

สัณฐานและองค์ประกอบธาตุของฝุ่นละอองที่มีขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน
ในกรุงเทพมหานคร



นางสาวศิริวรรณ แก้วงาม

สถาบันวิทยบริการ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สภาวะแวดล้อม สหสาขาวิชาวิทยาศาสตร์สภาวะแวดล้อม

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2543

ISBN 974-347-008-5

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

MORPHOLOGY AND ELEMENTAL COMPOSITION OF PM10 IN BANGKOK

MISS SIRIWAN KAEWNGAM

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

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

Inter-Departmental Program in Environmental Science

Graduate School

Chulalongkorn University

Academic Year 2000

ISBN 974-347-008-5

หัวข้อวิทยานิพนธ์

พื้นฐานและองค์ประกอบธาตุของฝุ่นละอองที่มีขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน ในกรุงเทพมหานคร

โดย

นางสาวศิริวรรณ แก้วงาม

สาขาวิชา

วิทยาศาสตร์สภาวะแวดล้อม

อาจารย์ที่ปรึกษา

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. วนิดา จินศาสตร์

อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

อาจารย์ โชคชัย ยะชูศรี

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้บัณฑิตวิทยาลัยเป็นส่วน
หนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

..... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(ศาสตราจารย์ ดร. สุชาดา กิระนันท์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ชาญวิทย์ โสมชิตานนท์)

..... อาจารย์ที่ปรึกษา
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. วนิดา จินศาสตร์)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม
(อาจารย์ โชคชัย ยะชูศรี)

..... กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ วงศ์พันธ์ ลิ้มปเสนีย์)

..... กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร. นพภาพร พานิช)

กิตติกรรมประกาศ

จากความสำเร็จในการทำวิทยานิพนธ์ในครั้งนี้ ขอขอบพระคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. วนิดา จินศาสตร์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และอาจารย์โชคชัย ยะชูศรี อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ที่ได้ให้คำปรึกษาและความช่วยเหลือ ดูแลเอาใจใส่อย่างเต็มที่ และเปี่ยมไปด้วยประสิทธิภาพมาตลอด

ขอขอบพระคุณ บัณฑิตวิทยาลัย และสหสาขาวิชาวิทยาศาสตร์สภาวะแวดล้อม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย คุณจำปา และคุณนาวิ แก้วงาม ที่สนับสนุนเงินทุนการทำวิจัยในครั้งนี้

ขอขอบพระคุณ คุณสรารัฐ เทพานนท์ และเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการอากาศ กองจัดการคุณภาพอากาศและเสียงกรมควบคุมมลพิษ ที่ได้ให้ความอนุเคราะห์ข้อมูลการตรวจวัดคุณภาพอากาศ

ขอขอบพระคุณ เจ้าหน้าที่การไฟฟ้าฝ่ายผลิตบางกรวย และกรมขนส่งทางบกที่ได้ให้ความอนุเคราะห์ตัวอย่างฝุ่นละอองเพื่อมาทำการศึกษา

ขอขอบพระคุณ คุณปาริฉัตร ทองสนิท นิสิตปริญญาเอก ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ช่วยเหลือด้านอุปกรณ์ในการเก็บตัวอย่าง

ขอขอบพระคุณ คุณบุญเหลือ เกาถาวรชัย เจ้าหน้าที่ควบคุมเครื่อง SEM-EDX ศูนย์เครื่องมือวิจัยวิทยาศาสตร์เทคโนโลยี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยที่ให้คำแนะนำและสอนวิธีการใช้เครื่องมือชนิดนี้เป็นอย่างดีเยี่ยม

ขอขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ พี่หนุ่ย ที่ให้การสนับสนุน ให้ความรักและคอยเป็นกำลังใจในการทำวิทยานิพนธ์มาตลอด ขอขอบคุณเพื่อนๆ ผู้แสนดี (ฐิติยา ปวีณา กตัญชดี สมานชัย) ที่ช่วยยกและขนย้ายเครื่องมือเก็บอากาศ และให้กำลังใจเมื่อยามท้อแท้ และสุดท้ายขอขอบคุณเพื่อน ๆ กลุ่มอากาศ และเพื่อนนิสิตสหสาขาวิชาวิทยาศาสตร์สภาวะแวดล้อมที่เป็นกำลังใจ และเป็นเพื่อนที่แสนดีตลอดระยะเวลาการทำวิทยานิพนธ์และการเรียนตลอดมา

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ.....	ช
สารบัญภาพ.....	ญ
สารบัญตาราง.....	ฎ
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	2
1.3 ขอบเขตของการวิจัย.....	2
1.4 คำจำกัดความที่ใช้ในการวิจัย.....	3
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	3
1.6 วิธีดำเนินการวิจัย.....	4
1.7 ลำดับขั้นตอนในการเสนอผลการวิจัย.....	6
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	7
2.1 ความหมายของ PM10.....	7
2.2 ชนิดของฝุ่นละออง.....	8
2.2.1 แบ่งตามองค์ประกอบทางเคมี.....	8
2.2.2 แบ่งตามแหล่งที่เกิด.....	8
2.2.3 แบ่งตามขนาดของอนุภาค.....	9
2.3 ลักษณะของฝุ่นละออง.....	9
2.4 คุณสมบัติของอนุภาค.....	13
2.5 แหล่งกำเนิดของอนุภาค.....	14
2.5.1 ฝุ่นที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติ.....	14
2.5.2 ฝุ่นละอองที่เกิดจากกิจกรรมของมนุษย์.....	14
2.6 ธาตุที่มีอยู่ในอนุภาคฝุ่นละออง.....	17
2.7 ผลกระทบของอนุภาคฝุ่นละออง.....	19
2.8 มาตรฐานอนุภาคฝุ่นละออง.....	24
2.9 สถานการณ์ฝุ่นละอองในกรุงเทพมหานคร.....	27

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.9.1 สถานการณ์ฝุ่นละอองปี 2540	27
2.9.2 สถานการณ์ฝุ่นละอองปี 2541	30
2.10 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	32
บทที่ 3 การดำเนินงานวิจัย.....	38
3.1 การเลือกจุดเก็บตัวอย่าง.....	38
3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย	43
3.2.1 อุปกรณ์ในการเก็บตัวอย่างฝุ่นละอองชนิด PM10 และ TSP	44
3.2.2 อุปกรณ์ในการวิเคราะห์ลักษณะทางสัณฐานและองค์ประกอบธาตุ	44
3.2.3 อุปกรณ์ในการวิเคราะห์ปริมาณคาร์บอนอินทรีย์.....	44
3.3 การเก็บตัวอย่างฝุ่นละออง	45
3.4 การศึกษาลักษณะทางสัณฐานและองค์ประกอบธาตุ	46
3.5 การศึกษาปริมาณคาร์บอนอินทรีย์	47
3.6 การหาความสัมพันธ์ของการเก็บตัวอย่างฝุ่นละอองชนิด PM10 จากเครื่องมือ เก็บอากาศส่วนบุคคลกับเครื่องเก็บอากาศปริมาตรสูงชนิด PM10	48
3.7 การวิเคราะห์ข้อมูล	48
บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล	49
4.1 ปริมาณความเข้มข้นของฝุ่นละออง PM10	49
4.2 ความสัมพันธ์ระหว่างฝุ่นละออง PM10 และ ฝุ่นละออง TSP	54
4.3 ผลการศึกษาลักษณะทางสัณฐานและองค์ประกอบธาตุ ของฝุ่นละอองชนิด PM10	60
4.3.1 ลักษณะทางสัณฐานและองค์ประกอบธาตุจากแหล่งกำเนิด	60
4.3.2 ลักษณะทางสัณฐานและองค์ประกอบธาตุของฝุ่นละอองPM10 จากบริเวณที่ทำการศึกษา	63
4.4 ปริมาณความเข้มข้นของสารอินทรีย์รวม	74
4.5 การเปรียบเทียบการเก็บตัวอย่างฝุ่นละออง PM10 จาก High Volume Air Sampler ชนิด PM10 และ Personal Air Sampler	76

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ	79
5.1 สรุปผลการวิจัย	79
5.1.1 ปริมาณความเข้มข้นของฝุ่นละออง PM10	79
5.1.2 ความสัมพันธ์ระหว่างฝุ่นละออง PM10 กับฝุ่นละออง TSP	80
5.1.3 ชนิดของฝุ่นละออง PM10 จากการศึกษาลักษณะทางสัณฐาน และองค์ประกอบธาตุ	81
5.1.4 คาร์บอนอินทรีย์ในฝุ่นละออง PM10	83
5.1.5 ความสัมพันธ์ของการเก็บตัวอย่างฝุ่นละออง PM10 โดยเครื่อง High Volume Air Sampler ชนิด PM10 กับ Personal Air Sampler.....	83
5.2 อภิปรายผลการวิจัย	84
5.3 ข้อเสนอแนะ.....	84
รายการอ้างอิง	86
ภาคผนวก	92
ภาคผนวก ก ปริมาณสารอินทรีย์รวมในฝุ่นละออง PM10.....	93
ภาคผนวก ข ผลการวิเคราะห์ทางสถิติ.....	95
ภาคผนวก ค ข้อมูลการวิเคราะห์ปริมาณองค์ประกอบธาตุในฝุ่นละออง PM10.....	99
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์	122

สารบัญภาพ

ภาพประกอบ	หน้า
รูปที่ 2.1 แสดงร้อยละขององค์ประกอบอนุภาคขนาดใหญ่กว่า 5 ไมครอน	11
รูปที่ 2.2 แสดงตัวอย่างสัณฐานของฝุ่นดินและซีเมนต์	12
รูปที่ 2.3 การแจกแจงขนาดและกลไกการเกิดของอนุภาค	13
รูปที่ 2.4 วัฏจักรของฝุ่นละอองในบรรยากาศ	16
รูปที่ 2.5 ภาพ X-ray Spectra ของอนุภาคฝุ่นละอองที่มาจากธรรมชาติและมนุษย์สร้างขึ้น ..	18
รูปที่ 2.6 ภาพแสดงสัดส่วนของอนุภาคฝุ่นละอองที่ฝังตัวในระบบทางเดินหายใจ 3 แห่ง ตาม ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของอนุภาค	23
รูปที่ 2.7 การคำนวณสัดส่วนของอนุภาคที่ติดอยู่ในบริเวณต่าง ๆ ของระบบหายใจ ตาม ขนาดของเส้นผ่าศูนย์กลางของอนุภาค	23
รูปที่ 3.1 แผนที่บริเวณจุดที่ทำการเก็บตัวอย่างฝุ่นละออง	39
รูปที่ 3.2 บริเวณที่ทำการเก็บตัวอย่างฝุ่นละออง	40
รูปที่ 3.3 อุปกรณ์ในการเก็บตัวอย่างฝุ่นละออง (Hi-Volume Air Sampler)	43
รูปที่ 3.4 เครื่อง CHNS/O Analyzer	43
รูปที่ 3.5 เครื่อง Scanning Electron Microscopy	43
รูปที่ 4.1 แสดงปริมาณฝุ่น PM10 ในช่วงฤดูฝนและฤดูหนาว	51
รูปที่ 4.2 ค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของฝุ่นละออง PM10 ในแต่ละสถานีที่ทำการตรวจวัด	53
รูปที่ 4.3 ช่วงค่าความเข้มข้นของฝุ่นละออง PM10 ที่ตรวจวัดได้ในแต่ละสถานี	54
รูปที่ 4.4 ค่าความเข้มข้นของฝุ่นละออง TSP ในแต่ละสถานีที่ตรวจวัด	56
รูปที่ 4.5 สัดส่วนของปริมาณฝุ่นละออง PM10 ต่อฝุ่นละออง TSP เฉลี่ย ในฤดูฝนและฤดูหนาว	57
รูปที่ 4.6 กราฟความสัมพันธ์ของฝุ่นละออง PM10 และฝุ่นละออง TSP	59
รูปที่ 4.7 ลักษณะทางสัณฐานและสเปกตรัมของธาตุของฝุ่นละออง PM10	61
รูปที่ 4.8 ลักษณะทางสัณฐานและสเปกตรัมขององค์ประกอบธาตุของฝุ่นละอองบริเวณ ที่ทำการศึกษา	69
รูปที่ 4.9 ลักษณะทางสัณฐานและสเปกตรัมขององค์ประกอบธาตุของฝุ่นละออง PM10 ชนิดต่าง ๆ	71
รูปที่ 4.10 ลักษณะทางสัณฐานของฝุ่นละออง PM10 ชนิดต่างๆ ในบริเวณที่ศึกษา	73
รูปที่ 4.11 กราฟแสดงร้อยละของ OC ในฝุ่นละออง PM10 ใน 2 ช่วงฤดูกาล	75
รูปที่ 4.12 กราฟความสัมพันธ์ของการเก็บตัวอย่างฝุ่นละออง PM10 โดย High Volume Air Sampler และ Personal Air Sampler	78

สารบัญตาราง

ตาราง		หน้า
ตารางที่ 1.1	ลำดับขั้นตอนในการเสนอผลการวิจัย.....	6
ตารางที่ 2.1	ส่วนประกอบและแหล่งที่มาของฝุ่นละออง.....	7
ตารางที่ 2.2	ขนาดทั่วไปของอนุภาค.....	10
ตารางที่ 2.3	สัณฐานของอนุภาคฝุ่นละอองที่แขวนลอยในอากาศ.....	12
ตารางที่ 2.4	ปริมาณการปล่อยฝุ่นขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอนในปี พ.ศ 2539.....	16
ตารางที่ 2.5	องค์ประกอบธาตุในฝุ่นละอองจากแหล่งกำเนิดต่าง ๆ.....	17
ตารางที่ 2.6	ผลกระทบของความชื้นของฝุ่นละอองต่อสิ่งแวดล้อม.....	24
ตารางที่ 2.7	มาตรฐานฝุ่นละอองในบรรยากาศของประเทศไทย ปี 2538.....	25
ตารางที่ 2.8	ค่ามาตรฐานของฝุ่นละอองในบรรยากาศขององค์การอนามัยโลก และประเทศต่าง ๆ.....	26
ตารางที่ 2.9	ปริมาณฝุ่นละอองบริเวณพื้นที่ทั่วไปในกรุงเทพมหานคร ปี พ.ศ.2540.....	28
ตารางที่ 2.10	ปริมาณฝุ่นละอองบริเวณริมถนนในกรุงเทพมหานครจากสถานีเครือข่าย ติดตามตรวจสอบคุณภาพอากาศ ปี พ.ศ.2540.....	29
ตารางที่ 2.11	ปริมาณฝุ่นละอองบริเวณริมถนนในกรุงเทพมหานคร จากสถานีตรวจวัด คุณภาพอากาศและเสียง ปี พ.ศ. 2540.....	30
ตารางที่ 2.12	ปริมาณฝุ่นละอองในบรรยากาศบริเวณพื้นที่ทั่วไปในกรุงเทพมหานคร พ.ศ. 2541.....	31
ตารางที่ 2.13	ปริมาณฝุ่นละอองในบรรยากาศบริเวณริมถนนในกรุงเทพมหานคร พ.ศ. 2541.....	31
ตารางที่ 4.1	ปริมาณฝุ่นละออง PM10 ในฤดูฝนและฤดูหนาว.....	50
ตารางที่ 4.2	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณฝุ่น PM10 ทั้ง 6 สถานี.....	51
ตารางที่ 4.3	ปริมาณฝุ่นละออง PM10 ในแต่ละสถานีที่ตรวจวัด.....	52
ตารางที่ 4.4	ปริมาณฝุ่นละออง TSP ที่ตรวจวัดในฤดูฝนและฤดูหนาว.....	55
ตารางที่ 4.5	ปริมาณร้อยละของฝุ่นละออง PM10 ที่มีอยู่ในฝุ่นละออง TSP.....	56
ตารางที่ 4.6	ค่าความสัมพันธ์ของฝุ่นละอองชนิด PM10 และ TSP.....	58
ตารางที่ 4.7	ค่าการถดถอยเชิงเส้นของฝุ่นละออง PM10 และ TSP.....	59
ตารางที่ 4.8	ปริมาณความเข้มข้นของคาร์บอนอินทรีย์ในช่วงฤดูฝนและฤดูหนาว.....	74
ตารางที่ 4.9	ร้อยละของคาร์บอนอินทรีย์ในฝุ่นละออง PM10 ในฤดูฝนและฤดูหนาว.....	75

สารบัญตาราง (ต่อ)

หน้า

ตารางที่ 4.10	ปริมาณความเข้มข้นของฝุ่นละออง PM10 จาก High Volume Air Sampler ชนิด PM10 และ Personal Air Sampler	76
ตารางที่ 4.11	ค่าการถดถอยเชิงเส้นของฝุ่นละออง PM10 ที่เก็บโดยเครื่อง High Volume Air Sampler ชนิด PM10 และ Personal Air Sampler	77
ตารางที่ 5.1	ลักษณะทางสัณฐานและองค์ประกอบธาตุของฝุ่นละออง PM10 จากแหล่งกำเนิด	81
ตารางที่ ก.1	ข้อมูลการตรวจวัดปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ในบริเวณที่ศึกษา	93
ตารางที่ ก.2	สัดส่วนปริมาณ OC ใน ฝุ่นละออง PM10	94



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

จากข้อมูลการรายงานการตรวจวัดคุณภาพอากาศและเสียง ของกรมควบคุมมลพิษ ในปี พ.ศ. 2541 ที่ทำการตรวจวัดพบว่าปัญหาฝุ่นละออง ยังคงเป็นปัญหามลพิษหลักอันดับหนึ่ง เมื่อเทียบผลการตรวจวัดที่ได้กับมาตรฐาน (120 มคก./ลบ.ม) ซึ่งในบริเวณพื้นที่ทั่วไปมีค่าสูงสุดถึง 225 มคก./ลบ.ม ซึ่งสูงเป็น 1.9 เท่าของมาตรฐาน จากจุดตรวจวัดแบบชั่วคราวบริเวณริมถนน พบว่ามีค่าสูงสุดถึง 1,191 มคก./ลบ.ม ที่บริเวณริมถนนตากสิน บริเวณสี่แยกถนนตก ซึ่งมีค่าเป็น 10 เท่าของมาตรฐาน ถึงแม้ว่าโดยภาพรวมปริมาณลดน้อยลงกว่า ปี พ.ศ. 2540 ส่วนหนึ่งมาจากปัญหาทางด้านเศรษฐกิจถดถอยของประเทศที่ส่งผลทำให้กิจกรรมด้านอุตสาหกรรม การก่อสร้าง จำนวนยานพาหนะในท้องถนนลดลงก็ตาม ฝุ่นละอองที่มีขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอนนี้ทำให้เกิดผลกระทบต่อทั้งสิ่งแวดล้อม เช่น ลดความสามารถในการมองเห็น ทำให้เกิดความสกปรก ทำลายวัตถุและสิ่งก่อสร้าง และที่สำคัญยังมีผลกระทบต่อสุขภาพมนุษย์ เนื่องจากอนุภาคฝุ่นที่มีขนาดเล็กจึงสามารถเข้าไปฝังตัวได้ในถุงลมปอด ก่อให้เกิดโรคเกี่ยวกับระบบทางเดินหายใจ มีการยืนยันจากการศึกษาของวิทยาลัยการสาธารณสุข จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย พบว่าเด็กนักเรียนที่อาศัยอยู่บริเวณที่มีฝุ่นละอองสูง ($PM_{10} > 100$ มคก./ลบ.ม) จะมีอัตราป่วยด้วยโรคในระบบทางเดินหายใจสูงกว่าเด็กที่อาศัยอยู่บริเวณที่มีฝุ่นละอองต่ำ ($PM_{10} < 50$ มคก./ลบ.ม) และยังพบว่าระดับความรุนแรงของอาการป่วยจะเปลี่ยนแปลงตามระดับของฝุ่นละอองที่เพิ่มขึ้นด้วย นอกจากนี้ยังเกิดผลกระทบต่อความเสียหายต่อเศรษฐกิจ ซึ่งคิดได้จากค่าใช้จ่ายในการรักษาพยาบาล มีการประมาณว่ารัฐบาลจะประหยัดเงินได้ถึง 65,000 – 175,000 ล้านบาท ถ้าสามารถลดระดับฝุ่นละอองลงได้ 20 ไมโครกรัม/ลูกบาศก์เมตร (ชัชวาล, 2542) จากผลกระทบที่กล่าวมา จึงควรที่จะหาทางควบคุมและป้องกันการปล่อยฝุ่นละอองออกสู่บรรยากาศ

การศึกษาวิจัยในครั้งนี้สามารถนำมาใช้ในการหาแหล่งกำเนิดที่ปล่อยฝุ่นละอองที่มีขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน (PM_{10}) เพื่อที่จะควบคุม ป้องกันและลดปริมาณการปล่อยจากแหล่งกำเนิดได้โดยตรง ซึ่งการศึกษาในครั้งนี้จึงเลือกใช้วิธีการหาลักษณะทางสัณฐาน (Morphology) ของฝุ่นละออง เช่น สัณฐานทรงกลม ซึ่งอาจเป็นขี้เถ้าปลิว สัณฐานทรงกระบอก พวงแอสเบสตอส และ สัณฐานแบบเป็นสะเก็ด หรือก้อนรวม จากการสันดาปของเชื้อเพลิง ประกอบกับการศึกษาองค์ประกอบธาตุของสัณฐานชนิดต่างๆ ของฝุ่นละออง เช่น ฝุ่นดินจะประกอบไปด้วยธาตุ Al, Si, Sc, Ti, Fe และ Ca ส่วนฝุ่นที่เกิดจากการสันดาปของเครื่องยนต์จะมีคาร์บอนเป็นองค์ประกอบหลัก

และฝุ่นซีเมนต์จะมี Ca, Al, Cl และ K เป็นองค์ประกอบหลัก เป็นต้น การศึกษาลักษณะทางสัณฐานและองค์ประกอบธาตุจึงเป็นอีกวิธีการหนึ่งที่จะทำให้ทราบชนิดของฝุ่นละออง และหาที่มาของแหล่งกำเนิดของฝุ่นละอองในเขตกรุงเทพมหานครได้ และยังเป็นวิธีการที่ใช้เวลาน้อย และประหยัดค่าใช้จ่ายในการวิเคราะห์

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

- 1) ศึกษาสัณฐานของฝุ่นที่มีขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน โดยภาพถ่าย Scanning Electron Micrograph และองค์ประกอบธาตุในเขตกรุงเทพมหานคร
- 2) ศึกษาชนิดของฝุ่นที่มีขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน และ ชนิดของแหล่งกำเนิดในเขตกรุงเทพมหานคร
- 3) ศึกษาความสัมพันธ์ของวิธีการเก็บฝุ่นที่มีขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน โดยเครื่องมือชนิด High-Volume Air Sampler และ Personal Air Sampler
- 4) ศึกษาความสัมพันธ์ของฝุ่นที่มีขนาดเล็กกว่า 100 ไมครอน (TSP) และฝุ่นที่มีขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน ในกรุงเทพมหานคร

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

- 1) เก็บตัวอย่างฝุ่นละอองที่มีขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอนในเขตกรุงเทพมหานครซึ่งมีปริมาณฝุ่นละอองมาก 5 จุด คือ แจ่งวัฒนะ โรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย วงเวียน 22 กรกฎาคม กรมขนส่งทางบก และจุดควบคุม 1 จุด คือมหาวิทยาลัยกรุงเทพ ศูนย์รังสิต
- 2) ทำการศึกษา 2 ช่วง คือในช่วงฤดูฝน (สิงหาคม - กันยายน 2542) และฤดูหนาว (ธันวาคม 2542 - มกราคม 2543) บริเวณละ 3 ตัวอย่าง ในแต่ละฤดูกาล รวม 36 ตัวอย่าง
- 3) ทำการศึกษาลักษณะทางสัณฐาน และองค์ประกอบของธาตุที่มีในฝุ่น PM10
- 4) หาปริมาณฝุ่นละอองที่มีขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน รวมทั้งหาปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ที่มีอยู่ในฝุ่นละออง

5) หาสัดส่วนของปริมาณฝุ่นละอองรวมต่อฝุ่นละอองที่มีขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน

6) เปรียบเทียบวิธีการเก็บฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน จาก High-volume air sampler ชนิด PM10 และ personal air sampler

1.4 คำจำกัดความที่ใช้ในการวิจัย

PM10 คือ อนุภาคฝุ่นละอองที่มีขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน

TSP คือ อนุภาคแขวนลอยรวมทั้งหมดที่มีขนาดเล็กกว่า 100 ไมครอน

Organic Carbon (OC) คือ ปริมาณคาร์บอนอินทรีย์

High Volume Air Sampler คือ เครื่องเก็บอนุภาคฝุ่นละอองปริมาตรอากาศสูง

Personal Air Sampler คือ เครื่องเก็บอนุภาคฝุ่นละอองแบบเฉพาะบุคคล

Morphology คือ ลักษณะทางสัณฐาน

Elemental composition คือ องค์ประกอบธาตุ

Scanning Electron Microscopy (SEM) คือ จุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบสแกน

Scanning Electron Micrograph คือ ภาพถ่ายที่แสดงลักษณะทางสัณฐานของ

ฝุ่นละออง

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1) ทราบลักษณะทางสัณฐาน ปริมาณและองค์ประกอบของธาตุในฝุ่นละอองที่มีขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน ในกรุงเทพมหานคร

2) ทราบชนิดและแหล่งที่มาของฝุ่นละอองที่มีขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน ในเขต

กรุงเทพมหานคร

3) สามารถใช้งานวิจัยนี้เป็นแนวทางในการประเมินโอกาสที่จะเกิดอันตรายต่อสุขภาพมนุษย์จากฝุ่นละอองขนาดเล็ก ตามลักษณะองค์ประกอบของธาตุและลักษณะของสัณฐาน

4) สามารถใช้ข้อมูลจากการศึกษาครั้งนี้ นำไปแก้ปัญหที่เกิดจากฝุ่นละอองที่มีขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน และควบคุมได้ตรงกับแหล่งกำเนิดของฝุ่นละออง

1.6 วิธีดำเนินการวิจัย

1) การศึกษาลักษณะทางสัณฐานและองค์ประกอบธาตุของฝุ่น PM10 และชนิดแหล่งกำเนิดของฝุ่น PM10

1.1 เก็บตัวอย่างฝุ่นละอองชนิด PM10 โดยเครื่อง High-Volume Air Sampler

1.2 นำตัวอย่างฝุ่นละอองมาศึกษาลักษณะทางสัณฐานด้วยเครื่อง Scanning Electron Microscopy โดยนำฝุ่นละอองติดลงบนแท่งเตรียมตัวอย่าง แล้วนำตัวอย่างฝุ่นละอองไปฉายภาพจากนั้นนำส่องผ่านแสงอิเล็กตรอนที่มีค่าความต่างศักย์ 15 KV ถ่ายภาพลักษณะทางสัณฐานที่พบลงบนกระดาษ

1.3 ศึกษาองค์ประกอบของธาตุที่มีในฝุ่นละอองตามลักษณะทางสัณฐานต่าง ๆ ที่พบ โดยใช้เครื่อง Energy Dispersive X-ray (EDX) ซึ่งเป็นอุปกรณ์ที่มีอยู่ในเครื่อง Scanning Electron Microscopy โดยนำฝุ่นละอองติดลงบนเทปคาร์บอน แล้วนำไปส่องผ่านแสงอิเล็กตรอนที่มีค่าความต่างศักย์ 20 KV

1.4 นำฝุ่น PM10 ที่เก็บจากแหล่งกำเนิดจริง คือ โรงไฟฟ้า (ใช้น้ำมันเตาเป็นเชื้อเพลิง) ฝุ่นจากเครื่องยนต์เบนซิน ฝุ่นจากเครื่องยนต์ดีเซล ฝุ่นจากการก่อสร้าง มาหาลักษณะทางสัณฐาน และองค์ประกอบธาตุตามวิธีในข้อ 1.2 และ 1.3

1.5 หาแหล่งกำเนิดของฝุ่น PM10 โดยเปรียบเทียบชนิดของฝุ่นละอองตามลักษณะทางสัณฐานและองค์ประกอบธาตุที่พบในฝุ่นที่มาจากแหล่งกำเนิดโดยตรง และฝุ่นในกรุงเทพมหานคร

2. การหาความสัมพันธ์ของฝุ่นที่มีขนาดเล็กกว่า 100 ไมครอน (TSP) กับฝุ่น PM10

2.1 เก็บตัวอย่างฝุ่นละอองชนิด TSP และ PM10 ด้วยเครื่อง High-Volume Air Sampler เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ณ วัน เวลา และสถานที่เดียวกัน โดยเก็บตัวอย่างทั้งหมด 36 ตัวอย่าง

2.2 หาปริมาณความเข้มข้นของฝุ่นละอองทั้งสองชนิด โดยการวิธีการชั่ง (Gravimetric Method)

2.3 นำปริมาณความเข้มข้นที่ได้มาหาความสัมพันธ์โดยใช้ค่าสถิติ Linear Regression และ สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เพียร์สันโปรดักโมเมนต์

3. การหาความสัมพันธ์ระหว่างการเก็บฝุ่น PM10 จากเครื่องมือชนิด High-Volume Air Sampler ชนิด PM10 และ Personal Air Sampler

3.1 เก็บฝุ่นละอองชนิด PM10 ด้วยเครื่อง High-Volume Air Sampler และ Personal Air Sampler เป็นจำนวน 40 ตัวอย่าง ณ วัน เวลา และสถานที่เดียวกัน

3.2 หาปริมาณความเข้มข้นของฝุ่นละอองที่เก็บจากทั้งสองเทคนิค โดยวิธีการชั่ง (Gravimetric Method)

3.3 นำค่าความเข้มข้นของฝุ่นละอองที่ได้มาหาความสัมพันธ์ทางสถิติ T-test และ Linear Regression

4) หาปริมาณ Organic Carbon (OC) ของฝุ่น PM10

นำตัวอย่างฝุ่นละออง PM10 ทั้ง 2 ฤดูกาล มาวิเคราะห์ด้วยเครื่อง CHNS/O Analyser โดยวิธีการเผาที่อุณหภูมิ 600 องศาเซลเซียส คำนวณหาปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ต่อปริมาตรอากาศ

5) รวบรวมข้อมูลและสรุปผลการศึกษา

1.7 ลำดับขั้นตอนในการเสนอผลการวิจัย (ตารางที่ 1.1)

ตารางที่ 1.1 ขั้นตอนและวิธีการดำเนินการวิจัย

ขั้นตอน	เริ่มทำวิทยานิพนธ์เมื่อเดือน พฤษภาคม พ.ศ. 2542	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	10	13	14	15	16	17	18		
1	การสำรวจเอกสารและรวบรวมข้อมูล	●	—	●																	
2	การเขียนโครงร่างวิทยานิพนธ์			●	—	●															
3	การเสนอโครงร่างวิทยานิพนธ์					●	●														
4	การเก็บตัวอย่างฝุ่นละอองในกรุงเทพมหานคร และพื้นที่ควบคุมและทำการศึกษาดูตัวอย่าง						●	—	—	—	—	—	—	—	●						
6	รวบรวม, วิเคราะห์ข้อมูล และสรุปรายงานการวิจัย														●	—	—	—	●		
7	การเสนอวิทยานิพนธ์																		●	—	●

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ความหมายของ PM10

PM10 หรือ อนุภาคที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเล็กกว่า 10 ไมครอน (วัดโดยพฤติกรรมเชิงแอโรไดนามิกส์) เป็นอนุภาคที่ถูกลอยในรูปของการควบแน่น หรือการทำให้เป็นผงละอองขนาดเล็ก (atomization) ซึ่งสามารถมีสภาพเป็นได้ทั้งของแข็งและของเหลวที่มีความดันและอุณหภูมิปกติ ประกอบด้วยสสารที่แตกต่างกัน และสามารถอยู่ในสภาพแขวนลอยในบรรยากาศได้จากการกระทำของกระแสลมหรือการสั่นสะเทือน และสามารถแขวนลอยอยู่ในบรรยากาศได้นานเนื่องจากมีความเร็วในการตกตัวต่ำ เพราะขนาดอนุภาคซึ่งมีขนาดเล็ก

สำหรับส่วนประกอบและแหล่งที่มาของฝุ่นละอองในบรรยากาศแสดงดังตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 ส่วนประกอบและแหล่งที่มาของฝุ่นละออง

ส่วนประกอบ	แหล่งที่มา
สารประกอบคาร์บอน	กระบวนการเผาไหม้
สารประกอบอินทรีย์ เช่น ไดออกซิน	กระบวนการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์
โพลีไซคลิกอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอน	
เกลือแอมโมเนีย	การทำให้เป็นกลางของกรดในอากาศ
เกลือโซเดียมและแมกนีเซียมคลอไรด์	ทะเล
แคลเซียมซัลเฟต	วัสดุก่อสร้าง เช่น ดินและทราย
ซัลเฟต	การเติมออกซิเจนของซัลเฟอร์ไดออกไซด์
ไนเตรท	การเติมออกซิเจนของไนโตรเจนไดออกไซด์
ตะกั่ว	น้ำมันที่มีสารตะกั่ว
ดิน	แร่ธาตุต่าง ๆ

ที่มา มาริษา , 2540

2.2 ชนิดของฝุ่นละออง

สามารถแบ่งชนิดของฝุ่นละอองได้ตามองค์ประกอบ แหล่งที่เกิด และขนาดได้ดังนี้

2.2.1 แบ่งตามองค์ประกอบทางเคมี

1) ฝุ่นละอองจากสารอินทรีย์ (Organic Dust) มีองค์ประกอบของคาร์บอน ไฮโดรเจน และออกซิเจน ฝุ่นละอองจากสารอินทรีย์ แบ่งเป็น

- ฝุ่นละอองจากสารอินทรีย์ที่ไม่มีชีวิต เช่น ละอองเกสรของพืชหรือหญ้า ซึ่งสามารถทำให้เกิดอาการแพ้พิษได้
- ฝุ่นละอองจากสารอินทรีย์ที่มีชีวิต เช่น แบคทีเรีย, เชื้อรา เป็นต้น ซึ่งสามารถทำให้เกิดโรคบาดทะยัก, คอตีบ, วัณโรค, ไทฟอยด์ได้

2) ฝุ่นละอองจากสารอนินทรีย์ (Inorganic Dust) ซึ่งจะมีองค์ประกอบของอิออน ต่าง ๆ เช่น SO_4^{2-} , NO_3^- , Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , Na^+ , Cl^- , Br^- หรือประกอบด้วยโลหะหนัก เช่น ตะกั่ว แคดเมียม แอสเบสตอส เมื่อร่างกายได้รับฝุ่นชนิดนี้เข้าไปและสะสมในร่างกายแล้วจะทำให้เกิดอันตรายอย่างร้ายแรง

2.2.2 แบ่งตามแหล่งที่เกิด ได้ดังนี้คือ

1) ผลผลิตที่เกิดจากการกัดเซาะของลม (wind erosion products)

- ทางด้านชีววิทยา เช่น ไฟเบอร์ ละอองเกสร และอื่นๆ
- ทางด้านแร่ (Mineral)

2) ฝุ่นที่เกิดจากอุตสาหกรรม (Industrial dust) เช่น

- ไฟเบอร์ (กระดาษ สิ่งทอ)
- ผลิตภัณฑ์เคมี (ปุ๋ย ซีเมนต์ สี สีย้อม และอื่นๆ)
- ฝุ่นที่เกิดจากการหล่อและขัดสีโลหะ
- สารประเภทโพลีเมอร์และอื่นๆ

3) ผลผลิตที่เกิดจากการเผาไหม้ เช่น

- จากเตาเผาขยะ
- จากเตาเผาที่ใช้ภายในครัวเรือน
- จากเตาขนาดเล็กที่ใช้ต้มน้ำในการผลิตไอน้ำ

- จากอุตสาหกรรมขนาดใหญ่ (boiler)
- จากการเผาไหม้เชื้อเพลิงในรถยนต์

2.2.3 แบ่งตามขนาดของอนุภาค ซึ่ง U.S. EPA (The United state of America Environmental Protection Agency , 1992a) ได้กำหนดขนาดฝุ่นละอองไว้ 2 ขนาด คือ

1) ฝุ่นละอองที่มีขนาดเล็ก (Fine particulate matter) กำหนดขนาดไว้ว่ามีเส้นผ่าศูนย์กลางน้อยกว่า 2.5 ไมครอน

2) ฝุ่นละอองที่มีขนาดใหญ่ (coarse particulate matter) กำหนดขนาดไว้ว่ามีเส้นผ่าศูนย์กลางมากกว่า 2.5 ไมครอน

นอกจากนี้ยังสามารถบอกชนิดของฝุ่นละอองตามลักษณะโครงสร้างหรือองค์ประกอบทางเคมีของฝุ่นนั้น หรือประเภทของอุตสาหกรรม หรือกระบวนการทางอุตสาหกรรมที่ทำให้เกิดฝุ่นได้ เช่น ฝุ่นถ่านหิน ฝุ่นปูน ฝุ่นดิน ฝุ่นซิลิกา และฝุ่นคาร์บอน เป็นต้น

2.3 ลักษณะของฝุ่นละออง

ฝุ่นละอองในบรรยากาศนั้นมีการเคลื่อนที่อยู่ตลอดเวลา (Dynamic System) และมีแหล่งกำเนิดที่แตกต่างกัน จากสภาพทางภูมิอากาศ และลักษณะทางอุตุนิยมวิทยามีผลต่อการแพร่กระจายของฝุ่นละออง จึงทำให้อนุภาคของฝุ่นละอองมีขนาด รูปร่าง ความหนาแน่น องค์ประกอบทางเคมี การเกาะตัวกัน และโครงสร้างที่แตกต่างกันออกไป เป็นต้น นอกจากนี้ขณะที่อยู่ในบรรยากาศฝุ่นละอองอาจทำปฏิกิริยาต่อกัน หรือเกิดปฏิกิริยากับสิ่งแวดล้อมในบรรยากาศ ทำให้เกิดความซับซ้อนทางด้านโครงสร้างมากขึ้น

ลักษณะของฝุ่นละอองสามารถแบ่งเป็นประเภทต่าง ๆ ได้ดังนี้

1) ขนาดของอนุภาค

เนื่องจากอนุภาคในบรรยากาศไม่ใช่สารบริสุทธิ์ แต่เกิดจากสารต่าง ๆ ที่มีความหนาแน่นต่างกัน จึงมีความจำเป็นที่จะบ่งขนาดของอนุภาคในเชิงแอมโรว์ไดนามิก ซึ่งสามารถคำนวณได้จากสูตร

$$u_t = 4r^2g / 18 \mu \dots\dots\dots \text{สมการที่ 2.1}$$

- เมื่อ u_t คือ ความเร็วในการตกตัวของอนุภาค
 r_e คือ รัศมีของทรงกลมของอนุภาคที่มีความเร็วของการตกตัวเท่ากับอนุภาคนั้นและมี
 ความหนาแน่นของทรงกลมเท่ากับ 1 g/cm^3
 g คือ อัตราเร่งบนผิวโลก
 μ คือ ความหนืดของอากาศ
 ที่มา มลภาวะอากาศ , 2528

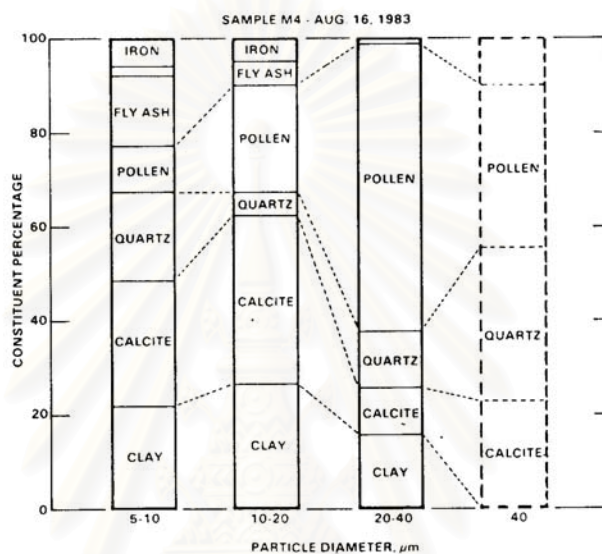
ตัวอย่างอนุภาคของฝุ่นละอองมีขนาดตั้งแต่ใหญ่กว่า 200 ไมครอนไปจนถึงต่ำกว่า 0.01 ไมครอน ดังแสดงไว้ในตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 ขนาดทั่วไปของอนุภาค

สาร	ขนาดของอนุภาค (ไมครอน)
ผงถ่านหิน	25.0 - 250.0
ฝุ่น	20.0 - 200.0
ฝุ่นโรงถลุงเหล็ก	1.0 - 200.0
ผงซีเมนต์	10.0 - 150.0
ซีเมนต์	3.0 - 110.0
เกสรดอกไม้	20.0 - 60.0
หมอก	1.5 - 40.0
สปอร์พืช	10.0 - 30.0
แบคทีเรีย	1.0 - 15.0
สารเคมีกำจัดแมลงชนิดผง	0.4 - 10.0
สีฝุ่น	0.1 - 4.0
สมีอก	0.001 - 2.0
ควันบุหรี่	0.01 - 1.0
ควันน้ำมัน	0.03 - 1.0
ควันซิงค์ออกไซด์	0.01 - 0.3
ควันถ่านหิน	0.01 - 0.2

ที่มา มลภาวะทางอากาศ , 2540

รูปที่ 2.1 เป็นตัวอย่างแสดงร้อยละของขนาดอนุภาคชนิดต่าง ๆ ได้แก่ ฝุ่นเหล็ก (Iron) เถ้าปลิว (Fly Ash) ละอองเกสร (Pollen) ควอตซ์ (Quartz) แคลไซต์ (Calcite) และ ฝุ่นดินเหนียว (Clay) ในขนาดอนุภาคที่ทำการตรวจวัดต่าง ๆ กัน ที่บริเวณซานเมืองในสหรัฐอเมริกา เมื่อปี พ.ศ. 1983 จะเห็นได้ว่า ฝุ่นที่มีขนาดตั้งแต่ 5 – 10 ไมครอน จะประกอบไปด้วยอนุภาคชนิด เถ้าปลิว เกสร ควอตซ์ แคลไซต์ และอนุภาคดินเหนียว โดยอนุภาคของเหล็กมีปริมาณมากกว่าร้อยละ 90 รองลงมาคือ ฝุ่นเถ้าปลิว ละอองเกสร แคลไซต์ และฝุ่นดินเหนียว



ที่มา Atmospheric Environment ,1985

รูปที่ 2.1 แสดงร้อยละขององค์ประกอบอนุภาคขนาดใหญ่กว่า 5 ไมครอน

2) สัณฐานของอนุภาค

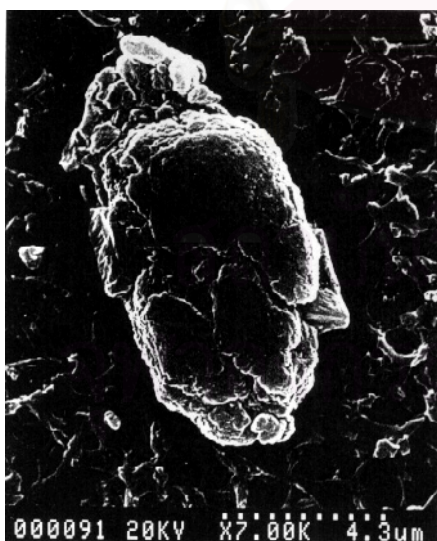
อนุภาคในบรรยากาศไม่ได้มีลักษณะทางสัณฐานของอนุภาคเป็นทรงกลมเพียงชนิดเดียว ส่วนใหญ่จะขึ้นกับแหล่งกำเนิดของอนุภาค สัณฐานของอนุภาคชนิดทรงกลม ได้แก่ เกสรดอกไม้ และของแข็งที่เกิดจากการควบแน่น เช่น ฝุ่นเถ้าปลิว (Fly ash) อนุภาคทรงกระบอก ได้แก่ เส้นใยของขนสัตว์ ฝ้ายแก้ว แอสเบสตอส และเส้นใยสังเคราะห์ต่างๆ ส่วนสินแร่มีสัณฐานทั้งชนิดที่ไม่เป็นระเบียบ (Irregular) และเป็นระเบียบหรือเป็นปุย หรือสะเก็ด (Flake like) การเกิดก้อนรวมขนาดใหญ่ของฝุ่นละออง (Agglomerates) สามารถเกิดได้จากการที่อนุภาครวมตัวกันในขณะที่ลอยอยู่ในอากาศหรือเกิดจากการลดอุณหภูมิลงของก๊าซที่มีอุณหภูมิสูง ซึ่งจะทำให้มี

ลักษณะทางสัณฐานที่เห็นเป็นเหมือนลูกโซ่ (Chain like) และเป็นฟล็อก (Flocs คือ กลุ่มอนุภาคที่รวมตัวกันหลวมๆ) และมักจะเกิดขึ้นในระหว่างการเผาไหม้อย่างไม่สมบูรณ์ของเชื้อเพลิง ซึ่งผลิตอนุภาคคาร์บอนจำนวนมาก ดังแสดงไว้ในตารางที่ 2.3 และรูปที่ 2.2 ซึ่งแสดงตัวอย่างลักษณะทางสัณฐานของอนุภาคฝุ่นละอองที่ศึกษาในประเทศอินโดนีเซีย เมื่อปี ค.ศ.1997

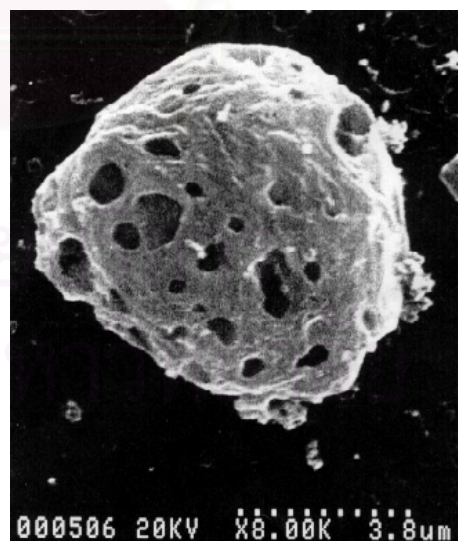
ตารางที่ 2.3 สัณฐานของอนุภาคฝุ่นละอองที่แขวนลอยในอากาศ

รูปร่าง	เปอร์เซ็นต์ของตัวอย่างในอากาศ	อนุภาค
ทรงกลม	0.0 – 20.0	ควัน เกสร ขี้เถ้าปลิว
ไม่เป็นระเบียบ	10.0 – 90.0	แร่
สะเก็ดหรือปุย	0.0 - 10.0	แร่ หนังกำพร้าว
ฟล็อกจากการควบแน่น	0.0 – 40.0	คาร์บอน ควัน ไอเสีย
เส้นใย	3.0 – 35.0	ผ้าสำลี เส้นใยพืช แอสเบสตอส

ที่มา มลภาวะอากาศ ,2528



(a) ฝุ่นดิน



(b) ขี้เถ้าปลิว

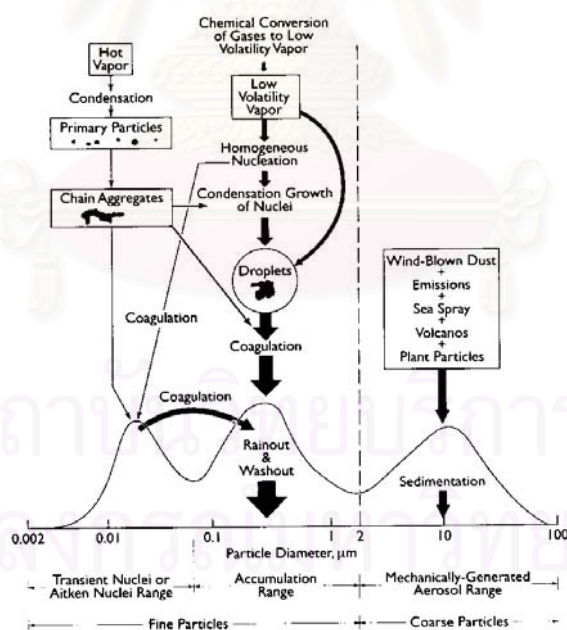
ที่มา Linda Y. Zou and Martin A. Hooper . 1997

รูปที่ 2.2 แสดงตัวอย่างสัณฐานของฝุ่นดินและเถ้าปลิว

2.4 คุณสมบัติของอนุภาค

1) การรวมตัวและการแพร่

อนุภาคฝุ่นละอองในบรรยากาศสามารถเกาะติดกันเมื่อสัมผัสกัน โดยกระบวนการรวมตัว (Coagulation process) นี้จะเกิดขึ้นตลอดเวลาอย่างต่อเนื่องและนำไปสู่การเปลี่ยนแปลงตามขนาดและปริมาตร ซึ่งกลไกสำคัญสำหรับการรวมตัวของอนุภาคคือการเคลื่อนไหวแบบบราวเนียนของอนุภาค ปฏิกิริยาการชนจึงเป็นสาเหตุให้อนุภาคที่มีรัศมีที่เล็กกว่า 0.1 ไมครอน ในอากาศลดลงอย่างรวดเร็วและมีขนาดโตขึ้น อนุภาครัศมีเล็กกว่า 0.1 ไมครอนนี้มีค่าสัมประสิทธิ์การแพร่สูง และอัตราการรวมตัวสูง ส่วนอนุภาคที่มีรัศมีโตกว่า 0.3 ไมครอน มีค่าสัมประสิทธิ์การแพร่ที่น้อยกว่ามาก จึงทำหน้าที่หลักเหมือนตัวจับ (Acceptor) อนุภาคขนาดเล็กกว่าที่แพร่อย่างรวดเร็ว ซึ่งกล่าวโดยสรุปก็คืออนุภาคขนาดเล็กส่วนใหญ่จะถูกกำจัดโดยกระบวนการรวมตัวซึ่งขึ้นกับการแพร่ (Diffusion) แล้วกลายเป็นอนุภาคขนาดใหญ่จะถูกกำจัดโดยกระบวนการซึ่งขึ้นกับคุณสมบัติเชิงเฉื่อย ซึ่งก็คือการตกตะกอน (Sedimentation) ดังรูปที่ 2.3 ซึ่งแสดงการแจกแจงขนาด และกลไกการเกิดอนุภาค



ที่มา Particles in Our Air , 1996

รูปที่ 2.3 การแจกแจงขนาดและกลไกการเกิดของอนุภาค

2) ประจุไฟฟ้า

อนุภาคในอากาศได้รับประจุไฟฟ้าสถิตย์ได้โดยกลไกต่างๆ ทำให้เกิดการถ่ายเทอิเล็กตรอนไปในผิวของอนุภาค หรือออกจากผิวของอนุภาค ทำให้อนุภาคมีประจุไฟฟ้าเป็นลบหรือบวกตามลำดับ

นอกจากนี้อนุภาคยังมีคุณสมบัติอื่นๆ เช่น การดูดซับ การระเหยและการควบแน่น เป็นต้น

2.5 แหล่งกำเนิดของอนุภาค

อนุภาคฝุ่นละอองที่แขวนลอยฟุ้งกระจายอยู่ในบรรยากาศทั่วไปนั้นอาจเกิดได้จากแหล่งกำเนิดโดยตรงแล้วแพร่กระจายสู่บรรยากาศจากแหล่งกำเนิดนั้น หรือเกิดจากปฏิกิริยาต่าง ๆ ในบรรยากาศ เช่น การรวมตัวด้วยปฏิกิริยาทางฟิสิกส์ หรือปฏิกิริยาทางเคมี หรือปฏิกิริยาเคมีแสง (Photochemical reaction) ทำให้เกิดเป็นอนุภาคขึ้น

อนุภาคฝุ่นละอองสามารถจำแนกตามแหล่งกำเนิดได้เป็น 2 ประเภท ดังนี้

2.5.1. ฝุ่นที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติ (Natural Particle)

- เกิดจากกระแสลมที่พัดผ่านตามธรรมชาติ ทำให้เกิดฝุ่น เช่น ดิน, ทราย, ละอองน้ำ, เขม่าควันจากไฟป่า, ฝุ่นเกลือจากทะเล, ภูเขาไฟ ฯลฯ
- เกิดจากปฏิกิริยาโฟโตเคมีคอลของก๊าซ (Photochemical gas reactions) ซึ่งเกิดระหว่างก๊าซไอโซนในธรรมชาติ และสารไฮโดรคาร์บอน เป็นผลทำให้เกิดอนุภาคที่มีขนาดเล็กซึ่งมีรัศมีน้อยกว่า 0.2 ไมครอน

2.5.2. ฝุ่นละอองที่เกิดจากกิจกรรมของมนุษย์ (Anthropogenic Particle)

1) การคมนาคมขนส่ง

ซึ่งเกิดการเผาไหม้น้ำมันเชื้อเพลิงจากยานพาหนะหรือรถประเภทต่าง ๆ เช่น เครื่องยนต์ดีเซลจะปล่อยควันดำ ซึ่งเป็นอนุภาคของคาร์บอนจำนวนมากที่เกิดจากการสันดาปไม่สมบูรณ์ของน้ำมันดีเซล หรือการปล่อยควันขาวซึ่งเป็นละอองไอของน้ำมันหล่อลื่น เป็นต้น นอกจากนี้การขนส่งหิน ดินทราย ซีเมนต์ หรือวัตถุอื่นๆ ที่ไม่ได้คลุมด้วยผ้าใบ หรือถนนสกปรกทำให้เกิดฝุ่นละอองติดอยู่ที่ล้อ หรือถนน ซึ่งขณะรถแล่นจะทำให้เกิดการกระจายตัวของฝุ่นละอองอยู่ในอากาศ

2) การก่อสร้าง

- การก่อสร้างหลายชนิดมักมีการเปิดหน้าดินก่อนการก่อสร้าง ซึ่งทำให้เกิดฝุ่นได้ง่าย เช่น อาคารสิ่งก่อสร้าง การปรับปรุงสาธารณูปโภค
- การก่อสร้างอาคารสูง ทำให้ฝุ่นปูนซีเมนต์ถูกลมพัดออกจากอาคาร
- การรื้อถอนทำลายอาคารหรือสิ่งก่อสร้าง

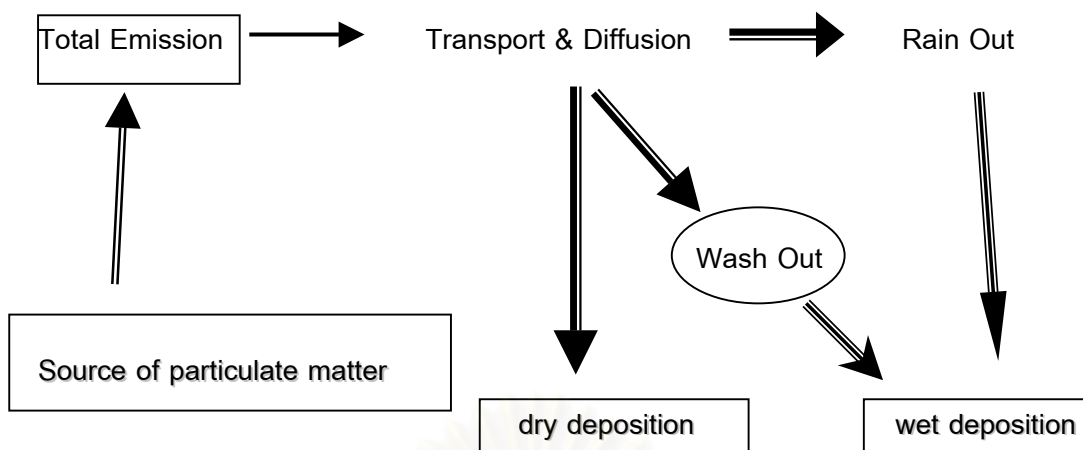
3) โรงงานอุตสาหกรรม

- การเผาไหม้เชื้อเพลิง เช่น น้ำมันเตา, ถ่านหิน, ฟืน, แกลบ เพื่อนำพลังงานไปใช้ในกระบวนการผลิต ทำให้เกิดฝุ่นละออง เช่น ถ่านบิน (Coal fly Ash) จากโรงไฟฟ้า
 - กระบวนการผลิตที่มีฝุ่นออกมา เช่น การโม่หิน, การผลิตปูนซีเมนต์,
- นอกจากนี้ในอุตสาหกรรมที่มีการปลดปล่อยออกไซด์ของไนโตรเจน และ ไฮโดรคาร์บอนออกสู่บรรยากาศ ยังสามารถทำให้เกิดอนุภาคฝุ่นละอองในอากาศได้จากการเกิดปฏิกิริยาโฟโตเคมีคอลระหว่างออกไซด์ของไนโตรเจนและไฮโดรคาร์บอน ซึ่งเรียกว่า Smog Reaction ได้อนุภาคที่มีรัศมีเล็กกว่า 0.2 ไมครอน

3) การเผาวัสดุในที่โล่งแจ้ง

ได้แก่การเผาขยะมูลฝอยหรือวัสดุต่าง ๆ จะเกิดเขม่าซึ่งถ้าเป็นจำนวนมากฟุ้งกระจายไปในอากาศและลอยไปตามกระแสลมปกคลุมพื้นที่กว้าง

ฝุ่นละอองที่เกิดจากแหล่งกำเนิดชนิดต่างๆ จะถูกปลดปล่อยออกสู่บรรยากาศ แล้วอาจจะแขวนลอยอยู่ในบรรยากาศ หรือถูกพัดพาไปโดยการพัดพาของอากาศและกระแสลม ฝุ่นละอองที่มีขนาดใหญ่ น้ำหนักมากจะแขวนลอยในบรรยากาศได้ไม่นานก็ตกกลับด้วยแรงโน้มถ่วงของโลก เรียกว่า การตกกลับแบบแห้ง (Dry Deposition) ส่วนฝุ่นละอองที่มีขนาดเล็กเส้นผ่านศูนย์กลางน้อยกว่า 10 ไมครอน จะแขวนลอยในบรรยากาศได้นานกว่า ฝุ่นละอองที่มีขนาดเล็กนี้สามารถตกกลับแบบเปียก (Wet Deposition) ได้ 2 รูปแบบ คือ อนุภาคฝุ่นจะเข้าไปเป็นแกนกลางให้ไอน้ำเกาะแล้วรวมตัวอยู่ในเมฆ เรียกว่า Rain out และการตกกลับโดยฝนตกชะเอาอนุภาคฝุ่นในบรรยากาศลงมา เรียกว่า Wash out



รูปที่ 2.4 วงจรของฝุ่นละอองในบรรยากาศ

จากการศึกษาของบริษัทเรเดียนเมื่อปี พ.ศ. 2540 พบว่าฝุ่นละอองที่มีขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอนในกรุงเทพมหานครมีที่มาจาก 5 แหล่งสำคัญ คือ ฝุ่นปลิวจากถนน ฝุ่นจากรถยนต์ ฝุ่นจากการก่อสร้าง ฝุ่นจากหม้อไอน้ำและฝุ่นจากโรงไฟฟ้า ฝุ่นปลิวจากถนนเกิดจากการวิ่ง ของยานยนต์ ในปี พ.ศ. 2539 มีฝุ่นจากแหล่งนี้ประมาณ 20,378 ตัน ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 33.2 ของฝุ่นจากทุกแหล่ง แหล่งกำเนิดที่สำคัญอีกแหล่ง คือ ฝุ่นจากหม้อไอน้ำ ซึ่งทำให้เกิดฝุ่นประมาณ 18,115 ตัน/ปี (29.5%) ในปีเดียวกัน ฝุ่นจากยานยนต์ เกิด จากการเผาไหม้ของเครื่องยนต์ ทำให้เกิดฝุ่นค่อนข้างมากเช่นกัน ประมาณ 14,043 ตัน/ปี (22.8%) ฝุ่นบางส่วนจะมาจาก โรงไฟฟ้า ประมาณ 7,191 ตัน/ปี (11.7%) และการก่อสร้าง ประมาณ 1,752 ตัน/ปี (2.9%) ดังตารางที่ 2.4

ตารางที่ 2.4 ปริมาณการปล่อยฝุ่นขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอนในปี พ.ศ 2539

ประเภทแหล่งกำเนิด	อัตราการปล่อย (ตัน/ปี)	เปอร์เซ็นต์ (%)
ฝุ่นปลิวจากถนน	20,378	33.2
หม้อไอน้ำโรงงาน	18,115	29.5
ยานยนต์	14,043	22.8
โรงไฟฟ้า	7,191	11.7
การก่อสร้าง	1,752	2.9
รวม	61,492	100

ที่มา บริษัทเรเดียนอินเตอร์เนชั่นแนลจำกัด , 2540

2.6 ธาตุที่มีอยู่ในอนุภาคฝุ่นละออง

ฝุ่นละอองแต่ละชนิดประกอบด้วยธาตุชนิดต่าง ๆ ขึ้นกับแหล่งกำเนิดของฝุ่นละอองชนิดนั้น ๆ เช่น ฝุ่นดินจะประกอบด้วยธาตุหลัก ๆ คือ ซิลิกา อะลูมิเนียมและแคลเซียม ซึ่งเป็นองค์ประกอบของดิน ส่วนฝุ่นที่มาจากอาคารก่อสร้างจะมีธาตุแคลเซียมซึ่งเป็นส่วนประกอบของปูนซีเมนต์ ส่วนฝุ่นที่มาจากท่อไอเสียของน้ำมันเชื้อเพลิง โดยเฉพาะจากการเผาไหม้ของน้ำมันดีเซลจะมีธาตุที่เป็นองค์ประกอบหลัก คือ ธาตุคาร์บอน เป็นต้น การที่ฝุ่นละอองมีแหล่งกำเนิดที่แตกต่างกัน จะทำให้อนุภาคฝุ่นละอองชนิดนั้น ๆ มีองค์ประกอบของธาตุที่แตกต่างกัน ซึ่งจะทำให้ฝุ่นละอองมีลักษณะเฉพาะแตกต่างกันออกไป ได้แก่ สี รูปทรง และขนาด ที่แตกต่างกันด้วย ดังตารางที่ 2.5

ตารางที่ 2.5 องค์ประกอบธาตุในฝุ่นละอองจากแหล่งกำเนิดต่าง ๆ

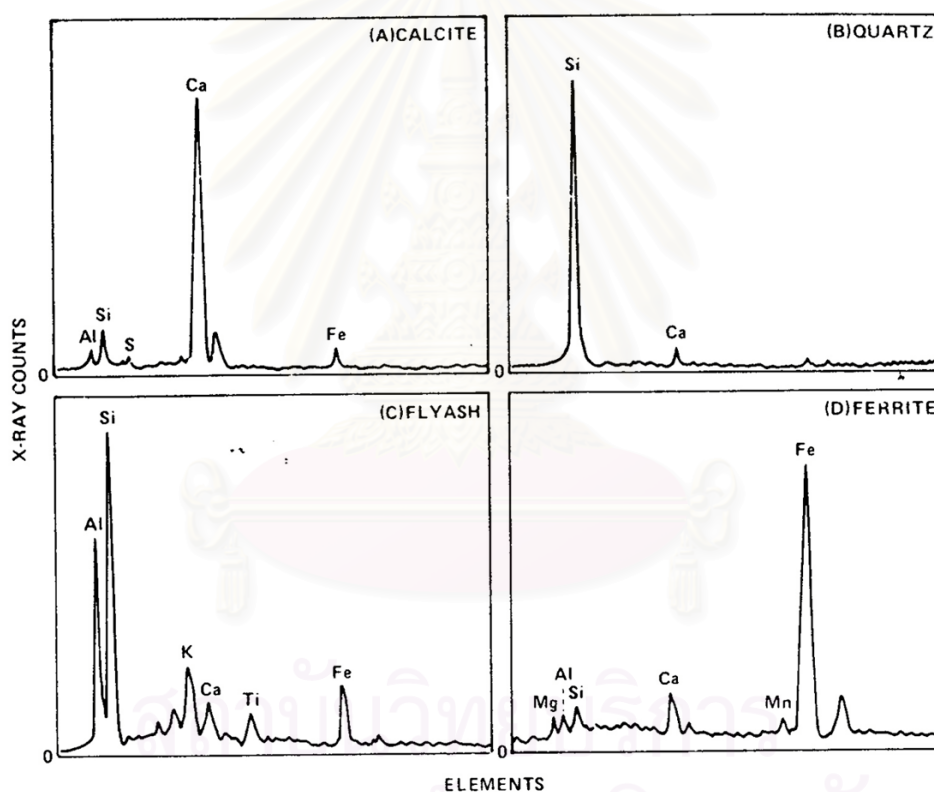
Emission Sources	Markers Elements
Soil	Al , Si , Sc , Ti , Fe , Sm , Ca
Road dust	Ca , Al , Sc , Si , Ti , Fe , Sm
Sea Salt	Na , Cl , Na ⁺ , Cl ⁻ , Br , I , Mg , Mg ²⁺
Oil Burning	V , Ni , Mn , Fe , Cr , As , S , SO ₄ ²⁻
Coal Burning	Al , Sc , Se , Co , As , Ti , Th , S
Iron and Steel Industries	Mn , Cr , Fe , Zn , W , Rb
Non-Ferrous metal industries	Zn , Cu , As , Sb , Pb , Al
Glass industry	Sb , As , Pb
Cement Industry	Ca
Refuse Incineration	K , Zn , Pb , Sb
Straw burning	K , C _{ele} , C _{org} , Br
Automobile gasoline	C _{ele} , Br , Ce , La , Pt , SO ₄ ²⁻ , NO ₃ ⁻
Automobile diesel	C _{ele} , C _{org} , S , SO ₄ ²⁻ , NO ₃ ⁻
Secondary aerosols	SO ₄ ²⁻ , NO ₃ ⁻ , NH ₄ ⁺

C_{ele} : Elemental Carbon

C_{org} : Organic Carbon

ที่มา Hatairatana, 1999

และจากรูปที่ 2.5 เป็นตัวอย่างแสดง X-ray Spectra ที่แสดงธาตุชนิดต่าง ๆ ที่มีแหล่งกำเนิดในธรรมชาติ คือ Calcite ซึ่งจะมีแคลเซียมอยู่ปริมาณสูงและเป็นองค์ประกอบหลัก นอกจากนี้ยังประกอบไปด้วยธาตุ ซิลิกา อะลูมิเนียม และเหล็ก ซึ่งก็คือองค์ประกอบของฝุ่นดิน และอีกชนิดหนึ่งคือ Quartz ซึ่งจะมีซิลิกาอยู่ในปริมาณสูง ฝุ่นชนิดนี้ก็คือฝุ่นประเภททราย สำหรับแหล่งกำเนิดที่มนุษย์กระทำ คือ Fly Ash จากโรงไฟฟ้า ซึ่งจะมีซิลิกาและอะลูมิเนียมในปริมาณสูง นอกจากนี้ยังพบไทเทเนียมซึ่งเป็นองค์ประกอบของน้ำมันเชื้อเพลิงที่ใช้ในการเผาไหม้จากโรงไฟฟ้าด้วย และอีกตัวอย่างหนึ่งคือ Ferrite จากโรงงานผลิตเหล็ก ซึ่งจะแสดงให้เห็นว่ามีปริมาณของธาตุเหล็กในปริมาณที่สูงและเป็นองค์ประกอบหลัก



ที่มา Kenneth , 1985

รูปที่ 2.5 X-ray Spectra ของอนุภาคฝุ่นละอองที่มาจากธรรมชาติและมนุษย์สร้างขึ้น

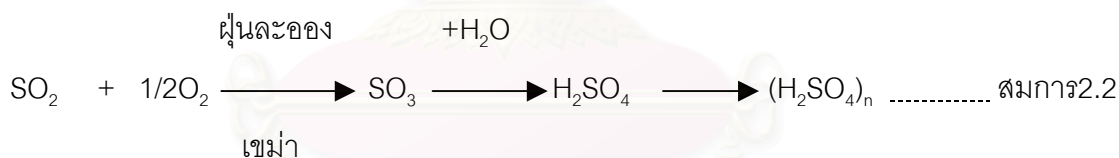
2.7 ผลกระทบของอนุภาคฝุ่นละออง

1) ผลกระทบต่อบรรยากาศทั่วไป

เนื่องจากอนุภาคของฝุ่นละอองที่แขวนลอยในบรรยากาศมีทั้งที่เป็นของแข็งและของเหลว ซึ่งสามารถดูดซับและหักเหได้ จึงทำให้ลดความสามารถในการมองเห็น (Visibility) ทำให้ทัศนวิสัยในการมองเห็นไม่ดี ซึ่งถ้ามีปริมาณอนุภาคฝุ่นละอองแขวนลอยในอากาศมากจนกลายเป็นหมอก อาจรบกวนการมองเห็นมากจนอาจทำให้เกิดอันตรายในการสัญจรได้

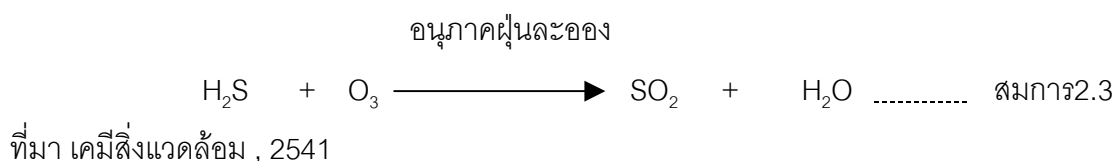
ประเทศสหรัฐอเมริกาได้มีการศึกษาผลกระทบของอนุภาคฝุ่นละอองต่อความสามารถในการมองเห็น พบว่าช่วงของการมองเห็นลดลงถึง 70 เปอร์เซ็นต์จากสภาวะเดิม ทางด้านทิศตะวันตกของสหรัฐอเมริกาสามารถมองเห็นได้ในระยะทางเพียง 14-24 ไมล์ ซึ่งจากเดิมมองเห็นได้ถึง 90 ไมล์ ส่วนทิศตะวันออกในปัจจุบันสามารถมองเห็นได้ในระยะทางเพียง 33-90 ไมล์ ซึ่งจากเดิมคือ 140 ไมล์ สำหรับในกรุงเทพมหานครและปริมณฑล การมองเห็นเริ่มลดลง ซึ่งสังเกตได้จากสภาพเหมือนหมอกและควันปกคลุมหนาแน่นมากขึ้นในช่วง 2-3 ปีที่ผ่านมา โดยเฉพาะในช่วงเช้าตรู่ของบางวันในฤดูหนาว

นอกจากนี้ฝุ่นละอองยังเข้าไปมีส่วนทำให้เกิดการเร่งปฏิกิริยาและ/หรือทำให้เกิดมลภาวะในอากาศรุนแรงขึ้น โดยเฉพาะเกิดร่วมกับซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในอากาศเช่น



ที่มา เคมีสิ่งแวดล้อม , 2541

ซึ่งจะได้กรดซัลฟูริกที่มีอันตรายรุนแรงต่อทางเดินหายใจ และสิ่งแวดล้อม ดังกรณีตัวอย่างการเกิดมลพิษทางอากาศที่สำคัญ คือ โฟโตเคมีคัลสม็อก (Photochemical Smog) และไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S) ก็สามารถเกิดปฏิกิริยากับโอโซนให้ก๊าซซัลเฟอร์ออกมาได้อีก ถ้ามีอนุภาคในบรรยากาศช่วย และปฏิกิริยาก็จะยิ่งเกิดเร็วขึ้นถ้ามีอนุภาคในบรรยากาศมาก ดังตัวอย่างปฏิกิริยาต่อไปนี้



2) ผลกระทบต่อวัตถุและสิ่งก่อสร้าง

อนุภาคฝุ่นละอองแขวนลอยในบรรยากาศที่ตกกลับตามแรงดึงดูดของโลก แล้วเกาะติดวัตถุและสิ่งก่อสร้างต่าง ๆ ทำให้เกิดเป็นความสกปรกเลอะเทอะ

นอกจากนี้อนุภาคฝุ่นละอองแขวนลอยยังมีคุณสมบัติในการดูดซับโลหะ สารอินทรีย์ และสารอนินทรีย์ ไว้ที่พื้นผิวของอนุภาค หรือจากชนิดของอนุภาคฝุ่นละอองเองที่เป็นชนิดที่มีสภาพเป็นกรดหรือมีองค์ประกอบทางเคมีที่เป็นอันตราย เมื่อเกาะติดวัตถุหรือสิ่งก่อสร้าง จึงสามารถทำอันตรายต่อสิ่งต่างๆ เหล่านี้ได้ เช่น ทำให้เกิดการสึกกร่อนของวัสดุที่ทำจากโลหะ การทำลายผิวหน้าของสิ่งก่อสร้าง ทำให้เกิดความเสียหาย เช่น ทำให้เกิดการเสื่อมสภาพของผลงานทางศิลปะ การผุกร่อนของหลังคาสังกะสี เป็นต้น

3) ผลกระทบต่อพืช

อนุภาคฝุ่นละอองในบรรยากาศสามารถตกลงมาสู่พืช แล้วจับเกาะกักรังบนส่วนต่างๆ ของพืชโดยเฉพาะใบซึ่งเป็นส่วนที่มีพื้นผิวมาก และรับการตกลงมาเกาะของอนุภาคฝุ่นละอองได้ดี ดังนั้นจึงไปขัดขวางการหายใจของพืช ทำให้พืชหายใจได้อย่างจำกัด เป็นผลให้ประสิทธิภาพการสังเคราะห์แสงลดลง อนุภาคฝุ่นละอองที่ปิดปากใบยังทำให้เกิดการสะสมความร้อนไว้ภายในมากขึ้นจึงมีส่วนเร่งรัดหรือขัดขวางการเจริญเติบโตของพืชได้ และถ้าฝุ่นละอองนั้นมีสารพิษปะปนอยู่ เช่น โลหะหนัก หรือปูนซีเมนต์ ทำให้พืชจะได้รับพิษเพิ่มจากสารต่างๆ นั้นอีกด้วย

4) ผลกระทบต่อสุขภาพมนุษย์

ฝุ่นละอองนอกจากจะลดความสามารถในการมองเห็น ทำให้เกิดความสกปรก และสร้างความเดือดร้อนรำคาญแล้ว จากการศึกษาพบว่าฝุ่นละอองสามารถทำให้เสียชีวิตก่อนเวลาอันสมควร ทำให้เกิดโรคในระบบทางเดินหายใจ และโรคในระบบหัวใจและหลอดเลือด ซึ่งมีการยืนยันจากการศึกษาของวิทยาลัยการสาธารณสุข จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย พบว่าเด็กนักเรียนที่อาศัยอยู่บริเวณที่มีฝุ่นละอองสูง ($PM_{10} > 100$ ไมโครกรัม/ลูกบาศก์เมตร) จะมีอัตราป่วยด้วยโรคในระบบทางเดินหายใจสูงกว่าเด็กที่อาศัยอยู่บริเวณที่มีฝุ่นละออง ต่ำ ($PM_{10} < 50$ ไมโครกรัม/ลูกบาศก์เมตร) และยังพบว่าระดับความรุนแรงของอาการป่วยจะเปลี่ยนแปลงตามระดับของฝุ่นละออง

นอกจากนี้ยังพบว่า อัตราการเข้ารับการรักษาตัวในโรงพยาบาลด้วยโรคในระบบทางเดินหายใจ และโรคหัวใจ และหลอดเลือดจะสูงขึ้นเมื่อระดับฝุ่นขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอนสูงขึ้น ในสภาพที่ไม่ใช้เครื่องปรับอากาศ และมีระดับฝุ่นละอองต่างกันมากๆ (180 ไมโครกรัม/ลูกบาศก์เมตร) ผู้ใหญ่ที่อาศัยอยู่ในสิ่งแวดล้อมที่มีฝุ่นละอองสูง จะมีโอกาสป่วยเป็นโรคในระบบทางเดินหายใจเฉียบพลันได้สูงเป็นสองเท่าของคนที่อยู่ในสิ่งแวดล้อมที่มีฝุ่นละอองต่ำ มีการประมาณว่าในแต่ละปีอาจจะมีผู้เสียชีวิตก่อนวัยอันสมควร ประมาณ 4,000 ถึง 5,500 คน เนื่องจาก ฝุ่นละอองเป็นสาเหตุ

วิธีการที่ฝุ่นละอองเข้าสู่ร่างกายมี 3 วิธี คือ

- 1) ทางจมูก : โดยการหายใจเข้าไป ซึ่งฝุ่นละอองจะเข้าสู่ร่างกายโดยวิธีนี้มากที่สุด
- 2) ทางปาก : ได้รับโดยการที่ฝุ่นละอองในอากาศตกลงสู่อาหารแล้วมนุษย์กินเข้าไป ซึ่งโดยวิธีการนี้จะมีฝุ่นละอองติดเข้าไปไม่มากนัก
- 3) ทางผิวหนัง : ฝุ่นละอองจะปลิวมาติดอยู่ตามผิวหนัง จะดูดซับน้ำและน้ำมันออกทำให้ผิวหนังเกิดการระคายเคือง ทำให้เป็นผื่นคันได้

ผลกระทบของฝุ่นละอองที่มีผลต่อสุขภาพมนุษย์แบ่งออกได้ดังนี้

1) ผลกระทบต่อภายนอกร่างกาย

- การมองเห็น ฝุ่นขนาด 0.4-0.9 ไมครอน จะสามารถกั้นทางเดินของแสงทำให้การมองเห็นในระยะไกลไม่ชัดเจน
- ฝุ่นที่มีขนาดใหญ่ทำให้เกิดการระคายเคืองต่อระบบประสาทได้รับความรู้สึกของร่างกาย เช่น ตา จมูก คอ เป็นต้น

2) ผลกระทบเมื่อฝุ่นเข้าสู่ร่างกาย

ฝุ่นละอองที่เข้าสู่ระบบทางเดินหายใจได้จะมีขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน ฝุ่นละอองที่มีขนาดใหญ่จะติดอยู่บริเวณโพรงจมูกและทางเดินหายใจส่วนบน อาจถูกกำจัดออกมาด้วยการไอ จาม หรือกลืนเข้าไป ฝุ่นละอองที่มีขนาดเล็กกว่า อาจยังติดอยู่ในส่วนเล็กๆของปอด (ดังรูปที่ 2.6) ซึ่งฝุ่นละอองอาจถูกขับออกจากร่างกายได้โดยกลไกของร่างกายหรืออาจติดค้างอยู่ในปอดตลอดไป

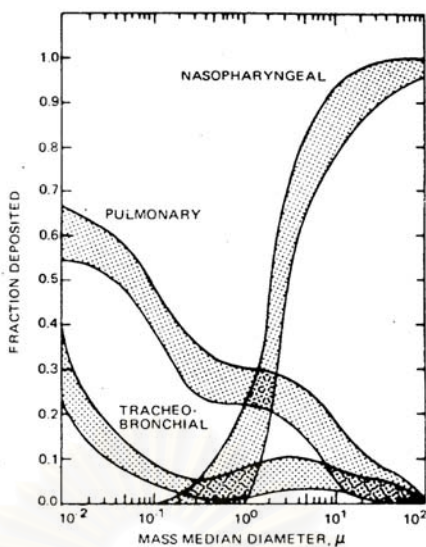
ขนาดของฝุ่นละอองมีผลต่อการฝังตัวในระบบทางเดินหายใจ ดังนี้

- ฝุ่นละอองขนาด 1-2 ไมครอน มีความน่าจะเป็นสูงสุดในการฝังติดในระบบทางเดินหายใจ สามารถติดได้ในถุงลม แต่มีฝุ่นละอองบางส่วนที่หลุดออกมาได้ ส่วนที่ขนาดใหญ่กว่า 10 ไมครอน จะไม่สามารถติดในบริเวณนี้จะมีค่าความน่าจะเป็นเท่ากับศูนย์
- ฝุ่นละอองที่มีขนาดเล็กกว่า 1-2 ไมครอน จะไม่ติดค้างอยู่ที่ถุงลมเพราะอัตราส่วนสัมพัทธ์ในการตกค้างลดลง เพราะความเร็วปลายเข้าเกินไป
- ฝุ่นละอองขนาด $\frac{1}{4}$ ถึง $\frac{1}{2}$ ไมครอน มีความน่าจะเป็นต่ำสุดของการฝังติดในระบบทางเดินหายใจ เพราะผลรวมกันของแรงโน้มถ่วงกับการแพร่กระจายมีค่าต่ำสุด
- ฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า $\frac{1}{4}$ ไมครอน มีความน่าจะเป็นในการฝังติดเพิ่มขึ้น เนื่องจากการแพร่กระจายเพิ่มขึ้น เมื่อขนาดอนุภาคของฝุ่นละอองเล็กลงต่ำสุด

ฝุ่นละอองขนาดเล็กจะติดที่ทางเดินหายใจมากเมื่อมีอัตราการหายใจต่ำๆ เมื่อฝุ่นสามารถเข้าสู่ร่างกายได้จะไปสะสมตัวอยู่บริเวณถุงลมปอด เนื่องจากฝุ่นที่มีอยู่ในอากาศถูกพาเข้าไปโดยมีความเร็วลมจากการหายใจเข้า มีการสัมผัสกับส่วนต่างๆ ของหลอดลมและถูกแรงโน้มถ่วงพัดให้ตกลงสู่ถุงลมปอด

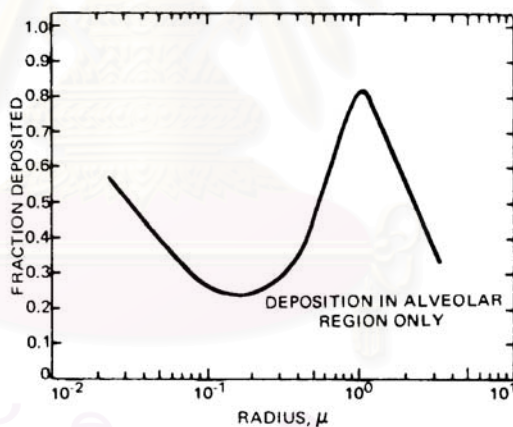
เราสามารถคำนวณขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของอนุภาคฝุ่นละอองกับสัดส่วนการฝังติดในระบบทางเดินหายใจได้ดังรูปที่ 2.7

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ที่มา Air Pollution , 1974

รูปที่ 2.6 ภาพแสดงสัดส่วนของอนุภาคฝุ่นละอองที่ฝังตัวในระบบทางเดินหายใจ 3 แห่ง ตามขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของอนุภาค



ที่มา Air pollution , 1974

รูปที่ 2.7 การคำนวณสัดส่วนของอนุภาคที่ติดอยู่ในบริเวณต่าง ๆ ของระบบหายใจ ตามขนาดของเส้นผ่าศูนย์กลางของอนุภาค

กล่าวโดยสรุปถึงอันตรายของฝุ่นละอองที่มีผลกระทบต่อบรรยากาศทั่วไป ต่อวัตถุก่อสร้าง ต่อพืชและต่อมนุษย์นั้นจะก่อให้เกิดอันตรายหรือความเสียหายเล็กน้อยเพียงใด จะขึ้นอยู่กับขนาดของอนุภาค ปริมาณที่ได้รับ ระยะเวลาที่ได้รับ และการเกิดปฏิกิริยาซึ่งแตกต่างกัน ดังตารางที่ 2.6

ตารางที่ 2.6 แสดงผลกระทบของความเข้มข้นของฝุ่นละอองต่อสิ่งแวดล้อม

ความเข้มข้น ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	สถานการณ์และเวลาที่ได้รับ	ผลกระทบ
50	ค่าเฉลี่ยรายปี	ค่ามาตรฐานของฝุ่น PM10
60-180	ตลอดปี ร่วมกับไอน้ำและ SO_2	เร่งปฏิกิริยาการกัดกร่อนของเหล็กและสังกะสี
150	สัมพันธ์กับความชื้นที่มีค่าน้อยกว่า 70%	ลดความสามารถในการมองเห็น
100-130	ร่วมกับ $\text{SO}_2 > 120 \text{ mg}/\text{m}^3$	เกิดโรคทางเดินหายใจกับเด็กๆ มากขึ้น
200	ค่าเฉลี่ย 24 ชั่วโมง และ $\text{SO}_2 > 250 \text{ mg}/\text{m}^3$	เพิ่มอัตราการเจ็บป่วยของคนงานและการหยุดงานที่เพิ่มขึ้น
300	ได้รับติดต่อกัน 24 ชั่วโมงและ $\text{SO}_2 > 630 \text{ mg}/\text{m}^3$	ผู้ป่วยโรคหอบหืดลมชักเสบเรื้อรังจะอาการแย่ลง
750	ค่าเฉลี่ย 24 ชั่วโมง และ $\text{SO}_2 > 715 \text{ mg}/\text{m}^3$	เพิ่มปริมาณการตายและความเจ็บป่วยอย่างชัดเจน

ที่มา เคมีสิ่งแวดล้อม , 2541

2.8 มาตรฐานอนุภาคฝุ่นละออง

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

ต่อมาได้มีการทำมาตรฐานคุณภาพอากาศในบรรยากาศขึ้นใหม่ในปี พ.ศ. 2538 ตามพระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมปี พ.ศ 2535 โดยกรมควบคุมมลพิษ สำนัก

นโยบายและแผนสิ่งแวดล้อม กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม ได้มีการกำหนดค่าความเข้มข้นของฝุ่นละอองในบรรยากาศ ตามตารางที่ 2.7 โดยใช้วิธีวัดแบบ Gravimetric-High Volume ได้แบ่งออกเป็น 2 ขนาด คือ

- ฝุ่นรวม (TSP) มีค่าความเข้มข้นมาตรฐานในบรรยากาศเฉลี่ย 24 ชั่วโมง ไม่เกิน 0.33 มิลลิกรัม/ลูกบาศก์เมตร และ ค่าเฉลี่ยใน 1 ปี มีค่าไม่เกิน 0.1 มิลลิกรัม/ลูกบาศก์เมตร
- ฝุ่นขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน (PM10) กำหนดให้มีความเข้มข้นในบรรยากาศ เฉลี่ย 24 ชั่วโมง ไม่เกิน 0.12 มิลลิกรัม/ลูกบาศก์เมตร และค่าเฉลี่ยในเวลา 1 ปี มีค่าไม่เกิน 0.05 มิลลิกรัม/ลูกบาศก์เมตร

ตารางที่ 2.7 มาตรฐานฝุ่นละอองในบรรยากาศของประเทศไทย ปี 2538

สารมลพิษ	ค่าเฉลี่ย 24 ชั่วโมง มก./ลบ.	ค่าเฉลี่ย 1 ปี มก./ลบ.	วิธีการตรวจวัด
ฝุ่นรวม (TSP)	0.33	0.1	Gravimetric –High Volume
ฝุ่นขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน (PM10)	0.12	0.05	Gravimetric –High Volume

ที่มา กรมอนามัย , 2540

สำหรับมาตรฐานของฝุ่นละอองในบรรยากาศของในแต่ละประเทศได้มีการกำหนดค่าความเข้มข้นของฝุ่นละอองในบรรยากาศ ซึ่งมีความแตกต่างกันทั้งในด้านขนาดและชนิดของฝุ่นละออง ปริมาณความเข้มข้น ระยะเวลาที่เก็บตัวอย่าง ตลอดจนทั้งวิธีการเก็บตัวอย่าง ดังตารางที่ 2.8

ตารางที่ 2.8 ค่ามาตรฐานของฝุ่นละอองในบรรยากาศขององค์การอนามัยโลก และประเทศต่าง ๆ

Standard	Measurement Method	Time-Weighted average ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)			Guidelines and standards with other averaging time ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
		8 hours	24 hours	1 year	
WHO	TSP		120		-
	TSP		150-230	60-90	-
	TP		70		-
Argentina	TSP				150 (1 month)
	TSP		240	80	-
	TSP		150	60	-
Sao Paulo	PM10		150	50	-
	TSP		375		-
	TSP		625		-
China	TSP		875		-
	TSP		150		-
	TSP	420	300		-
India	TSP	680	500		-
	TSP	100	70		-
	TSP	200	140		-
Indonesia	TSP	500	360		-
	TSP		260		-
	PM10		100		200 (1 hour)
Korea	TSP		300	150	-
Mexico	TSP		275		-
Philippines	TSP		180		250 (1hour)
Russia	TSP		150		-
Thailand	TSP		330	100	-
	PM10		120	50	-
USA	PM10		150	50	-
	PM2.5		50	30	-

ที่มา กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข , 2540

2.9 สถานการณ์ฝุ่นละอองในกรุงเทพมหานคร

จากผลการตรวจวัดคุณภาพอากาศในกรุงเทพมหานคร ในปี พ.ศ. 2540 - 2541 โดยกองจัดการคุณภาพอากาศและเสียง กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม พบว่าปัญหาฝุ่นละอองในปี พ.ศ. 2541 ได้ลดน้อยลงกว่า ปี พ.ศ. 2540 ซึ่งส่วนหนึ่งมาจากปัญหาทางด้านเศรษฐกิจถดถอยของประเทศที่ส่งผลทำให้กิจกรรมด้านอุตสาหกรรม การก่อสร้างต่าง ๆ ลดน้อยลง จำนวนยานพาหนะในท้องถนนลดลง ซึ่งจากสถิติของกรมการขนส่งทางบกพบว่า รถใหม่ที่จดทะเบียนในปี พ.ศ. 2541 ลดลงกว่าปีที่ผ่านมาร้อยละ 57 แต่อย่างไรก็ตามปัญหาฝุ่นละออง ยังคงเป็นปัญหามลพิษหลัก เมื่อเทียบผลการตรวจวัดที่ได้กับมาตรฐาน

การตรวจวัดปริมาณความเข้มข้นของฝุ่นละอองในกรุงเทพมหานคร จะแบ่งออกเป็น การตรวจวัดบริเวณพื้นที่ทั่วไป (Ambient site) ซึ่งเป็นเขตที่อยู่อาศัยของชุมชนและห่างจากถนนหลักไม่น้อยกว่า 50 เมตร และ บริเวณริมถนน (Road site) อยู่ห่างจากถนนรถไม่เกิน 10 เมตร ซึ่งจะตรวจวัดความเข้มข้นของฝุ่นละออง 2 ประเภทคือ ฝุ่นรวม (TSP) และ ฝุ่นขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน (PM10)

2.9.1. สถานการณ์ฝุ่นละอองในปี 2540

1) บริเวณพื้นที่ทั่วไป (ตารางที่ 2.9)

- ฝุ่นรวม (TSP) ในปี พ.ศ.2540 ฝุ่นรวมในบริเวณพื้นที่ทั่วไปมีปริมาณลดลงจากปี พ.ศ. 2539 โดยผลการตรวจวัดอยู่ในช่วง 0.10-0.51 มิลลิกรัม/ลูกบาศก์เมตร และจำนวนครั้งของการตรวจวัดที่เกินมาตรฐานร้อยละ 2 โดยพบปริมาณสูงสุดบริเวณโรงเรียนสิงหราชพิทยาคม ซึ่งสูงเป็น 1.5 เท่าของมาตรฐาน

- ฝุ่นขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน ปี พ.ศ. 2540 การตรวจวัดอยู่ในช่วง 17-305 ไมโครกรัม/ลูกบาศก์เมตร และมีจำนวนครั้งของการตรวจวัดที่เกินมาตรฐานร้อยละ 13 และพบปริมาณสูงสุดที่บริเวณโรงเรียนสิงหราชพิทยาคม

2) บริเวณริมถนน

ทำการตรวจวัดจากสถานีตรวจวัดในระบบเครือข่ายติดตามตรวจสอบคุณภาพอากาศ สถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศและเสียงบริเวณริมถนน และ จุดตรวจวัดคุณภาพอากาศแบบชั่วคราวบริเวณริมถนน ได้ผลดังนี้ (ตารางที่ 2.10 และ 2.11)

- สถานีตรวจวัดในระบบเครือข่ายติดตามตรวจสอบคุณภาพอากาศ

ในปี พ.ศ. 2540 ฝุ่นขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอนเฉลี่ย 24 ชั่วโมง อยู่ใน ช่วง 42-387 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร และมีจำนวนครั้งของการตรวจวัดที่เกินมาตรฐานร้อยละ 38 โดยบริเวณดินแดงมีปริมาณสูงสุด

- สถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศและเสียงบริเวณริมถนน

ในปี พ.ศ. 2540 ฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน ตรวจวัดได้อยู่ใน ช่วง 10-170 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร และมีจำนวนครั้งของการตรวจวัดที่เกินมาตรฐานร้อยละ 1.3 โดยพบปริมาณสูงสุดที่ริมถนนพระราม 4 บริเวณโรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์

ตารางที่ 2.9 ปริมาณฝุ่นละอองบริเวณพื้นที่ทั่วไปในกรุงเทพมหานคร ปี พ.ศ.2540

สถานี	ค่าสถิติ	TSP เฉลี่ย 24 ชั่วโมง (มก/ลบ.ม)	PM10 เฉลี่ย 24 ชั่วโมง (มคก/ลบ.ม)
มหาวิทยาลัยรามคำแหง	ค่าเฉลี่ย	0.11	71.2
เขตบางกะปิ	ช่วงค่าที่วัดได้	0.3-0.23	19-263
	ครั้ง > ค่ามาตรฐาน	0/40	25/335
สำนักงานการเคหะชุมชนคลองจั่น	ค่าเฉลี่ย	0.09	62.4
เขตบางกะปิ	ช่วงค่าที่วัดได้	0.2-0.25	17-190
	ครั้ง > ค่ามาตรฐาน	0/48	6/359
สนามกีฬาการเคหะชุมชนห้วยขวาง	ค่าเฉลี่ย	0.19	97.7
เขตห้วยขวาง	ช่วงค่าที่วัดได้	0.10-0.40	44-250
	ครั้ง > ค่ามาตรฐาน	3/37	80/364
โรงเรียนนนทรีวิทยา	ค่าเฉลี่ย	0.14	82.6
เขตยานนาวา	ช่วงค่าที่วัดได้	0.6-0.41	33-287
	ครั้ง > ค่ามาตรฐาน	1/38.0	46/363
โรงเรียนสิงหราชพิทยาคม	ค่าเฉลี่ย	0.16	89.3
เขตบางขุนเทียน	ช่วงค่าที่วัดได้	0.5-0.51	31-305
	ครั้ง > ค่ามาตรฐาน	2/31	78/362

ที่มา กรมควบคุมมลพิษ , 2542

- จุดตรวจวัดคุณภาพอากาศแบบชั่วคราวบริเวณริมถนน

ฝุ่นรวม (TSP) ฝุ่นรวมเฉลี่ย 24 ชั่วโมง ปี พ.ศ. 2540 ตรวจวัดได้อยู่ในช่วง 0.07-1.47 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร โดยพบสูงสุดบริเวณสี่แยกถนนตกริมถนนตากสิน ซึ่งสูงเป็น 4.5 เท่าของมาตรฐาน

ฝุ่นขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน (PM10) จากผลการตรวจปริมาณฝุ่นขนาดเล็กจากสถานีชั่วคราว พบว่าเกือบทุกแห่งมีปริมาณเกินมาตรฐาน โดยตรวจวัดอยู่ในช่วง 42-547 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร พบปริมาณสูงสุดบริเวณสี่แยกถนนตกริมถนนตากสิน ซึ่งสูงเป็น 4.6 เท่าของมาตรฐาน

ตารางที่ 2.10 ปริมาณฝุ่นละอองบริเวณริมถนนในกรุงเทพมหานครจากสถานีเครือข่ายติดตามตรวจสอบคุณภาพอากาศ ปี พ.ศ.2540

สถานี	ค่าสถิติ	PM10 เฉลี่ย 24 ชั่วโมง (มคก/ลบ)
1.สถานีการไฟฟ้าอยุธยาธนบุรี ถ. อินทรพิทักษ์	ค่าเฉลี่ย	96
	ช่วงค่าที่วัดได้	42-316
	ครั้ง/ค่ามาตรฐาน	74/344
2. ที่พักตำรวจจราจรโชคชัย 4 ถ. ลาดพร้าว	ค่าเฉลี่ย	118
	ช่วงค่าที่วัดได้	47-327
	ครั้ง/ค่ามาตรฐาน	129/332
3.เคหะชุมชนดินแดง ถ. ดินแดง	ค่าเฉลี่ย	139
	ช่วงค่าที่วัดได้	75-387
	ครั้ง/ค่ามาตรฐาน	182/340

ที่มา กรมควบคุมมลพิษ , 2542

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 2.11 ปริมาณฝุ่นละอองบริเวณริมถนนในกรุงเทพมหานคร จากสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศและเสียง ปี พ.ศ. 2540

สถานี	ค่าสถิติ	PM10 เฉลี่ย 24 ชั่วโมง (มคก/ลบ.ม)
1.โรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์ ถ.พระราม 4	ค่าเฉลี่ย	42
	ช่วงค่าที่วัดได้	10-170
	ครั้ง >ค่ามาตรฐาน	3/165
2.กระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและ สิ่งแวดล้อม ถ. พระราม 6	ค่าเฉลี่ย	63
	ช่วงค่าที่วัดได้	15-134
	ครั้ง >ค่ามาตรฐาน	41/186
3.กรมการขนส่งทางบก ถ. พหลโยธิน	ค่าเฉลี่ย	69
	ช่วงค่าที่วัดได้	14-155
	ครั้ง >ค่ามาตรฐาน	4/223
4.วงเวียนโอเดียน ถ. เยาวราช	ค่าเฉลี่ย	45
	ช่วงค่าที่วัดได้	10-107
	ครั้ง >ค่ามาตรฐาน	0/276

ที่มา กรมควบคุมมลพิษ , 2542

2.9.2. สถานการณ์ฝุ่นละอองปี 2541

1) บริเวณพื้นที่ทั่วไป (ตารางที่ 2.12)

ฝุ่น PM10 เฉลี่ย 24 ชั่วโมง ในปี พ.ศ 2541 มีค่าเท่ากับ 66.4

ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร และมีค่าสูงสุด 225 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ที่บริเวณโรงเรียนสิงหราชพิทยาคม ซึ่งสูงเป็น 1.9 เท่าของมาตรฐาน คิดเป็นร้อยละ 6 ซึ่งน้อยกว่าปี พ.ศ. 2540 คือ ร้อยละ 13

สำหรับฝุ่นรวม (TSP) มีค่าเฉลี่ย 24 ชั่วโมง ในปี พ.ศ. 2541 เท่ากับ 0.1 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร และสูงสุดเท่ากับมาตรฐานคือ 0.33 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ซึ่งมีค่าลดลงจากปี 2540

ตารางที่ 2.12 ปริมาณฝุ่นละอองในบรรยากาศบริเวณพื้นที่ทั่วไปในกรุงเทพมหานคร พ.ศ. 2541

สารมลพิษ	ค่าสูงสุด	เปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 95	ค่าเฉลี่ย	ค่าต่ำสุด	ร้อยละของการตรวจวัด ที่เกินมาตรฐาน
ฝุ่นขนาดเล็ก ค่าเฉลี่ย 24 ชั่วโมง (มคก/ลบ.ม)	225	126	66.4	23	6.38(108/1692)
ฝุ่นรวม ค่าเฉลี่ย 24 ชั่วโมง (มก/ลบ.ม)	0.33	0.19	0.1	0.02	0(0/760)

ที่มา กรมควบคุมมลพิษ , 2543

2) บริเวณริมถนน (ตารางที่ 2.13)

ฝุ่นละอองบริเวณพื้นที่ริมถนนยังเป็นปัญหาหลักและรุนแรงกว่าบริเวณพื้นที่ทั่วไป เนื่องจากอยู่ใกล้แหล่งกำเนิดมลพิษ เช่น ยานพาหนะ สถานที่ก่อสร้าง

ตารางที่ 2.13 ปริมาณฝุ่นละอองในบรรยากาศบริเวณริมถนนในกรุงเทพมหานคร ปี พ.ศ. 2541

สารมลพิษ	ค่าสูงสุด	เปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 95	ค่าเฉลี่ย	ค่าต่ำสุด	ร้อยละของการตรวจวัด ที่เกินมาตรฐาน
ฝุ่นขนาดเล็ก ค่าเฉลี่ย 24 ชั่วโมง (มคก/ลบ.ม)	251	150	81.6	9	12 (156/1304)
ฝุ่นรวม ค่าเฉลี่ย 24 ชั่วโมง (มก/ลบ.ม)	2.71	0.64	0.29	0.06	28 (211/751)

ที่มา กรมควบคุมมลพิษ , 2543

- ผลจากการตรวจวัดจากสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศแบบต่อเนื่อง พบว่าฝุ่นขนาดเล็กเฉลี่ย 24 ชั่วโมงมีค่าสูงสุดเป็น 251 ไมโครกรัม/ลูกบาศก์เมตร ที่บริเวณสถานีไฟฟ้าออยธนบุรี ริมถนนอินทรพิทักษ์ เป็น 2.1 เท่า ของมาตรฐาน โดยภาพรวมฝุ่นขนาดเล็กเฉลี่ย 24 ชั่วโมงสูงสุดในปี พ.ศ.2541 มีปริมาณลดลงกว่าปี พ.ศ.2540 (387 มคก./ลบ.ม) รวมถึงจำนวนครั้งที่เกินมาตรฐานก็ลดน้อยลง จาก ร้อยละ 21 ในปี 2540 เป็น ร้อยละ 12 ในปี พ.ศ.2541

- จากจุดตรวจวัดแบบชั่วคราว ฝุ่นขนาดเล็กเฉลี่ย 24 ชั่วโมง มีค่าสูงสุดถึง

1191 ไมโครกรัม/ลูกบาศก์เมตร ที่บริเวณริมถนนตากสิน บริเวณสี่แยกถนนตก เป็น 10 เท่าโดยประมาณของมาตรฐาน ซึ่งมีสาเหตุมาจากการก่อสร้างสะพานข้ามแม่น้ำเจ้าพระยา รวมถึงสภาพการจราจรที่ติดขัดในบริเวณดังกล่าว

สำหรับปริมาณฝุ่นรวมเฉลี่ย 24 ชั่วโมง พบสูงสุด 271 มิลลิกรัม/ลูกบาศก์เมตร ที่บริเวณริมถนนตากสินเช่นเดียวกัน โดยสูงเป็น 8.2 เท่าของมาตรฐาน และสูงเพิ่มกว่าปี พ.ศ.2540 แต่อย่างไรก็ตามโดยรวมแล้วในปี พ.ศ.2541 พบจำนวนครั้งที่เกินมาตรฐานลดลงกว่า ปี พ.ศ.2540 คือเป็นร้อยละ 28 ซึ่งในปี พ.ศ.2540 พบเป็นร้อยละ 43

2.10 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

อุทัย (2535) ทำการวิเคราะห์ธาตุในฝุ่นละอองชนิด TSP จากอากาศโดยใช้เทคนิคการเรืองรังสีเอกซ์ ทำการวิเคราะห์ธาตุที่มีปริมาณน้อย ได้แก่ ตะกั่ว แมงกานีส โบรมีน นิกเกิล สังกะสี เหล็ก ทินเทนเนียม โครเมียม ทองแดง และกำมะถัน โดยใช้ระบบ WDX จากนั้นเปรียบเทียบผลวิเคราะห์ที่ได้กับวิธีอินดักทีฟลิคัปปิลาสมอิมมิซชันสเปคโตรเมตรี และอะตอมมิกแอบซอร์บชันสเปคโตรโฟโตเมตรี พบว่าค่าที่ได้อยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับ ส่วนธาตุหลักที่อยู่ในฝุ่นวิเคราะห์ด้วยระบบ EDX การแก้ไขผลรบกวนเนื่องจากแมทริกซ์ทำได้โดยใช้อัตราส่วนของพีคต่อค่าแบคกราวนด์ และยั่งศึกษาขนาด รูปร่างของฝุ่นดิน และฝุ่นในอากาศ

อุมา (2540) ศึกษาผลของฝุ่นละอองที่มีต่ออัตราการซึมผ่านของสารรังสีไอโซโทป TC-99M DTPA ของปอดตำรวจจราจรในกรุงเทพมหานคร โดยเก็บฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน โดยใช้ เครื่องเก็บอากาศแบบพกติดตัว (Personal Sampler) ใช้กระดาษกรองชนิด Glass Fiber Filter ขนาด 37 mm ติดกับตำรวจจราจรในกรุงเทพมหานคร พบว่าปริมาณฝุ่นเฉลี่ยสูงสุดคือ บริเวณอนุสาวรีย์ชัยสมรภูมิมีค่าเท่ากับ 0.42 ± 0.29 และ 0.40 ± 0.11 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร และพบว่าปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน มีความสัมพันธ์กับค่าอัตราการซึมผ่านของสารเภสัชรังสีในปอด

บริษัทเรเดียนอินเตอร์เนชั่นแนลจำกัด (2540) ศึกษาปริมาณ องค์ประกอบธาตุ ไอออนิกคาร์บอน สารอินทรีย์ และ PAHs ของฝุ่นละอองบริเวณริมถนน และพื้นที่ทั่วไปในกรุงเทพมหานคร จากนั้นทำการหาชนิดของแหล่งกำเนิด โดยใช้ Chemical Mass Balance Receptor Modeling และทำการประเมินค่าทางเศรษฐศาสตร์ และผลกระทบต่อสุขภาพ พบว่าฝุ่น PM10 มีที่มาจาก 5

แหล่งสำคัญ คือ ฝุ่นปลิวจากถนน ฝุ่นจากรถยนต์ ฝุ่นจากการก่อสร้าง ฝุ่นจากหม้อไอน้ำและฝุ่นจากโรงไฟฟ้า ฝุ่นปลิวจากถนนเกิดจากรถยนต์ ประมาณ 20,378 ตัน/ปี ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 33.2 ของฝุ่นจากทุกแหล่ง ฝุ่นจากหม้อไอน้ำ ประมาณ 18,115 ตัน/ปี (29.5%) ฝุ่นจากยานยนต์ที่เกิดจากการเผาไหม้ของเครื่องยนต์ ประมาณ 14,043 ตัน/ปี (22.8%) ฝุ่นจากโรงไฟฟ้า ประมาณ 7,191 ตัน/ปี (11.7%) และการก่อสร้าง ประมาณ 1,752 ตัน/ปี (2.9%)

วีระอนงค์ (2541) ศึกษาผลกระทบต่อภาวะสุขภาพของระบบทางเดินหายใจของฝุ่น PM10 และฝุ่นซิลิกาในจังหวัดสระบุรี โดยใช้แบบสอบถาม ATS-DLD-78A ทำการตรวจสอบรรถภาพปอดโดยการถ่ายภาพรังสีทรวงอกในกลุ่มตัวอย่าง 150 คน และกลุ่มควบคุม 85 คน พร้อมทั้งเก็บตัวอย่างฝุ่นละอองชนิด PM10 จากเครื่องเก็บตัวอย่างเฉพาะบุคคล (Personal Air Sampler) พบว่าค่าเฉลี่ยปริมาณฝุ่นรวม PM10 เท่ากับ $0.300 \pm 0.375 \text{ mg/m}^3$ ค่าเฉลี่ยร้อยละของซิลิกาเท่ากับ $32.691 \pm 13.656 \text{ mg/m}^3$ และพบว่าความเข้มข้นของปริมาณฝุ่น PM10 และฝุ่นซิลิกากับการตรวจสมรรถภาพปอดและผลการถ่ายภาพรังสีทรวงอก มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

อรุบล (2541) ศึกษาปริมาณฝุ่นที่มีผลกระทบต่อทางเดินหายใจ ซึ่งเป็นฝุ่นชนิด PM10 และฝุ่นรวม ทำการศึกษา 4 สถานีในเขตกรุงเทพมหานคร โดยศึกษาในช่วงลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ และลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ ใช้เครื่องมือ Hi-Volume air sampler ในการเก็บตัวอย่างและศึกษาปริมาณ ตะกั่ว สังกะสี และทองแดง โดย atomic absorption spectrophotometer (AAS) พบว่าในพื้นที่บริเวณที่มีการจราจร คือ ถนนวิภาวดีมีฝุ่นละอองมาก และสัดส่วนของฝุ่นชนิด PM10 ในฝุ่นชนิด TSP มีแนวโน้มมากกว่า 50% ในทั้ง 2 ช่วงลมมรสุม

ดวงฤทัย (2542) ศึกษาผลของฝุ่นขนาดเล็กที่เข้าสู่ทางเดินหายใจที่มีต่อสมรรถภาพปอดของตำรวจจราจรในเขตกรุงเทพมหานคร ทำการตรวจวัดปริมาณฝุ่น PM10 เฉลี่ย 24 ชั่วโมง โดยเครื่องตรวจวัดเฉพาะบุคคล มีค่าเท่ากับ $124.8 \text{ } \mu\text{g/m}^3$ และตรวจวัดสมรรถภาพปอดของตำรวจจราจรจากเครื่อง Spirometer และพบว่าปัญหาของระบบทางเดินหายใจมีความสัมพันธ์กับค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของปริมาณฝุ่น PM10 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

หทัยรัตน์ (2542) ศึกษามลพิษทางอากาศโดยสารประกอบโพลีไซคลิก อะโรมาติก ไฮโดรคาร์บอน (PAHs) ในกรุงเทพมหานคร ในส่วนที่ศึกษาองค์ประกอบธาตุโดยใช้ Neutron Activation Analysis พบธาตุ 28 ชนิด แคลเซียม อะลูมิเนียม คลอรีน โปแตสเซียม โซเดียม เหล็ก

และ สังกะสี ถูกพบว่ามีเปอร์เซ็นต์สูงกว่าธาตุชนิดอื่นๆ และการศึกษาธาตุคาร์บอนโดย Differential thermal analysis ได้สารอินทรีย์คาร์บอน 8.05 % และ อิลิเมนคาร์บอน 11.15%

Leyda และ Eugenio (1981) ศึกษาคู่ประกอบของธาตุในปริมาณอนุภาคแขวนลอยทั้งหมดในอากาศในย่านธุรกิจของเมือง คาราคัส ที่ประเทศเวเนซุเอลา เก็บตัวอย่างโดยใช้ Low-Vol Sampler ใช้กระดาษกรองแบบ Millipore-Cellulose Filter ทำการวิเคราะห์โดยใช้ Neutron activation (NA) ทำการเก็บตัวอย่างเป็นเวลา 1 ปี พบธาตุที่เป็นองค์ประกอบ 11 ชนิด เรียงตามลำดับตามปริมาณดังนี้ Cl , Fe , Pb , Na , Al , Zn , Br , Ni , Cu , V , Cr

Mamane (1985) ศึกษา Characterization ของฝุ่นละอองที่มีขนาดใหญ่กว่า 5 ไมครอน ในเขตชนบทด้านทิศตะวันออกของสหรัฐอเมริกา เก็บตัวอย่างโดยใช้ High Volume และใช้ Scanning electron microscopy เพื่อศึกษาลักษณะทางสัณฐาน (Morphology) และองค์ประกอบของธาตุ ในฝุ่นละอองที่มีขนาดใหญ่กว่า 5 ไมครอนส่วนใหญ่จะมีแหล่งกำเนิดมาจากธรรมชาติ , แร่ธาตุ , และชีวภาพ ส่วนแหล่งกำเนิดที่มาจากมนุษย์จะมาจากโรงไฟฟ้าถ่านหินขนาด 5-10 ไมครอน อนุภาคของฝุ่นละอองโดยรวมจะมีธาตุ Al , Si และ Ca เป็นองค์ประกอบ

Mamane (1986) ศึกษา Characterization ในแต่ละส่วนของ Fly Ash ที่ปล่อยออกมาจากโรงไฟฟ้าที่ใช้ถ่านหิน และน้ำมันเป็นเชื้อเพลิง โดยใช้ Scanning Electron Microscopy ศึกษาขนาด สัณฐาน และองค์ประกอบ เก็บตัวอย่างโดยใช้ เครื่องมือชนิด Dichotomous ทั้งอนุภาคที่มีขนาด น้อยกว่า 2.5 และ 2.5 – 10 ไมครอน ฝุ่นละอองที่เป็นอนุภาคของถ่านหิน (Coal fly ash) จะมีลักษณะเรียบ ส่วนมากมีขนาด 0.7-3 ไมครอน จะพบว่ามีกำมะถัน และเหล็ก ส่วน Oil fly ash จะพบว่ามี Al และ Si เป็นองค์ประกอบ มีรูปร่างไม่แน่นอนและเป็นอนุภาคขนาดเล็ก (น้อยกว่า 0.7 ไมครอน)

Joese (1990) วิเคราะห์หาธาตุปริมาณน้อย (Trace Element) ในฝุ่นละอองที่เมืองที่ ชาวันนา ในประเทศเวเนซุเอลา ช่วงฤดูหนาวและฤดูฝน ในสภาวะที่มีการเผาไม้ และไม่มีการเผาไม้ เก็บตัวอย่างโดยใช้ Hivol- cascade impactor ใช้กระดาษกรองชนิดเซลลูโลส (Watman 41) เก็บตัวอย่างในบริเวณที่ห่างไกลจากแหล่งอุตสาหกรรมและตัวเมือง ทำการวิเคราะห์ทางเคมีโดยใช้ Atomic Absorption Spectroscopy ในช่วงที่มีการเผาไม้นั้น จะพบ Ca และ Mg ในอนุภาคที่ไม่ละลาย และจะมี Al , Fe และ Mn จะมีในฝุ่นที่มีขนาดเล็ก ในช่วงที่ไม่มีการเผาไม้จะพบว่าจะมีดินอยู่ในฝุ่นละออง และสามารถสรุปได้ว่าที่เมือง ชาวันนา ได้รับผลกระทบเพียงเล็กน้อยจากอุตสาหกรรมและการจราจร

Phillippe และ Willy (1990) หาดองค์ประกอบทางเคมี และธาตุในฝุ่นละออง ที่เมือง Damascus ที่ประเทศซีเรีย โดยวิเคราะห์ทางด้านเคมี สัณฐาน(morphology) ปริมาณและขนาด เพื่อหาแหล่งกำเนิดของฝุ่นละออง ทำการเก็บตัวอย่างในบริเวณหุบเขาที่มีลักษณะเป็นทะเลทราย ซึ่งติดกับแหล่งอุตสาหกรรมและการเกษตร ใช้แผ่นกรองเก็บอากาศชนิด Nucleopore วิเคราะห์ทางเคมีโดยใช้เครื่องมือ Atomic absorption spectrometer (AAS) และใช้ Scanning electron microscope (SEM) มาวิเคราะห์ทางด้านสัณฐาน พบว่าฝุ่นละอองส่วนใหญ่ (มากกว่า90%) มีแหล่งกำเนิดมาจากฝุ่นดินจากธรรมชาติซึ่งมีลักษณะคล้ายหินปูนจากทะเลทราย

PaoLetti และ Diociauti (1991) วิเคราะห์ปริมาณฝุ่นที่มีผลต่อระบบทางเดินหายใจ โดยเก็บตัวอย่างฝุ่นละอองที่กรุงโรม ประเทศอิตาลี ซึ่งส่วนใหญ่เป็นฝุ่นละอองที่มาจากยานพาหนะบรรทุกหนัก ซึ่งไม่ได้มาจากแหล่งกำเนิดที่เป็นอุตสาหกรรมและโรงไฟฟ้า เป็นเวลา 6 เดือน แล้วนำมาวิเคราะห์เชิงปริมาณโดยเครื่อง Scanning Electron Microscopy (SEM) ทำการวิเคราะห์ปริมาณฝุ่นละออง TSP และความเข้มข้นของตะกั่ว โดยการใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ซึ่งเป็นโปรแกรมภายในเครื่อง SEM พบว่ามีปริมาณซิลิกา 49.7% รองลงมาเป็น โลหะหนัก โลหะเบา และตะกั่วซึ่งมีปริมาณ 4.4%

Ronald และ Hamilton (1991) ศึกษาฝุ่นละอองที่มีผลต่อระบบทางเดินหายใจชนิด Elemental Carbon ซึ่งมาจากแหล่งกำเนิดที่ทำให้เกิดการฟุ้งกระจายของควันดำและฝุ่นดิน ในบริเวณยุโรปตะวันออก พบว่าเครื่องยนต์ชนิดดีเซลเป็นแหล่งกำเนิดใหญ่ที่ปล่อย Elemental Carbon ออกสู่บรรยากาศ ซึ่งแพร่กระจายออกมา 70-90% ทำให้เกิดเป็นควันดำและเกิดเป็นฝุ่นละอองติดตามสิ่งก่อสร้างต่าง ๆ

Davis และ McDougall (1993) ศึกษาการที่อนุภาคฝุ่นละอองเข้าร่วมกับเถ้าบินสีขาว ทำการเก็บตัวอย่างอนุภาคฝุ่นละอองชนิด PM10 ในรัฐแคลิฟอร์เนียร์ โดยเก็บตัวอย่างจาก dichotomous PM10 Sampler, Low-Volume TSP Samplers และ High-Volume PM10 Samplers ทำการวิเคราะห์ธาตุโดยเครื่อง Energy dispersive X-ray fluorescence (EDXRF) และดูลักษณะทางสัณฐานจาก SEM พบว่าการเข้าร่วมของเถ้าบินสีขาวอาจทำให้เกิดการเพิ่มปริมาณฝุ่น PM10 มากขึ้น

Alan (1995) ทำการศึกษาฝุ่น PM10 ที่เมือง บัลเฮด ในรัฐอะริโซนาโดยใช้ Medium-Volume Sampler ทำการเก็บตัวอย่างเป็นเวลา 1 ปี และอาศัยข้อมูลทางด้านอุตุนิยมวิทยา มาช่วยในการศึกษาหา source apportionment และทำการวิเคราะห์หามวล ,โลหะ, ไอออนและ

คาร์บอนที่อยู่ในฝุ่นละอองโดยใช้ Chemical Mass Balance (CMB) ได้ผลดังนี้ Geological dust 79.5% , primary motor Vehicle source 16.7%, Secondary ammonium sulfate 3.5% ,Secondary ammonium nitrate 0.1% และ primary coal-fired power plant emission 0.1%

Michael Wassouf and Iora Basu (1995) ทำการวิเคราะห์อนุภาคแขวนลอยในอากาศ (Total Suspended Particles , TSP) และ คาร์บอนอินทรีย์รวม (Total Organic Carbon (TOC) ในอากาศที่รัฐมิชิแกน และนิวยอร์ก ประเทศสหรัฐอเมริกา ใช้กระดาษกรองชนิด Quartz microfibre เก็บด้วยอัตรา 68 m³/hr เป็นเวลา 24 ชั่วโมง หาความเข้มข้นของอนุภาค TSP โดยการชั่งน้ำหนัก และหาปริมาณสารอินทรีย์รวมโดยเครื่องมือ Leco Total Carbon Analyzer ซึ่งใช้หลักการเผา แล้วหาน้ำหนักของสารอินทรีย์ส่วนที่หายไป

Robert (1996) ศึกษา ความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาด PM₁₀ และ PM_{2.5} ที่เมืองฟิลาเดเฟีย ทำการเก็บตัวอย่าง 8 สถานี เป็นเวลา 1 ปี PM₁₀ เก็บด้วย Impactors ซึ่งทำมาจาก Teflon filter ทำการหาปริมาณความเข้มข้นโดยใช้ pre-post sampling filter weight ส่วน Coarse particle หาโดยใช้ความแตกต่างของน้ำหนัก filter ระหว่าง PM₁₀ และ PM_{2.5}

Hueglin (1997) ทำการศึกษา Characterization ของอนุภาคที่เกิดจากการเผาไม้ รวมทั้งคุณลักษณะทางด้านสัณฐาน (Morphology), Mobility and photoelectric Activity ทำการเก็บตัวอย่างจากปล่องควัน พบว่าฝุ่นที่เกิดจากการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์จะมีลักษณะรูปทรงเป็นฟลั๊ก ส่วนฝุ่นที่เป็นซีเถ้าปลิวจะมีลักษณะเป็นทรงกลมมีขนาดใหญ่กว่า และพบว่ามีส่วนประกอบของ CO , THC , CO₂ , H₂O , NO

Veli-Matti (1997) ศึกษา Characterization ของฝุ่นละอองที่เกิดจากรถยนต์ชนิดเครื่องยนต์ดีเซล ทำการศึกษเป็นเวลา 3 เดือน โดยใช้รถยนต์ Volkswagen Passat GIL turbo-diesel เก็บตัวอย่างโดยใช้ low – pressure impactor ทำการวิเคราะห์หาคาร์บอน , Inorganic Ions และ Element Traces พบว่าประกอบด้วย NH₄⁺ , Na⁺ , Mg²⁺ , Cl⁻ , NO₃⁻ และ SO₄²⁻ มีปริมาณคาร์บอน 15-20 %

Linda และ Hooper (1997) ทำการศึกษปริมาณ ขนาด สารอินทรีย์ ลักษณะทางสัณฐานของฝุ่นละอองและองค์ประกอบของธาตุ ที่กรุงจากรัตนา ประเทศอินโดนีเซีย เก็บตัวอย่างโดยใช้ High volume – cascade impactor และ Personal air sampler การศึกษาทางด้านสัณฐาน ใช้กระดาษกรองชนิด Polycarbonate พบว่ามีตะกั่ว (Pb) อยู่ในฝุ่นละอองในปริมาณ

ความเข้มข้นสูง ฝุ่นละอองชนิดนี้จะมีขนาดเล็กกว่า 1 ไมครอน มีรูปร่างไม่แน่นอน แต่บางชนิดจะมีลักษณะเป็นทรงกลม ซึ่งมาจากการเผาไหม้ที่สมบูรณ์ แต่ฝุ่นละอองส่วนใหญ่ที่พบจะมีรูปร่างไม่แน่นอน มีคาร์บอนเป็นองค์ประกอบ ซึ่งมาจากการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์จากเครื่องยนต์ดีเซล



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 การเลือกจุดเก็บตัวอย่าง

เก็บตัวอย่างฝุ่นละอองชนิด PM10 และ TSP จากจุดเก็บตัวอย่าง 6 สถานี คือ โรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์ วังเวียน 22 กรกฏา กรมขนส่งทางบก แจ็งวัฒนะ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย มหาวิทยาลัยกรุงเทพ ศูนย์รังสิต ดังแผนที่ในรูปที่ 3.1

ลักษณะที่ตั้งของบริเวณสถานีเก็บตัวอย่างเป็นดังนี้ คือ

1. โรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์ ตั้งอยู่ในเขตปทุมวัน ทำการเก็บตัวอย่างฝุ่น PM10 และ TSP ในบริเวณแยกศาลาแดง ซึ่งเป็นทางแยกระหว่างถนนราชดำริ กับถนนพระรามที่ 4 จุดเก็บตัวอย่างอยู่ห่างจากถนนหลัก 3 เมตร ซึ่งจัดเป็นบริเวณริมถนน (Road Site) บริเวณตรงข้ามกับสถานีเป็นสวนสาธารณะ คือ สวนลุมพินี บริเวณสถานีนี้อยู่ติดกับถนนหลักที่มีการจราจรคับคั่ง มีสะพานลอยข้ามแยกพระราม 4 และใกล้แหล่งธุรกิจ มีห้างสรรพสินค้า ที่อยู่อาศัย บริเวณถนนราชดำริมีรถไฟฟ้าบีทีเอส นอกจากนี้บริเวณแยกศาลาแดงยังมีการก่อสร้างรถไฟฟ้ามหานคร สายเฉลิมรัชมงคล ซึ่งเป็นรถไฟฟ้าใต้ดินอีกด้วย (รูปที่ 3.2A)

2. วังเวียน 22 กรกฏา อยู่ในเขตป้อมปราบ เป็นวงเวียนที่อยู่ระหว่างถนน 3 สาย คือถนนมิตรพันธ์ ถนนสันติภาพ และถนนไมตรีจิต สถานีเก็บตัวอย่างตั้งอยู่ในบริเวณวงเวียน อยู่ห่างจากถนน 2.5 เมตร เป็นพื้นที่บริเวณริมถนน บริเวณนี้ส่วนใหญ่เป็นแหล่งที่อยู่อาศัยและแหล่งการค้า เป็นที่อยู่อาศัยของชาวจีน ย่านการค้าที่อยู่ติดกับวงเวียนคือ เขาวราช มีการจราจรคับคั่ง บ้านเรือนมีลักษณะเป็นตึกแถวตลอดแนวถนน (รูปที่ 3.2B)

3.3 กรมขนส่งทางบก ตั้งอยู่ในเขตจตุจักร อยู่ติดถนนพหลโยธิน สถานีเก็บตัวอย่างอยู่บริเวณแยกกำแพงเพชร ซึ่งเป็นทางแยกระหว่างถนนกำแพงเพชรกับถนนพหลโยธิน อยู่ห่างจากถนนหลัก 3.3 เมตร จัดเป็นพื้นที่ริมถนน พื้นที่ตรงข้ามเป็นสวนจตุจักรซึ่งเป็นแหล่งการค้า บริเวณข้างหน้ากรมขนส่งทางบกมีรถไฟฟ้าและสถานีตั้งอยู่ นอกจากนี้ยังมีการก่อสร้างสถานีรถไฟฟ้าใต้ดินมหานครอยู่ในบริเวณหน้าสวน การจราจรหนาแน่น พื้นที่โดยรอบจัดเป็นแหล่งที่อยู่อาศัยและการค้า (รูปที่ 3.2C)

4. แจ้จ้งวัฒนะ ตั้งอยู่เขตแจ้จ้งวัฒนะ จังหวัดนนทบุรี ซึ่งเป็นพื้นที่ติดต่อกับกรุงเทพมหานคร จุดเก็บตัวอย่างตั้งอยู่บริเวณถนนแจ้จ้งวัฒนะ บริเวณหน้าป้อมตำรวจตรง 3 แยกเข้าเมืองทองธานี จุดเก็บตัวอย่างอยู่ห่างจากถนนหลัก 1 เมตร จัดเป็นพื้นที่ริมถนน พื้นที่ส่วนใหญ่เป็นแหล่งที่อยู่อาศัยและทำการค้า เนื่องจากเป็นเขตติดต่อกับกรุงเทพ การคมนาคมเส้นทางนี้สะดวก จึงทำให้มีปริมาณรถบนถนนมาก (รูปที่ 3.2D)

5. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ตั้งอยู่ในเขตปทุมวัน ติดกับถนนพญาไท ทำการเก็บตัวอย่างฝุ่นละอองชนิด PM10 และ TSP ที่บริเวณตึกวิทยาศาสตร์ทั่วไป คณะวิทยาศาสตร์ อยู่ห่างจากถนนพญาไท 171 เมตร จัดเป็นพื้นที่ทั่วไป (Ambient Air) ลักษณะทั่วไปของพื้นที่บริเวณนี้ส่วนใหญ่จะติดกับสถานการศึกษา คือ โรงเรียนเตรียมอุดม โรงเรียนสาธิตปทุมวัน สถาบันเทคโนโลยีราชมงคลวิทยาเขตอุเทนถวาย และย่านการค้าและพาณิชยกรรม เช่น ห้างสรรพสินค้า โรงภาพยนตร์ โรงแรม เป็นต้น (รูปที่ 3.2E)

6. มหาวิทยาลัยกรุงเทพ ศูนย์รังสิต ตั้งอยู่ในเขตคลองหลวง จังหวัดปทุมธานี ซึ่งเป็นพื้นที่ต่อจากกรุงเทพมหานคร บริเวณจุดเก็บตัวอย่างอยู่ในสวนพักผ่อนของมหาลัย อยู่ห่างจากถนนหลัก คือถนนพหลโยธิน 660 เมตร ด้านหลังของสถานีเก็บตัวอย่างมีลักษณะเป็นพื้นที่รกร้างมีต้นไม้ปกคลุม บริเวณติดกับมหาวิทยาลัยมีโรงงานอาหารสัตว์ จัดเป็นพื้นที่ที่มีฝุ่นละอองน้อย (รูปที่ 3.2F)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 3.1 แสดงบริเวณที่ทำการเก็บตัวอย่างฝุ่นละออง

1. โรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์ , 2. วงเวียน 22 กรกฎาคม , 3. กรมขนส่งทางบก ,
4. แจ้งวัฒนะ , 5. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย , 6. มหาวิทยาลัยกรุงเทพ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



(A) บริเวณโรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์



(B) บริเวณวงเวียน 22 กรกฎาคม



(C) บริเวณหน้ากรมขนส่งทางบก



(D) บริเวณหน้าเมืองทองธานี ถนนแจ้งวัฒนะ



(E) บริเวณภาควิชาวิทยาศาสตร์ทั่วไป จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



(F) บริเวณมหาวิทยาลัยกรุงเทพ ศูนย์รังสี

รูปที่ 3.2 บริเวณที่เก็บตัวอย่างฝุ่นละอองชนิด PM10 และ TSP

3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

3.2.1 อุปกรณ์ในการเก็บตัวอย่างฝุ่นละอองชนิด PM10 และ TSP (รูปที่ 3.3)

- กระดาษกรอง (Filters) ชนิด Glass Fibre Filter ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 37 มิลลิเมตร ขนาดรูพรุน (pore size) 2 ไมโครเมตร
- กระดาษกรองชนิด เทฟลอน (Teflon) ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 2 ไมโครเมตร ขนาดรูพรุน 2 ไมโครเมตร
- กระดาษกรองชนิด Glass microfibre ขนาด 8x10 นิ้ว
- ไซโคลน (Cyclone) ยี่ห้อ Sensidyne ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 10 มิลลิเมตร ชนิดไซโคลนที่ใช้คือ Nylon Cyclone (อัตราการไหล 1.7 ลิตร/นาที)
- ตลับกระดาษกรอง 3 ชั้น (Filter Cassette)
- ตู้ดูดความชื้น (Desicator) ที่บรรจุสารดูดความชื้น ความชื้น 30-40 %
- เครื่องดูดอากาศส่วนบุคคล (Personal Air Sampler) รุ่น Gilair-3 ยี่ห้อ Gilian ปรับอัตราการไหลของอากาศที่ 1.7 ลิตร/นาที ปริมาตรอากาศเท่ากับ 400-800 ลิตร
- เครื่องปรับอัตราการไหลมาตรฐานของเครื่องดูดอากาศ Gilian Bilibrator-2 Calibration system ของบริษัท Sensidyne
- เครื่องดูดอากาศปริมาตรสูง (High Volume Air Sampler) และเครื่องดูดอากาศปริมาตรอากาศสูงสำหรับ PM10 (High Volume Air Sample-PM10) Model 2001 ยี่ห้อ Ecotech ปรับอัตราการไหลที่ 67.8 ลูกบาศก์เมตร/ชั่วโมง สำหรับฝุ่นละอองชนิด PM10 และ 50 ลูกบาศก์เมตร/ชั่วโมง สำหรับฝุ่นละออง TSP
- เครื่องชั่งทศนิยม 5 ตำแหน่ง หน่วยเป็นกรัม (รุ่น TC-205 ,Denver Instrument Company)
- ที่คีบตัวอย่าง (Forceps)

3.2.2 อุปกรณ์ในการวิเคราะห์ลักษณะทางสัณฐานและองค์ประกอบธาตุ (รูปที่ 3.4)

- กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบสแกน (Scanning Electron Microscopy , SEM) และ Energy Dispersive X-ray (EDX) รุ่น JSM-6400 ของบริษัท JEOL สามารถปรับศักย์ไฟฟ้าได้ตั้งแต่ 0.2-40 Kv
- เครื่องฉาบผิวตัวอย่าง (Sputter coater)

- แท่งวางตัวอย่าง (Stub)
- เทปคาร์บอน
- แผ่นทอง (Au) เพื่อใช้ฉาบผิวตัวอย่าง
- กระดาษกาว 2 หน้า

3.2.3 อุปกรณ์ในการวิเคราะห์ปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ (รูปที่ 3.5)

- เครื่องวิเคราะห์หาปริมาณคาร์บอน (CHNS/O Analyser) ของบริษัท Perkin elmer PE2400 Series II



รูปที่ 3.3 อุปกรณ์ในการเก็บตัวอย่างฝุ่นละออง (Hi-Volume Air Sampler)

รูปที่ 3.5 เครื่อง CHNS/O Analyzer



รูปที่ 3.4 เครื่อง Scanning Electron Microscopy

3.3 การเก็บตัวอย่างฝุ่นละออง

1) การเก็บตัวอย่างและหาปริมาณความเข้มข้นของฝุ่นละออง

1.1 เตรียมกระดาศกรงก่อนนำไปเก็บตัวอย่าง โดยนำกระดาศกรงที่ระบุหมายเลขของตัวอย่างแล้ว ไปดูความชื้นในตัวดูความชื้น (ความชื้น 35%) เป็นเวลา 24 ชั่วโมง

1.2 นำกระดาศกรงออกมาชั่งน้ำหนัก บันทึกน้ำหนักที่ได้เป็นน้ำหนักเริ่มต้นของกระดาศกรงก่อนเก็บตัวอย่าง

1.3 เก็บตัวอย่างฝุ่นละออง ซึ่งอุปกรณ์ที่ใช้เก็บตัวอย่าง แบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ

ก. เครื่องเก็บตัวอย่างส่วนบุคคล (Personal air sampler) ประกอบด้วย เครื่องดูดอากาศที่ต่อกับไซโคลน

1) ปรับอัตราการไหลของเครื่องดูดอากาศที่ปรับค่าความถูกต้องแล้ว (Calibrate) ให้มีค่าเท่ากับ 1.7 ลิตรต่อนาที

2) นำตลับใส่กระดาศกรงมาทำความสะอาดโดยใช้ลูกยางบีบเป่าลมเพื่อไล่ฝุ่นละอองที่ติดอยู่ แล้วใช้ปากคีบ คีบกระดาศกรงขนาด 37 มิลลิเมตร ใส่ในตลับยึดชั้นที่ 1 แล้วประกอบส่วนที่เหลืออีก 2 ส่วนเข้าด้วยกัน จากนั้นใช้กระดาศกรงพันโดยรอบบริเวณรอยต่อเพื่อป้องกันการรั่วของอากาศ

3) นำตลับกรงไปประกอบเข้ากับไซโคลน ที่ทำความสะอาดโดยการเป่าลมไล่ฝุ่นละอองแล้ว จากนั้นนำไปต่อกับเครื่องดูดอากาศ

4) เปิดเครื่อง ทำการเก็บตัวอย่างเป็นเวลา 24 ชั่วโมง บันทึกอัตราการไหลของอากาศเริ่มต้น-สิ้นสุด เวลาเปิด-ปิดเครื่อง

5) เมื่อเก็บตัวอย่างเรียบร้อยแล้ว ดึงตลับกระดาศกรงออกจากไซโคลน ปิดช่องอากาศเข้าและออกบริเวณหัวท้ายด้วยจุกพลาสติก

6) นำกระดาศกรงที่เก็บตัวอย่างอากาศแล้วไปดูความชื้นในตัวดูความชื้น (ความชื้น 35%) เป็นเวลา 24 ชั่วโมง

7) นำกระดาศกรงไปชั่งน้ำหนักภายหลังจากเก็บตัวอย่างอากาศแล้ว

8) คำนวณค่าความเข้มข้นของฝุ่นละอองที่ได้จากสูตร
 ความเข้มข้นของฝุ่นละออง = (น้ำหนักหลังเก็บ - น้ำหนักก่อนเก็บ) / ปริมาตรอากาศทั้งหมด
 ปริมาตรอากาศทั้งหมด = อัตราการไหลของอากาศ x เวลาทั้งหมดที่ใช้เก็บตัวอย่าง

ข. เครื่องเก็บตัวอย่างปริมาตรสูง (Hi-Volume Air sampler)

เพื่อเก็บตัวอย่างฝุ่น TSP และสำหรับการเก็บฝุ่นละอองชนิด PM₁₀ เครื่องเก็บตัวอย่างปริมาตรสูงจะมีอุปกรณ์เพื่อจำกัดขนาดให้ฝุ่นมีขนาดต่ำกว่า 10 ไมครอนผ่านเข้าเครื่องได้

ซึ่งเรียกว่า Size Selective Inlet วิธีการเก็บตัวอย่างเป็นดังนี้

1) ปรับค่าความถูกต้องของเครื่อง Hi-Volume Air sampler ให้มีอัตราการไหล 67.8 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง สำหรับการเก็บฝุ่นละอองชนิด PM10 และ 50 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง สำหรับการเก็บฝุ่นละอองชนิด TSP

2) ให้นำปากคืบ คีบกระดาษกรองขนาด 8 x 10 นิ้ว ที่ผ่านการดูดความชื้น ทราบน้ำหนักและระบุหมายเลขแล้ว วางลงในช่องใส่ตัวอย่าง ปิดฝาเครื่อง (ฝุ่นละอองชนิด PM10 เก็บในเครื่อง Hi-Volume PM10 Air Sampler ซึ่งจะมี Size selective inlet เป็นตัวคัดขนาดฝุ่นละอองที่มีขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน)

3) ตั้งเวลาการปิดเปิดเครื่อง โดยทำการเก็บตัวอย่างเป็นเวลา 24 ชั่วโมง บันทึกเวลา และอัตราการไหล

4) เมื่อเก็บตัวอย่างเรียบร้อยแล้ว นำกระดาษกรองไปดูดความชื้นในตู้ดูดความชื้น เป็นเวลา 24 ชั่วโมง แล้วนำไปชั่งน้ำหนัก

5) คำนวณปริมาณฝุ่นละอองที่ได้เหมือน Personal Air Sampler

หมายเหตุ - บริเวณโรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย วงเวียน 22 กรกฎาคม กรมขนส่งทางบก และ มหาวิทยาลัยกรุงเทพ ศูนย์รังสิต ได้เก็บตัวอย่างฝุ่น PM10 และ TSP จากเครื่อง High Volume Air Sampler สำหรับบริเวณแจ้งวัฒนะ เก็บเฉพาะตัวอย่างฝุ่น PM10 โดยใช้ Personal Air Sampler

- สำหรับตัวอย่างจากบริเวณ กรมขนส่งทางบก และมหาวิทยาลัยกรุงเทพ ศูนย์รังสิต ได้รับความอนุเคราะห์จากกรมควบคุมมลพิษ

3.4 การวิเคราะห์ลักษณะทางสัญญาณและองค์ประกอบธาตุ

1) การศึกษาลักษณะทางสัญญาณของฝุ่นละออง

ทำการศึกษาลักษณะทางสัญญาณของฝุ่นละอองชนิด PM10 จากการเก็บตัวอย่างจากแหล่งกำเนิดโดยตรง คือ จากเครื่องยนต์เบนซิน (เก็บตัวอย่างจากท่อไอเสียรถยนต์ ฮอนดา แอคคอร์ด ปี 1990 โดยใช้ Personal Air Sampler ที่อัตราการไหล 1.7 ลิตร/นาที เป็นเวลา 1 ชั่วโมง) เครื่องยนต์ดีเซล (ได้รับความอนุเคราะห์จากกรมขนส่งทางบก โดยการเก็บตัวอย่างจากท่อไอเสีย รถกระบะ) การก่อสร้าง (เก็บตัวอย่างบริเวณจุดที่ทำการผสมปูน เพื่อการก่อสร้างตึกขององค์การท่าเรือแห่งประเทศไทย โดยใช้ Personal Air Sampler ที่อัตราการไหล 1.7 ลิตร/นาที เป็นเวลา 24 ชั่วโมง) และจากโรงไฟฟ้า (ได้รับความอนุเคราะห์ตัวอย่างจากโรงไฟฟ้าบางกรวย จากการเก็บตัวอย่างจากปล่องระบายไอเสีย) และฝุ่น PM10 ที่เก็บจาก 6 สถานีที่ทำการศึกษา ทั้ง 2 ฤดูกาล มาทำการศึกษาดังนี้

1.1) นำตัวอย่างฝุ่นละอองมาติดลงบนเทปใสสองหน้าบนแท่งสำหรับติดตัวอย่าง (stub) ซึ่งทำมาจากอลูมิเนียม โดยพยายามติดให้อนุภาคเรียงตัวในลักษณะชั้นเดียว ไม่เกาะกลุ่มกัน

1.2) จากนั้นนำตัวอย่างไปฉาบผิวด้วยทอง ด้วยเครื่องมือที่ใช้ฉาบผิวคือ Sputtering coater โดยวางตัวอย่างไว้ที่ขั้ว anode และโลหะที่ใช้ฉาบอยู่ที่ขั้ว Cathode ความหนาของผิวฉาบควรอยู่ระหว่าง 10-20 นาโนเมตร

1.3) นำตัวอย่างที่ฉาบผิวแล้วใส่ในเครื่อง SEM โดยใช้ค่าความต่างศักย์ไฟฟ้าที่ 15 Kv ปรับภาพให้ชัดเจน เลือกใช้กำลังขยายที่มองเห็นภาพได้ชัดเจน แล้วทำการบันทึกภาพ

2) การศึกษาองค์ประกอบธาตุของฝุ่นละออง

ทำการศึกษาองค์ประกอบธาตุของฝุ่นละอองชนิด PM10 จากการเก็บตัวอย่างที่แหล่งกำเนิดโดยตรง คือ จากเครื่องยนต์เบนซิน เครื่องยนต์ดีเซล การก่อสร้าง และจากโรงไฟฟ้า และฝุ่นละอองที่เก็บจากสถานีเก็บตัวอย่าง ใน 2 ฤดูกาล ซึ่งเป็นชุดเดียวกับที่สุ่มตัวอย่างเพื่อนำมาศึกษาลักษณะทางสัณฐาน มีวิธีการศึกษาดังนี้

นำตัวอย่างฝุ่นละอองมาติดลงบนเทปคาร์บอนที่ติดอยู่แท่งติดตัวอย่าง จากนั้นนำตัวอย่างไปใส่ในเครื่อง SEM-EDX ใช้ความต่างศักย์ไฟฟ้าที่ 20 Kv ปรับ ภาพให้คมชัด เลือกกำลังขยายที่เหมาะสม แล้วทำการศึกษาองค์ประกอบธาตุที่พบ โดยสแกนไปตามจุดต่าง ๆ บนตัวอย่าง ตัวอย่าง ละ 3 จุด จากนั้นบันทึกสเปกตรัมองค์ประกอบธาตุที่พบพร้อมกับคำนวณปริมาณธาตุที่ได้ในรูปร้อยละ โดยโปรแกรมการคำนวณที่ได้จากสูตร

$$\text{Element \%} = \frac{(\text{ZAF})_{\text{sample}}}{I_{\text{std}}} \times \% \text{Weight of Element standard}$$

เมื่อ Z = Atomic Number ของธาตุ

A = Absorption การดูดกลืนพลังงานไฟฟ้า

F = Fluorescence ที่เกิดจากการคายพลังงานของธาตุ

I = Intensity คือค่าที่ได้จากการคำนวณพื้นที่ใต้กราฟของธาตุที่ปรากฏในสเปกตรัม

3.5 การศึกษาปริมาณคาร์บอนอินทรีย์รวม (Organic Carbon, OC)

นำตัวอย่างฝุ่นละอองชนิด PM10 ที่เก็บจากสถานีเก็บตัวอย่างบริเวณกรมขนส่งทางบก จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย และวงเวียน 22 กรกฎาคม ทั้ง 2 ฤดูมาหาปริมาณ OC โดยเครื่อง CHNS/O Analyser โดยตัดกระดาษกรองที่มีตัวอย่างฝุ่นละออง ให้มีเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.5 เซนติเมตร แล้วนำไปวิเคราะห์ด้วยเครื่อง CHNS/O Analyser ใช้อุณหภูมิ 600 องศาเซลเซียส ใน

การเผา ฝุ่นคาร์บอนถูกออกซิไดส์เปลี่ยนให้อยู่ในรูป CO₂ แล้วถูกดูดซับใน CO₂ absorbing tube ซึ่งจะถูกวัดในรูป Different electronic signal สำหรับสารมาตรฐานที่ใช้ในการตรวจวัด คือ Sulfanilamide จากนั้น คำนวณหาปริมาณ OC ต่อปริมาตรอากาศที่ใช้ในการเก็บตัวอย่าง (ภาคผนวก ข)

3.6 การหาความสัมพันธ์ของการเก็บตัวอย่างฝุ่นละอองชนิด PM10 จากเครื่องมือเก็บอากาศส่วนบุคคลกับเครื่องเก็บอากาศปริมาตรสูงชนิด PM10

เก็บตัวอย่างฝุ่นละอองชนิด PM10 บริเวณภาควิชาวิทยาศาสตร์ทั่วไป คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย โดยทำการเก็บตัวอย่างด้วยเครื่องเก็บอากาศส่วนบุคคล และเครื่องเก็บอากาศปริมาตรสูงชนิด PM10 ในเวลา 24 ชั่วโมง ในวันและ เวลา เดียวกัน เป็นจำนวน 30 ตัวอย่าง จากนั้นนำตัวอย่างฝุ่นละอองที่ได้มาหาปริมาณความเข้มข้น และหาความสัมพันธ์โดยวิธีการทางสถิติ

3.7 การวิเคราะห์ข้อมูล

3.7.1 การวิเคราะห์ข้อมูลปริมาณความเข้มข้นของฝุ่นละออง PM10 และฝุ่นละออง TSP

- 1) วิเคราะห์ข้อมูลในสถิติเชิงพรรณนา ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน และตำแหน่งเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 95
- 2) หาความสัมพันธ์ของฝุ่น PM10 ในช่วงฤดูฝนกับฤดูหนาว ด้วยค่าสถิติ Paired Sample T-test และความแตกต่างฝุ่นละออง PM10 ในแต่ละสถานที่ที่เก็บตัวอย่างด้วย F- test จากโปรแกรมสำเร็จรูป SPSS (Statistical Package for The Social Science Version 9) ที่ช่วงความเชื่อมั่น 95%
- 3) หาความสัมพันธ์ของฝุ่น PM10 และฝุ่น TSP ด้วยค่าสถิติ สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เพียร์สัน และ Linear Regression ที่ช่วงความเชื่อมั่น 95% จากโปรแกรม SPSS
- 4) หาความสัมพันธ์ของการเก็บฝุ่น PM10 โดย Hi-Volume Air Sample ชนิด PM10 กับ Personal Air Sample ด้วยค่าสถิติ T-test และ Linear Regression ที่ช่วงความเชื่อมั่น 95% จากโปรแกรม SPSS

3.7.2 การวิเคราะห์ลักษณะทางสัณฐานและองค์ประกอบธาตุของฝุ่นละออง PM10

เปรียบเทียบลักษณะทางสัณฐานและองค์ประกอบธาตุของฝุ่นละออง PM10 ในบริเวณที่ทำการศึกษากับ แหล่งกำเนิดจริง เพื่อหาชนิดของฝุ่นละออง PM10 และแหล่งกำเนิดตามลักษณะทางสัณฐานและองค์ประกอบธาตุที่พบ

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

4.1 ปริมาณความเข้มข้นของฝุ่นละออง PM10

ผลการตรวจวัดปริมาณฝุ่นละออง PM10 จากสถานีตรวจวัดทั้ง 6 สถานี ในช่วงฤดูฝนและฤดูหนาว พบว่าในช่วงฤดูฝนตรวจวัดได้ในช่วง 31.24 – 147.75 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ปริมาณต่ำสุดตรวจพบที่บริเวณมหาวิทยาลัยกรุงเทพ ศูนย์รังสิต และปริมาณสูงสุดที่ตรวจพบอยู่บริเวณหน้าเมืองทองธานี ถนนแจ้งวัฒนะ สำหรับในช่วงฤดูหนาวตรวจวัดได้ในช่วง 59.85 – 157.92 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร บริเวณที่ตรวจพบปริมาณต่ำสุดและสูงสุด เป็นบริเวณเดียวกับในช่วงฤดูฝน จากผลการตรวจวัดที่ได้ยังพบว่าบริเวณถนนแจ้งวัฒนะ ปริมาณฝุ่นละออง PM10 ยังมีค่าเกินมาตรฐานฝุ่นละอองชนิด PM10 เฉลี่ย 24 ชั่วโมง ซึ่งมาตรฐานกำหนดไว้ที่ 120 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ในทั้ง 2 ฤดูกาลอีกด้วย (ตารางที่ 4.1 และรูปที่ 4.1)

สำหรับปริมาณฝุ่นละออง PM10 เฉลี่ยที่ตรวจพบในช่วงฤดูฝน ในเขตกรุงเทพมหานคร จากการตรวจวัดใน 6 สถานี มีค่าเท่ากับ 65.60 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร (36.13 – 129.61 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร) และช่วงฤดูหนาวมีค่าเท่ากับ 97.65 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร (70.91 – 143.07 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร) จะเห็นได้ว่าปริมาณฝุ่นละออง PM10 เฉลี่ยในช่วงหนาว มีค่ามากกว่าในช่วงฤดูฝนซึ่งเป็นช่วงที่มีฝนตก ทำให้ปริมาณความเข้มข้นของฝุ่นละออง PM10 ลดลง

จากข้อมูลค่าเฉลี่ยปริมาณฝุ่นละออง PM10 ที่ได้ นั้น ปริมาณฝุ่นละอองที่ตรวจวัดในช่วงฤดูฝนจะมีปริมาณน้อยกว่าในช่วงฤดูหนาว และเมื่อนำผลการตรวจวัดปริมาณความเข้มข้นของฝุ่นละออง PM10 ในช่วงฤดูฝนและฤดูหนาวที่ได้ มาวิเคราะห์ด้วยวิธีการทางสถิติ คือ Paired sample T-test เพื่อทดสอบสมมติฐานว่าปริมาณฝุ่นละออง PM10 เฉลี่ยในช่วงฤดูฝนมีค่าน้อยกว่าในช่วงฤดูหนาว ที่ช่วงความเชื่อมั่น 95% โดยการคำนวณจากโปรแกรมสำเร็จรูป SPSS ได้ค่าสถิติดังนี้ คือ ค่า T เท่ากับ -3.376 , sig. (2-tailed) เท่ากับ 0.02 และ ค่า T ที่จุดวิกฤต เท่ากับ -2.571

จากค่า Sig. (2-tailed) ที่คำนวณได้ของตัวอย่างมีค่าเท่ากับ 0.02 ซึ่งมีค่าน้อยกว่า 0.05 (ระดับนัยสำคัญ) แสดงว่าปริมาณความเข้มข้นของฝุ่นละออง PM10 ในช่วงฤดูฝนและฤดูหนาวมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ 0.05 และจากสมมติฐานที่ตั้งไว้ คือ

$$H_0 : \mu_1 \leq \mu_2 \quad \text{และ} \quad H_1 : \mu_1 < \mu_2$$

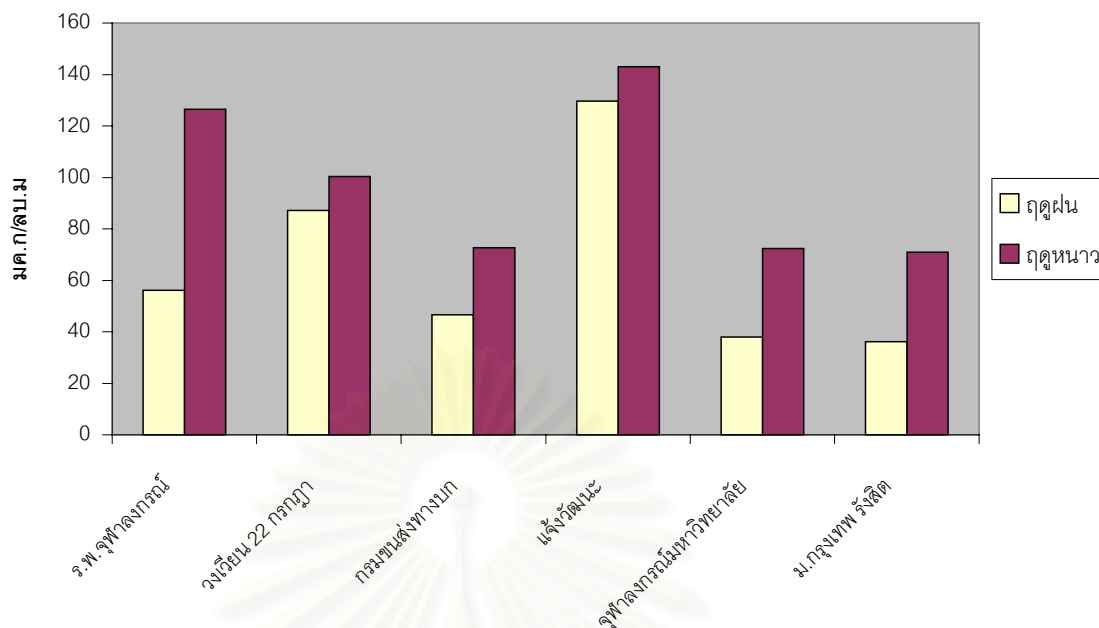
เมื่อ μ_1 และ μ_2 คือ ค่าเฉลี่ยของปริมาณฝุ่นละออง PM10 ในช่วงฤดูฝนและฤดูหนาวตามลำดับ

ตารางที่ 4.1 แสดงปริมาณฝุ่นละออง PM10 ในฤดูฝนและฤดูหนาว

สถานที่	ฤดูฝน			ฤดูหนาว		
	วันที่	pm10(มค.ก/ลบ.ม)	เฉลี่ย(มค.ก/ลบ.ม)	วันที่	pm10(มค.ก/ลบ.ม)	เฉลี่ย(มค.ก/ลบ.ม)
โรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์★	12/9/99	52.45		23/12/99	100.49	
	15/9/99	65.23	56.10	26/12/99	141.32	115.44
	18/9/99	50.61		29/12/99	137.57	
วงเวียน 22 ★	24/9/99	95.23		11/12/99	108.16	
	3/10/99	67.60	87.25	14/12/99	88.10	84.26
	6/10/99	98.92		17/12/99	104.84	
กรมขนส่งทางบก ★	6/9/99	39.96		8/12/99	67.42	
	9/9/99	46.89	46.60	11/12/99	75.28	86.21
	18/9/99	52.947		14/12/99	75.17	
แจ้งวัฒนะ ★	8/9/99	147.75		12/1/00	157.92	
	9/9/99	116.68	129.61	13/1/00	137.67	87.67
	10/9/99	124.39		14/1/00	133.62	
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ★	5/7/97	48.48		17/1/00	83.67	
	6/7/97	35.26	37.89	18/1/00	70.70	66.84
	29/9/99	29.92		19/1/00	62.99	
ม.กรุงเทพ ศูนย์รังสิต ★	9/9/99	39.64		17/12/99	59.85	
	12/9/99	31.24	36.13	20/12/99	75.95	78.85
	18/9/99	37.51		23/12/99	76.93	

★ บริเวณริมถนน , ☆ พื้นที่ทั่วไป

ค่ามาตรฐานฝุ่นละออง PM10 เฉลี่ย 24 ชั่วโมง มีค่าเท่ากับ 120 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร



รูปที่ 4.1 แสดงปริมาณฝุ่น PM10 ในช่วงฤดูแล้งและฤดูหนาว

จากค่าสถิติที่ได้พบว่า ค่า T ของตัวอย่างมีค่าน้อยกว่า ค่า T ที่ระดับนัยสำคัญที่ 0.05 (-3.376 น้อยกว่า -2.571) ค่าที่ได้นี้ตกอยู่ในบริเวณค่าวิกฤต จึงปฏิเสธสมมุติฐาน H_0 และยอมรับสมมุติฐาน H_1 ว่าปริมาณฝุ่นละออง PM10 ในช่วงฤดูแล้งมีปริมาณน้อยกว่าในช่วงฤดูหนาว ที่ความเชื่อมั่นที่ 95%

เมื่อนำปริมาณฝุ่นละอองที่ตรวจวัดได้ในแต่ละสถานีมาทำการวิเคราะห์ โดยใช้ค่าทางสถิติ F test หรือ oneway Anova เพื่อจะทดสอบว่าค่าเฉลี่ยของฝุ่นละออง PM10 ในแต่ละสถานีเก็บตัวอย่างมีความแตกต่างกันหรือไม่ อย่างมีนัยสำคัญที่ 0.05 หรือที่ความเชื่อมั่น 95% ได้ค่าดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณฝุ่น PM10 ทั้ง 6 สถานี

	Sum of Squares	Df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	26229.12	5	5245.82	9.55	0.0
Within Groups	16474.01	30	549.13		
Total	42703.12	35			

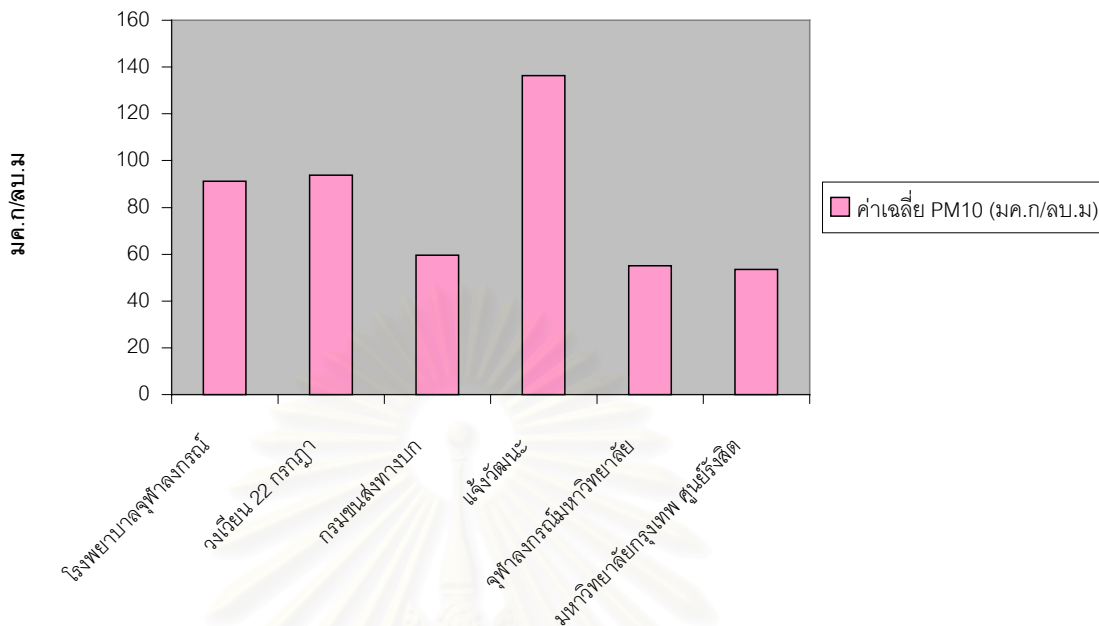
เมื่อวิเคราะห์ค่า Sig. ที่ได้ มีค่าเท่ากับ 0.0 ซึ่งมีค่าน้อยกว่าระดับนัยสำคัญ 0.05 แสดงว่า ปฏิเสธสมมุติฐานที่ว่าค่าเฉลี่ยของฝุ่นละออง PM10 ทั้ง 6 สถานีมีค่าเท่ากัน และยอมรับสมมุติฐานที่ว่าค่าเฉลี่ยของปริมาณของฝุ่นละออง PM10 ทั้ง 6 สถานีมีความแตกต่างกัน

นอกจากนี้เมื่อวิเคราะห์ค่า F ที่ได้ มีค่าเท่ากับ 9.553 ซึ่งมีค่ามากกว่า ค่า F ที่ระดับนัยสำคัญที่ 0.05 ซึ่งมีค่าเท่ากับ 2.53 ค่าที่ได้จากตัวอย่างตกอยู่ในบริเวณวิกฤต จึงเป็นการยอมรับว่า ค่าเฉลี่ยของปริมาณของฝุ่นละออง PM10 ทั้ง 6 สถานีในช่วงฤดูฝน และ ฤดูหนาว มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ 0.05

จากผลการตรวจวัดฝุ่นละออง PM10 โดยเฉลี่ย ของแต่ละสถานีที่ตรวจวัด จากตารางที่ 4.3 พบว่าบริเวณถนนแจ้งวัฒนะ มีปริมาณฝุ่นละออง PM10 สูงสุด มีค่าเท่ากับ 136.34 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร และมีค่าเกินมาตรฐานฝุ่นละอองชนิด PM10 รองลงมาคือ วงเวียน 22 กรกฎาคม โรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์ กรมขนส่งทางบก จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย และ มหาวิทยาลัยกรุงเทพ ตามลำดับ ซึ่งบริเวณที่มีปริมาณฝุ่นละออง PM10 มาก 3 ลำดับแรก เป็นบริเวณทำการตรวจวัดที่อยู่ห่างจากถนนสายหลักไม่เกิน 10 เมตร (Road Site) ส่วนบริเวณ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยและมหาวิทยาลัยกรุงเทพ ศูนย์รังสิต เป็นการตรวจวัดที่อยู่ห่างไกลจากถนนหลักมากกว่า 50 เมตร จัดเป็นบริเวณ Ambient Site จึงมีปริมาณฝุ่นละออง PM10 ที่หนาแน่นน้อยกว่า

ตารางที่ 4.3 ปริมาณฝุ่นละออง PM10 ในแต่ละสถานีที่ตรวจวัด

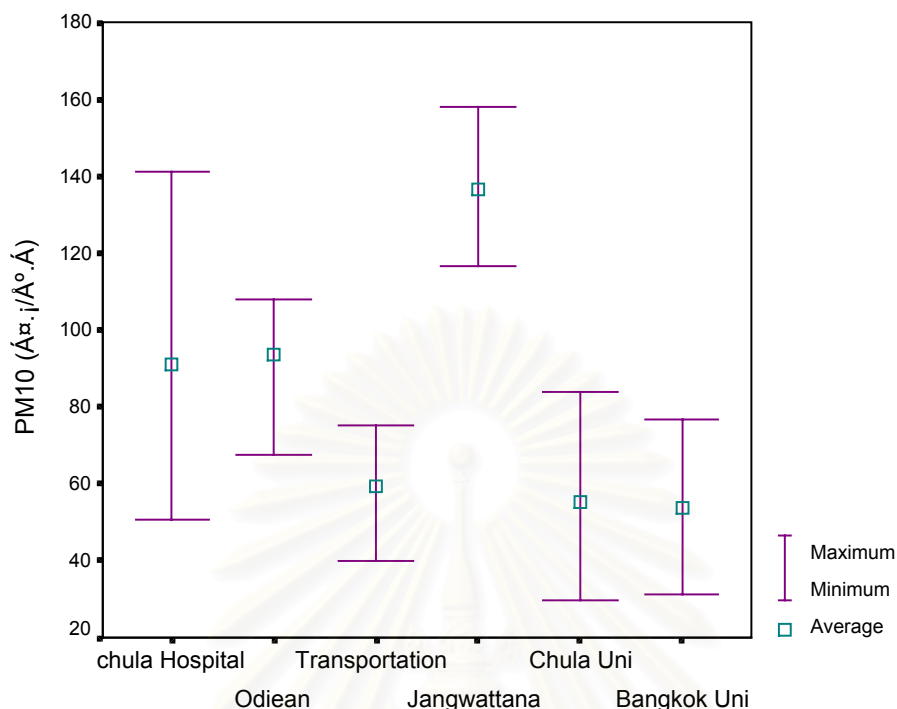
บริเวณที่ตรวจวัด	ค่าเฉลี่ย (มค.ก/ลบ.ม)	ช่วงค่าที่วัดได้	ค่าเบี่ยง เบน มาตรฐาน	เปอร์เซ็นต์ไทด์ที่ 95
โรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์	91.28	50.61 - 141.32	41.41	140.38
วงเวียน 22 กรกฎาคม	93.81	67.60 - 108.16	14.66	107.33
กรมขนส่งทางบก	59.61	39.96 - 75.28	15.11	75.26
แจ้งวัฒนะ	136.34	116.68 - 157.92	15.06	155.38
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	55.17	29.92 - 83.66	20.94	80.42
มหาวิทยาลัยกรุงเทพ ศูนย์ รังสิต	53.52	31.24 - 76.93	20.18	76.68



รูปที่ 4.2 ค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของฝุ่นละออง PM10 ในแต่ละสถานีที่ทำการตรวจวัด

สำหรับค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานที่ได้ ซึ่งเป็นตัววัดการกระจายของข้อมูล ในบริเวณ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย มีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานถึง 41.41 ซึ่งมีค่าค่อนข้างสูง การกระจายของ ข้อมูลมีค่ามาก แสดงว่าปริมาณฝุ่นละอองที่ได้จากการตรวจวัดในแต่ละค่ามีครั้งที่แตกต่างกันมาก โดยเฉพาะปริมาณความเข้มข้นของฝุ่นละอองในช่วงฤดูฝนและฤดูหนาวมีค่าที่แตกต่างกัน อย่างชัดเจน ซึ่งค่าเฉลี่ยในช่วงฤดูฝนมีค่าที่น้อยกว่าในช่วงฤดูหนาว ถึง 2 เท่า สำหรับบริเวณที่ทำการตรวจวัดบริเวณอื่น คือ วังเวียง 22 กรกฎาคม กรมขนส่งทางบก และแจ่งวัฒนะ มีค่าเบี่ยงเบน มาตรฐานที่ใกล้เคียงกัน และบริเวณจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยกับมหาวิทยาลัยกรุงเทพ ศูนย์รังสิต มีค่าที่ใกล้เคียงกัน

และสำหรับค่าเฉลี่ยรวมที่ตรวจวัดทั้ง 2 ช่วงฤดูกาลในทุกสถานีมีค่าเท่ากับ 81.62 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 36.80



รูปที่ 4.3 ช่วงค่าความเข้มข้นของฝุ่นละออง PM10 ที่ตรวจวัดได้ในแต่ละสถานี

4.2 ความสัมพันธ์ระหว่างฝุ่นละออง PM10 และ ฝุ่นละออง TSP

จากการตรวจวัดปริมาณฝุ่นละอองชนิด TSP พร้อมกับการตรวจวัดปริมาณฝุ่นละอองชนิด PM10 ในช่วงฤดูฝนและฤดูหนาว ค่าปริมาณฝุ่นละออง TSP ที่ตรวจวัดจาก ทั้ง 5 สถานีที่ทำการเก็บตัวอย่างมาตรวจวัด มีค่าตั้งแต่ 41.07 – 229.29 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ซึ่งพบว่ามีปริมาณค่อนข้างต่ำ และมีค่าต่ำกว่ามาตรฐานฝุ่นละอองชนิด TSP เฉลี่ย 24 ชั่วโมง ซึ่งกำหนดไว้ที่ 330 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร และโดยเฉพาะในช่วงฤดูฝน ซึ่งจะมีปริมาณน้อยกว่าในช่วงฤดูหนาว

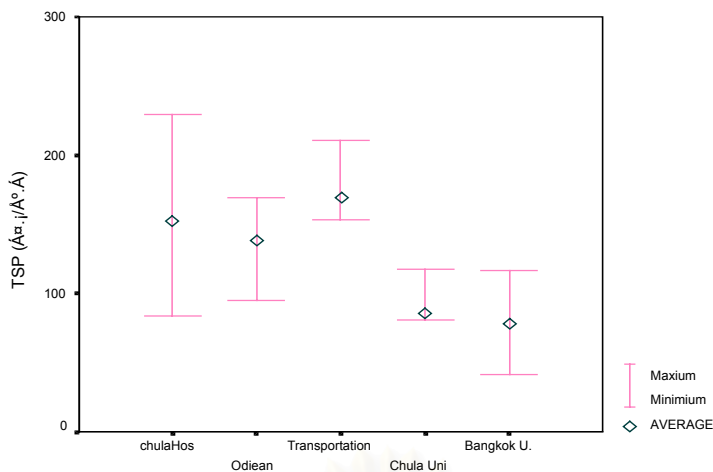
สำหรับปริมาณความเข้มข้นเฉลี่ยสูงสุดในช่วงฤดูฝน ของปริมาณฝุ่นละออง TSP ที่ตรวจพบ จะอยู่ในบริเวณกรมขนส่งทางบก ซึ่งมีค่าเท่ากับ 172.81 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร และปริมาณความเข้มข้นเฉลี่ยน้อยที่สุด จะอยู่ที่บริเวณ มหาวิทยาลัยกรุงเทพ ศูนย์รังสิต ซึ่งมีค่าเท่ากับ 51.13 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ส่วนในช่วงฤดูหนาวพบว่า โรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์ มีปริมาณความเข้มข้นของฝุ่นละออง TSP เฉลี่ยสูงสุด มีค่าเท่ากับ 184.41 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร และบริเวณที่ตรวจพบว่ามีปริมาณน้อยที่สุดคือบริเวณ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ซึ่งมีค่าเท่ากับ 95.69 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร (ตารางที่ 4.4)

ตารางที่ 4.4 ปริมาณฝุ่นละออง TSP ที่ตรวจวัดในฤดูฝนและฤดูหนาว

สถานที่	ฤดูฝน			ฤดูหนาว		
	วันที่	ปริมาณ PM10 (มค.ก/ลบ.ม)	ค่าเฉลี่ย (มค.ก/ลบ.ม)	วันที่	ปริมาณ PM10 (มค.ก/ลบ.ม)	ค่าเฉลี่ย (มค.ก/ลบ.ม)
โรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์	12/9/99	83.73	135.69	23/12/99	162.54	186.64
	15/9/99	138.24		26/12/99	161.42	
	18/9/99	137.26		29/12/99	229.29	
วงเวียน 22	24/9/99	131.57	122.12	11/12/99	169.21	153.94
	3/10/99	95.43		14/12/99	152.48	
	6/10/99	139.35		17/12/99	140.14	
กรมขนส่งทางบก	6/9/99	154.73	172.81	8/12/99	140.73	166.06
	9/9/99	153.47		11/12/99	193.83	
	18/9/99	210.21		14/12/99	163.61	
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	5/7/97	96.88	75.37	17/1/00	117.30	95.69
	6/7/97	80.41		18/1/00	85.90	
	29/9/99	48.82		19/1/00	83.88	
ม.กรุงเทพ ศูนย์รังสิต	9/9/99	57.08	51.13	17/12/99	82.48	104.10
	12/9/99	41.07		20/12/99	113.49	
	18/9/99	55.26		23/12/99	116.34	

ค่ามาตรฐานฝุ่น TSP เฉลี่ย 24 ชั่วโมงเท่ากับ 330 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

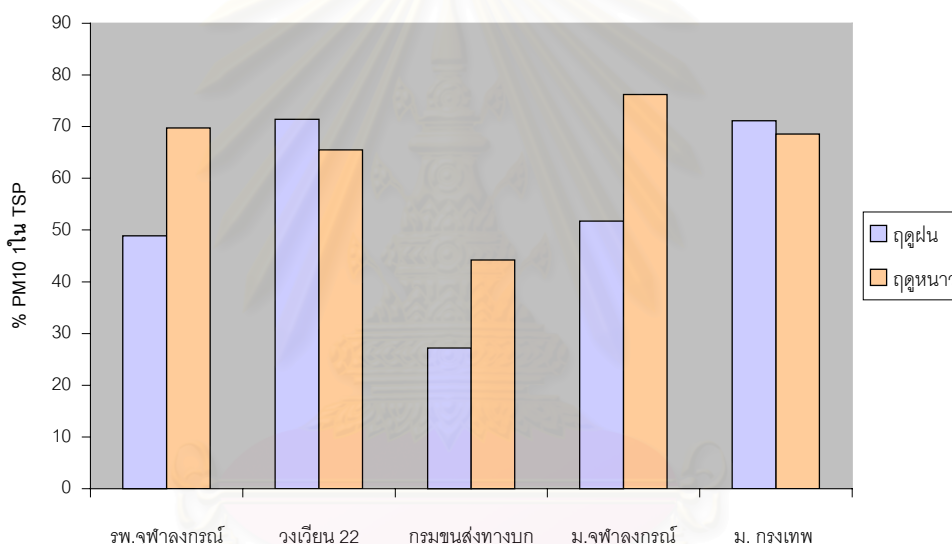


รูปที่ 4.4 ค่าความเข้มข้นของฝุ่นละออง TSP ในแต่ละสถานีที่ตรวจวัด

ตารางที่ 4.5 ปริมาณร้อยละของฝุ่นละออง PM10 ที่มีอยู่ในฝุ่นละออง TSP

สถานี	ฤดูฝน			ฤดูแล้ง		
	ปริมาณ PM10 (มค.ก/ลบ.ม)	ปริมาณ TSP (มค.ก/ลบ.ม)	เปอร์เซ็นต์ PM10 ใน TSP	ปริมาณ PM10 (มค.ก/ลบ.ม)	ปริมาณ TSP (มค.ก/ลบ.ม)	เปอร์เซ็นต์ PM10 ใน TSP
โรงพยาบาลจุฬาลง กรณ์	52.45	83.73	62.64	100.49	162.54	61.82
	65.23	138.24	47.19	141.32	161.42	87.55
	50.61	137.26	36.87	137.57	229.29	60.00
วงเวียน 22 กรกฎาคม	95.23	131.57	72.38	108.16	169.21	63.92
	67.60	95.43	70.83	88.10	152.48	57.78
	98.92	139.35	70.99	104.84	140.14	74.81
กรมขนส่งทางบก	39.96	154.73	25.82	67.42	140.73	47.91
	46.89	153.47	30.55	75.28	193.83	38.84
	52.95	210.21	25.19	75.17	163.61	45.95
จุฬาลงกรณ์ มหาวิทยาลัย	48.48	96.88	50.04	59.85	82.48	72.57
	35.26	80.41	43.85	75.95	113.49	66.93
	29.92	48.82	61.27	76.93	116.34	66.12
ม.กรุงเทพ ศูนย์รังสิต	39.64	57.08	69.45	59.85	82.48	72.57
	31.24	41.07	76.08	75.95	113.49	66.93
	37.51	55.26	67.89	76.93	116.34	66.12

เมื่อพิจารณาถึงสัดส่วนของปริมาณฝุ่นละออง PM10 ต่อฝุ่นละออง TSP ของทั้ง 5 สถานี (ตาราง 4.5) มีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 27.19 – 71.40 เปอร์เซ็นต์ สำหรับในช่วงฤดูฝน โดยพบว่าที่บริเวณวงเวียน 22 กรกฎาคม มีเปอร์เซ็นต์สูงที่สุดและมีค่าใกล้เคียงกับที่บริเวณมหาวิทยาลัยกรุงเทพ ศูนย์รังสิต และในช่วงฤดูหนาว มีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 44.23 – 76.24 เปอร์เซ็นต์ เมื่อพิจารณาค่าเฉลี่ยโดยรวมของทั้ง 2 ฤดูกาล บริเวณมหาวิทยาลัยกรุงเทพ ศูนย์รังสิต มีปริมาณค่าเฉลี่ยสัดส่วนของฝุ่น PM10 ใน TSP สูงสุด มีค่า 69.84 เปอร์เซ็นต์ และบริเวณ กรมขนส่งทางบกมีค่าต่ำสุด คือ 35.71 เปอร์เซ็นต์ และจากค่าเฉลี่ยทั้งหมดที่ได้ สรุปว่าในช่วงฤดูหนาว เปอร์เซ็นต์ของฝุ่นละออง PM10 ในฝุ่นละออง TSP ส่วนใหญ่ มีค่าที่สูงกว่าในช่วงฤดูฝน ซึ่งแปรผันตามปริมาณของฝุ่นละออง PM10 และ TSP ที่เพิ่มขึ้นด้วย



รูปที่ 4.5 สัดส่วนของปริมาณฝุ่นละออง PM10 ต่อฝุ่นละออง TSP เฉลี่ยในฤดูฝนและฤดูหนาว

จากผลการตรวจวัดปริมาณฝุ่นละออง PM10 และฝุ่นละออง TSP ในทุกสถานีของทั้ง 2 ฤดูกาล จะเห็นว่าในแต่ละครั้งที่มีการตรวจวัดปริมาณฝุ่นละออง TSP จะมีค่ามากกว่า ฝุ่นละออง PM10 เสมอ จึงมีความน่าจะเป็นที่ฝุ่น 2 ชนิดนี้มีความสัมพันธ์กัน เมื่อนำมาทดสอบ ด้วยวิธีการทางสถิติ คือ ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของ Pearson ให้ผลดังตารางที่ 4.6

และเมื่อนำผลข้อมูลที่ได้จากตารางที่ 4.6 มาพิจารณาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร 2 ตัว คือ ฝุ่นละออง PM10 กับฝุ่นละออง TSP พบว่ามีค่าเท่ากับ 0.955 ซึ่งมีค่าเป็นบวก แสดงว่าตัวแปรสองตัวนี้มีความสัมพันธ์ในทางเดียวกัน คือ ถ้าตัวแปรหนึ่งมีค่าสูง ตัวแปรอีกตัวหนึ่งก็มีแนวโน้มที่จะมีค่าสูงขึ้นด้วย

ตารางที่ 4.6 ค่าความสัมพันธ์ของฝุ่นละอองชนิด PM10 และ TSP

ชนิดฝุ่นละออง	สถิติ	PM10	TSP
PM10	Pearson Correlation	1.000	0.955
	Sig. (2-tailed)	.	0.000
	N	20	20
TSP	Pearson Correlation	0.955	1.000
	Sig. (2-tailed)	0.000	.
	N	20	20

** Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed)

เมื่อนำข้อมูลของปริมาณฝุ่นละออง PM10 และฝุ่นละออง TSP มาหาสมการถดถอย ซึ่งเป็นสมการที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูล 2 ชนิด ในรูปกราฟเส้นตรง โดยให้แกน Y แทนค่าความเข้มข้นของ PM10 และแกน X แทนค่าความเข้มข้นของ TSP สมการเส้นตรงดังกล่าวจะมีรูปแบบดังนี้ คือ

$$y = a + bx$$

โดยที่ y คือ ค่าความเข้มข้นของฝุ่นละออง PM10

x คือ ค่าความเข้มข้นของฝุ่นละออง TSP

a คือ ค่าที่ตัดแกน Y

b คือ ความชันของเส้นตรง

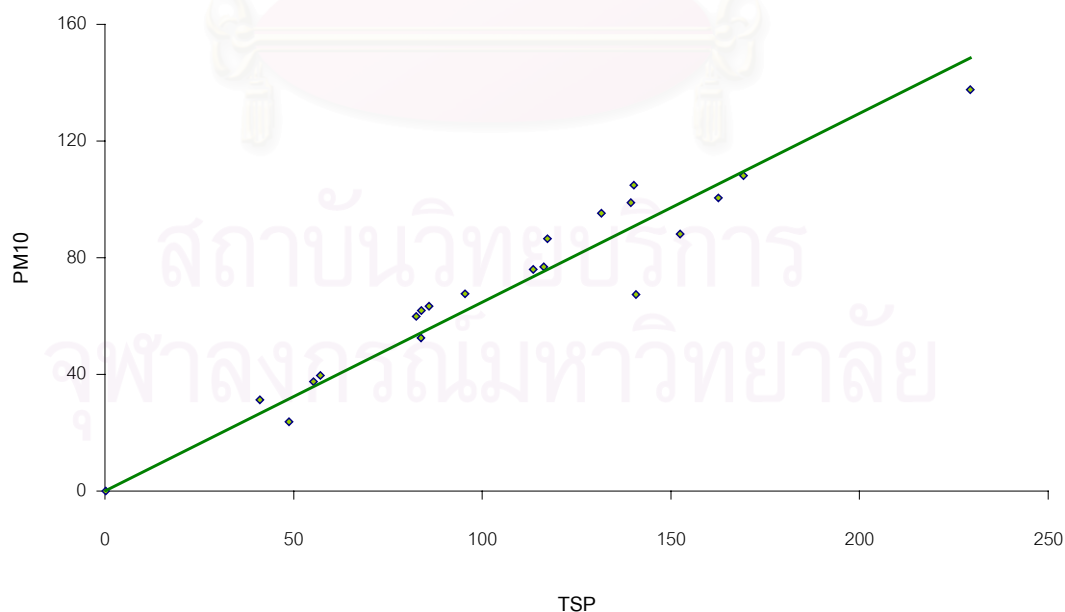
จากการหาค่าความสัมพันธ์ของสมการเส้นถดถอยโดยวิธี Linear Regression จากโปรแกรม SPSS ของผลการศึกษานี้ ได้ค่า R 0.955 และค่า R² ที่ปรับค่าแล้ว เท่ากับ 0.907 จากค่า R ที่ได้มีค่าเข้าใกล้ 1 มาก แสดงว่าปริมาณฝุ่นละออง PM10 มีความสัมพันธ์กับฝุ่นละออง TSP สูงมาก โดยมีความสัมพันธ์กันถึงร้อยละ 90.7 (ค่า R²) ดังนั้นจึงมีความน่าเชื่อถือ ที่จะนำตัวแปร TSP มาพยากรณ์ตัวแปร PM10 ได้ และจากการทำการทดสอบได้ค่าการถดถอยเชิงเส้นของสมการดังตารางที่ 4.7

ตารางที่ 4.7 ค่าการถดถอยเชิงเส้นของฝุ่นละออง PM10 และ TSP

	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	T	Sig.
	B	Std. Error	Beta		
Constant	7.860	5.225		1.504	0.150
TSP	0.588	0.955	0.955	13.661	0.000

จากตารางที่ 4.7 การทดสอบสมมุติฐานเกี่ยวกับค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยของตัวแปร TSP ได้ค่า Sig. = 0.0 ซึ่งมีค่าน้อยกว่า 0.05 หมายความว่าค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยของตัวแปร (TSP) มีความสัมพันธ์กับตัวแปร PM10 ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.05 และจากค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยของตัวแปร TSP (B) หรือค่าความชันของเส้นตรง มีค่าเท่ากับ 0.588 แต่ค่าคงที่ที่ได้จากการคำนวณ หรือค่าที่ตัดแกน Y มีค่า 7.860 ไม่มีความสัมพันธ์เนื่องจากมีค่า Sig. ที่มากกว่า 0.05 ค่าคงที่ที่ได้จึงมีค่าเท่ากับศูนย์ ทำให้สมการที่ได้เป็นเส้นตรงผ่านจุดกำเนิด ซึ่งสามารถนำมาเขียนสมการเส้นถดถอยได้ดังนี้ คือ

$$y = 0.588x \quad ; \text{เมื่อ } y \text{ คือ ปริมาณ PM10 และ } X \text{ คือ ปริมาณ TSP}$$



รูปที่ 4.6 กราฟความสัมพันธ์ของฝุ่นละออง PM10 และฝุ่นละออง TSP

4.3 ผลการศึกษาลักษณะทางสัณฐานและองค์ประกอบธาตุของฝุ่นละอองชนิด PM10

4.3.1 ลักษณะทางสัณฐานและองค์ประกอบธาตุจากแหล่งกำเนิด

1) จากเครื่องยนต์ชนิดดีเซล

จากการศึกษาฝุ่นละอองที่มาจากเครื่องยนต์ดีเซล พบว่าสัณฐานมีลักษณะเป็นปุยเบา มีรูพรุน (porous fluffy) เกิดการจับตัวกันแบบหลวม ๆ (Floc) โครงสร้างไม่เป็นรูปเรขาคณิต ขึ้นอยู่กับการรวมตัวกันของอนุภาค มีขนาดประมาณ 10 ไมครอน หรือต่ำกว่าเล็กน้อย ส่วนชนิดขององค์ประกอบธาตุ พบธาตุอยู่ 6 ชนิด คือ คาร์บอน ออกซิเจน อลูมิเนียม ซิลิกา ซัลเฟต และแคลเซียม สำหรับคาร์บอนเป็นธาตุที่เป็นองค์ประกอบหลักของฝุ่นละอองที่มาจากเครื่องยนต์ดีเซล ซึ่งมีปริมาณอยู่ถึงร้อยละ 73.32 เป็นปริมาณที่มีอยู่สูงสุด ซึ่งน่าจะเกิดจากการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์ของเครื่องยนต์ รองมาคือ ซิลิกา และออกซิเจน มีปริมาณร้อยละ 5.42 และ 11.10 ตามลำดับ ดังรูปและสเปกตรัม ที่ 4.7A

2) จากการก่อสร้าง

ฝุ่นละอองที่มาจาก การก่อสร้าง สัณฐานมีลักษณะเป็นรูปทรงเรขาคณิต คล้ายรูปสี่เหลี่ยม อนุภาคไม่ได้เกิดจากการรวมตัว ซึ่งน่าจะเกิดจากการฟุ้งกระจายอยู่ในบรรยากาศจากแหล่งกำเนิด โดยไม่ได้เกิดปฏิกิริยารวมตัวกันก่อน อาจเกิดจากการแตกหักจากอนุภาคที่ใหญ่ แล้วฟุ้งกระจายขึ้นจากการทำกิจกรรมการก่อสร้าง หรือกระแสมล เนื้อของอนุภาคมีความหนาแน่น มงดูแข็ง ไม่ยืดหยุ่น จากภาพที่ได้จากการศึกษาพบว่า มีขนาดประมาณ 8 ไมครอน องค์ประกอบของธาตุ พบว่ามีธาตุ คาร์บอน ออกซิเจน ซิลิกา และแคลเซียม ซึ่งฝุ่นละอองชนิดนี้จะมีแคลเซียมซึ่งเป็นองค์ประกอบหลักของปูนซีเมนต์ ซึ่งมีอยู่ร้อยละ 15.80 สำหรับซิลิกา และออกซิเจน น่าจะมาจากองค์ประกอบของทราย ดังรูปที่ 4.7B

3) จากเครื่องยนต์เบนซิน

ฝุ่นละอองที่มีแหล่งกำเนิดมาจากเครื่องยนต์เบนซิน มีลักษณะสัณฐานเป็นรูปทรงที่ไม่แน่นอน เมื่อถูกปล่อยออกจากแหล่งกำเนิด จะเกิดการรวมตัวกันของอนุภาค ฟุ้งกระจายอยู่ในบรรยากาศ ทำให้เกิดเป็นรูปทรงต่าง ๆ แต่ส่วนใหญ่มักจะรวมตัวกันเป็นลักษณะเป็นก้อนค่อนข้างกลม มีขนาดไม่เกิน 5 ไมครอน เมื่อมองจากภาพถ่ายจะเห็นว่าเนื้อของอนุภาคจะมีลักษณะที่ฟู นุ่มนิ่ม มีรูพรุน คล้ายฟองน้ำ จับตัวกันเป็นก้อนแบบหลวม ๆ สำหรับองค์ประกอบธาตุที่พบประกอบด้วย คาร์บอน ออกซิเจน อลูมิเนียม ซิลิกา ซัลเฟอร์ แคลเซียม และเหล็ก โดยมี

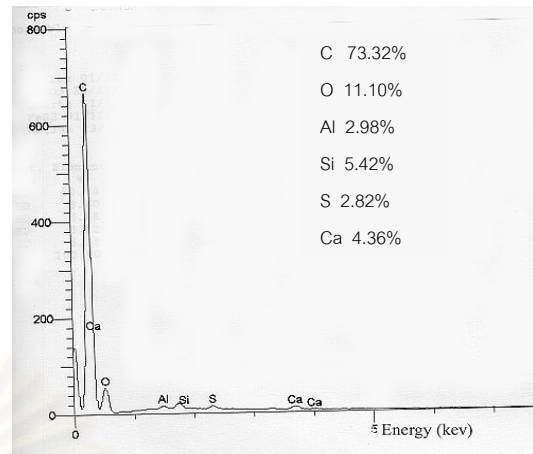
ธาตุคาร์บอนเป็นองค์ประกอบหลัก มีปริมาณถึงร้อยละ 74.26 รองมาคือออกซิเจน และซิลเฟอร์ มีอยู่ร้อยละ 9.61 และ 7.15 ซึ่งเป็นองค์ประกอบหลักในน้ำมันเบนซิน ดังรูปที่ 4.7C

4) จากโรงไฟฟ้า

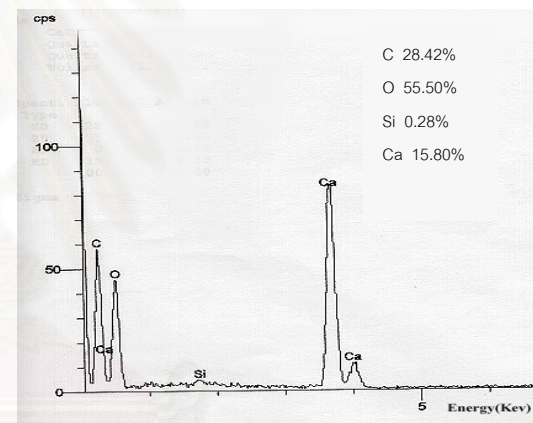
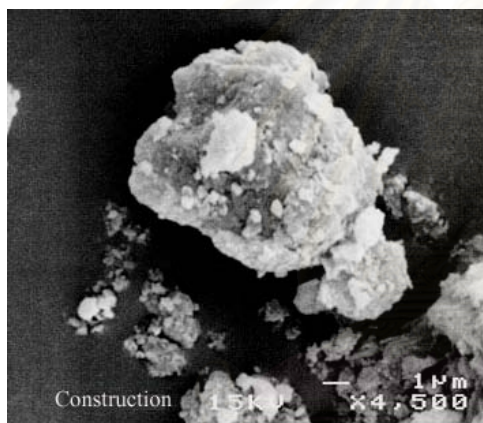
ฝุ่นละอองจากโรงไฟฟ้าที่ใช้เชื้อเพลิงเป็นน้ำมันเตา ซึ่งนำมาจากโรงไฟฟ้า บางกรวย จังหวัดนนทบุรี มีขนาดประมาณ 10 ไมครอน จะมีลักษณะทางสัณฐาน เป็นแผ่นบาง และค่อนข้างเรียบ การจัดเรียงตัวไม่ซับซ้อน ความหนาแน่นของเนื้ออนุภาคน้อย มองดูเบา คล้ายขี้เถ้าปลิว แต่สัณฐานไม่เป็นทรงกลม องค์ประกอบของธาตุพบเพียง คาร์บอน ออกซิเจน และซิลเฟอร์ ซึ่งน่าจะเป็นอนุภาคคาร์บอนที่ดูดซับซิลเฟอร์ไดออกไซด์ไว้ ธาตุคาร์บอนและซิลเฟอร์มีปริมาณใกล้เคียงกัน คือ ร้อยละ 40 และ 38.27 ตามลำดับ ซึ่งโดยปกติในน้ำมันเตาจะมีปริมาณของซิลเฟอร์ค่อนข้างสูง ดังรูปที่ 4.7D

5) ฝุ่นดิน

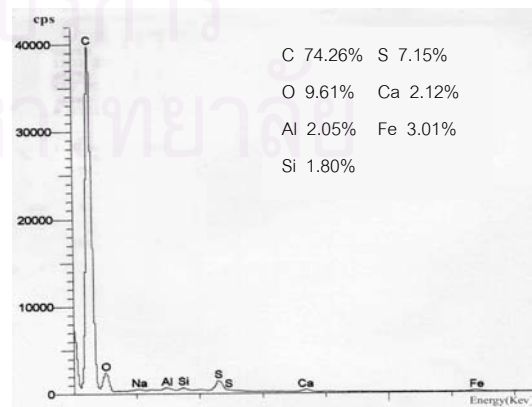
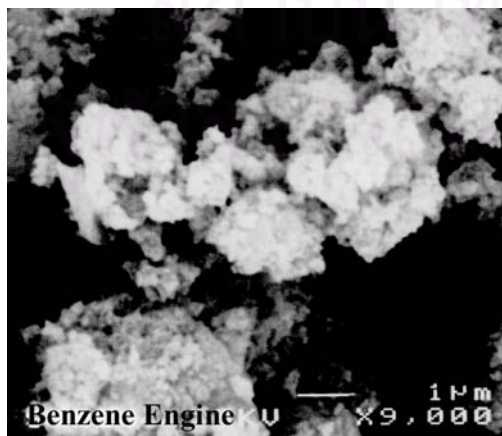
จากการศึกษาลักษณะทางสัณฐานและองค์ประกอบธาตุของฝุ่นละออง ที่กรุงจาการ์ตา ประเทศอินโดนีเซีย ของ Linda และ Hooper เมื่อปี 1997 พบว่าฝุ่นดินมีลักษณะสัณฐานที่ไม่เป็นรูปทรงเรขาคณิต เนื้ออนุภาคมีความหนาแน่น จากรูปถ่ายจะมีสีดำ มีขนาด 10 ไมครอน ประกอบด้วยธาตุ ซิลิกา และ อลูมิเนียมเป็นองค์ประกอบหลัก นอกจากนี้ยังพบธาตุแคลเซียม ซิลเฟอร์ และเหล็กอีกด้วย ดังรูปที่ 4.7 E



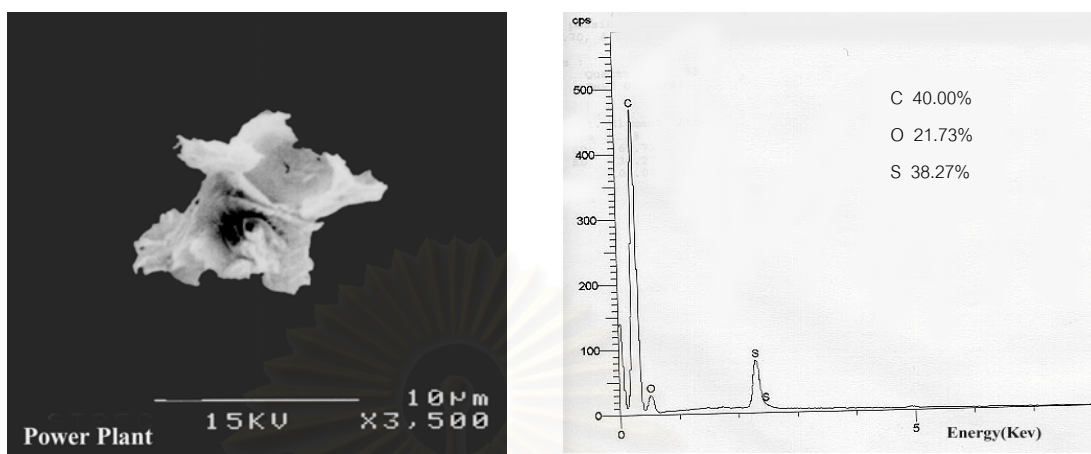
(A)



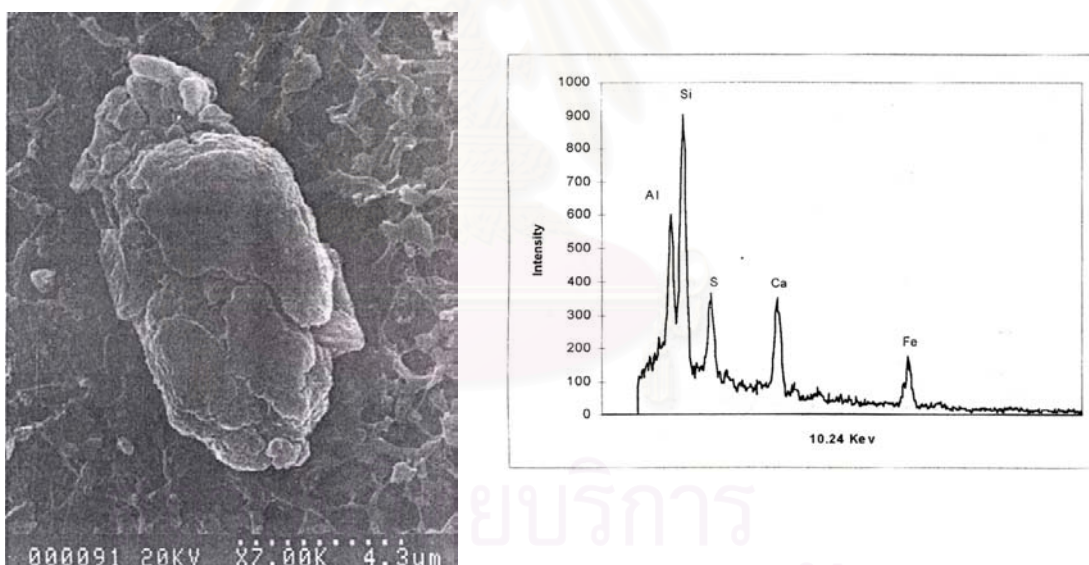
(B)



(C)



(D)



(E)

รูปที่ 4.7 สัณฐานและสเปกตรัมของธาตุของฝุ่นละออง PM10

- (A) ฝุ่นละอองจากเครื่องยนต์ดีเซล (B) ฝุ่นละอองจากการก่อสร้าง
 (C) ฝุ่นละอองจากเครื่องยนต์เบนซิน (D) ฝุ่นละอองจากโรงไฟฟ้า
 (E) ฝุ่นดิน

4.3.2 ลักษณะทางสัณฐานและองค์ประกอบธาตุของฝุ่น PM10 จากบริเวณที่ทำการศึกษา

1) บริเวณโรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์

การศึกษาลักษณะทางสัณฐานและองค์ประกอบธาตุจากเครื่องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบสแกนจากการเก็บตัวอย่าง บริเวณโรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ภาพฝุ่นละอองโดยรวม เมื่อใช้กำลังขยาย 2500 เท่า พบลักษณะของฝุ่นละอองลักษณะต่าง ๆ และองค์ประกอบของธาตุดังรูปที่ 4.8A

จากภาพถ่ายที่ได้จากการศึกษาในรูปที่ 4.8A พบว่า บริเวณโรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์ ฝุ่นละออง PM10 ที่พบ มีสัณฐานแบบต่าง ๆ กัน สัณฐานโดยส่วนใหญ่พบว่ามีลักษณะเดียวกันกับสัณฐานของเครื่องยนต์เบนซิน คือจะมีลักษณะการจับตัวกันแบบหลวม ๆ เป็นก้อนฟู มองดูนุ่มนวล มีรูพรุน คล้ายฟองน้ำ มีขนาดไม่เกิน 5 ไมครอน (อนุภาค A) นอกจากนี้ยังพบว่าบางอนุภาคมีลักษณะเป็นแผ่นเรียบ มีความหนาแน่นของพื้นผิว ไม่มีรูพรุน เป็นอนุภาคที่ไม่ได้เกิดจากการจับตัวกัน ขนาดประมาณ 8-9 ไมครอน ซึ่งเป็นลักษณะเดียวกันกับสัณฐานของฝุ่นละอองที่มาจากอาคารก่อสร้าง (อนุภาค B) สำหรับอนุภาค C ที่เห็นในภาพ ลักษณะสัณฐานคล้ายกับอนุภาคของเครื่องยนต์เบนซิน แต่มีขนาดใหญ่กว่า ลักษณะของอนุภาคจะฟู ไม่มีสัณฐานที่แน่นอน จึงน่าที่จะเป็นลักษณะสัณฐานของอนุภาคที่มาจากเครื่องยนต์เบนซิน และจากการทบทวนเอกสารการวิจัยของ Linda และ Hooper ในปี 1997 พบลักษณะสัณฐานของฝุ่นดิน มีลักษณะเป็นเดียวกันกับอนุภาค D คือ สัณฐานเป็นก้อน ไม่เป็นรูปเรขาคณิต อนุภาคมีความหนาแน่น ไม่ยึดหยุ่น

เมื่อพิจารณาคุณสมบัติของธาตุ ๆ ในภาพโดยรวมของพื้นที่จากการตรวจวัดฝุ่นละอองบริเวณโรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์ พบว่า มีธาตุ คาร์บอน ออกซิเจน โซเดียม แมกนีเซียม อลูมิเนียม ซิลิกา ซัลเฟอร์ คลอรีน โบแทสเซียม แคลเซียม โดยมีปริมาณ คาร์บอนร้อยละ 37.97 รองลงมาคือซิลิกา ร้อยละ 23.16 ออกซิเจนร้อยละ 17.96 แคลเซียมร้อยละ 7.34 ซึ่งธาตุทั้ง 4 ชนิดนี้จะมีปริมาณที่สูงกว่าธาตุตัวอื่นๆ อย่างชัดเจน จากองค์ประกอบธาตุที่ได้จึงมีความสอดคล้องกับลักษณะสัณฐานที่พบ คือ ในฝุ่นละอองที่มาจากเครื่องยนต์เบนซิน และดีเซล ธาตุหลักๆ ที่พบ จะเป็นคาร์บอน ออกซิเจน และซิลิกา สำหรับฝุ่นละอองที่มาจากอาคารก่อสร้าง ก็จะมีธาตุแคลเซียม และซิลิกอน เป็นส่วนประกอบหลัก และฝุ่นดินก็จะมีปริมาณซิลิกอนอยู่ค่อนข้างสูง ซึ่งมีความสอดคล้องกับการศึกษาฝุ่นละอองที่ทราบแหล่งกำเนิดชนิดต่างๆ แล้ว

และรูปที่ 4.9A แสดงฝุ่นละอองที่มาจากอาคารก่อสร้าง พร้อมด้วยองค์ประกอบธาตุ ที่พบจากการศึกษาในบริเวณโรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย จะพบว่าเมื่อองค์ประกอบธาตุหลักคือ แคลเซียม คาร์บอน ออกซิเจน และซิลิกา ซึ่งเป็นองค์ประกอบธาตุที่พบในฝุ่นที่มาจากอาคารก่อสร้าง สำหรับธาตุอื่นๆ ที่ปรากฏ เนื่องมาจากฝุ่นก่อสร้างที่พบมีอนุภาคฝุ่นละอองชนิดอื่นๆ เกาะอยู่โดยเฉพาะฝุ่นละอองที่มาจากกาเผาไหม้ของเชื้อเพลิงของเครื่องยนต์ จึงทำให้พบธาตุอื่นๆ ด้วย และรูปที่ 4.10C แสดงลักษณะทางสัณฐานของฝุ่นละอองที่มาจากเครื่องยนต์เบนซินที่ตรวจพบ

2) บริเวณวงเวียน 22 กรกฎาคม

ผลการศึกษาดูอย่างฝุ่นละออง PM10 บริเวณวงเวียน 22 กรกฎาคม โดยภาพถ่าย Scanning Electron Micrograph ที่กำลังขยาย 1000 เท่า และสเปกตรัมขององค์ประกอบธาตุ จากรูปที่ 4.8B เมื่อพิจารณาเพียงฝุ่นละอองที่มีขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน พบว่าฝุ่นละอองโดยส่วนใหญ่มีลักษณะเป็นปุย จับตัวกันแบบหลวม ๆ เป็นก้อนที่ไม่เป็นรูปทรงเรขาคณิต กระจายอยู่ทั่วไป มีขนาดเล็กกว่า 5 ไมครอน และขนาดประมาณ 8-9 ไมครอน ซึ่งมีลักษณะเช่นเดียวกับฝุ่นละอองที่มาจากเครื่องยนต์เบนซิน และดีเซลเป็นส่วนใหญ่ นอกจากนี้ยังพบฝุ่นละอองที่มีขนาดใหญ่ใกล้เคียง 10 ไมครอน ที่มีสัณฐานเป็นก้อนแข็ง ไม่เป็นปุย มีความหนาแน่นของเนื้ออนุภาคเช่นเดียวกับฝุ่นดิน อีกด้วย

เมื่อพิจารณาดูสเปกตรัมขององค์ประกอบธาตุ พบธาตุต่างๆ ดังนี้คือ คาร์บอน ออกซิเจน โซเดียม แมกนีเซียม อลูมิเนียม ซิลิกา ฟอสฟอรัส ซัลเฟอร์ คลอรีน โบรอน แคลเซียม เหล็ก ทองแดงและสังกะสี โดยมีปริมาณคาร์บอนถึง ร้อยละ 59.58 รองลงมาคือ ออกซิเจน สำหรับธาตุชนิดอื่นๆ มีปริมาณอยู่ไม่เกินร้อยละ 1

จากการพิจารณาดูชนิดของธาตุที่พบจึงมีความสอดคล้องกับลักษณะทางสัณฐานที่พบ คือฝุ่นละอองที่มาจากเครื่องยนต์ดีเซลและเบนซินจะมีส่วนประกอบเป็นธาตุ คาร์บอน ออกซิเจน ซัลเฟอร์ แคลเซียม อลูมิเนียม ซิลิกา และเหล็กผสมอยู่รวมกัน ส่วนฝุ่นดินนั้นจะมีซิลิกา และแคลเซียม เป็นตัวหลักๆ

เมื่อนำฝุ่นละอองที่มีลักษณะเดียวกันกับฝุ่นละอองที่มาจากเครื่องยนต์เบนซิน ที่พบบริเวณวงเวียน 22 กรกฎาคม มาศึกษาลักษณะทางสัณฐาน และองค์ประกอบธาตุ ได้ดังรูปที่ 4.9B และสำหรับรูปที่ 4.9C แสดงลักษณะสัณฐานและองค์ประกอบธาตุของฝุ่นละอองที่มีลักษณะเดียวกันกับฝุ่นดิน ที่พบในบริเวณวงเวียน 22 กรกฎาคม

3) บริเวณกรมขนส่งทางบก

ลักษณะทางสัณฐานของฝุ่นละออง PM10 โดยภาพรวม ที่พบบริเวณ กรมขนส่งทางบก จากภาพถ่าย Scanning Electron Micrograph ที่กำลังขยาย 1500 เท่า พบว่าส่วนใหญ่จะเป็นฝุ่นละอองที่มีลักษณะเดียวกับฝุ่นละอองที่มาจากเครื่องยนต์ดีเซล ซึ่งอนุภาคของฝุ่นละอองมีลักษณะเป็นปุย เป็นก้อนที่ไม่เป็นรูปทรงเรขาคณิต จับตัวกันขนาด 8-10 ไมครอน กระจายอยู่ทั่วไปเป็นส่วนใหญ่ และฝุ่นละอองที่มาจากเครื่องยนต์เบนซิน มีลักษณะเป็นปุยที่จับตัวกันเป็นก้อนเช่นเดียวกัน แต่อนุภาคมีขนาดเล็กกว่า 5 ไมครอน นอกจากนี้ยังพบฝุ่นละอองที่ มาจากการก่อสร้าง ซึ่งมีลักษณะสัณฐานเป็นก้อน พื้นผิวอนุภาคจะเรียบ มีขนาด 9-10 ไมครอน

สำหรับองค์ประกอบธาตุที่พบ ได้แก่ คาร์บอน ออกซิเจน โซเดียม แมกนีเซียม อลูมิเนียม ซิลิกา ซัลเฟอร์ คลอรีน โปแตสเซียม แคลเซียม เหล็กและสังกะสี โดยมีปริมาณคาร์บอนอยู่ถึงร้อยละ 60.55 รองมาคือออกซิเจน 23.42 แคลเซียมร้อยละ 4.90 ดังรูปที่ 4.8C

จากธาตุต่าง ๆ ที่พบจึงมีความสอดคล้องกับชนิดของฝุ่นละอองที่ได้จาก ลักษณะทางสัณฐานของฝุ่นละอองชนิดดีเซล เบนซินและที่มาจากอาคารก่อสร้างดังที่ปรากฏ เมื่อเปรียบเทียบกับสัณฐานและสเปกตรัมองค์ประกอบธาตุจากการศึกษาที่มาจากแหล่งกำเนิดโดยตรง

4) บริเวณหน้าเมืองทองธานี ถนนแจ้งวัฒนะ

ฝุ่นละออง PM10 ที่พบบริเวณแจ้งวัฒนะ จากการศึกษาโดยภาพถ่าย Scanning Electron Micrograph ที่กำลังขยาย 1000 เท่า ดังรูปที่ 4.8D มีลักษณะสัณฐานส่วนใหญ่เป็นฝุ่นละอองที่มีลักษณะเดียวกับฝุ่นละอองที่มาจากเครื่องยนต์ดีเซล ซึ่งมีลักษณะเป็นปุย มีความพรุน เกาะตัวกันแบบหลวม ๆ มีขนาด ประมาณ 9 – 10 ไมครอน นอกจากนี้ยังพบฝุ่นละอองที่มีลักษณะเดียวกับเครื่องยนต์เบนซิน ซึ่งคล้ายกับฝุ่นละอองจากเครื่องยนต์ดีเซล แต่มีขนาดเล็กกว่า คือ ต่ำกว่า 5 ไมครอน และจับตัวเป็นก้อนดูหนาแน่นมากกว่า

สำหรับองค์ประกอบธาตุที่พบ มีดังนี้คือ คาร์บอน ออกซิเจน แคลเซียม เหล็ก โซเดียม แมกนีเซียม อลูมิเนียม ซิลิกา ซัลเฟอร์ โปแตสเซียม โดยคาร์บอนปริมาณคาร์บอน มีสูงถึงร้อยละ 71.86 รองลงมาคือซิลิกา ร้อยละ 5.28 อลูมิเนียม 3.98 ซึ่งธาตุชนิดต่างๆ ที่พบส่วนใหญ่จะเป็นธาตุที่เป็นส่วนประกอบของเชื้อเพลิงจากปิโตรเลียมเป็นส่วนผสมของ ไฮโดรคาร์บอน จึงมีความสอดคล้องกับสัณฐานของฝุ่นละอองชนิดดีเซลและเบนซินที่พบ

และรูปที่ 4.10 B เป็นสัณฐานของฝุ่นละออง PM10 ที่มาจากเครื่องยนต์ดีเซลที่พบ บริเวณหน้าเมืองทองธานี ถนนแจ้งวัฒนะ

5) บริเวณจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

จากการศึกษาฝุ่นละออง PM10 บริเวณภาควิชาวิทยาศาสตร์ทั่วไป จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย จากภาพถ่าย Scanning Electron Micrograph ที่กำลังขยาย 1600 เท่า ดังรูปที่ 4.8 E ซึ่งสัณฐานฝุ่นละอองที่พบจะเป็นชนิดที่มีแหล่งกำเนิดมาจากเครื่องยนต์เบนซิน คือมีลักษณะเป็นปุย รวมตัวกันเป็นก้อน มีขนาดปริมาณไม่เกิน 5 ไมครอน มากกว่าฝุ่นละอองชนิดอื่นๆ เมื่ออยู่ในภาพถ่ายจะเห็นเป็นสีขาวสว่าง สำหรับปุยสีขาว ซึ่งมีขนาดประมาณ 8-10 ไมครอน น่าจะเป็นฝุ่นละอองที่มาจากเครื่องยนต์ดีเซล ซึ่งสัณฐานมีลักษณะเป็นปุย มีรูพรุน ซึ่งการจับตัวเป็นแบบหลวม ๆ และอีกประเภทหนึ่งที่พบ คือ ฝุ่นละอองที่มาจากการก่อสร้าง ซึ่งจะมีลักษณะเป็นแผ่นค่อนข้าง เรียบ อนุภาคไม่ได้เกิดจากการรวมตัวกัน มีสีเข้มกระจายอยู่ทั่วไป มีขนาดประมาณ 10 ไมครอน

เมื่อพิจารณาองค์ประกอบธาตุของฝุ่นละออง ที่พบบริเวณจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย พบธาตุคาร์บอน แคลเซียม ออกซิเจน วาเนเดียม เหล็ก โซเดียม แมกเนเซียม อลูมิเนียม ซิลิกา ซัลเฟอร์ โปแตสเซียม แคลเซียม และ นิเกิล โดยธาตุคาร์บอนมีอยู่ร้อยละ 46.44 รองลงมาคือ ออกซิเจน ร้อยละ 38.01 ซัลเฟอร์ 4.14 โซเดียม 3.24 แคลเซียม 2.0 ซึ่งธาตุคาร์บอน ออกซิเจน และซัลเฟอร์เป็นตัวบ่งชี้ว่าเป็นฝุ่นละอองที่มาจากเชื้อเพลิงแก๊สโซลีน ส่วน แคลเซียม และซิลิกา เป็นธาตุที่สำคัญในฝุ่นละอองที่มาจากอาคารก่อสร้าง

และสำหรับในรูปที่ 4.9D เป็นลักษณะทางสัณฐานและองค์ประกอบธาตุของฝุ่นละออง ชนิด ที่มาจากเชื้อเพลิงแก๊สโซลีน ซึ่งจะเป็นฝุ่นละอองที่มาจากเครื่องยนต์ดีเซล ซึ่งมีขนาดใหญ่กว่าเครื่องยนต์เบนซิน ดังแสดงในรูป สำหรับรูปที่ 4.9E เป็นลักษณะทางสัณฐานพร้อมด้วยสเปกตรัมองค์ประกอบธาตุของฝุ่นละอองที่มาจากอาคารก่อสร้าง ที่พบบริเวณจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยเช่นเดียวกัน

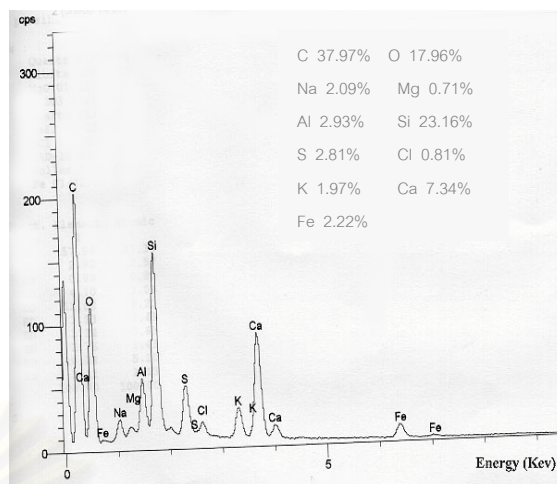
6) บริเวณมหาวิทยาลัยกรุงเทพ ศูนย์รังสิต

ผลการศึกษาลักษณะทางสัณฐานและองค์ประกอบธาตุ ของฝุ่นละออง PM10 บริเวณมหาวิทยาลัยกรุงเทพ ศูนย์รังสิต จากภาพถ่าย Scanning Electron Micrograph โดยใช้กำลังขยาย 1000 เท่า ดังภาพที่ 4.8F ฝุ่นละออง PM10 บริเวณนี้ ส่วนใหญ่จะเป็นฝุ่นที่มีลักษณะเดียวกับฝุ่นดิน คือ เป็นอนุภาคที่มีลักษณะเป็นก้อน ไม่เป็นรูปร่างชัดเจน มีสีเข้ม เนื่อ

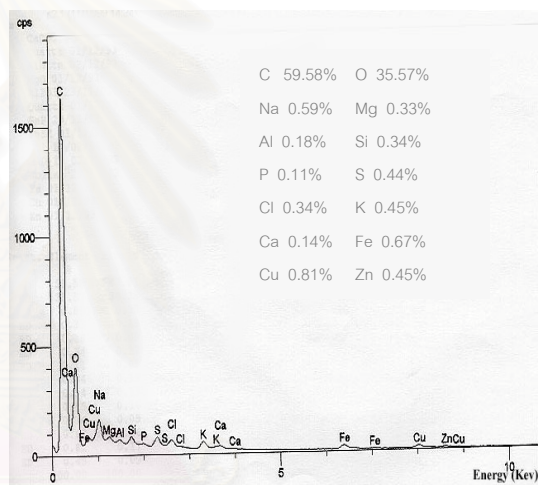
อนุภาคมีความหนาแน่น ไม่เป็นรูพรุน มีขนาดประมาณ 10 ไมครอน หรือมากกว่า และฝุ่นละอองอีกชนิดที่พบมาก คือ ฝุ่นละอองที่มาจากเครื่องยนต์ดีเซล จะมีลักษณะเป็นปุยสีขาว เกาะรวมตัวกันแบบหลวม ๆ มีขนาดประมาณ 7-10 และฝุ่นละอองที่มาจากเครื่องยนต์เบนซิน คือมีลักษณะคล้ายคลึงกับฝุ่นละอองที่มาจากเครื่องยนต์ดีเซล แต่มีขนาดเล็กกว่า

และเมื่อพิจารณาองค์ประกอบธาตุที่ได้ มีธาตุต่าง ๆ ดังนี้ คือ คาร์บอน ออกซิเจน โซเดียม แมกนีเซียม อลูมิเนียม ซิลิกา ซัลเฟอร์ คลอรีน โปแตสเซียม และ แคลเซียม โดยคาร์บอนมีอยู่ร้อยละ 37.03 ออกซิเจนร้อยละ 11.16 แคลเซียม ร้อยละ 16.96 ซิลิกา ร้อยละ 4.79 ซึ่งธาตุเหล่านี้เป็นธาตุหลักในฝุ่นละอองที่มาจากเครื่องยนต์แก๊สโซลีน และฝุ่นดิน

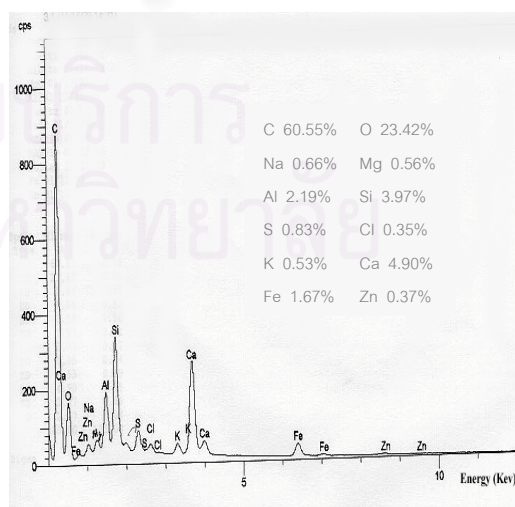
สำหรับรูปที่ 4.9F เป็นลักษณะทางสัณฐานและองค์ประกอบธาตุของฝุ่นดิน ที่พบบริเวณมหาวิทยาลัยกรุงเทพ ศูนย์รังสิต ซึ่งจะเห็นว่าปริมาณของซิลิกาสูงกว่าธาตุชนิดอื่นๆ



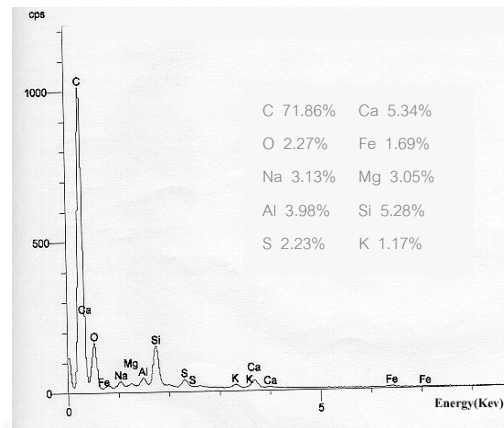
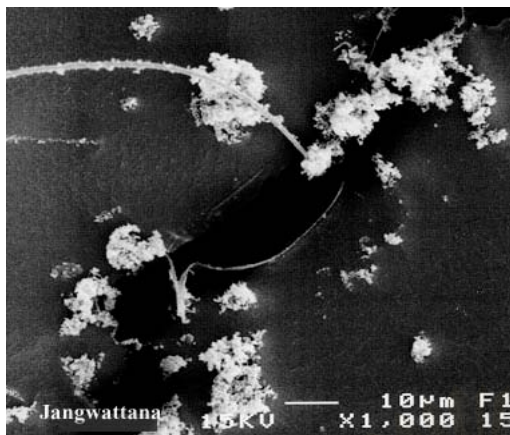
(A)



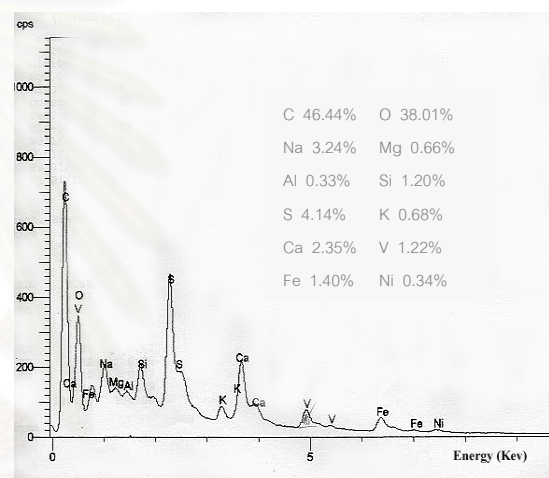
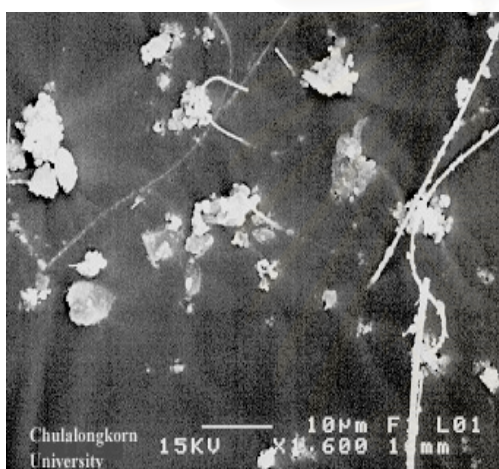
(B)



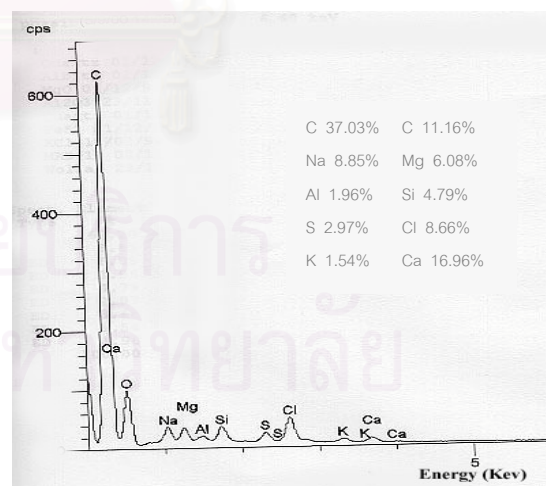
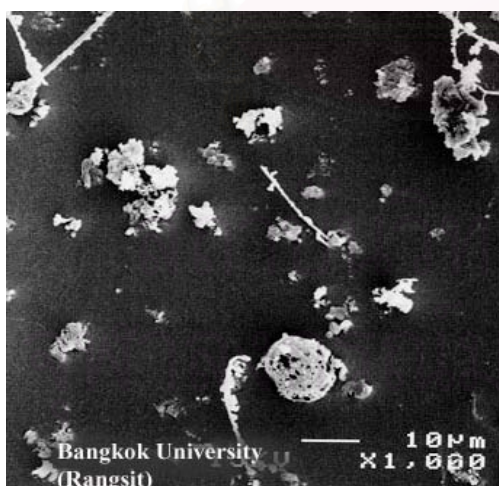
(C)



(D)



(E)



(F)

รูปที่ 4.8 ลักษณะทางสัณฐานและสเปกตรัมขององค์ประกอบธาตุของฝุ่นละอองบริเวณที่ทำการศึกษา

(A) โรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์

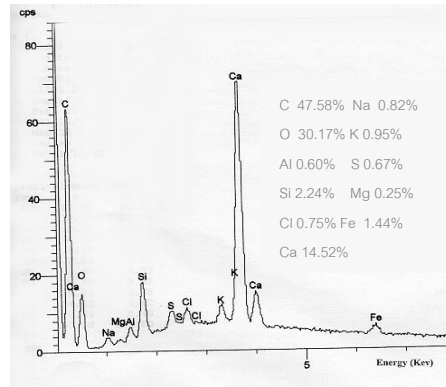
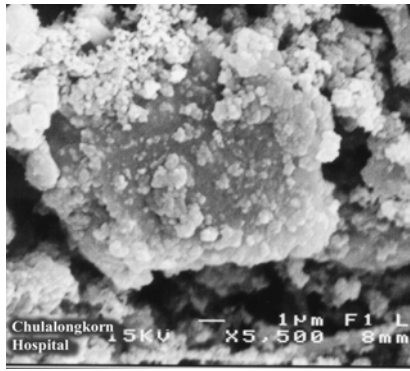
(B) วงเวียน 22 กรกฎาคม

(C) กรมขนส่งทางบก

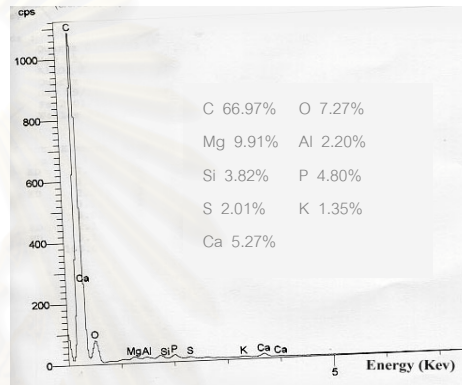
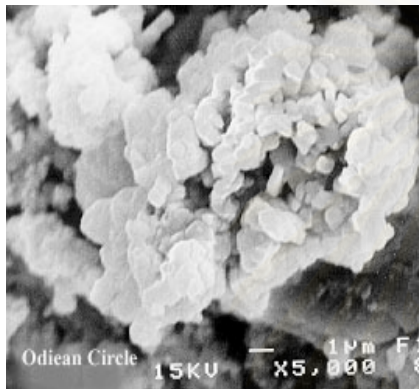
(D) หน้าเมืองทองธานี แจ้งวัฒนะ

(E) จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

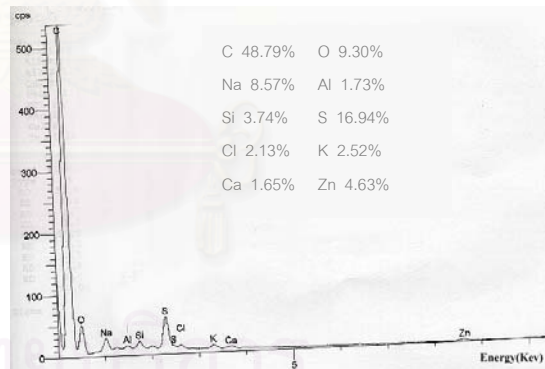
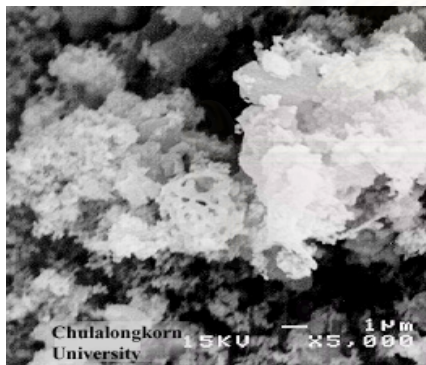
(F) มหาวิทยาลัยกรุงเทพ ศูนย์รังสิต



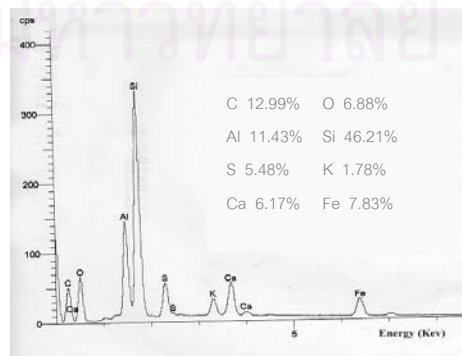
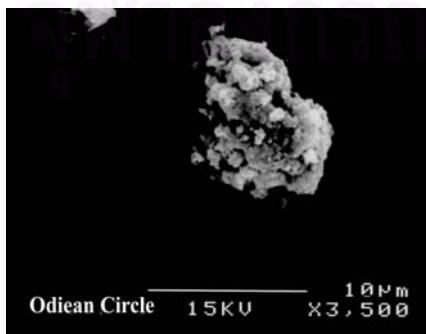
(A)



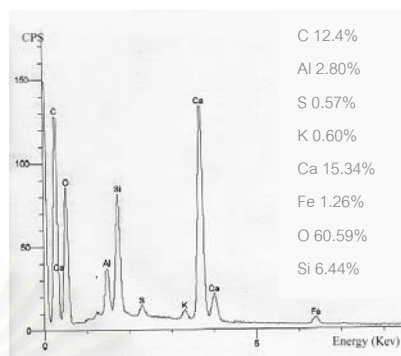
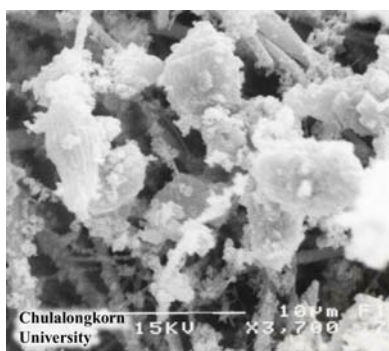
(B)



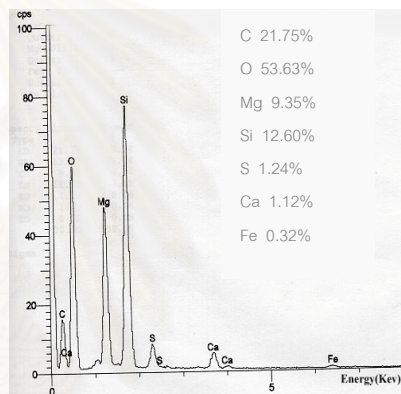
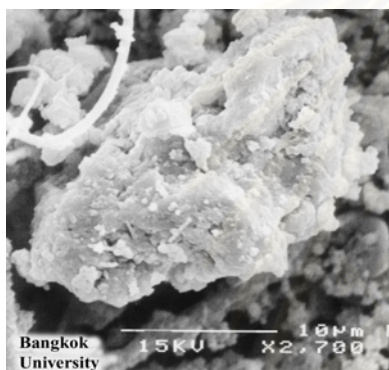
(C)



(D)



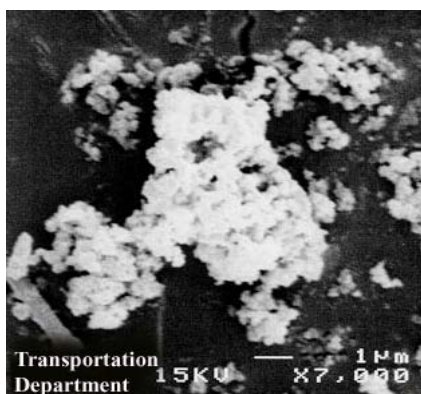
(E)



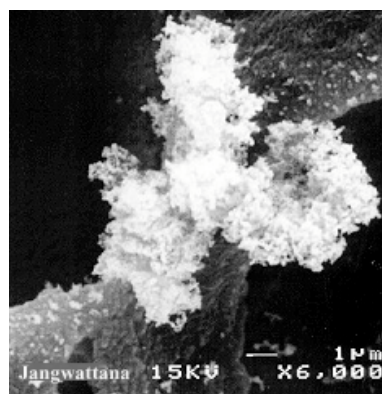
(F)

รูปที่ 4.9 ลักษณะทางสัณฐานและสเปกตรัมองค์ประกอบธาตุของฝุ่นละอองPM10 ชนิดต่าง ๆ

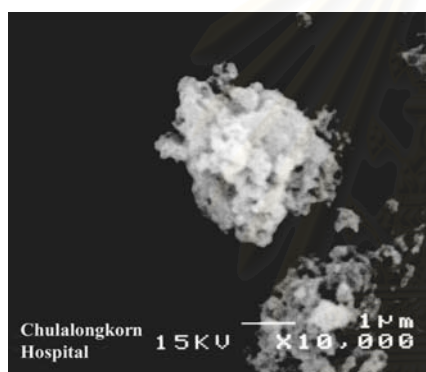
- (A) ฝุ่นละอองจากการก่อสร้าง บริเวณโรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์
- (B) ฝุ่นละอองจากเครื่องยนต์เบนซิน บริเวณวงเวียน 22 กรกฎาคม
- (C) ฝุ่นดิน บริเวณวงเวียน 22 กรกฎาคม
- (D) ฝุ่นจากเครื่องยนต์ดีเซลและเบนซิน บริเวณจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
- (E) ฝุ่นละอองจากการก่อสร้าง บริเวณจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
- (F) ฝุ่นดิน บริเวณมหาวิทยาลัยกรุงเทพ ศูนย์รังสิต



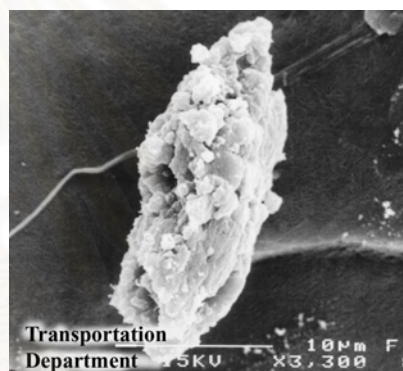
(A)



(B)



(C)



(D)

รูปที่ 4.10 ลักษณะทางสัณฐานของฝุ่นละออง PM10 ชนิดต่างๆ ในบริเวณที่ศึกษา

- (A) และ (B) เป็นฝุ่นละอองที่มาจากเครื่องยนต์ที่เซลจากบริเวณกรมขนส่งทางบก และบริเวณหน้าเมืองทองธานี แจ็งวัฒนะ ตามลำดับ
- (C) ฝุ่นละอองที่มาจากเครื่องยนต์เบนซิน บริเวณโรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์
- (D) ฝุ่นดิน บริเวณกรมขนส่งทางบก

4.4 ปริมาณความเข้มข้นของคาร์บอนอินทรีย์

จากการศึกษาปริมาณความเข้มข้นของคาร์บอนอินทรีย์ที่มีอยู่ในฝุ่นละออง PM10 จากการเก็บตัวอย่างบริเวณ วงเวียน 22 กรกฎาคม กรมขนส่งทางบก และจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในช่วงฤดูฝนและฤดูหนาว ได้ค่าความเข้มข้น ตั้งแต่ 12.59 – 49.00 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร (ตาราง ก.1, ภาคผนวก ก)

ปริมาณความเข้มข้นของคาร์บอนอินทรีย์ ที่ตรวจวัดในช่วงฤดูฝน มีค่าอยู่ระหว่าง 21.25 – 49.00 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ค่าสูงสุดอยู่ที่บริเวณวงเวียน 22 กรกฎาคม มีค่าเท่ากับ 49.00 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร และต่ำสุดที่บริเวณจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ซึ่งเท่ากับ 21.25 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร สำหรับ ในช่วงหนาว มีค่าอยู่ระหว่าง 12.59 – 39.71 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร มีค่าสูงสุดและต่ำสุดที่บริเวณเดียวกับในช่วงฤดูฝน

สำหรับปริมาณความเข้มข้นของคาร์บอนอินทรีย์ในแต่ละสถานี ในทั้ง 2 ฤดูกาลได้ผลดังตารางที่ 4.8

ตารางที่ 4.8 ปริมาณความเข้มข้นของคาร์บอนอินทรีย์ในช่วงฤดูฝนและฤดูหนาว

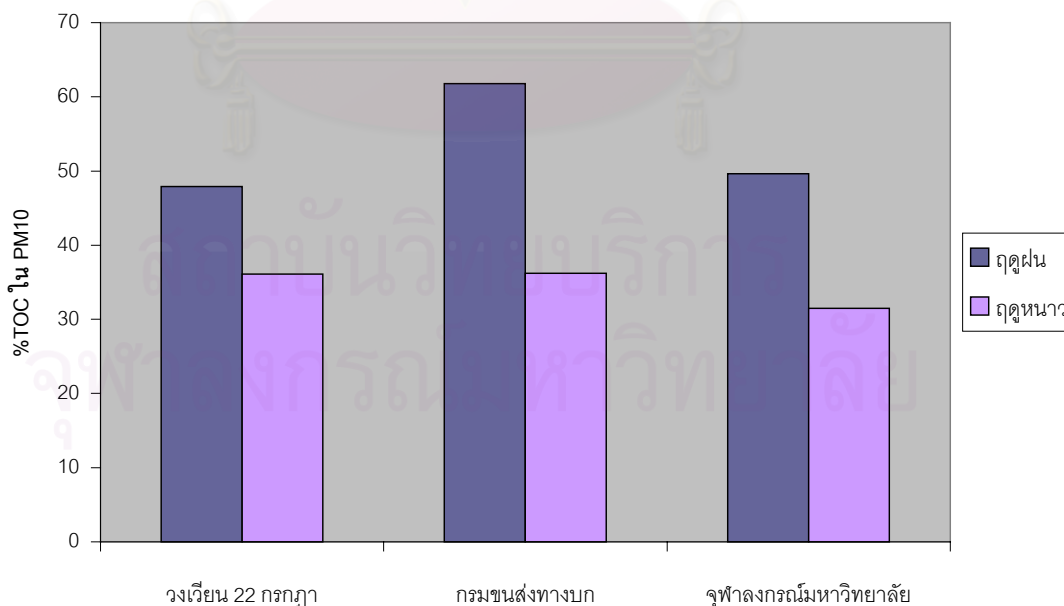
สถานี	ฤดูฝน			ฤดูหนาว		
	วันที่	ปริมาณ มค.ก/ลบ.ม	ค่าเฉลี่ย มค.ก/ลบ.ม	วันที่	ปริมาณ มค.ก/ลบ.ม	ค่าเฉลี่ย มค.ก/ลบ.ม
วงเวียน 22 กรกฎาคม	3/10/42	31.31		11/12/42	39.70	
วงเวียน 22 กรกฎาคม	6/10/42	49.00	40.16	17/12/42	37.21	38.46
กรมขนส่งทางบก	9/9/42	28.62		8/12/42	22.34	
กรมขนส่งทางบก	18/9/42	33.13	30.42	14/12/42	29.56	25.95
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	30/9/42	21.40		11/1/43	17.56	
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	5/10/42	24.69	23.04	13/1/43	12.59	15.08

จากตารางที่ 4.8 พบว่าความเข้มข้นเฉลี่ยของคาร์บอนอินทรีย์ในฝุ่นละออง PM10 ในช่วงฤดูฝนมีค่าเท่ากับ 31.21 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร และฤดูหนาวมีค่าเท่ากับ 26.49 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร โดยบริเวณวงเวียน 22 กรกฎาคม มีค่าสูงที่สุดทั้ง 2 ช่วงฤดูกาล และบริเวณจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยมีค่าต่ำสุดในทั้ง 2 ช่วงฤดูกาลเช่นกัน และในช่วงฤดูฝนพบว่าความเข้มข้นของคาร์บอนอินทรีย์จะมีค่ามากกว่าในช่วงฤดูหนาวในทุกสถานีที่ตรวจวัดอีกด้วย

อย่างไรก็ตาม เมื่อนำค่าปริมาณสารคาร์บอนอินทรีย์ไปคำนวณหาร้อยละที่มีอยู่ในฝุ่นละออง PM10 พบว่าบริเวณกรมขนส่งทางบกมีร้อยละของคาร์บอนอินทรีย์ในฝุ่นละออง PM10 สูงที่สุด มีค่าร้อยละ 61.80 ส่วนในช่วงฤดูหนาวจะมีค่าใกล้เคียงกัน โดยกรมขนส่งทางบกมีค่าสูงที่สุด คือร้อยละ 36.22 และพิจารณาค่าเฉลี่ยโดยรวม ก็ยังคงพบว่าร้อยละของคาร์บอนอินทรีย์ในฝุ่นละออง PM10 ในช่วงฤดูฝนมีค่าสูงกว่าในช่วงฤดูหนาว ดังตารางที่ 4.9 และรูปที่ 4.11

ตารางที่ 4.9 ร้อยละของคาร์บอนอินทรีย์ในฝุ่นละออง PM10 ในฤดูฝนและฤดูหนาว

สถานที่	ฤดูฝน			ฤดูหนาว				
	วันที่	ปริมาณ PM10 มค.ก/ลบ.ม	ปริมาณ OC มค.ก/ลบ.ม	%OC ใน PM10	วันที่	ปริมาณ PM10 มค.ก/ลบ.ม	ปริมาณ OC มค.ก/ลบ.ม	%OC ใน PM10
วงเวียน 22 กรกฎาคม	3/10/42	67.60	31.31	46.32	11/12/42	108.16	39.70	36.71
วงเวียน 22 กรกฎาคม	6/10/42	98.92	49.00	49.54	17/12/42	104.84	37.21	35.49
กรมขนส่งทางบก	9/9/42	46.89	28.62	61.05	8/12/42	67.42	22.34	33.13
กรมขนส่งทางบก	18/9/42	52.95	33.13	62.56	14/12/42	75.17	29.56	39.32
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	30/9/42	44.35	21.40	48.25	11/1/43	52.04	17.56	33.73
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	5/10/42	48.41	24.69	51.00	13/1/43	43.07	12.59	29.23



รูปที่ 4.11 กราฟแสดงร้อยละของ OC ในฝุ่นละออง PM10 ใน 2 ช่วงฤดูกาล

4.5 การเปรียบเทียบการเก็บตัวอย่างฝุ่นละออง PM10 จาก High Volume Air Sampler ชนิด PM10 และ Personal Air Sampler

ปริมาณความเข้มข้นของฝุ่นละออง PM10 ที่ได้จากการเก็บตัวอย่างด้วยเครื่อง High Volume Air Sampler และ Personal Air Sampler ณ วัน เวลา และสถานที่เดียวกัน ได้ข้อมูลเป็นจำนวน 25 ตัวอย่าง ดังตารางที่ 4.10 เมื่อนำค่าที่ได้มาทดสอบทางสถิติว่าเครื่องมือทั้ง 2 ชนิดนี้มีประสิทธิภาพในการเก็บตัวอย่างเท่ากันหรือไม่ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 โดยใช้สถิติ Paired Sample T-Test ซึ่งจากการคำนวณได้ค่า T จากการคำนวณเท่ากับ 2.044 และค่า $T_{0.05}$ จากตารางการแจกแจง มีค่าเท่ากับ 2.064

ค่า T ที่ได้อยู่ในช่วง $-2.064 < 2.044 < 2.064$ ซึ่งค่าที่ได้ที่อยู่ในบริเวณที่ยอมรับว่าเครื่องมือทั้ง 2 ชนิดนี้มีประสิทธิภาพในการเก็บตัวอย่างที่เท่าเทียมกัน ที่ความเชื่อมั่น 95%

ตารางที่ 4.10 ปริมาณความเข้มข้นของฝุ่นละออง PM10 จาก High Volume Air Sampler ชนิด

PM10 และ Personal Air Sampler

ลำดับที่	ปริมาณ PM10 (มคก./ลบม)		ลำดับที่	ปริมาณ PM10 (มคก./ลบม)	
	hi_volume	Personal		Hi_volume	Personal
1	68.41	85.43	14	62.65	46.51
2	55.10	36.46	15	61.10	58.68
3	33.67	36.46	16	59.31	68.96
4	34.13	32.55	17	74.00	64.62
5	20.44	16.27	18	80.30	73.14
6	66.99	64.94	19	65.94	54.72
7	23.60	28.41	20	52.04	38.46
8	35.26	53.35	21	53.07	60.99
9	24.40	26.32	22	77.52	46.59
10	92.95	77.09	23	44.56	44.72
11	68.46	57.09	24	79.78	75.89
12	75.76	54.62	25	84.42	83.71
13	57.63	46.51			

เมื่อนำข้อมูลจากการเก็บตัวอย่างฝุ่นละออง PM10 จากเครื่องมือเก็บตัวอย่าง 2 ชนิดนี้ มาหาความสัมพันธ์ โดยการนำมาหาสมการถดถอย ให้แกน Y แทนค่าความเข้มข้นของปริมาณ ฝุ่นละออง PM10 ที่ได้จากการเก็บตัวอย่างด้วยเครื่อง High Volume Air Sampler ชนิด PM10 และ X แทนค่าความเข้มข้นของปริมาณฝุ่นละออง PM10 ที่ได้จากการเก็บตัวอย่างด้วยเครื่อง Personal Air Sampler

$$Y = a + bx$$

โดย a คือค่าที่ตัดแกน Y ของสมการ และ b คือ ค่าความชันของเส้นตรง

จากการหาค่าความสัมพันธ์ของสมการเส้นถดถอยโดยวิธี Linear Regression จากโปรแกรม SPSS ของผลการศึกษานี้ ได้ค่า R เท่ากับ 0.824 แสดงว่าฝุ่นละออง PM10 ที่เก็บจากเครื่องมือ 2 ชนิดนี้มีความสัมพันธ์กันดี และแปรตามกันเนื่องจากมีค่าเป็นบวก สำหรับค่า R^2 มีค่าเท่ากับ 0.665 ซึ่งหมายความว่าร้อยละ 66.5 ของการแปรผันในค่าของ Y เป็นผลเนื่องมาจากการมีความสัมพันธ์เชิงเส้นกับตัวแปร X หรือตัวแปรสองชนิดนี้มีความสัมพันธ์กันร้อยละ 66.5 ดังนั้นจึงมีความน่าเชื่อถือที่จะนำตัวแปร X มาพยากรณ์ตัวแปร Y และจากการทดสอบทางสถิติได้ค่าการถดถอยเชิงเส้นดังตารางที่ 4.11

ตารางที่ 4.11 ค่าการถดถอยเชิงเส้นของฝุ่นละออง PM10 ที่เก็บโดยเครื่อง High Volume Air Sampler ชนิด PM10 และ Personal Air Sampler

	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	T	Sig.
	B	Std. Error	Beta		
Constant	9.809	7.313		1.341	0.193
PM10 จาก Hi-Volume Air Sampler	0.905	0.130	0.824	6.968	0.000

จากตารางที่ 4.11 พิจารณาความสัมพันธ์ที่ความเชื่อมั่น 80 % ค่าคงที่ที่ตัดแกน Y มีค่าเท่ากับ 9.809 และความชันของเส้นตรงมีค่าเท่ากับ 0.905 และค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยของตัวแปร Y ได้ค่า Sig. เท่ากับ 0 ซึ่งมีค่าน้อยกว่า 0.05 หมายความว่าค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยของตัวแปร Y มีความสัมพันธ์กับตัวแปร X ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.2 สำหรับค่าคงที่ที่ตัด

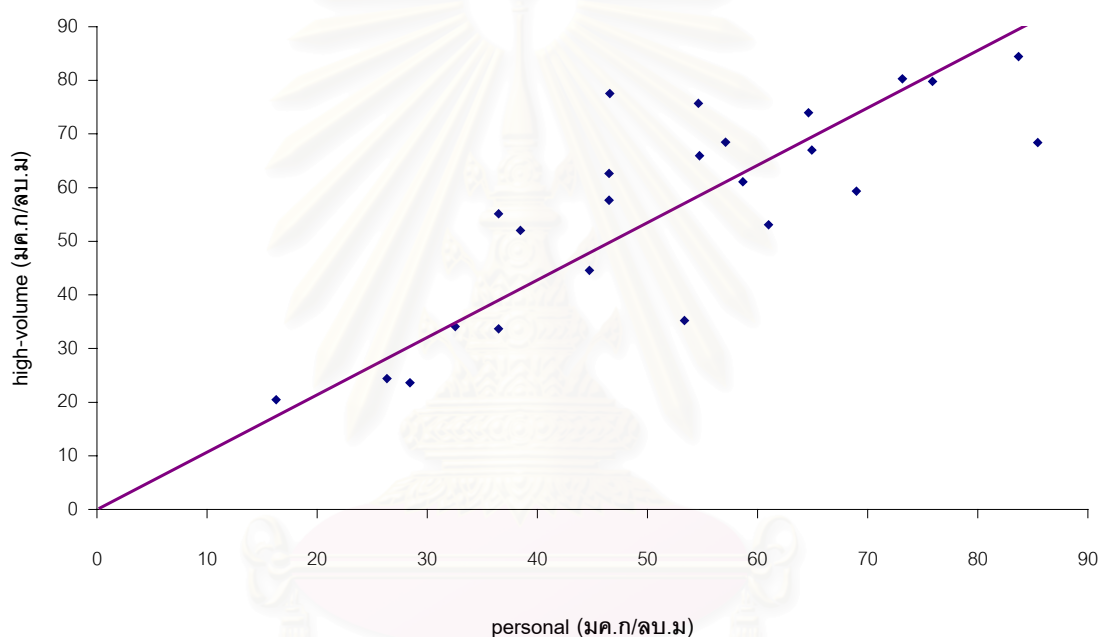
แกน Y มีค่า Sig. เท่ากับ 0.193 ซึ่งมีค่าน้อยกว่า 0.2 จึงมีความสัมพันธ์ ดังนั้นสามารถนำค่าต่าง ๆ ที่ได้มาเขียนสมการเส้นถดถอยได้ดังนี้ คือ

$$Y = 0.91X + 9.81$$

หรือสามารถให้สมการผ่านจุดกำเนิด มีจุดตัดแกนเป็น (0,0) ซึ่งจะทำให้ได้สมการดังนี้

$$Y = 1.07X$$

เมื่อ Y คือความเข้มข้นของฝุ่น PM10 จากเครื่อง High Volume Air Sampler
X คือความเข้มข้นของฝุ่น PM10 จากเครื่อง Personal Air Sampler



รูปที่ 4.12 กราฟความสัมพันธ์ของการเก็บตัวอย่างฝุ่นละออง PM10 โดย High Volume Air Sampler และ Personal Air Sampler

จะเห็นได้ว่าปริมาณฝุ่น PM10 ที่เก็บจาก High Volume Air Sampler จะมีปริมาณมากกว่า ที่เก็บจาก Personal Air Sampler ตามสมการที่ได้ และจากการหาค่าความคาดเคลื่อนของการแทนค่าปริมาณฝุ่น PM10 ที่เก็บจาก Personal Air Sampler เพื่อไปพยากรณ์ค่าปริมาณฝุ่น PM10 จากการเก็บตัวอย่างโดย High Volume Air Sampler ในสมการ พบว่ามีค่าความผิดพลาด 15.71 %

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

5.1.1 ปริมาณความเข้มข้นของฝุ่นละออง PM10

1) ปริมาณฝุ่นละออง PM10 ในแต่ละบริเวณที่ทำการศึกษา

จากผลการตรวจวัดปริมาณความเข้มข้นของฝุ่นละออง PM10 จากสถานีตรวจวัดทั้ง 6 แห่ง คือ โรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์ วงเวียน 22 กรกฎาคม กรมขนส่งทางบก หน้าเมืองทองธานี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย และมหาวิทยาลัยกรุงเทพ ศูนย์รังสิต โดยทำการตรวจวัดในช่วงฤดูฝน และฤดูหนาว พบว่าบริเวณหน้าเมืองทองธานี ถนนแจ้งวัฒนะ มีปริมาณฝุ่นละออง PM10 โดยเฉลี่ยสูงที่สุดคือ 136.34 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ซึ่งเป็นบริเวณเดียวที่ค่าความเข้มข้นเกินมาตรฐานฝุ่นละออง PM10 ในบรรยากาศ รองลงมาคือ ที่โรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์ วงเวียน 22 กรกฎาคม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย และ มีค่าต่ำสุดที่บริเวณมหาวิทยาลัย กรุงเทพ ศูนย์รังสิต มีค่าเท่ากับ 53.52 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร

จากผลการศึกษาที่ได้จะเห็นได้ว่าในบริเวณหน้าเมืองทองธานี โรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์ และ กรมขนส่งทางบกจะได้รับผลกระทบจากฝุ่นละออง PM10 มาก เนื่องจากบริเวณที่เก็บตัวอย่างฝุ่นละอองเป็นบริเวณริมถนน หรือ Road Site ซึ่งจะอยู่ติดกับถนนหลักมาก ฝุ่นละออง PM10 ส่วนใหญ่จึงมาจากการจราจร โดยเฉพาะบริเวณหน้าเมืองทองธานี ซึ่งเป็นเขตติดต่อกับกรุงเทพมหานคร มีปริมาณฝุ่นละอองเกินมาตรฐานที่กำหนดไว้ เนื่องจากบริเวณนั้นปริมาณรถหนาแน่น จากการใช้รถเพื่อเข้ามาทำงานในกรุงเทพมหานคร และกลับบ้านในตอนเย็น โดยเฉพาะช่วงเช้าและช่วงเย็น ซึ่งไม่มีระบบขนส่งอื่นๆ เช่น รถไฟฟ้า หรือรถไฟใต้ดิน เพื่อหลีกเลี่ยงการใช้เส้นทางบกท้องถนน นอกจากนี้ยังเป็นเส้นทางที่รถบรรทุกสามารถผ่านได้ ซึ่งแตกต่างจากบริเวณภายในกรุงเทพมหานคร สำหรับบริเวณจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย และมหาวิทยาลัยกรุงเทพ ศูนย์รังสิต ได้รับผลกระทบจากฝุ่นละออง PM10 น้อยกว่า 3 จุดแรก เนื่องจากว่าบริเวณที่ทำการศึกษา อยู่ห่างจากถนนหลักเกินกว่า 100 เมตร ซึ่งถือว่าเป็นพื้นที่ทั่วไป (Ambient Air) ทำให้ปริมาณฝุ่นละออง PM10 เจือจางกว่า ฝุ่นละอองที่ตรวจพบจึงน่าจะมาจากการทำกิจกรรมต่าง ๆ มากกว่าการจราจร แต่ถึงแม้ว่า 2 บริเวณนี้จะอยู่ห่างจากถนนหลักมากเหมือนกัน แต่ปริมาณฝุ่นละออง PM10 ที่ตรวจวัดได้จากจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยก็มีปริมาณมากกว่า เนื่อง

จากอยู่ในเขตใจกลางเมืองซึ่งมีกิจกรรม และระบบขนส่งจากการใช้ยานพาหนะต่าง ๆ เป็นจำนวนมาก จึงทำให้มีการปลดปล่อยฝุ่นละอองออกมาในปริมาณที่มากขึ้น

2) ปริมาณฝุ่นละออง PM10 ในแต่ละฤดูกาล

ปริมาณฝุ่นละออง PM10 ในช่วงฤดูฝนจะมีปริมาณน้อยกว่าในช่วงฤดูหนาว อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% เนื่องจากการที่มีฝนตกในช่วงฤดูฝน ทำให้เกิดการชะล้างของฝุ่นละอองที่แขวนลอยในอากาศ จากน้ำฝน ปริมาณฝุ่นที่ตรวจวัดได้จึงลดน้อยลงกว่าในช่วงฤดูหนาว ถึงแม้ว่าการทำกิจกรรมต่าง ๆ ที่ทำให้เกิดการปล่อยของฝุ่นละอองยังคงมีอยู่เหมือนกัน นอกจากนี้จากสภาพทางอุตุนิยมวิทยา ในช่วงฤดูหนาวจะมีความกดอากาศที่ต่ำกว่าในช่วงฤดูฝน จากอิทธิพลของลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ ทำให้การกระจายตัวของอนุภาคต่าง ๆ ในอากาศมีน้อยกว่า จึงเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่ส่งเสริมให้ปริมาณฝุ่นละออง PM10 ในช่วงฤดูหนาวมีค่ามากกว่าในช่วงฤดูฝนอีกด้วย

5.1.2 ความสัมพันธ์ระหว่างฝุ่นละออง PM10 กับฝุ่นละออง TSP

ผลการศึกษาฝุ่นละออง TSP พบว่าจุดตรวจวัดที่อยู่บริเวณริมถนน จะได้รับผลกระทบจากฝุ่นละอองชนิดนี้มากกว่าบริเวณที่อยู่ห่างไกลจากถนนหลักออกไป และปริมาณฝุ่นละอองในช่วงฤดูฝนจะมีปริมาณน้อยกว่าในช่วงฤดูหนาว เช่นเดียวกับฝุ่นละออง PM10

จากการศึกษาสัดส่วนการกระจายตัวของฝุ่นละออง PM10 ในฝุ่นละออง TSP สรุปได้ว่าอัตราการกระจายตัวของฝุ่น PM10 นั้นไม่ได้มีค่าแปรผันตามอัตราเดียวกันในทุก ๆ สถานที่ แต่จะมีความเฉพาะแตกต่างกันออกไป อย่างไรก็ตามส่วนใหญ่อัตราการกระจายตัวของฝุ่นละออง PM10 ก็มีแนวโน้มที่กระจายอยู่ในฝุ่นละออง TSP มากกว่าร้อยละ 50 สรุปได้ว่าถ้าสัดส่วนของฝุ่นละออง PM10 ที่กระจายตัวอยู่ในฝุ่นละออง TSP มีค่าสูง ไม่ว่าจะปริมาณฝุ่นละออง TSP จะมีค่ามากหรือน้อย ย่อมแสดงว่าฝุ่นละออง TSP ชนิดนั้นส่วนใหญ่เป็นฝุ่นละออง PM10 ซึ่งย่อมมีผลกระทบต่อสุขภาพมนุษย์มาก

การหาความสัมพันธ์ระหว่างฝุ่นละออง PM10 และฝุ่นละออง TSP จากค่าสหสัมพันธ์ (Regression) ที่ช่วงความเชื่อมั่น 95% พบว่าฝุ่นละอองทั้งสองประเภทมีความสัมพันธ์กันถึงร้อยละ 90.7 และมีความสัมพันธ์ในเชิงเดียวกัน คือถ้าตัวแปรหนึ่งมีค่าสูง อีกตัว

แปรหนึ่งจะมีค่าสูงตาม และสามารถนำตัวแปรหนึ่งมาพยากรณ์อีกตัวแปรหนึ่ง โดยใช้สมการเส้นถดถอยดังนี้ คือ

$$Y = 0.58X$$

เมื่อ Y คือ ปริมาณฝุ่นละออง PM10 และ X คือฝุ่นละออง TSP

5.1.3 ชนิดของฝุ่นละออง PM10 จากการศึกษาลักษณะทางสัณฐานและองค์ประกอบธาตุ

- 1) ลักษณะทางสัณฐานและองค์ประกอบธาตุของฝุ่นละออง PM10 ชนิดต่าง ๆ โดยการศึกษาจากแหล่งกำเนิดโดยตรง

การศึกษาลักษณะทางสัณฐานและองค์ประกอบธาตุ ของฝุ่นละอองที่ทราบแหล่งที่มา 4 ชนิด คือ ฝุ่นละอองจากเครื่องยนต์ดีเซล เครื่องยนต์เบนซิน ฝุ่นละอองจากการก่อสร้าง และฝุ่นละอองจากโรงไฟฟ้า มีลักษณะทางสัณฐานและองค์ประกอบธาตุที่มีความเฉพาะเจาะจง แตกต่างกันตามแหล่งกำเนิดของมัน ทำให้สามารถแยกประเภทของฝุ่นละอองได้ดังนี้

ตารางที่ 5.1 ลักษณะทางสัณฐานและองค์ประกอบธาตุของฝุ่นละอองPM10 จากแหล่งกำเนิด

ชนิดฝุ่นละออง PM10	ลักษณะทางสัณฐาน	ขนาดอนุภาค (ไมครอน)	องค์ประกอบธาตุ
ฝุ่นจากเครื่องยนต์ดีเซล	เป็นปุย จับตัวกันแบบหลวมๆ มีรูพรุนมาก ไม่เป็นรูปทรงเรขาคณิต	7-10	C , O , Ca , Al , S , Si
ฝุ่นจากเครื่องยนต์เบนซิน	เป็นก้อนที่เกิดจากการรวมตัว เนื้อฟู มีรูพรุน คล้ายฟองน้ำ ไม่เป็นรูปทรงเรขาคณิต	4-5	C , O , Al , Si , S , Ca , Fe
ฝุ่นจากการก่อสร้าง	เป็นก้อนคล้ายรูปสี่เหลี่ยม เนื้ออนุภาคมีความหนาแน่น	8-10	Ca , Si , C , O
ฝุ่นดิน	เป็นก้อน ไม่เป็นรูปทรงเรขาคณิต เนื้ออนุภาคมีความหนาแน่น	≥ 10	Si , Ca , Fe , C , Al , S
ฝุ่นจากโรงไฟฟ้า	เป็นแผ่นบาง เรียบ ซ้อนทับกัน เนื้ออนุภาคเบาบาง	10	C , O , S

2) ลักษณะทางสัณฐานของฝุ่นละออง PM10 จากบริเวณที่ศึกษา

ผลการศึกษานิตของฝุ่นละออง PM10 ที่พบในบริเวณที่ทำการศึกษา สามารถแยกชนิดแหล่งกำเนิดของฝุ่นละอองได้ โดยการเปรียบเทียบลักษณะทางสัณฐานและองค์ประกอบธาตุกับผลการศึกษาในแหล่งกำเนิดโดยตรง สรุปได้ดังนี้คือ

- โรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์ พบฝุ่นละอองที่มาจากเครื่องยนต์เบนซินมากที่สุด รองลงมาคือฝุ่นละอองจากเครื่องยนต์ดีเซล ฝุ่นก่อสร้าง และฝุ่นดิน เนื่องจากบริเวณนี้กำลังมีการก่อสร้างรถไฟฟ้าใต้ดิน จึงเป็นสาเหตุให้พบฝุ่นละอองจากการก่อสร้าง และยังคงอยู่ภายในกลางธุรกิจทำให้เกิดฝุ่นละอองจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงของรถยนต์พาหนะ จากการจราจรด้วย
- วงเวียน 22 กรกฎาคม พบฝุ่นละอองที่มาจากเครื่องยนต์เบนซินและดีเซลเป็นส่วนใหญ่ และฝุ่นดิน บริเวณนี้เป็นย่านที่อยู่อาศัยจึงทำให้พบฝุ่นจากการจราจร และฝุ่นดิน ซึ่งเป็นฝุ่นปลิวในถนน
- กรมขนส่งทางบก พบฝุ่นละอองที่มาจากเครื่องยนต์เบนซิน ดีเซล และฝุ่นก่อสร้าง บริเวณนี้มีการก่อสร้างรถไฟฟ้าของบีทีเอส จึงทำให้เกิดการปล่อยฝุ่นละอองประเภทก่อสร้างออกมา แขนงลอยในบรรยากาศบริเวณนั้น
- หน้าเมืองทองธานี แจ้งวัฒนะ พบว่าส่วนใหญ่เป็นฝุ่นละอองที่มาจากเครื่องยนต์ดีเซล รองลงมาคือฝุ่นจากเครื่องยนต์เบนซิน บริเวณนี้เป็นเขตติดต่อกับกรุงเทพ การจราจรจึงคับคั่ง ทำให้เกิดฝุ่นละอองประเภทเหล่านี้มาก
- จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ฝุ่นละอองส่วนใหญ่เป็นฝุ่นละอองจากเครื่องยนต์เบนซิน รองลงมาคือฝุ่นก่อสร้าง และฝุ่นจากเครื่องยนต์ดีเซล เนื่องจากช่วงเวลาที่ทำการศึกษานั้น มีการก่อสร้างตึกบริเวณหน้าตึกจุลจักรพงษ์ จึงทำให้เกิดฝุ่นละอองชนิดก่อสร้างแขวนลอยในอากาศ นอกเหนือจากฝุ่นละอองที่มาจากการใช้รถยนต์ของบุคลากรในมหาวิทยาลัย
- มหาวิทยาลัยกรุงเทพ ศูนย์รังสิต ฝุ่นละอองที่พบโดยส่วนมากจะเป็นฝุ่นดิน รองมาเป็นฝุ่นละอองจากเครื่องยนต์ดีเซล และฝุ่นจากเครื่องยนต์เบนซิน ซึ่งบริเวณที่ทำการศึกษานั้นอยู่ในบริเวณที่ทำการตกแต่งสวนและสถานที่ของมหาวิทยาลัย มีการใช้รถบรรทุกเพื่อขนย้าย และอื่นๆ นอกจากนี้ยังเป็นเขตติดต่อบริเวณรกร้าง จึงทำให้พบฝุ่นละอองประเภทดินและดีเซลมากกว่าฝุ่นชนิดอื่น ๆ

5.1.4 คาร์บอนอินทรีย์ในฝุ่นละออง PM10

จากผลการทดลองพบว่าปริมาณของคาร์บอนอินทรีย์รวมในฝุ่นละออง PM10 ในช่วงฤดูหนาวมีค่าน้อยกว่าในช่วงฤดูฝน ซึ่งมีความสัมพันธ์ในเชิงตรงกันข้ามกับปริมาณฝุ่นละออง PM10 ที่เพิ่มขึ้นในฤดูหนาว อาจเนื่องจากในช่วงฤดูฝนมีความชื้นสูง ซึ่งเป็นปัจจัยเสริมให้พวกแบคทีเรีย จุลินทรีย์ ต่าง ๆ ในอากาศเพิ่มสูง ขึ้นทำให้อนุภาคในอากาศอาจถูกจับด้วยอนุภาคที่มาจากสารเหล่านี้ ทำให้ปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ในช่วงฤดูฝนมีค่ามากกว่าในช่วงฤดูหนาว และปริมาณการเพิ่มขึ้นของคาร์บอนอินทรีย์ ไม่ได้เป็นค่าคงที่ที่แน่นอนในทุกสถานที่ที่ทำการศึกษา แต่ละสถานที่มีสัดส่วนที่แตกต่างกันออกไป

5.1.5 ความสัมพันธ์ของการเก็บตัวอย่างฝุ่นละออง PM10 โดยเครื่อง High Volume Air Sampler ชนิด PM10 กับ Personal Air Sampler

การทดสอบทางสถิติพบว่า High Volume Air Sampler และ Personal Air Sampler มีประสิทธิภาพในอากาศเก็บอากาศที่เท่าเทียมกัน ที่ช่วงความเชื่อมั่น 95% สำหรับปริมาณฝุ่นละออง PM10 ที่ได้จากการเก็บตัวอย่างโดยเครื่องมือ 2 ชนิดนี้ที่ระดับนัยสำคัญ 0.2 มีความสอดคล้องกัน 65% และการหาค่าความสัมพันธ์ของสมการเชิงเส้นถดถอย ได้ค่าดังนี้ คือ

$$Y = 1.07X$$

เมื่อ Y และ X คือ ปริมาณฝุ่นละออง PM10 ที่เก็บโดย High Volume Air Sampler และ Personal Air Sampler ตามลำดับ

จากข้อสรุปนี้จึงมีความน่าเชื่อถือที่จะนำ Personal Air Sampler ไปเก็บตัวอย่างฝุ่นละออง PM10 เพื่อนำมาหาปริมาณความเข้มข้นโดยการปรับค่าปริมาณความเข้มข้นที่ได้จาก Personal Air Sampler ตามสมการที่ได้ โดยมีความผิดพลาด 15.71% หรือทำการศึกษาในด้านอื่น ๆ เช่น ศึกษาลักษณะทางสัณฐาน หรือ องค์ประกอบธาตุ เป็นต้น ซึ่งจะเป็นการลดรายจ่ายทั้งกระดาษกรองเก็บตัวอย่าง และการใช้ไฟฟ้า เนื่องจาก Personal Air Sampler สามารถใช้แบตเตอรี่ได้ นอกจากนี้ยังสะดวกในการขนย้ายอีกด้วย

5.2 อภิปรายผลการวิจัย

โดยสรุปแล้วฝุ่นละออง PM10 ที่พบในเขตกรุงเทพมหานคร ส่วนใหญ่จะเป็นฝุ่นละอองที่มีแหล่งกำเนิดมาจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงของเครื่องยนต์จากการจราจร และการก่อสร้างเป็นหลัก และอาจมีฝุ่นดิน หรือฝุ่นปลิวจากถนนรวมอยู่บ้าง สำหรับพื้นที่บริเวณริมถนนจะมีความหนาแน่น และเป็นฝุ่นละออง ที่น่าจะมีอันตรายกว่าบริเวณพื้นที่ทั่วไป โดยเฉพาะในบริเวณกรุงเทพมหานครส่วนใน ซึ่งได้รับผลกระทบฝุ่นละอองที่เกิดจากการปล่อยจากแหล่งกำเนิดจากการจราจรที่คับคั่ง และฝุ่นละอองที่เกิดจากการก่อสร้าง ทั้งการก่อสร้างตึก การขยายเส้นทางคมนาคมและ การก่อสร้างระบบการขนส่ง และฝุ่นจากการทำกิจกรรมอื่น ๆ แขนวลอยอยู่ในอากาศในปริมาณมาก

และสำหรับการศึกษาในครั้งนี้เป็นอีกวิธีหนึ่งที่สามารถหาชนิดของแหล่งกำเนิดของฝุ่นละออง PM10 ได้ ซึ่งเป็นวิธีการที่สะดวก ใช้เวลาน้อย สามารถนำผลการศึกษาที่ได้ไปควบคุมแหล่งกำเนิดของฝุ่นละอองชนิดต่าง ๆ ได้โดยตรง และสามารถใช้ภาพลักษณะทางสัญญาณและองค์ประกอบธาตุที่พบเป็นข้อยืนยัน ในกรณีที่เกิดการถกเถียงได้อีกด้วย

อย่างไรก็ตามปริมาณธาตุคาร์บอนที่ได้จากการศึกษาองค์ประกอบธาตุโดยเครื่อง EDX จากการศึกษานี้ อาจมีความคลาดเคลื่อนจากความเป็นจริง เนื่องจากตัวอย่างถูกติดลงบนเทปกาวยซึ่งมีองค์ประกอบของคาร์บอน จึงทำให้ปริมาณคาร์บอนบางส่วนที่ได้จึงมาจากเทปติดตัวอย่างชนิดนี้

5.3 ข้อเสนอแนะ

ปริมาณฝุ่นละออง PM10 ในปัจจุบันได้เป็นปัญหาหลักของมลพิษทางอากาศ โดยเฉพาะพื้นที่บริเวณริมถนน ซึ่งหลายหน่วยงานของรัฐได้ทำการตรวจวัด อย่างไรก็ตามฝุ่นละอองที่เป็นอันตรายต่อมนุษย์และอาจมากกว่าฝุ่น PM10 อีกชนิดหนึ่งก็คือ ฝุ่นละอองที่มีขนาดเล็กกว่า 2.5 ไมครอน จึงน่าที่จะมีการศึกษาทั้งปริมาณ และองค์ประกอบต่าง ๆ ที่อยู่ในฝุ่นชนิดนี้ด้วย

เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บตัวอย่างฝุ่นละอองในครั้งนี้ บางพื้นที่ใช้ High Volume Air Sampler และบางพื้นที่ใช้ Personal Air Sampler แต่โดยส่วนใหญ่แล้วจะใช้ High Volume Air Sampler เป็นหลัก อย่างไรก็ตามจากการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างการเก็บตัวอย่างฝุ่นละออง PM10 ด้วยเครื่องมือ 2 ชนิดนี้ พบว่าสามารถนำมาใช้แทนกันได้ จากผลการเส้นถดถอยที่ได้ มีความผิดพลาด 15.71% ที่ระดับนัยสำคัญ 0.02 ดังนั้นในการศึกษาปริมาณฝุ่นละอองในพื้นที่ที่มีความยากลำบากในการขนย้ายอุปกรณ์ หรือมีความไม่สะดวกในการใช้ไฟฟ้า ก็สามารถ ใช้ Personal Air Sampler เก็บตัวอย่างฝุ่นละอองแทนได้

สำหรับการศึกษาคั้งนี้ ได้เลือกชนิดฝุ่นละออง PM10 จากแหล่งกำเนิดโดย 5 ชนิด แม้ว่าฝุ่นละอองโดยทั่วไปอาจมีหลายประเภทที่เกิดจากการทำกิจกรรมต่าง ๆ ของมนุษย์ ผู้ที่สนใจทำการศึกษาลักษณะงานวิจัยที่คล้ายคลึงกับการศึกษาในคั้งนี้ ก็สามารถศึกษาชนิดของแหล่งกำเนิดชนิดอื่น ๆ นอกเหนือจาก 5 แหล่งนี้ได้ในการทำงานเดียวกัน เพื่อเป็นแนวทางในการป้องกันและแก้ไขฝุ่นละออง PM10 ที่มีผลต่อสุขภาพมนุษย์ต่อไป



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข . 2540 . ผลกระทบต่อสุขภาพอนามัยและแนวทางการแก้ไข .

ปัญหามลพิษทางอากาศ. หน้า13-36

กรมควบคุมมลพิษ กองการจัดการคุณภาพอากาศและเสียง . 2542 . สถานการณ์และการจัดการ

ปัญหามลพิษทางอากาศและเสียงปี 2539-2540 . หน้า12-21

กรมควบคุมมลพิษ กองการจัดการคุณภาพอากาศและเสียง . 2543 . สถานการณ์และการจัดการ

ปัญหามลพิษทางอากาศและเสียงปี 2541. หน้า 16-23

ชัชวาล จันทรวิจิตร . 2542 . ปัญหาฝุ่นละอองในกรุงเทพมหานคร . วารสารอนามัยสิ่งแวดล้อม , ปี
ที่ 4 ฉบับที่ 1 .

ดวงฤทัย บัวดวง . 2542. ผลของฝุ่นขนาดเล็กที่เข้าสู่ระบบทางเดินหายใจที่มีต่อสมรรถภาพปอด

ของตำรวจจราจรในเขตกรุงเทพมหานคร . วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต . สาขา
วิชาวิทยาศาสตร์สภาวะแวดล้อม บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย .

นันทิรา สรรพณี . 2541. เคมีสิ่งแวดล้อม . ภาควิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัย

ศิลปากร.

บริษัทเรเดียอินเตอร์เนชั่นแนล . 2541. การจัดทำกลยุทธ์ในการแก้ปัญหาฝุ่นละอองใน

กรุงเทพมหานคร. รายงานเสนอกรมควบคุมมลพิษ, กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี
และสิ่งแวดล้อม, กรุงเทพมหานคร, ประเทศไทย

บุญเรียง ขจรศิลป์ . 2542 . สถิติวิจัย . 3000 เล่ม . ครั้งที่ 7. กรุงเทพมหานคร . พีเอ็น การพิมพ์

มาริษา เพ็ญสุดภูมิปัญญากุล . 2542 . ฝุ่นจากการจราจร : กลไกการเกิดผลกระทบต่อสุขภาพ

วารสารอนามัยสิ่งแวดล้อม , ปีที่ 4 ฉบับที่ 6

วงศ์พันธ์ ลิ้มปเสนีย์ และคณะ . 2540 . มลภาวะอากาศ . สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วีระอนงค์ ประสพโชค . 2541 . ผลกระทบของฝุ่นพีเอ็ม-เท็น และฝุ่นซิลิกาที่มีผลต่อภาวะสุขภาพของระบบทางเดินหายใจของผู้ประกอบการสกัดหินและประชาชนที่อาศัยอยู่บริเวณใกล้เคียงในเขต จังหวัดสระบุรี . วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต . สหสาขาวิชาวิทยาศาสตร์ สภาวะแวดล้อม บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย .

เวคิน นพนิศย์ . 2529 . จุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบสแกน : การประยุกต์ทางวิทยาศาสตร์การแพทย์ . คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย .

วิวัฒน์ ตัณฑะพาณิชกุล . 2528 . มลภาวะอากาศ . สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี(ไทย-ญี่ปุ่น) .

ศุภชัย ศรีอภัยวิทย์ . 2542 . จุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบสแกนสำหรับงานด้านวัสดุศาสตร์ . จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย .

สมชัย บวรกิตติ และจอห์น พี ลอฟท์ส . 2540 . ผลกระทบต่อสุขภาพจากภาวะมลพิษทางอากาศในกรุงเทพมหานคร . สารศิริราชฉบับภาคผนวกเวชศาสตร์สิ่งแวดล้อม . หน้า 255-258 .

อรุณ ชาติพงษ์ . 2541 . การศึกษาปริมาณฝุ่นที่มีผลกระทบต่อระบบการหายใจ . รายงานการวิจัยสถาบันวิจัยสิ่งแวดล้อม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย .

อารี แก้วเขียว . 2540 . ผลกระทบมลพิษอากาศต่อสุขภาพ . วารสารอนามัยสิ่งแวดล้อม ปีที่ 2 ฉบับที่ 7 .

อุทัย ตียะวิสุทธิ์ศรี . 2535 . การวิเคราะห์ธาตุในฝุ่นจากอากาศโดยใช้เทคนิคการเรืองรังสีเอกซ์ . วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต . ภาควิชานิวเคลียร์เทคโนโลยี บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย .

อุมา เสวตสกุลานนท์ . 2540 . ผลของฝุ่นละอองที่มีต่ออัตราการซึมผ่านของสารเภสัชรังสี Tc-99m DTPA ของปอดตำรวจจราจรในกรุงเทพมหานคร . วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต . สหสาขาวิชาวิทยาศาสตร์สภาวะแวดล้อม บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย .

ภาษาอังกฤษ

- Alan w. Gertler, Douglas A. Lowenthal and William G. Coulombe . 1995 . PM10 Source Apportionment Study in Bullhead city,Arizona . Journal of Air & Waste Management. Association , Vol. 45. February : 75-82 .
- Christopher magon . 1990. Separation of antropogenic and natural emission of particulate heavy metals in the western mediteranean atmosphere . Atmospheric Environment , Vol. 24A No. 2 :399-405
- David A. Lynn. 1976 . Air pollution threath and response . (n.p.): Addison – Wesley publishing .
- Davis D.W. and Mcdougall .E.M . 1993 . Air particulates associated with ash whitely . Journal of Air & Waste Management , Vol.43 August .1116-1121.
- Gregory D. Wight . 1994 . Fundamentals of air sampling . (n.p.) : CRC Press inc .
- Henry C. Perkins . 1974 . Air pollution . Kogakusha : Mcgraw-Hill .
- Hathairatana Garivait . 1999 . A study on air pollution by air borne polycyclic aromatic Hydrocarbons (PAHs) in Bangkok urban atmosphere . Asian Institute of Technology School of Environment .
- Hueglin CH . , Kunzel S. and Burtscher H . 1997 . Characterization of wood combustion Particulate : Morphology, Mobility and Photoelectric activity. Environmental Science & Technology , Vol. 31 . No. 12 : 3439-3447.
- Jeffery.R.Brook , Tom F.Dann and Richard T. Burnett . 1997 . The Relationship Among TSP , PM10 , PM2.5 and Inorganic Constituents of Atmosphere Particulate Matter at Multiple Canadian Locations . Journal of Air & Waste Management. Association , Vol. 47 . January : 2-19 .
- James . P. Tomany . 1975 . Air pollution : the emission the regulations & the controls . American Elsevier publishing company .

- John B. Edwards. 1974. Combustion formation and emission of trace species , (n.p.) :
Ann Arbor science publishers .
- John H. Seinfeld . 1975 . Air pollution . (n.p.) : Library of congress cataloging
- John R. Holmes . 1994 . Key Organic Compound in Particulate Matter from Air pollution
source . Available from : www.arb.ca.gov/research.resnotes/94-19.html .
- Jose Agustin , Mariela Hermoso and et al. 1990 . Trace elements in the Venezuelan
Saannah atmosphere during dry and wet periods , with and without vegetation
burning . Atmospheric Environment , Vol. 24A . No.2 : 407-414
- Leyda Escalona and Eugenio Sanhueza . 1981 . Element analysis of the total suspended
matter in the air in downtown Caracas . Atmospheric Environment , Vol. 15 .
61-64
- Linda Y. Zou and Martin A. Hooper . 1997. Size – Resolved Airborne Particulate and
Their Morphology in central Jakata . Atmospheric Environment , Vol 31 (8):
1167-1172 .
- Mamane .Y , Miller L. and Dzubay T.G. 1986 . Characterization of individual fly ash
particles emitted from coal and oil-fired power pants. Atmospheric
Environment , Vol. 20 , No.11 : 2125-2135
- Mulawa and Patricia . 1997 . Effect of ambient temperature and E-10 fuel on primary
exhaust particulate matter emission from light-duty vehicles. Environmental
Science & Technology , vol. 31. May : 1302-7
- Peter O. Warner .1976 . Analysis of air pollutants . (n.p.) : John Wiley and Sons. Inc.
Canada . 2-21
- Paoletti . L and Diociaiuti M . 1991 . Quantitative analysis of airborne breathable
Particles : A comparison between different analytical techniques. Atmospheric
Environment , Vol. 25B , No.2 : 237-242

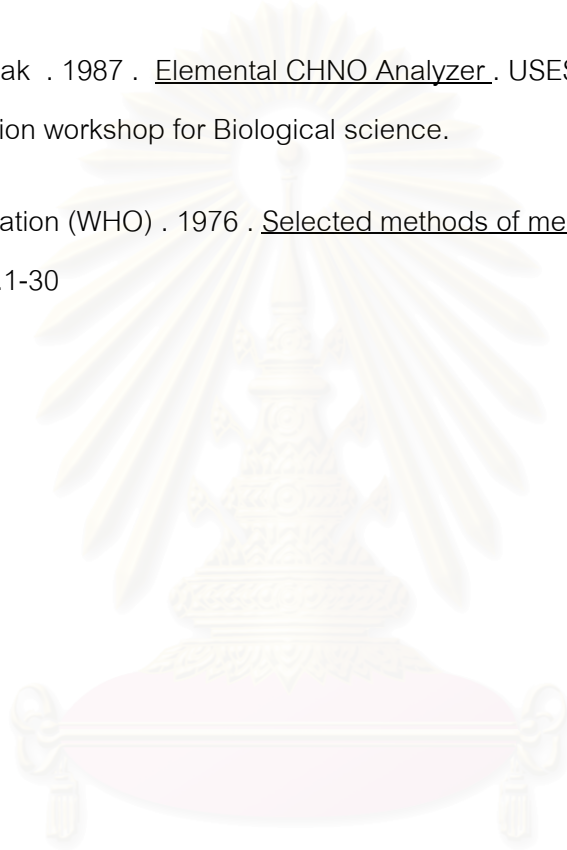
- Philip Cornille and Willy Maenhaut . 1990 . Sources and characterization of the atmospheric aerosol near Damascus , Syria . Atmospheric Environment , Vol. 24A , No. 5 : 1083-1093
- Richard C. Flagan and John H.Senjud . 1988 . Foundamentals of air pollution. England . Wordcrafters Editional Service . 8-385
- Richard Wilson and John Spengler . 1996 . Particles in Our Air : Concentration and Health effects. (n.p.) : Harward University Press .
- Robert M.Burton , Helen H.Suh and Petros Koutrakis . 1996 . Spatial Variation in particulate concentrations within metropolitan Philadephia . Environmental Science & Technology, vol. 30 , No.2 : 400-407.
- Ronald S. Hamilton and Trudie A. Mansfield . 1991 . Airborne particulate elemental Carbon : Its sources, transport and contribution to dark smoke and Soiling . Atmospheric Environment , Vol.23A , No.3/4 : 715-723.
- Ross R. D . 1972 . Air pollution and industrial . Van Nostrand Reinhold company.
- Schneider T , De Koning H.W and Brassler L . 1978 . Air pollution reference measurement methods and systems , Elsevier scientific publishing company .
- Strategic Assessment of Florida's Environment(SAFE) . 1998 . Particulate matter Emission And Exceedances . Available from : www.fsu.edu/~cpm/safe/environ/aq4.html .
- Strauss W. and Mainwaring S . 1984 . Air pollution . Edward Arnold .United States
- Environmental Protection Agency . 1997 . EPA's monitoring requirements for particulate matter . Available from : Ttn www.rtpne.epa.gov/naaqsfm/pmonfac.html.

United States Environmental Protection Agency . 1997 . Health and environmental effects of particulate matter . Available from : www.rtpne.epa.gov/naaqsfm/pmhealth.html.

Veli-Matti Kermiminen and Timoe E. Makela . 1997 . Characterization of Particulate phase in the exhaust from diesel car. Environmental Science & Technology, vol. 31 , No.7 : 1883-1889.

Wanna Vorapiboonsak . 1987 . Elemental CHNO Analyzer. USESCO/ANBS Instrumentation workshop for Biological science.

Who Health Organization (WHO) . 1976 . Selected methods of measuring air pollutants . Switzerland .1-30



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ภาคผนวก

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ก
ปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ในฝุ่นละออง PM10

ตารางที่ ก. 1 ข้อมูลการตรวจวัดปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ในบริเวณที่ศึกษา

บริเวณ	วันที่	ความเข้มข้น (μg)	Air volume m^3/min	ปริมาณ $\mu\text{g}/\text{m}^3$
วงเวียน 22 กรกฎาคม	3/10/42	52.14	2187.87	31.31
วงเวียน 22 กรกฎาคม	6/10/42	78.53	2105.7	49.00
กรมขนส่งทางบก	9/9/42	37.26	1748.91	27.99
กรมขนส่งทางบก	9/9/42	38.34	1748.91	28.81
กรมขนส่งทางบก	9/9/42	38.69	1748.91	29.07
กรมขนส่งทางบก	18/9/42	43.91	1748.91	32.99
กรมขนส่งทางบก	18/9/42	44.27	1748.91	33.26
จุฬาลงกรณ์ มหาวิทยาลัย	30/9/42	26.32	1627.2	21.25
จุฬาลงกรณ์ มหาวิทยาลัย	30/9/42	26.68	1627.2	21.54
จุฬาลงกรณ์ มหาวิทยาลัย	5/10/42	30.4	1627.2	24.55
จุฬาลงกรณ์ มหาวิทยาลัย	5/10/42	30.75	1627.2	24.83
จุฬาลงกรณ์ มหาวิทยาลัย	11/1/43	21.74	1627.2	17.56
จุฬาลงกรณ์ มหาวิทยาลัย	11/1/43	15.59	1627.2	12.59
กรมขนส่งทางบก	8/12/42	25.03	1472.4	22.34
กรมขนส่งทางบก	14/12/42	45.13	2006.4	29.56
วงเวียน 22 กรกฎาคม	11/12/42	77.89	2577.67	39.70
วงเวียน 22 กรกฎาคม	17/12/42	64.3	2270.55	37.21

ตารางที่ ก.2 สัดส่วนปริมาณ OC ในฝุ่นละออง PM10

บริเวณ	วันที่	OC $\mu\text{g}/\text{m}^3$	PM10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	%OC in PM10
วงเวียน 22 กรกฎาคม	3/10/42	31.31	67.60	46.32
วงเวียน 22 กรกฎาคม	6/10/42	49.00	98.92	49.54
กรมขนส่งทางบก	9/9/42	27.99	46.89	59.71
กรมขนส่งทางบก	9/9/42	28.81	46.89	61.44
กรมขนส่งทางบก	9/9/42	29.07	46.89	62.00
กรมขนส่งทางบก	18/9/42	32.99	52.95	62.31
กรมขนส่งทางบก	18/9/42	33.26	52.95	62.82
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	30/9/42	21.25	44.35	47.93
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	30/9/42	21.54	44.35	48.58
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	5/10/42	24.55	48.41	50.70
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	5/10/42	24.83	48.41	51.29
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	11/1/43	17.56	52.04	33.73
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	11/1/43	12.59	43.07	29.23
กรมขนส่งทางบก	8/12/42	22.34	67.42	33.13
กรมขนส่งทางบก	14/12/42	29.56	75.17	39.32
วงเวียน 22 กรกฎาคม	11/12/42	39.70	108.16	36.71
วงเวียน 22 กรกฎาคม	17/12/42	37.21	104.84	35.49

ตัวอย่างการคำนวณหาปริมาณ OC จากวงเวียน 22 กรกฎาคม เมื่อ 3/10/42

ตัวอย่างพื้นที่ ($r=0.25$ cm, 2 ตัวอย่าง) 0.3928 cm² มีปริมาณ OC 52.14 μg

ถ้าตัวอย่างพื้นที่ ($8'' \times 10''$) 516.128 cm² มีปริมาณ OC 516.128×52.14 μg

0.3928

เก็บตัวอย่างโดยใช้ Air Volume 2187.87 m³/min

ดังนั้น ปริมาณ OC จากวงเวียน 22 กรกฎาคม เมื่อวันที่ 3/10/42 มีปริมาณ 31.3138 $\mu\text{g}/\text{m}^3$



ภาคผนวก ข

ผลการวิเคราะห์ทางสถิติ

1.ผลการวิเคราะห์ฝุ่นละออง PM10 ในฤดูฝนและฤดูหนาวด้วย Pair Sample T-Test

T-Test

Paired Samples Statistics

		Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1	RAINY	71.842478	6	33.903055	13.840864
	WINTER	101.5221	6	28.829048	11.769409

Paired Samples Correlations

		N	Correlation	Sig.
Pair 1	RAINY & WINTER	6	.776	.070

Paired Samples Test

		Paired Differences				t	df	Sig. (2-tailed)	
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference				
					Lower				Upper
Pair 1	RAINY - WINTER	-29.6796	21.537080	8.792476	-52.2814	-7.077864	-3.376	5	.020

2. ผลการวิเคราะห์ฝุ่น PM10 ในแต่ละสถานีด้วย One Way ANOVA

Oneway

Test of Homogeneity of Variances

PM10

Levene Statistic	df1	df2	Sig.
4.374	5	30	.004

ANOVA

PM10

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	26229.117	5	5245.823	9.553	.000
Within Groups	16474.006	30	549.134		
Total	42703.123	35			



3.ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างฝุ่น PM10 และ TSP

Correlations

Correlations

		PM10	TSP
PM10	Pearson Correlation	1.000	.955**
	Sig. (2-tailed)	.	.000
	N	20	20
TSP	Pearson Correlation	.955**	1.000
	Sig. (2-tailed)	.000	.
	N	20	20

** . Correlation is significant at the 0.01 level

Regression

Variables Entered/Removed^a

Model	Variables Entered	Variables Removed	Method
1	TSP ^a	.	Enter

- a. All requested variables entered.
b. Dependent Variable: PM10

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.955 ^a	.912	.907	8.8902

- a. Predictors: (Constant), TSP

ANOVA^b

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	14750.147	1	14750.147	186.628	.000 ^a
	Residual	1422.633	18	79.035		
	Total	16172.780	19			

- a. Predictors: (Constant), TSP
b. Dependent Variable: PM10

Coefficients^a

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	7.860	5.225		1.504	.150
	TSP	.588	.043	.955	13.661	.000

- a. Dependent Variable: PM10

4. ผลการวิเคราะห์การเก็บตัวอย่างฝุ่นละออง PM10 โดย Personal Air Sampler
High Volume Air Sampler

กับ

T-Test

Paired Samples Statistics

		Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1	HIVOL	58.0592	25	20.2998	4.0600
	PERSONAL	53.3000	25	18.4721	3.6944

Paired Samples Test

		Paired Differences				t	df	Sig. (2-tailed)	
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference				
					Lower				Upper
Pair 1	HIVOL - PERSONAL	4.7592	11.6411	2.3282	-4.61E-02	9.5644	2.044	24	.052

Regression

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.824 ^a	.679	.665	10.6979

a. Predictors: (Constant), HIVOL

ANOVA^b

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	5557.024	1	5557.024	48.556	.000 ^a
	Residual	2632.232	23	114.445		
	Total	8189.257	24			

a. Predictors: (Constant), HIVOL

b. Dependent Variable: PERSONAL

Coefficients^a

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	9.779	6.602		1.481	.152
	HIVOL	.750	.108	.824	6.968	.000

a. Dependent Variable: PERSONAL

ภาคผนวก ค

ข้อมูลการวิเคราะห์ปริมาณองค์ประกอบธาตุในฝุ่นละออง PM10

1. ข้อมูลการวิเคราะห์ปริมาณธาตุของฝุ่นละอองที่มาจากเครื่องยนต์ดีเซล

SEMQuant results. Listed at 1:46:05 PM on 5/9/00

Client : none

System resolution = 99 eV

Quantitative method :ZAF (4 iterations)

Analysed all elements and normalised results

4 peaks possibly omitted : 0.00 , 0.80 , 1.02 , 3.30 Kev

Standards :

C K	CaCO ₃	01/12/93
O K	Quartz	01/12/93
Al K	Al ₂ O ₃	23/11/93
Si K	Quartz	01/12/93
S K	FeS ₂	01/12/93
Ca K	Wollas	23/11/93

Element	Spect. Type	% Element	% Atomic
C K	ED	73.32	67.00
O K	ED	11.10	20.70
Al K	ED	2.98	0.68

Element	Spect. Type	% Element	% Atomic
Si K	ED	5.42	9.93
S K	ED	2.82	0.44
Ca K	ED	4.36	1.25
Total		100.00	100.00

2. ข้อมูลการวิเคราะห์ปริมาณธาตุของฝุ่นละอองที่มาจากการก่อสร้าง

SEMQuant results. Listed at 3:27 :58 PM on 11/15/99

System resolution = 97 eV

Quantitative method :ZAF (5 iterations)

Analysed all elements and normalised results

Standards :

C K	CaCO ₃	01/12/93
O K	Quartz	01/12/93
Si K	Quartz	01/12/93
Ca K	Wollas	23/11/93

Element	Spect. Type	% Element	% Atomic
C K	ED	28.42	37.92
O K	ED	55.50	55.60
Si K	ED	0.28	0.16
Ca K	ED	15.80	6.32

3. ข้อมูลการวิเคราะห์ปริมาณธาตุของฝุ่นละอองที่มาจากเครื่องยนต์เบนซิน

SEMQuant results. Listed at 11:18:10 AM on 8/17/00

Client : none

System resolution = 97 eV

Quantitative method :ZAF (3 iterations)

Analysed all elements and normalised results

3 peaks possibly omitted : 0.00 , 8.02 , 8.62 Kev

Standards :

C K	CaCO ₃	01/12/93
O K	Quartz	01/12/93
Al K	Al ₂ O ₃	23/11/93
Si K	Quartz	01/12/93
S K	FeS ₂	01/12/93
Ca K	Wollas	23/11/93
Fe K	Fe	01/12/93

Element	Spect. Type	% Element	% Atomic
C K	ED	74.26	76.56
O K	ED	9.61	7.51
Al K	ED	2.05	2.26

Element	Spect. Type	% Element	% Atomic
Si K	ED	1.80	1.90
S K	ED	7.15	6.59
Ca K	ED	2.12	1.57
Fe K	ED	3.01	2.60
Total		100.00	100.00

4. ข้อมูลการวิเคราะห์ปริมาณธาตุของฝุ่นละอองที่มาจากเครื่องยนต์โรงไฟฟ้า

SEMQuant results. Listed at 1:36:42 AM on 5/9/00

Client : none

System resolution = 97 eV

Quantitative method :ZAF (4 iterations)

Analysed all elements and normalised results

8 peaks possibly omitted : 0.00 , 0.80 , 1.46 , 1.74 , 3.70 , 4.94 , 6.38 , 7.46 Kev

Standards :

C K CaCO₃ 01/12/93

O K Quartz 01/12/93

S K FeS₂ 01/12/93

Element	Spect. Type	% Element	% Atomic
C K	ED	40.00	46.06
O K	ED	21.73	23.63

S K	ED	38.27	30.31
Total		100.00	100.00

5. ข้อมูลการวิเคราะห์ปริมาณธาตุของฝุ่นละอองจากโรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์

SEMQuant results. Listed at 11:18:10 AM on 8/17/00

Client : none

System resolution = 97 eV

Quantitative method :ZAF (4 iterations)

Analysed all elements and normalised results

2 peaks possibly omitted : 0.00 , 4.48 Kev

Standards :

C K	CaCO ₃	01/12/93
O K	Quartz	01/12/93
Na K	Albite	02/12/93
Mg K	MgO	01/12/93
Al K	Al ₂ O ₃	23/11/93
Si K	Quartz	01/12/93
S K	FeS ₂	01/12/93
Cl K	KCl	15/02/94
K K	MAD-10	02/12/93
Ca K	Wollas	23/11/93

Fe K Fe 01/12/93

Element	Spect. Type	% Element	% Atomic
C K	ED	37.97	42.0
O K	ED	17.96	17.39
Na K	ED	2.09	2.57
Mg K	ED	0.71	0.82
Al K	ED	2.93	0.08
Si K	ED	23.16	23.25
S K	ED	2.81	2.48
Cl K	ED	0.81	0.65
K K	ED	1.97	1.43
Ca K	ED	7.34	5.20
Fe K	ED	2.22	2.13
Total		100.00	100.00

6. ข้อมูลการวิเคราะห์ปริมาณธาตุของฝุ่นละอองจากวงเวียน 22 กรกฎาคม

SEMQuant results. Listed at 3:30:29 PM on 11/15/99

Client : none

System resolution = 111 eV

Quantitative method :ZAF (6 iterations)

Analysed all elements and normalised results

Standards :

C K	CaCO ₃	01/12/93
O K	Quartz	01/12/93
Na K	Albite	02/12/93
Mg K	MgO	01/12/93
Al K	Al ₂ O ₃	23/11/93
Si K	Quartz	01/12/93
P K	GaP	29/11/93
S K	FeS ₂	01/12/93
Cl K	KCl	15/02/94
K K	MAD-10	02/12/93
Ca K	Wollas	23/11/93
Fe K	Fe	01/12/93
Cu K	Cu	01/12/93
Zn K	Zn	01/12/93

Element	Spect. Type	% Element	% Atomic
C K	ED	59.58	67.81
O K	ED	35.57	30.39

Na K	ED	0.59	0.35
Mg K	ED	0.33	0.19
Al K	ED	0.18	0.09
Si K	ED	0.34	0.17
P K	ED	0.11	0.05
S K	ED	0.44	0.19
Cl K	ED	0.34	0.13
K K	ED	0.45	0.16
Ca K	ED	0.14	0.05
Fe K	ED	0.67	0.16
Cu K	ED	0.81	0.17
Zn K	ED	0.45	0.09
Total		100.00	100.00

7. ข้อมูลการวิเคราะห์ปริมาณธาตุของฝุ่นละอองจากกรมขนส่งทางบก

SEMQuant results. Listed at 3:31:37 PM on 11/15/99

Client : none

System resolution = 101 eV

Quantitative method :ZAF (6 iterations)

Analysed all elements and normalised results

Standards :

C K	CaCO ₃	01/12/93
O K	Quartz	01/12/93
Na K	Albite	02/12/93
Mg K	MgO	01/12/93
Al K	Al ₂ O ₃	23/11/93
Si K	Quartz	01/12/93
S K	FeS ₂	01/12/93
Cl K	KCl	15/02/94
K K	MAD-10	02/12/93
Ca K	Wollas	23/11/93
Fe K	Fe	01/12/93
Zn K	Zn	01/12/93

Element	Spect. Type	% Element	% Atomic
C K	ED	60.55	72.16
O K	ED	23.42	20.95
Na K	ED	0.66	0.41
Mg K	ED	0.56	0.33
Al K	ED	2.19	1.16

Si	K	ED	3.97	2.02
S	K	ED	0.83	0.37
Cl	K	ED	0.35	0.14
K	K	ED	0.53	0.19
Ca	K	ED	4.90	1.75
Fe	K	ED	1.67	0.43
Zn	K	ED	0.37	0.08
Total			100.00	100.00

8. ข้อมูลการวิเคราะห์ปริมาณธาตุของฝุ่นละอองจากถนนแจ้งวัฒนะ

SEMQuant results. Listed at 3:05:47 PM on 11/9/99

Client : none

System resolution = 101 eV

Quantitative method :ZAF (6 iterations)

Analysed all elements and normalised results

Standards :

C	K	CaCO ₃	01/12/93
O	K	Quartz	01/12/93
Na	K	Albite	02/12/93
Mg	K	MgO	01/12/93

Al	K	Al ₂ O ₃	23/11/93
Si	K	Quartz	01/12/93
S	K	FeS ₂	01/12/93
K	K	MAD-10	02/12/93
Ca	K	Wollas	23/11/93
Fe	K	Fe	01/12/93

Element	Spect. Type	% Element	% Atomic	
C	K	ED	71.86	68.74
O	K	ED	2.27	1.80
Na	K	ED	3.13	3.36
Mg	K	ED	3.05	3.22
Al	K	ED	3.98	4.48
Si	K	ED	5.28	5.31
S	K	ED	2.23	2.20
K	K	ED	1.17	1.47
Ca	K	ED	5.34	6.93
Fe	K	ED	1.69	2.49
Total			100.00	100.00

9. ข้อมูลการวิเคราะห์ปริมาณธาตุของฝุ่นละอองจากจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

SEMQuant results. Listed at 3:29:05 PM on 11/15/99

Client : none

System resolution = 123 eV

Quantitative method :ZAF (6 iterations)

Analysed all elements and normalised results

Standards :

C	K	CaCO ₃	01/12/93
O	K	Quartz	01/12/93
Na	K	Albite	02/12/93
Mg	K	MgO	01/12/93
Al	K	Al ₂ O ₃	23/11/93
Si	K	Quartz	01/12/93
S	K	FeS ₂	01/12/93
K	K	MAD-10	02/12/93
V	K	V	01/12/93
Ca	K	Wollas	23/11/93
Fe	K	Fe	01/12/93
Ni	K	Ni	01/12/93



Element	Spect. Type	% Element	% Atomic
C K	ED	46.44	57.49
O K	ED	38.01	35.33
Na K	ED	3.24	2.10
Mg K	ED	0.66	0.40
Al K	ED	0.33	0.18
Si K	ED	1.20	0.64
S K	ED	4.14	1.92
K K	ED	0.68	0.26
Ca K	ED	2.35	0.87
V K	ED	1.22	0.36
Fe K	ED	1.40	0.37
Ni K	ED	0.34	0.09
Total		100.00	100.00

10. ข้อมูลการวิเคราะห์ปริมาณธาตุของฝุ่นละอองจากมหาวิทยาลัยกรุงเทพ ศูนย์รังสิต

SEMQuant results. Listed at 2:07:10 PM on 5/9/00

Client : none

System resolution = 98 eV

Quantitative method :ZAF (4 iterations)

Analysed all elements and normalised results

Standards :

C K CaCO₃ 01/12/93

O K Quartz 01/12/93

Na K Albite 02/12/93

Mg K MgO 01/12/93

Al K Al₂O₃ 23/11/93

Si K Quartz 01/12/93

S K FeS₂ 01/12/93

Cl K KCl 15/02/94

K K MAD-10 02/12/93

Ca K Wollas 23/11/93

Element	Spect. Type	% Element	% Atomic
---------	-------------	-----------	----------

C K	ED	37.03	47.01
-----	----	-------	-------

O K	ED	11.16	13.20
-----	----	-------	-------

Na K	ED	8.85	7.33
------	----	------	------

Mg K	ED	6.08	4.76
------	----	------	------

Al K	ED	1.96	1.38
------	----	------	------

Si K	ED	4.79	3.24
------	----	------	------

S K	ED	2.97	1.76
-----	----	------	------

Cl K	ED	8.66	4.65
K K	ED	1.54	0.75
Ca K	ED	16.96	15.92
Total		100.00	100.00

11. ข้อมูลการวิเคราะห์ปริมาณธาตุของฝุ่นก่อสร้าง จากโรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์

SEMQuant results. Listed at 3:32:40 PM on 11/15/99

Client : none

System resolution = 97 eV

Quantitative method :ZAF (4 iterations)

Analysed all elements and normalised results

Standards :

C K	CaCO ₃	01/12/93
O K	Quartz	01/12/93
Na K	Albite	02/12/93
Mg K	MgO	01/12/93
Al K	Al ₂ O ₃	23/11/93
Si K	Quartz	01/12/93
S K	FeS ₂	01/12/93
Cl K	KCl	15/02/94

K K MAD-10 02/12/93
 Ca K Wollas 23/11/93
 Fe K Fe 01/12/93

Element	Spect. Type	% Element	% Atomic
C K	ED	47.58	61.42
O K	ED	30.17	29.23
Na K	ED	0.82	0.55
Mg K	ED	0.25	0.16
Al K	ED	0.60	0.35
Si K	ED	2.24	1.24
S K	ED	0.67	0.33
Cl K	ED	0.75	0.33
K K	ED	0.95	0.38
Ca K	ED	14.52	5.62
Fe K	ED	1.44	0.40
Total		100.00	100.00

12. ข้อมูลการวิเคราะห์ปริมาณธาตุของฝุ่นเครื่องยนต์เบนซิน จากวงเวียน 22 กรกฎาคม

SEMQuant results. Listed at 1:55:21 PM on 5/9/00

Client : none

System resolution = 98 eV

Quantitative method :ZAF (4 iterations)

Analysed all elements and normalised results

Standards :

C K	CaCO ₃	01/12/93
O K	Quartz	01/12/93
Mg K	MgO	01/12/93
Al K	Al ₂ O ₃	23/11/93
Si K	Quartz	01/12/93
P K	GaP	29/11/93
S K	FeS ₂	01/12/93
K K	MAD-10	02/12/93
Ca K	Wollas	23/11/93



Element	Spect. Type	% Element	% Atomic
C K	ED	66.97	72.01
O K	ED	9.91	9.66
Mg K	ED	3.67	2.71
Al K	ED	2.20	1.46

Element	Spect. Type	% Element	% Atomic
Si K	ED	3.82	2.44
S K	ED	2.01	1.12
K K	ED	1.35	0.62
Ca K	ED	5.27	7.20
Total		100.00	100.00

13. ข้อมูลการวิเคราะห์ปริมาณธาตุของฝุ่นดิน จากวงเวียน 22 กรกฎาคม

SEMQuant results. Listed at 2:20:24 PM on 5/9/00

Client : none

System resolution = 97 eV

Quantitative method :ZAF (3 iterations)

Analysed all elements and normalised results

Standards :

C K	CaCO ₃	01/12/93
O K	Quartz	01/12/93
Al K	Al ₂ O ₃	23/11/93
Si K	Quartz	01/12/93
S K	FeS ₂	01/12/93
K K	MAD-10	02/12/93

Ca K Wollas 23/11/93
 Fe K Fe 01/12/93

Element	Spect. Type	% Element	% Atomic
C K	ED	12.99	25.01
O K	ED	6.88	7.47
Al K	ED	11.43	9.83
Si K	ED	46.21	45.13
S K	ED	5.48	3.96
K K	ED	3.01	1.78
Ca K	ED	6.17	3.57
Fe K	ED	7.83	3.25
Total		100.00	100.00

14. ข้อมูลการวิเคราะห์ปริมาณธาตุของฝุ่นจากเครื่องยนต์ดีเซลและเบนซิน จากบริเวณ
 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

SEMQuant results. Listed at 1:58:32 PM on 5/9/00

Client : none

System resolution = 97 eV

Quantitative method :ZAF (3 iterations)

Analysed all elements and normalised results

2 peaks possibly omitted : 0.00 , 5.90 , 6.40 Kev

Standards :

C K	CaCO ₃	01/12/93
O K	Quartz	01/12/93
Na K	Albite	02/12/93
Al K	Al ₂ O ₃	23/11/93
Si K	Quartz	01/12/93
S K	FeS ₂	01/12/93
Cl K	KCl	15/02/94
K K	MAD-10	02/12/93
Ca K	Wollas	23/11/93
Zn K	Zn	01/12/93

Element	Spect. Type	% Element	% Atomic
---------	-------------	-----------	----------

C K	ED	48.79	54.03
O K	ED	9.30	17.76
Na K	ED	8.57	7.60
Al K	ED	1.73	1.30
Si K	ED	3.74	2.72
S K	ED	16.94	11.14

Cl	K	ED	2.13	1.23
K	K	ED	2.52	1.31
Ca	K	ED	1.65	0.84
Zn	K	ED	4.63	2.07
Total			100.00	100.00

15. ข้อมูลการวิเคราะห์ปริมาณธาตุของฝุ่นดิน จากมหาวิทยาลัยกรุงเทพ ศูนย์รังสิต

SEMQuant results. Listed at 3:33:27 PM on 11/15/99

Client : none

System resolution = 97 eV

Quantitative method :ZAF (5 iterations)

Analysed all elements and normalised results

Standards :

C K CaCO₃ 01/12/93

O K Quartz 01/12/93

Mg K MgO 01/12/93

Si K Quartz 01/12/93

S K FeS₂ 01/12/93

Ca K Wollas 23/11/93

Fe K Fe 01/12/93

Element	Spect. Type	% Element	% Atomic
C K	ED	21.75	29.84
O K	ED	53.63	55.24
Mg K	ED	9.35	6.34
Si K	ED	12.60	7.39
S K	ED	1.24	0.64
Ca K	ED	1.12	0.46
Fe K	ED	0.32	0.09
Total		100.00	100.00

16. . ข้อมูลการวิเคราะห์ปริมาณธาตุของก่อสร้าง จากจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

SEMQuant results. Listed at 1:23:46 PM on 5/9/00

Client : none

System resolution = 97 eV

Quantitative method :ZAF (5 iterations)

Analysed all elements and normalised results

Standards :

C K	CaCO ₃	01/12/93
O K	Quartz	01/12/93
Al K	Al ₂ O ₃	23/11/93
Si K	Quartz	01/12/93

S K	FeS ₂	01/12/93
K K	MAD-10	02/12/93
Ca K	Wollas	23/11/93
Fe K	Fe	01/12/93

Element	Spect. Type	% Element	% Atomic
C K	ED	12.4	6.58
O K	ED	60.59	73.55
Al K	ED	2.80	2.67
Si K	ED	6.44	5.91
S K	ED	0.57	0.46
Ca K	ED	15.34	9.85
Fe K	ED	1.26	0.59
Total		100.00	100.00

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นางสาวศิริวรรณ แก้วงาม ได้รับอนุปริญญาเคมีปฏิบัติ สถานศึกษาเคมีปฏิบัติ สถาบันสมทบจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เมื่อ พ.ศ. 2538 จบการศึกษาระดับปริญญาตรีคณะวิทยาศาสตร์ ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทั่วไป สาขาสิ่งแวดล้อม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เมื่อ พ.ศ. 2540 และเข้าศึกษาต่อในระดับปริญญาโท สหสาขาวิชาวิทยาศาสตร์สภาวะแวดล้อม บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เมื่อ พ.ศ. 2541 – 2543



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย