานโยธาและแผนสิ่งแวดล้อมในกรุงเทพมหานคร และได้ทำการวิเคราะห์หาธาตุ 14 ชนิด และคาร์บอน 2 ชนิด การวิเคราะห์ผลจะใช้โปรแกรมแบบจำลองคุณภาพมลเคมีรุ่นที่ 8 (CMB8) ทำการวิเคราะห์แหล่งกำเนิด 7 แห่งและค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของข้อมูลฝุ่นละอองในบรรยากาศและพร้อมทั้งทำ Factor Analysis- Multiple Regression (FA-MR) ในการเปรียบเทียบ

จากการศึกษาพบว่า แหล่งกำเนิดที่สำคัญในกรุงเทพมหานครคือ ดิน ฝุ่นจากถนนและยานพาหนะรวมกัน(80%) รองลงมาคือเกลือทะเล(4.22%) เตาเผาขยะและการเผาชีวมวล (0.82 %) โรงหลอมเหล็ก(0.60%) และการเผาไหม้ของน้ำมันเชื้อเพลิง(0.33%) การวิเคราะห์โดยใช้วิธี FA-MR แสดงสัดส่วนแหล่งกำเนิดที่สำคัญในกรุงเทพมหานครคือ ฝุ่นจากดินและถนน 54.25% ไอเสียจากยานพาหนะ 19.15% ละอองไอจากทะเลกับไอเสียจากอุตสาหกรรม 4.25% ไอเสียจากการเผาขยะและชีวมวล 11.70% เมื่อเปรียบเทียบการจำแนกสัดส่วนแหล่งกำเนิดของทั้งสองวิธีจะเห็นว่า สัดส่วนไอเสียการเผาไหม้ขยะและชีวมวลแตกต่างกันมากแสดงถึงการขาดแคลนสัดส่วนแหล่งกำเนิดที่ดีทำให้ค่าการเผาไหม้ของชีวมวลในกรุงเทพมหานครน้อยกว่าที่น่าจะเป็นไปได้เมื่อเปรียบเทียบกับการวิเคราะห์โดยใช้ FA-MR เพราะฉะนั้นจึงจำเป็นต้องมีการปรับปรุงการคำนวณแบบจำลองคุณภาพมลเคมีของการกระจายแหล่งกำเนิดของกรุงเทพมหานคร

บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 สถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศ

ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ จะทำการเก็บตัวอย่างฝุ่นละอองรวมโดยใช้เครื่องเก็บตัวอย่างฝุ่นละอองรวมชนิดปริมาตรสูงในระดับความสูงประมาณ 3-4 เมตร จากระดับพื้นดิน ณ สถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศของกรมควบคุมมลพิษ กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม 4 สถานี โดยที่ตั้งของทั้ง 4 สถานีนี้ จะอยู่ในเขตที่มีลักษณะการจราจร อุตสาหกรรมและลักษณะชุมชนที่แตกต่างกันไป ข้อมูลโดยสรุปของสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศทั้ง 4 สถานี แสดงดังตารางที่ 3.1 และรูปของสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศแต่ละสถานีแสดงดังรูปที่ 3.1 ถึง 3.4

ตารางที่ 3.1 ข้อมูลสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศ

สถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศ	เขตพื้นที่	ข้อมูล
1. เคหะชุมชนดินแดง (ดินแดง)	พาณิชยกรรม และการจราจรคับคั่ง	ตั้งอยู่บนถนนดินแดงในพื้นที่เคหะชุมชนดินแดงซึ่งเป็นสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศริมถนน ห่างจากขอบถนนดินแดงประมาณ 3-4 เมตร ข้อมูลอุตุนิยมวิทยาที่มีการวัดอยู่ที่สถานีคือ ความเร็วลม ทิศทางลม ความชื้นสัมพัทธ์ ความกดอากาศ ฝน การแผ่รังสีและอุณหภูมิ
2. สถาบันราชภัฏจันทรเกษม (จันทรเกษม)	ชุมชนเมืองทาง ทิศเหนือ	ตั้งอยู่ในสถาบันราชภัฏจันทรเกษม เขตจตุจักรบนถนนรัชดาภิเษก โดยมีระยะห่างจากถนนรัชดาภิเษกประมาณ 100 เมตร ข้อมูลอุตุนิยมวิทยาที่มีการวัดอยู่ที่สถานีคือ ความเร็วลม ทิศทางลม ความกดอากาศ ความชื้นสัมพัทธ์ ฝน และอุณหภูมิ

ตารางที่ 3.1(ต่อ) ข้อมูลสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศ

สถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศ	เขตพื้นที่	ข้อมูล
3. สถาบันราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา (บ้านสมเด็จ)	ชุมชนเมืองทางทิศใต้	ตั้งอยู่ในบริเวณสถาบันราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา เขตบางกอกใหญ่ บนถนนอิสรภาพ ซึ่งมีระยะห่างจากถนนอิสรภาพประมาณ 150 เมตร ข้อมูลอุตุนิยมวิทยาที่มีการวัดอยู่ที่สถานีนี้คือความเร็วลม ทิศทางลม ความกดอากาศ ความชื้นสัมพัทธ์ ฝน และอุณหภูมิ
4. ที่ทำการไปรษณีย์โทรเลข ราชบุรีบูรณะ (ราชบุรีบูรณะ)	อุตสาหกรรม	ตั้งอยู่ในบริเวณที่ทำการไปรษณีย์โทรเลขเขตราชบุรีบูรณะ บนถนนประชาอุทิศ ซึ่งสถานีนี้ห่างจากถนนประชาอุทิศประมาณ 50 เมตร ข้อมูลอุตุนิยมวิทยาที่มีการวัดอยู่ที่สถานีนี้คือ ความเร็วลม ทิศทางลม ความกดอากาศ ฝน ความชื้นสัมพัทธ์ และอุณหภูมิ



รูปที่ 3.1 สถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศเคหะชุมชนดินแดง



รูปที่ 3.2 สถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศสถาบันราชภัฏจันทรเกษม

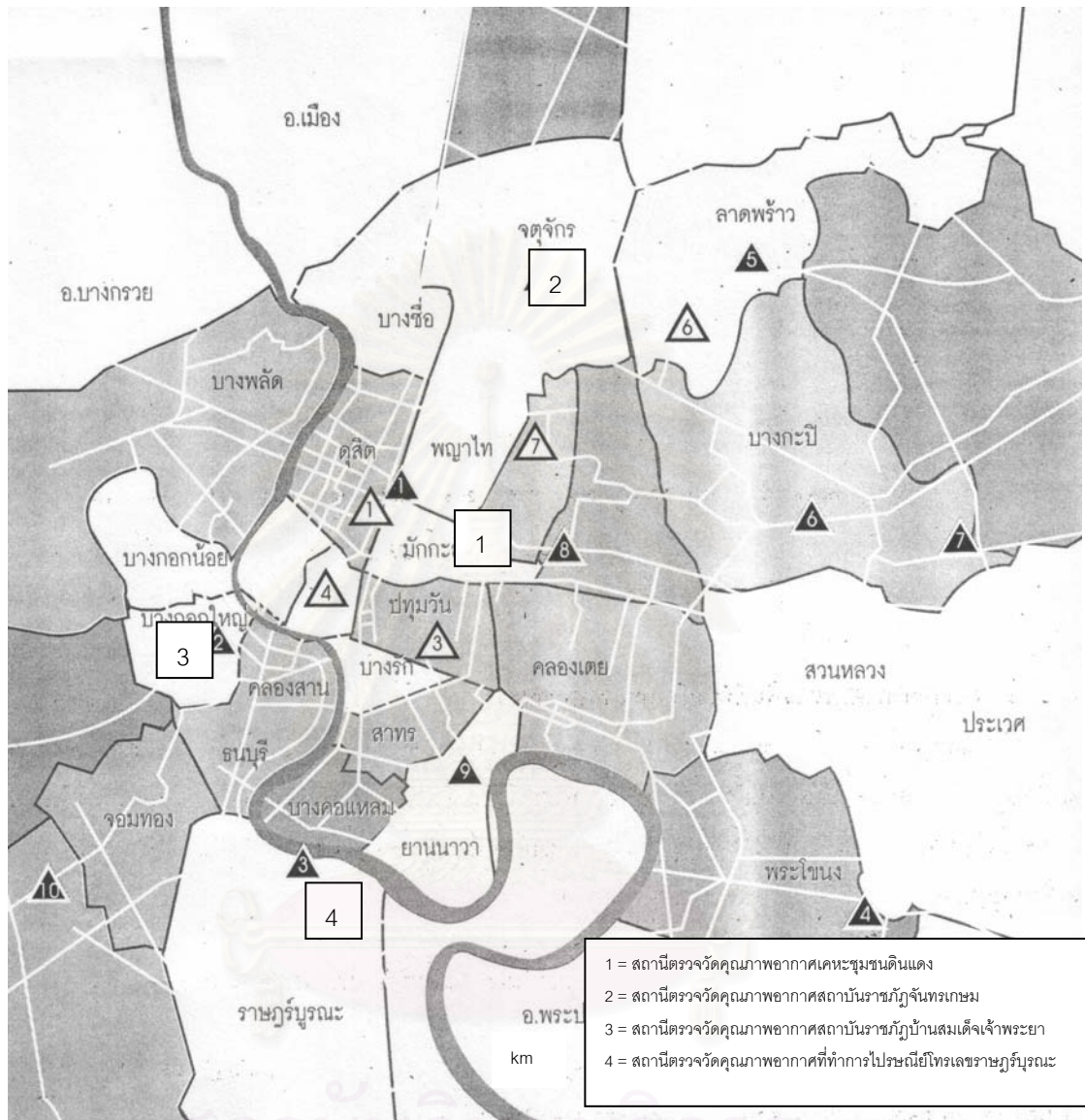


รูปที่ 3.3 สถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศสถาบันราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา



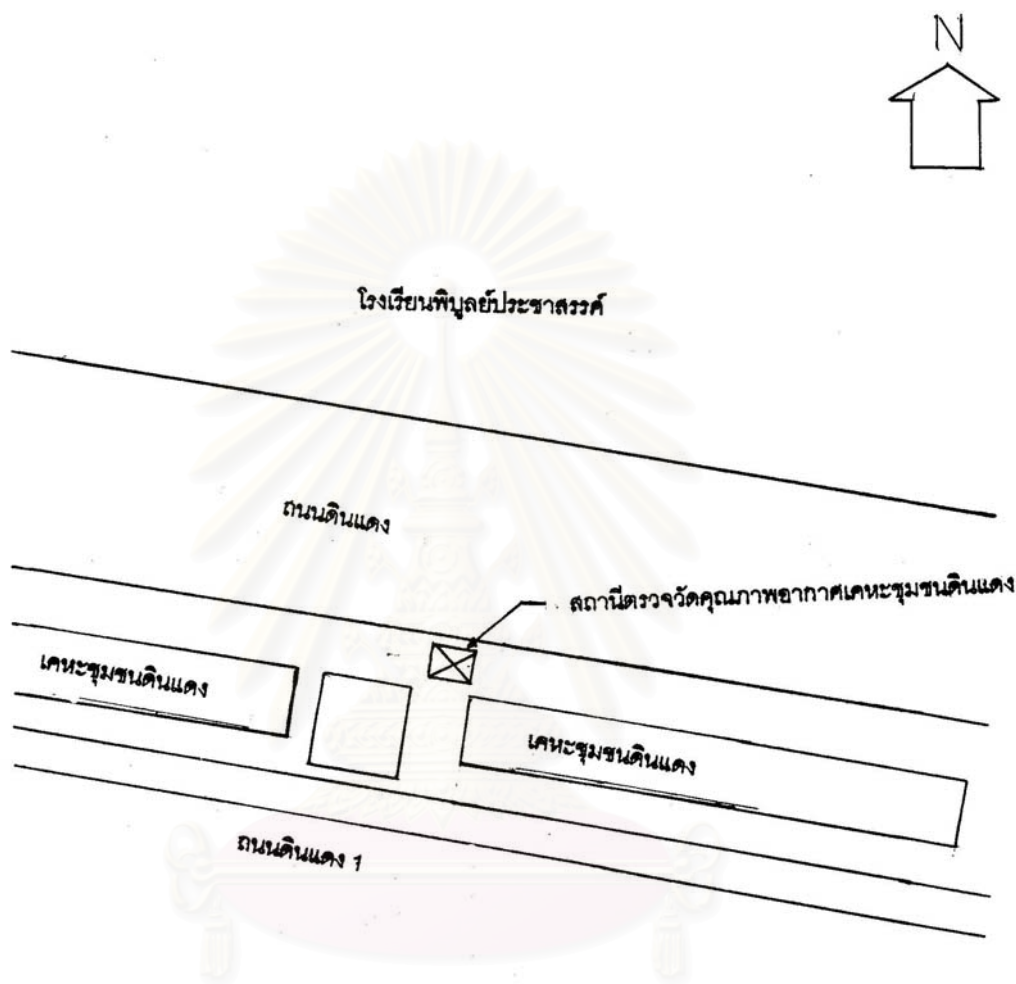
รูปที่ 3.4 สถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศที่ทำการไปรษณีย์โทรเลขราชภัฏบูรณะ

จุดที่ตั้งของสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศทั้ง 4 สถานี แสดงดังรูปที่ 3.5



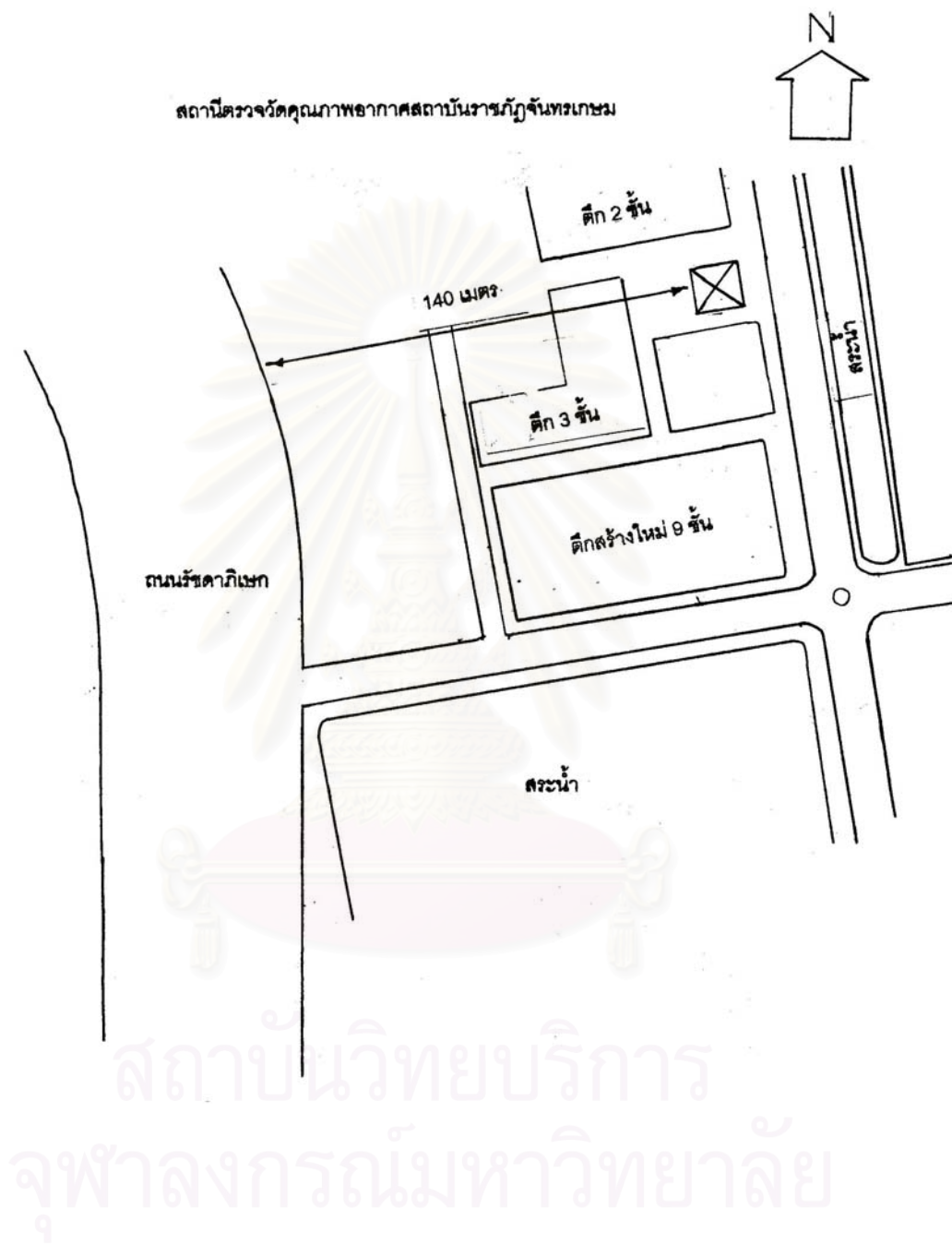
รูปที่ 3.5 แผนที่แสดงที่ตั้งของสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศบริเวณพื้นที่ทั่วไป 4 สถานี (กรมควบคุมมลพิษ, 2544)

ตำแหน่งที่ตั้งโดยละเอียดของสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศแต่ละสถานี แสดงดังรูปที่ 3.6 ถึง 3.9

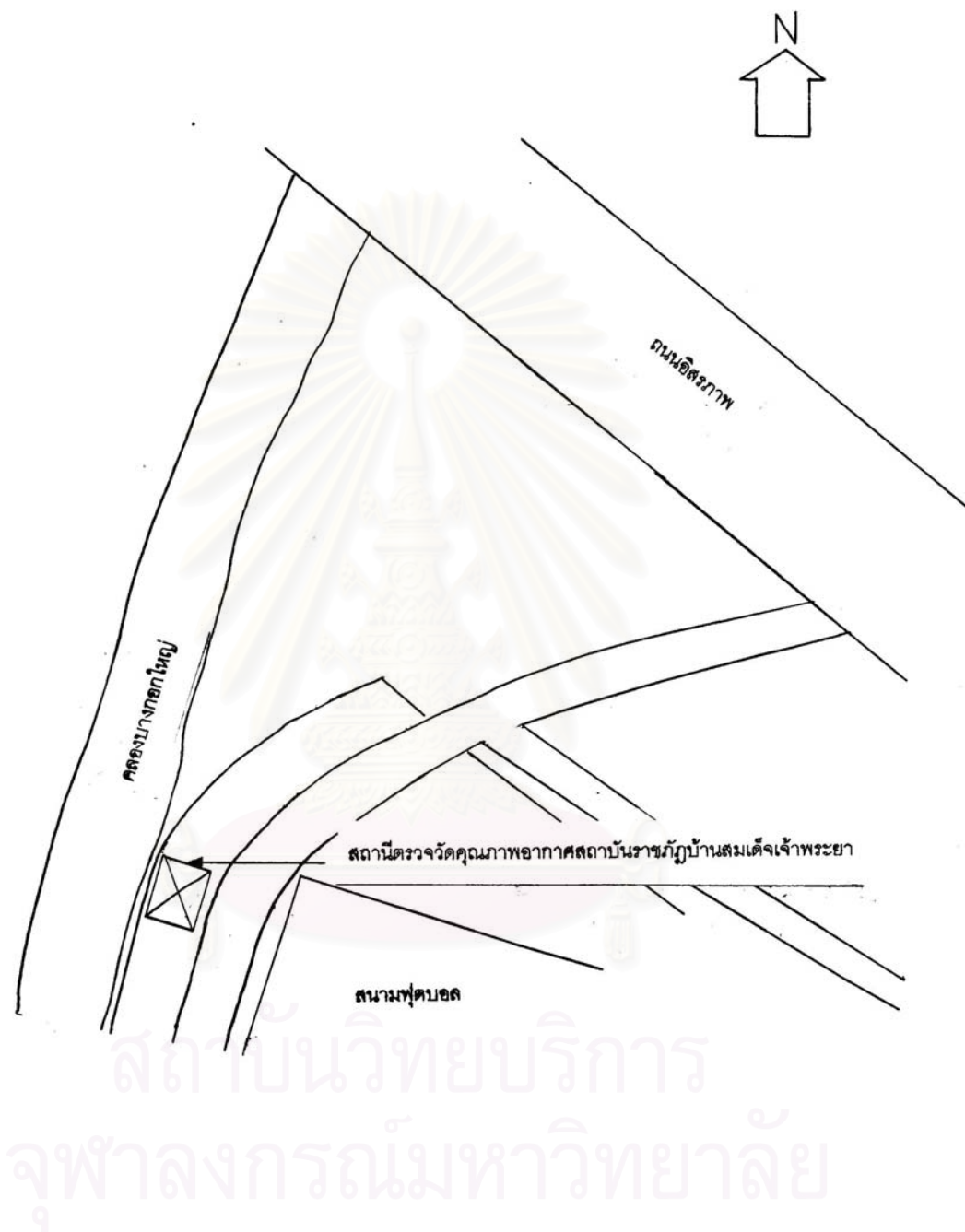


สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

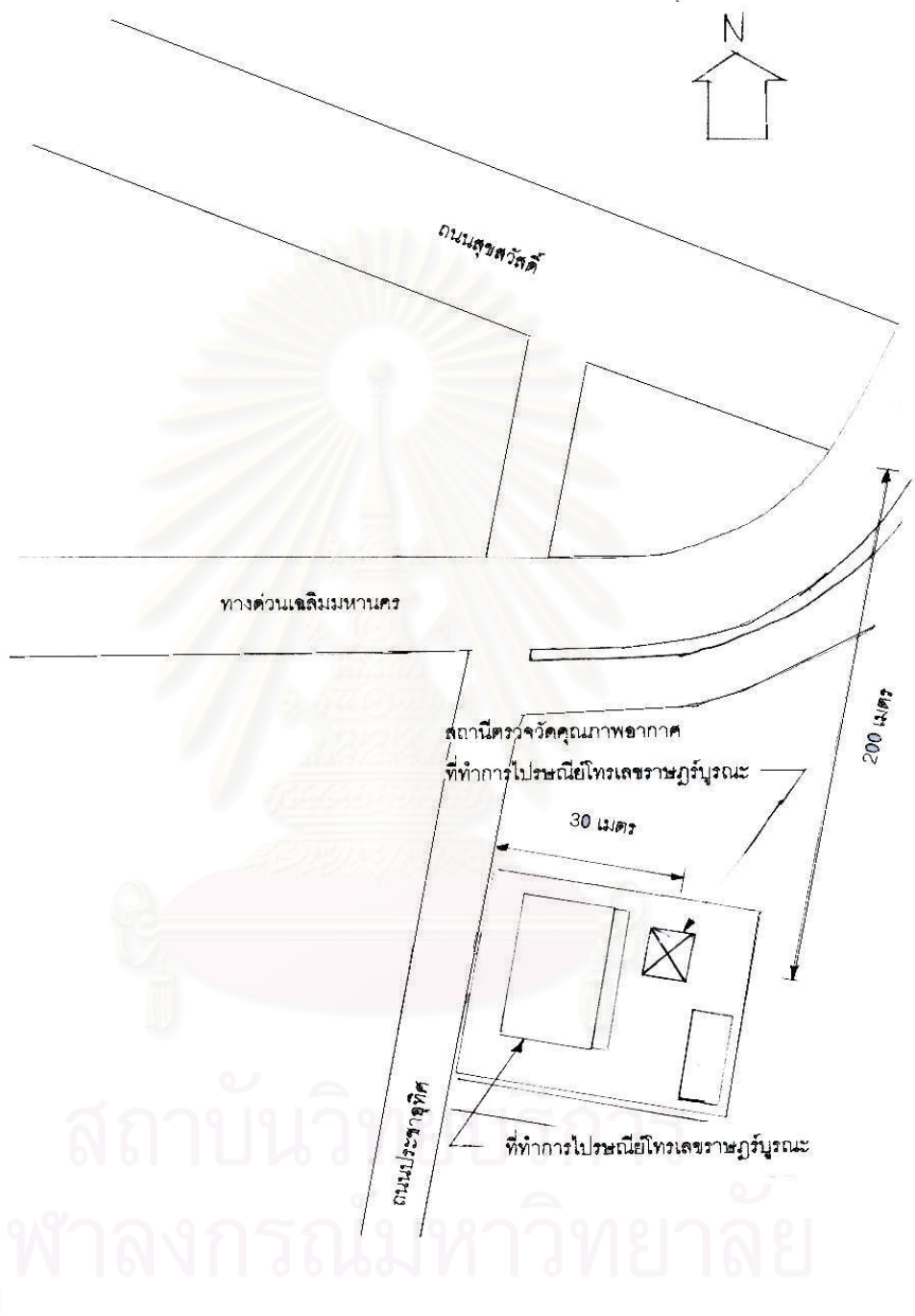
รูปที่ 3.6 ตำแหน่งสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศเคหะชุมชนดินแดง



รูปที่ 3.7 ตำแหน่งสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศสถาบันราชภัฏจันทรเกษม



รูปที่ 3.8 ตำแหน่งสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศสถาบันราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา



รูปที่ 3.9 ตำแหน่งสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศที่ทำการไปรษณีย์โทรเลขราชบุรีบูรณะ

3.2 แหล่งกำเนิดที่สำคัญ

แบบจำลองคุณภาพมวลเคมีมีความจำเป็นต้องใช้ข้อมูลเกี่ยวกับสัดส่วนองค์ประกอบทางเคมีของแหล่งกำเนิดที่จะส่งผลกระทบต่อแหล่งรับต่างๆ ในกรุงเทพมหานคร ในประเทศไทยยังมีข้อมูลทางด้านนี้อยู่น้อยมาก ในปี พ.ศ. 2533 Japan International Cooperation Agency(JICA) ได้ทำการสำรวจคุณภาพอากาศบริเวณอุตสาหกรรม จังหวัดสมุทรปราการ เพื่อการวางแผนคุณภาพอากาศในพื้นที่นั้นซึ่งข้อมูลขององค์ประกอบทางเคมีจาก JICA นั้นนำมาจากบทความของอากาศหวังเกียรติ (2544) และในปี พ.ศ. 2538-2539 Radian International, LLC ได้ทำการตรวจวัดมลพิษจากแหล่งกำเนิดต่างๆที่สำคัญของกรุงเทพมหานครในช่วงฤดูหนาวเพื่อที่จะหาระดับและองค์ประกอบของฝุ่นละอองในบรรยากาศและเพื่อที่จะพัฒนาองค์ประกอบทางเคมีของแหล่งกำเนิดที่มีความสำคัญเพื่อทำเป็นบรรทัดฐานทางด้านอากาศของกรุงเทพมหานคร ดังนั้นในงานวิจัยนี้ได้เลือกข้อมูลสัดส่วนความเข้มข้นองค์ประกอบทางเคมีของแหล่งกำเนิดที่มีความสำคัญในพื้นที่กรุงเทพมหานครจากบทความของอากาศหวังเกียรติ(2544) ซึ่งแสดงดังตารางที่ 3.2 และงานวิจัยของบริษัทเรเดียนอินเตอร์เนชันแนล(2541) แสดงดังตารางที่ 3.3

ตารางที่ 3.2 สัดส่วนองค์ประกอบทางเคมีจากแหล่งกำเนิดของจังหวัดสมุทรปราการ
(อากาศ หวังเกียรติ, 2544)

	(% มวล)							
	ฝุ่นดิน	ฝุ่นถนน	ดีเซล	แก๊สโซลีน	เกลือทะเล	อุตสาหกรรมหลัก	น้ำมันเชื้อเพลิง	ขยะ
EC	0.32500	1.69000	62.00000	30.10000	0.00000	3.30000	37.10000	9.40000
OC	0.10000	0.06000	10.00000	26.30000	0.00000	3.30000	2.40000	1.50000
Na	0.65000	0.72000	0.01200	0.02000	30.42000	0.715000	3.780000	8.83000
Al	5.55000	5.00000	0.02400	0.13000	0.00003	1.80000	1.42500	0.97700
K	3.15000	2.10000	0.01200	0.20000	1.10000	1.15000	0.13000	10.00000
Ca	0.17500	2.60000	0.32500	0.00000	1.20000	4.70000	1.45000	1.36000
Sc	0.00045	0.00045	0.00000	0.00001	0.00000	0.00029	0.00003	0.00007
Ti	0.27000	0.23000	0.00000	0.00000	0.00000	0.10000	0.04300	0.13800
V	0.00355	0.00460	0.00029	0.00021	0.00001	0.03650	3.77000	0.00270
Cr	0.00275	0.00330	0.00450	0.000210	0.00000	0.42300	0.27600	0.05700
Mn	0.03650	0.06100	0.00770	0.00510	0.00001	2.77000	0.05000	0.05400
Fe	1.20000	1.80000	3.07000	0.49000	0.00003	30.10000	2.83000	0.59000
Ni	0.00300	0.00250	0.00000	0.00380	0.00000	0.17000	2.10000	0.01350
Zn	0.00175	0.01300	0.11600	0.14000	0.00000	2.60000	0.17000	0.07940
Se	0.00092	0.00061	0.00003	0.00000	0.00001	0.00510	0.00670	0.00330
Br	0.00175	0.01500	0.00000	2.00000	0.19000	0.01400	0.00600	0.64200
Sb	0.00016	0.00034	0.00005	0.00019	0.00000	0.00900	0.00100	0.11200
Pb	0.00700	0.01300	0.04900	12.00000	0.00001	1.05000	0.09000	5.34000

ตารางที่ 3.3 สัดส่วนองค์ประกอบทางเคมีของแหล่งกำเนิดฝุ่นละอองรวมที่สำคัญในพื้นที่
กรุงเทพมหานคร (Radian International, LLC, 1998)

(%ความเข้มข้นเฉลี่ย \pm ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน)

	รถดีเซลหนัก	รถดีเซลเบา	รถมอเตอร์ไซด์	ฝุ่นถนน	ฝุ่นดินจากการก่อสร้าง	โรงไฟฟ้า
EC	18.181 \pm 2.243	61.758 \pm 13.423	3.440 \pm 5.220	1.145 \pm 0.478	1.199 \pm 0.752	0.000 \pm 0.300
OC	79.647 \pm 2.326	15.616 \pm 4.537	34.327 \pm 11.950	11.919 \pm 2.531	8.117 \pm 0.590	0.000 \pm 0.300
NH ₄ ⁺	0.000 \pm 0.300	0.000 \pm 0.300	0.000 \pm 0.300	0.002 \pm 0.002	0.001 \pm 0.000	0.018 \pm 0.005
Cl ⁻	0.000 \pm 0.300	0.000 \pm 0.300	0.000 \pm 0.300	0.127 \pm 0.047	0.118 \pm 0.072	0.045 \pm 0.014
NO ₃ ⁻	0.000 \pm 0.300	0.000 \pm 0.300	0.000 \pm 0.300	0.015 \pm 0.017	0.014 \pm 0.007	0.000 \pm 0.300
SO ₄ ²⁻	0.000 \pm 0.300	0.000 \pm 0.300	0.000 \pm 0.300	0.228 \pm 0.084	0.690 \pm 0.451	35.300 \pm 10.590
Na	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Al	0.098 \pm 0.044	0.028 \pm 0.017	0.022 \pm 0.012	7.877 \pm 0.998	9.370 \pm 1.330	0.025 \pm 0.008
Si	0.660 \pm 0.208	0.431 \pm 0.241	0.124 \pm 0.113	20.133 \pm 0.946	22.950 \pm 2.850	0.104 \pm 0.031
P	0.091 \pm 0.077	0.018 \pm 0.011	0.002 \pm 0.003	0.067 \pm 0.037	0.037 \pm 0.016	0.000 \pm 0.003
S	0.289 \pm 0.314	0.365 \pm 0.168	0.113 \pm 0.076	0.423 \pm 0.122	0.423 \pm 0.122	2.920 \pm 0.876
Cl	0.024 \pm 0.018	0.014 \pm 0.008	0.016 \pm 0.013	0.264 \pm 0.131	0.166 \pm 0.013	0.000 \pm 0.300
K	0.106 \pm 0.027	0.001 \pm 0.002	1.500 \pm 0.060	1.827 \pm 0.327	1.500 \pm 0.060	0.010 \pm 0.003
Ca	0.289 \pm 0.062	0.055 \pm 0.027	0.087 \pm 0.078	20.200 \pm 2.337	17.450 \pm 1.250	0.062 \pm 0.019
Ti	0.026 \pm 0.023	0.002 \pm 0.002	0.003 \pm 0.003	0.267 \pm 0.034	0.295 \pm 0.057	0.000 \pm 0.000
V	0.004 \pm 0.003	0.002 \pm 0.001	0.002 \pm 0.005	0.012 \pm 0.004	0.012 \pm 0.003	1.070 \pm 0.321
Cr	0.000 \pm 0.003	0.001 \pm 0.000	0.002 \pm 0.005	0.013 \pm 0.003	0.011 \pm 0.001	0.010 \pm 0.003
Mn	0.001 \pm 0.001	0.001 \pm 0.001	0.001 \pm 0.001	0.075 \pm 0.017	0.078 \pm 0.022	0.003 \pm 0.001
Fe	0.349 \pm 0.181	0.066 \pm 0.044	0.017 \pm 0.018	3.520 \pm 0.406	3.685 \pm 0.685	0.123 \pm 0.037
Cu	0.014 \pm 0.005	0.004 \pm 0.002	0.003 \pm 0.003	0.030 \pm 0.018	0.016 \pm 0.004	0.002 \pm 0.001
Ni	0.003 \pm 0.002	0.003 \pm 0.002	0.001 \pm 0.002	0.003 \pm 0.000	0.003 \pm 0.000	0.548 \pm 0.164
Zn	0.086 \pm 0.098	0.039 \pm 0.009	0.022 \pm 0.020	0.092 \pm 0.050	0.036 \pm 0.011	0.003 \pm 0.001
As	0.000 \pm 0.300	0.001 \pm 0.001	0.001 \pm 0.002	0.001 \pm 0.002	0.003 \pm 0.001	0.004 \pm 0.001
Br	0.005 \pm 0.002	0.000 \pm 0.001	0.001 \pm 0.003	0.001 \pm 0.000	0.002 \pm 0.001	0.000 \pm 0.003
Ba	0.102 \pm 0.010	0.003 \pm 0.003	0.011 \pm 0.012	0.036 \pm 0.017	0.037 \pm 0.005	0.015 \pm 0.004
Pb	0.027 \pm 0.010	0.003 \pm 0.003	0.011 \pm 0.012	0.024 \pm 0.012	0.012 \pm 0.005	0.001 \pm 0.000

หมายเหตุ ND = No Data

ตารางที่ 3.3(ต่อ) สัดส่วนองค์ประกอบทางเคมีของแหล่งกำเนิดฝุ่นละอองรวมที่สำคัญในพื้นที่ กรุงเทพมหานคร (Radian International, LLC,1998)

(%ค่าเฉลี่ยความเข้มข้น \pm ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน)

	โรงหลอมเหล็ก	แอมโมเนียมซัลเฟต	โซเดียมไนเตรต	ละอองไอทะเล	ไอเสียแก๊สโซลีน
EC	4.379 \pm 0.716	0.000 \pm 0.000	0.000 \pm 0.000	0.000 \pm 0.100	36.465 \pm 10.990
OC	5.130 \pm 0.957	0.000 \pm 0.000	0.000 \pm 0.000	0.000 \pm 0.100	39.003 \pm 18.618
NH ₄ ⁺	0.052 \pm 0.073	21.485 \pm 0.000	0.000 \pm 0.000	0.000 \pm 0.100	4.106 \pm 2.740
Cl ⁻	0.442 \pm 0.625	0.000 \pm 0.000	0.000 \pm 0.000	40.000 \pm 10.000	0.562 \pm 0.409
NO ₃ ⁻	0.209 \pm 0.296	0.000 \pm 0.000	72.950 \pm 0.000	0.005 \pm 0.002	11.025 \pm 10.407
SO ₄ ²⁻	0.746 \pm 1.055	78.075 \pm 0.000	0.000 \pm 0.000	10.000 \pm 4.000	6.013 \pm 2.092
Na	ND	0.000 \pm 0.000	27.050 \pm 0.000	0.000 \pm 0.000	0.000 \pm 0.000
Al	0.470 \pm 0.197	0.000 \pm 0.000	0.000 \pm 0.000	0.000 \pm 0.100	0.072 \pm 0.525
Si	1.923 \pm 0.598	0.000 \pm 0.000	0.000 \pm 0.000	0.000 \pm 0.100	0.083 \pm 1.132
P	0.002 \pm 0.002	0.000 \pm 0.000	0.000 \pm 0.000	0.000 \pm 0.100	0.084 \pm 0.133
S	0.198 \pm 0.101	24.270 \pm 2.427	0.000 \pm 0.000	3.300 \pm 1.300	2.016 \pm 0.603
Cl	0.815 \pm 0.179	0.000 \pm 0.000	0.000 \pm 0.000	40.000 \pm 10.000	0.562 \pm 0.409
K	0.453 \pm 0.008	0.000 \pm 0.000	0.000 \pm 0.000	1.400 \pm 0.200	0.000 \pm 0.000
Ca	3.133 \pm 0.342	0.000 \pm 0.000	0.000 \pm 0.000	1.400 \pm 0.200	0.125 \pm 0.980
Ti	0.080 \pm 0.019	0.000 \pm 0.000	0.000 \pm 0.000	0.000 \pm 0.100	0.087 \pm 0.401
V	0.007 \pm 0.001	0.000 \pm 0.000	0.000 \pm 0.000	0.000 \pm 0.100	0.023 \pm 0.201
Cr	0.043 \pm 0.018	0.000 \pm 0.000	0.000 \pm 0.000	0.000 \pm 0.100	0.019 \pm 0.040
Mn	0.606 \pm 0.284	0.000 \pm 0.000	0.000 \pm 0.000	0.000 \pm 0.100	0.178 \pm 0.114
Fe	15.700 \pm 3.034	0.000 \pm 0.000	0.000 \pm 0.000	0.000 \pm 0.100	0.934 \pm 0.529
Cu	0.106 \pm 0.030	0.000 \pm 0.000	0.000 \pm 0.000	0.000 \pm 0.100	0.356 \pm 0.135
Ni	0.033 \pm 0.010	0.000 \pm 0.000	0.000 \pm 0.000	0.000 \pm 0.100	0.019 \pm 0.015
Zn	3.913 \pm 2.295	0.000 \pm 0.000	0.000 \pm 0.000	0.000 \pm 0.100	0.505 \pm 0.387
As	0.000 \pm 0.003	0.000 \pm 0.000	0.000 \pm 0.000	0.000 \pm 0.100	0.006 \pm 0.094
Br	0.011 \pm 0.004	0.000 \pm 0.000	0.000 \pm 0.000	0.200 \pm 0.050	0.058 \pm 0.034
Ba	0.033 \pm 0.012	0.000 \pm 0.003	0.000 \pm 0.300	0.000 \pm 0.300	0.000 \pm 0.300
Pb	0.448 \pm 0.244	0.000 \pm 0.000	0.000 \pm 0.000	0.000 \pm 0.100	0.215 \pm 0.229

หมายเหตุ ND = No Data

การเลือกแหล่งกำเนิดที่สำคัญของกรุงเทพมหานครที่ใช้ในการวิเคราะห์ด้วยแบบจำลองคุณภาพมวลเคมีจะคำนึงถึงการมีอยู่ของแหล่งกำเนิด การส่งผลของแหล่งกำเนิดต่อจุดเก็บตัวอย่าง ทิศทางลมมรสุม และแหล่งกำเนิดในท้องถิ่นเป็นหลัก แหล่งกำเนิดที่ใช้ในการวิเคราะห์แสดงได้ดังตารางที่ 3.4 และรายละเอียดของแต่ละแหล่งกำเนิดมีดังนี้

ตารางที่ 3.4 สัดส่วนองค์ประกอบทางเคมีฝุ่นละอองรวมจากแหล่งกำเนิดที่สำคัญในพื้นที่กรุงเทพมหานครที่เลือกใช้ในแบบจำลองคุณภาพมวลเคมี

(%ค่าเฉลี่ยความเข้มข้น \pm ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน)

	ไอเสียรถดีเซลและมอเตอร์ไซด์*	การเผาไหม้ของชีวมวล**	ฝุ่นดินและถนน***	การเผาไหม้ของน้ำมันเตา***	โรงหลอมเหล็ก***
EC	17.503 \pm 3.686	5.191	1.172 \pm 0.615	0.000 \pm 0.300	4.379 \pm 0.716
OC	43.940 \pm 1.610	31.609	10.013 \pm 1.561	0.000 \pm 0.300	5.130 \pm 0.957
NH ₄ ⁺	ND	ND	0.002 \pm 0.001	0.018 \pm 0.005	0.052 \pm 0.073
Cl ⁻	ND	ND	0.123 \pm 0.060	0.045 \pm 0.014	0.442 \pm 0.625
NO ₃ ⁻	ND	ND	0.015 \pm 0.012	0.000 \pm 0.300	0.209 \pm 0.296
SO ₄ ²⁻	ND	ND	0.459 \pm 0.268	35.300 \pm 10.590	0.746 \pm 1.055
Na	ND	0.131	ND	ND	ND
Al	0.023 \pm 0.004	0.330	8.634 \pm 1.164	0.025 \pm 0.008	0.470 \pm 0.197
Si	0.124 \pm 0.113	ND	21.542 \pm 1.898	0.104 \pm 0.031	1.923 \pm 0.598
P	ND	ND	0.052 \pm 0.027	0.000 \pm 0.003	0.002 \pm 0.002
S	0.113 \pm 0.076	ND	0.451 \pm 0.156	2.920 \pm 0.876	0.198 \pm 0.101
Cl	ND	ND	0.215 \pm 0.235	0.000 \pm 0.300	0.815 \pm 0.179
K	0.011 \pm 0.003	2.34	1.664 \pm 0.194	0.010 \pm 0.003	0.453 \pm 0.008
Ca	0.252 \pm 0.024	0.801	18.825 \pm 1.794	0.062 \pm 0.019	3.133 \pm 0.342
Ti	0.001 \pm 0.001	0.006	0.201 \pm 0.046	0.000 \pm 0.000	0.080 \pm 0.019
V	0.001 \pm 0.002	0	0.012 \pm 0.004	1.070 \pm 0.321	0.007 \pm 0.001
Cr	0.004 \pm 0.002	0.004	0.012 \pm 0.002	0.010 \pm 0.003	0.043 \pm 0.018
Mn	0.005 \pm 0.000	0.157	0.077 \pm 0.020	0.003 \pm 0.001	0.606 \pm 0.284
Fe	2.128 \pm 0.006	0.213	3.603 \pm 0.546	0.123 \pm 0.037	15.700 \pm 3.034
Cu	ND	ND	0.023 \pm 0.011	0.002 \pm 0.001	0.106 \pm 0.030
Ni	ND	ND	0.003 \pm 0.000	0.548 \pm 0.164	0.033 \pm 0.010
Zn	0.087 \pm 0.006	0.012	0.064 \pm 0.031	0.003 \pm 0.001	3.913 \pm 2.295
As	ND	ND	0.002 \pm 0.002	0.004 \pm 0.001	0.000 \pm 0.003
Br	0.000 \pm 0.001	0.023	0.002 \pm 0.001	0.000 \pm 0.003	0.011 \pm 0.004
Ba	ND	ND	0.037 \pm 0.011	0.015 \pm 0.004	0.033 \pm 0.012
Pb	0.037 \pm 0.004	0.012	0.018 \pm 0.009	0.001 \pm 0.000	0.448 \pm 0.244

ที่มา: * อากาศหวังเกียรติ(2544) และ Radian international, LLC (1998)

** อากาศหวังเกียรติ(2544)

*** Radian International, LLC(1998)

ตารางที่ 3.4(ต่อ) สัดส่วนองค์ประกอบทางเคมีฝุ่นละอองรวมจากแหล่งกำเนิดที่สำคัญใน
พื้นที่กรุงเทพมหานครที่เลือกใช้ในรูปแบบจำลองคุณภาพมวลเคมี

(%ค่าเฉลี่ยความเข้มข้น \pm ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน)

	แอมโมเนียมซัลเฟต***	โซเดียมไนเตรต***	ละอองไอทะเล***
EC	0.000 \pm 0.000	0.000 \pm 0.000	0.000 \pm 0.100
OC	0.000 \pm 0.000	0.000 \pm 0.000	0.000 \pm 0.100
NH ₄ ⁺	21.485 \pm 0.000	0.000 \pm 0.000	0.000 \pm 0.100
Cl ⁻	0.000 \pm 0.000	0.000 \pm 0.000	40.000 \pm 10.000
NO ₃ ⁻	0.000 \pm 0.000	72.950 \pm 0.000	0.005 \pm 0.002
SO ₄ ²⁻	78.075 \pm 0.000	0.000 \pm 0.000	10.000 \pm 4.000
Na	0.000 \pm 0.000	27.050 \pm 0.000	0.000 \pm 0.000
Al	0.000 \pm 0.000	0.000 \pm 0.000	0.000 \pm 0.100
Si	0.000 \pm 0.000	0.000 \pm 0.000	0.000 \pm 0.100
P	0.000 \pm 0.000	0.000 \pm 0.000	0.000 \pm 0.100
S	24.270 \pm 2.427	0.000 \pm 0.000	3.300 \pm 1.300
Cl	0.000 \pm 0.000	0.000 \pm 0.000	40.000 \pm 10.000
K	0.000 \pm 0.000	0.000 \pm 0.000	1.400 \pm 0.200
Ca	0.000 \pm 0.000	0.000 \pm 0.000	1.400 \pm 0.200
Ti	0.000 \pm 0.000	0.000 \pm 0.000	0.000 \pm 0.100
V	0.000 \pm 0.000	0.000 \pm 0.000	0.000 \pm 0.100
Cr	0.000 \pm 0.000	0.000 \pm 0.000	0.000 \pm 0.100
Mn	0.000 \pm 0.000	0.000 \pm 0.000	0.000 \pm 0.100
Fe	0.000 \pm 0.000	0.000 \pm 0.000	0.000 \pm 0.100
Cu	0.000 \pm 0.000	0.000 \pm 0.000	0.000 \pm 0.100
Ni	0.000 \pm 0.000	0.000 \pm 0.000	0.000 \pm 0.100
Zn	0.000 \pm 0.000	0.000 \pm 0.000	0.000 \pm 0.100
As	0.000 \pm 0.000	0.000 \pm 0.000	0.000 \pm 0.100
Br	0.000 \pm 0.000	0.000 \pm 0.000	0.200 \pm 0.050
Ba	0.000 \pm 0.003	0.000 \pm 0.300	0.000 \pm 0.300
Pb	0.000 \pm 0.000	0.000 \pm 0.000	0.000 \pm 0.100

ที่มา: *** Radian International, LLC(1998)

3.2.1 ไอเสียจากรถยนต์ดีเซลและมอเตอร์ไซด์(Diesel & Motorcycle Profile) สัดส่วนองค์ประกอบทางเคมีของไอเสียจากรถยนต์ดีเซลเลือกมาจากบทความของ อากา หวังเกียรติ เนื่องจากงานวิจัยของ Park, Bae and Kim(2001) ได้กล่าวไว้ว่าส่วนใหญ่แล้ว EC จะเป็นองค์ประกอบทางเคมีหลักที่ออกมาจากยานพาหนะดีเซล และไอเสียจากมอเตอร์ไซด์นำมาจากงานวิจัยของบริษัทเรเดียนอินเตอร์เนชันแนลเป็นรถมอเตอร์ไซด์ที่ยังไม่ได้ทำการปรับปรุงเครื่องยนต์ และนำมารวมเป็นแหล่งกำเนิดเดียวกันด้วยวิธีการเฉลี่ยแบบซึ่งน้ำหนักด้วยสัดส่วนการปล่อยไอเสียของรถจากบัญชีการปล่อยฝุ่นละออง(Emission Inventory) เช่น พิจารณาความเข้มข้นของคาร์บอนอินทรีย์ทั้งไอเสียจากรถดีเซลและไอเสียจากรถมอเตอร์ไซด์เท่ากับ 0.10000 และ 0.34327 กรัมคาร์บอนอินทรีย์ต่อกรัมฝุ่นละอองรวม ตามลำดับ และบัญชีการปล่อยฝุ่นละอองของรถดีเซล รถมอเตอร์ไซด์ รถยนต์แก๊สโซลีนและปริมาณฝุ่นละอองทั้งหมดปี พ.ศ. 2543(Radian International, LLC, 1998) เท่ากับ 8,675(65.1%) 3,262(24.5%) 1,382(10.4%) และ 13,319(100%) ดังนั้นสามารถหาค่าเฉลี่ยแบบซึ่งน้ำหนักได้ดังนี้

$$\frac{(0.10000 \times 65.1) + (0.34327 \times 24.5)}{100} = 0.149 \text{ กรัมคาร์บอนอินทรีย์ต่อกรัมฝุ่นละออง}$$

เนื่องจากว่าไอเสียจากรถมอเตอร์ไซด์นั้นจะมีคาร์บอนอินทรีย์เป็นตัวชี้ที่เหมือนกับการเผาไหม้ของชีวมวล ซึ่งจะไม่สามารถทำให้จำแนกแหล่งกำเนิดได้ ดังนั้นจึงมีความจำเป็นที่จะต้องรวมสัดส่วนองค์ประกอบทางเคมีของไอเสียจากรถยนต์ดีเซลและมอเตอร์ไซด์เข้าไว้ด้วยกัน

3.2.2 การเผาไหม้ของชีวมวล(Biomass Burning Profile) แหล่งกำเนิดนี้เป็นแหล่งกำเนิดที่มีความสำคัญต่อพื้นที่กรุงเทพมหานครมาก เนื่องจากว่าพื้นที่โดยรอบและภายในกรุงเทพฯ นั้นจะมีการเผาไหม้ในที่โล่งเป็นจำนวนมาก ไม่ว่าจะเป็นขยะ การเผาทางเกษตรกรรมต่างๆ สัดส่วนองค์ประกอบทางเคมีของการเผาไหม้ของชีวมวลนำมาจากบทความของ อากา หวังเกียรติ

3.2.3 ฝุ่นจากดินและถนน(Soil and Road Dust Profile) สัดส่วนองค์ประกอบทางเคมีของฝุ่นละอองจากดินและถนนเลือกมาจากงานวิจัยของบริษัทเรเดียนอินเตอร์เนชันแนล ฝุ่นดินที่นำมานี้เป็นฝุ่นดินที่ประกอบด้วยดินธรรมชาติในบริเวณที่มีการก่อสร้าง 2 จุด คือบนถนนพระราม 1 และถนนพหลโยธิน และจากฝุ่นจากซีเมนต์บนผิวถนนที่เสร็จใหม่บนถนนสุขุมวิท ส่วนฝุ่นจากถนนเก็บตัวอย่างฝุ่นที่อยู่บนถนนที่วงเวียนโอเดียน และประตูน้ำ เนื่องจากทั้งสองแหล่งกำเนิดมีสัดส่วนองค์ประกอบทางเคมีที่คล้ายคลึงกันมาก จึงมีความจำเป็นต้องนำแหล่งกำเนิดทั้งสองคือ ฝุ่นละอองจากดิน และฝุ่นละอองจากถนนมารวมกันด้วยวิธีค่าเฉลี่ยเลขคณิตให้เป็นแหล่งกำเนิด

เดียว เพื่อให้เมื่อนำไปทำการคำนวณในแบบจำลองคุณภาพมวลเคมีแล้วสามารถที่จะจำแนกแยกแยะแหล่งกำเนิดออกมาได้

3.2.4 แอมโมเนียมซัลเฟต(Ammonium Sulfate Profile) เนื่องจากว่าแอมโมเนียมซัลเฟตไม่ได้เป็นแหล่งกำเนิดที่ถูกปล่อยออกมาโดยตรง แต่จะเป็นแหล่งกำเนิดที่เกิดจากปฏิกิริยาต่างๆ ในบรรยากาศส่วนใหญ่แล้วจะเป็นปฏิกิริยาโฟโตเคมีคอลสม็อกที่จะเปลี่ยนก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ให้เป็นซัลเฟต แล้วเกิดเป็นสารประกอบแอมโมเนียมซัลเฟตขึ้นมา

3.2.5 โซเดียมไนเตรต(Sodium Nitrate Profile) เป็นแหล่งกำเนิดอีกชนิดหนึ่งที่ไม่ได้ถูกปล่อยออกมาจากแหล่งกำเนิดโดยตรงเช่นเดียวกับแอมโมเนียมซัลเฟต แต่จะเป็นแหล่งกำเนิดที่เกิดจากปฏิกิริยาโฟโตเคมีคอลสม็อกในบรรยากาศเช่นกัน ซึ่งไนโตรเจนออกไซด์และไนโตรเจนไดออกไซด์ในบรรยากาศจะเกิดปฏิกิริยาไปเป็นไนเตรต และทำให้เกิดสารประกอบโซเดียมไนเตรตขึ้นมา และเกิดจากกรดไนตริกที่ทำปฏิกิริยากับละอองไอจากทะเลได้อีกด้วย ซึ่งสัดส่วนองค์ประกอบทางเคมีของโซเดียมไนเตรตนี้มาจากการทำปฏิกิริยาของละอองไอจากทะเลกับกรดไนตริก 100 เปอร์เซ็นต์

3.2.6 โรงหลอมเหล็ก(Steel Mill) สัดส่วนองค์ประกอบทางเคมีของไอเสียจากโรงหลอมเหล็กเป็นฝุ่นละอองรวมที่มาจากกระบวนการหลอมเหล็กที่ผ่านอุปกรณ์การกำจัดฝุ่นมาแล้ว และออกมาตามปล่องไฟ โดยจะมีปริมาณของเหล็กมากที่สุดสัดส่วนองค์ประกอบทางเคมีนี้เลือกมาจากงานวิจัยของบริษัทเรเดียนอินเตอร์เนชั่นแนล

3.2.7 การเผาไหม้ของน้ำมันเตา(Heavy Oil Combustion Profile) สัดส่วนองค์ประกอบทางเคมีของการเผาไหม้ของน้ำมันเตานี้เป็นแหล่งกำเนิดที่มาจากโรงไฟฟ้า-EGAT North Bangkok Power Plant ซึ่งมีการใช้้ำมันเตาเป็นพลังงานให้กับหม้ออัดความดันไอน้ำ โดยนำสัดส่วนองค์ประกอบทางเคมีมาจากงานวิจัยของบริษัทเรเดียนอินเตอร์เนชั่นแนล

3.2.8 ละอองไอจากทะเล(Marine Aerosol Profile) สัดส่วนองค์ประกอบทางเคมีของละอองไอจากทะเลจะเป็นละอองไอจากทะเลที่ค่อนข้างบริสุทธิ์โดยเลือกมาจากงานวิจัยของบริษัทเรเดียนอินเตอร์เนชั่นแนลที่นำมาจาก Pytkowicz and Kester (1971)

จากแหล่งกำเนิดที่ได้กล่าวมานี้จะเห็นว่าแหล่งกำเนิดบางแหล่งจะรวมกันไว้เป็นแหล่งกำเนิดเดียวกัน เช่น ไอเสียจากรถดีเซลและมอเตอร์ไซด์หรือฝุ่นจากดินและถนน เป็นต้น เพราะว่าแหล่งกำเนิดต่างๆ ที่มีอยู่ในกรุงเทพมหานครนั้นบางแหล่งจะมีความเข้มข้นขององค์ประกอบทางเคมีที่ใกล้เคียงกัน เพราะฉะนั้นจึงเป็นการยากที่จะแบ่งแยกแหล่งกำเนิดให้ได้ละเอียด เพื่อใช้ในการประเมินผลของแบบจำลองคุณภาพมลพิษเคมี เช่น ยานพาหนะที่มีการตรวจวัดจากเครื่องมือตรวจวัดที่มีอยู่ไม่สามารถที่จะแยกแยะองค์ประกอบทางเคมีได้ว่าองค์ประกอบทางเคมีใดมาจากยานพาหนะที่ใช้น้ำมันที่มีสารตะกั่ว ใช้น้ำมันไร้สารตะกั่วหรือใช้น้ำมันดีเซล อีกทั้งมลพิษของยานพาหนะได้มีการเปลี่ยนแปลงไปอย่างรวดเร็วตามรุ่นตามยี่ห้อและต่างปีการผลิต ก็จะทำให้ความเข้มข้นต่างกันออกไปอีก ดังนั้นการจัดชนิดของแหล่งกำเนิดจึงขึ้นอยู่กับวิธีการวัดที่สามารถแยกแยะแหล่งกำเนิดได้ดีมากเพียงใด

3.3 พารามิเตอร์ที่ทำการศึกษา

3.3.1 ความเข้มข้นของฝุ่นละอองรวม(TSP) ทั้ง 4 สถานีตรวจวัด ในช่วงลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือและลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้

3.3.2 องค์ประกอบทางเคมีของฝุ่นละอองรวม 18 ชนิด ได้แก่ คาร์บอนอินทรีย์ คาร์บอนธาตุ คลอไรด์ ไนเตรต ซัลเฟต แอมโมเนียมไอออน โซเดียม อลูมิเนียม ซิลิกอน ซัลเฟอร์ โปแทสเซียม แคลเซียม โทเทเนียม วานาเดียม โครเมียม เหล็ก สังกะสี และตะกั่ว

การศึกษาวิจัยเพื่อหาความเข้มข้นของฝุ่นละอองรวมและสัดส่วนของแหล่งกำเนิดต่อแหล่งรับนั้นจำเป็นจะต้องมีการเก็บตัวอย่างฝุ่นละอองรวม การวิเคราะห์หาองค์ประกอบทางเคมี และการประเมินผลจากแบบจำลองคุณภาพมลพิษเคมี ฉะนั้นรายการอ้างอิงหรือมาตรฐานของวิธีการทดลองและประเมินผลเหล่านี้จึงมีความสำคัญอย่างยิ่ง จึงได้นำมาสรุปรวมกันดังตารางที่

3.5

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 3.5 รายการอ้างอิงสำหรับการวิจัย

การทดลอง	รายการอ้างอิง
1. การเก็บตัวอย่างฝุ่นละอองรวมในบรรยากาศ	World Health Organization, 1976
2. การหาความเข้มข้นฝุ่นละอองรวมในบรรยากาศ	World Health Organization, 1976
3. การเตรียมตัวอย่างโดยใช้วิธีการย่อยด้วยกรด	US EPA, 1989
4. การวิเคราะห์หาไอออนที่ละลายน้ำได้ (ช่วงลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ)	ประยุกต์จาก Zhang and An, 1999 และ US EPA, 1989
5. การวิเคราะห์หาไอออนที่ละลายน้ำได้ (ช่วงลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้)	ประยุกต์จาก Ministry of Environment of Japan
6. การวิเคราะห์หาคาร์บอน	อัมพร, 2543
7. การทำความสะอาดเครื่องแก้ว	US EPA, 1989
8. การประมวลผลด้วยแบบจำลองดุลยภาพมวลเคมี	Watson, J. G., et al. 1989

3.4 การเก็บตัวอย่างฝุ่นละอองรวมในบรรยากาศ

3.4.1 การตรวจวัดความเข้มข้นฝุ่นละอองรวมในบรรยากาศจะใช้เครื่องเก็บตัวอย่างฝุ่นละอองรวมชนิดปริมาตรสูง (TSP Hi-Volume Sampler)

3.4.2 จุดเก็บตัวอย่างฝุ่นละอองรวมจะใช้สถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศในบรรยากาศของกรมควบคุมมลพิษ กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม ทั้งหมด 4 สถานี คือ สถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศสถาบันราชภัฏจันทรเกษม เคหะชุมชนดินแดง สถาบันราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยาและที่ทำการไปรษณีย์โทรเลขราชบุรีบูรณะ

3.4.3 ระยะเวลาการตรวจวัดแบ่งเป็น 2 ช่วงเวลา อ้างอิงตามทิศทางลมมรสุมของประเทศไทยคือ

3.4.3.1 ช่วงลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ ตั้งแต่วันที่ 13 มกราคม พ.ศ. 2545 ถึงวันที่ 8 มีนาคม พ.ศ. 2545 เป็นเวลา 2 เดือน จำนวนตัวอย่างเท่ากับ 40 ตัวอย่าง ต่อ 4 สถานี

3.4.3.2 ช่วงลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ ตั้งแต่วันที่ 1 เมษายน พ.ศ. 2545 ถึงวันที่ 31 พฤษภาคม พ.ศ. 2545 เป็นเวลา 2 เดือน จำนวนตัวอย่างเท่ากับ 40 ตัวอย่าง ต่อ 4 สถานี

โดยจะทำการเก็บตัวอย่างทุก 6 วัน และในแต่ละครั้งของการเก็บตัวอย่างฝุ่นละอองรวม จะใช้เวลาเก็บตัวอย่าง 24 ชั่วโมง

3.4.4 กระจกกรองที่นำมาใช้คือ กระจกกรองควอทซ์(Quartz Fiber Filter)

3.5 การหาความเข้มข้นของฝุ่นละอองรวมในบรรยากาศ

3.5.1 น้ำหนักของฝุ่นละอองรวมในบรรยากาศที่เก็บได้บนกระจกกรองหาได้จากการชั่งน้ำหนักกระจกกรองก่อนและหลังการเก็บตัวอย่าง โดยจะนำกระจกกรองใส่ในเดสซิเคเตอร์และชั่งน้ำหนัก เมื่อน้ำหนักฝุ่นละอองรวมมีการเปลี่ยนแปลงให้นำไปใส่ในเดสซิเคเตอร์อีกครั้ง จนน้ำหนักไม่มีการเปลี่ยนแปลง

3.5.2 ระหว่างการเก็บตัวอย่าง อัตราการไหลของอากาศจะถูกบันทึกไว้โดยเครื่องวัดอัตราการไหล และนำค่าของอัตราการไหลที่ได้ไปคำนวณหาค่าของปริมาตรอากาศทั้งหมดที่ไหลผ่านกระจกกรองในช่วงเวลาทำการเก็บตัวอย่าง

3.5.3 ความเข้มข้นของฝุ่นละอองรวมหาได้โดยการคำนวณจากสมการที่ 3.1

$$TSP = \frac{(A - B) \times 10^3}{V} \quad (3.1)$$

โดยที่ TSP = ความเข้มข้นฝุ่นละอองรวมในบรรยากาศ (mg/m^3)

A = น้ำหนักกระจกกรองก่อนการเก็บตัวอย่าง (g)

B = น้ำหนักกระจกกรองหลังการเก็บตัวอย่าง (g)

V = ปริมาตรอากาศทั้งหมด (m^3)

3.6 การวิเคราะห์หาค่าองค์ประกอบทางเคมี

3.6.1 การเตรียมตัวอย่างโดยใช้วิธีการย่อยด้วยกรด

- การเตรียมตัวอย่าง

1. สารเคมี

1.1 น้ำปราศจากไอออน (Deionized Water)

1.2 กรดไนตริก 3 M (Super Pure Grade)

2. อุปกรณ์

- | | |
|----------------------------|-----------------------------|
| 2.1 ที่ตัดพืชชำ | 2.6 ปีเปตต์ 15 มิลลิลิตร |
| 2.2 แผ่นรองตัด | 2.7 Volumetric Flask 100 ml |
| 2.3 ปีกเกอร์ 100 มิลลิลิตร | 2.8 กรวยกรอง |
| 2.4 ปีกเกอร์ 50 มิลลิลิตร | 2.9 กระดาษกรอง GF/C |
| 2.5 อุปกรณ์ให้ความร้อน | 2.10 กระจกนาฬิกา |

3. วิธีการเตรียมตัวอย่างจากกระดาษกรองที่มีฝุ่นละอองรวม

- 3.1 ตัดกระดาษกรองเป็นแถบยาวขนาด $\frac{3}{4}$ " \times 8" โดยใช้แผ่นรองตัดและที่ตัดพืชชำ
- 3.2 ตัดกระดาษกรองที่มีฝุ่นละอองรวมออกเป็นแถบเล็กๆและใส่ไว้ในปีกเกอร์ขนาด 100 มิลลิลิตร แล้วเติมกรดไนตริก 3 M ปริมาตร 15 มิลลิลิตร โดยให้กระดาษกรองเปียกไปด้วยกรดไนตริกทั้งหมดและปิดปีกเกอร์ด้วยกระจกนาฬิกา
- 3.3 นำปีกเกอร์วางบนอุปกรณ์ให้ความร้อนที่อยู่ในส่วนที่มีการดูดอากาศออก ทำการต้มเป็นเวลา 30 นาที โดยต้องระวังไม่ให้กรดในปีกเกอร์แห้ง
- 3.4 นำปีกเกอร์ออกจากอุปกรณ์ให้ความร้อนและทิ้งไว้ให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง
- 3.5 ล้างกระจกนาฬิกาและด้านข้างของปีกเกอร์ด้วยน้ำปราศจากไอออน
- 3.6 เทสารละลายในปีกเกอร์ลงใน Volumetric Flask ขนาด 100 มิลลิลิตร โดยเทผ่านกระดาษกรอง GF/C
- 3.7 เติมน้ำปราศจากไอออนลงในปีกเกอร์จนถึงขีด 40 มิลลิลิตร แล้วปิดด้วยกระจกนาฬิกา และทิ้งไว้ประมาณ 30 นาที เพื่อให้กรดไนตริกที่ถูกจับอยู่ในกระดาษกรองละลายออก
- 3.8 เทสารละลายในปีกเกอร์ลงใน Volumetric Flask โดยเทผ่านกระดาษกรอง GF/C
- 3.9 ล้างกระดาษกรองและปีกเกอร์อีก 2 ครั้ง ด้วยน้ำปราศจากไอออนและเติมน้ำปราศจากไอออนลงใน Volumetric Flask จนได้ปริมาตรเป็น 80-85 มิลลิลิตร
- 3.10 ปิดฝาและเขย่า Volumetric Flask แล้วตั้งทิ้งไว้ประมาณ 5 นาที หรือจนฟองหายไป
- 3.11 เติมน้ำปราศจากไอออนจนได้ 100 มิลลิลิตรและผสมให้เข้ากันเทสารละลายใน Volumetric Flask ลงในขวดพลาสติกเพื่อนำไปวิเคราะห์ต่อไป

4. วิธีการเตรียมตัวอย่างจากกระดาษกรองที่ยังไม่ได้ใช้ (Blank)

ให้ทำโดยใช้วิธีเดียวกันกับข้อ 3 ของวิธีการให้ความร้อนเพียงแต่เปลี่ยนจากกระดาษกรองที่มีฝุ่นละอองรวมเป็นกระดาษกรองที่ยังไม่ได้ใช้แทน

5. การหาความเข้มข้นของโลหะ

$$F_b = \frac{(C - B) \times \frac{100 \text{ ml}}{\text{strip}} \times \frac{12 \text{ strips}}{\text{filter}}}{V} \quad (3.2)$$

โดย F_b = ความเข้มข้นของโลหะต่อกระดาษกรอง 1 แผ่น ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

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

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

V = ปริมาตรของอากาศ (m^3)

- องค์ประกอบทางเคมีที่ทำกรวิเคราะห์

องค์ประกอบทางเคมีที่วิเคราะห์หา ได้แก่ โซเดียม(Na), อลูมิเนียม(Al), ซิลิกอน(Si), ซัลเฟอร์(S), โพแทสเซียม(K), แคลเซียม(Ca), ไทเทเนียม(Ti), วานาเดียม(V), โครเมียม(Cr), เหล็ก(Fe), สังกะสี(Zn) และตะกั่ว(Pb) โดยใช้เครื่อง Inductively Couple Plasma-Atomic Emission Spectroscopy (ICP-AES) ที่ศูนย์เครื่องมือวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.6.2 การวิเคราะห์หาไอออนที่ละลายน้ำได้

3.6.2.1 ช่วงลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ

- การเตรียมตัวอย่าง

1. สารเคมี

1.1 น้ำปราศจากไอออน(Deionized Water)

2. อุปกรณ์

2.1 ที่ตัดพืชฯ	2.6	ปิเปตต์ 25 มิลลิลิตร
2.2 แผ่นรองตัด	2.7	Volumetric Flask 100 ml
2.3 ปีกเกอร์ 100 มิลลิลิตร	2.8	กรวยกรอง
2.4 ปีกเกอร์ 50 มิลลิลิตร	2.9	กระดาษกรอง GF/C
2.5 อุปกรณ์ให้ความร้อน	2.10	กระจกนาฬิกา

3. วิธีการเตรียมตัวอย่างจากกระดาษกรองที่มีฝุ่นละอองรวม

3.1 ตัดกระดาษกรองเป็นแถบยาวขนาด $\frac{3}{4}$ " \times 8" โดยใช้แผ่นรองตัดและที่ตัดพิชซ่า

3.2 ตัดกระดาษกรองที่มีฝุ่นละอองรวมออกเป็นแถบเล็กๆและใส่ไว้ในบีกเกอร์ขนาด 100 มิลลิลิตร แล้วเติมน้ำปราศจากไอออนปริมาตร 25 มิลลิลิตร โดยให้กระดาษกรองเปียกทั้งหมด และปิดบีกเกอร์ด้วยกระดาษฟิว

3.3 นำบีกเกอร์วางบนอุปกรณ์ให้ความร้อนที่อยู่ในส่วนที่มีการดูดอากาศออก ทำการต้มเป็นเวลา 30 นาที โดยต้องระวังไม่ให้กรดในบีกเกอร์แห้ง

3.4 นำบีกเกอร์ออกจากอุปกรณ์ให้ความร้อนและทิ้งไว้ให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง

3.5 ล้างกระดาษฟิวและด้านข้างของบีกเกอร์ด้วยน้ำปราศจากไอออน

3.6 เทสารละลายในบีกเกอร์ลงใน Volumetric Flask ขนาด 100 มิลลิลิตร โดยเทผ่านกระดาษกรอง GF/C

3.7 เติมน้ำปราศจากไอออนลงในบีกเกอร์จนถึงขีด 40 มิลลิลิตร แล้วปิดด้วยกระดาษฟิว และทิ้งไว้ประมาณ 30 นาที เพื่อให้ไอออนออกมาหมด

3.8 เทสารละลายในบีกเกอร์ลงใน Volumetric Flask โดยเทผ่านกระดาษกรอง GF/C

3.9 ล้างกระดาษกรองและบีกเกอร์อีก 2 ครั้ง ด้วยน้ำปราศจากไอออนและเติมน้ำปราศจากไอออนลงใน Volumetric Flask จนได้ปริมาตรเป็น 80-85 มิลลิลิตร

3.10 ปิดฝาและเขย่า Volumetric Flask แล้วตั้งทิ้งไว้ประมาณ 5 นาที หรือจนฟองหายไป

3.11 เติมน้ำปราศจากไอออนจนได้ 100 มิลลิลิตรและผสมให้เข้ากัน

3.12 เทสารละลายใน Volumetric Flask ลงในขวดพลาสติกเพื่อนำไปวิเคราะห์ต่อไป

4. การเตรียมตัวอย่างของกระดาษกรองที่ยังไม่ได้ใช้

ให้ทำโดยใช้วิธีเดียวกันกับข้อ 3 ของวิธีการเตรียมตัวอย่างของการหาไอออนละลายน้ำได้ เพียงแต่เปลี่ยนจากกระดาษกรองที่มีฝุ่นละอองรวมเป็นกระดาษกรองที่ยังไม่ได้ใช้แทน

5. การคำนวณหาความเข้มข้นของไอออนละลายน้ำได้

$$F_i = \frac{(C - B) \times \frac{100 \text{ ml}}{\text{strip}} \times \frac{12 \text{ strips}}{\text{filter}}}{V} \quad (3.3)$$

- โดย F_i = ความเข้มข้นของไอออนต่อกระดาศกรอง 1 แผ่น ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
 C = ความเข้มข้นของไอออนในสารละลายจากกระดาศกรองที่มีฝุ่นละอองรวม ($\mu\text{g}/\text{ml}$)
 B = ความเข้มข้นของไอออนในสารละลายจากกระดาศกรองที่ยังไม่ได้ใช้ ($\mu\text{g}/\text{ml}$)
 V = ปริมาตรของอากาศ (m^3)

3.6.2.2 ช่วงลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้

1. สารเคมี

1.1 น้ำปราศจากไอออน(Deionized Water)

2. อุปกรณ์

- | | | |
|----------------------------|-----|-------------------------|
| 2.1 ที่ตัดพีชซ่า | 2.6 | ปิเปตต์ 25 มิลลิลิตร |
| 2.2 แผ่นรองตัด | 2.7 | Volumetric Flask 100 ml |
| 2.3 ปีกเกอร์ 100 มิลลิลิตร | 2.8 | กรวยกรอง |
| 2.4 กระดาศกรอง GF/C | | |
| 2.5 อ่างอัลตราโซนิก | | |

3. วิธีการเตรียมตัวอย่างจากกระดาศกรองที่มีฝุ่นละอองรวม

3.1 ตัดกระดาศกรองเป็นแถบยาวขนาด $\frac{3}{4}$ " \times 8" โดยใช้แผ่นรองตัดและที่ตัดพีชซ่า

3.2 ตัดกระดาศกรองที่มีฝุ่นละอองรวมออกเป็นแถบเล็กๆและใส่ไว้ในปีกเกอร์ขนาด 100 มิลลิลิตร แล้วเติมน้ำปราศจากไอออนปริมาตร 50 มิลลิลิตร โดยให้กระดาศกรองเปียกทั้งหมด และปิดปีกเกอร์ด้วยพาราฟิล์ม

3.3 นำปีกเกอร์วางในอ่างอัลตราโซนิก เป็นเวลา 30 นาที ที่มีอุณหภูมิ 30-40 องศาเซลเซียส

3.4 นำปีกเกอร์ออกจากอ่างอัลตราโซนิกและทิ้งไว้ให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง

3.5 ล้างพาราฟิล์มและด้านข้างของปีกเกอร์ด้วยน้ำปราศจากไอออน

3.6 เทสารละลายในปีกเกอร์ลงใน Volumetric Flask ขนาด 100 มิลลิลิตร โดยเทผ่านกระดาศกรอง GF/C

3.7 เติมน้ำปราศจากไอออนลงในปีกเกอร์จนถึงขีด 40 มิลลิลิตร แล้วปิดด้วยพาราฟิล์ม และทิ้งไว้ประมาณ 30 นาที เพื่อให้ไอออนละลายออกมาทั้งหมด

3.8 เทสารละลายในปีกเกอร์ลงใน Volumetric Flask โดยเทผ่านกระดาศกรอง GF/C

3.9 ล้างกระดาษกรองและบีกเกอร์อีก 2 ครั้ง ด้วยน้ำปราศจากไอออนและเติมน้ำปราศจากไอออนลงใน Volumetric Flask จนได้ปริมาตรเป็น 80-85 มิลลิลิตร

3.10 ปิดฝาและเขย่า Volumetric Flask แล้วตั้งทิ้งไว้ประมาณ 5 นาที หรือจนฟองหายไป

3.11 เติมน้ำปราศจากไอออนจนได้ 100 มิลลิลิตรและผสมให้เข้ากัน

3.12 เทสารละลายใน Volumetric Flask ลงในขวดพลาสติกเพื่อนำไปวิเคราะห์ต่อไป

4. การเตรียมตัวอย่างของกระดาษกรองที่ยังไม่ได้ใช้

ให้ทำโดยใช้วิธีเดียวกันกับข้อ 3 ของวิธีการเตรียมตัวอย่างของการหาไอออนละลายน้ำได้ เพียงแต่เปลี่ยนจากกระดาษกรองที่มีฝุ่นละอองรวมเป็นกระดาษกรองที่ยังไม่ได้ใช้แทน

5. การคำนวณหาความเข้มข้นของไอออนละลายน้ำได้

$$F_i = \frac{(C - B) \times \frac{100 \text{ ml}}{\text{strip}} \times \frac{12 \text{ strips}}{\text{filter}}}{V} \quad (3.4)$$

โดย F_i = ความเข้มข้นของไอออนต่อกระดาษกรอง 1 แผ่น ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

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

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

V = ปริมาตรของอากาศ (m^3)

3.6.3.1. องค์ประกอบทางเคมีที่ทำการวิเคราะห์

องค์ประกอบทางเคมีที่จะทำการวิเคราะห์ ได้แก่ คลอไรด์ ไนเตรต และ ซัลเฟต โดยใช้เครื่องไอออนโครมาโตกราฟี (Ion Chromatrography, IC) ที่ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย และแอมโมเนียมไอออนโดยใช้วิธีอินดอเฟินอล (Indophenol Method)

3.6.3 การวิเคราะห์หาคาร์บอน

-การเตรียมตัวอย่าง

1. การเตรียมตัวอย่างของกระดาศกรงที่มีฝุ่นละอองรวม

1.1 ตัดกระดาศกรงที่มีฝุ่นละอองรวมเป็นรูป 4 เหลี่ยมมาตรฐานขนาด 1.25 นิ้ว และเก็บไว้ในตลับพลาสติกใสเพื่อกันฝุ่นและรักษาตัวอย่าง

1.2 นำตลับพลาสติกใสไปเก็บไว้ในที่มีอุณหภูมิต่ำกว่า 4 องศาเซลเซียสเพื่อรอนำไปวิเคราะห์ต่อไป

2. การเตรียมตัวอย่างของกระดาศกรงที่ยังไม่ได้ใช้

ทำในลักษณะวิธีเดียวกันกับการเตรียมตัวอย่างของกระดาศกรงที่มีฝุ่นละอองรวม แต่เปลี่ยนเป็นกระดาศกรงที่ยังไม่ได้ใช้แทน

-องค์ประกอบทางเคมีที่ทำการวิเคราะห์

องค์ประกอบทางเคมีที่จะทำการวิเคราะห์หา ได้แก่ คาร์บอนอินทรีย์(Organic Carbon), คาร์บอนธาตุ(Elemental carbon) และ คาร์บอนทั้งหมด(Total carbon) โดยใช้เครื่อง CHNS/O Analyzer ที่ศูนย์เครื่องมือวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.7 การทำความสะอาดเครื่องแก้ว

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

3.8 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้

3.8.1 เครื่องเก็บตัวอย่างฝุ่นละอองรวมชนิดปริมาตรสูง

การตรวจวัดโดยใช้เครื่องเก็บตัวอย่างฝุ่นละอองรวมชนิดปริมาตรสูงนี้ อากาศจะถูกดูดโดยผ่านช่องภายใต้รูปทรงคล้ายหลังคา แสดงดังรูปที่ 3.10 และผ่านกระดาด مخروطโดยเครื่องดูดกำลังแรงสูงที่มีการควบคุมอัตราการไหลให้มีอัตราการที่ 1.1-1.7 ลูกบาศก์เมตรต่อนาที (World Health Organization, 1976) ฝุ่นละอองที่แขวนลอยในบรรยากาศจะถูกดักไว้โดยกระดาด مخروطซึ่งดักฝุ่นละอองที่มีเส้นผ่าศูนย์กลางระหว่าง 0.1-100 ไมครอนได้ โดยมีเครื่องวัดอัตราไหลต่อเนื่องอยู่ตลอดเวลา การเก็บตัวอย่างฝุ่นละอองรวมจะตั้งเครื่องทำงานตลอด 24 ชั่วโมง ถ้าหากฝุ่นละอองที่แขวนลอยในบรรยากาศมีค่าสูงมาก ทำให้กระดาด مخروطตันในเวลาอันรวดเร็ว ทำให้เครื่องดูดไม่สามารถรักษาอัตราการไหลได้ในช่วงที่ต้องการดังกล่าวข้างต้น



รูปที่ 3.10 เครื่องเก็บตัวอย่างฝุ่นละอองรวมชนิดปริมาตรสูง

3.8.2 Inductively Couple Plasma Atomic Emission Spectroscopy, ICP-AES (รุ่น Perkin-Elmer PLASMA-1000)

เครื่องมือนี้ใช้ในการวิเคราะห์หาองค์ประกอบทางเคมีจำพวกโลหะและอโลหะโดยมีช่วงค่าความเข้มข้นของการวิเคราะห์เท่ากับ 0.01-100 และ 0.1-1000 มิลลิกรัมต่อลิตรตามลำดับ สารละลายที่จะทำการวิเคราะห์จะถูกส่งเข้าเครื่อง โดยสารละลายจะถูกเปลี่ยนให้เป็นละอองไอน้ำ โดยกระบวนการ nebulization แล้วสารละลายตัวอย่างที่เป็นละอองนี้จะถูกพาเข้าพลาสมาของ ICP torch ซึ่งจะทำให้ตัวอย่างแห้งกลายเป็นไอ กลายเป็นอะตอมแล้วเกิดการกระตุ้น อะตอมที่ถูกกระตุ้นจะเปล่งแสงซึ่งมีลักษณะเฉพาะออกมา แสงที่เกิดขึ้นนี้จะผ่านเข้าไปในเครื่องสเปกโตรมิเตอร์เพื่อแยกเอาเฉพาะแสงที่ต้องการวัดที่ความยาวคลื่นที่ต้องการ แล้วให้แสงดังกล่าวตกลงบนดีเทกเตอร์ เพื่อวัดออกมาเป็นสัญญาณซึ่งสามารถเปลี่ยนเป็นความเข้มข้นได้ ในการควบคุมแต่ละขั้นตอนตลอดจนข้อมูลที่ได้จะถูกพิมพ์หรือเก็บไว้ด้วยเครื่องคอมพิวเตอร์ โดยเครื่องนี้แสดงดังรูปที่ 3.11



รูปที่ 3.11 Inductively Couple Plasma Atomic Emission Spectroscopy (ICP-AES)

3.8.3 Ion Chromatograph (รุ่น Dionex Series 100)

เป็นเทคนิคทางด้าน การแลกเปลี่ยนไอออน (Ion Exchange) เพื่อใช้หาสารอินทรีย์และ สารอินทรีย์ที่มีประจุ โดยทั่วไปจะวิเคราะห์สารประเภทนี้ที่มีปริมาณน้อยๆ และใช้เป็นเทคนิคในการหาไอออนบวกและลบที่มีปริมาณต่ำ ๆ ในสารละลาย เครื่องไอออนโครมาโตกราฟีแสดงดังรูปที่ 3.12

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

เครื่องวิเคราะห์คาร์บอน ไฮโดรเจน ไนโตรเจน ซัลเฟอร์และออกซิเจน นี้ เป็นเครื่องวิเคราะห์แบบอัตโนมัติสำหรับการหาปริมาณธาตุที่เป็นองค์ประกอบของสารอินทรีย์ โดยในการวิจัยนี้จะทำการหา OC (Organic Carbon) และ EC (Elemental Carbon) จากฝุ่นละอองรวมบนกระดาษกรองควอทซ์ แต่เนื่องจากว่า EC ไม่สามารถที่จะหาออกมาได้จากเครื่องนี้จึงจำเป็นต้องหา TC (Total Carbon) ออกมาแทนและนำมาหา EC โดยใช้สมการที่ 3.5

$$EC = TC - OC \quad (3.5)$$

โดยในการวิเคราะห์หา OC จะเผาที่อุณหภูมิ 650 องศาเซลเซียส ในสภาวะที่มีฮีเลียมแต่ไม่มีออกซิเจน และหา TC จะเผาที่อุณหภูมิ 925 องศาเซลเซียส ในสภาวะที่มีฮีเลียมและมีออกซิเจน เครื่องวิเคราะห์คาร์บอน ไฮโดรเจน ไนโตรเจน ซัลเฟอร์และออกซิเจน แสดงดังรูปที่ 3.13

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 3.12 เครื่องไฮดรอนโครมาโตกราฟ

กรมแพทย์
แห่งชาติ



รูปที่ 3.13 เครื่องวิเคราะห์ CHNS/O Analyzer

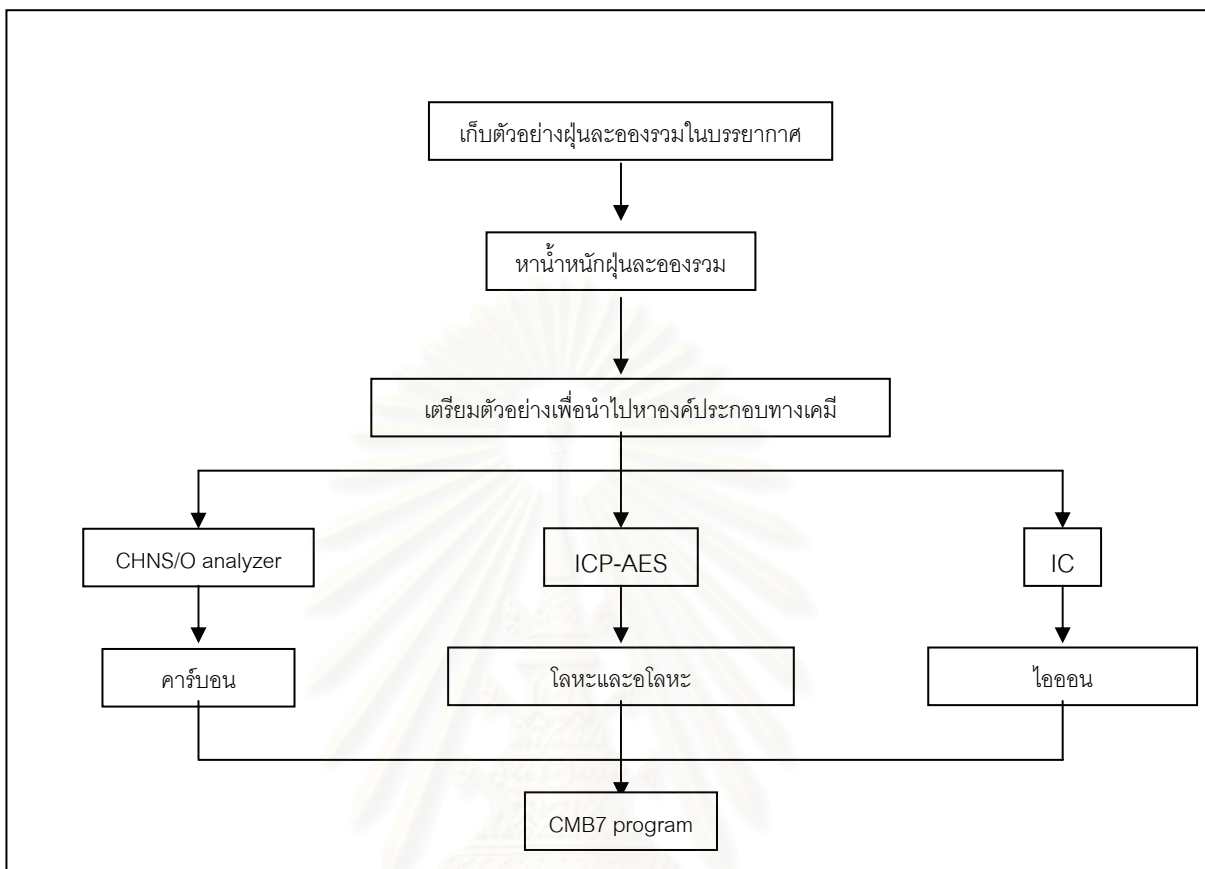
3.8.5 Zip Lock Bag

ถุงนี้เป็นอุปกรณ์ในการใส่กระดาษกรองเพื่อป้องกันการปนเปื้อนขณะขนย้ายทั้งก่อนและหลังการเก็บตัวอย่างฝุ่นละอองรวมและยังป้องกันสิ่งที่จะก่อให้เกิดความเสียหายต่อกระดาษกรองได้ ปากถุงจะมีลักษณะเหมือนกับซองใส่ยาทั่วไปจะปิดกั้นการเข้าและออกของฝุ่นละอองรวมที่ทำการเก็บได้เป็นอย่างดี

3.8.6 กระดาษกรองควอทซ์(Quartz Fiber Filter)

โดยทั่วไปกระดาษกรองควอทซ์เป็นกระดาษกรองที่ใช้ในการวิเคราะห์เพื่อหาคาร์บอนเป็นหลักเนื่องจากไม่มีส่วนประกอบของคาร์บอนอยู่ในเนื้อของกระดาษกรอง แต่ก็สามารถที่จะนำมาใช้หาธาตุต่างๆ ในฝุ่นละอองรวมได้เช่นเดียวกัน แต่ข้อเสียสำคัญของกระดาษกรองควอทซ์คือ จะแตกหักได้ง่ายเพราะฉะนั้นจึงต้องมีการดูแลอย่างดีในระหว่างการเก็บตัวอย่างอากาศ ในการวิเคราะห์หาธาตุจากกระดาษกรองชนิดนี้จะมีความคลาดเคลื่อนมากกว่ากระดาษกรองเทฟลอน(Teflon Membrane Filter) ที่เมื่อนำมาวิเคราะห์จะใช้กับเครื่อง X-Ray Fluorescence จะทำให้ค่าความเข้มข้นที่ออกมานั้นมีค่าความคลาดเคลื่อนไม่มากนัก แต่เนื่องจากกระดาษกรองเทฟลอนนี้เป็นกระดาษกรองที่มีราคาแพงและมีความต้านทานการดูดอากาศมาก ดังนั้นการวิจัยนี้จึงไม่ได้นำมาใช้ในการเก็บตัวอย่างฝุ่นละอองรวม(Lodge, 1989)

สรุปแผนผังการทดลองและการวิเคราะห์แสดงได้ดังรูปที่ 3.14



รูปที่ 3.14 แผนผังแสดงแผนงานการทดลองและการวิเคราะห์

3.9 การวิเคราะห์ข้อมูล

ในการวิเคราะห์ข้อมูลจะวิเคราะห์ทางด้านความเข้มข้นของฝุ่นละอองรวมกับมาตรฐานคุณภาพอากาศในบรรยากาศ ลักษณะองค์ประกอบทางเคมีจากแหล่งกำเนิดและจากบรรยากาศ และใช้โปรแกรมแบบจำลองคุณภาพมวลเคมีรุ่นที่ 7 ซึ่งเป็นโปรแกรมที่ทำการคิดค้นและพัฒนาจาก US EPA เพื่อใช้ในการวิเคราะห์หาความเข้มข้นฝุ่นละอองรวมจากแหล่งกำเนิดและประมาณสัดส่วนการกระจายแหล่งกำเนิด รายละเอียดของการวิเคราะห์เป็นดังนี้

3.9.1 ตรวจสอบความเข้มข้นของฝุ่นละอองรวมกับมาตรฐานคุณภาพอากาศในบรรยากาศทั่วไปและประเมินถึงระดับของปริมาณฝุ่นละอองรวมที่มีต่อกรุงเทพมหานคร

3.9.2 วิเคราะห์สัดส่วนองค์ประกอบทางเคมีจากแหล่งกำเนิดเพื่อหาองค์ประกอบทางเคมีที่ชี้ถึงแหล่งกำเนิดนั้น

3.9.3 วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีที่ตรวจวัดได้ในบรรยากาศด้วยแผนภาพการกระจาย (Scatter Plot) เพื่อสำรวจแหล่งที่มาขององค์ประกอบทางเคมีชนิดนั้นๆ และความสัมพันธ์กันระหว่างองค์ประกอบทางเคมี ก่อนที่จะทำการประมาณสัดส่วนการกระจายของแหล่งกำเนิด

3.9.4 ประมาณสัดส่วนฝุ่นละอองรวมจากแหล่งกำเนิดต่างๆ โดยใช้โปรแกรม CMB 7 พร้อมกับ การใช้ตรรกะที่ชี้ถึงความสามารถของแบบจำลองคุณภาพมวลเคมีมาใช้ประเมินความมีเหตุมีผลของแบบจำลองนี้เพื่อความสะดวกและความถูกต้องของแบบจำลองคุณภาพมวลเคมี

3.9.5 เปรียบเทียบสัดส่วนการกระจายแหล่งกำเนิด ระหว่าง 4 สถานี ภายในช่วงลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือและลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้

3.9.6 วิเคราะห์ถึงความเข้มข้นฝุ่นละอองรวมในบรรยากาศและการกระจายสัดส่วนแหล่งกำเนิดที่มีการเปลี่ยนแปลงไปตลอดทั้งปีพร้อมกับเปรียบเทียบกับผลจากงานวิจัยอื่นๆที่เกี่ยวข้อง

3.10 ระยะเวลาในการดำเนินงานวิจัย

แผนการดำเนินงานวิจัยและระยะเวลาในการตรวจวัดเป็นไปดังตารางที่ 3.6

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 3.6 แผนการดำเนินงานวิจัยและระยะเวลาการตรวจวัด

แผนการดำเนินงานวิจัย	ช่วงเวลา														
	พ.ศ. 2545	พ.ศ. 2546													
	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ษ.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.
1. ศึกษาและจัดเตรียมอุปกรณ์	█														
2. ประสานงานกับหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง	█	█	█	█	█	█	█								
3. เก็บตัวอย่างฝุ่นละอองรวม		█	█	█	█	█									
4. วิเคราะห์ตัวอย่างฝุ่นละอองรวม		█	█	█	█	█	█	█	█	█					
5. รวบรวม วิเคราะห์และสรุปผล		█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	
6. จัดพิมพ์วิทยานิพนธ์												█	█	█	█
7. สอบวิทยานิพนธ์															█

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

4.1 จำนวนตัวอย่าง

วันที่ทำการเก็บตัวอย่างฝุ่นละอองในบรรยากาศในช่วงลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือและช่วงลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ แสดงดังตารางที่ 4.1 และ 4.2 และจำนวนตัวอย่างของแต่ละสถานี แสดงดังตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.1 วันที่ทำการเก็บตัวอย่างฝุ่นละอองรวมในช่วงลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ

วันเดือนปี	สถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศ			
	ดินแดง	จันทระเกษม	บ้านสมเด็จ	ราษฎร์บูรณะ
อาทิตย์ 13 มกราคม 2545	/	/	/	/
เสาร์ 19 มกราคม 2545	/	/	/	/
ศุกร์ 25 มกราคม 2545	/	/	/	/
พฤหัสบดี 31 มกราคม 2545	/	/	/	/
พุธ 6 กุมภาพันธ์ 2545	/	/	/	/
อังคาร 12 กุมภาพันธ์ 2545	/	/	/	/
จันทร์ 18 กุมภาพันธ์ 2545	/	/	/	/
อาทิตย์ 24 กุมภาพันธ์ 2545	/	/	/	/
เสาร์ 2 มีนาคม 2545	-	/	/	/
ศุกร์ 8 มีนาคม 2545	-	/	/	/

หมายเหตุ / = ทำการเก็บตัวอย่าง

- = ไม่ได้ทำการเก็บตัวอย่าง

ตารางที่ 4.2 วันที่ทำการเก็บตัวอย่างฝุ่นละอองรวมในช่วงลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้

วันเดือนปี	สถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศ			
	ดินแดง	จันทระเกษม	บ้านสมเด็จ	ราษฎร์บูรณะ
จันทร์ 1 เมษายน 2545	/	/	/	/
อาทิตย์ 7 เมษายน 2545	/	-	/	/
เสาร์ 13 เมษายน 2545	-	-	-	-
ศุกร์ 19 เมษายน 2545	/	/	/	/
พฤหัสบดี 25 เมษายน 2545	/	/	/	/
พุธ 1 พฤษภาคม 2545	/	/	/	/
อังคาร 7 พฤษภาคม 2545	/	/	/	/
จันทร์ 13 พฤษภาคม 2545	/	/	/	/
อาทิตย์ 19 พฤษภาคม 2545	/	/	/	/
เสาร์ 25 พฤษภาคม 2545	/	/	/	-
ศุกร์ 31 พฤษภาคม 2545	/	/	/	/

หมายเหตุ / = ทำการเก็บตัวอย่าง
- = ไม่ได้ทำการเก็บตัวอย่าง

ตารางที่ 4.3 จำนวนตัวอย่างฝุ่นละอองรวมในช่วงลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือและลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้

สถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศ	ช่วงลมมรสุม	
	ตะวันออกเฉียงเหนือ	ตะวันตกเฉียงใต้
ดินแดง	8	10
จันทระเกษม	10	9
บ้านสมเด็จ	10	10
ราษฎร์บูรณะ	10	9

วันที่ทำการเก็บตัวอย่างฝุ่นละอองรวมบางวันจะมีทิศทางลมมรสุมไม่เป็นไปตามกำหนด ทำให้มีความจำเป็นต้องคัดเลือกข้อมูลความเข้มข้นฝุ่นละอองรวมและความเข้มข้นองค์ประกอบทางเคมีจากวันที่มีทิศทางลมส่วนใหญ่เป็นไปตามทิศทางลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือและลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้เพื่อให้เป็นไปตามกำหนดของแต่ละช่วง ทิศทางลมในแต่ละวันที่ทำการเก็บตัวอย่างฝุ่นละอองรวมในช่วงลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือและลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้แสดงได้ดังตารางที่ 4.4 และ 4.5 และในการคัดเลือกตัวอย่างนั้น จำนวนตัวอย่างที่เหลือต้องไม่ต่ำกว่า 6 ตัวอย่าง เพราะจะทำให้มีจำนวนข้อมูลในการวิเคราะห์น้อยเกินไป

จากข้อมูลของทิศทางลมในช่วงลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ ที่ดินแดงไม่พิจารณาวันที่ 6 และ 24 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2545 ที่จันทระเกษมจะไม่พิจารณาวันที่ 19 มกราคม พ.ศ. 2545 วันที่ 6 และ 24 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2545 และวันที่ 2 มีนาคม พ.ศ. 2545 ที่บ้านสมเด็จไม่พิจารณาวันที่ 13 มกราคม พ.ศ. 2545 วันที่ 6 และ 24 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2545 และวันที่ 2 มีนาคม พ.ศ. 2545 ที่ราษฎร์บูรณะไม่พิจารณาวันที่ 19 มกราคม พ.ศ. 2545 วันที่ 6 และ 24 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2545 และวันที่ 2 มีนาคม พ.ศ. 2545

ตารางที่ 4.4 ทิศทางลมช่วงลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือในแต่ละวันของทั้ง 4 สถานี

วันเดือนปี	สถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศ			
	ดินแดง	จันทระเกษม	บ้านสมเด็จ	ราษฎร์บูรณะ
13/1/45	E, S, SW	E, SE	SE,S	NE, E, SE
19/1/45	NE, S, NW	NE, SE, NW	S, SW, W, NW	SE,S,SW,W,NW
25/1/45	NE, E, S	NE, E, SE	S	NE, SE
31/1/45	NE, E	N, NE, E	N, NE, E, NW	NE, SE, S, SW
6/2/45	S, SW	SE, S	S	SE, S
12/2/45	N, NE, E, S, SW	N, NE, E, SE	NE, E, S, SW	NE,E, SE, S,SW
18/2/45	N, E, S, NW	NE, SE	NE, E, SE, SW	NE, SE, S, SW
24/2/45	S, SW	E, SE, S	SE, S	SE, S
2/3/45	S, SW	SE	S	SE, S
8/3/45	N, NE	ไม่มีข้อมูล	N, NE, NW	N, NE, NW

ตารางที่ 4.5 ทิศทางลมช่วงลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ในแต่ละวันของทั้ง 4 สถานี

วันเดือนปี	สถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศ			
	ดินแดง	จันทระเกษม	บ้านสมเด็จ	ราษฎร์บูรณะ
1/4/45	S, SW	SE, S	SE, S	SE, S
7/4/45	S, SW	E, SE, S	S	SE, S
19/4/45	S, SW	SE, S, SW	S	SE, S
25/4/45	NE, E, SW	NE, SE, S, SW	N, NE, S, SW,W	NE, SE, S, SW
1/5/45	N, NE, E, S, SW, W, NW	E, S, W	N, SE, S, SW, W, NW	N, NE, E, SE, S, SW, NW
7/5/45	N, S, SW	SE, SW, W	S, W, NW	SE, S, SW, W
13/5/45	E, S, SW, W	SE, SW	N, S, SW	SE, S
19/5/45	SW	SE, S, SW	S, SW	S
25/5/45	N, E, S, SW, W, NW	SE, SW, W	S, SW, W, NW	SE, S, SW, W
31/5/45	SW	SE, S, SW	S, SW, W	S, SW

ช่วงลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ ที่ดินแดง จันทระเกษม บ้านสมเด็จและราษฎร์บูรณะ จะไม่พิจารณาวันที่ 25 เมษายน พ.ศ. 2545 และวันที่ 1 พฤษภาคม พ.ศ. 2545 ที่ราษฎร์บูรณะจะไม่พิจารณาคาร์บอนในวันที่ 1 และ 7 เมษายน พ.ศ. 2545 ด้วยเนื่องจากว่าทั้งสองวันนี้จะมีเครื่องยนต์ดีเซลมาตั้งไว้ห่างประมาณ 3 เมตร และทำการเดินเครื่องตลอดวัน เป็นผลให้อิเสียจากเครื่องยนต์รบกวนการเก็บตัวอย่าง

4.2 การตรวจวัดความเข้มข้นฝุ่นละอองรวมในบรรยากาศ

ความเข้มข้นเฉลี่ย 24 ชั่วโมงของฝุ่นละอองรวมและองค์ประกอบทางเคมีที่ดินแดง จันทระเกษม บ้านสมเด็จและราษฎร์บูรณะ ในช่วงลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือและช่วงลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ แสดงดังตารางที่ 4.6 และ 4.7 ตามลำดับ

ตารางที่ 4.6 ค่าเฉลี่ยความเข้มข้นเฉลี่ย 24 ชั่วโมงของฝุ่นละอองรวมและองค์ประกอบทางเคมีใน
บรรยากาศช่วงลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ

(ค่าความเข้มข้นเฉลี่ย \pm ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน, $\mu\text{g}/\text{m}^3$)

องค์ประกอบทางเคมี	สถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศ			
	ดินแดง	จันทรมหา	บ้านสมเด็จ	ราษฎร์บูรณะ
TSP	280.3 \pm 56.7	147.2 \pm 38.9	159.5 \pm 54.3	127.6 \pm 38.6
OC	43.778 \pm 9.554	16.052 \pm 4.831	23.245 \pm 10.231	16.705 \pm 6.230
EC	62.654 \pm 15.448	21.016 \pm 6.371	27.701 \pm 17.586	21.122 \pm 10.789
NH ₄ ⁺	0.834 \pm 0.613	0.597 \pm 0.325	0.914 \pm 0.633	0.667 \pm 0.170
Cl ⁻	1.644 \pm 0.426	0.964 \pm 0.246	0.866 \pm 0.433	0.965 \pm 0.416
NO ₃ ⁻	11.746 \pm 7.229	7.972 \pm 2.177	9.535 \pm 7.641	6.355 \pm 1.662
SO ₄ ²⁻	10.009 \pm 2.921	10.680 \pm 3.217	8.941 \pm 4.086	9.202 \pm 1.952
Na	4.022 \pm 1.718	2.073 \pm 0.388	2.173 \pm 0.554	2.829 \pm 1.508
Al	1.338 \pm 0.241	0.707 \pm 0.233	0.586 \pm 0.202	0.624 \pm 0.192
Si	1.414 \pm 0.981	0.746 \pm 0.791	0.896 \pm 0.658	0.415 \pm 0.215
S	4.066 \pm 1.244	3.374 \pm 0.729	3.275 \pm 0.698	3.155 \pm 0.724
K	3.300 \pm 1.601	1.801 \pm 0.564	2.365 \pm 1.540	1.843 \pm 0.923
Ca	12.062 \pm 2.070	5.820 \pm 1.710	4.664 \pm 1.327	4.963 \pm 1.712
Ti	0.029 \pm 0.006	0.016 \pm 0.006	0.014 \pm 0.003	0.017 \pm 0.007
V	0.013 \pm 0.005	0.012 \pm 0.004	0.008 \pm 0.003	0.010 \pm 0.003
Cr	0.014 \pm 0.003	0.010 \pm 0.007	0.006 \pm 0.001	0.007 \pm 0.002
Fe	2.914 \pm 0.437	1.508 \pm 0.504	1.147 \pm 0.329	1.405 \pm 0.509
Zn	0.669 \pm 0.385	0.309 \pm 0.253	0.364 \pm 0.303	0.374 \pm 0.189
Pb	0.068 \pm 0.032	0.045 \pm 0.016	0.054 \pm 0.048	0.061 \pm 0.048
จำนวนตัวอย่าง	6	6	6	6

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.7 ค่าเฉลี่ยความเข้มข้นเฉลี่ย 24 ชั่วโมงของฝุ่นละอองรวมและองค์ประกอบทางเคมีใน
บรรยากาศช่วงลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้

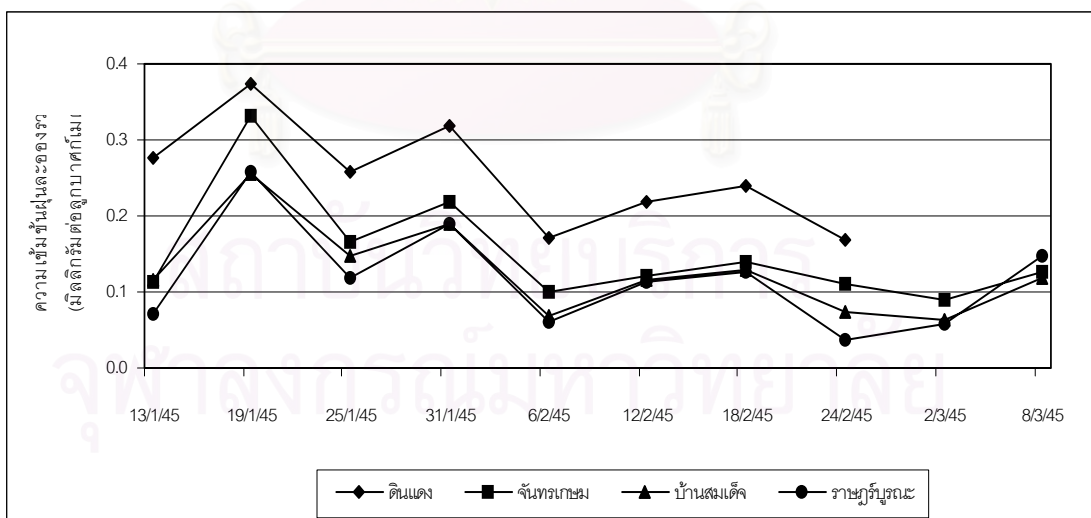
(ค่าความเข้มข้นเฉลี่ย \pm ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน, $\mu\text{g}/\text{m}^3$)

องค์ประกอบทางเคมี	สถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศ			
	ดินแดง	จันทรมหา	บ้านสมเด็จ	ราษฎร์บูรณะ
TSP	142.7 \pm 23.4	85.8 \pm 25.2	52.1 \pm 7.2	69.0 \pm 14.4
OC	29.468 \pm 6.860	8.540 \pm 2.150	8.108 \pm 1.985	8.223 \pm 2.558
EC	26.826 \pm 12.100	9.201 \pm 3.119	7.067 \pm 2.474	6.791 \pm 3.376
NH ₄ ⁺	0.301 \pm 0.289	0.212 \pm 0.298	0.185 \pm 0.167	0.215 \pm 0.183
Cl ⁻	2.346 \pm 1.488	2.204 \pm 2.111	2.226 \pm 2.285	2.856 \pm 2.720
NO ₃ ⁻	2.140 \pm 0.558	2.971 \pm 1.888	1.699 \pm 0.342	1.588 \pm 0.312
SO ₄ ²⁻	5.444 \pm 2.113	5.557 \pm 2.633	4.029 \pm 1.651	3.999 \pm 1.748
Na	2.141 \pm 1.093	2.016 \pm 1.233	1.638 \pm 0.928	2.050 \pm 1.444
Al	0.670 \pm 0.191	0.523 \pm 0.162	0.267 \pm 0.100	0.392 \pm 0.200
Si	0.338 \pm 0.111	0.278 \pm 0.097	0.312 \pm 0.099	0.387 \pm 0.166
S	2.040 \pm 0.713	1.820 \pm 0.758	1.305 \pm 0.450	1.341 \pm 0.504
K	1.282 \pm 0.317	0.695 \pm 0.239	0.530 \pm 0.182	0.443 \pm 0.165
Ca	7.327 \pm 2.014	5.175 \pm 1.385	1.960 \pm 0.413	2.807 \pm 0.895
Ti	0.012 \pm 0.004	0.010 \pm 0.002	0.004 \pm 0.002	0.006 \pm 0.004
V	0.007 \pm 0.003	0.007 \pm 0.002	0.002 \pm 0.001	0.003 \pm 0.002
Cr	0.006 \pm 0.002	0.004 \pm 0.001	0.003 \pm 0.001	0.004 \pm 0.002
Fe	1.754 \pm 0.527	1.098 \pm 0.362	0.569 \pm 0.164	1.381 \pm 0.791
Zn	0.420 \pm 0.145	0.289 \pm 0.086	0.165 \pm 0.158	0.299 \pm 0.165
Pb	0.045 \pm 0.015	0.087 \pm 0.005	0.024 \pm 0.013	0.029 \pm 0.020
จำนวนตัวอย่าง	8	7	8	7

ความเข้มข้น 24 ชั่วโมงของฝุ่นละอองรวมที่ได้ดำเนินการตรวจวัดช่วงลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือจะได้ค่าความเข้มข้นเฉลี่ย ค่าความเข้มข้นสูงสุดและค่าความเข้มข้นต่ำสุดที่ดินแดงเท่ากับ 280.3, 373.0 และ 167.6 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ที่จันทระเกษมเท่ากับ 147.2, 330.4 และ 90.3 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ ที่บ้านสมเด็จเท่ากับ 159.5, 255.3 และ 63.1 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ ที่ราษฎร์บูรณะเท่ากับ 127.6, 257.6 และ 35.6 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ

การเปลี่ยนแปลงค่าความเข้มข้น 24 ชั่วโมงของฝุ่นละอองรวมในช่วงลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือแสดงดังรูปที่ 4.1 จะเห็นว่าแนวโน้มความเข้มข้นของทั้ง 4 สถานีในช่วงการเก็บตัวอย่างนี้จะมีลักษณะที่คล้ายคลึงกัน คือ เมื่อค่าความเข้มข้น 24 ชั่วโมงของฝุ่นละอองรวมในบรรยากาศเพิ่มขึ้นหรือลดลงก็จะทำให้ค่าความเข้มข้นของแต่ละสถานีเปลี่ยนแปลงไปในลักษณะเดียวกัน และความเข้มข้นเริ่มมี แนวโน้มที่ลดลงเมื่อเปรียบเทียบทั้งช่วงการเก็บตัวอย่าง

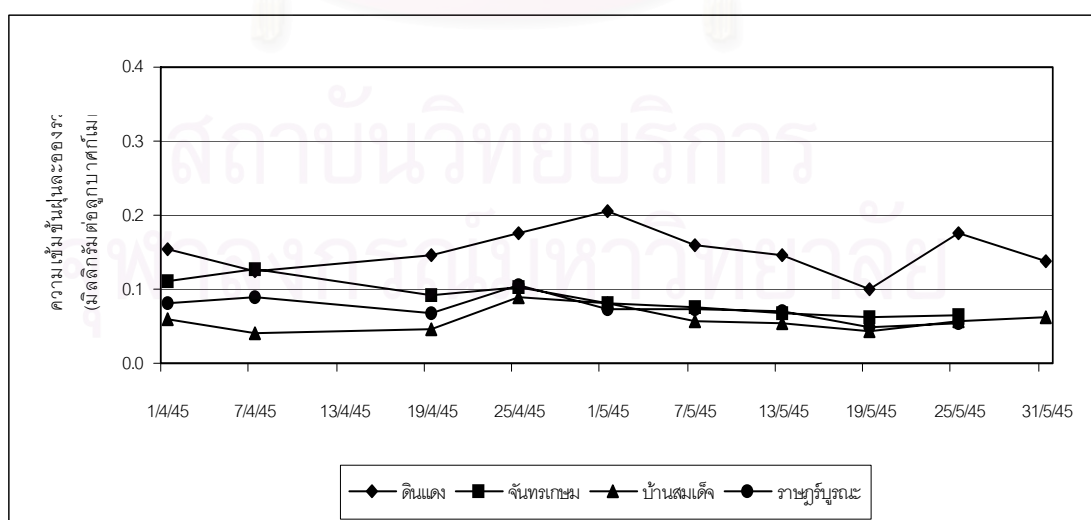
เมื่อพิจารณาถึงค่าความเข้มข้นเฉลี่ย 24 ชั่วโมงของฝุ่นละอองรวมของแต่ละสถานีจะเห็นว่าที่ดินแดงมีค่าความเข้มข้นเฉลี่ยสูงสุด รองลงมาคือที่จันทระเกษม บ้านสมเด็จ และราษฎร์บูรณะมีค่าความเข้มข้นต่ำที่สุด ที่จันทระเกษมและดินแดงมีวันที่มีค่าความเข้มข้นฝุ่นละอองรวมเกินค่ามาตรฐาน (330.0 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)อยู่ คือวันเสาร์ที่ 19 มกราคม พ.ศ. 2545 โดยมีค่าเท่ากับ 330.4 และ 373.0 (เกินค่ามาตรฐานอยู่ 1.13 เท่า) ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ ซึ่งทั้งสองค่านี้เป็นค่าความเข้มข้นที่สูงที่สุดของแต่ละสถานีด้วย



รูปที่ 4.1 ความเข้มข้น 24 ชั่วโมงฝุ่นละอองรวมที่สถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศทั้ง 4 แห่ง ในช่วงลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ

ความเข้มข้น 24 ชั่วโมงของฝุ่นละอองรวมที่ได้ดำเนินการตรวจวัดในช่วงลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้จะได้ค่าความเข้มข้นเฉลี่ย ค่าความเข้มข้นสูงสุดและค่าความเข้มข้นต่ำสุดที่ดินแดงเท่ากับ 142.7, 204.1 และ 98.8 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ที่จันทร์เกษมเท่ากับ 85.8, 128.3 และ 62.7 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ ที่บ้านสมเด็จเจ้าเท่ากับ 52.1, 90.2 และ 40.4 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ และที่ราชบุรีบูรณะเท่ากับ 69.0, 104.2 และ 44.8 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ

การเปลี่ยนแปลงค่าความเข้มข้น 24 ชั่วโมงของฝุ่นละอองรวมในช่วงลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้แสดงดังรูปที่ 4.2 จะเห็นว่าแนวโน้มของค่าความเข้มข้นของแต่ละสถานีส่วนใหญ่ค่อนข้างจะเป็นไปในลักษณะเดียวกัน แต่ในเดือนพฤษภาคมที่ดินแดงจะมีการเพิ่มขึ้นและลดลงของความเข้มข้น 24 ชั่วโมงของฝุ่นละอองรวมมากกว่าและมีความเข้มข้นที่สูงกว่าอีกสามสถานีอย่างเห็นได้ชัด แม้ว่าในช่วงนี้ความเร็วของลมที่ดินแดงจะมีค่าประมาณ 1-4 เมตรต่อวินาที เมื่อเปรียบเทียบกับความเร็วลมที่จันทร์เกษม บ้านสมเด็จเจ้าและราชบุรีบูรณะ ซึ่งมีค่าประมาณ 0-3 0-4 และ 0-4 เมตรต่อวินาที ตามลำดับ จะเห็นว่าความเร็วลมที่ดินแดงค่อนข้างที่จะใกล้เคียงกับอีกสามสถานีแต่ก็ไม่อาจที่จะทำให้ค่าความเข้มข้นที่สถานีนี้ลดลงได้มากเท่ากับอีกสามสถานีนั้น นั่นอาจจะเป็นเพราะว่าที่ดินแดงได้รับอิทธิพลอย่างมากจากแหล่งกำเนิดที่อยู่ในบริเวณใกล้ๆ ซึ่งจะเป็นผลให้ค่าความเข้มข้นของฝุ่นละอองรวมลดลงได้ไม่เท่ากับที่สถานีอื่นๆ และเมื่อพิจารณาถึงค่าความเข้มข้นเฉลี่ยของฝุ่นละอองรวมในแต่ละวัน จะเห็นว่าความเข้มข้นของทั้ง 4 สถานีนั้นจะอยู่ต่ำกว่ามาตรฐานอยู่มาก ซึ่งเป็นผลมาจากความเร็วของลมที่เพิ่มมากขึ้นจากช่วงลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ



รูปที่ 4.2 ความเข้มข้น 24 ชั่วโมง ฝุ่นละอองรวมที่สถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศทั้ง 4 แห่ง ในช่วง

ลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้

โดยภาพรวมค่าความเข้มข้นฝุ่นละอองรวมที่ดินแดงจะมีค่าสูงที่สุดเมื่อเทียบกับอีกสามสถานี ส่วนที่จันทรมณฑล บ้านสมเด็จและราษฎร์บูรณะจะมีค่าความเข้มข้นเฉลี่ย 24 ชั่วโมงที่ต่างกันในเดือนเมษายนและค่อนข้างใกล้เคียงกันในช่วงเดือนพฤษภาคม

เมื่อเปรียบเทียบค่าความเข้มข้น 24 ชั่วโมงของฝุ่นละอองรวมในช่วงลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือและช่วงลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ที่แสดงในตารางที่ 4.4 และ 4.5 ของทุกสถานี จะเห็นว่าค่าความเข้มข้นเฉลี่ย 24 ชั่วโมงในช่วงลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือมีค่ามากกว่าในช่วงลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ทุกสถานี แสดงว่า คุณภาพอากาศของกรุงเทพมหานครในภาพรวมจะค่อนข้างดีในช่วงลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้และจะมีคุณภาพอากาศที่ต่ำในช่วงลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ

4.3 สัดส่วนองค์ประกอบทางเคมีของฝุ่นละอองรวมจากแหล่งกำเนิด

สัดส่วนองค์ประกอบทางเคมีของฝุ่นละอองรวมที่มาจากแหล่งกำเนิดต่างๆ กันจะเป็นข้อมูลที่นำมาใช้ในแบบจำลองคุณภาพมวลเคมีเพื่อคำนวณหาสัดส่วนแหล่งกำเนิดซึ่งได้มีการอธิบายลักษณะของแหล่งกำเนิดและองค์ประกอบทางเคมีไว้แล้วบางส่วนในหัวข้อ 3.2 แต่ในส่วนนี้จะเน้นถึงข้อมูลองค์ประกอบทางเคมีที่นำมาใช้จริงในการวิเคราะห์ซึ่งแสดงไว้ในตารางที่ 4.8

องค์ประกอบทางเคมีที่มีความเข้มข้นสูงและเมื่อเปรียบเทียบกับแหล่งกำเนิดอื่นๆ จะมีความเข้มข้นที่สูงกว่าอย่างเห็นได้ชัด เป็นผลให้องค์ประกอบทางเคมีชนิดนั้นเป็นองค์ประกอบทางเคมีที่ชี้ถึงฝุ่นละอองรวมที่มาจากแหล่งกำเนิดแหล่งนั้นได้ค่อนข้างดี แต่ถ้าแหล่งกำเนิดใดที่มีความเข้มข้นขององค์ประกอบทางเคมีที่ใกล้เคียงกันก็อาจจะเป็นผลให้ไม่สามารถที่จะจำแนกสัดส่วนแหล่งกำเนิดของฝุ่นละอองรวมได้ เพราะฉะนั้นแหล่งกำเนิดแต่ละแห่งจำเป็นต้องมีองค์ประกอบทางเคมีที่เป็นตัวชี้ที่มาได้เป็นอย่างดี ซึ่งมีรายละเอียดการวิเคราะห์แหล่งกำเนิดดังนี้

สัดส่วนองค์ประกอบทางเคมีของไอเสียจากรถดีเซลและมอเตอร์ไซด์มีองค์ประกอบทางเคมีที่เด่นคือ คาร์บอนธาตุ(EC) ซึ่งมีความเข้มข้นมากที่สุดเท่ากับ 0.439 กรัมคาร์บอนธาตุต่อกรัมฝุ่นละอองรวม และค่าความเข้มข้นคาร์บอนอินทรีย์(OC) เท่ากับ 0.175 กรัมคาร์บอนอินทรีย์ต่อกรัมฝุ่นละออง จะเห็นว่าแม้ความเข้มข้นของคาร์บอนอินทรีย์ของไอเสียจากรถดีเซลและมอเตอร์ไซด์จะมีค่าสูงก็ตาม แต่เมื่อเปรียบเทียบกับค่าความเข้มข้นคาร์บอนอินทรีย์จากการเผาไหม้ของชีวมวลซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.316 กรัมคาร์บอนอินทรีย์ต่อกรัมฝุ่นละอองรวมแล้ว จะได้ว่าคาร์บอนอินทรีย์นั้นควรจะเป็นองค์ประกอบทางเคมีที่ชี้ถึงการเผาไหม้ของชีวมวลมากกว่าของไอเสียจากรถดีเซลและมอเตอร์ไซด์ และคาร์บอนธาตุควรจะเป็นองค์ประกอบทางเคมีที่ชี้ถึงแหล่งกำเนิดจากไอเสียจากรถดีเซลและมอเตอร์ไซด์ที่ดีกว่าคาร์บอนอินทรีย์

ตารางที่ 4.8 สัดส่วนองค์ประกอบทางเคมีของฝุ่นละอองรวมจากแหล่งกำเนิดที่ใช้ในการวิเคราะห์
ด้วยแบบจำลองคุณภาพมวลเคมี

(%ค่าความเข้มข้น \pm ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน)

	ไอเสียรถดีเซลและมอเตอร์ไซด์	การเผาไหม้ของชีวมวล	ฝุ่นดินและถนน	การเผาไหม้ของ น้ำมันเตา	โรงหลอมเหล็ก
EC	43.940 \pm 1.610	5.191	1.172 \pm 0.615	0.000 \pm 0.300	4.379 \pm 0.716
OC	17.503 \pm 3.686	31.609	10.013 \pm 1.561	0.000 \pm 0.300	5.130 \pm 0.957
NH ₄ ⁺	ND	ND	0.002 \pm 0.001	0.018 \pm 0.005	0.052 \pm 0.073
Cl ⁻	ND	ND	0.123 \pm 0.060	0.045 \pm 0.014	0.442 \pm 0.625
NO ₃ ⁻	ND	ND	0.015 \pm 0.012	0.000 \pm 0.300	0.209 \pm 0.296
SO ₄ ²⁻	ND	ND	0.459 \pm 0.268	35.300 \pm 10.590	0.746 \pm 1.055
Na	ND	0.131	ND	ND	ND
Al	0.023 \pm 0.004	0.330	8.634 \pm 1.164	0.025 \pm 0.008	0.470 \pm 0.197
Si	0.124 \pm 0.113	ND	21.542 \pm 1.898	0.104 \pm 0.031	1.923 \pm 0.598
S	0.113 \pm 0.076	ND	0.451 \pm 0.156	2.920 \pm 0.876	0.198 \pm 0.101
K	0.011 \pm 0.003	2.34	1.664 \pm 0.194	0.010 \pm 0.003	0.453 \pm 0.008
Ca	0.252 \pm 0.024	0.801	18.825 \pm 1.794	0.062 \pm 0.019	3.133 \pm 0.342
Ti	0.001 \pm 0.001	0.006	0.201 \pm 0.046	0.000 \pm 0.000	0.080 \pm 0.019
V	0.001 \pm 0.002	0	0.012 \pm 0.004	1.070 \pm 0.321	0.007 \pm 0.001
Cr	0.004 \pm 0.002	0.004	0.012 \pm 0.002	0.010 \pm 0.003	0.043 \pm 0.018
Fe	2.128 \pm 0.006	0.213	3.603 \pm 0.546	0.123 \pm 0.037	15.700 \pm 3.034
Zn	0.087 \pm 0.006	0.012	0.064 \pm 0.031	0.003 \pm 0.001	3.913 \pm 2.295
Pb	0.037 \pm 0.004	0.012	0.018 \pm 0.009	0.001 \pm 0.000	0.448 \pm 0.244

ที่มา: * อากาศ หัวังเกียรติ(2544) และ Radian international, LLC (1998)

** อากาศ หัวังเกียรติ(2544)

*** Radian International, LLC(1998)

ตารางที่ 4.8(ต่อ) สัดส่วนองค์ประกอบทางเคมีของฝุ่นละอองรวมจากแหล่งกำเนิดที่ใช้ในการ
วิเคราะห์ด้วยแบบจำลองคุณภาพมวลเคมี

(%ค่าเฉลี่ยความเข้มข้น \pm ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน)

	แอมโมเนียมซัลเฟต***	โซเดียมไนเตรต***	ละอองไอทะเล***
EC	0.000 \pm 0.000	0.000 \pm 0.000	0.000 \pm 0.100
OC	0.000 \pm 0.000	0.000 \pm 0.000	0.000 \pm 0.100
NH ₄ ⁺	21.485 \pm 0.000	0.000 \pm 0.000	0.000 \pm 0.100
Cl ⁻	0.000 \pm 0.000	0.000 \pm 0.000	40.000 \pm 10.000
NO ₃ ⁻	0.000 \pm 0.000	72.950 \pm 0.000	0.005 \pm 0.002
SO ₄ ²⁻	78.075 \pm 0.000	0.000 \pm 0.000	10.000 \pm 4.000
Na	0.000 \pm 0.000	27.050 \pm 0.000	0.000 \pm 0.000
Al	0.000 \pm 0.000	0.000 \pm 0.000	0.000 \pm 0.100
Si	0.000 \pm 0.000	0.000 \pm 0.000	0.000 \pm 0.100
S	24.270 \pm 2.427	0.000 \pm 0.000	3.300 \pm 1.300
K	0.000 \pm 0.000	0.000 \pm 0.000	1.400 \pm 0.200
Ca	0.000 \pm 0.000	0.000 \pm 0.000	1.400 \pm 0.200
Ti	0.000 \pm 0.000	0.000 \pm 0.000	0.000 \pm 0.100
V	0.000 \pm 0.000	0.000 \pm 0.000	0.000 \pm 0.100
Cr	0.000 \pm 0.000	0.000 \pm 0.000	0.000 \pm 0.100
Fe	0.000 \pm 0.000	0.000 \pm 0.000	0.000 \pm 0.100
Zn	0.000 \pm 0.000	0.000 \pm 0.000	0.000 \pm 0.100
Pb	0.000 \pm 0.000	0.000 \pm 0.000	0.000 \pm 0.100

ที่มา: *** Radian International, LLC(1998)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

โปแทสเซียมเป็นองค์ประกอบทางเคมีที่เด่นจากการเผาไหม้ของชีวมวลและฝุ่นละอองจากดินและถนนซึ่งสามารถที่จะเป็นองค์ประกอบทางเคมีที่ชี้ถึงแหล่งกำเนิดทั้งสองได้ แต่ว่าค่าความเข้มข้นของโปแทสเซียมจากการเผาไหม้ของชีวมวลสูงกว่าฝุ่นละอองจากดินและถนน เพราะฉะนั้นโปแทสเซียมควรเป็นองค์ประกอบทางเคมีที่ชี้ถึงการเผาไหม้ของชีวมวลได้ดีกว่าเช่นเดียวกันคาร์บอนอินทรีย์

ฝุ่นละอองจากดินและถนนจะมีองค์ประกอบทางเคมีที่เด่นอยู่ 6 ชนิด คือ อลูมิเนียม ซิลิกอน โปแทสเซียม แคลเซียม ไททาเนียมและเหล็ก จะเห็นได้ว่าองค์ประกอบทางเคมีทั้ง 6 ชนิดนี้สามารถที่จะชี้ถึงฝุ่นละอองที่มาจากดินและถนนได้เป็นส่วนใหญ่ แต่เมื่อเปรียบเทียบค่าความเข้มข้นขององค์ประกอบทางเคมีทั้ง 6 ชนิดแล้วจะถือว่า อลูมิเนียม ซิลิกอนและแคลเซียม เป็นองค์ประกอบทางเคมีที่ชี้ถึงแหล่งกำเนิดนี้ได้ดีกว่าตัวอื่นๆ

การเผาไหม้ของน้ำมันเตาจะมีองค์ประกอบทางเคมีที่เด่น 3 ชนิด ก็คือ ซัลเฟตมีค่าความเข้มข้นเท่ากับ 0.353 กรัมซัลเฟตต่อกรัมฝุ่นละออง ซัลเฟอร์มีค่าความเข้มข้นเท่ากับ 0.029 กรัมซัลเฟอร์ต่อกรัมฝุ่นละอองรวม และวานาเดียมมีค่าความเข้มข้นเท่ากับ 0.011 กรัมวานาเดียมต่อกรัมฝุ่นละอองรวม จากข้อมูลความเข้มข้นที่แสดงนี้ จะได้ว่าซัลเฟตควรจะเป็นองค์ประกอบทางเคมีที่ชี้ถึงแหล่งกำเนิดนี้ แต่เมื่อพิจารณาความเข้มข้นซัลเฟตจากแหล่งกำเนิดอื่นๆ จะเห็นว่าซัลเฟตจากแอมโมเนียมซัลเฟตจะมีค่าความเข้มข้นที่สูงกว่า จากเหตุผลตรงจุดนี้ซัลเฟตจึงไม่ควรที่จะเป็นองค์ประกอบทางเคมีที่ชี้ถึงการเผาไหม้ของน้ำมันเตาแต่ควรจะเป็นวานาเดียมมากกว่า เนื่องจากว่าเมื่อเปรียบเทียบความเข้มข้นวานาเดียมจากการเผาไหม้ของน้ำมันเตาและแหล่งกำเนิดอื่นๆ จะเห็นว่าวานาเดียมจะมีความเข้มข้นที่สูงกว่าแหล่งกำเนิดอื่นอย่างเห็นได้ชัด เพราะฉะนั้นจึงถือได้ว่าวานาเดียมเป็นองค์ประกอบทางเคมีที่ชี้ถึงการเผาไหม้ของน้ำมันเตา

โรงหลอมเหล็กจะปล่อยไอเสียที่มีองค์ประกอบทางเคมีที่เด่นเพียง 1 ชนิดคือ เหล็ก ซึ่งมีความเข้มข้นเท่ากับ 0.157 กรัมเหล็กต่อกรัมฝุ่นละอองรวม ซึ่งจะเห็นว่าฝุ่นละอองจากดินและถนนก็จะมีเหล็กเป็นตัวชี้ด้วยเช่นเดียวกันมีความเข้มข้นเท่ากับ 0.035 กรัมเหล็กต่อกรัมฝุ่นละออง แต่จากการเปรียบเทียบระหว่างค่าความเข้มข้นจากแหล่งกำเนิดทั้งสองแหล่งแล้วจะได้ว่าในแบบจำลองคุณภาพมวลเคมีนี้ เหล็กควรจะเป็นองค์ประกอบทางเคมีที่ชี้ถึงไอเสียจากโรงหลอมเหล็กมากกว่าฝุ่นละอองจากดินและถนน

แอมโมเนียมซัลเฟตและโซเดียมไนเตรตเป็นแหล่งกำเนิดรูปแบบหนึ่งที่มาจากการเกิดปฏิกิริยาภายในบรรยากาศซึ่งมีแหล่งกำเนิดจริงมาจากมากมายหลายแหล่งเพราะฉะนั้นแอมโมเนียมซัลเฟตจะมี แอมโมเนียมไอออน ซัลเฟตและซัลเฟอร์ เป็นองค์ประกอบทางเคมีที่เด่นและเป็นองค์ประกอบทางเคมีที่ชี้ถึงแหล่งกำเนิดนี้ได้ แต่เมื่อพิจารณาค่าความเข้มข้นของ

องค์ประกอบทางเคมีทั้งสามแล้ว ซัลเฟตจะมีค่าความเข้มข้นมากที่สุดและมากกว่าซัลเฟตที่มาจากแหล่งกำเนิดอื่นๆ ด้วย แสดงว่าซัลเฟตควรจะเป็นองค์ประกอบทางเคมีที่ชี้ถึงแอมโมเนียมซัลเฟตมากที่สุด ส่วนโซเดียมไนเตรตจะมีค่าความเข้มข้นของโซเดียมและไนเตรตเท่ากับ 0.271 กรัมโซเดียมต่อกรัมฝุ่นละอองรวมและ 0.730 กรัมไนเตรตต่อกรัมฝุ่นละอองรวม ตามลำดับ จะเห็นว่าค่าความเข้มข้นไนเตรตสูงกว่าโซเดียมมากและเมื่อพิจารณาค่าความเข้มข้นไนเตรตของแหล่งกำเนิดอื่นๆ แล้ว จะได้ว่าไนเตรตควรจะเป็นองค์ประกอบทางเคมีที่ชี้ถึงโซเดียมไนเตรตมากที่สุด

ละอองไอจากทะเลมีค่าความเข้มข้นของคลอไรด์สูงที่สุดเท่ากับ 0.400 กรัมคลอไรด์ต่อกรัมฝุ่นละอองรวม และไม่มีค่าความเข้มข้นของคลอไรด์จากแหล่งกำเนิดที่สูงกว่า เพราะฉะนั้นคลอไรด์จะเป็นองค์ประกอบทางเคมีที่ชี้ถึงละอองไอจากทะเล

4.4 การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของฝุ่นละอองรวมในบรรยากาศ

การศึกษาแผนภูมิการกระจาย (Scatter Plot) ขององค์ประกอบทางเคมีในช่วงเวลาทำการเก็บตัวอย่างจะเป็นเครื่องมือที่ช่วยให้เกิดความเข้าใจเบื้องต้นเกี่ยวกับความเป็นไปได้ที่ฝุ่นละอองรวมจากแหล่งกำเนิดแต่ละแหล่งจะมาถึงจุดเก็บตัวอย่างนั้นๆ และสามารถนำผลที่วิเคราะห์นี้ไปช่วยในการคำนวณและสรุปผลจากแบบจำลองคุณภาพมวลเคมีได้ด้วย

4.4.1 ช่วงลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ

OC และ K จะเป็นองค์ประกอบทางเคมีที่ชี้ถึงการเผาไหม้ของชีวมวลเป็นส่วนใหญ่ แต่ว่า OC นั้นก็จะมาจากไอเสียจากยานพาหนะและ K อาจจะมาจากริมาณดินได้ด้วย ในช่วงลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือความเข้มข้นเฉลี่ยของ OC และ K ที่ดินแดงเท่ากับ 43.8 และ 3.30 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ ที่จันทร์เกษมเท่ากับ 16.1 และ 1.80 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ ที่บ้านสมเด็จเท่ากับ 23.2 และ 2.36 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ และที่ราษฎร์บูรณะ เท่ากับ 16.7 และ 1.84 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ จากรูปที่ 4.3 แสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่าง OC และ K ของแต่ละสถานี จะเห็นว่าความสัมพันธ์ระหว่าง OC และ K ที่จันทร์เกษมและบ้านสมเด็จนั้นอยู่ในระดับที่ค่อนข้างดีมากที่สุดที่ดินแดงและราษฎร์บูรณะมีความสัมพันธ์ที่ไม่ค่อยดีนัก แสดงว่าปริมาณ OC ที่จันทร์เกษมและบ้านสมเด็จมาจากการเผาไหม้ของชีวมวลเป็นส่วนใหญ่แต่ที่ดินแดงและราษฎร์บูรณะ ปริมาณ OC บางส่วนอาจจะมาจากไอเสียจากยานพาหนะ

Al Ca Si Fe และ Ti เป็นองค์ประกอบทางเคมีที่ขึ้นถึงฝุ่นละอองรวมจากดินและถนนเป็นส่วนใหญ่ แต่ Al และ Si อาจจะมาจากการเผาไหม้ของถ่านหิน Ca อาจจะมาจากการก่อสร้าง และ Fe อาจจะมาจากรถบรรทุกได้ด้วย ค่าความเข้มข้นของ Al Ca และ Si ที่ดินแดง เท่ากับ 1.34 12.1 และ 1.41 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ ที่จันทร์เกษมเท่ากับ 0.71 5.82 และ 0.75 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ ที่บ้านสมเด็จเท่ากับ 0.59 4.66 และ 0.90 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ และที่ราษฎร์บูรณะ เท่ากับ 0.62 4.96 และ 0.42 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร จากรูปที่ 4.4 แสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่าง Al และ Ca กับ Si ของแต่ละสถานี ซึ่งจะเห็นว่าที่จันทร์เกษมจะมีความสัมพันธ์ระหว่าง Al กับ Si และ Ca กับ Si ค่อนข้างดี แต่จากรูปที่ 4.5 ซึ่งแสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่าง Al และ Ca ที่สถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศทั้ง 4 สถานี จะได้ว่าที่จันทร์เกษมความสัมพันธ์ระหว่าง Al และ Ca ค่อนข้างต่ำ สรุปได้ว่า Al และ Si อาจจะมาจกฝุ่นดินและถนนเป็นส่วนใหญ่ แต่บางส่วนของ Ca จะมาจากฝุ่นจากดินและถนนและบางส่วนมาจากการก่อสร้างในบริเวณนั้นๆ

ที่ดินแดงความสัมพันธ์ระหว่าง Al กับ Si และ Ca กับ Si นั้นค่อนข้างต่ำแสดงว่า Al และ Ca น่าจะมีผลมาจากแหล่งกำเนิดอื่นๆ อีก และเมื่อพิจารณาถึงความสัมพันธ์ระหว่าง Al และ Ca จะได้ว่าความสัมพันธ์นั้นค่อนข้างดีมาก แสดงว่า Al และ Ca นั้นมาจากฝุ่นดินและถนนมาก แต่ Si นั้นยังไม่สามารถที่จะสรุปได้ว่ามาจากแหล่งกำเนิดใดแน่นอน ที่บ้านสมเด็จและราษฎร์บูรณะ ความสัมพันธ์ระหว่าง Al กับ Si และ Ca กับ Si นั้นถือได้ว่าไม่มีความสัมพันธ์กัน แสดงว่าที่ บ้านสมเด็จอาจจะมี Al Si และ Ca มาจากแหล่งกำเนิดอื่นๆ อีก เมื่อพิจารณาถึงความสัมพันธ์ระหว่าง Al และ Ca จะได้ว่าความสัมพันธ์นั้นค่อนข้างดีแสดงว่า Al และ Ca นั้นมาจากฝุ่นดินและถนน ค่อนข้างแน่นอน แต่ Si นั้นยังไม่สามารถที่จะสรุปได้ว่ามาจากแหล่งกำเนิดใด และที่ราษฎร์บูรณะ จะได้ว่า Al Si และ Ca อาจจะมาจกแหล่งกำเนิดที่ต่างกัน แต่เมื่อพิจารณาถึงความสัมพันธ์ระหว่าง Al และ Ca จะได้ว่าความสัมพันธ์นั้นอยู่ในระดับดีมาก แสดงว่า Al และ Ca มาจากฝุ่นละอองจากดินและถนนอย่างแน่นอน แต่ Si นั้นยังคงไม่สามารถที่จะระบุแหล่งกำเนิดได้

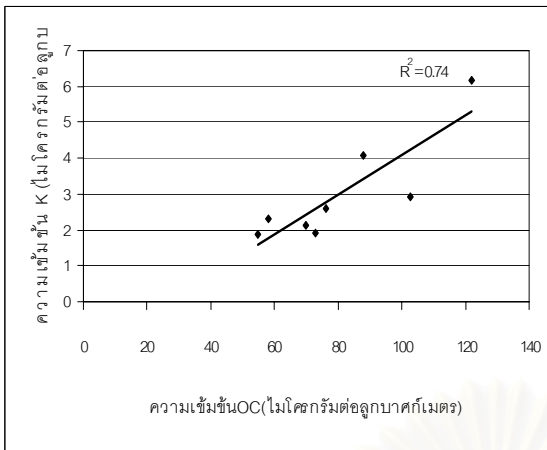
Zn และ Pb เป็นองค์ประกอบทางเคมีที่ขึ้นถึงฝุ่นละอองรวมที่มาจากมลพิษที่ไม่ใช่เหล็ก เตาเผาขยะ และยานพาหนะ ค่าความเข้มข้นเฉลี่ยของ Zn และ Pb ที่ดินแดง เท่ากับ 0.669 และ 0.068 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ ที่จันทร์เกษมเท่ากับ 0.309 และ 0.045 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ ที่บ้านสมเด็จเท่ากับ 0.364 และ 0.054 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ และที่ราษฎร์บูรณะ เท่ากับ 0.374 และ 0.061 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร จากรูปที่ 4.6 แสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่าง Zn และ Pb ของทั้ง 4 สถานี จะเห็นว่าความสัมพันธ์ของ Zn และ Pb ค่อนข้างดีที่จันทร์เกษม ดินแดง และราษฎร์บูรณะ แต่ที่บ้านสมเด็จ ความสัมพันธ์นั้นต่ำมาก จะเห็นว่าทุกสถานีเมื่อความเข้มข้นของ Zn สูงขึ้นความสัมพันธ์ของ Pb

กับ Zn จะต่ำลง แสดงว่าวันที่ความเข้มข้นของ Zn มีมาก Zn อาจจะมาจกแหล่งกำเนิดมากมายหลายชนิดซึ่งไม่สามารถระบุแหล่งกำเนิดได้แต่ในวันที่ความเข้มข้น Zn ต่ำจะมีความสัมพันธ์กับ Pb ค่อนข้างดีแสดงว่า Zn และ Pb มาจากแหล่งกำเนิดเดียวกันซึ่งอาจจะเป็นไปได้ที่มาจากยานพาหนะเป็นส่วนใหญ่ จากความสัมพันธ์ความเข้มข้นของ Zn และ Pb ที่ต่ำที่บ้านสมเด็จพระเจ้าตากสินมหาราช ผลให้จำนวนแหล่งกำเนิดของ Zn และ Pb ที่มีผลต่อจุดนี้ อาจจะมีมากกว่าสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศอื่นๆ

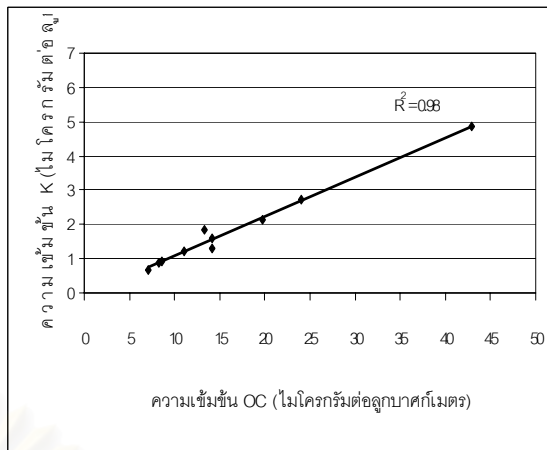
Cl เป็นองค์ประกอบทางเคมีที่ชี้ถึงฝุ่นละอองที่มาจกทะเลอ่าวไทย แต่ก็เป็นองค์ประกอบทางเคมีที่ชี้ถึงการเผาไหม้ชีวมวลด้วย ส่วน Na นั้นก็เป็นองค์ประกอบทางเคมีที่ชี้ถึงทะเลอ่าวไทยเช่นเดียวกันกับ Cl ละอองทะเลส่วนใหญ่แล้วจะอยู่ในรูปของ NaCl ซึ่งจะมาจกทางทิศใต้ของกรุงเทพมหานคร จากการตรวจวัด ความเข้มข้นเฉลี่ยของ Na และ Cl ที่ดินแดง เท่ากับ 4.02 และ 1.64 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ ที่จันทร์เกษมเท่ากับ 2.07 และ 0.96 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ ที่บ้านสมเด็จพระเจ้าตากสินมหาราชเท่ากับ 2.17 และ 0.87 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ และที่ราษฎร์บูรณะ เท่ากับ 2.83 และ 0.96 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ จากรูปที่ 4.7 แสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่าง Na และ Cl ของทั้ง 4 สถานี จะเห็นว่าที่บ้านสมเด็จพระเจ้าตากสินมหาราชมีความสัมพันธ์ของ Na กับ Cl ดีกว่าสถานีอื่นๆ แต่ว่าความสัมพันธ์นั้นก็ยังถือว่าต่ำ และจะเห็นได้ก็ว่าความสัมพันธ์ของ Na และ Cl ในทุกสถานีอยู่ในระดับที่ต่ำเหมือนกันโดยเฉพาะอย่างยิ่งที่ดินแดง แสดงว่าละอองทะเลจะไม่ส่งผลมากนักในช่วงลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ และ Cl นั้นควรจะมาจากแหล่งกำเนิดอื่นซึ่งอาจจะเป็นการเผาไหม้ของชีวมวลก็เป็นไปได้

การวิเคราะห์การถดถอยความสัมพันธ์ระหว่าง SO_4^{2-} และ S แสดงให้เห็นถึงผลที่ได้จากการจำแนกสัดส่วนของแอมโมเนียมซัลเฟตนั้นจะมีได้รับผลกระทบจากซัลเฟตเพียงชนิดเดียวหรือไม่ ซึ่งแสดงดังรูปที่ 4.8 ถึง 4.11 จากการวิเคราะห์นี้แสดงให้เห็นว่าความสัมพันธ์ระหว่าง SO_4^{2-} และ S ค่อนข้างดีมากในทุกสถานี และสมการการถดถอยที่แสดงนั้นจะแสดงถึงอัตราส่วนระหว่าง SO_4^{2-} และ S ที่ในทางทฤษฎีอัตราส่วนระหว่าง SO_4^{2-} และ S นั้นจะมีค่าเท่ากับ 3.0

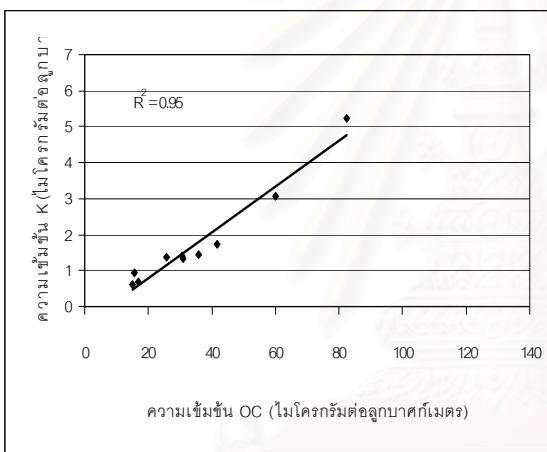
อัตราส่วนระหว่าง SO_4^{2-} และ S ที่ดินแดง จันทร์เกษม บ้านสมเด็จพระเจ้าตากสินมหาราชและราษฎร์บูรณะ เท่ากับ 2.30 3.45 3.20 และ 3.05 ตามลำดับ จะได้ว่าที่จันทร์เกษม และบ้านสมเด็จพระเจ้าตากสินมหาราช อัตราส่วนที่เกินกว่าค่าทางทฤษฎีแสดงว่าซัลเฟตที่เก็บตัวอย่างได้ในบริเวณนั้นเป็นซัลเฟตที่ละลายน้ำได้ (Water-Soluble S) จึงทำให้ปริมาณซัลเฟตเพิ่มขึ้น และที่ราษฎร์บูรณะมีอัตราส่วนที่ใกล้เคียงกับทางทฤษฎี แต่ที่ดินแดงมีอัตราส่วนที่ต่ำกว่า 3.0 ทั้งนี้อาจจะเป็นเนื่องมาจากซัลเฟตที่ไม่ละลายน้ำ (Non-water-soluble S) ในบรรยากาศจึงทำให้ค่าความเข้มข้นของซัลเฟตต่ำและจากรูปแบบของซัลเฟตที่เป็นละอองไอน้ำในบรรยากาศนั้นอาจจะมีผลต่อการละลายน้ำได้ด้วย



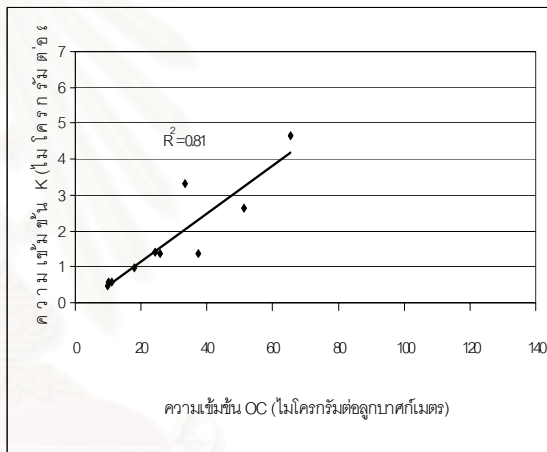
ก. ดินแดง



ข. จันทองเกษม

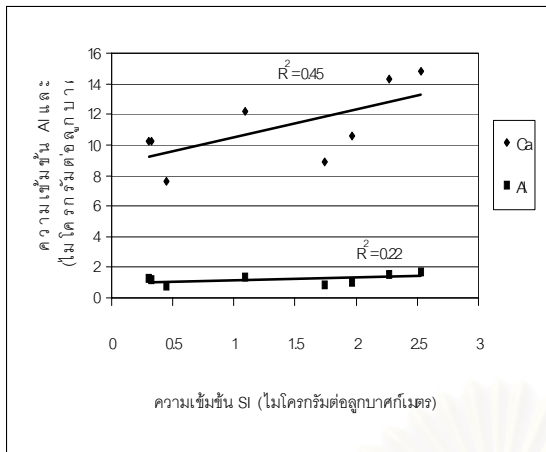


ค. บ้านสมเด็จ

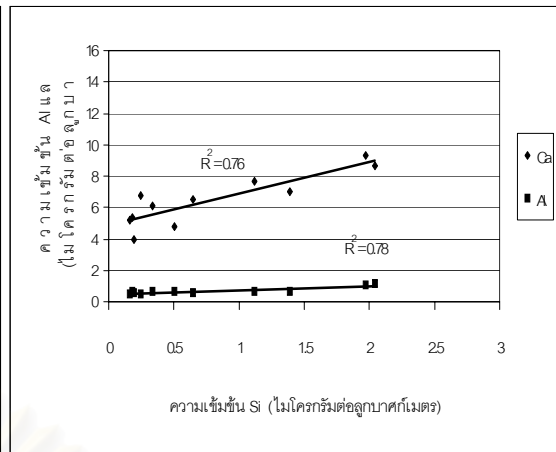


ง. ราษฎร์บูรณะ

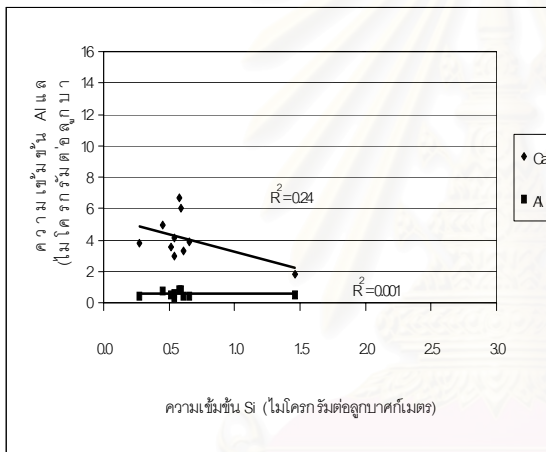
รูปที่ 4.3 ความสัมพันธ์ระหว่าง OC และ K ที่สถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศทั้ง 4 สถานี ช่วงลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ



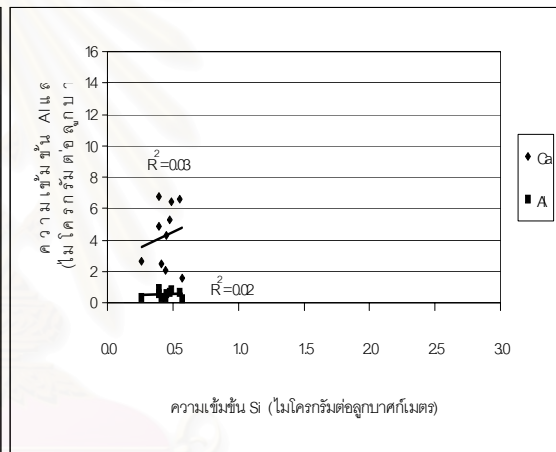
ก. ดินแดง



ข. จันทองเกษม



ค. บ้านสมเด็จ

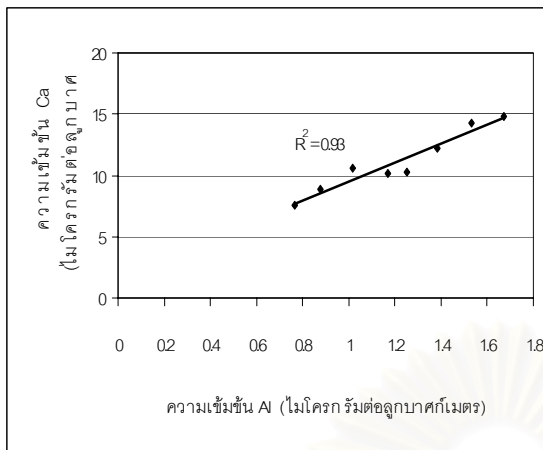


ง. ราษฎร์บูรณะ

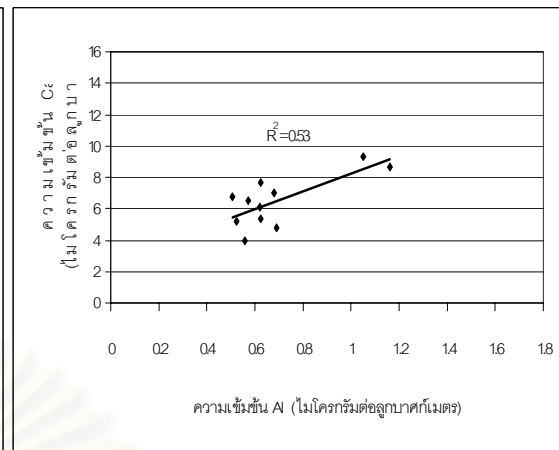
รูปที่ 4.4 ความสัมพันธ์ระหว่าง Al Ca และ Si ที่สถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศทั้ง 4 สถานี ช่วง
ลม

มรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ

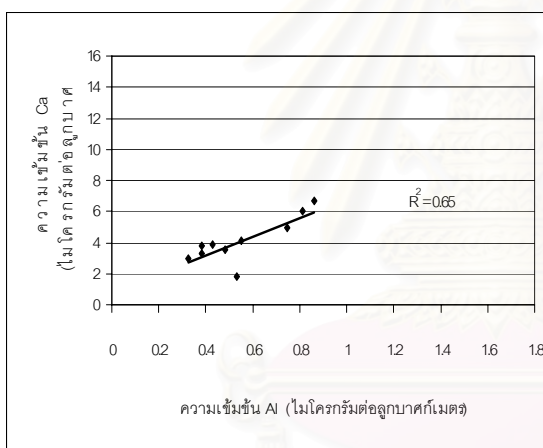
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



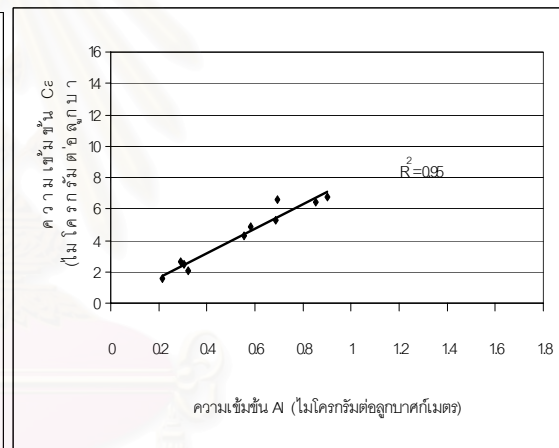
ก. ดินแดง



ข. จันทรถเกษม

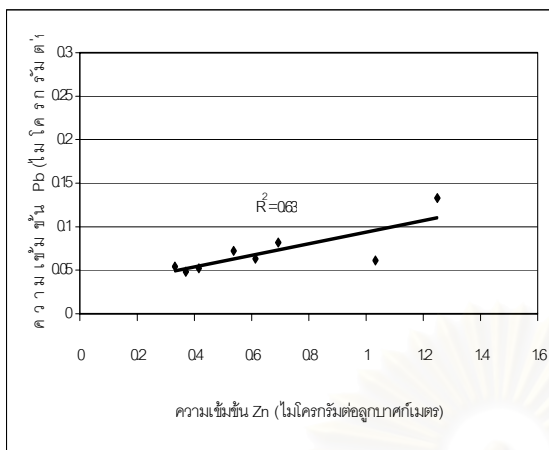


ค. บ้านสมเด็จ

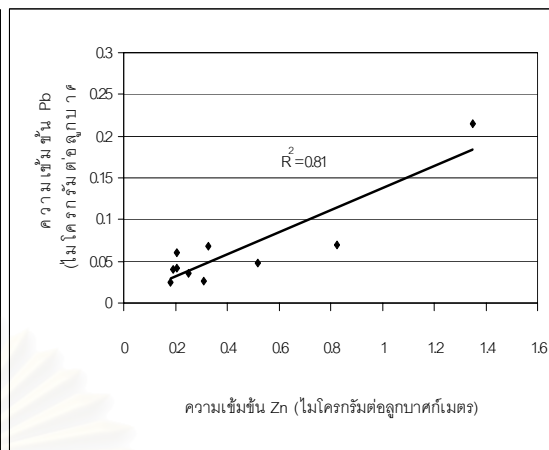


ง. ราษฎร์บูรณะ

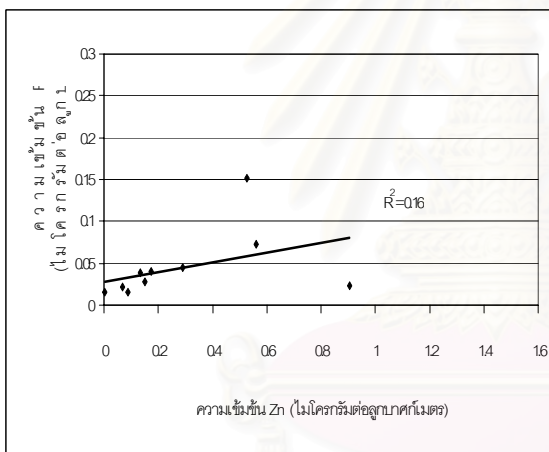
รูปที่ 4.5 ความสัมพันธ์ระหว่าง AI และ Ca ที่สถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศทั้ง 4 สถานี ช่วงลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ



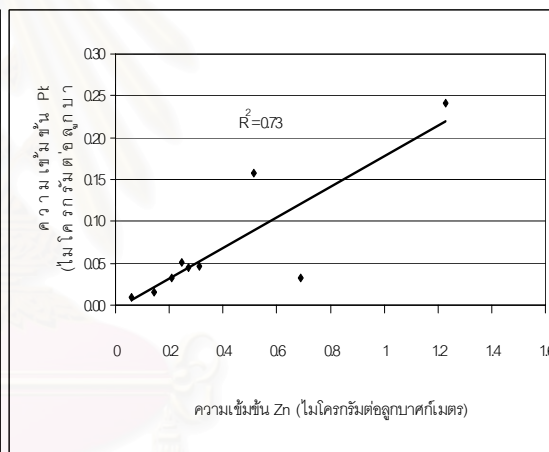
ก.ดินแดง



ข.จันทระเกษม

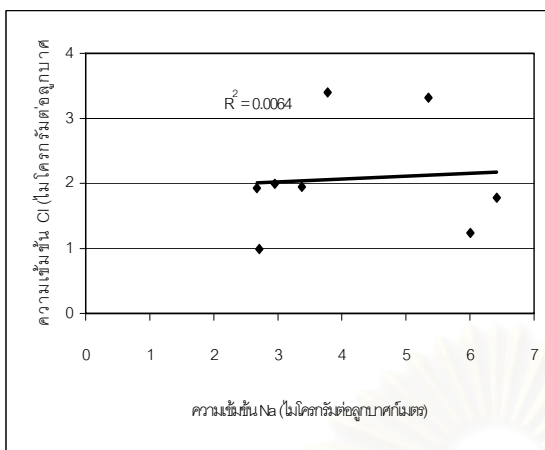


ค.บ้านสมเด็จเจ้า

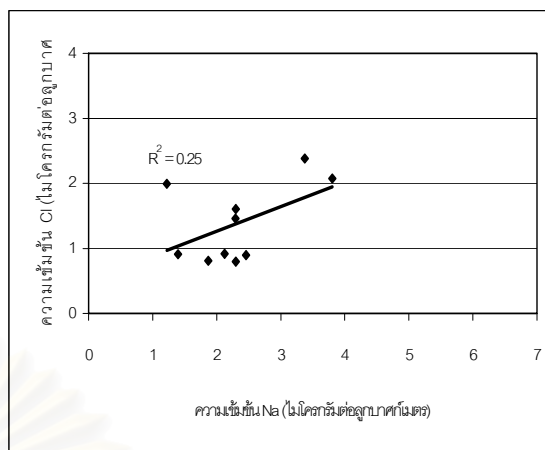


ง.ราชบุรีบูรณะ

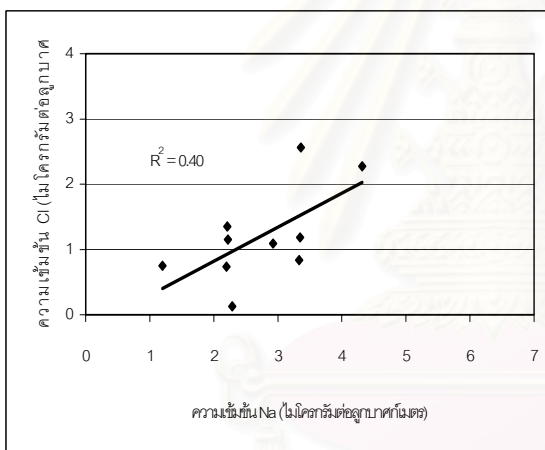
รูปที่ 4.6 ความสัมพันธ์ระหว่าง Zn และ Pb ที่สถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศทั้ง 4 สถานี ช่วงลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ



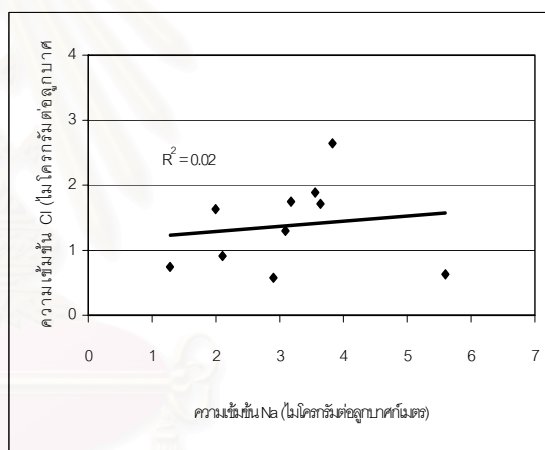
ก.ดินแดง



ข.จันทรเกษม

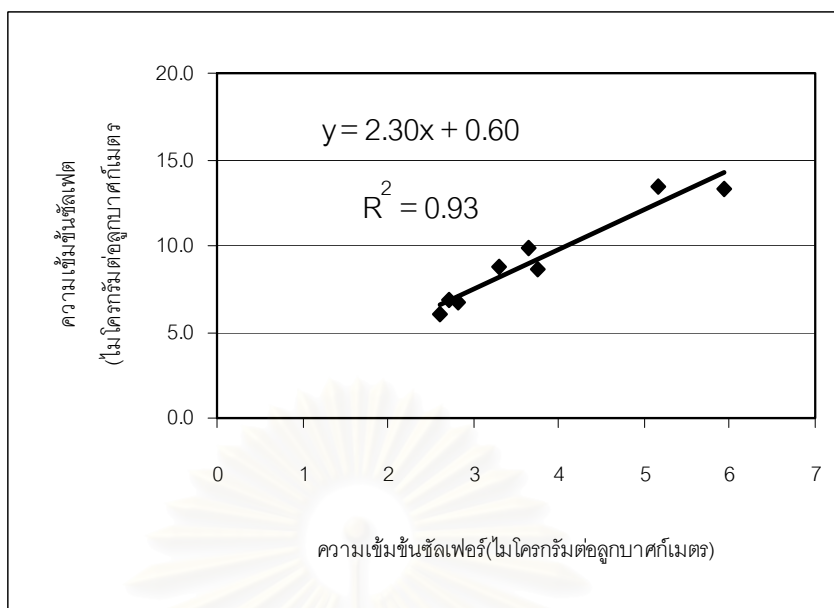


ค.บ้านสมเด็จเจ้าพระยา

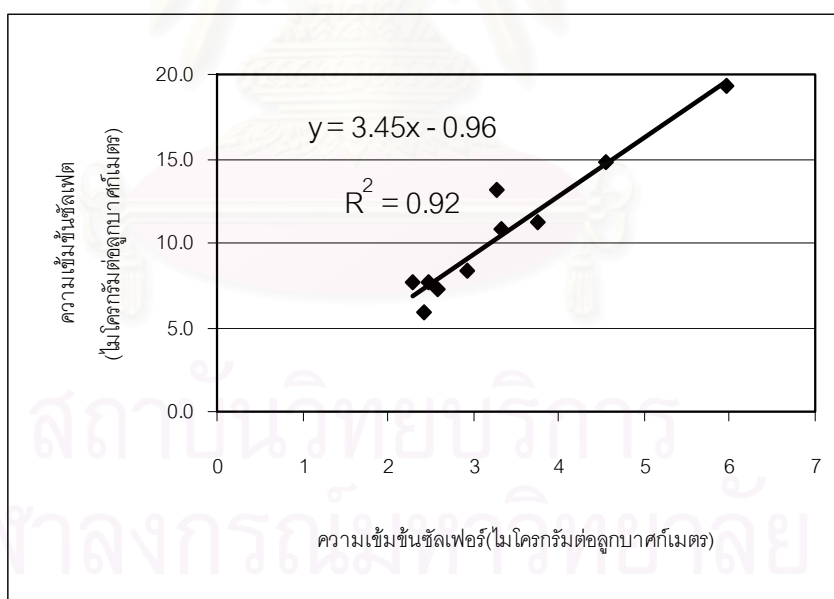


ง.ราษฎร์บูรณะ

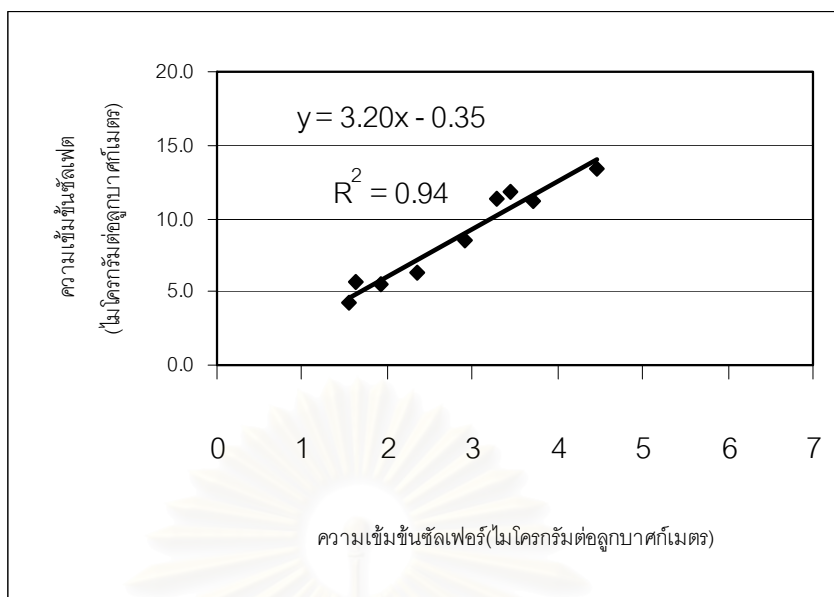
รูปที่ 4.7 ความสัมพันธ์ระหว่าง Na และ Cl ที่สถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศทั้ง 4 สถานี ช่วงลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ



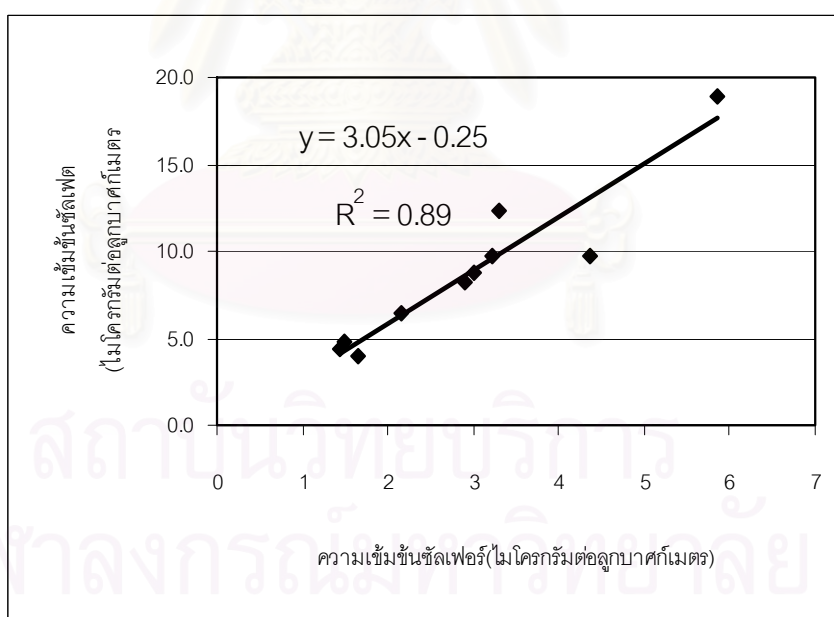
รูปที่ 4.8 ความสัมพันธ์ระหว่าง SO_4^{2-} และ S ที่สถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศเคหะชุมชนดินแดง ช่วงลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ



รูปที่ 4.9 ความสัมพันธ์ระหว่าง SO_4^{2-} และ S ที่สถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศราชภัฏจันทรเกษม ช่วงลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ



รูปที่ 4.10 ความสัมพันธ์ระหว่าง SO_4^{2-} และ S ที่สถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยาช่วงลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ

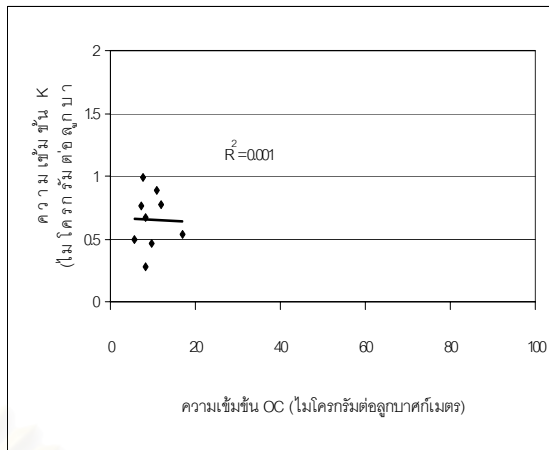
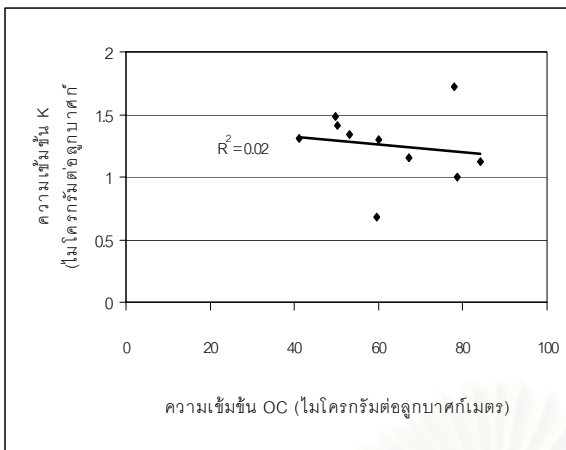


รูปที่ 4.11 ความสัมพันธ์ระหว่าง SO_4^{2-} และ S ที่สถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศที่ทำการไปรษณีย์โทรเลขราชภัฏบรณะช่วงลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ

4.4.2 ช่วงลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้

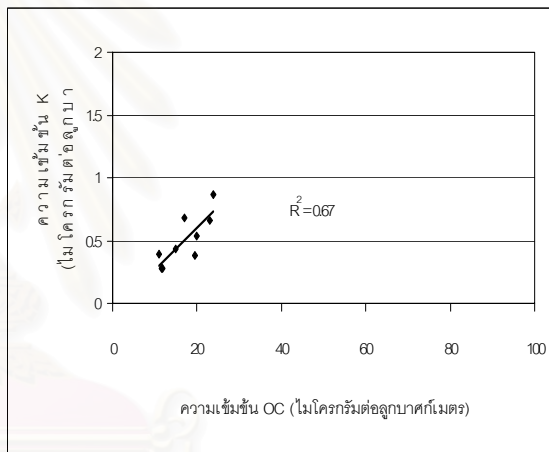
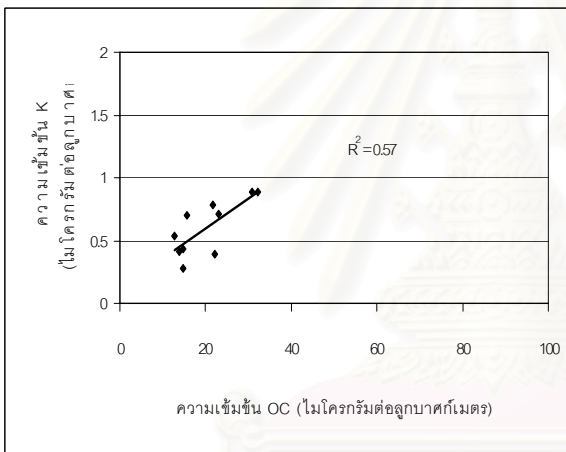
ค่าความเข้มข้นเฉลี่ยของ OC และ K ที่ดินแดง เท่ากับ 29.5 และ 1.28 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ ที่จันทร์เกษมเท่ากับ 8.54 และ 0.70 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ ที่บ้านสมเด็จเท่ากับ 8.11 และ 0.53 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ และที่ราษฎร์บูรณะ เท่ากับ 8.22 และ 0.44 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ จากรูปที่ 4.12 แสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่าง OC และ K ของแต่ละสถานี จะเห็นว่าความสัมพันธ์ระหว่าง OC และ K ที่ดินแดงและจันทร์เกษมมีความสัมพันธ์ที่ไม่ดี และที่บ้านสมเด็จและราษฎร์บูรณะจะมีความสัมพันธ์อยู่ในระดับที่ค่อนข้างต่ำแต่ก็ยังมีความสัมพันธ์ที่ดีกว่าสองสถานีแรก ทั้งนี้อาจเนื่องจากว่าความเร็วลมที่เพิ่มมากขึ้นทำให้การกระจายของแหล่งกำเนิดไปได้ไกลมากขึ้นและทำให้ผลกระทบจากแหล่งกำเนิดที่อยู่ใกล้ๆ สถานีก็อาจที่จะส่งผลต่อจุดนั้นลดลง จากความสัมพันธ์ระหว่าง OC และ K จะแสดงให้เห็นว่าปริมาณ OC ที่ดินแดงและจันทร์เกษมในช่วงนี้ควรจะมาจากยานพาหนะและการเผาไหม้ที่เกิดจากอุตสาหกรรมมากกว่า แต่ที่บ้านสมเด็จและราษฎร์บูรณะควรจะมาจากการเผาไหม้ของชีวมวลมากกว่าไอเสียจากยานพาหนะ และการเผาไหม้ที่เกิดจากโรงงานอุตสาหกรรม

ค่าความเข้มข้นของ Al Ca และ Si ที่ดินแดง เท่ากับ 0.67 7.33 และ 0.34 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ ที่จันทร์เกษมเท่ากับ 0.52 5.18 และ 0.28 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ ที่บ้านสมเด็จเท่ากับ 0.27 1.96 และ 0.31 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ และที่ราษฎร์บูรณะ เท่ากับ 0.39 2.81 และ 0.39 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ จะเห็นว่าความเข้มข้นของ Ca ยังคงสูงกว่า Al และ Si เช่นเดียวกับช่วงลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ จากรูปที่ 4.13 แสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่าง Al Ca กับ Si ของแต่ละสถานีในช่วงลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ ซึ่งจะเห็นว่าที่จันทร์เกษมจะมีความสัมพันธ์ระหว่าง Al กับ Si ค่อนข้างต่ำแต่ Ca กับ Si ค่อนข้างดี และเมื่อพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่าง Al กับ Ca ดังแสดงในรูปที่ 4.14 ที่สถานีนี้ความสัมพันธ์ระหว่าง Al กับ Ca ค่อนข้างดี แสดงว่า Al Ca และ Si ที่จุดนี้ส่วนใหญ่มาจากฝุ่นจากดินและถนน ส่วนที่ดินแดง บ้านสมเด็จและราษฎร์บูรณะนั้นมีความสัมพันธ์ระหว่าง Al กับ Si และ Ca กับ Si ในระดับที่ถือว่าต่ำมาก และเมื่อพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่าง Al และ Ca ที่ดินแดงค่อนข้างสูงซึ่งแสดงให้เห็นว่า Al กับ Ca ควรจะมาจากแหล่งกำเนิดเดียวกันนั่นก็คือมาจากฝุ่นจากดินและถนนแต่ Si นั้นอาจจะมาจากแหล่งกำเนิดอื่นซึ่งไม่สามารถที่จะระบุได้ ส่วนที่บ้านสมเด็จและราษฎร์บูรณะความสัมพันธ์ของทั้ง Al Ca และ Si อยู่ในระดับต่ำมาก จึงไม่สามารถที่จะคาดได้ว่าองค์ประกอบทางเคมีทั้งสามชนิดนี้มาจากแหล่งกำเนิดใดได้ แต่ว่าก็สามารถที่จะคาดได้ว่าแหล่งกำเนิดของฝุ่นจากดินและถนนไม่ควรที่จะมีผลต่อที่บ้านสมเด็จและราษฎร์บูรณะ



ก.ดินแดง

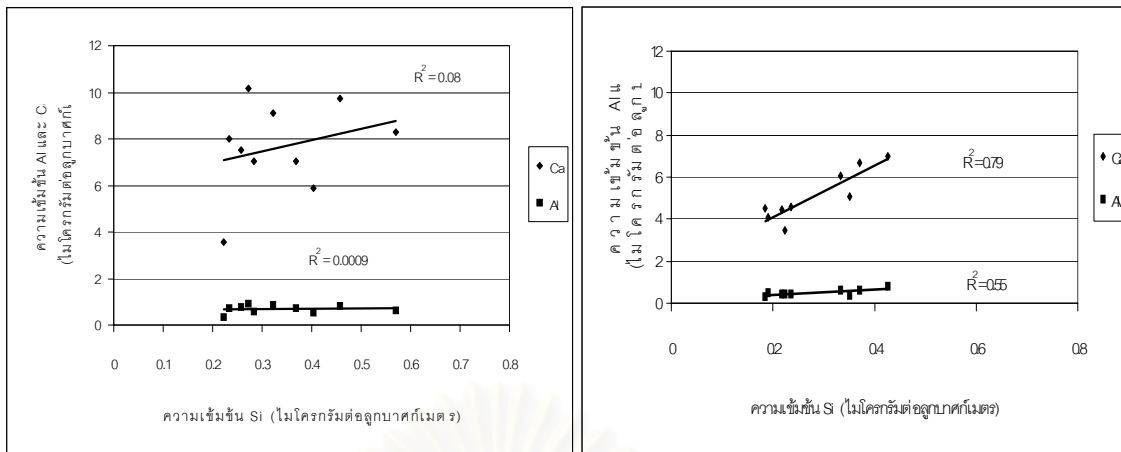
ข.จันทพรเกษม



ค.บ้านสมเด็จเจ้าพระยา

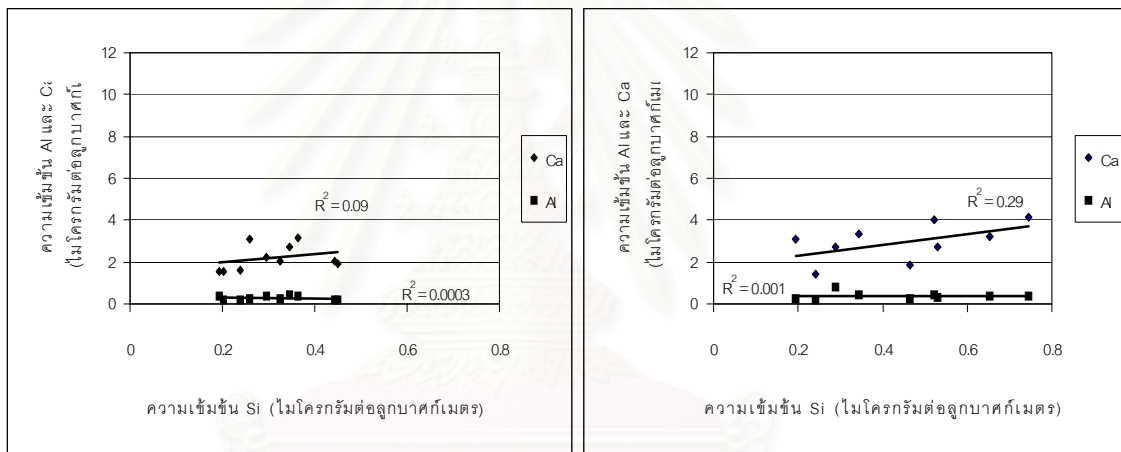
ง.ราษฎร์บูรณะ

รูปที่ 4.12 ความสัมพันธ์ระหว่าง OC และ K ที่สถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศทั้ง 4 สถานี ช่วงลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้



ก.ดินแดง

ข.จันทรวงาช



ค.บ้านสมเด็จ

ง.ราชบุรีบูรณะ

รูปที่ 4.13 ความสัมพันธ์ระหว่าง Al กับ Si และ Ca กับ Si ที่สถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศทั้ง 4 สถานี ช่วงลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้

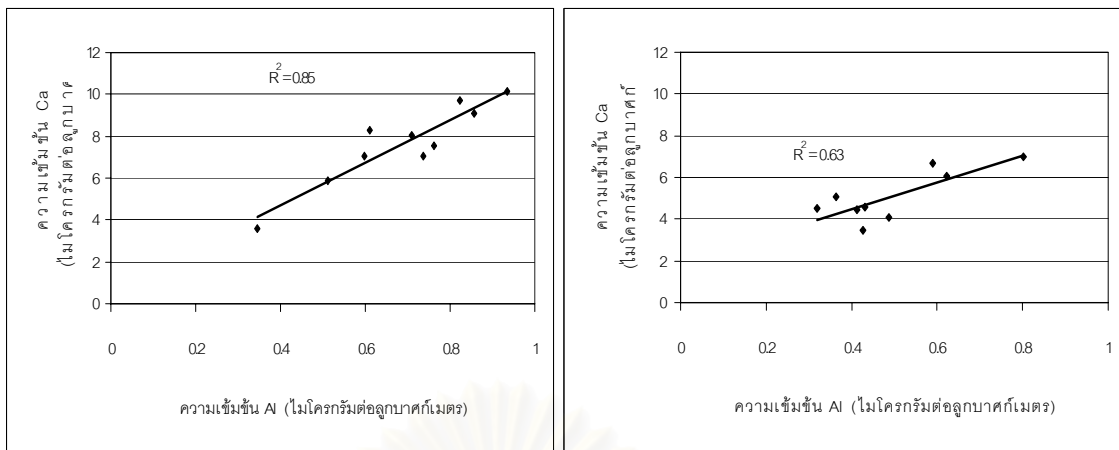
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ค่าความเข้มข้นเฉลี่ยของ Zn และ Pb ที่ดินแดง เท่ากับ 0.420 และ 0.045 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ จันทรเกษมเท่ากับ 0.289 และ 0.027 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ ที่บ้านสมเด็จเท่ากับ 0.165 และ 0.024 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ และที่ราษฎร์บูรณะ เท่ากับ 0.299 และ 0.029 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร จากรูปที่ 4.15 แสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่าง Zn และ Pb ของทั้ง 4 สถานี จะเห็นว่าไม่มีความสัมพันธ์ระหว่าง Zn และ Pb ที่จันทรเกษม และจากความเข้มข้นของ Zn และ Pb มีค่าที่ต่ำมากทั้งนี้อาจจะเป็นไปได้ว่าแหล่งกำเนิดที่ปล่อย Zn และ Pb มีผลกระทบต่อจุดนี้มีอยู่มากมาย ส่วนที่ดินแดง บ้านสมเด็จและราษฎร์บูรณะ ความสัมพันธ์ระหว่าง Zn และ Pb ค่อนข้างต่ำ ซึ่งคาดว่าจะมีบางส่วนมาจากไอเสียจากยานพาหนะและจากเตาเผาขยะ แต่ก็ไม่สามารถเจาะจงไปได้อย่างชัดเจนว่ามาจากแหล่งกำเนิดใด

ความเข้มข้นเฉลี่ยของ Na และ Cl ที่ดินแดง เท่ากับ 2.14 และ 2.35 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ ที่จันทรเกษมเท่ากับ 2.02 และ 2.20 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ ที่บ้านสมเด็จ เท่ากับ 1.64 และ 2.23 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ และที่ราษฎร์บูรณะเท่ากับ 2.05 และ 2.86 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ จะเห็นว่าความเข้มข้นของ Cl ค่อนข้างสูงในทุกสถานีทั้งนี้ น่าจะมีผลมาจากละอองไอจากทะเล เมื่อพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่าง Na และ Cl ของทั้ง 4 สถานี ดังแสดงในรูปที่ 4.16 จะเห็นว่าความสัมพันธ์นั้นค่อนข้างดีในทุกสถานีโดยเฉพาะที่ราษฎร์บูรณะจะมีความสัมพันธ์ของ Na กับ Cl ดีกว่าสถานีอื่นๆ และความสัมพันธ์จะต่ำลงที่สุดที่จันทรเกษมแสดงว่าผลจากละอองไอจากทะเลจะส่งผลกระทบต่อจุดที่อยู่ติดกับทะเลมากกว่าและในช่วงนี้แหล่งกำเนิดของ Na และ Cl ควรจะมาจากทะเลอย่างแน่นอน ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับในช่วงลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือแล้ว ในช่วงนี้ละอองไอจากทะเลจะมีผลอย่างมากต่อทุกสถานี

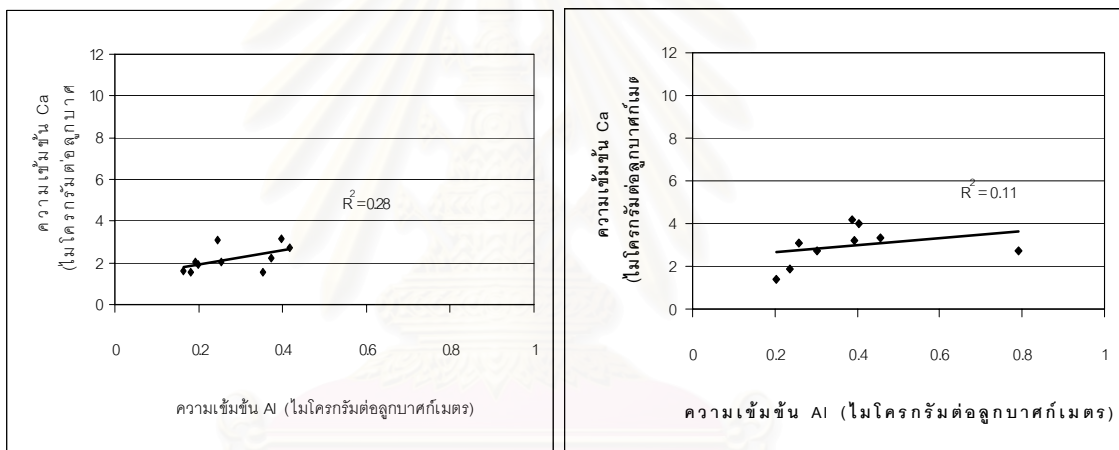
การวิเคราะห์การถดถอยความสัมพันธ์ระหว่าง SO_4^{2-} และ S แสดงดังรูปที่ 4.17 ถึง 4.20 จากการวิเคราะห์นี้แสดงให้เห็นว่าความสัมพันธ์ระหว่าง SO_4^{2-} และ S ค่อนข้างดีมากในทุกสถานี และสมการการถดถอยที่แสดงนั้นจะแสดงถึงอัตราส่วนระหว่าง SO_4^{2-} และ S ที่ในทางทฤษฎีอัตราส่วนระหว่าง SO_4^{2-} และ S นั้นจะมีค่าเท่ากับ 3.0

อัตราส่วนระหว่าง SO_4^{2-} และ S ที่ดินแดง จันทรเกษม บ้านสมเด็จเจ้าพระยาและราษฎร์บูรณะเท่ากับ 2.94 3.50 3.08 และ 3.45 ตามลำดับ จะได้ว่าที่จันทรเกษม และราษฎร์บูรณะมีอัตราส่วนที่เกินกว่าค่าทางทฤษฎี และที่จันทรเกษมจะยังคงมีค่าอัตราส่วนสูงกว่าค่าทางทฤษฎีทั้งสองช่วงลมมรสุมทั้งนี้ คาดว่าน่าจะมีซัลเฟอรัที่ละลายน้ำในปริมาณที่มากกว่าทั้งในทางทิศตะวันออกเฉียงเหนือและตะวันตกเฉียงใต้และในช่วงลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ที่ราษฎร์บูรณะจะมีอัตราส่วนที่เพิ่มขึ้นจากช่วงลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือแสดงว่าปริมาณซัลเฟอรัที่ละลายน้ำได้



ก.ดินแดง

ข.จันทรวงษม

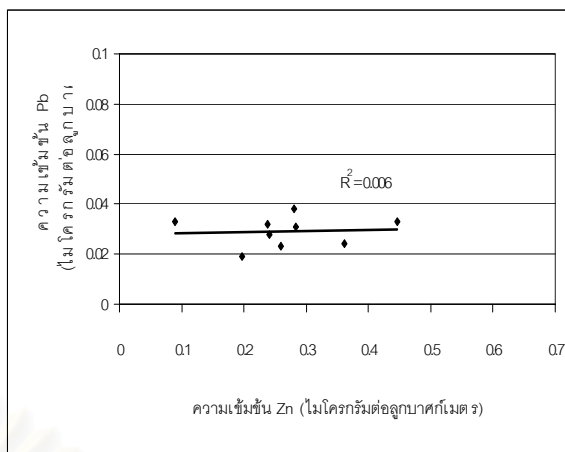
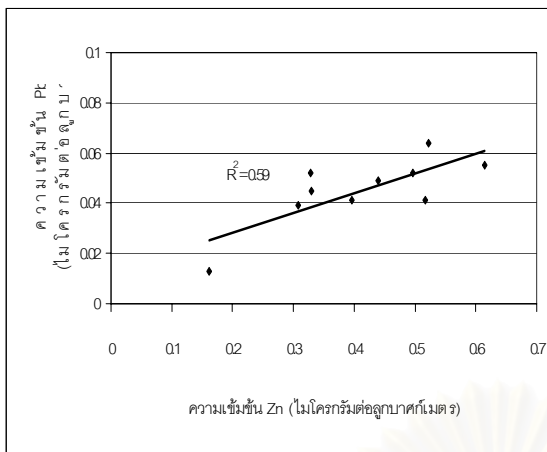


ค.บ้านสมเด็จ

ง.ราชบุรีบูรณะ

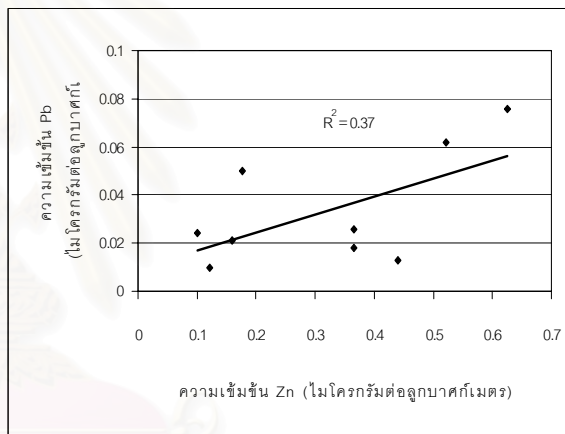
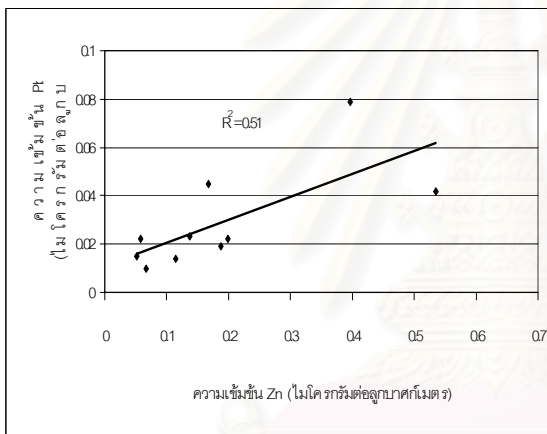
รูปที่ 4.14 ความสัมพันธ์ระหว่าง Al และ Ca ที่สถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศทั้ง 4 สถานี ช่วงลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้

นั้นควรจะมาจากแหล่งกำเนิดในทิศใต้และทิศตะวันตกเฉียงใต้มากกว่า ส่วนที่ดินแดงมีอัตราส่วนที่ใกล้เคียงกับค่าทางทฤษฎีและเมื่อเปรียบเทียบกับในช่วงลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือแล้วแหล่งกำเนิดที่มีซัลเฟอร์ไม่ละลายน้ำจะอยู่ทางทิศตะวันออกเฉียงเหนือ และที่บ้านสมเด็จจะมีค่าอัตราส่วนที่คงที่ทั้ง 2 ช่วง



ก.ดินแดง

ข.จันทรวงษม

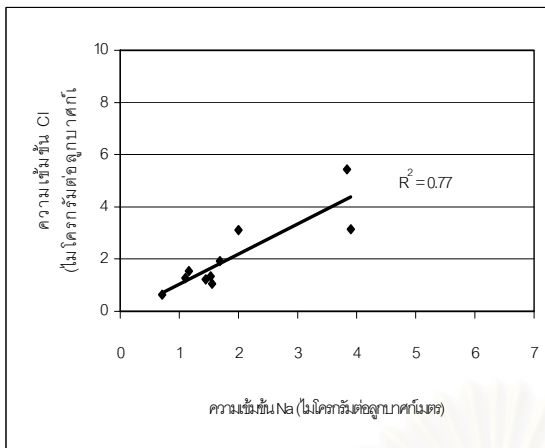


ค.บ้านสมเด็จเจ้า

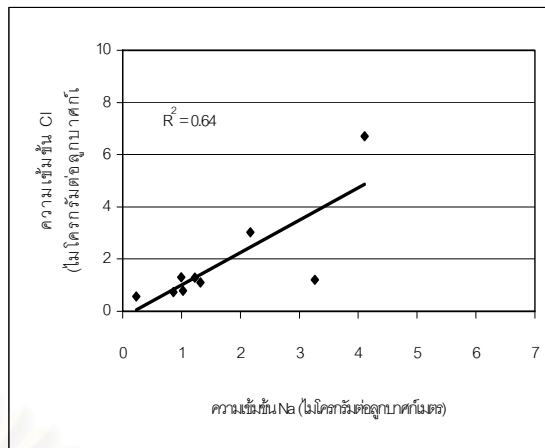
ง.ราชบุรีบูรณะ

รูปที่ 4.15 ความสัมพันธ์ระหว่าง Zn และ Pb ที่สถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศทั้ง 4 สถานี ช่วงลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้

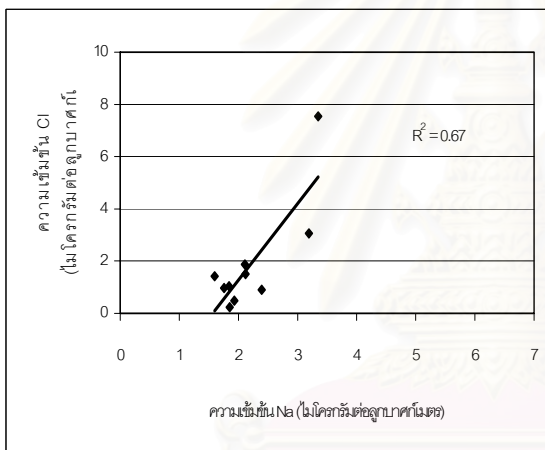
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



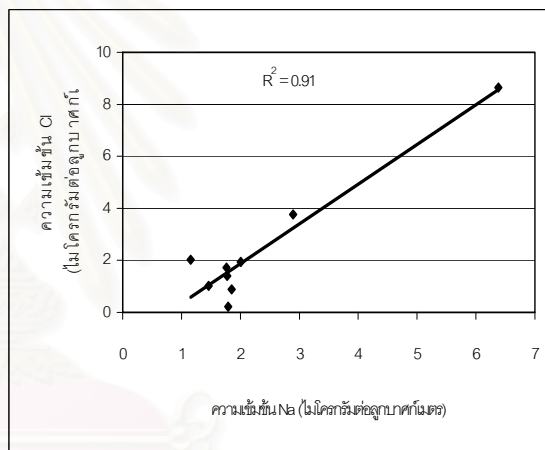
ก.ดินแดง



ข.จันทระเกษม

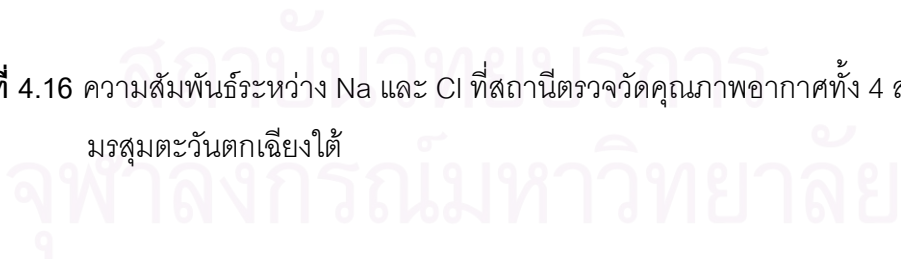


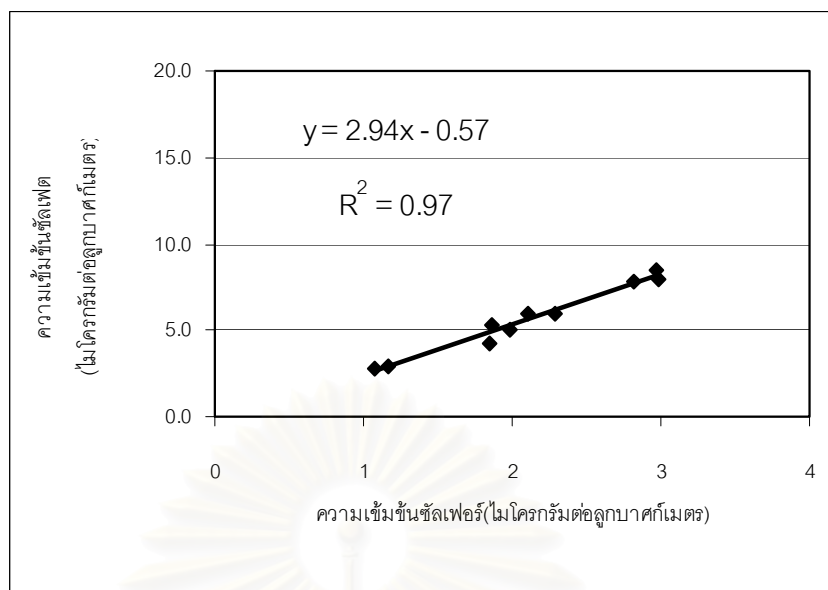
ค.บ้านสมเด็จ



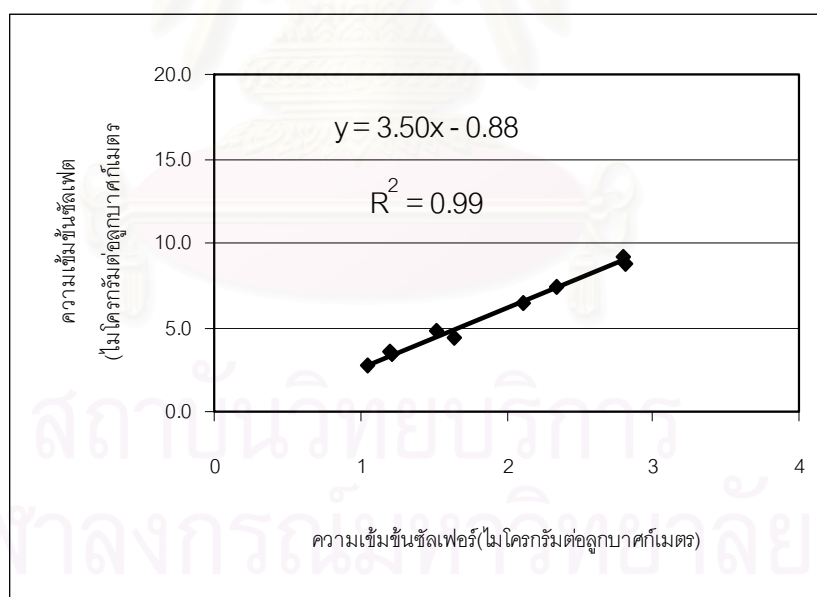
ง.ราชบุรีบูรณะ

รูปที่ 4.16 ความสัมพันธ์ระหว่าง Na และ Cl ที่สถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศทั้ง 4 สถานีช่วงลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้

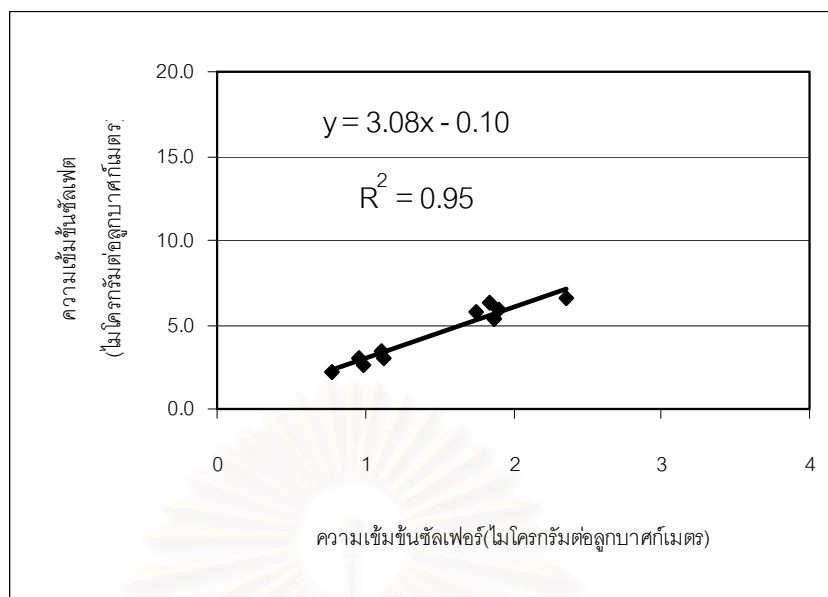




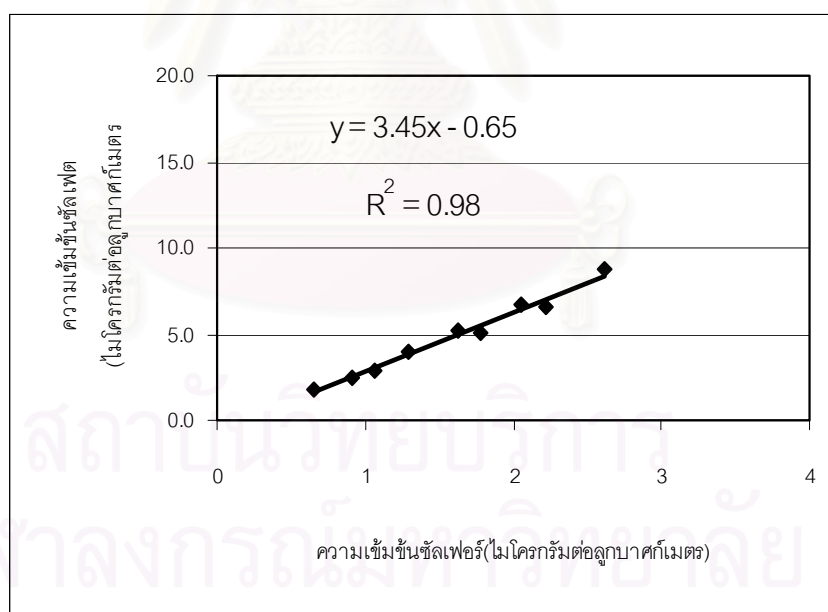
รูปที่ 4.17 ความสัมพันธ์ระหว่าง SO_4^{2-} และ S ที่สถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศเคหะชุมชนดินแดง ช่วงลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้



รูปที่ 4.18 ความสัมพันธ์ระหว่าง SO_4^{2-} และ S ที่สถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศราชภัฏจันทรเกษม ช่วงลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้



รูปที่ 4.19 ความสัมพันธ์ระหว่าง SO_4^{2-} และ S ที่สถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยาช่วงลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้



รูปที่ 4.20 ความสัมพันธ์ระหว่าง SO_4^{2-} และ S ที่สถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศที่ทำการไปรษณีย์โทรเลขราชภัฏบูรณะช่วงลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้

4.5 การจำแนกสัดส่วนแหล่งกำเนิดของฝุ่นละอองรวม

แบบจำลองคุณภาพมวลเคมีทำการคำนวณเพื่อหาการกระจายแหล่งกำเนิดที่มาสู่แหล่งรับแต่ละแหล่ง ชั้นแรกของการพิจารณาการจำแนกสัดส่วนแหล่งกำเนิด ทำเพื่อหาองค์ประกอบทางเคมี(Fitting Species) ที่สำคัญที่จะทำให้ค่าดรชนีที่อธิบายถึงความสัมพันธ์ของตัวแปรได้ดี และเพื่อพิจารณาแหล่งกำเนิดที่อาจหายไปหรือไม่จำเป็นในการจำแนกแหล่งกำเนิดด้วยแบบจำลองนี้ด้วย การกล่าวถึงการประมวลผลของแบบจำลองในขั้นแรกนี้ บรรยายไว้ในตอนต้นของหัวข้อ 4.5.1 และ 4.5.3 ก่อนที่จะพิจารณาถึงผลลัพธ์ของการกระจายแหล่งกำเนิดต่อไป

4.5.1 ผลการจำแนกสัดส่วนแหล่งกำเนิดฝุ่นละอองรวมช่วงลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ

ก่อนได้ผลลัพธ์สุดท้ายของการคำนวณหาสัดส่วนแหล่งกำเนิดด้วยแบบจำลองคุณภาพมวลเคมี ต้องทำการประมวลผลแบบจำลองในจำนวนที่มากครั้ง เพื่อให้ได้ผลการจำแนกที่ดีที่สุด ซึ่งจะใช้ดรชนีที่อธิบายถึงความสัมพันธ์ของตัวแปรเป็นเกณฑ์ ซึ่งในส่วนนี้จะเป็นการบรรยายถึงการประมวลผลที่จะได้มาซึ่งผลลัพธ์ที่ดีที่สุด

การคำนวณหาสัดส่วนแหล่งกำเนิดที่ทุกสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศใช้องค์ประกอบทางเคมีและแหล่งกำเนิดทั้งหมดที่มีอยู่ เพื่อพิจารณาถึงดรชนีที่อธิบายถึงความสัมพันธ์ของตัวแปรของผลลัพธ์ที่ได้ จากการประมวลผลครั้งหนึ่ง ที่ดินแดง จันทรเกษม บ้านสมเด็จและราษฎร์บูรณะ จะได้ค่า TSTAT ของการเผาไหม้ของน้ำมันเตาน้อยมาก ซึ่งแสดงถึงการมีอิทธิพลที่ต่ำต่อแหล่งรับแต่ละแหล่ง และได้ค่า TSTAT ของโรงหลอมเหล็กน้อยมากเช่นกันในทุกสถานียกเว้นที่ราษฎร์บูรณะ ดังนั้นฝุ่นละอองรวมจากการเผาไหม้ของน้ำมันเตาจึงไม่นำมาพิจารณาในทุกสถานี ส่วนฝุ่นละอองรวมจากโรงหลอมเหล็กจะพิจารณาที่ราษฎร์บูรณะเท่านั้น

ในส่วนขององค์ประกอบทางเคมีจะไม่พิจารณา Ca และ NH_4^+ เนื่องจากในการประมวลผลครั้งหนึ่ง Ca จะมีค่า R/U Ratio ที่ต่ำกว่าเกณฑ์ และ NH_4^+ จะส่งผลให้ R-square, Chi-square และ Percent mass ไม่เป็นไปตามเกณฑ์กำหนด และเมื่อทำการประมวลผลเป็นครั้งที่สองหลังจากที่ทำการตัดแหล่งกำเนิดและองค์ประกอบทางเคมีบางชนิดออกไปแล้ว ก็ได้ค่า R-square(0.8-1), Chi-square(<4) และ Percent mass(80-120%) ซึ่งเป็นค่าพิจารณาหลักผ่านเกณฑ์ และค่าที่ต้องพิจารณาตัวอื่น ๆ ก็ถือว่าใช้ได้

การคำนวณหาสัดส่วนแหล่งกำเนิดของแต่ละสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศจะให้ผลลัพธ์ของแบบจำลองคุณภาพมวลเคมีเป็นไปตามผลสรุปการจำแนกสัดส่วนแหล่งกำเนิดของฝุ่นละอองรวม

จากแหล่งกำเนิดที่แหล่งรับในช่วงลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือดังแสดงไว้ในตารางที่ 4.9 และแผนภูมิแท่งสัดส่วนการกระจายแหล่งกำเนิดของแต่ละสถานีแสดงดังรูปที่ 4.21 ถึง 4.24

ผลการจำแนกสัดส่วนการกระจายแหล่งกำเนิดจาก 6 ตัวอย่างที่สถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศเคหะชุมชนดินแดง คือ ไอเสียรถดีเซลและมอเตอร์ไซด์(40.7%) การเผาไหม้ของชีวมวล(32.6%) ฝุ่นจากดินและถนน(3.8%) ละอองไอจากทะเล(1.5%) แอมโมเนียมซัลเฟต(4.8%) และโซเดียมไนเตรต(5.3%) ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ, R^2 ไคสแควร์ และ เพอร์เซ็นต์ของมวลที่อธิบายได้ มีค่าเท่ากับ 0.97 0.46 และ 88.6 ตามลำดับ ซึ่งเป็นไปตามกำหนดของแบบจำลองคุณภาพมวลเคมีและที่สถานีนี้จะไม่เกิด Uncertainty/Similarity Cluster เนื่องจากว่าค่า TSTAT ของแต่ละแหล่งกำเนิดมีค่าที่มากกว่า 2.0 และสถานีนี้จะไม่ใช้ความเข้มข้นของแคลเซียมและแอมโมเนียมไอออนมาคำนวณในแบบจำลอง ที่จุดเก็บตัวอย่างนี้ 73.3% ของไอเสียรถดีเซลและมอเตอร์ไซด์กับการเผาไหม้ของชีวมวลสำคัญเป็นแหล่งกำเนิดที่ส่งผลมากที่สุด

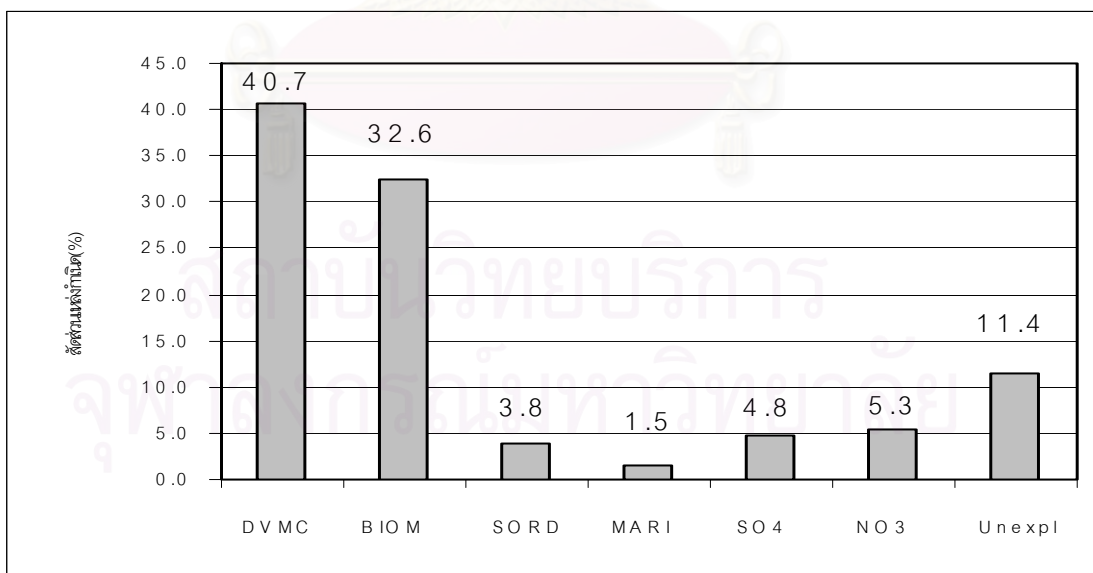
ผลการจำแนกสัดส่วนการกระจายของแหล่งกำเนิดจาก 6 ตัวอย่างที่สถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศสถาบันราชภัฏจันทรเกษม คือ ไอเสียรถดีเซลและมอเตอร์ไซด์(37.7%) การเผาไหม้ของชีวมวล(32.3%) ฝุ่นจากดินและถนน(4.2%) ละอองไอจากทะเล(2.2%) แอมโมเนียมซัลเฟต(9.1%) และโซเดียมไนเตรต(5.6%) ค่าตรวจที่ใช้อธิบายความสัมพันธ์ของตัวแปรคือสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ, R^2 ไคสแควร์ และ เพอร์เซ็นต์ของมวลที่อธิบายได้ มีค่าเท่ากับ 0.96 0.23 และ 91.2 ตามลำดับ ซึ่งเป็นไปตามกำหนดของแบบจำลองคุณภาพมวลเคมี แต่ในการคำนวณของแบบจำลองคุณภาพมวลเคมียังได้แสดง Uncertainty/Similarity Cluster ระหว่างการเผาไหม้ชีวมวลและไอเสียจากรถดีเซลและมอเตอร์ไซด์ด้วย ซึ่งแสดงถึงแหล่งกำเนิดทั้งสองที่มีความคล้ายคลึงกันมากและอาจจะเป็นผลให้การทำนายสัดส่วนแหล่งกำเนิดผิดพลาดไปได้ ในการคำนวณจะไม่ใช้แคลเซียมและแอมโมเนียมไอออนมาทำการคำนวณในแบบจำลอง ที่สถานีนี้ไอเสียจากรถดีเซลและมอเตอร์ไซด์กับการเผาไหม้ของชีวมวล(70%) เป็นแหล่งกำเนิดที่มีผลกระทบต่อจุดเก็บตัวอย่างนี้มากที่สุดและมีความสำคัญต่อฝุ่นละอองรวมในพื้นที่นี้ด้วย

ผลการจำแนกสัดส่วนการกระจายแหล่งกำเนิดจาก 6 ตัวอย่างที่สถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศสถาบันราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา คือไอเสียรถดีเซลและมอเตอร์ไซด์(26.8%) การเผาไหม้ของชีวมวล(37.9%) ฝุ่นจากดินและถนน(2.8%) ละอองไอจากทะเล(1.4%) แอมโมเนียมซัลเฟต(7.8%) และโซเดียมไนเตรต(5.0%) ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ, R^2 ไคสแควร์ และ เพอร์เซ็นต์ของมวลที่อธิบายได้ มีค่าเท่ากับ 0.97 0.24 และ 81.6 ตามลำดับ ซึ่งเป็นตามกำหนดของแบบจำลองและที่สถานีนี้ไม่เกิด Uncertainty/Similarity Cluster แม้ว่าค่า TSTAT ของละอองไอจากทะเลซึ่งเท่ากับ 1.78 จะน้อยกว่า 2.0 ก็ตาม อาจเนื่องจากแหล่งกำเนิดข้อมูลขององค์ประกอบทาง

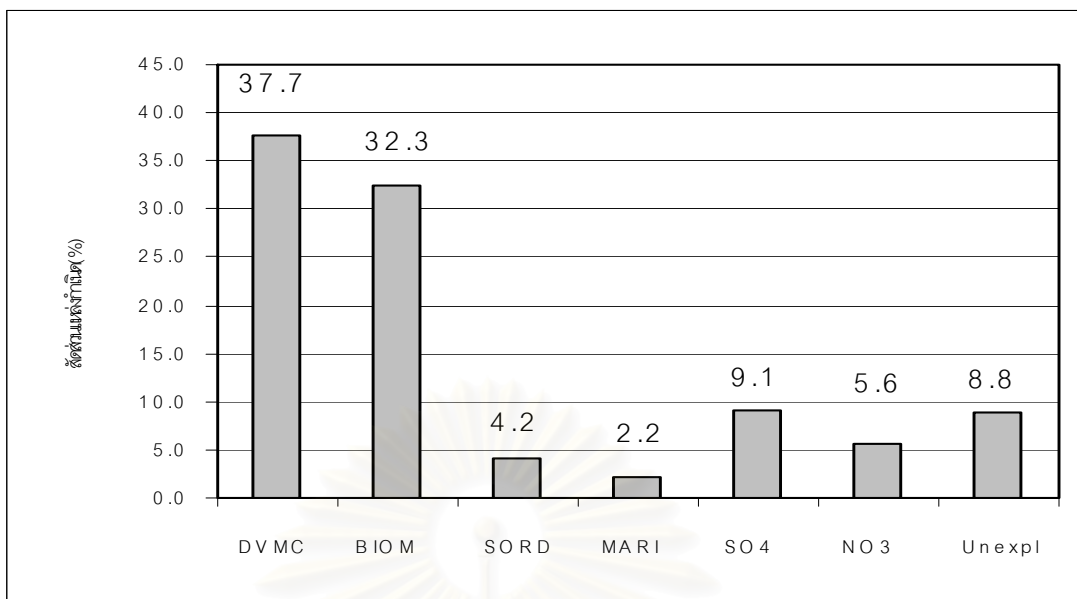
ตารางที่ 4.9 สัดส่วนการกระจายของแหล่งกำเนิดที่แหล่งรับช่วงลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ
จาก CMB7

หน่วย : %

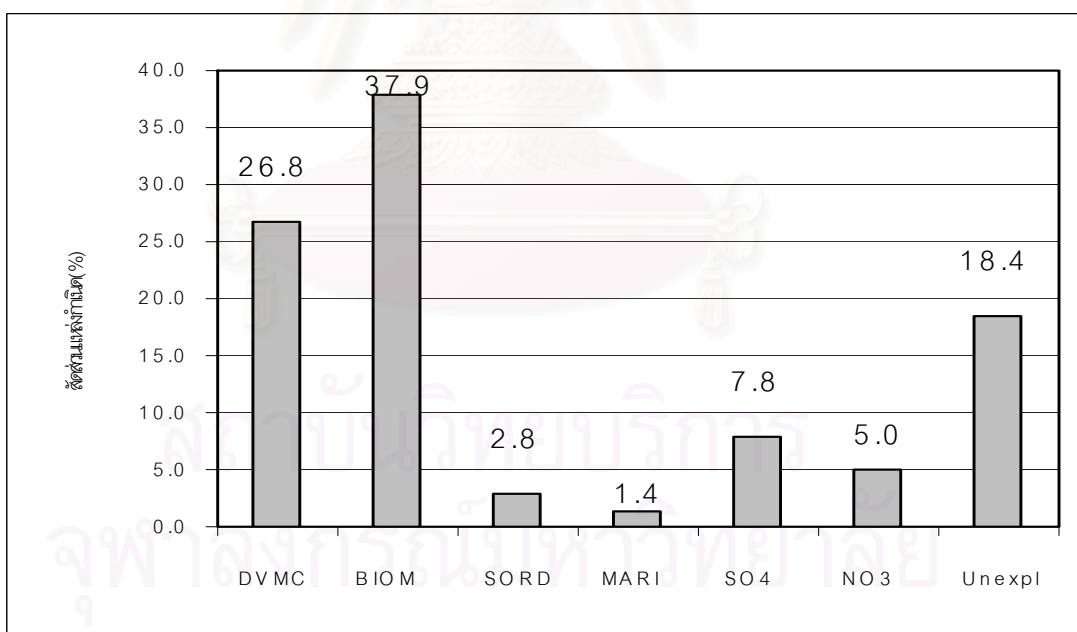
แหล่งกำเนิด	ดินแดง	จันทร์เกษม	บ้านสมเด็จ	ราษฎร์บูรณะ
1. ไอเสียรถดีเซลและมอเตอร์ไซด์ (DVMC)	40.7	37.7	26.8	17.2
2. การเผาไหม้ของชีวมวล (BIOM)	32.6	32.3	37.9	42.7
3. ฝุ่นจากดินและถนน (SORD)	3.8	4.2	2.8	1.6
4. ละอองไอทะเล (MARIN)	1.5	2.2	1.4	1.8
5. แอมโมเนียมซัลเฟต (SO4)	4.8	9.1	7.8	9.3
6. โซเดียมไนเตรต (NO3)	5.3	5.6	5.0	7.0
7. การเผาไหม้ของน้ำมันเตา (HO)	-	-	-	-
8. โรงหลอมเหล็ก (STMI)	-	-	-	4.7
9. ส่วนที่ไม่สามารถอธิบายได้ (UNEXP)	11.4	8.8	18.4	15.9
ดรชนีที่อธิบายถึงความสัมพันธ์ของตัวแปร				
R ²	0.97	0.96	0.97	0.96
χ ²	0.46	0.23	0.24	0.47
เปอร์เซ็นต์ของมวลที่อธิบายได้	88.6	91.2	81.6	84.1
องศาอิสระ (df)	10	10	10	9
มวลที่คำนวณได้ (ug/m ³)	248.2 ± 29.8	134.2 ± 32.3	130.2 ± 28.0	107.3 ± 20.0
มวลจากการตรวจวัด (ug/m ³)	280.3 ± 56.7	147.2 ± 38.9	159.5 ± 54.3	127.6 ± 38.6
จำนวนตัวอย่าง	6	6	6	6



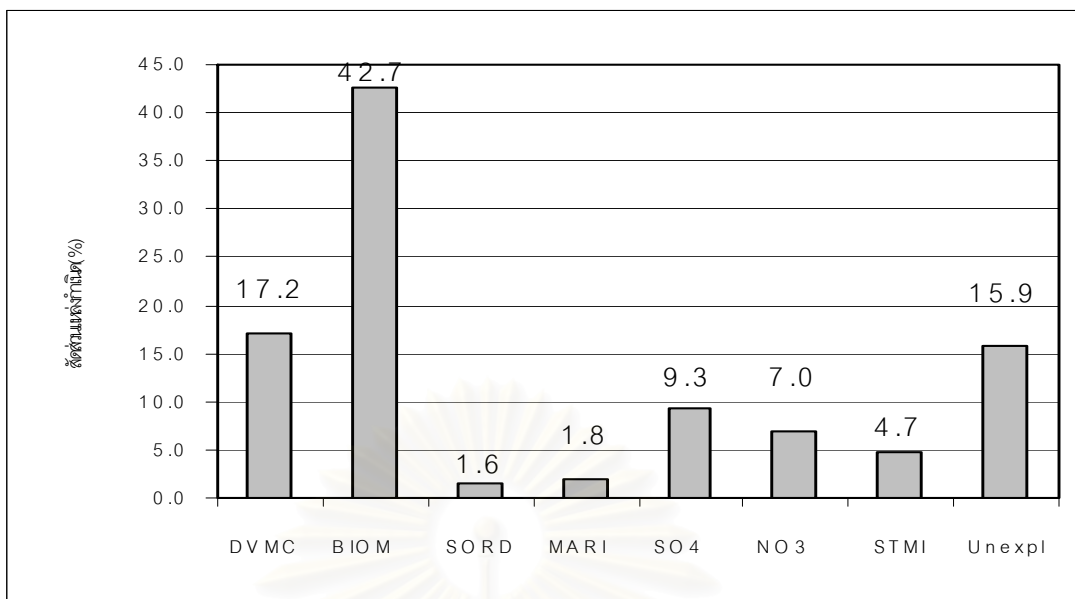
รูปที่ 4.21 สัดส่วนการกระจายแหล่งกำเนิดของฝุ่นละอองรวมที่สถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศ
เคหะชุมชนดินแดงช่วงลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ



รูปที่ 4.22 สัดส่วนการกระจายแหล่งกำเนิดของฝุ่นละอองรวมที่สถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศ
สถาบันราชภัฏจันทรเกษมช่วงลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ



รูปที่ 4.23 สัดส่วนการกระจายแหล่งกำเนิดของฝุ่นละอองรวมที่สถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศ
สถาบันราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยาช่วงลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ



รูปที่ 4.24 สัดส่วนการกระจายแหล่งกำเนิดของฝุ่นละอองรวมที่สถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศที่ทำการไปรษณีย์โทรเลขราชบุรีบูรณะช่วงลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ

เคมีในบรรยากาศสามารถที่จะถูกจำแนกสัดส่วนได้ค่อนข้างดีและสถานีนี้จะมีไม่นำแคลเซียมและแอมโมเนียมไอออนมาคำนวณในแบบจำลองคุณภาพมวลเคมีด้วย ที่จุดเก็บตัวอย่างนี้การกระจายของแหล่งกำเนิดจากการเผาไหม้ของชีวมวลจะมีค่าที่มากที่สุดและแตกต่างกันมากต่อไอเสียจากรถดีเซลและมอเตอร์ไซด์

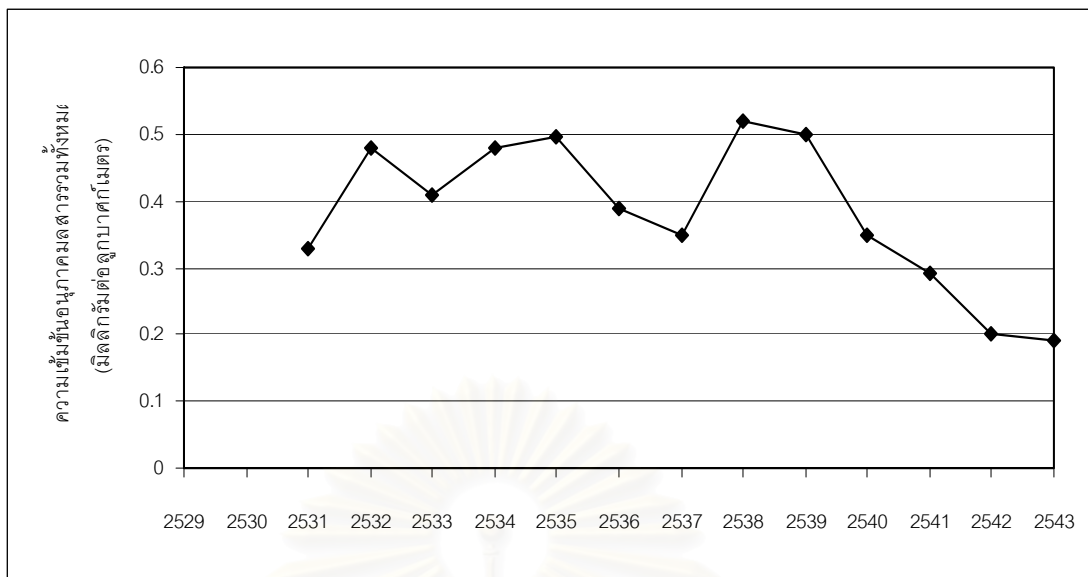
ผลการจำแนกสัดส่วนการกระจายแหล่งกำเนิดจาก 6 ตัวอย่างที่สถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศที่ทำการไปรษณีย์โทรเลขราชบุรีบูรณะ คือ ไอเสียรถดีเซลและมอเตอร์ไซด์(17.2%) การเผาไหม้ของชีวมวล (42.7%) ฝุ่นจากดินและถนน(1.6%) ละอองไอจากทะเล(1.8%) แอมโมเนียมซัลเฟต(9.3%) และโซเดียมไนเตรต(7.0%) ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ, R^2 ไคสแควร์ และเปอร์เซ็นต์ของมวลที่อธิบายได้ มีค่าเท่ากับ 0.96 0.47 และ 84.1 ตามลำดับ ซึ่งเป็นไปตามกำหนดของแบบจำลองคุณภาพมวลเคมีและที่สถานีนี้เกิด Uncertainty/Similarity Cluster ระหว่างไอเสียรถดีเซลและมอเตอร์ไซด์กับการเผาไหม้ของชีวมวล เมื่อพิจารณาคุณค่า TSTAT แล้วฝุ่นจากดินและถนน โรงหลอมเหล็กและละอองไอทะเลและไอเสียจากรถดีเซลและมอเตอร์ไซด์เป็นแหล่งกำเนิดที่มีค่า TSTAT เท่ากับ 1.87 1.58 1.96 และ 0.96 ตามลำดับ มีค่าต่ำกว่า 2.0 ซึ่งเป็นการทำนายคลาดเคลื่อนบ้างโดยเฉพาะไอเสียจากรถดีเซลและมอเตอร์ไซด์ และเมื่อพิจารณา ค่า RATIO R/U ของ AI ซึ่งเท่ากับ -1.3 จะเห็นว่าแหล่งกำเนิดของอลูมิเนียมยังขาดไป ที่จุดเก็บตัวอย่างนี้การเผาไหม้ของชีวมวลและไอเสียจากรถดีเซลและมอเตอร์ไซด์ (60%) เป็นแหล่งกำเนิดที่ให้ส่งผลมากที่สุด

4.5.2 การวิเคราะห์ผลของการกระจายแหล่งกำเนิดในช่วงลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือของกรุงเทพมหานคร

จากผลการจำแนกสัดส่วนแหล่งกำเนิดในหัวข้อ 4.5.1 ทำให้ทราบถึงแหล่งกำเนิดที่ส่งผลกระทบต่อแต่ละสถานีในรูปของสัดส่วนดังตารางที่ 4.9 ซึ่งได้ว่า โดยภาพรวมแล้วไอเสียรถดีเซลและมอเตอร์ไซด์ และการเผาไหม้ของชีวมวลเป็นแหล่งกำเนิดที่สำคัญต่อกรุงเทพมหานครในช่วงนี้ แต่ถ้าจะพิจารณาให้ละเอียดขึ้นแล้วจะเห็นว่าไอเสียรถดีเซลและมอเตอร์ไซด์ส่งผลกระทบต่อดินแดงและจันทระเกษมมากกว่าอีกสองสถานี และการเผาไหม้ของชีวมวลส่งผลกระทบต่อจันทระเกษม บ้านสมเด็จและราษฎร์บูรณะในปริมาณฝุ่นละอองรวมที่ไม่แตกต่างกัน ซึ่งแตกต่างกับที่ดินแดงยังคงมีปริมาณฝุ่นละอองรวมจากแหล่งกำเนิดนี้สูงกว่าจุดอื่น แต่ว่ามีจุดที่ควรพิจารณาคือ บริเวณจุดเก็บตัวอย่างทั้ง 4 แห่ง มีการเผาไหม้ของชีวมวลน้อยและไม่ควรที่จะมีค่าความเข้มข้นสูงมาก แสดงว่าในการประมวลผลด้วยแบบจำลองคุณภาพมวลเคมีเกิด multicollinearity ระหว่างไอเสียรถดีเซลและมอเตอร์ไซด์และการเผาไหม้ของชีวมวล ซึ่งมีคาร์บอนอินทรีย์ที่สูงเหมือนกัน จึงเป็นเหตุให้แบบจำลองไม่สามารถทำการแยกแยะแหล่งกำเนิดทั้งสองได้ดี

ฝุ่นละอองรวมจากดินและถนนจะส่งผลกระทบต่อสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศทุกจุดในสัดส่วนที่น้อยมากคือ 1.6-3.8% เท่านั้น และเมื่อเปรียบเทียบสัดส่วนฝุ่นละอองรวมของดินและถนนจากงานวิจัยนี้ที่สถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศราชภัฏบ้านสมเด็จคือ 2.8% และจากงานวิจัยของบริษัทเรเดียนอินเตอร์เนชันแนลที่สถานีเดียวกันในปี พ.ศ. 2539 เท่ากับ 28.6% แสดงให้เห็นว่าสัดส่วนของฝุ่นละอองรวมจากดินและถนนจากงานวิจัยนี้มีค่าที่น้อยกว่าอย่างเห็นได้ชัด แม้ว่าช่วงที่เก็บตัวอย่างนั้นจะไม่ใช่ปีเดียวกันแต่ก็อยู่ในช่วงลมมรสุมเดียวกัน ซึ่งจากจุดนี้ชี้ให้เห็นว่าการลดลงของฝุ่นละอองรวมเฉลี่ยรายปีในกรุงเทพมหานครดังรูปที่ 4.25 คือปี พ.ศ. 2539 มีความเข้มข้นฝุ่นละอองรวมประมาณ 0.50 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร แต่ในปี พ.ศ. 2543 ลดลงเหลือ 0.18 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร เป็นการลดลงของฝุ่นละอองรวมจากดินและถนนเป็นส่วนใหญ่ เนื่องด้วยในช่วง 6 ปีที่ผ่านมา งานทางด้านการก่อสร้างลดลงเป็นจำนวนมากเป็นผลให้การบรรทุกดินของรถบรรทุกและการสัญจรไปมาตามจุดก่อสร้างต่างๆ ลดลง ซึ่งทำให้สัดส่วนของฝุ่นละอองรวมจากดินและถนนลดลงอย่างมากหลังช่วงปี พ.ศ. 2539

แอมโมเนียซัลเฟตและโซเดียมไนเตรต(มีขนาดอนุภาคเล็กกว่า 2.5 ไมครอน) ถูกใช้เป็นแหล่งกำเนิดในแบบจำลองนี้เนื่องจากว่าไม่สามารถที่จะกำหนดแหล่งกำเนิดของการเกิดซัลเฟตและไนเตรตที่มาจากปรากฏการณ์โฟโตเคมีคอลสม็อก (Photochemical Smog) จากก๊าซต่างๆ เช่น SO_2 NO และ NO_2 ที่ถูกปล่อยออกจากแหล่งกำเนิดจำนวนมากในพื้นที่และบริเวณรอบข้างกรุงเทพมหานคร ด้วยปฏิกิริยาที่ซับซ้อนและรวดเร็วพร้อมกับการทำปฏิกิริยากับแอมโมเนียและ



รูปที่ 4.25 ความเข้มข้นฝุ่นละอองรวมริมถนนของกรุงเทพมหานครตั้งแต่ปี พ.ศ. 2529-2543

โซเดียมในบรรยากาศจึงทำให้มีความจำเป็นต้องกำหนดแหล่งกำเนิดในลักษณะนี้ จากสัดส่วนการประมาณการกระจายแหล่งกำเนิดของแอมโมเนียมซัลเฟตและโซเดียมไนเตรต จะเห็นว่าที่สถานีจันทระเกษม บ้านสมเด็จ และ ราษฎร์บูรณะ มีสัดส่วนของแอมโมเนียมซัลเฟตมากกว่าโซเดียมไนเตรต แต่ที่สถานีดินแดงนั้นจะมีสัดส่วนของโซเดียมไนเตรตมากกว่า ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากที่ดินแดงมีปริมาณของ NO_x จากไอเสียของยานพาหนะในปริมาณที่มากกว่าสถานีอื่นๆ จึงก่อให้เกิดโซเดียมไนเตรตในปริมาณที่สูง

เปรียบเทียบแอมโมเนียมซัลเฟต 4 สถานี จะได้ว่าทุกสถานีค่อนข้างที่จะมีปริมาณของแอมโมเนียมซัลเฟตเท่ากันและไม่แตกต่างกันมากนัก แสดงว่าแอมโมเนียมซัลเฟตจะกระจายไปในบรรยากาศทั่วทั้งกรุงเทพมหานครในช่วงลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ และเมื่อพิจารณาโซเดียมไนเตรตทั้ง 4 สถานี จะเห็นว่าที่สถานีจันทระเกษม บ้านสมเด็จและราษฎร์บูรณะมีปริมาณฝุ่นละอองรวมใกล้เคียงกันแต่จากการวิเคราะห์ข้างต้นที่ดินแดงจะมีปริมาณของโซเดียมไนเตรตมากกว่าที่อื่นๆ แสดงว่าในบรรยากาศทั่วไปของกรุงเทพมหานครจะมีปริมาณของโซเดียมไนเตรตไม่แตกต่างกันแต่ถ้าเป็นบรรยากาศริมถนนจะมีปริมาณของโซเดียมไนเตรตมากกว่าจุดอื่นๆ

ละอองไอจากทะเลจะมีสัดส่วนที่น้อยมากในช่วงนี้คือ 0.9-2.3 % แม้ว่าพื้นที่กรุงเทพมหานครจะใกล้ทะเลก็ตาม ทั้งนี้เป็นเพราะว่าช่วงที่ทำการเก็บตัวอย่างเป็นทิศทางของลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือเป็นส่วนใหญ่ทำให้ลมจากทะเลนั้นไม่มีอิทธิพลมากนักต่อสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศทั้ง 4 แห่ง และผลที่ได้จากการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของ Na และ Cl ก็สอดคล้องกับผลที่ได้นี้

จากการวิเคราะห์สัดส่วนแหล่งกำเนิดที่ราษฎร์บูรณะ แหล่งกำเนิดที่มีผลอีกแหล่งหนึ่งก็คือ โรงหลอมเหล็ก แสดงว่าแม้ว่าลมมรสุมจะมาจากทางทิศตะวันออกเฉียงเหนือก็ตาม แต่อิทธิพลจากโรงงานอุตสาหกรรมในบริเวณนี้ก็ยังมีผลต่อบริเวณนี้ด้วย ดังนั้นที่จุดนี้ควรจะทำการควบคุมแหล่งกำเนิดที่มาจากโรงงานอุตสาหกรรมอีกด้วย

4.5.3 ผลการจำแนกสัดส่วนฝุ่นละอองรวมแหล่งกำเนิดช่วงลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้

จากการคำนวณสัดส่วนแหล่งกำเนิดของแต่ละสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศในช่วงลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้แล้วจะได้ผลลัพธ์ของแบบจำลองคุณภาพมวลเคมีเป็นไปตามผลสรุปการจำแนกสัดส่วนแหล่งกำเนิดฝุ่นละอองรวมของทั้ง 4 สถานีในช่วงลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ แสดงไว้ดังตารางที่ 4.10 และแผนภูมิแท่งของสัดส่วนการกระจายแหล่งกำเนิดของแต่ละสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศแสดงดังรูปที่ 4.26 ถึง 4.29

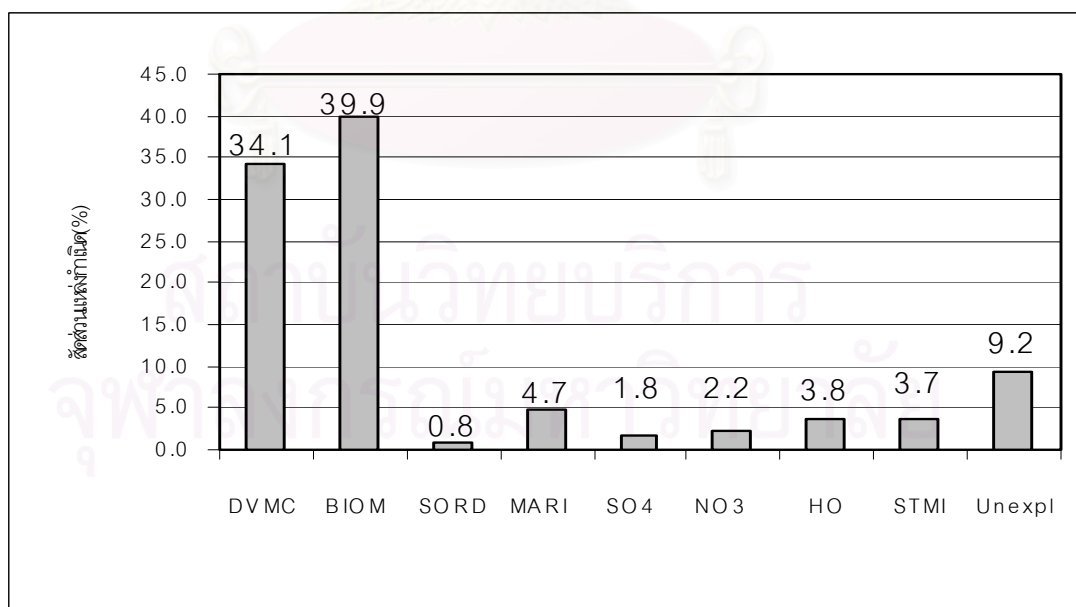
การคำนวณหาสัดส่วนแหล่งกำเนิดที่ทุกสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศในช่วงลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้นี้ใช้องค์ประกอบทางเคมีและแหล่งกำเนิดทั้งหมดที่มีอยู่เช่นเดียวกันกับในช่วงลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ เพื่อพิจารณาถึงดรชนีที่อธิบายถึงความสัมพันธ์ของตัวแปรของผลลัพธ์ที่ได้ จากการประมวลผลครั้งที่หนึ่ง ที่ดินแดง จันทเกษม บ้านสมเด็จและราษฎร์บูรณะ จะได้ค่า TSTAT ของทุกแหล่งค่อนข้างดี แต่ที่บ้านสมเด็จจะมีการเผาไหม้ของน้ำมันเตาที่ปรากฏค่า TSTAT ต่ำมากเกินไป ดังนั้นที่บ้านสมเด็จจึงไม่นำมาพิจารณาด้วย

ในส่วนขององค์ประกอบทางเคมี ทุกสถานีจะไม่พิจารณา Ca เพียงชนิดเดียวเนื่องจากในการประมวลผลครั้งที่หนึ่ง Ca จะมีค่า R/U Ratio ไม่อยู่ในเกณฑ์และทำให้ดรชนีที่อธิบายถึงความสัมพันธ์ของตัวแปรของผลลัพธ์ที่ได้ไม่เป็นไปตามเกณฑ์ และเมื่อทำการประมวลผลเป็นครั้งที่สองหลังจากที่ทำการตัดแหล่งกำเนิดและองค์ประกอบทางเคมีบางชนิดออกไปแล้ว ก็ได้ค่า R-square(0.8-1), Chi-square(<4) และ Percent mass(80-120%) ของที่ดินแดงกับบ้านสมเด็จผ่านเกณฑ์กำหนด แต่ที่จันทเกษมและราษฎร์บูรณะจะมีค่า Percent mass ที่ต่ำกว่า 80 % ทำให้มวลที่อธิบายได้ต่ำกว่าเกณฑ์ แต่ไม่สามารถที่จะปรับให้ค่า Percent mass ให้มากกว่า 80 % ได้ เนื่องจากว่าฐานข้อมูลองค์ประกอบทางเคมีของแหล่งกำเนิดในประเทศไทยยังมีอยู่น้อย ซึ่งจากจุดนี้ทำให้เห็นว่าแหล่งกำเนิดฝุ่นละอองรวมในช่วงนี้มีจำนวนมากกว่าที่นำมาใช้ในแบบจำลอง

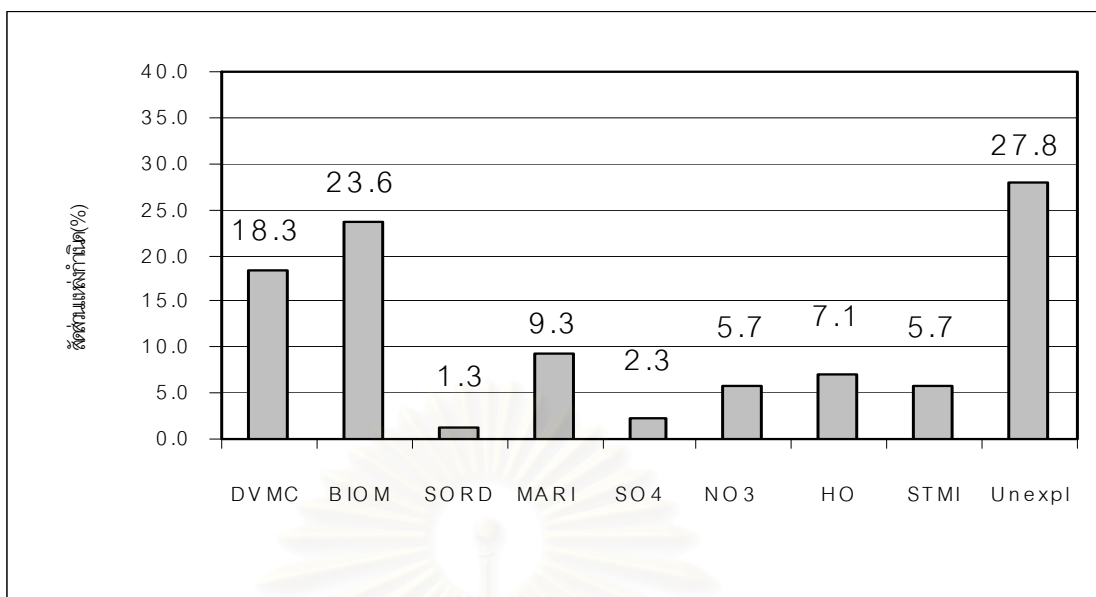
ตารางที่ 4.10 สัดส่วนการกระจายของแหล่งกำเนิดต่อแหล่งรับช่วงลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้
จาก CMB7

หน่วย : %

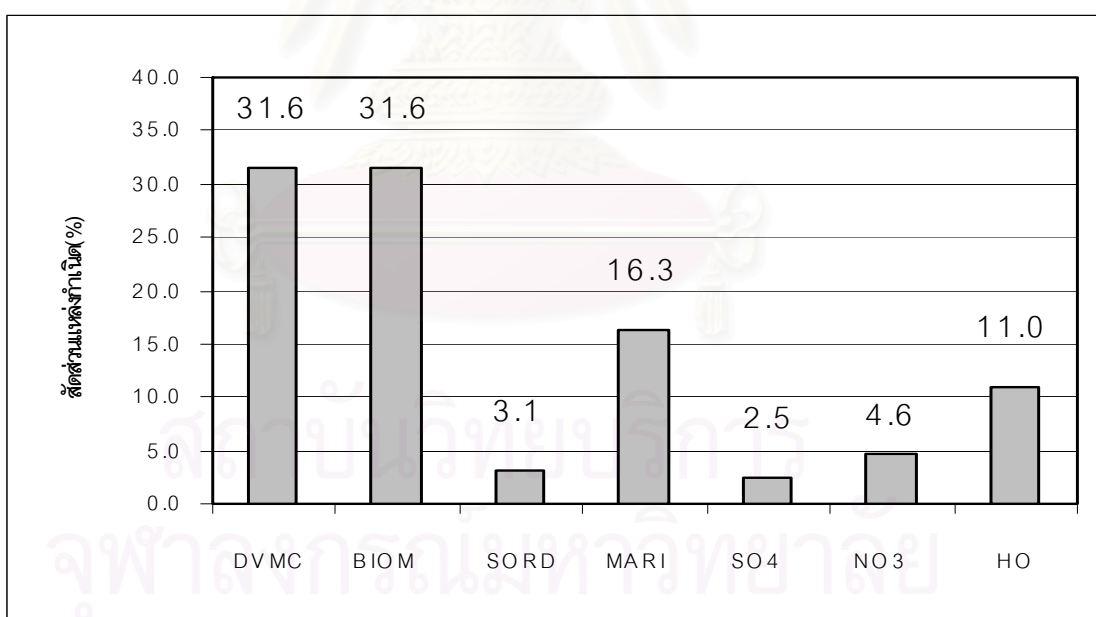
แหล่งกำเนิด	ดินแดง	จันทระเกษม	บ้านสมเด็จ	ราษฎร์บูรณะ
1. ไอเสียรถดีเซลและมอเตอร์ไซด์ (DVMC)	34.1	18.3	31.6	21.0
2. การเผาไหม้ของชีวมวล (BIOM)	39.9	23.6	31.6	19.8
3. ฝุ่นจากดินและถนน (SORD)	0.8	1.3	3.1	2.1
4. ละอองไอทะเล (MARIN)	4.7	9.3	16.3	12.9
5. แอมโมเนียซัลเฟต (SO4)	1.8	2.3	2.5	2.1
6. ไนโตรเจนไดออกไซด์ (NO3)	2.2	5.7	4.6	3.2
7. การเผาไหม้ของน้ำมันเตา (HO)	3.8	7.1	11.0	7.4
8. โรงหลอมเหล็ก (STMI)	3.7	5.7	-	9.3
9. ส่วนที่ไม่สามารถอธิบายได้ (UNEXP)	9.2	27.8	เกิน 0.7	22.2
ดรชนีที่อธิบายถึงความสัมพันธ์ของตัวแปร				
R ²	0.91	0.90	0.95	0.95
χ ²	1.03	0.83	0.51	0.42
เปอร์เซ็นต์ของมวลที่อธิบายได้	90.8	73.2	100.7	77.8
องศาอิสระ (df)	9	9	10	9
มวลที่คำนวณได้ (ug/m ³)	129.6 ± 20.9	62.8 ± 9.7	52.4 ± 7.7	53.7 ± 9.5
มวลจากการตรวจวัด (ug/m ³)	142.7 ± 23.4	85.8 ± 25.2	52.1 ± 7.2	69.0 ± 14.4
จำนวนตัวอย่าง	8	7	8	7



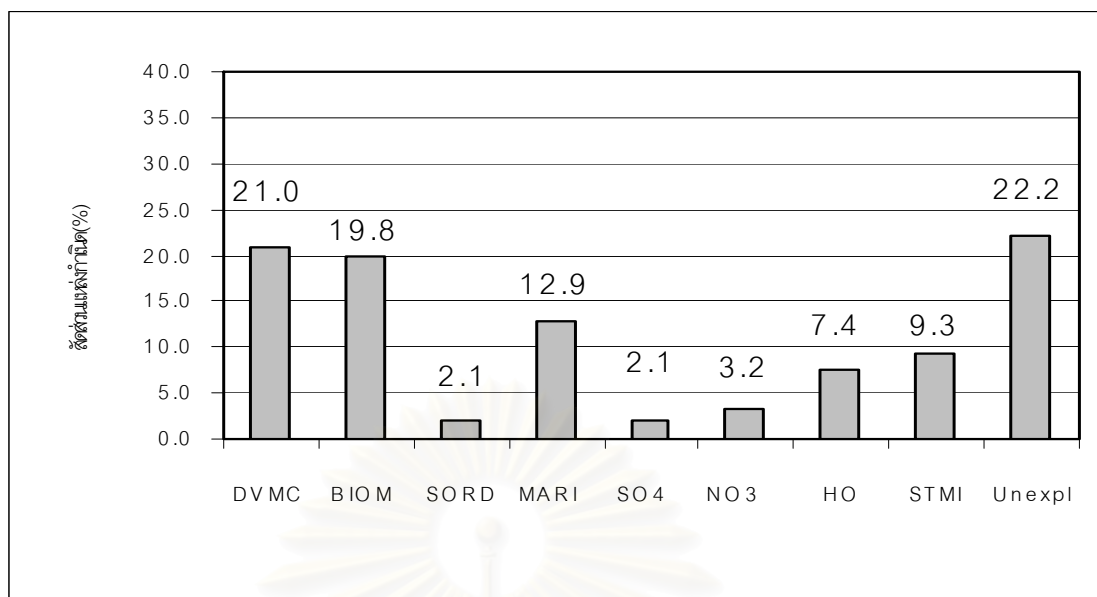
รูปที่ 4.26 สัดส่วนการกระจายแหล่งกำเนิดของฝุ่นละอองรวมที่สถานีตรวจวัดคุณภาพเคหะชุมชนดินแดงช่วงลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้



รูปที่ 4.27 สัดส่วนการกระจายแหล่งกำเนิดของฝุ่นละอองรวมที่สถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศ
 อากาศราชภัฏจันทรเกษมช่วงลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้



รูปที่ 4.28 สัดส่วนการกระจายแหล่งกำเนิดของฝุ่นละอองรวมที่สถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศราช
 ภัฏบ้านสมเด็จพระยาช่วงลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้



รูปที่ 4.29 สัดส่วนการกระจายแหล่งกำเนิดของฝุ่นละอองรวมที่สถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศที่ทำการไปรษณีย์โทรเลขราชบุรีบูรณะช่วงลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้

สัดส่วนการกระจายแหล่งกำเนิดของ 8 ตัวอย่างที่สถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศเคหะชุมชนดินแดงแสดงดังรูปที่ 4.26 คือ ไอเสียรถดีเซลและมอเตอร์ไซด์(34.1%) การเผาไหม้ของชีวมวล(39.9%) ฝุ่นจากดินและถนน(0.8%) ละอองไอจากทะเล(4.7%) แอมโมเนียมซัลเฟต(1.8%) และโซเดียมไนเตรต(2.2%) การเผาไหม้ของน้ำมันเตา(3.8%) และโรงหลอมเหล็ก(3.7%) ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ, R^2 โคสแควร์ และ เพอร์เซ็นต์ของมวลที่อธิบายได้ มีค่าเท่ากับ 0.92 1.03 และ 90.8 ตามลำดับ ซึ่งเป็นไปตามกำหนดของแบบจำลองคุณภาพมวลเคมีและที่สถานีนี้เกิด Uncertainty/Similarity Cluster ระหว่างการเผาไหม้ของน้ำมันเตากับละอองไอจากทะเลขึ้น และสถานีนี้จะใช้องค์ประกอบทางเคมีที่มีอยู่ทั้งหมดมาคำนวณในแบบจำลองยกเว้น Ca เพียงชนิดเดียว และเมื่อพิจารณาค่า Ratio R/U ของ Na Al และ S ซึ่งมีค่าเท่ากับ -1.1 -1.7 และ -1.4 แสดงว่าแหล่งกำเนิดขององค์ประกอบทางเคมีเหล่านี้ยังคงขาดอยู่ซึ่งทำให้การประมาณค่าความเข้มข้นนั้นต่ำกว่าค่าที่วัดได้ ที่จุดเก็บตัวอย่างนี้ 74% ของไอเสียรถดีเซลและมอเตอร์ไซด์กับการเผาไหม้ของชีวมวลสำคัญเป็นแหล่งกำเนิดที่ส่งผลมากที่สุด

สัดส่วนการกระจายแหล่งกำเนิดของ 7 ตัวอย่าง ที่สถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศราชภัฏจันทรเกษมแสดงดังรูปที่ 4.27 ผลที่ได้คือ ไอเสียรถดีเซลและมอเตอร์ไซด์(18.3%) การเผาไหม้ของชีวมวล(23.6%) ฝุ่นจากดินและถนน(1.3%) ละอองไอจากทะเล(9.3%) แอมโมเนียมซัลเฟต(2.3%) โซเดียมไนเตรต(5.7%) การเผาไหม้ของน้ำมันเตา(7.1%) และโรงหลอมเหล็ก(5.7%) ค่าตรวจนี้ที่ใช้อธิบายความสัมพันธ์ของตัวแปรคือ สัมประสิทธิ์การตัดสินใจ, R^2 โคสแควร์ และ

เปอร์เซ็นต์ของมวลที่อธิบายได้ มีค่าเท่ากับ 0.90 0.88 และ 73.2 ตามลำดับ ซึ่งค่าสัมประสิทธิ์การตัดสิ้นใจ, R^2 ไคสแควร์ เป็นไปตามกำหนดของแบบจำลองคุณภาพมวลเคมีแต่เปอร์เซ็นต์มวลที่อธิบายได้ต่ำกว่าเกณฑ์ ในการคำนวณของแบบจำลองคุณภาพมวลเคมียังได้แสดง Uncertainty/Similarity Cluster ไว้ด้วยซึ่งจะได้ว่ามีความคล้ายคลึงกันของแหล่งกำเนิดค่อนข้างมาก และองค์ประกอบทางเคมีที่นำมาใช้นั้นจะไม่นำเอา Ca มาทำการคำนวณในแบบจำลองด้วย จากค่า Ratio R/U ของ Al เท่ากับ -1.9 แสดงให้เห็นว่ายังขาดแหล่งกำเนิดของ Al ในช่วงนี้อยู่ แต่ยังไม่สามารถจำเพาะไปได้ว่าเป็นแหล่งกำเนิดใด ที่สถานีนี้ไอเสียจากรถดีเซลและมอเตอร์ไซด์กับการเผาไหม้ของชีวมวล(41.9%)เป็นแหล่งกำเนิดที่มีส่งผลกระทบต่อจุดเก็บตัวอย่างนี้มากที่สุดและมีความสำคัญต่อฝุ่นละอองรวมในพื้นที่นี้ด้วย

สัดส่วนการกระจายแหล่งกำเนิดของ 8 ตัวอย่าง ที่สถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศสถาบันราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยาแสดงดังรูปที่ 4.28 ผลที่ได้คือ ไอเสียรถดีเซลและมอเตอร์ไซด์ (31.6%) การเผาไหม้ของชีวมวล (31.6%) ฝุ่นจากดินและถนน(3.1%) ละอองไอจากทะเล(16.3%) แอมโมเนียมซัลเฟต(2.5%) โซเดียมไนเตรต(4.6%) และการเผาไหม้ของน้ำมันเตา(11.0%) ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสิ้นใจ, R^2 ไคสแควร์ และ เปอร์เซ็นต์ของมวลที่อธิบายได้ มีค่าเท่ากับ 0.95 0.51 และ 100.7 ตามลำดับ ซึ่งเป็นไปตามกำหนดของแบบจำลองคุณภาพมวลเคมี และที่สถานีนี้เกิด Uncertainty/Similarity Cluster จากการคำนวณแบบจำลองคุณภาพมวลเคมีด้วย องค์ประกอบทางเคมีที่ใช้ในการคำนวณจะใช้ทุกตัวยกเว้น Ca เมื่อพิจารณาถึงค่า Ratio R/U ของ Na และ S ซึ่งมีค่าเท่ากับ -1.0 และ -1.1 แสดงให้เห็นว่าแหล่งกำเนิดขององค์ประกอบทางเคมีเหล่านี้ยังขาดอยู่ ที่จุดเก็บตัวอย่างนี้การกระจายของแหล่งกำเนิดจากการเผาไหม้ของชีวมวลและไอเสียจากรถดีเซลและมอเตอร์ไซด์เท่ากับ 63.2 % ซึ่งเป็นแหล่งกำเนิดที่มีผลมากที่สุด

สัดส่วนการกระจายแหล่งกำเนิดของ 7 ตัวอย่าง ที่สถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศที่ทำการไปรษณีย์โทรเลขราชบุรีบรูณะแสดงดังรูปที่ 4.29 คือ ไอเสียรถดีเซลและมอเตอร์ไซด์(21.0%) การเผาไหม้ของชีวมวล(19.8%) ฝุ่นจากดินและถนน(2.1%) ละอองไอจากทะเล(12.9%) แอมโมเนียมซัลเฟต(2.1%) โซเดียมไนเตรต(3.2%) การเผาไหม้ของน้ำมันเตา(7.4%) และโรงหลอมเหล็ก(9.3%) ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสิ้นใจ, R^2 ไคสแควร์ และ เปอร์เซ็นต์ของมวลที่อธิบายได้ มีค่าเท่ากับ 0.95 0.42 และ 77.8 ตามลำดับ ซึ่งสัมประสิทธิ์การตัดสิ้นใจ, R^2 ไคสแควร์ เป็นไปตามกำหนดของแบบจำลองคุณภาพมวลเคมีแต่เปอร์เซ็นต์ของมวลที่อธิบายได้ไม่เป็นไปตามเกณฑ์ ที่สถานีนี้เกิด Uncertainty/Similarity Cluster ขึ้นมาก เมื่อพิจารณาจากค่า TSTAT แล้วมีแหล่งกำเนิดที่มีค่า TSTAT น้อยกว่า 2.0 นั้นค่อนข้างมากซึ่งจะเป็นผลให้เกิด Uncertainty/Similarity Cluster ของแหล่งกำเนิดต่างๆ มาก พิจารณาว่า RATIO R/U ของ Na Al และ S มีค่าเท่ากับ -1.0 -0.9 และ

-1.0 จะเห็นว่าแหล่งกำเนิดบางแหล่งที่มีผลต่อจุดนี้ขาดไป ที่ตำแหน่งนี้โอเสียจากรถดีเซลและมอเตอร์ไซด์และการเผาไหม้ของชีวมวลมีสัดส่วนมากที่สุดคือ 40.8%

จากการคำนวณด้วยแบบจำลองนี้จะเห็นว่าแหล่งกำเนิดที่มีผลต่อทุกสถานีจะมีการเปลี่ยนแปลงไปจะในช่วงลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือซึ่งได้กล่าวไปแล้วว่ามีแหล่งกำเนิดที่ขาดหายไปขององค์ประกอบทางเคมีแต่ละตัว เพราะฉะนั้นจึงมีความจำเป็นที่จะต้องปรับปรุงการตรวจวัดฝุ่นละอองรวมจากแหล่งกำเนิดหรือนำแหล่งกำเนิดที่มีองค์ประกอบทางเคมีเหล่านี้เป็นตัวชี้วัด มาใช้เพื่อให้ Uncertainty/Similarity Cluster นั้นไม่เกิดขึ้นและทำให้ Ratio R/U มีค่าเข้าใกล้ศูนย์

4.5.4 การวิเคราะห์ผลของการกระจายแหล่งกำเนิดในช่วงลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ของกรุงเทพมหานคร

ผลการจำแนกสัดส่วนแหล่งกำเนิดในหัวข้อ 4.5.3 ทำให้ทราบถึงแหล่งกำเนิดที่ส่งผลกระทบต่อแต่ละสถานีในรูปของสัดส่วนดังตารางที่ 4.10 ซึ่งจะได้ว่า โดยภาพรวมแล้วโอเสียจากรถดีเซลและมอเตอร์ไซด์ และการเผาไหม้ของชีวมวลยังคงเป็นแหล่งกำเนิดที่สำคัญต่อกรุงเทพมหานคร แต่จะเห็นว่าโอเสียจากรถดีเซลและมอเตอร์ไซด์จะส่งผลกระทบต่อดินแดงมากที่สุดและมากกว่าสามสถานีอย่างเห็นได้ชัด ซึ่งอีกสามสถานีนั้นปริมาณฝุ่นละอองที่มาจากแหล่งกำเนิดนี้ไม่แตกต่างกันมาก และการเผาไหม้ของชีวมวลก็ยังส่งผลกระทบต่อดินแดงมากที่สุดเช่นเดียวกัน รองลงมาก็คือ จันทรมหาชัย บ้านสมเด็จและราษฎร์บูรณะตามลำดับ และเช่นเดียวกับในช่วงลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ ในช่วงนี้ การประมวลผลด้วยแบบจำลองคุณภาพมวลเคมีเกิด multicollinearity ระหว่างโอเสียจากรถดีเซลและมอเตอร์ไซด์และการเผาไหม้ของชีวมวล จึงเป็นเหตุให้แบบจำลองไม่สามารถทำการแยกแยะแหล่งกำเนิดทั้งสองได้ดี และอาจจะทำให้การจำแนกสัดส่วนออกมาไม่ตรงกับความเป็นจริงมากนัก

ฝุ่นละอองรวมจากดินและถนนจะส่งผลกระทบต่อสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศทุกจุดในสัดส่วนที่น้อยมากคือ 0.8-3.1% ซึ่งแสดงให้เห็นได้ว่าฝุ่นละอองรวมจากดินและถนนนั้นยังคงเป็นแหล่งกำเนิดที่ไม่มีอิทธิพลต่อคุณภาพอากาศในกรุงเทพมหานคร แต่ฝุ่นละอองรวมจากดินและถนนที่จำแนกได้ในช่วงนี้จะมีปริมาณสูงที่บ้านสมเด็จและราษฎร์บูรณะ ทั้งนี้เนื่องจากว่ามีการก่อสร้างในบริเวณใกล้เคียงกับการเก็บตัวอย่าง

จากสัดส่วนการประมาณการกระจายแหล่งกำเนิดของแอมโมเนียมซัลเฟตและ โซเดียมไนเตรตจะเห็นว่ามีส่วนของแอมโมเนียมซัลเฟตน้อยกว่าโซเดียมไนเตรตในทุกสถานีเปรียบเทียบแอมโมเนียมซัลเฟต 4 สถานี จะได้ว่าในช่วงลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ ความเข้มข้นของแอมโมเนียมซัลเฟตและโซเดียมไนเตรตลดลงมาจากช่วงลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ ใน

ทุกสถานีค่อนข้างที่จะมีปริมาณของแอมโมเนียมซัลเฟตไม่แตกต่างกันมากนัก แสดงว่าแอมโมเนียมซัลเฟตจะแพร่กระจายไปในบรรยากาศทั่วกันทั้งกรุงเทพมหานครในช่วงลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้เช่นกัน และเมื่อพิจารณาไซเดียมไนเตรตทั้ง 4 สถานี จะเห็นว่าทุกสถานีมีปริมาณฝุ่นละอองรวมใกล้เคียงกัน แม้แต่ที่ดินแดงที่คาดว่าจะมีผลกระทบจากไนเตรตมากแต่จากการจำแนกสัดส่วนแหล่งกำเนิดก็ยังคงมีปริมาณต่ำเช่นเดียวกันสถานีอื่นๆ ที่เป็นเช่นนี้เพราะทิศทางของลมมรสุมเปลี่ยนแปลงเป็นทิศตะวันตกเฉียงใต้ทำให้ไนเตรตนั้นมีอิทธิพลไม่มากนัก และจากความเข้มข้นของไซเดียมไนเตรตทุกสถานีจะได้ว่าไซเดียมไนเตรตแพร่กระจายอยู่ทั่วไปในบรรยากาศของกรุงเทพมหานครเช่นเดียวกันกับแอมโมเนียมซัลเฟต

สัดส่วนของละอองไอจากทะเลในช่วงนี้เท่ากับ 4.7-16.3% ซึ่งจะมีช่วงสัดส่วนที่ค่อนข้างห่างกัน เมื่อพิจารณาสัดส่วนของละอองไอจากทะเลที่ทำการคำนวณได้นั้น ที่บ้านสมเด็จและราษฎร์บูรณะค่อนข้างที่จะได้รับอิทธิพลจากละอองไอทะเลรองจากไอเสียรถยนต์และมอเตอร์ไซด์และการเผาไหม้ของชีวมวล แสดงว่าเมื่อเข้าสู่ช่วงลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้แล้วอิทธิพลของละอองไอทะเลจะส่งผลกระทบต่อบ้านสมเด็จและราษฎร์บูรณะเมื่อเทียบกับแหล่งกำเนิดอื่นๆ ที่สถานีเดียวกัน แต่เมื่อคำนวณค่าความเข้มข้นของไอจากทะเลของทั้งสี่สถานีแล้วจะมีค่าเท่ากับ 6.7-8.9 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ซึ่งจะเห็นว่าทั้งสี่จุดเก็บตัวอย่างนี้จะได้ค่าความเข้มข้นของไอที่ไม่แตกต่างกันมากนัก แสดงให้เห็นว่าเมื่อเข้าสู่ช่วงลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้แล้วค่าความเข้มข้นของไอทะเลจะเพิ่มขึ้นและแพร่กระจายไปทั่วบรรยากาศของกรุงเทพมหานครในระดับความเข้มข้นที่ใกล้เคียงกัน

ในช่วงลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้แหล่งกำเนิดทั้งสองคือ การเผาไหม้จากน้ำมันเตา(3.8-11.0%)และโรงหลอมเหล็ก(3.7-9.3%) จะมีอิทธิพลต่อกรุงเทพมหานครเพิ่มมากขึ้น เนื่องจากแหล่งที่ตั้งของโรงงานอุตสาหกรรมนั้นอยู่ทางทิศใต้ของกรุงเทพมหานคร และเมื่อพิจารณาค่าความเข้มข้นของการเผาไหม้ของน้ำมันเตาและโรงหลอมเหล็กของทั้งสี่สถานีซึ่งเท่ากับ 5.1-6.1 และ 4.9-6.4 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ จะเห็นว่าค่าความเข้มข้นแต่ละแหล่งกำเนิดของแต่ละสถานีไม่แตกต่างกันมากนัก แสดงว่าในช่วงนี้ฝุ่นละอองรวมที่มาจากแหล่งกำเนิดทั้งสองจะมีส่งผลไปทั่วบรรยากาศของกรุงเทพมหานครเช่นเดียวกันกับ แอมโมเนียมซัลเฟต ไซเดียมไนเตรต และละอองไอทะเล

4.5.5 การวิเคราะห์ผลความเข้มข้นฝุ่นละอองรวมในบรรยากาศ การกระจายแหล่งกำเนิดต่อกรุงเทพมหานครตลอดทั้งปี

การวิเคราะห์ในเรื่องความเข้มข้นฝุ่นละอองรวมและสัดส่วนแหล่งกำเนิดที่ผ่านมาจะแสดงให้เห็นถึงการเปลี่ยนแปลงและการเปรียบเทียบของความเข้มข้นฝุ่นละอองรวมและแหล่งกำเนิดที่สำคัญภายในและระหว่างช่วงลมมรสุมของแต่ละสถานีเท่านั้น เพราะฉะนั้นจึงมีความจำเป็นต้องพิจารณาการเปลี่ยนแปลงโดยรวมตลอดทั้งปีเพื่อจะนำไปสู่บทสรุปและการนำไปใช้ต่อไป

เมื่อทำการพิจารณาเรื่องความเข้มข้นฝุ่นละอองรวมจะได้ว่า ในช่วงลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือความเข้มข้นฝุ่นละอองรวมจะมีค่าสูงกว่าในช่วงลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ และจากการเก็บตัวอย่างในช่วงลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือจะมีค่าความเข้มข้นฝุ่นละอองรวมที่เกินมาตรฐานอยู่ด้วยสองสถานีคือ ดินแดงและจันทระเกษม ซึ่งบ่งบอกว่าการจัดการคุณภาพอากาศภายในช่วงลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือไม่ได้รับการดำเนินการจัดการที่ดีนัก ประกอบกับสภาพอากาศ เช่นความเร็วของลมมีค่าที่ต่ำมาก จึงเป็นผลให้มีความเข้มข้นฝุ่นละอองรวมเกินค่ามาตรฐาน และจากการวิเคราะห์หาสัดส่วนแหล่งกำเนิดในช่วงลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือผลที่ได้คือไอเสียจากรถดีเซลและมอเตอร์ไซด์และการเผาไหม้ของชีวมวลจะเป็นแหล่งกำเนิดหลัก ประมาณ 60-70 เปอร์เซ็นต์ ที่ส่งผลกระทบต่อบรรยากาศของกรุงเทพมหานคร เพราะฉะนั้นช่วงนี้ควรที่จะทำการแก้ไขโดยเน้นไปที่ปัญหามลพิษที่เกิดจากรถดีเซลและมอเตอร์ไซด์และการเผาไหม้ของชีวมวลที่อยู่ในที่โล่งโดยไม่มีการควบคุม แม้ในช่วงนี้จะเป็นลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือแต่ที่ราษฎร์บูรณะก็ยังได้รับผลกระทบจากฝุ่นละอองรวมจากโรงหลอมเหล็กด้วยแม้จะในสัดส่วนที่ไม่สูงมากนัก แต่ก็ควรที่จะให้ความสนใจ เนื่องจากว่าแหล่งกำเนิดที่เป็นโรงงานอุตสาหกรรมนั้นสามารถที่จะทำการควบคุมฝุ่นละอองรวมได้ เพราะฉะนั้นในเขตราษฎร์บูรณะและในบริเวณใกล้เคียงควรจะ เป็นจุดที่ควรที่จะได้รับการแก้ไขในเรื่องของไอเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมด้วย

เมื่อเข้าสู่ในช่วงลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ค่าความเข้มข้นของฝุ่นละอองรวมของกรุงเทพมหานครจะลดลงเป็นอย่างมากและไม่มีวันที่มีค่าความเข้มข้นฝุ่นละอองรวมเกินมาตรฐานด้วย เนื่องจากว่าความเร็วของลมมีค่าเพิ่มขึ้นมาก แหล่งกำเนิดฝุ่นละอองรวมหลักของกรุงเทพมหานครก็ยังคงเป็นไอเสียจากรถดีเซลและมอเตอร์ไซด์และการเผาไหม้ของชีวมวลอยู่ แต่ในช่วงลมมรสุมนี้ยังมีแหล่งกำเนิดที่เป็นแหล่งกำเนิดหลักที่ควรสนใจอีกก็คือ ละอองไอน้ำจากทะเล (6.7-8.9 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร) การเผาไหม้ของน้ำมันเตา(5.1-6.1 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร) และฝุ่นละอองจากโรงหลอมเหล็ก(4.9-6.4 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร) ซึ่งมีความเข้มข้นเพิ่มขึ้นมาจากช่วงลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ นอกจากนี้แหล่งกำเนิดทั้งสามยังแพร่กระจายฝุ่น

ละอองไปทั่วทั้งบรรยากาศของกรุงเทพมหานครด้วย(พิจารณาจากความเข้มข้นที่ค่อนข้างเท่ากัน ในทุกจุดเก็บตัวอย่าง) เพราะฉะนั้นในช่วงลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ควรที่เน้นการจัดการคุณภาพอากาศไปที่ไอเสียรถดีเซลและมอเตอร์ไซด์และการเผาไหม้ของชีวมวลมากที่สุด นอกจากนั้นควรที่สนใจผลของฝุ่นละอองรวมที่มาจากการเผาไหม้ของน้ำมันเชื้อเพลิง โรงหลอมเหล็ก และโรงงานอุตสาหกรรมต่างๆ ส่วนละอองไอทะเล แม้ว่าจะมีค่าความเข้มข้นที่เพิ่มขึ้นก็ตามแต่การจัดการคุณภาพอากาศกับละอองไอจากทะเลนั้นแทบจะเป็นไปไม่ได้เนื่องจากเป็นแหล่งกำเนิดตามธรรมชาติซึ่งควบคุมได้ยากมากและละอองไอทะเลนั้นก็ไม่ได้ส่งผลกระทบต่อสุขภาพและสิ่งก่อสร้าง

ส่วนแอมโมเนียมซัลเฟตและโซเดียมไนเตรตเป็นแหล่งกำเนิดทุติยภูมิที่ถ้าจะควบคุมโดยตรงนั้นเป็นไปได้ยาก เพราะฉะนั้นการที่จะควบคุมแหล่งกำเนิดเหล่านี้ต้องควบคุมที่แหล่งกำเนิดที่ปล่อยแอมโมเนีย SO_x และ NO_x ก็คือไอเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมและไอเสียจากยานพาหนะเป็นสำคัญ เพื่อที่จะลดความเข้มข้นฝุ่นละอองรวมของแหล่งกำเนิดนี้ลง

เวลาในการเก็บตัวอย่างที่ดำเนินการในวิทยานิพนธ์นี้ก็คือตั้งแต่กลางเดือนมกราคมถึงต้นเดือนมีนาคมและเมษายนถึงพฤษภาคม พ.ศ. 2545 แต่ยังมีเดือนที่ไม่ได้ดำเนินการเพื่อหาแหล่งกำเนิดที่สำคัญที่มีผลกระทบต่อบรรยากาศในกรุงเทพมหานครก็คือมิถุนายนถึงกันยายน และ ตุลาคมถึงธันวาคม ดังนั้นจึงทำการประมาณการณ์แหล่งกำเนิดที่สำคัญจากทิศทางลมมรสุมเป็นหลักซึ่งได้ผลว่า ในช่วงมิถุนายนถึงกันยายนเป็นช่วงลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ควรที่จะมีความเข้มข้นฝุ่นละอองรวมของละอองไอจากทะเล การเผาไหม้ของน้ำมันเชื้อเพลิงและโรงหลอมเหล็กที่เพิ่มมากขึ้นทั่วทั้งกรุงเทพมหานคร แต่ว่าไอเสียจากรถดีเซลและมอเตอร์ไซด์และการเผาไหม้ของชีวมวลจะยังคงเป็นแหล่งกำเนิดหลักอยู่และค่าความเข้มข้นควรจะลดลงจากช่วงที่ทำการเก็บตัวอย่างเพราะฝนที่ตกในช่วงนี้แต่คาดว่าไม่ควรจะมากนักเนื่องจากว่าในเดือนพฤษภาคมซึ่งเป็นเดือนที่ทำการเก็บตัวอย่างฝุ่นละอองรวมจะมีค่าความเข้มข้นของฝุ่นละอองรวมในบรรยากาศค่อนข้างที่จะไม่เปลี่ยนแปลง

ในช่วงเดือนตุลาคมถึงธันวาคมเป็นช่วงลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือซึ่งคาดการณ์ไว้ว่าความเข้มข้นฝุ่นละอองรวมในบรรยากาศจะกลับมีค่าเพิ่มขึ้นอีกและควรจะสูงสุดที่เดือนธันวาคมเนื่องจากว่าในช่วงที่ทำการเก็บตัวอย่าง(มกราคมถึงมีนาคม) ค่าความเข้มข้นฝุ่นละอองรวมเริ่มที่จะลดลงมาเรื่อยๆ ฝุ่นละอองรวมจากไอเสียจากรถดีเซลและมอเตอร์ไซด์กับการเผาไหม้ของชีวมวลควรเป็นแหล่งกำเนิดที่ส่งผลให้ค่าความเข้มข้นฝุ่นละอองรวมในช่วงนี้สูงขึ้นและสูงขึ้นอย่างมากและอาจจะมากกว่าเดือนมกราคมถึงมีนาคม ส่วนแหล่งกำเนิดอื่นๆ นั้นคาดว่าไม่ควรที่จะมีผลต่อคุณภาพอากาศในช่วงนี้มากนักโดยเฉพาะฝุ่นละอองรวมจากละอองไอทะเล การเผาไหม้ของน้ำมันเชื้อเพลิงและโรงหลอมเหล็ก

4.5.6 การเปรียบเทียบผลที่ได้จากงานวิจัยนี้กับงานวิจัยอื่นๆ

ในส่วนี้ จะทำการวิเคราะห์เพื่อดูการเปลี่ยนแปลงของแหล่งกำเนิดที่สำคัญในปีที่ผ่านมา กับปีพ.ศ. 2545 โดยได้นำงานวิจัยของอาภา หวังเกียรติ ซึ่งทำการวิจัยการจำแนกสัดส่วนแหล่งกำเนิดโดยตรวจวัดฝุ่นละอองรวมในบรรยากาศของกรุงเทพมหานครตั้งแต่ธันวาคม 2539 ถึงมกราคม 2540 และ Hathairatana Garivait ได้ทำการวิจัยเกี่ยวกับการจำแนกสัดส่วนแหล่งกำเนิดที่มีผลกระทบต่อคุณภาพอากาศในกรุงเทพมหานครเช่นกันตั้งแต่ธันวาคม 2539 ถึงกุมภาพันธ์ 2540 โดยทำการตรวจวัด PAHs และ ฝุ่นละอองที่มีขนาดเล็กกว่า 100 ไมครอน ซึ่งทั้งสองงานวิจัยกระทำในช่วงลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ

ผลการจำแนกสัดส่วนแหล่งกำเนิดของ อาภา หวังเกียรติ เป็นดังนี้ ฝุ่นจากดินและถนน 64.87 % ไอเสียรถดีเซล 15.54 % ละอองไอทะเล 4.22 % โรงหลอมเหล็ก 0.60 % การเผาไหม้ของขยะและชีวมวล 0.82 % การเผาไหม้ของน้ำมันเชื้อเพลิง 0.33 % และมวลที่ไม่สามารถอธิบายได้ 13.61 %

และผลจากการจำแนกสัดส่วนแหล่งกำเนิดของ Hathairatana Garivait เป็นดังนี้ ฝุ่นจากดินและฝุ่นที่ฟุ้งกระจาย 51 % ไอเสียยานพาหนะ 18 % การเผาไหม้ของขยะและชีวมวล 11 % มลพิษทุติยภูมิ 6 % อุตสาหกรรมและละอองไอทะเล 4 % และมวลที่ไม่สามารถอธิบายได้ 10 %

จากผลการจำแนกสัดส่วนของทั้งสองงานวิจัยซึ่งกระทำในปี พ.ศ. 2539-2540 จะเห็นว่าแหล่งกำเนิดที่มีความสำคัญที่สุดก็คือ ฝุ่นจากดิน ถนนและฝุ่นที่ฟุ้งกระจายขึ้นอีกครั้ง ถึง 50-60 % แต่จากงานวิจัยนี้ที่กระทำในปี พ.ศ. 2545 แหล่งกำเนิดที่สำคัญที่สุดของกรุงเทพมหานครคือ ไอเสียจากรถดีเซลและมอเตอร์ไซด์และการเผาไหม้ของชีวมวล ประมาณ 60-70 % แต่ฝุ่นจากดินและถนนในปีนั้น จะเหลือเพียงไม่ถึง 5 % จากผลนี้แสดงให้เห็นว่าในช่วงปี พ.ศ. 2539-2540 ยังคงเป็นช่วงที่มีการก่อสร้างซึ่งจะทำให้เกิดฝุ่นที่มาจากดิน การฟุ้งกระจายของดินในบริเวณก่อสร้างและฝุ่นที่มาจากคาร์บอนที่ของยานพาหนะได้มาก แต่เมื่อมาในปี พ.ศ. 2545 การก่อสร้างซึ่งเป็นแหล่งที่ทำให้เกิดฝุ่นจากดินและถนนได้มากนั้นลดลงเป็นอย่างมากเนื่องจากเศรษฐกิจตกต่ำลงเป็นผลให้ปริมาณของฝุ่นที่มาจากดินและถนนลดลงไปด้วย ดังนั้นแหล่งกำเนิดในอันดับรองลงมาคือไอเสียจากยานพาหนะและการเผาไหม้ของชีวมวล ในปี พ.ศ. 2539-2540 นั้นก็มีความสำคัญเพิ่มมากขึ้นและในที่สุดก็เป็นแหล่งกำเนิดที่สำคัญที่สุดที่ก่อให้เกิดผลกระทบต่อคุณภาพอากาศของกรุงเทพมหานครในปี พ.ศ. 2545

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

การคำนวณสัดส่วนแหล่งกำเนิดของฝุ่นละอองรวมโดยใช้แบบจำลองคุณภาพมวลเคมีกับข้อมูลที่ทำกรตรวจวัดได้ที่สถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศสถาบันราชภัฏจันทรเกษม เคหะชุมชนดินแดง สถาบันราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยาและที่ทำกรไปรษณีย์โทรเลขราชภัฏบูรณะ ทั้งในช่วงลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ(13 มกราคม พ.ศ. 2545 ถึง 8 มีนาคม พ.ศ. 2545 จำนวน 10 วัน) และช่วงลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้(1 เมษายน พ.ศ. 2545 ถึง 31 พฤษภาคม พ.ศ. 2545 จำนวน 10 วัน) สรุปได้ดังนี้

5.1.1 ค่าเฉลี่ยของความเข้มข้น 24 ชั่วโมง ของฝุ่นละอองรวมช่วงลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือที่สถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศเคหะชุมชนดินแดง สถาบันราชภัฏจันทรเกษม สถาบันราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยาและที่ทำกรไปรษณีย์โทรเลขราชภัฏบูรณะ เท่ากับ 280 147 160 และ128 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ โดยที่จันทรเกษมและดินแดงมีวันที่มีความเข้มข้นฝุ่นละอองรวมเกินค่ามาตรฐาน เท่ากับ 330 และ 373 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร และเป็นค่าสูงที่สุดของช่วงการเก็บตัวอย่าง

5.2 ค่าเฉลี่ยของความเข้มข้น 24 ชั่วโมง ของฝุ่นละอองรวมช่วงลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ที่สถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศเคหะชุมชนดินแดง สถาบันราชภัฏจันทรเกษม สถาบันราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยาและที่ทำกรไปรษณีย์โทรเลขราชภัฏบูรณะ เท่ากับ 143 86 52 และ 69 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ โดยไม่มีสถานีใดที่มีความเข้มข้น 24 ชั่วโมงของฝุ่นละอองรวมเกินค่ามาตรฐาน การเปรียบเทียบความเข้มข้นฝุ่นละอองรวมระหว่างช่วงลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือและลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ของแต่ละสถานี จะได้ว่าที่ดินแดง จันทรเกษม บ้านสมเด็จ และราชภัฏบูรณะ จะมีค่าความเข้มข้นฝุ่นละอองรวมลดลงในช่วงลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ประมาณ 2-3 เท่า

5.3 ช่วงลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ สัดส่วนไอเสียจากรถดีเซลและมอเตอร์ไซด์เป็นแหล่งกำเนิดที่มีผลกระทบต่อดินแดง และจันทรเกษมมากที่สุดเท่ากับ 40.7% และ 37.7% ตามลำดับ และที่บ้านสมเด็จและราชภัฏบูรณะ การเผาไหม้ของชีวมวลจะมีสัดส่วนมากที่สุดเท่ากับ 32.6% และ 32.3% ตามลำดับ สัดส่วนแหล่งกำเนิดที่รองลงมาคือ ฝุ่นจากดินและถนน 1.6-4.2% ละอองไอกจากทะเล 1.4-2.2 % แอมโมเนียมซัลเฟต 4.8-9.3% โซเดียมไนเตรต 5.0-7.0% และโรงหลอมเหล็กจะมีผลกระทบต่อราชภัฏบูรณะเท่านั้น 4.7 % ในช่วงนี้จำเป็นที่จะต้องควบคุมการปล่อยมลพิษจากไอเสียจากรถดีเซลและมอเตอร์ไซด์กับการเผาไหม้ของชีวมวลมาก

ที่สุดเพื่อที่จะลดปริมาณมลพิษให้ได้สูงที่สุด และที่ราษฎรบุรณะและบริเวณใกล้เคียงควรจะสนใจ
ไอเสียที่มาจากโรงงานอุตสาหกรรมด้วย

5.4 ช่วงลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ การเผาไหม้ของชีวมวลจะมีผลกระทบต่อสถานี
ตรวจวัดคุณภาพอากาศเคหะชุมชนดินแดง สถาบันราชภัฏจันทรเกษม สถาบันราชภัฏบ้านสมเด็จ
เจ้าพระยาและที่ทำการไปรษณีย์โทรเลขราษฎรบุรณะมากที่สุด เท่ากับ 39.9% 23.6% 31.6%
และ 19.8% ตามลำดับ รองลงมาคือ ไอเสียจากรถดีเซลและมอเตอร์ไซด์ 18.3-34.1% % ฝุ่นจาก
ดินและถนน 0.8-3.1% ละอองไอน้ำจากทะเล 4.7-16.3% แอมโมเนียซัลเฟต 1.8-2.5% โซเดียมไน
เตรต 2.2-5.7% การเผาไหม้ของน้ำมันเตา 3.8-11.0% โรงหลอมเหล็ก 3.7-9.3% ในช่วงนี้ยังคง
จำเป็นที่จะต้องควบคุมการปล่อยมลพิษจากการเผาไหม้ของชีวมวลและไอเสียจากรถดีเซลและ
มอเตอร์ไซด์เพื่อที่จะลดปริมาณมลพิษให้ได้สูงที่สุด และนอกจากนี้ที่ทุกสถานีควรจะให้
ความสำคัญกับไอเสียที่มาจากโรงงานอุตสาหกรรมให้มากด้วย ส่วนละอองไอน้ำจากทะเลเป็น
แหล่งกำเนิดที่ไม่สามารถจะทำการจัดการได้เนื่องจากเป็นแหล่งกำเนิดตามธรรมชาติ

5.5 ข้อเสนอแนะสำหรับงานวิจัยนี้ มีดังนี้

5.5.1 จัดทำสัดส่วนองค์ประกอบทางเคมีของแหล่งกำเนิดที่มีอยู่ในปัจจุบันเพื่อที่จะทำให้
การประมาณสัดส่วนแหล่งกำเนิดของฝุ่นละอองรวมนั้นเป็นไปสถานการณ์ในปัจจุบันและให้ม
ีความถูกต้องให้ได้มากที่สุด

5.5.2 ทำการจำแนกสัดส่วนแหล่งกำเนิดของฝุ่นละอองที่มีขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอนและ
ขนาดเล็กกว่า 2.5 ไมครอนในช่วงลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือและลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้
เพื่อพิจารณาถึงความสำคัญของแหล่งกำเนิดของฝุ่นขนาดเหล่านี้ด้วยและเปรียบเทียบกับสัดส่วน
แหล่งกำเนิดของฝุ่นละอองรวมที่ได้จากงานวิจัยนี้

5.4.3 ทำการประมาณสัดส่วนแหล่งกำเนิดฝุ่นละอองรวมด้วยวิธีการที่เรียกว่า Factor
Analysis ต่อจากงานวิจัยนี้เพื่อที่จะนำมาเปรียบเทียบกับการประมาณสัดส่วนแหล่งกำเนิดที่
คำนวณได้จากแบบจำลองคุณภาพมวลเคมี

รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

กมล ธนชนพวรรณ. 2540. การพัฒนาตัวคุณอัตตราการปล่อยฝุ่นละอองจากโรงโม่หิน.วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ควบคุมมลพิษ, กรม. 2541. เอกสารประกอบการสัมมนาการจัดทำกลยุทธ์ในการแก้ไขปัญหาฝุ่นละอองในกรุงเทพมหานคร ณ ศูนย์การประชุมสิริกิติ์ กรุงเทพฯ วันที่ 20-21 พฤษภาคม. กรุงเทพมหานคร: บริษัท เรายั่งยืน อินเตอร์เนชั่นแนล.

ควบคุมมลพิษ, กรม. 2544.รายงานสถานการณ์และการจัดการปัญหามลพิษทางอากาศและเสียง ปี 2542. กรุงเทพมหานคร: กรมควบคุมมลพิษ.

ชिकाโอะ คานาโอะ และ วิวัฒน์ ตันตะพานิชกุล. 2535. มลภาวะอากาศ. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพมหานคร: สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น).

แมน อมรสิทธิ์ และ อมร เพชรสม. 2534. หลักการและเทคนิคการวิเคราะห์เชิงเครื่องมือ. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์ชวนพิมพ์.

วงศ์พันธ์ ลิ้มปเสนีย์, นิตยา มหาผล และ วีระ เกรอด. 2543. มลภาวะอากาศ. พิมพ์ครั้งที่ 6. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ศิริกัลยา สุวจิตตานนท์, วิวัฒน์ ตันตะพานิชกุล, ชिकाโอะ คานาโอะ และ จุฑามาศ เกตุทัต. 2542. มลภาวะอากาศ. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์แห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สำนักงานนโยบายแผนและสิ่งแวดล้อม, 2543. รายงานสถานการณ์คุณภาพสิ่งแวดล้อม พ.ศ. 2541. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์พิทักษ์อักษร.

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

อัมพร อึ้งปกรณ์แก้ว. 2543. การวิเคราะห์สารอินทรีย์แขวนลอยในน้ำทะเลด้วยเครื่องวิเคราะห์ธาตุ. วารสารศูนย์เครื่องมือวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 8 (ธันวาคม): 89-95.

อภา หวังเกียรติ. 2544. Application of CMB₃ Receptor model for source apportionment in Bangkok Metropolitan Area. เอกสารประกอบการประชุมประจำปีระดับชาติ ครั้งที่ 13 สวสท, พฤษภาคม 17-18, สมาคมวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมแห่งประเทศไทย.

อุตุนิยมนิเทศ, กรม. 2537. รายงานข้อมูลกรมอุตุนิยมนิเทศ สถิติภูมิอากาศของประเทศไทยในคาบ 30 ปี (พ.ศ. 2504-2533).

ภาษาอังกฤษ

Alloway, B. J. and Ayres, D. C. 1997. Chemical Principles of Environmental Pollution. 2nd ed. (n.p.): Blackie Academic & Professional.

Chen, K. S., Lin, C. F. and Chou Y. M. 2001. Determinations of Source Contribution to Ambient PM_{2.5} in Kaohsiung, Taiwan, Using a Receptor Model. Journal of the Air and Waste Management Association 51: 489-498.

Grarivait, H. 1999. A Study on Air Pollution By Airborne Polycyclic Aromatic Hydrocarbon (PAHs) in Bangkok Urban Atmosphere. Doctor's Thesis, Department of Technical Science, School of Environment, Resources and Development, Asian Institute of Technology.

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

- Kavouras, I. G., Koutrakis, P., Balic, F. C. and Oyola, P. 2001. Source Apportionment of PM_{10} and $PM_{2.5}$ in Five Chilean Cities Using Factor Analysis. Journal of the Air and Waste Management Association 51: 451-464.
- Kebbekus, B. B. and Mitra, S. 1998. Environmental Chemical Analysis. London : Thomson Science.
- Kim, B. M. and Henry, R. C. 1999. Diagnostic for Determining Influential Species in the Chemical Mass Balance Receptor Model. Journal of the Air and Waste Management Association 49: 1449-1455.
- Lodge, J. P. 1989. Methods of Air Sampling and Analysis. 3rd ed. MI: Lewis Publishers.
- Motallebi, N. 1999. Wintertime $PM_{2.5}$ and PM_{10} Source Apportionment at Sacramento, California. Journal of the Air and Waste Management Association 49, special issue:25-34.
- Park, S. S., Bae, M. S. and Kim, Y. J. 2001. Chemical Composition and Source Apportionment of $PM_{2.5}$ Particle in the Sihwa Area, Korea. Journal of the Air and Waste Management Association 51: 393-405.
- Polissar, A. V. Hopke, P. K. and Poirot, R. L. 2001. Atmospheric Aerosol over Vermont: Chemical Composition and Sources. Environmental Science & Technology. 35: 4604-4621
- Radian International, LLC. 1998. PM Abatement Strategy for the Bangkok Metropolitan Area, Final Report Volume I - Report, Prepared for Pollution Control Department, Ministry of Science, Technology, and Environment. Bangkok, Thailand.
- Ross R. D. 1972. Air Pollution and Industry. (n.p.): Litton Educational Publishing.

Seinfeld, J. H. and Pandis, S. N. 1998. Atmospheric Chemistry and Physics : From air pollution to climate change. New York: John Wiley and Sons.

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

Walker, C. 1975. Environmental Pollution by Chemicals. 2nd ed. (n.p.): Hutchinson & CO.

Watson, J. G., et al. 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: WHO.



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ภาคผนวก

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ภาคผนวก ก

ผลการเก็บตัวอย่างและข้อมูลความเข้มข้นฝุ่นละอองรวม

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การเก็บตัวอย่างช่วงลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ
วันที่ 13 มกราคม พ.ศ. 2545 ถึง วันที่ 8 มีนาคม พ.ศ. 2545

1. สถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศเคหะชุมชนดินแดง

- จำนวนตัวอย่างทั้งหมด = 8 ตัวอย่าง
- อัตราการไหลของอากาศ = 1.22-1.25 ลูกบาศก์เมตรต่อนาที
- จำนวนชั่วโมงการเก็บตัวอย่างเฉลี่ย = 23 ชั่วโมง 48 นาที
- ความเข้มข้นสูงสุด = 0.3730 mg/m³
- ความเข้มข้นต่ำสุด = 0.1676 mg/m³
- $\bar{x} \pm SD$ = 0.2526 \pm 0.0701 mg/m³

ปัญหาที่เกิดขึ้น

1. ตัวอย่างที่ 9 เสียเนื่องจากเครื่องทำงานไปได้เพียง 1 ชั่วโมง 30 นาที และได้ทำการเปลี่ยนมอเตอร์ในวันที่ 3 มีนาคม 2545
2. ตัวอย่างที่ 10 ไม่ได้เก็บเนื่องจาก Timer กับมอเตอร์ เสียในวันที่ 7 มีนาคม 2545

ตารางที่ ก.1 ความเข้มข้นฝุ่นละอองรวมในบรรยากาศที่สถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศเคหะชุมชนดินแดงช่วงลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ

วัน เดือน ปี	ช่วงเวลา	น.น.กระดาษ กรอง (g)	น.น.กระดาษ กรอง+ฝุ่น (g)	น.น.ฝุ่น (g)	ปริมาตรอากาศ (m ³)	ความเข้มข้นฝุ่น (mg/m ³)
13/1/45	19 hr 53 min	4.5414	4.9584	0.4170	1512.7	0.2757
19/1/45	23 hr 45 min	4.5003	5.1552	0.6549	1755.8	0.3730
25/1/45	23 hr 52 min	4.6026	5.0608	0.4582	1776.3	0.2580
31/1/45	23 hr 52 min	4.5355	5.1016	0.5661	1781.6	0.3177
6/2/45	23 hr 52 min	4.4724	4.7798	0.3074	1789.8	0.1718
12/2/45	24 hr	4.5800	4.9734	0.3934	1800.0	0.2186
18/2/45	23 hr 52 min	4.5639	4.9845	0.4206	1762.0	0.2387
24/2/45	23 hr 52 min	4.5361	4.8338	0.2977	1776.3	0.1676
2/3/45	1 hr 19 min	4.5618	ตัวอย่างเสีย			
8/3/45	0	4.5687	ตัวอย่างเสีย			

2. สถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศสถาบันราชภัฏจันทรเกษม

- จำนวนตัวอย่างทั้งหมด	=	10 ตัวอย่าง
- อัตราการไหลของอากาศ	=	1.30-1.46 ลูกบาศก์เมตรต่อนาที
- จำนวนชั่วโมงการเก็บตัวอย่างเฉลี่ย	=	23 ชั่วโมง 37 นาที
- ค่าความเข้มข้นสูงสุด	=	0.3304 mg/m ³
- ค่าความเข้มข้นต่ำสุด	=	0.0903 mg/m ³
- $\bar{x} \pm SD$	=	0.1512 \pm 0.0730 mg/m ³
ปัญหาที่เกิดขึ้น	=	ไม่มี

ตารางที่ ก.2 ความเข้มข้นฝุ่นละอองรวมในบรรยากาศที่สถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศสถาบันราชภัฏจันทรเกษมช่วงลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ

วัน เดือน ปี	ช่วงเวลา	น.น.กระดาศ กรอง (g)	น.น.กระดาศ กรอง+ฝุ่น (g)	น.น.ฝุ่น (g)	ปริมาตรอากาศ (m ³)	ความเข้มข้นฝุ่น (mg/m ³)
13/1/45	23 hr 45 min	4.5835	4.8100	0.2265	1994.3	0.1136
19/1/45	23 hr 45 min	4.5186	5.0985	0.5799	1755.1	0.3304
25/1/45	23 hr 45 min	4.5744	4.9015	0.3271	1985.6	0.1647
31/1/45	23 hr 45 min	4.6159	5.0445	0.4286	1969.6	0.2176
6/2/45	23 hr 45 min	4.5365	4.7358	0.1993	2012.4	0.0990
12/2/45	23 hr 45 min	4.5590	4.8021	0.2431	2009.1	0.1210
18/2/45	23 hr 45 min	4.5244	4.8043	0.2799	1994.9	0.1403
24/2/45	23 hr 30 min	4.5362	4.7495	0.2133	1951.5	0.1093
2/3/45	23 hr 45 min	4.5402	4.7218	0.1816	2011.2	0.0903
8/3/45	23 hr 45 min	4.5572	4.8152	0.2580	2032.6	0.1260

3. สถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศสถาบันราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา

- จำนวนตัวอย่างทั้งหมด	=	10 ตัวอย่าง
- อัตราการไหลของอากาศ	=	1.17-1.27 ลูกบาศก์เมตรต่อนาที
- จำนวนชั่วโมงการเก็บตัวอย่างเฉลี่ย	=	23 ชั่วโมง 37.5 นาที
- ความเข้มข้นสูงสุด	=	0.2553 mg/m ³
- ความเข้มข้นต่ำสุด	=	0.0631 mg/m ³
- $\bar{x} \pm SD$	=	0.1276 \pm 0.0593 mg/m ³
ปัญหาที่เกิดขึ้น	=	ไม่มี

ตารางที่ ก.3 ความเข้มข้นฝุ่นละอองรวมในบรรยากาศที่สถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศสถาบันราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยาช่วงลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ

วัน เดือน ปี	ช่วงเวลา	น.น.กระดาศ กรอง (g)	น.น.กระดาศ กรอง+ฝุ่น (g)	น.น.ฝุ่น (g)	ปริมาตรอากาศ (m ³)	ความเข้มข้นฝุ่น (mg/m ³)
13/1/45	23 hr 38 min	4.6042	4.8053	0.2011	1746.3	0.1152
19/1/45	23 hr 38 min	4.5314	4.9661	0.4347	1702.7	0.2553
25/1/45	23 hr 38 min	4.5710	4.8240	0.2530	1716.2	0.1474
31/1/45	23 hr 38 min	4.5752	4.9123	0.3371	1772.0	0.1902
6/2/45	23 hr 38 min	4.5589	4.6780	0.1191	1746.1	0.0682
12/2/45	23 hr 45 min	4.6170	4.8150	0.1980	1705.7	0.1161
18/2/45	23 hr 8 min	4.5748	4.8036	0.2288	1766.0	0.1296
24/2/45	23 hr 38 min	4.6011	4.7257	0.1246	1710.8	0.0728
2/3/45	23 hr 38 min	4.5365	4.6432	0.1067	1690.9	0.0631
8/3/45	23 hr 45 min	4.5895	4.7897	0.2002	1695.8	0.1181

4. สถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศที่ทำการไปรษณีย์โทรเลขราษฎร์บูรณะ

- จำนวนตัวอย่างทั้งหมด	=	10	ตัวอย่าง
- อัตราการไหลของอากาศ	=	1.12-1.22	ลูกบาศก์เมตรต่อนาที
- จำนวนชั่วโมงการเก็บตัวอย่างเฉลี่ย	=	23	ชั่วโมง 30 นาที
- ความเข้มข้นสูงสุด	=	0.2576	mg/m ³
- ความเข้มข้นต่ำสุด	=	0.0356	mg/m ³
- $\bar{x} \pm SD$	=	0.1177 \pm 0.0677	mg/m ³
- ปัญหาที่เกิดขึ้น	=	ไม่มี	

ตารางที่ ก.4 ความเข้มข้นฝุ่นละอองรวมในบรรยากาศที่สถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศที่ทำการไปรษณีย์โทรเลขราษฎร์บูรณะช่วงลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ

วัน เดือน ปี	ช่วงเวลา	น.น.กระตาศ กรอง (g)	น.น.กระตาศ กรอง+ฝุ่น (g)	น.น.ฝุ่น (g)	ปริมาตรอากาศ (m ³)	ความเข้มข้นฝุ่น (mg/m ³)
13/1/45	23 hr 23 min	4.4289	4.5493	0.1204	1685.6	0.0714
19/1/45	23 hr 23 min	4.5206	4.9352	0.4146	1609.4	0.2576
25/1/45	23 hr 23 min	4.5193	4.7166	0.1973	1652.6	0.1194
31/1/45	23 hr 23 min	4.5626	4.8691	0.3065	1627.6	0.1883
6/2/45	23 hr 45 min	4.5625	4.6620	0.0995	1657.1	0.0600
12/2/45	23 hr	4.5872	4.7645	0.1773	1565.0	0.1133
18/2/45	23 hr 23 min	4.5210	4.7243	0.2033	1600.6	0.1270
24/2/45	23 hr 15 min	4.5452	4.6240	0.0569	1599.5	0.0356
2/3/45	23 hr 30 min	4.5671	4.6606	0.0935	1611.9	0.0580
8/3/45	23 hr 23 min	4.5872	4.8216	0.2344	1604.6	0.1461

การเก็บตัวอย่างช่วงลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้

วันที่ 1 เมษายน พ.ศ. 2545 ถึง วันที่ 31 พฤษภาคม พ.ศ. 2545

1. สถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศเคหะชุมชนดินแดง

- จำนวนตัวอย่างทั้งหมด	=	10 ตัวอย่าง
- อัตราการไหลของอากาศ	=	1.17-1.20 ลูกบาศก์เมตรต่อนาที
- จำนวนชั่วโมงการเก็บตัวอย่างเฉลี่ย	=	24 ชั่วโมง
- ความเข้มข้นสูงสุด	=	0.2041 mg/m ³
- ความเข้มข้นต่ำสุด	=	0.0988 mg/m ³
- $\bar{x} \pm SD$	=	0.1522 \pm 0.0295 mg/m ³
<u>ปัญหาที่เกิดขึ้น</u>	=	ไม่มี

ตารางที่ ก.5 ความเข้มข้นฝุ่นละอองรวมในบรรยากาศที่สถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศเคหะชุมชนดินแดงช่วงลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ

วัน เดือน ปี	ช่วงเวลา	น.น.กระดาศ กรอง (g)	น.น.กระดาศ กรอง+ฝุ่น (g)	น.น.ฝุ่น (g)	ปริมาตรอากาศ (m ³)	ความเข้มข้นฝุ่น (mg/m ³)
1/4/45	23 hr 53 min	4.5636	4.8241	0.2605	1690.0	0.1541
7/4/45	24 hr	4.5636	4.7774	0.2138	1713.6	0.1248
19/4/45	24 hr	4.5630	4.8133	0.2503	1728.0	0.1448
25/4/45	24 hr	4.5102	4.8146	0.3044	1728.0	0.1762
1/5/45	24 hr	4.5130	4.8627	0.3497	1713.6	0.2041
7/5/45	24 hr	4.5240	4.8005	0.2765	1728.0	0.1600
13/5/45	24 hr	4.5550	4.8035	0.2485	1698.8	0.1463
19/5/45	24 hr	4.5955	4.7634	0.1679	1699.2	0.0988
25/5/45	24 hr	4.6237	4.9244	0.3007	1708.2	0.1760
31/5/45	24 hr	4.5230	4.7579	0.2349	1713.6	0.1371

2. สถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศสถาบันราชภัฏจันทรเกษม

- จำนวนตัวอย่างทั้งหมด = 9 ตัวอย่าง
- อัตราการไหลของอากาศ = 1.38-1.46 ลูกบาศก์เมตรต่อนาที
- จำนวนชั่วโมงการเก็บตัวอย่างเฉลี่ย = 23 ชั่วโมง 45 นาที
- ความเข้มข้นสูงสุด = 0.1283 mg/m³
- ความเข้มข้นต่ำสุด = 0.0627 mg/m³
- $\bar{x} \pm SD$ = 0.0871 \pm 0.0278 mg/m³

ปัญหาที่เกิดขึ้น

1. ตัวอย่างที่ 2 (วันที่ 7 เมษายน พ.ศ. 2545) ไม่ได้ทำการเก็บตัวอย่างเนื่องจาก บริษัทสิทธิพรได้เอากุญแจสำรองของสถานีไป

ตารางที่ ก.6 ความเข้มข้นฝุ่นละอองรวมในบรรยากาศที่สถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศสถาบันราชภัฏจันทรเกษมช่วงลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ

วัน เดือน ปี	ช่วงเวลา	น.น.กระดาศ กรอง (g)	น.น.กระดาศ กรอง+ฝุ่น (g)	น.น.ฝุ่น (g)	ปริมาตรอากาศ (m ³)	ความเข้มข้นฝุ่น (mg/m ³)
1/4/45	24 hr	4.5628	4.7900	0.2272	2060.6	0.1103
7/4/45	ไม่ได้ทำการเก็บตัวอย่าง					
19/4/45	23 hr 45 min	4.4800	4.7403	0.2603	2028.9	0.1283
25/4/45	23 hr 45 min	4.5177	4.7011	0.1834	2017.5	0.0909
1/5/45	23 hr 45 min	4.5317	4.7387	0.2070	2009.7	0.1030
7/5/45	23 hr 45 min	4.5468	4.7070	0.1602	1999.2	0.0801
13/5/45	23 hr 45 min	4.5276	4.6818	0.1542	2015.7	0.0765
19/5/45	23 hr 45 min	4.6256	4.7620	0.1364	2021.7	0.0675
25/5/45	23 hr 45 min	4.5626	4.6909	0.1283	2044.8	0.0627
31/5/45	23 hr 45 min	4.4964	4.6283	0.1319	2041.8	0.0646

3. สถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศสถาบันราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา

- จำนวนตัวอย่างทั้งหมด	=	10 ตัวอย่าง
- อัตราการไหลของอากาศ	=	1.22-1.39 ลูกบาศก์เมตรต่อนาที
- จำนวนชั่วโมงการเก็บตัวอย่าง	=	23 ชั่วโมง 15-30 นาที
- ความเข้มข้นสูงสุด	=	0.0902 mg/m ³
- ความเข้มข้นต่ำสุด	=	0.0404 mg/m ³
- $\bar{x} \pm SD$	=	0.0588 \pm 0.0168 mg/m ³
<u>ปัญหาที่เกิดขึ้น</u>	=	ไม่มี

ตารางที่ ก.7 ความเข้มข้นฝุ่นละอองรวมในบรรยากาศที่สถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศสถาบันราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยาช่วงลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ

วัน เดือน ปี	ช่วงเวลา	น.น.กระดาศ กรอง (g)	น.น.กระดาศ กรอง+ฝุ่น (g)	น.น.ฝุ่น (g)	ปริมาตรอากาศ (m ³)	ความเข้มข้นฝุ่น (mg/m ³)
1/4/45	24 hr 30 min	4.5341	4.6449	0.1108	1884.9	0.0588
7/4/45	24 hr 15 min	4.5328	4.6092	0.0764	1892.0	0.0404
19/4/45	23 hr 30 min	4.5034	4.5910	0.0876	1887.6	0.0464
25/4/45	23 hr 23 min	4.5630	4.7335	0.1705	1889.4	0.0902
1/5/45	23 hr 23 min	4.5227	4.6749	0.1522	1879.3	0.0810
7/5/45	23 hr 30 min	4.5975	4.6982	0.1007	1793.6	0.0561
13/5/45	23 hr 30 min	4.4837	4.5825	0.0988	1830.0	0.0540
19/5/45	23 hr 30 min	4.5200	4.5996	0.0796	1835.4	0.0434
25/5/45	23 hr 23 min	4.5608	4.6600	0.0992	1767.5	0.0561
31/5/45	23 hr 23 min	4.5712	4.6793	0.1081	1751.5	0.0617

4. สถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศที่ทำการไปรษณีย์โทรเลขราชบุรีบูรณะ

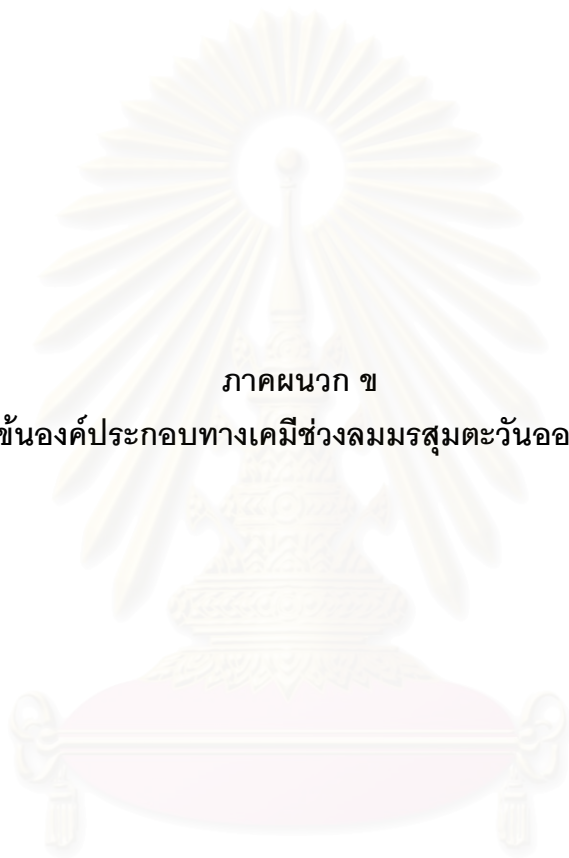
- จำนวนตัวอย่างทั้งหมด	=	9	ตัวอย่าง
- อัตราการไหลของอากาศปกติ	=	1.11-1.21	ลูกบาศก์เมตรต่อนาที
- จำนวนชั่วโมงการเก็บตัวอย่างเฉลี่ย	=	23	ชั่วโมง 15-30 นาที
- ความเข้มข้นสูงสุด	=	0.1042	mg/m ³
- ความเข้มข้นต่ำสุด	=	0.0448	mg/m ³
- $\bar{x} \pm SD$	=	0.0734 \pm 0.0171	mg/m ³

ปัญหาที่เกิดขึ้น

1. ตัวอย่างที่ 1 และ 2 (วันที่ 1 และ 7 เมษายน 2545) อัตราการไหลอากาศตกช่วงเนื่องจากว่ามีการขุดเจาะเพื่อทำฐานรากแบบหล่อในที่ โดยใช้เครื่องขุดเจาะที่ให้ไอเสียที่มีเขม่ามากและได้ตั้งไว้ใกล้กับเครื่องเก็บตัวอย่างไม่เกิน 4 เมตร ทำให้ข้อมูลอาจมีความผิดพลาดได้
2. ตัวอย่างที่ 9 (วันที่ 25 พฤษภาคม 2545) เก็บตัวอย่างได้เพียง 5 ชั่วโมงเนื่องจากว่าแปรปรวนทั้งหมด

ตารางที่ ก.8 ความเข้มข้นฝุ่นละอองรวมในบรรยากาศที่สถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศที่ทำการไปรษณีย์โทรเลขราชบุรีบูรณะช่วงลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ

วัน เดือน ปี	ช่วงเวลา	น.น.กระดาศ	น.น.กระดาศ	น.น.ฝุ่น	ปริมาตรอากาศ (m ³)	ความเข้มข้นฝุ่น (mg/m ³)
		กรอง (g)	กรอง+ฝุ่น (g)			
1/4/45	23 hr 15 min	4.4889	4.6108	0.1219	1506.1	0.0809
7/4/45	23 hr 15 min	4.5020	4.6265	0.1245	1398.5	0.0890
19/4/45	23 hr 30 min	4.5429	4.6535	0.1106	1621.5	0.0682
25/4/45	23 hr 30 min	4.4728	4.6399	0.1671	1603.4	0.1042
1/5/45	23 hr 16 min	4.5581	4.6746	0.1165	1579.7	0.0737
7/5/45	23 hr 30 min	4.5078	4.6248	0.1170	1608.9	0.0727
13/5/45	23 hr 15 min	4.5333	4.6444	0.1111	1610.1	0.0690
19/5/45	23 hr 30 min	4.5328	4.6061	0.0733	1635.2	0.0448
25/5/45	ตัวอย่างเสีย					
31/5/45	23 hr 30 min	4.5750	4.6606	0.0856	1599.5	0.0535



ภาคผนวก ข

ความเข้มข้นองค์ประกอบทางเคมีช่วงลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ข.2 ความเข้มข้นองค์ประกอบทางเคมีฝุ่นละอองรวมในบรรยากาศที่สถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศราชภัฏจันทรเกษมช่วงลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ

หน่วย : ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

วันเดือนปี	TC	OC	EC	Cl ⁻	NO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	NH ₄ ⁺	Na	Al	Si
13/1/45	26.477	11.040	15.437	0.794	7.028	10.825	0.682	2.297	0.625	0.180
19/1/45	101.680	42.933	58.748	1.996	32.005	19.295	2.305	1.218	1.050	1.969
25/1/45	43.071	19.739	23.332	0.919	12.141	14.728	0.804	2.124	0.680	1.389
31/1/45	56.541	23.982	32.559	1.456	6.568	5.825	0.833	2.293	1.163	2.045
6/2/45	18.435	8.242	10.193	2.379	4.729	7.692	0.117	3.378	0.572	0.646
12/2/45	30.408	14.114	16.294	0.812	6.815	13.092	0.601	1.872	0.558	0.195
18/2/45	31.910	14.184	17.726	0.896	6.665	8.319	0.413	2.459	0.691	0.507
24/2/45	20.974	8.626	12.348	2.072	4.440	7.268	0.104	3.807	0.625	1.121
2/3/45	17.242	7.094	10.148	1.605	4.069	7.733	0.056	2.298	0.508	0.245
8/3/45	33.999	13.252	20.747	0.909	8.614	11.294	0.747	1.394	0.525	0.159

วันเดือนปี	S	K	Ca	Ti	V	Cr	Fe	Zn	Pb
13/1/45	3.320	1.234	5.335	0.013	0.013	0.007	1.192	0.206	0.060
19/1/45	5.959	4.842	9.332	0.025	0.028	0.015	2.377	1.351	0.215
25/1/45	4.551	2.143	6.995	0.021	0.020	0.022	1.843	0.824	0.069
31/1/45	2.414	2.714	8.669	0.025	0.009	0.008	2.312	0.249	0.036
6/2/45	2.278	0.900	6.490	0.019	0.011	0.008	1.439	0.517	0.048
12/2/45	3.278	1.283	3.991	0.011	0.012	-	1.324	0.205	0.042
18/2/45	2.932	1.586	4.771	0.016	0.009	0.006	1.486	0.182	0.025
24/2/45	2.569	0.924	7.645	0.033	0.011	0.005	1.810	0.310	0.027
2/3/45	2.473	0.650	6.797	0.021	0.013	0.007	1.225	0.327	0.068
8/3/45	3.752	1.846	5.158	0.013	0.012	0.004	0.894	0.192	0.040

ตารางที่ ข.3 ความเข้มข้นองค์ประกอบทางเคมีฝุ่นละอองรวมในบรรยากาศที่สถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยาช่วงลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ

หน่วย : ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

วันเดือนปี	TC	OC	EC	Cl ⁻	NO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	NH ₄ ⁺	Na	Al	Si
13/1/45	24.222	12.535	11.687	0.838	6.006	11.208	0.341	3.330	0.748	0.140
19/1/45	98.234	41.410	56.823	1.149	24.307	13.390	1.983	2.222	0.813	1.585
25/1/45	45.865	20.779	25.085	0.126	2.342	2.447	0.830	2.285	0.382	0.490
31/1/45	66.968	28.939	38.029	1.348	6.616	6.223	0.406	2.210	0.860	1.847
6/2/45	16.612	8.328	8.284	2.563	3.258	4.330	0.035	3.359	0.326	0.443
12/2/45	35.059	15.351	19.708	0.739	7.063	11.369	0.876	2.200	0.483	0.759
18/2/45	23.361	17.321	6.040	1.087	6.863	8.446	0.473	2.923	0.550	0.362
24/2/45	15.925	7.870	8.055	2.273	3.318	5.576	0.055	4.314	0.384	1.042
2/3/45	17.362	7.603	9.758	1.185	2.924	5.670	0.122	3.350	0.534	0.279
8/3/45	36.187	15.667	20.520	0.750	10.020	11.768	1.355	1.197	0.429	0.332

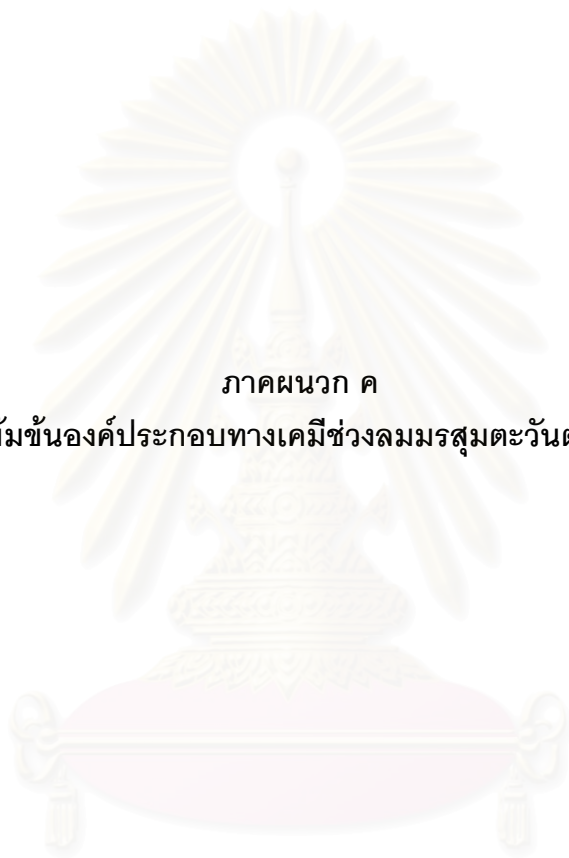
วันเดือนปี	S	K	Ca	Ti	V	Cr	Fe	Zn	Pb
13/1/45	3.701	1.367	4.930	0.014	0.015	0.009	1.664	0.560	0.072
19/1/45	4.471	5.214	5.980	0.018	0.011	0.007	1.376	0.528	0.151
25/1/45	3.187	1.715	3.806	0.010	0.007	0.007	1.406	0.905	0.023
31/1/45	2.355	3.069	6.692	0.017	0.010	0.007	1.489	0.175	0.040
6/2/45	1.549	0.672	2.949	0.007	0.002	0.004	0.606	0.067	0.021
12/2/45	3.277	1.411	3.547	0.013	0.008	0.004	0.938	0.134	0.038
18/2/45	2.923	1.451	4.115	0.013	0.008	0.005	1.020	0.291	0.045
24/2/45	1.913	0.930	3.333	0.010	0.005	0.002	0.628	0.087	0.015
2/3/45	1.629	0.605	1.792	0.007	0.002	0.004	0.366	0.003	0.016
8/3/45	3.436	1.326	3.844	0.011	0.004	0.005	0.654	0.150	0.028

ตารางที่ ข.4 ความเข้มข้นองค์ประกอบทางเคมีฝุ่นละอองรวมในบรรยากาศที่สถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศที่ทำกรไปรษณีย์โทรเลขราชภัฏวชิรณະช่วงลมมรสุม
 ตะวันออกเฉียงเหนือ

หน่วย : ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

วันเดือนปี	TC	OC	EC	Cl ⁻	NO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	NH ₄ ⁺	Na	Al	Si
13/1/45	16.508	9.053	7.455	0.577	3.937	8.806	0.682	2.901	0.321	0.199
19/1/45	80.415	34.834	45.581	1.745	26.410	18.931	2.305	3.181	0.854	1.382
25/1/45	36.129	17.226	18.903	0.632	6.194	9.774	0.804	5.599	0.693	0.722
31/1/45	63.676	26.945	36.731	1.629	6.245	6.407	0.833	1.998	0.903	0.629
6/2/45	10.788	5.787	5.002	2.643	3.157	3.961	0.117	3.827	0.305	0.586
12/2/45	28.843	13.298	15.545	0.913	6.257	12.299	0.601	2.104	0.555	0.279
18/2/45	30.830	13.793	17.037	1.297	6.328	8.239	0.413	3.093	0.584	0.406
24/2/45	10.300	5.241	5.059	1.711	2.603	4.366	0.104	3.642	0.216	0.640
2/3/45	11.064	5.429	5.636	1.884	4.281	4.765	0.056	3.556	0.292	0.417
8/3/45	50.979	19.916	31.063	0.740	9.169	9.685	0.747	1.279	0.686	0.255

วันเดือนปี	S	K	Ca	Ti	V	Cr	Fe	Zn	Pb
13/1/45	3.004	0.962	2.086	0.005	0.013	0.007	0.727	0.271	0.045
19/1/45	5.845	4.652	6.405	0.017	0.021	0.010	1.744	1.228	0.242
25/1/45	4.377	3.327	6.587	0.016	0.008	0.007	1.260	0.690	0.033
31/1/45	2.148	2.633	6.737	0.025	0.015	0.010	2.285	0.516	0.158
6/2/45	1.644	0.574	2.434	0.007	0.002	0.004	0.745	0.144	0.016
12/2/45	3.292	1.420	4.250	0.014	0.009	0.003	1.226	0.209	0.033
18/2/45	2.893	1.359	4.866	0.022	0.010	0.006	1.491	0.312	0.047
24/2/45	1.446	0.453	1.608	0.006	0.004	0.002	0.380	0.059	0.010
2/3/45	1.497	0.573	2.624	0.009	0.002	0.005	1.135	0.180	-
8/3/45	3.214	1.354	5.255	0.019	0.006	0.007	1.441	0.247	0.051



ภาคผนวก ค

ความเข้มข้นองค์ประกอบทางเคมีช่วงลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ค.1 ความเข้มข้นองค์ประกอบทางเคมีฝุ่นละอองรวมในบรรยากาศที่สถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศเคหะชุมชนดินแดงช่วงลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้

หน่วย : ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

วันเดือนปี	TC	OC	EC	Cl ⁻	NO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	NH ₄ ⁺	Na	Al	Si
1/4/45	53.591	30.430	23.161	1.541	2.499	7.910	0.688	1.160	0.598	0.284
7/4/45	45.799	26.496	19.303	3.116	2.031	5.350	0.250	2.001	0.512	0.404
19/4/45	49.670	24.909	24.761	1.056	2.076	8.528	0.633	1.556	0.611	0.570
25/4/45	72.752	33.285	39.468	1.264	5.826	7.819	0.277	1.102	0.709	0.233
1/5/45	87.870	41.991	45.879	0.630	6.653	5.056	0.355	0.710	0.824	0.457
7/5/45	55.526	24.637	30.889	1.924	2.736	5.986	0.157	1.687	0.857	0.322
13/5/45	83.701	39.290	44.411	3.136	2.211	5.905	0.049	3.903	0.763	0.258
19/5/45	34.493	30.028	4.465	5.431	1.038	2.804	0.032	3.836	0.346	0.223
25/5/45	76.926	39.414	37.511	1.229	2.726	4.208	0.040	1.447	0.934	0.272
31/5/45	50.631	20.536	30.095	1.338	1.800	2.864	0.024	1.534	0.737	0.369

วันเดือนปี	S	K	Ca	Ti	V	Cr	Fe	Zn	Pb
1/4/45	2.981	1.297	7.042	0.011	0.010	0.008	2.073	0.522	0.064
7/4/45	1.871	1.339	5.881	0.009	0.009	0.004	1.332	0.396	0.041
19/4/45	2.974	1.416	8.302	0.013	0.009	0.005	1.679	0.497	0.052
25/4/45	2.815	1.152	8.024	0.013	0.010	0.005	2.067	0.439	0.049
1/5/45	1.979	1.128	9.712	0.019	0.004	0.006	2.282	0.308	0.039
7/5/45	2.283	1.485	9.107	0.016	0.006	0.007	2.123	0.328	0.052
13/5/45	2.109	1.726	7.534	0.016	0.009	0.006	1.749	0.517	0.041
19/5/45	1.079	0.677	3.584	0.004	0.003	0.004	0.833	0.161	0.013
25/5/45	1.847	1.003	10.148	0.018	0.007	0.011	2.571	0.614	0.055
31/5/45	1.173	1.313	7.021	0.012	0.003	0.005	1.671	0.329	0.045

ตารางที่ ค.2 ความเข้มข้นองค์ประกอบทางเคมีฝุ่นละอองรวมในบรรยากาศที่สถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศราชภัฏจันทรเกษมช่วงลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้

หน่วย : ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

วันเดือนปี	TC	OC	EC	Cl ⁻	NO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	NH ₄ ⁺	Na	Al	Si
1/4/45	22.491	10.830	11.661	1.304	7.087	9.143	0.672	0.997	0.622	0.333
7/4/45	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
19/4/45	19.954	8.356	11.598	0.787	2.892	8.824	0.621	1.022	0.802	0.427
25/4/45	23.722	9.654	14.068	0.743	3.557	7.429	0.261	0.866	0.431	0.236
1/5/45	39.435	17.021	22.414	0.573	5.989	4.413	0.292	0.234	0.364	0.351
7/5/45	18.394	7.595	10.799	1.212	2.635	6.471	0.076	3.267	0.589	0.370
13/5/45	19.818	11.857	7.961	3.024	2.560	4.786	0.015	2.167	0.488	0.191
19/5/45	11.326	7.176	4.151	6.701	1.270	3.514	0.020	4.112	0.319	0.185
25/5/45	14.574	8.366	6.208	1.109	2.218	3.386	0.054	1.320	0.427	0.224
31/5/45	17.629	5.597	12.032	1.287	2.133	2.774	0.027	1.226	0.412	0.218

วันเดือนปี	S	K	Ca	Ti	V	Cr	Fe	Zn	Pb
1/4/45	2.802	0.886	6.062	0.012	0.010	0.005	1.252	0.238	0.032
7/4/45	-	-	-	-	-	-	-	-	-
19/4/45	2.811	0.670	6.986	0.014	0.008	0.003	1.843	0.241	0.028
25/4/45	2.346	0.462	4.591	0.007	0.008	0.001	1.055	0.281	0.038
1/5/45	1.649	0.541	5.063	0.008	0.003	0.003	0.957	0.089	0.033
7/5/45	2.119	0.987	6.682	0.012	0.006	0.004	0.920	0.447	0.033
13/5/45	1.523	0.769	4.077	0.011	0.006	0.005	0.986	0.197	0.019
19/5/45	1.209	0.767	4.503	0.008	0.004	0.004	0.740	0.259	0.023
25/5/45	1.224	0.282	3.436	0.009	0.006	0.004	1.021	0.284	0.031
31/5/45	1.049	0.500	4.478	0.007	0.005	0.006	0.927	0.361	0.024

ตารางที่ ค.3 ความเข้มข้นองค์ประกอบทางเคมีฝุ่นละอองรวมในบรรยากาศที่สถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยาช่วงลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้

หน่วย : ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

วันเดือนปี	TC	OC	EC	Cl ⁻	NO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	NH ₄ ⁺	Na	Al	Si
1/4/45	19.101	10.097	9.004	1.502	1.821	5.889	0.396	0.838	0.191	0.443
7/4/45	11.854	6.235	5.620	1.871	1.719	2.956	0.132	1.552	0.164	0.239
19/4/45	13.826	6.666	7.160	0.477	1.163	6.268	0.387	1.091	0.198	0.450
25/4/45	33.737	14.546	19.191	0.972	5.703	6.574	0.483	1.206	0.244	0.258
1/5/45	30.573	14.055	16.518	0.230	3.799	5.370	0.611	0.600	0.397	0.364
7/5/45	16.368	7.468	8.899	1.037	1.760	5.754	0.139	1.395	0.253	0.326
13/5/45	15.607	10.723	4.885	3.062	1.961	3.449	0.038	2.179	0.354	0.194
19/5/45	9.834	6.898	2.936	7.545	1.190	2.256	0.018	3.688	0.181	0.202
25/5/45	18.095	10.531	7.564	0.896	2.071	3.069	0.036	1.406	0.373	0.296
31/5/45	16.712	6.246	10.466	1.418	1.912	2.590	0.090	0.953	0.418	0.346

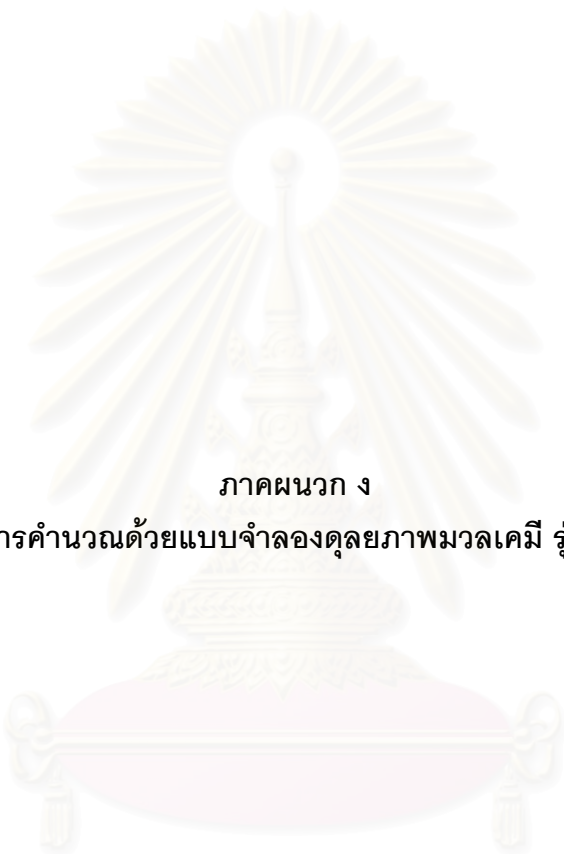
วันเดือนปี	S	K	Ca	Ti	V	Cr	Fe	Zn	Pb
1/4/45	1.904	0.387	2.046	0.003	0.002	0.002	0.581	0.058	0.022
7/4/45	0.952	0.414	1.595	0.003	0.002	-	0.428	0.067	0.010
19/4/45	1.833	0.432	1.919	0.004	0.002	0.002	0.420	0.114	0.014
25/4/45	2.351	0.888	3.109	0.006	0.005	0.005	0.875	0.397	0.079
1/5/45	1.874	0.891	3.182	0.006	0.002	0.004	0.757	0.199	0.022
7/5/45	1.756	0.703	2.058	0.004	0.005	0.005	0.607	0.167	0.045
13/5/45	1.111	0.710	1.569	0.006	0.001	0.002	0.582	0.137	0.023
19/5/45	0.774	0.279	1.521	0.002	0.002	0.001	0.376	0.052	0.015
25/5/45	1.121	0.780	2.221	0.006	0.003	0.002	0.682	0.187	0.019
31/5/45	0.992	0.536	2.752	0.008	0.002	0.003	0.876	0.535	0.042

ตารางที่ ค.4 ความเข้มข้นองค์ประกอบทางเคมีฝุ่นละอองรวมในบรรยากาศที่สถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศที่ทำการไปรษณีย์โทรเลขราชบุรีบูรณะช่วงลมมรสุม
ตะวันตกเฉียงใต้

หน่วย : ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

วันเดือนปี	TC	OC	EC	Cl ⁻	NO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	NH ₄ ⁺	Na	Al	Si
1/4/45	35.156	11.069	24.087	1.020	1.713	5.107	0.396	0.831	0.258	0.195
7/4/45	52.871	7.058	45.812	2.016	1.733	2.849	0.132	1.510	0.237	0.463
19/4/45	17.055	7.855	9.200	0.888	1.525	6.653	0.387	1.247	0.394	0.653
25/4/45	29.267	12.772	16.495	1.407	6.706	8.719	0.483	1.479	0.386	0.744
1/5/45	24.383	10.786	13.597	0.220	2.659	6.556	0.611	0.753	0.303	0.531
7/5/45	17.928	8.996	8.932	1.939	1.999	5.184	0.139	1.962	0.405	0.522
13/5/45	18.626	12.187	6.439	3.756	1.751	3.987	0.038	2.517	0.457	0.344
19/5/45	6.811	5.744	1.067	8.645	1.057	2.407	0.018	5.075	0.204	0.242
25/5/45	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
31/5/45	14.648	6.332	8.316	1.726	1.335	1.808	0.090	1.206	0.790	0.288

วันเดือนปี	S	K	Ca	Ti	V	Cr	Fe	Zn	Pb
1/4/45	1.781	0.386	3.081	0.005	0.001	0.003	1.319	0.366	0.018
7/4/45	1.060	0.279	1.870	0.002	0.001	0.001	0.576	0.100	0.024
19/4/45	2.052	0.429	3.195	0.007	0.005	0.000	1.163	0.365	0.026
25/4/45	2.610	0.868	4.153	0.009	0.007	0.003	1.704	0.625	0.076
1/5/45	2.222	0.540	2.701	0.004	0.009	0.005	0.753	0.160	0.021
7/5/45	1.633	0.676	4.025	0.009	0.004	0.007	2.797	0.521	0.062
13/5/45	1.292	0.662	3.318	0.011	0.004	0.006	1.715	0.440	0.013
19/5/45	0.918	0.391	1.409	0.001	0.001	0.003	0.450	0.122	0.010
25/5/45	-	-	-	-	-	-	-	-	-
31/5/45	0.649	0.276	2.752	0.005	0.004	0.007	1.650	0.176	0.050



ภาคผนวก ง
ผลการคำนวณด้วยแบบจำลองดุลยภาพมวลเคมี รุ่นที่ 17

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

SOURCE CONTRIBUTION ESTIMATES - SITE: JUNKASEM NE DATE: 13/1/45-8/3/45 CMB7

SAMPLE DURATION 24 START HOUR 0 SIZE: COARS

R SQUARE .96 PERCENT MASS 91.2

CHI SQUARE .23 DF 10

	TYPE	SCE(UG/M3)	STD ERR	TSTAT
4	SORD	6.1946	2.6793	2.3120
7	SO4	13.4607	3.8260	3.5182
8	NO3	8.2087	3.0793	2.6658
9	MARI	3.1893	1.7001	1.8759
11	BIOM	47.6138	33.0645	1.4400
13	DVMC	55.5423	22.1085	2.5123

MEASURED CONCENTRATION FOR SIZE: COARS

147.2+- 38.9

UNCERTAINTY/SIMILARITY CLUSTERS CMB7 33889 SUM OF CLUSTER SOURCES

11	13	103.156+- 32.802
----	----	------------------

SPECIES	MEAS	CALC	RATIO C/M	RATIO R/U
C1 TOT T	147.20000+- 38.90000	134.20940+- 32.27155	.91+- .33	-.3
C11 NA *	2.19130+- .85540	2.28282+- .00000	1.04+- .41	.1
C13 AL *	.74820+- .25260	.65785+- .06960	.88+- .31	-.3
C14 SI *	.88220+- .83860	1.31602+- .09160	1.49+- 1.42	.5
C16 S *	3.46040+-1.19360	3.46112+- .33209	1.00+- .36	.0
C19 K *	2.06110+-1.35470	1.27810+- .02130	.62+- .41	-.6
C20 CA	6.41450+-2.09880	1.81731+- .14552	.28+- .10	-2.2
C22 TI *	.01930+- .00850	.01995+- .03197	1.03+- 1.72	.0
C23 V *	.01330+- .00650	.00130+- .03191	.10+- 2.40	-.4
C24 CR *	.00780+- .00400	.00493+- .03191	.63+- 4.10	-.1
C26 FE *	1.62780+- .56340	1.50141+- .04075	.92+- .32	-.2
C30 ZN *	.38480+- .42820	.05973+- .03222	.16+- .19	-.8
C82 PB *	.06370+- .06780	.02775+- .03198	.44+- .68	-.5
C201 OC *	18.30440+-11.86930	25.51014+- 2.05328	1.39+- .91	.6
C202 EC *	24.83690+-16.30040	26.94786+- .89472	1.08+- .71	.1
C203 SO4 *	10.84540+-4.49120	10.84247+- .12769	1.00+- .41	.0
C204 NO3 *	10.30490+-9.64610	5.98932+- .00197	.58+- .54	-.4
C205 CL *	1.27670+- .60070	1.28360+- .31895	1.01+- .53	.0
C206 NH4	.80570+- .76600	2.89215+- .03194	3.59+- 3.41	2.7

SOURCE CONTRIBUTION ESTIMATES - SITE: DINDEANG NE DATE: 13/1/45-8/3/45 CMB7

SAMPLE DURATION 24 START HOUR 0 SIZE: COARS

R SQUARE .97 PERCENT MASS 88.6

CHI SQUARE .46 DF 10

TYPE SCE(UG/M3)STD ERR TSTAT

4	SORD	10.6622	2.8650	3.7215
7	SO4	13.3319	3.0688	4.3443
8	NO3	14.9132	5.3489	2.7881
9	MARI	4.0887	1.4767	2.7688
11	BIOM	91.2433	31.3420	2.9112
13	DVMC	114.0083	18.6149	6.1246

MEASURED CONCENTRATION FOR SIZE: COARS

280.3+- 56.7

UNCERTAINTY/SIMILARITY CLUSTERS CMB7 33889 SUM OF CLUSTER SOURCES

SPECIES	MEAS	CALC	RATIO C/M	RATIO R/U
C1 TOT T	280.3000+- 56.70000	248.24760+- 29.83185	.89+- .21	-.5
C11 NA *	4.02170+- 1.71830	4.15356+- .00000	1.03+- .44	.1
C13 AL *	1.33790+- .24080	1.16718+- .11408	.87+- .18	-.6
C14 SI *	1.41400+- .98080	2.28798+- .16865	1.62+- 1.13	.9
C16 S *	4.06560+- 1.24440	3.54451+- .33941	.87+- .28	-.4
C19 K *	3.30050+- 1.60090	2.39967+- .03597	.73+- .35	-.6
C20 CA	12.06190+- 2.07020	3.22916+- .25081	.27+- .05	-4.2
C22 TI *	.02940+- .00650	.03508+- .04106	1.19+- 1.42	.1
C23 V *	.01340+- .00510	.00242+- .04095	.18+- 3.06	-.3
C24 CR *	.01360+- .00300	.00960+- .04095	.71+- 3.02	-.1
C26 FE *	2.91440+- .43650	2.99575+- .05994	1.03+- .16	.2
C30 ZN *	.66890+- .38450	.11995+- .04180	.18+- .12	-1.4
C82 PB *	.06840+- .03190	.05569+- .04116	.81+- .71	-.2
C201 OC *	43.77840+- 9.55400	50.06680+- 4.21100	1.14+- .27	.6
C202 EC *	62.65360+- 15.44750	54.95378+- 1.83624	.88+- .22	-.5
C203 SO4 *	10.00940+- 2.92110	10.84206+- .16383	1.08+- .32	.3
C204 NO3 *	11.74640+- 7.22890	10.88102+- .00387	.93+- .57	-.1
C205 CL *	1.64420+- .42630	1.64901+- .40891	1.00+- .36	.0
C206 NH4	.83350+- .61280	2.86457+- .04103	3.44+- 2.53	3.3

SOURCE CONTRIBUTION ESTIMATES - SITE: BANSOMDET NE DATE: 13/1/45-8/3/45 CMB7

SAMPLE DURATION 24 START HOUR 0 SIZE: COARS

R SQUARE .97 PERCENT MASS 81.6

CHI SQUARE .24 DF 10

TYPE	SCE(UG/M3)	STD ERR	TSTAT
4	SORD	4.4780	2.1241 2.1082
7	SO4	12.4565	2.6967 4.6191
8	NO3	7.9359	2.0134 3.9415
9	MARI	2.1595	1.2101 1.7846
11	BIOM	60.5080	29.7744 2.0322
13	DVMC	42.6705	15.1407 2.8183

MEASURED CONCENTRATION FOR SIZE: COARS

159.5+- 54.3

UNCERTAINTY/SIMILARITY CLUSTERS CMB7 33889 SUM OF CLUSTER SOURCES

SPECIES	MEAS	CALC	RATIO C/M	RATIO R/U
C1 TOT T	159.5000+- 54.30000	130.20830+- 27.99443	.82+- .33	-.5
C11 NA *	2.17290+- .55360	2.22592+- .00000	1.02+- .26	.1
C13 AL *	.58640+- .20240	.56222+- .04966	.96+- .34	-.1
C14 SI *	.89580+- .65810	.95446+- .06772	1.07+- .79	.1
C16 S *	3.27470+- .69760	3.16161+- .30540	.97+- .23	-.1
C19 K *	2.36450+- 1.54010	1.53263+- .01532	.65+- .42	-.5
C20 CA	4.66420+- 1.32680	1.52698+- .10524	.33+- .10	-2.4
C22 TI *	.01370+- .00310	.01601+- .02165	1.17+- 1.60	.1
C23 V *	.00800+- .00250	.00096+- .02161	.12+- 2.70	-3
C24 CR *	.00580+- .00140	.00471+- .02161	.81+- 3.73	-.1
C26 FE *	1.14720+- .32860	1.19453+- .02835	1.04+- .30	.1
C30 ZN *	.36360+- .30310	.04850+- .02186	.13+- .13	-1.0
C82 PB *	.05430+- .04800	.02412+- .02167	.44+- .56	-.6
C201 OC *	23.24460+- 10.23070	27.12830+- 1.57691	1.17+- .52	.4
C202 EC *	27.70090+- 17.58560	21.94164+- .68733	.79+- .50	-3
C203 SO4 *	8.94070+- 4.08610	9.95156+- .08647	1.11+- .51	.2
C204 NO3 *	9.53540+- 7.64140	5.78999+- .00149	.61+- .49	-.5
C205 CL *	.86640+- .43320	.86950+- .21597	1.00+- .56	.0
C206 NH4	.91390+- .63330	2.67637+- .02163	2.93+- 2.03	2.8

SOURCE CONTRIBUTION ESTIMATES - SITE: RATBURANA NE DATE: 13/1/02-8/3/45 CMB7

SAMPLE DURATION 24 START HOUR 0 SIZE: COARS

R SQUARE .96 PERCENT MASS 84.1

CHI SQUARE .47 DF 9

TYPE SCE(UG/M3)STD ERR TSTAT

4	SORD	1.9915	1.0674	1.8658
5	STMI	5.9373	3.7582	1.5798
7	SO4	11.8267	1.9816	5.9682
8	NO3	8.9086	2.1092	4.2237
9	MARI	2.3514	1.1998	1.9599
11	BIOM	54.4342	20.0037	2.7212
13	DVMC	21.8977	22.7619	.9620

MEASURED CONCENTRATION FOR SIZE: COARS

127.6+- 38.6

UNCERTAINTY/SIMILARITY CLUSTERS CMB7 33889 SUM OF CLUSTER SOURCES

11	13	76.332+-	21.121
----	----	----------	--------

SPECIES	I	MEAS	CALC	RATIO C/M	RATIO R/U
C1	TOT T	127.6000+- 38.60000	107.34750+- 20.04904	.84+- .30	-.5
C11	NA *	2.82920+- 1.50780	2.48109+- .00000	.88+- .47	-.2
C13	AL *	.62370+- .19190	.36945+- .03295	.59+- .19	-1.3
C14	SI *	.41500+- .21500	.54228+- .05273	1.31+- .69	.6
C16	S *	3.15460+- .72420	2.99287+- .28921	.95+- .24	-.2
C19	K *	1.84250+- .92250	1.37237+- .00807	.74+- .37	-.5
C20	CA	4.96330+- 1.71230	1.11242+- .05127	.22+- .08	-2.2
C22	TI *	.01670+- .00710	.01355+- .02355	.81+- 1.45	-.1
C23	V *	.01000+- .00310	.00087+- .02352	.09+- 2.35	-.4
C24	CR *	.00610+- .00230	.00587+- .02354	.96+- 3.88	.0
C26	FE *	1.40480+- .50920	1.58419+- .18185	1.13+- .43	.3
C30	ZN *	.37390+- .18870	.25974+- .13829	.69+- .51	-.5
C82	PB *	.06090+- .04800	.04171+- .02763	.68+- .71	-.3
C201	OC *	16.70520+- 6.23000	21.58081+- .81072	1.29+- .48	.8
C202	EC *	21.12210+- 10.78860	12.73034+- .35523	.60+- .31	-.8
C203	SO4 *	9.20170+- 1.95180	9.51769+- .11302	1.03+- .22	.2
C204	NO3 *	6.35480+- 1.66210	6.51167+- .01759	1.02+- .27	.1
C205	CL *	.96460+- .41640	.96934+- .23805	1.00+- .50	.0
C206	NH4	.66650+- .16980	2.54410+- .02392	3.82+- .97	10.9

SOURCE CONTRIBUTION ESTIMATES - SITE: JUNKASEM SW DATE: 1/4/02-31/5/45 CMB7

SAMPLE DURATION 24 START HOUR 0 SIZE: COARS

R SQUARE .90 PERCENT MASS 73.2

CHI SQUARE .83 DF 9

	TYPE	SCE(UG/M3)	STD ERR	TSTAT
4	SORD	1.1274	.6679	1.6879
5	STMI	4.8639	2.3180	2.0983
6	HO	6.0791	5.6956	1.0673
7	SO4	1.9539	1.3013	1.5016
8	NO3	4.8617	2.2508	2.1600
9	MARI	7.9872	5.3408	1.4955
11	BIOM	20.2785	6.6621	3.0439
13	DVMC	15.6910	7.0948	2.2116

MEASURED CONCENTRATION FOR SIZE: COARS

85.8+- 25.2

UNCERTAINTY/SIMILARITY CLUSTERS CMB7 33889 SUM OF CLUSTER SOURCES

6	9	14.066+-	7.249		
6	9	11	13	50.036+-	9.842
9	11	13	43.957+-	8.469	

SPECIES	I	MEAS	CALC	RATIO C/M	RATIO R/U	
C1	TOT	T	85.8000+- 25.20000	62.84267+- 9.66429	.73+- .24	-.9
C11	NA	*	2.01600+- 1.23300	1.34165+- .00000	.67+- .41	-.5
C13	AL	*	.52300+- .16200	.18371+- .08123	.35+- .19	-1.9
C14	SI	*	.27800+- .09700	.34629+- .08751	1.25+- .54	.5
C16	S	*	1.82000+- .75800	.94744+- .12663	.52+- .23	-1.1
C19	K	*	.69500+- .23900	.63130+- .01641	.91+- .31	-.3
C20	CA		5.17500+- 1.38500	.69768+- .03524	.13+- .04	-3.2
C22	TI	*	.01000+- .00200	.00827+- .07988	.83+- 7.99	-0
C23	V	*	.00700+- .00200	.06568+- .08222	9.38+-12.05	.7
C24	CR	*	.00400+- .00100	.00428+- .07988	1.07+-19.97	.0
C26	FE	*	1.09800+- .36200	1.18788+- .16788	1.08+- .39	.2
C30	ZN	*	.28900+- .08600	.20763+- .13726	.72+- .52	-.5
C82	PB	*	.02700+- .00500	.03036+- .08075	1.12+- 3.00	.0
C201	OC	*	8.54000+- 2.15000	9.54011+- .58123	1.12+- .29	.4
C202	EC	*	9.20100+- 3.11900	8.17317+- .25572	.89+- .30	-.3
C203	SO4	*	5.55700+- 2.63300	4.50906+- .72053	.81+- .41	-.4
C204	NO3	*	2.97100+- 1.88800	3.55732+- .02324	1.20+- .76	.3
C205	CL	*	2.20400+- 2.11100	3.22055+- .79930	1.46+- 1.45	.5
C206	NH4	*	.21200+- .29800	.42345+- .07995	2.00+- 2.83	.7

SOURCE CONTRIBUTION ESTIMATES - SITE: DINDEANG SW DATE: 1/4/02-31/5/45 CMB7

SAMPLE DURATION 24 START HOUR 0 SIZE: COARS

R SQUARE .91 PERCENT MASS 90.8

CHI SQUARE 1.03 DF 9

	TYPE	SCE(UG/M3)	STD ERR	TSTAT
4	SORD	1.1755	.7569	1.5530
5	STMI	5.2216	3.6262	1.4400
6	HO	5.3820	4.7618	1.1302
7	SO4	2.5168	1.2313	2.0440
8	NO3	3.0815	.7522	4.0965
9	MARI	6.6762	3.9995	1.6692
11	BIOM	56.8778	12.0966	4.7020
13	DVMC	48.7013	22.2629	2.1876

MEASURED CONCENTRATION FOR SIZE: COARS

142.7+- 23.4

UNCERTAINTY/SIMILARITY CLUSTERS CMB7 33889 SUM OF CLUSTER SOURCES

6	9	12.058+-	5.847
---	---	----------	-------

SPECIES	I	MEAS	CALC	RATIO C/M	RATIO R/U	
C1	TOT	T	142.70000+- 23.40000	129.63270+- 20.91905	.91+- .21	-.4
C11	NA	*	2.14100+- 1.09300	.90804+- .00000	.42+- .22	-1.1
C13	AL	*	.67000+- .19100	.31738+- .06859	.47+- .17	-1.7
C14	SI	*	.33800+- .11100	.40306+- .09267	1.19+- .48	.4
C16	S	*	2.04000+- .71300	1.05865+- .12201	.52+- .19	-1.4
C19	K	*	1.28200+- .31700	1.47543+- .01398	1.15+- .28	.6
C20	CA		7.32700+- 2.01400	1.07616+- .03728	.15+- .04	-3.1
C22	TI	*	.01200+- .00400	.01122+- .06677	.93+- 5.57	-0
C23	V	*	.00700+- .00300	.05858+- .06897	8.37+-10.49	.7
C24	CR	*	.00600+- .00200	.00716+- .06678	1.19+-11.14	.0
C26	FE	*	1.75400+- .52700	2.02531+- .17202	1.15+- .36	.5
C30	ZN	*	.42000+- .14500	.25476+- .13721	.61+- .39	-8
C82	PB	*	.04500+- .01500	.04857+- .06800	1.08+- 1.55	.1
C201	OC	*	29.46800+- 6.86000	26.91066+- 1.79614	.91+- .22	-.4
C202	EC	*	26.82600+- 12.10000	24.59398+- .78517	.92+- .41	-2
C203	SO4	*	5.44400+- 2.11300	4.57411+- .63182	.84+- .35	-.4
C204	NO3	*	2.14000+- .55800	2.25935+- .02240	1.06+- .28	.2
C205	CL	*	2.34600+- 1.48800	2.69749+- .66842	1.15+- .78	.2
C206	NH4	*	.30100+- .28900	.54445+- .06689	1.81+- 1.75	.8

SOURCE CONTRIBUTION ESTIMATES - SITE: BANSOMDET SW DATE: 1/4/02-31/545 CMB7

SAMPLE DURATION 24 START HOUR 0 SIZE: COARS

R SQUARE .95 PERCENT MASS 100.7

CHI SQUARE .51 DF 10

	TYPE	SCE(UG/M3)	STD ERR	TSTAT
4	ORD	1.6284	.6139	2.6526
6	HO	5.7158	4.6476	1.2298
7	SO4	1.3124	.8154	1.6094
8	NO3	2.3951	.4651	5.1500
9	MARI	8.4889	5.4685	1.5523
11	BIOM	16.4469	5.6188	2.9271
13	DVMC	16.4545	4.8250	3.4103

MEASURED CONCENTRATION FOR SIZE: COARS

52.1+- 7.2

UNCERTAINTY/SIMILARITY CLUSTERS CMB7 33889 SUM OF CLUSTER SOURCES

9	11	13	41.390+-	7.223
6	9	11	47.106+-	7.892
6	9	13	30.659+-	8.064

SPECIES		MEAS	CALC	RATIO C/M	RATIO R/U
C1	TOT T	52.1000+- 7.20000	52.44210+- 7.68327	1.01+- .20	.0
C11	NA *	1.63800+- .92800	.66943+- .00000	.41+- .23	-1.0
C13	AL *	.26700+- .10000	.18776+- .08643	.70+- .42	-6
C14	SI *	.31200+- .09900	.35420+- .08827	1.14+- .46	.3
C16	S *	1.30500+- .45000	.79103+- .12594	.61+- .23	-1.1
C19	K *	.53000+- .18200	.53584+- .01780	1.01+- .35	.0
C20	CA	1.96000+- .41300	.62454+- .04187	.32+- .07	-3.2
C22	TI *	.00400+- .00200	.00550+- .08489	1.37+-21.23	.0
C23	V *	.00200+- .00100	.06152+- .08685	30.76+-46.07	.7
C24	CR *	.00300+- .00100	.00210+- .08489	.70+-28.30	-0
C26	FE *	.56900+- .16400	.44954+- .08518	.79+- .27	-6
C30	ZN *	.16500+- .15800	.01796+- .08490	.11+- .52	-8
C82	PB *	.02400+- .01300	.00851+- .08489	.35+- 3.54	-2
C201	OC *	8.10800+- 1.98500	8.27283+- .60815	1.02+- .26	.1
C202	EC *	7.06700+- 2.47400	8.10252+- .26559	1.15+- .40	.4
C203	SO4 *	4.02900+- 1.65100	3.89493+- .69404	.97+- .43	-1
C204	NO3 *	1.69900+- .34200	1.74792+- .01716	1.03+- .21	.1
C205	CL *	2.22600+- 2.28500	3.40019+- .84889	1.53+- 1.61	.5
C206	NH4 *	.18500+- .16700	.28302+- .08489	1.53+- 1.46	.5

SOURCE CONTRIBUTION ESTIMATES - SITE: RATBURANA SW DATE: 1/4/02-31/5/45 CMB7

SAMPLE DURATION 24 START HOUR 0 SIZE: COARS

R SQUARE .95 PERCENT MASS 77.8

CHI SQUARE .42 DF 9

	TYPE	SCE(UG/M3)	STD ERR	TSTAT
4	SORD	1.4714	.9903	1.4857
5	STMI	6.4037	4.0166	1.5943
6	HO	5.1245	4.9020	1.0454
7	SO4	1.4240	.8878	1.6039
8	NO3	2.1919	.4278	5.1241
9	MARI	8.9153	6.3441	1.4053
11	BIOM	13.6909	6.3003	2.1731
13	DVMC	14.4902	7.4781	1.9377

MEASURED CONCENTRATION FOR SIZE: COARS

69.0+- 14.4

UNCERTAINTY/SIMILARITY CLUSTERS CMB7 33889 SUM OF CLUSTER SOURCES

9	11	13	37.096+-	9.122
6	9	13	28.530+-	10.669
6	9	11	42.221+-	9.655
6	9	11	27.731+-	7.860

SPECIES-----|---MEAS-----CALC-----RATIO C/M---RATIO R/U

C1	TOT	T	69.0000+-	14.40000	53.71205+-	9.46652	.78+-	.21	-9
C11	NA	*	2.0500+-	1.44400	.61085+-	.00000	.30+-	.21	-1.0
C13	AL	*	.39200+-	.20000	.19579+-	.09123	.50+-	.35	-9
C14	SI	*	.38700+-	.16600	.44268+-	.09939	1.14+-	.55	.3
C16	S	*	1.34100+-	.50400	.82473+-	.12965	.62+-	.25	-1.0
C19	K	*	.44300+-	.16500	.50318+-	.01848	1.14+-	.43	.4
C20	CA		2.80700+-	.89500	.77202+-	.04464	.28+-	.09	-2.3
C22	TI	*	.00600+-	.00400	.01002+-	.08916	1.67+-	14.90	.0
C23	V	*	.00300+-	.00200	.05560+-	.09066	18.53+-	32.65	.6
C24	CR	*	.00400+-	.00200	.00458+-	.08916	1.15+-	22.30	.0
C26	FE	*	1.38100+-	.79100	1.40100+-	.21386	1.01+-	.60	.0
C30	ZN	*	.29900+-	.16500	.26634+-	.17190	.89+-	.76	-1
C82	PB	*	.02900+-	.02000	.03610+-	.09051	1.24+-	3.24	.1
C201	OC	*	8.22300+-	2.55800	7.36766+-	.53912	.90+-	.29	-3
C202	EC	*	6.79100+-	3.37600	7.37495+-	.23836	1.09+-	.54	.2
C203	SO4	*	3.99900+-	1.74800	3.86343+-	.65288	.97+-	.45	-1
C204	NO3	*	1.58800+-	.31200	1.61306+-	.02441	1.02+-	.20	.1
C205	CL	*	2.85600+-	2.72000	3.59861+-	.89243	1.26+-	1.24	.3
C206	NH4	*	.21500+-	.18300	.31024+-	.08928	1.44+-	1.30	.5



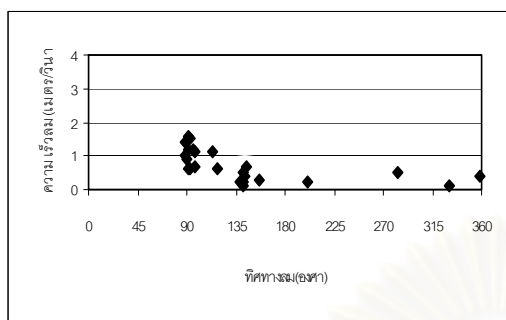
ภาคผนวก จ

ความเร็วลมและทิศทางลมในวันที่ทำการเก็บตัวอย่าง

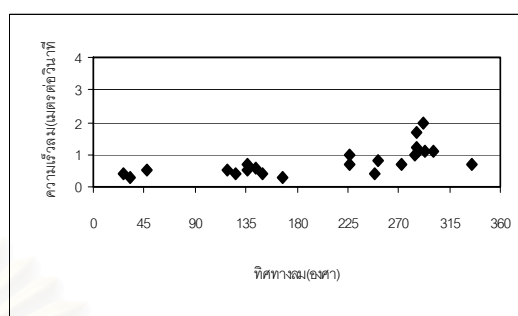
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศราชภัฏจันทรเกษม

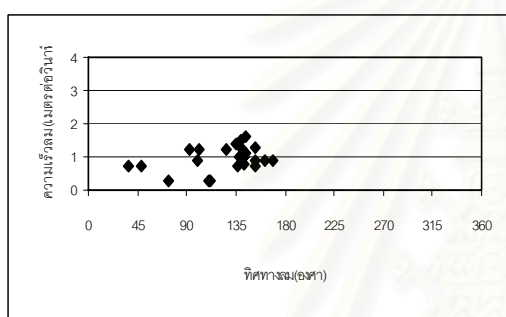
วันที่ 13 มกราคม พ.ศ. 2545



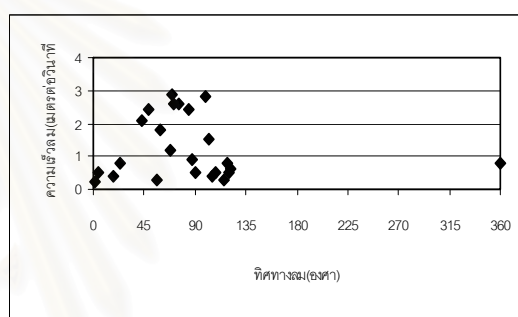
วันที่ 19 มกราคม พ.ศ. 2545



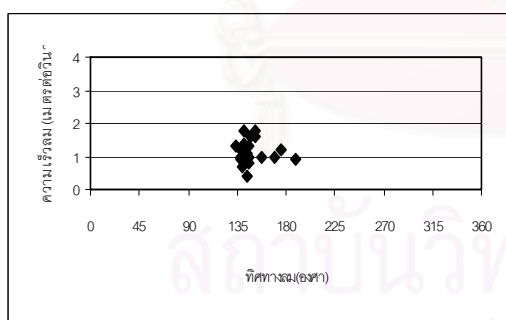
วันที่ 25 มกราคม พ.ศ. 2545



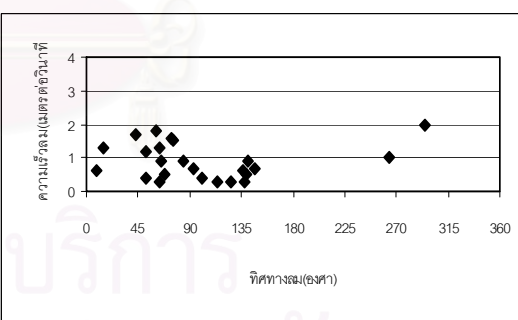
วันที่ 31 มกราคม พ.ศ. 2545



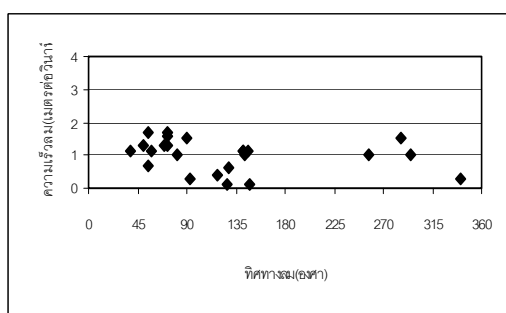
วันที่ 6 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2545



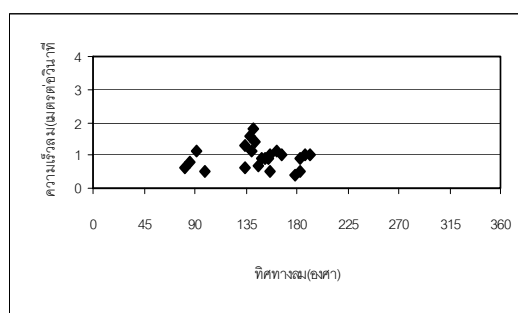
วันที่ 12 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2545



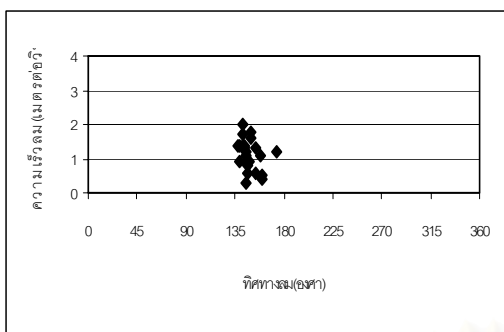
วันที่ 18 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2545



วันที่ 24 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2545



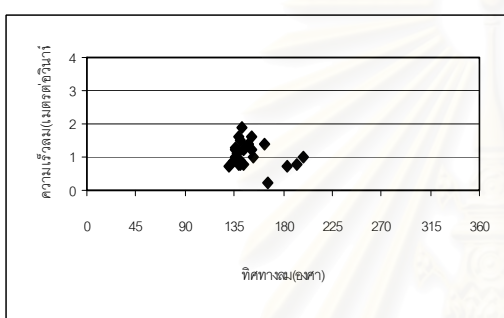
วันที่ 2 มีนาคม พ.ศ. 2545



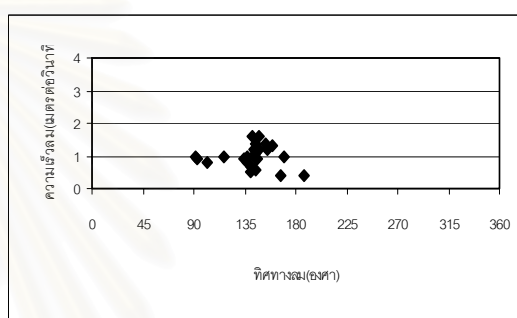
วันที่ 8 มีนาคม พ.ศ. 2545

ไม่มีข้อมูลความเร็วลมและทิศทางลม

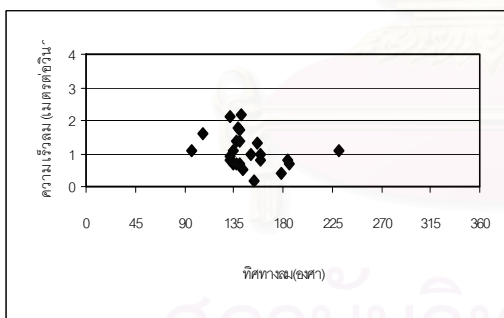
วันที่ 1 เมษายน พ.ศ. 2545



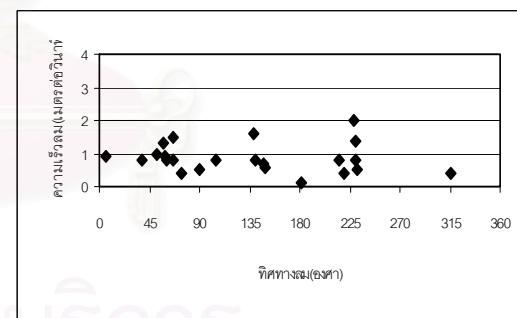
วันที่ 7 เมษายน พ.ศ. 2545



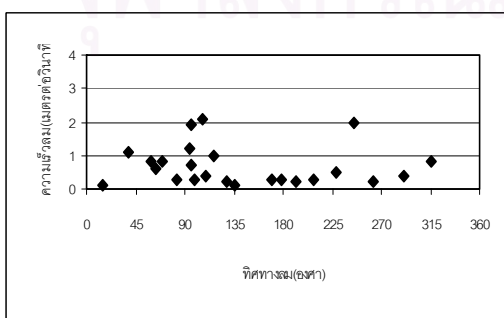
วันที่ 19 เมษายน พ.ศ. 2545



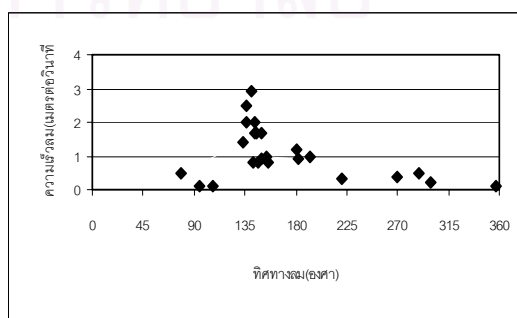
วันที่ 25 เมษายน พ.ศ. 2545



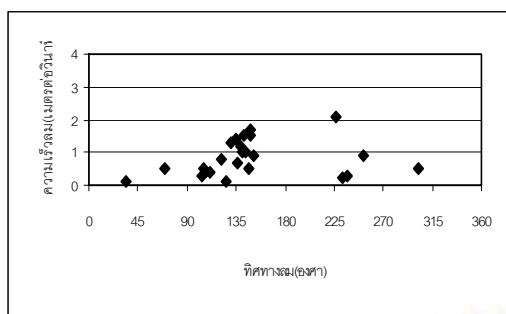
วันที่ 1 พฤษภาคม พ.ศ. 2545



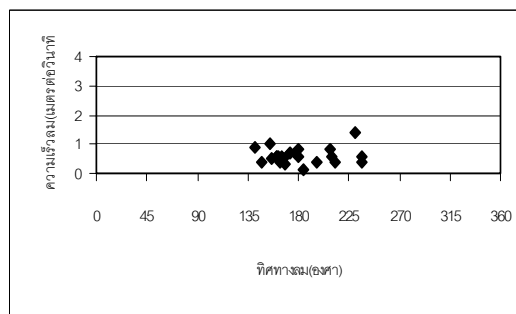
วันที่ 7 พฤษภาคม พ.ศ. 2545



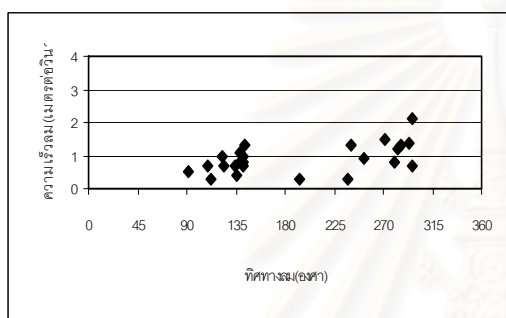
วันที่ 13 พฤษภาคม พ.ศ. 2545



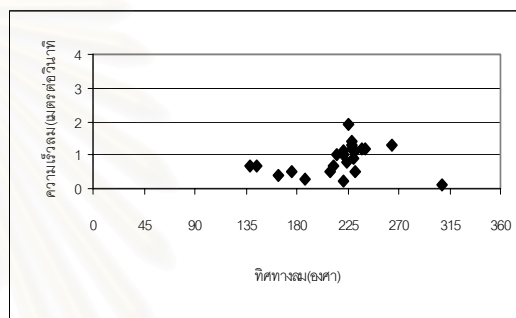
วันที่ 19 พฤษภาคม พ.ศ. 2545



วันที่ 25 พฤษภาคม พ.ศ. 2545



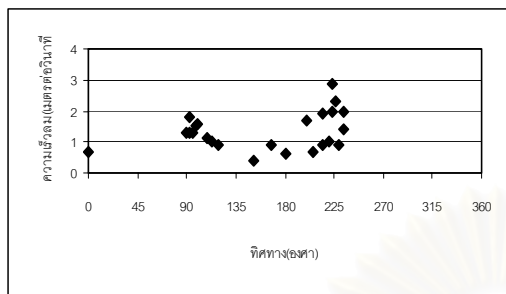
วันที่ 31 พฤษภาคม พ.ศ. 2545



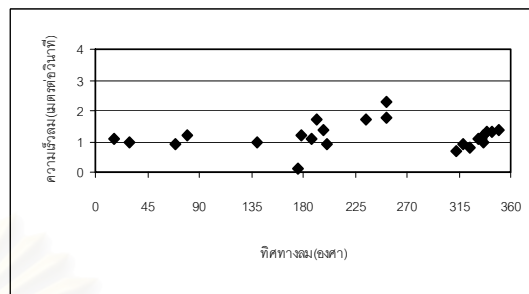
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศเคหะชุมชนดินแดง

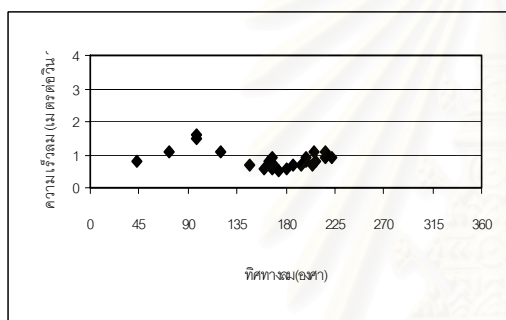
วันที่ 13 มกราคม พ.ศ. 2545



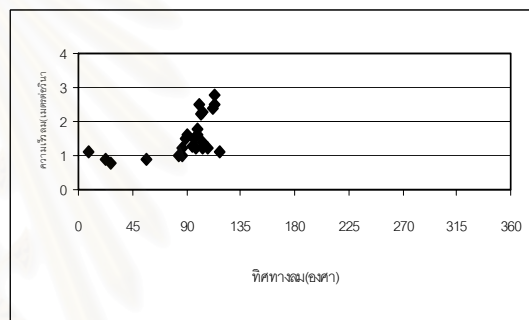
วันที่ 19 มกราคม พ.ศ. 2545



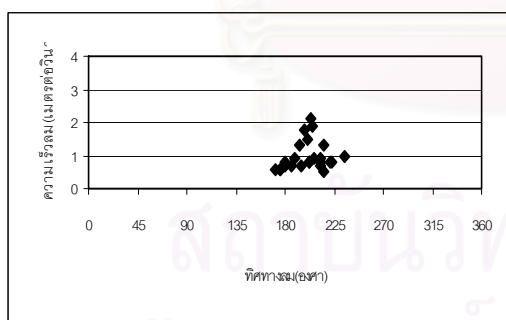
วันที่ 25 มกราคม พ.ศ. 2545



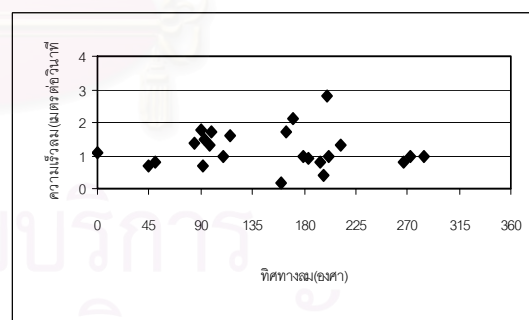
วันที่ 31 มกราคม พ.ศ. 2545



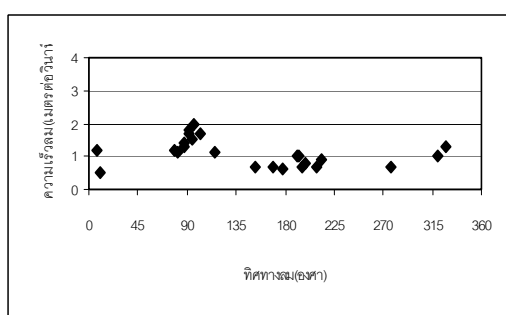
วันที่ 6 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2545



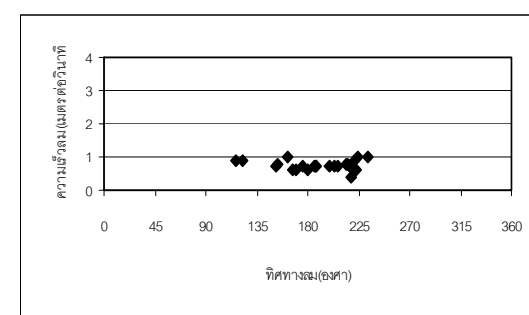
วันที่ 12 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2545



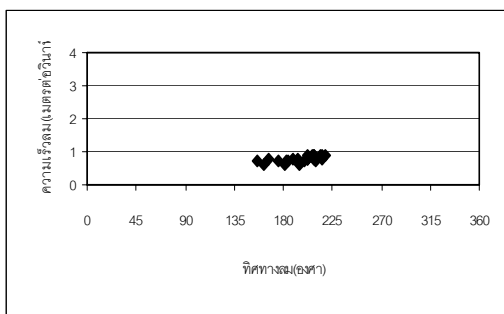
วันที่ 18 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2545



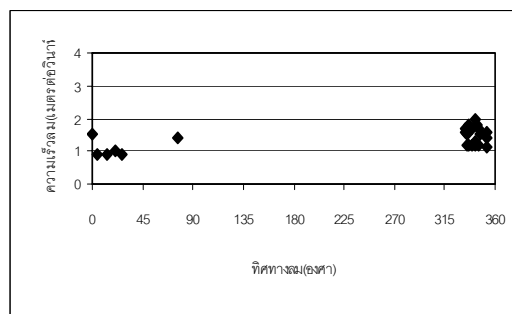
วันที่ 24 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2545



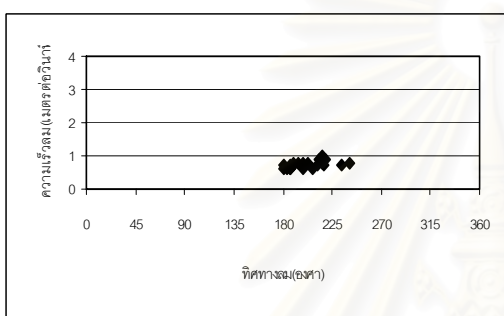
วันที่ 2 มีนาคม พ.ศ. 2545



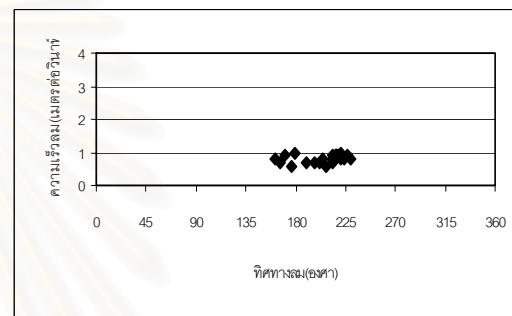
วันที่ 8 มีนาคม พ.ศ. 2545



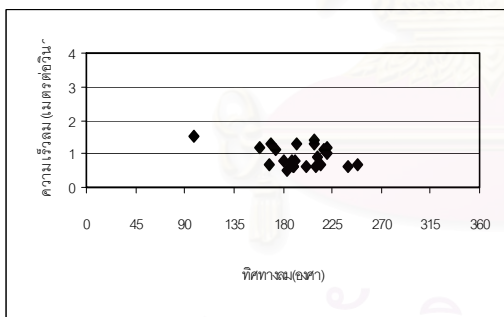
วันที่ 1 เมษายน พ.ศ. 2545



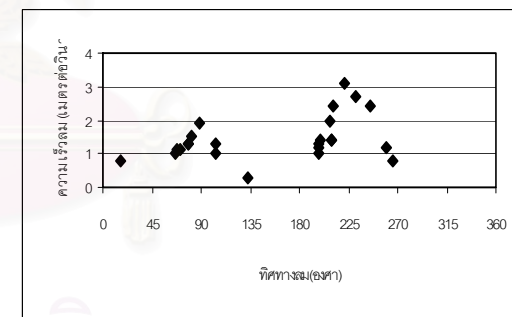
วันที่ 7 เมษายน พ.ศ. 2545



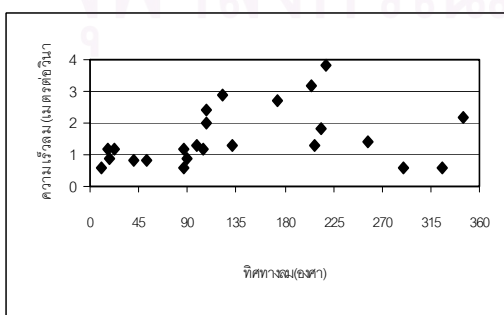
วันที่ 19 เมษายน พ.ศ. 2545



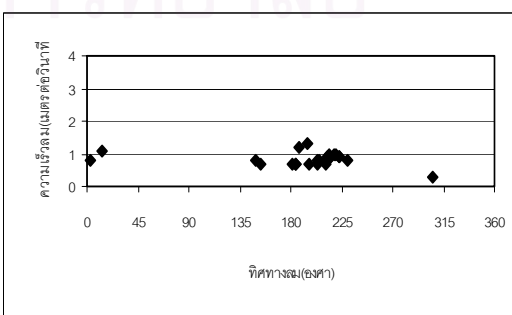
วันที่ 25 เมษายน พ.ศ. 2545



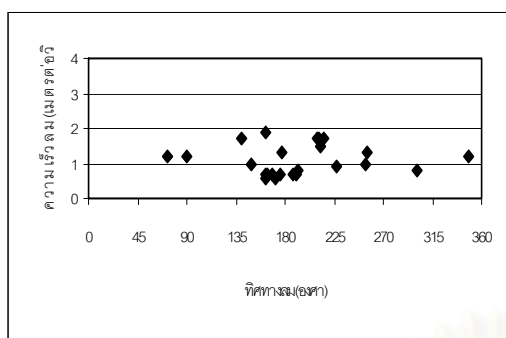
วันที่ 1 พฤษภาคม พ.ศ. 2545



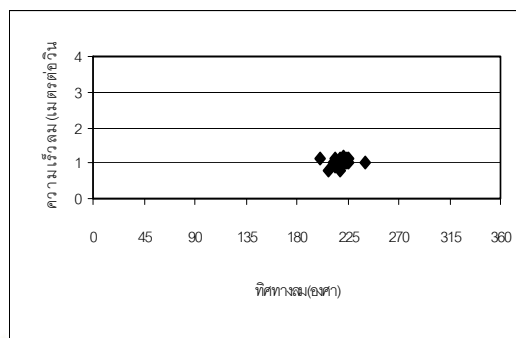
วันที่ 7 พฤษภาคม พ.ศ. 2545



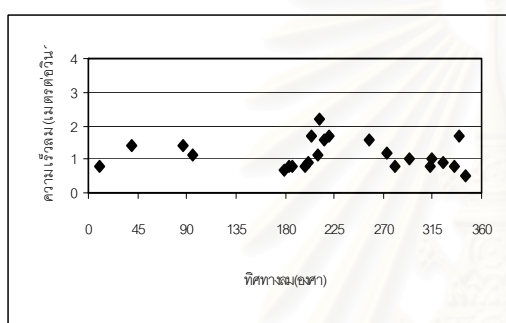
วันที่ 13 พฤษภาคม พ.ศ. 2545



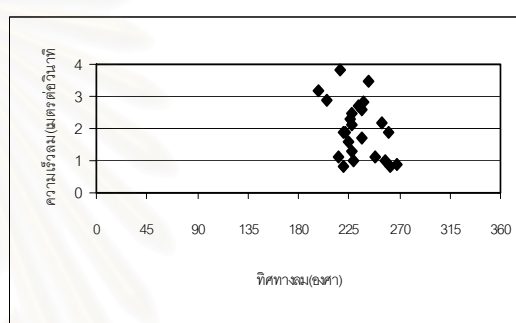
วันที่ 19 พฤษภาคม พ.ศ. 2545



วันที่ 25 พฤษภาคม พ.ศ. 2545



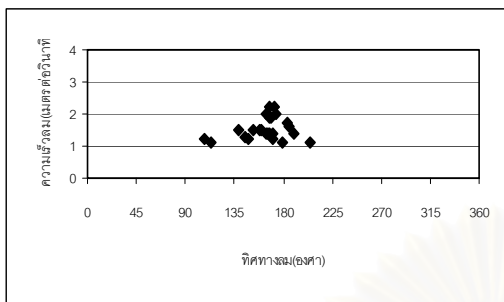
วันที่ 31 พฤษภาคม พ.ศ. 2545



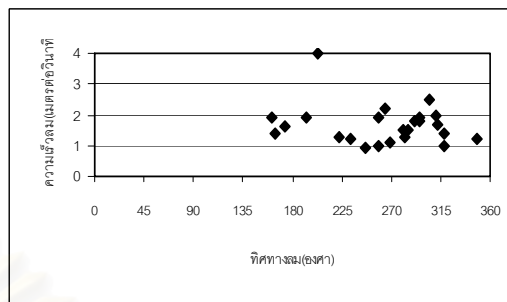
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา

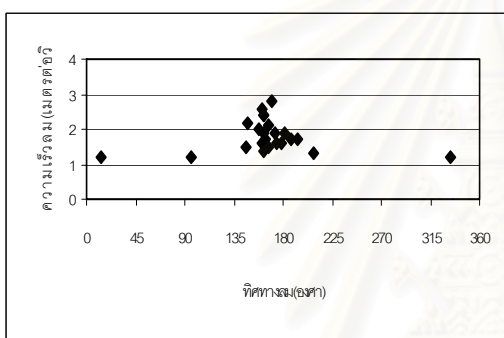
วันที่ 13 มกราคม พ.ศ. 2545



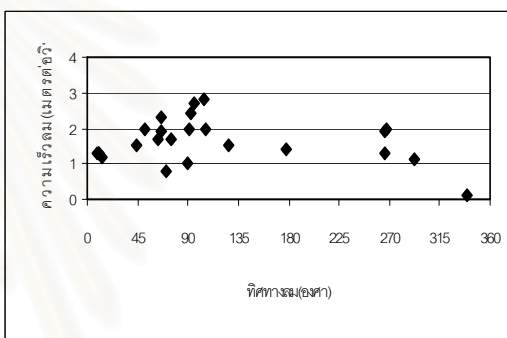
วันที่ 19 มกราคม พ.ศ. 2545



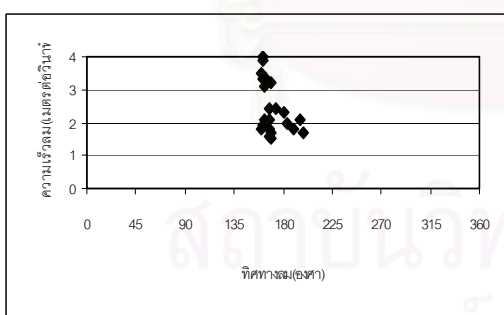
วันที่ 25 มกราคม พ.ศ. 2545



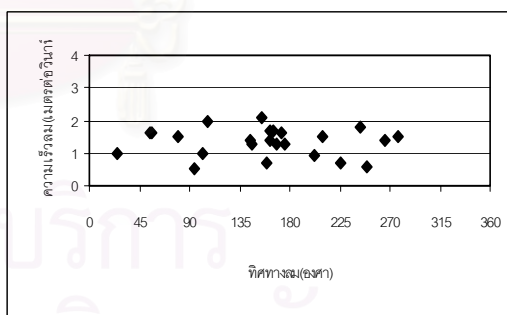
วันที่ 31 มกราคม พ.ศ. 2545



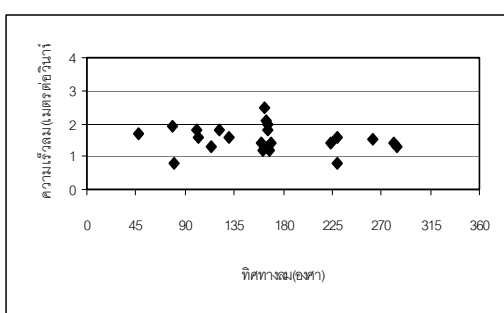
วันที่ 6 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2545



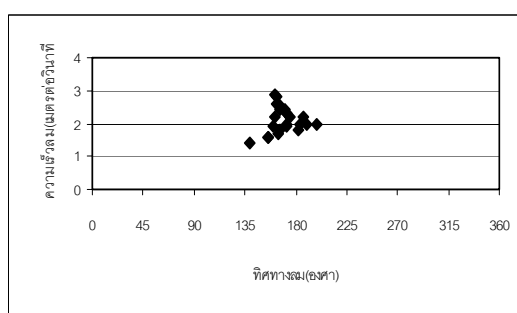
วันที่ 12 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2545



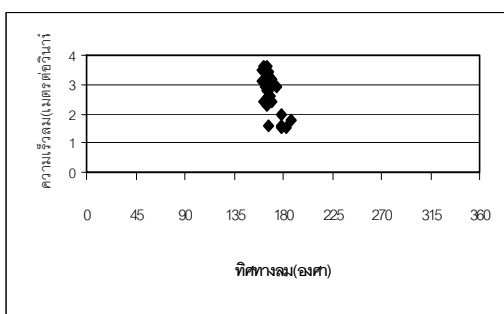
วันที่ 18 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2545



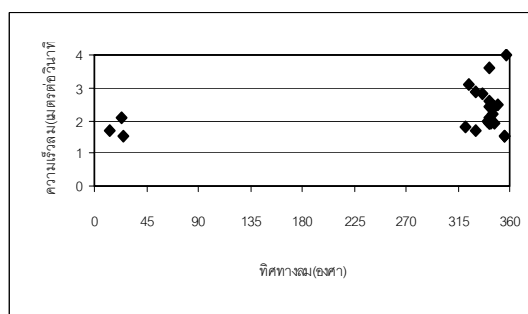
วันที่ 24 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2545



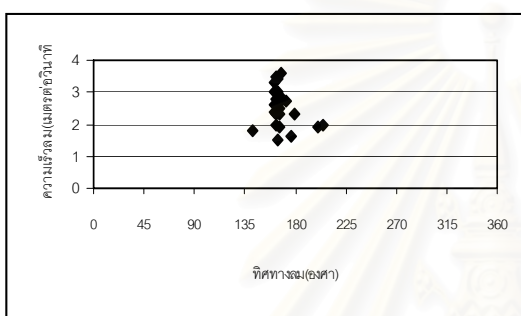
วันที่ 2 มีนาคม พ.ศ. 2545



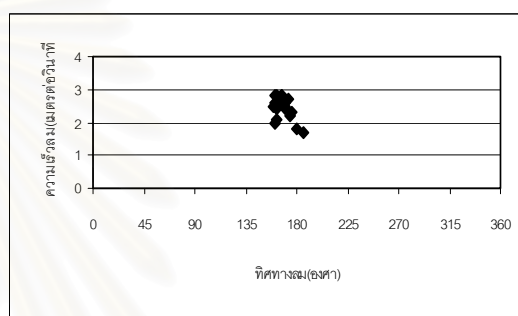
วันที่ 8 มีนาคม พ.ศ. 2545



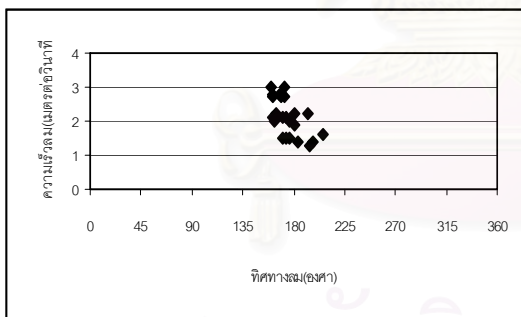
วันที่ 1 เมษายน พ.ศ. 2545



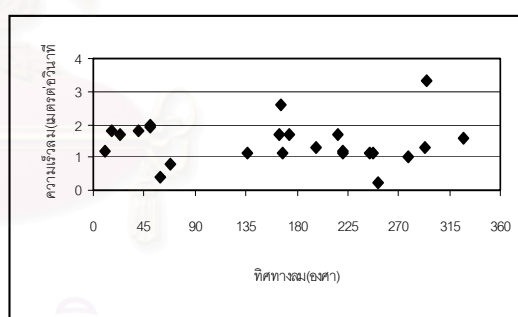
วันที่ 7 เมษายน พ.ศ. 2545



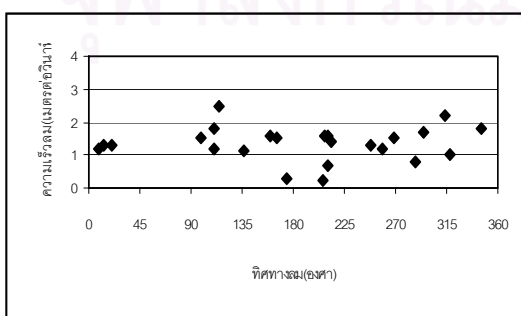
วันที่ 19 เมษายน พ.ศ. 2545



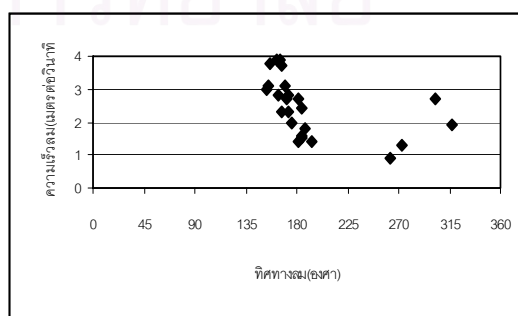
วันที่ 25 เมษายน พ.ศ. 2545



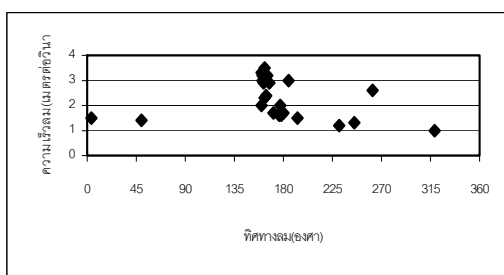
วันที่ 1 พฤษภาคม พ.ศ. 2545



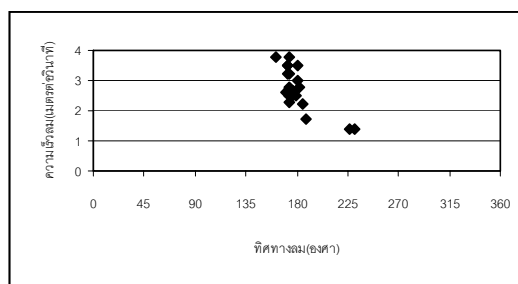
วันที่ 7 พฤษภาคม พ.ศ. 2545



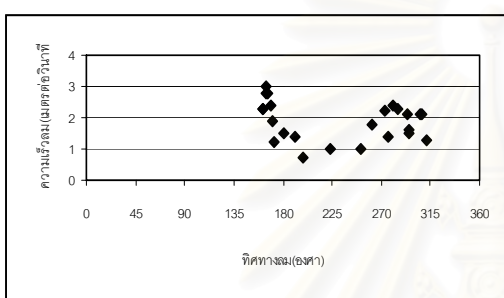
วันที่ 13 พฤษภาคม พ.ศ. 2545



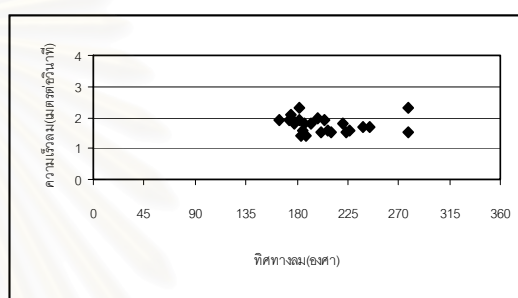
วันที่ 19 พฤษภาคม พ.ศ. 2545



วันที่ 25 พฤษภาคม พ.ศ. 2545



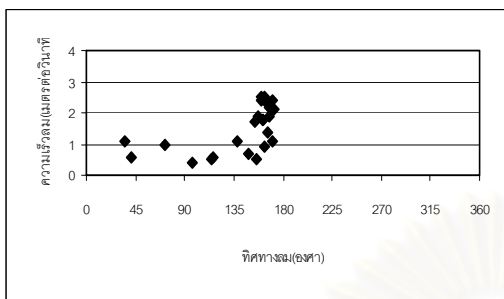
วันที่ 31 พฤษภาคม พ.ศ. 2545



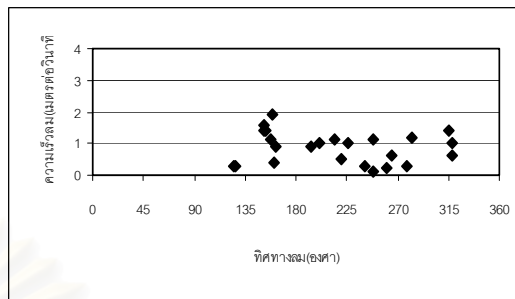
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศที่ทำการไปรษณีย์โทรเลขราชบุรีบูรณะ

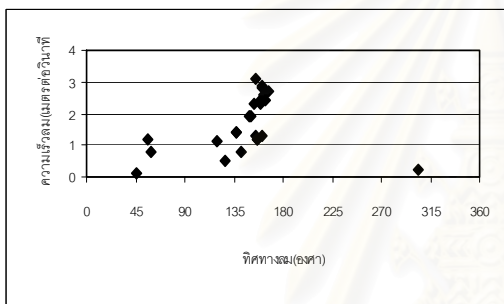
วันที่ 13 มกราคม พ.ศ. 2545



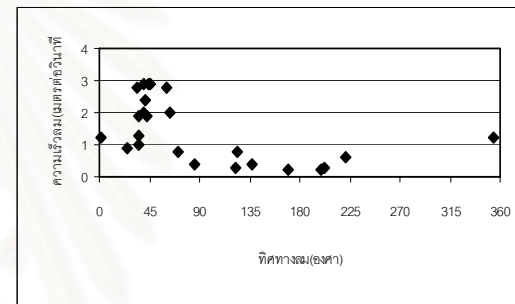
วันที่ 19 มกราคม พ.ศ. 2545



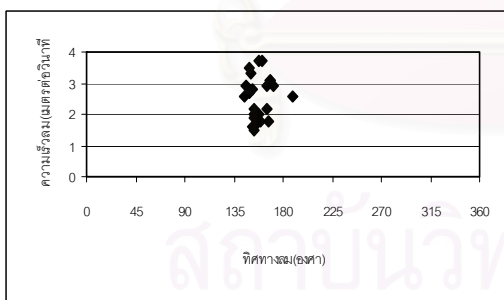
วันที่ 25 มกราคม พ.ศ. 2545



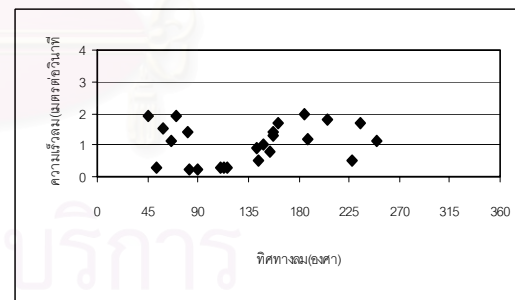
วันที่ 31 มกราคม พ.ศ. 2545



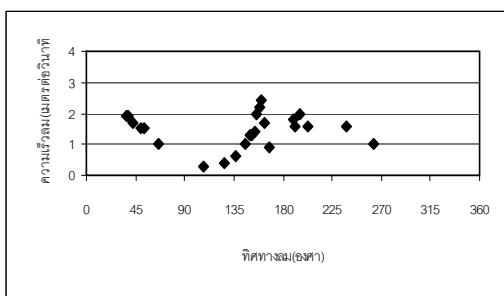
วันที่ 6 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2545



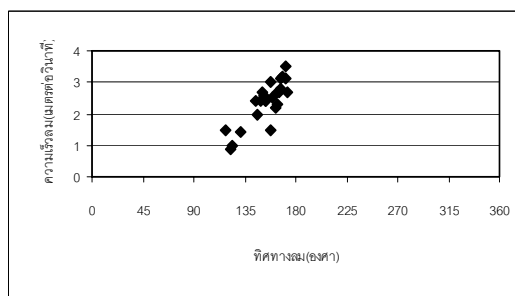
วันที่ 12 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2545



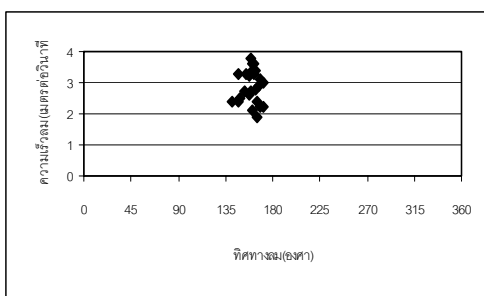
วันที่ 18 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2545



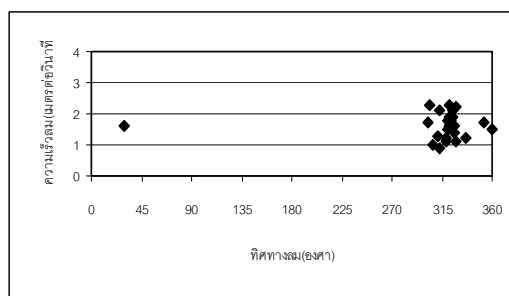
วันที่ 24 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2545



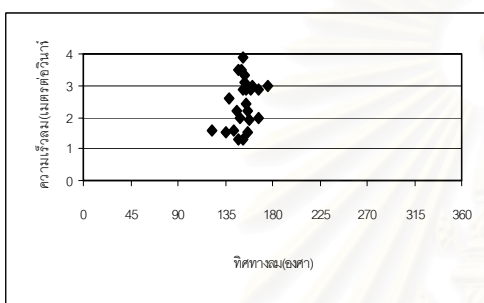
วันที่ 2 มีนาคม พ.ศ. 2545



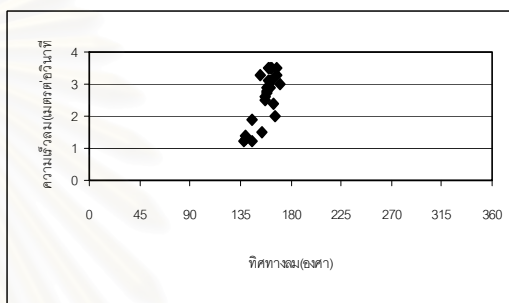
วันที่ 8 มีนาคม พ.ศ. 2545



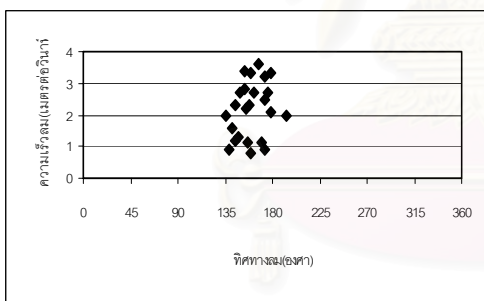
วันที่ 1 เมษายน พ.ศ. 2545



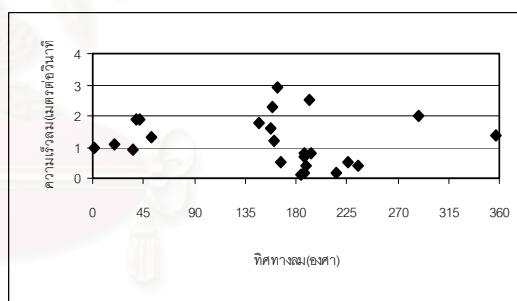
วันที่ 7 เมษายน พ.ศ. 2545



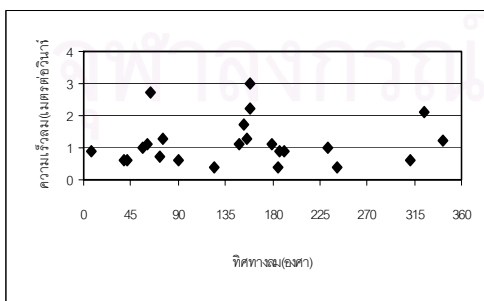
วันที่ 19 เมษายน พ.ศ. 2545



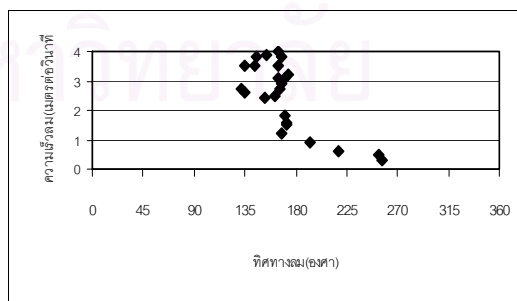
วันที่ 25 เมษายน พ.ศ. 2545



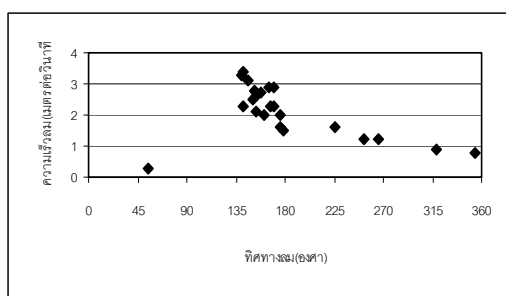
วันที่ 1 พฤษภาคม พ.ศ. 2545



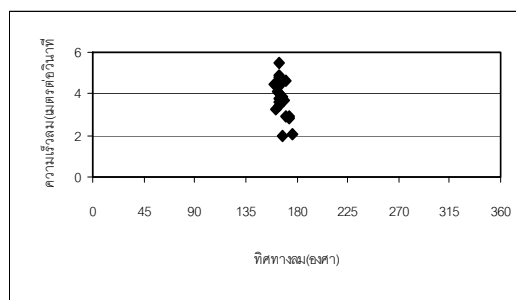
วันที่ 7 พฤษภาคม พ.ศ. 2545



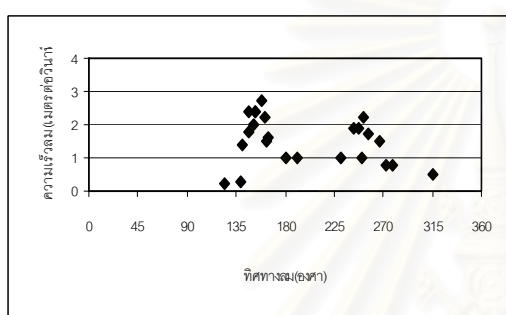
วันที่ 13 พฤษภาคม พ.ศ. 2545



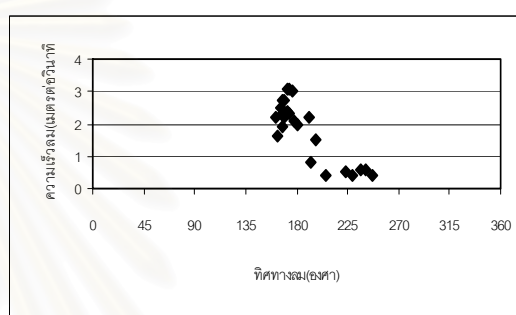
วันที่ 19 พฤษภาคม พ.ศ. 2545



วันที่ 25 พฤษภาคม พ.ศ. 2545



วันที่ 31 พฤษภาคม พ.ศ. 2545



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นายพงษ์เศวต สุวรรณธานี เกิดวันที่ 3 พฤษภาคม พ.ศ. 2521 ที่จังหวัดลำปาง จบการศึกษาระดับปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ปี พ.ศ. 2543 และจากนั้นเข้าศึกษาต่อในระดับปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยในปีเดียวกัน จนกระทั่งสำเร็จการศึกษาในปีการศึกษา 2545



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย