

การวิเคราะห์ธาตุองค์ประกอบในฝุ่นละอองในอากาศโดยใช้เครื่องเอกซเรย์
ฟลูออเรสเซนส์แบบกระจายพลังงาน

ลิขิต น้อยจำปาสิน

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยบูรพา

ตุลาคม 2546

ISBN 974-382-565-7

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยบูรพา

อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์และคณะกรรมการสอบปากเปล่าวิทยานิพนธ์
ได้พิจารณาวิทยานิพนธ์ฉบับนี้แล้ว เห็นสมควรรับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม ของมหาวิทยาลัยบูรพาได้

คณะกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์
.....ประธาน
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พิชญ์ สว่างวงศ์)
.....กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร. วรวิทย์ ชีวาพร)
.....กรรมการ
(ดร.สุวรรณา ภาณุตระกูล)

คณะกรรมการสอบปากเปล่า
.....ประธาน
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พิชญ์ สว่างวงศ์)
.....กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร. วรวิทย์ ชีวาพร)
.....กรรมการ
(ดร.สุวรรณา ภาณุตระกูล)
.....กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ พรรณี พักคง)
.....กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิภูษิต มั่นทะจิตร)

บัณฑิตวิทยาลัยอนุมัติให้รับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตร
ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม ของมหาวิทยาลัยบูรพา

.....คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(รองศาสตราจารย์ ดร.ประทุม ม่วงมี)

วันที่ 21 เดือน ตุลาคม พ.ศ. 2546

ประกาศคุณูปการ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จได้ด้วยดี เนื่องจากได้รับความกรุณาให้คำปรึกษาและช่วยแนะนำ
แก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ อย่างดีจาก ผศ.ดร.พิชาญ สว่างวงศ์ ผศ.พรรณี พักคง ดร.สุวรรณ
ภาณุตระกูล รศ.ดร.วรวิทย์ ชีวาพร และ ผศ.ดร. วิญญิต มั่นทะจิตร

ขอขอบพระคุณ อาจารย์ นฤปวิทย์ เงินจิตร อาจารย์ ฤทธิ มีสตัย ที่ได้ให้ความรู้เกี่ยวกับ
เครื่องเอกซ์เรย์ฟลูออเรสเซนส์ที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้

ขอขอบพระคุณอาจารย์ อาภา หวังเกียรติ ที่ได้มอบตัวอย่างฝุ่นละอองที่ใช้ในการวิจัยครั้ง
นี้

ขอขอบพระคุณภาควิชารังสีประยุกต์และไอโซโทป คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัย
เกษตรศาสตร์ บางเขน และ คณะทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
วิทยาเขต ศรีราชา ที่กรุณาอำนวยความสะดวกให้ใช้เครื่องมือในการวิเคราะห์ตลอดจนขอแนะนำที่
เป็นประโยชน์ในการศึกษาวิจัย

ท้ายสุด ขอขอบคุณทุกท่านที่มีส่วนช่วยให้การทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จอย่างดี และ
กำลังใจจากครอบครัวที่มีส่วนสำคัญทำให้สำเร็จการศึกษาในครั้งนี้

ลิจิต น้อยจ่ายสิน

41910883 : สาขาวิชา : วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม; วท.ม (วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม)

คำสำคัญ : เครื่องเอกซเรย์ฟลูออเรสเซนส์แบบกระจายพลังงาน/Very light Liquid/
Liquid A/Liquid B/General Liquid

ลิขิต น้อยจายนสิน : การวิเคราะห์ธาตุองค์ประกอบในฝุ่นละอองในอากาศโดยใช้เครื่องเอกซเรย์ฟลูออเรสเซนส์แบบกระจายพลังงาน (ELEMENTAL ANALYSIS OF AIRBORNE PARTICULATES BY ENERGY DISPERSIVE X-RAY FLUORESCENCE) อ.ที่ปรึกษา: พิชญา สว่างวงศ์, Ph.D., วรวิทย์ ชีวาพร, Ph.D., สุวรรณ ภาณุตระกูล, Ph.D. 86 หน้า
ISBN 974-382-565-7

การวิจัยครั้งนี้มีจุดประสงค์เพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมในการวิเคราะห์ธาตุองค์ประกอบในฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 2.5 ไมโครเมตรและขนาดระหว่าง 2.5-10 ไมโครเมตร โดยใช้เครื่องเอกซเรย์ฟลูออเรสเซนส์แบบกระจายพลังงานซึ่งเครื่องเอกซเรย์นี้สามารถวิเคราะห์ธาตุได้หลาย ๆ ธาตุในเวลาเดียวกันโดยที่ตัวอย่างที่นำมาวิเคราะห์ไม่ถูกทำลาย ซึ่งตัวอย่างฝุ่นที่นำมาวิเคราะห์มาจากหมู่บ้านหัวฝาย จังหวัดลำปาง เป็นตัวอย่างฝุ่นที่เก็บตั้งแต่ เดือน มกราคม-ธันวาคม พ.ศ. 2543

จากผลการวิจัยพบว่าสภาวะที่เหมาะสมกับการวิเคราะห์ธาตุ Mg, Al, Si, P, S, Cl และ K คือ Very light Liquid สภาวะที่เหมาะสมสำหรับการวัดธาตุ Ca คือ Liquid A สภาวะที่เหมาะสมกับการวิเคราะห์ธาตุ Sc, Ti, V, Cr, Ni และ Cu คือ Liquid B และสภาวะที่เหมาะสมสำหรับการวิเคราะห์ธาตุ Mn, Fe, Zn, As, Br, Sb, Cs, Ba และ Pb คือ General Liquid สำหรับการวิเคราะห์ฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 2.5 ไมโครเมตร และขนาด 2.5-10 ไมโครเมตร พบว่าธาตุที่ต้องการวิเคราะห์ในฝุ่นละออง ขนาดเล็กกว่า 2.5 ไมโครเมตร มีปริมาณต่ำกว่า ปริมาณธาตุชนิดเดียวกันในฝุ่นละอองขนาดระหว่าง 2.5-10 ไมโครเมตร โดยปริมาณธาตุต่าง ๆ จะสูงในเดือน มีนาคม กันยายน และ เดือน พฤศจิกายน ค่า Lower Limit of Detection ในการศึกษาครั้งนี้อยู่ในระดับ ไมโครกรัมต่อตารางเซนติเมตรสำหรับเวลาในการวัด 500 วินาที

41910883 : MAJOR : ENVIRONMENTAL SCIENCE;

M.Sc.(ENVIRONMENTAL SCIENCE)

KEYWORDS : EDXRF/VERY LIGHT LIQUID/LIQUID A/LIQUID B/GENERAL LIQUID

LIKHIT NOICHAISIN : ELEMENTAL ANALYSIS OF AIRBORNE
PARTICULATES BY ENERGY DISPERSIVE X-RAY FLUORESCENCE.

THESIS ADVISOR: PICHAN SAWANGWONG Ph.D., VORAVIT CHEEVAPORN Ph.D.,
SUWANNA PANUTRAKUL Ph.D. 86 P. ISBN 974-382-565-7

This study aims to determine techniques in analysis of airborne particulates of diameter smaller than 2.5 μm and between 2.5-10 μm by energy dispersive x-ray fluorescence (EDXRF). The EDXRF can be used to analyse multielements simultaneously without destruction of the samples. The airborne samples were collected from the Huakwai Village, Lampang Province during January-December 2000.

The result of the study showed that optimum conditions for the analysis of Mg, Al, Si, P, S, Cl and K was Very light liquid, optimum condition for the analysis of Ca was Liquid A, optimum conditions for the analysis of Sc, Ti, V, Cr, Ni and Cu was Liquid B and optimum conditions for the analysis of Mn, Fe, Zn, As, Br, Sb, Cs, Ba and Pb was General Liquid. The analysis of airborne particulates of diameter smaller than 2.5 μm and between 2.5-10 μm showed that the concentration of the elements in particulates of diameter smaller than 2.5 μm was lower than that of the particulates between 2.5-10 μm . It was also found that the concentration of the element was high in March, September and December. The lower limit of detection in this study was in the range of a few $\mu\text{g}/\text{cm}^2$ for 500 second.

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	จ
สารบัญ	ฉ
สารบัญตาราง	ณ
สารบัญภาพ	ญ

บทที่

1 บทนำ	1
ความสำคัญและความเป็นมาของปัญหา	1
วัตถุประสงค์ของการวิจัย	2
สมมติฐานของการวิจัย	2
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับการวิจัย	2
ขอบเขตของการศึกษาวิจัย	2
สถานที่ทำการวิจัย	3
2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	4
ฝุ่นละอองในบรรยากาศ	4
ประเภทของฝุ่นละออง	4
องค์ประกอบของฝุ่นละออง	5
ผลกระทบของฝุ่นละอองต่อมนุษย์	6
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	9
เทคนิคการเรืองรังสีเอกซ์	12

บทที่	หน้า
การกระตุ้นให้เกิดรังสีเอกซ์	14
วิธีวิเคราะห์โดยเทคนิคการเรืองรังสีเอกซ์	16
หลอดรังสีเอกซ์	17
หัววัด	18
การวิเคราะห์ความสูงของพัลส์ของระบบ EDXRF	19
การวิเคราะห์เชิงคุณภาพ.....	20
การวิเคราะห์เชิงปริมาณ.....	20
3 วิธีดำเนินการวิจัย	23
เครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์	23
การเตรียมตัวอย่างและวิธีวิเคราะห์.....	25
การวิเคราะห์ปริมาณสารมาตรฐานดิน	26
การเปรียบเทียบชุดสารมาตรฐานดิน.....	28
การวิเคราะห์ปริมาณธาตุในฝุ่นละอองในอากาศ	31
การตรวจสอบความถูกต้องของกราฟมาตรฐานฝุ่นละออง.....	33
การหาขีดจำกัดของการตรวจหา.....	36
สถิติของเครื่อง EDXRF ED 2000	37
4 ผลการวิจัย	38
ผลการวิเคราะห์คุณภาพสารมาตรฐานดิน	38
ผลการหาขีดจำกัดการตรวจหาของเครื่อง EDXRF ED 2000	43
ผลการวิเคราะห์ปริมาณฝุ่นละอองในอากาศ.....	44
ผลการวิเคราะห์เชิงคุณภาพสารมาตรฐานฝุ่นละออง.....	44
การสร้างกราฟมาตรฐานฝุ่นละออง.....	49
การตรวจสอบความถูกต้องของกราฟมาตรฐานฝุ่นละออง	52
ผลการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติของเครื่อง มือ.....	53
การหาค่าขีดจำกัดของการตรวจหาของเครื่องมือเมื่อวัดฝุ่นละออง	55
ผลการวิเคราะห์ตัวอย่างฝุ่นละอองที่เก็บจากหมู่บ้านหัวฝาย จังหวัดลำปาง...	55

บทที่

หน้า

5 สรุปและอภิปรายผลการวิจัย	68
ข้อเสนอแนะ	73
บรรณานุกรม	74
ภาคผนวก	78
ประวัติย่อของผู้วิจัย	86

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1 แสดงองค์ประกอบของฝุ่นละออง	5
2 สารที่เป็นต้นเหตุก่อให้เกิดโรคต่าง ๆ ..	8
3 แสดงรายละเอียดของสภาวะต่างที่ใช้วัดสารมาตรฐานดิน	26
4 แสดงรายละเอียดปริมาณธาตุต่าง ๆ ของชุดสารมาตรฐานดิน 8 ชนิด	27
5 แสดงชนิดและความเข้มข้นของธาตุที่อยู่บนกระดานกรองมาตรฐาน	32
6 แสดงรายละเอียดสภาวะของการวิเคราะห์ธาตุในฝุ่นละออง	32
7 แสดงค่า Lower Limit of Detection ในการเปรียบเทียบสารมาตรฐานดิน	43
8 แสดงสภาวะที่เหมาะสมในการวิเคราะห์ธาตุในฝุ่นละออง	44
9 แสดงผลความผิดพลาดเมื่อนำค่าที่วัดได้มาเทียบกับ Standard reference	52
10 แสดงผลการคำนวณทางสถิติของเครื่อง EDXRF ED 2000 ของธาตุ Si	53
11 แสดงค่า Lower Limit of Detection เมื่อทำการวิเคราะห์ฝุ่นละออง.....	55
12 แสดงปริมาณธาตุต่าง ๆ ในกลุ่มธาตุเบาในฝุ่นขนาดเล็กกว่า 2.5 ไมโครเมตร และขนาด 2.5 – 10 ไมโครเมตร ในหน่วย $\mu\text{g}/\text{cm}^2$ ตัวอย่างจากหมู่บ้านหัวฝาย.....	56
13 แสดงปริมาณธาตุต่าง ๆ ในกลุ่มโลหะทั่วไปในฝุ่นขนาดเล็กกว่า 2.5 ไมโครเมตร และขนาด 2.5 – 10 ไมโครเมตร ในหน่วย $\mu\text{g}/\text{cm}^2$ ตัวอย่างจากหมู่บ้านหัวฝาย.....	58
14 แสดงปริมาณธาตุต่าง ๆ ในกลุ่มโลหะหนักในฝุ่นขนาดเล็กกว่า 2.5 ไมโครเมตร และขนาด 2.5 – 10 ไมโครเมตร ในหน่วย $\mu\text{g}/\text{cm}^2$ ตัวอย่างจากหมู่บ้านหัวฝาย.....	60
15 แสดงปริมาณธาตุต่าง ๆ ในช่วงฤดูร้อน เดือนกุมภาพันธ์-พฤษภาคม 2543 ในหน่วย $\mu\text{g}/\text{cm}^2$ ตัวอย่างจากหมู่บ้านหัวฝาย	62
16 แสดงปริมาณธาตุต่าง ๆ ในช่วงฤดูฝน เดือน มิถุนายน-กันยายน 2543 ในหน่วย $\mu\text{g}/\text{cm}^2$ ตัวอย่างจากหมู่บ้านหัวฝาย.....	64
17 แสดงปริมาณธาตุต่าง ๆ ในช่วงฤดูหนาว เดือน ตุลาคม-มกราคม 2543 ในหน่วย $\mu\text{g}/\text{cm}^2$ ตัวอย่างจากหมู่บ้านหัวฝาย	66

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
1 แสดงระบบทางเดินหายใจของมนุษย์	7
2 การเกิดรังสีเอกซ์เรือง	13
3 แผนภาพแสดงการแทนที่ของอิเล็กตรอนที่ทำให้เกิดรังสีเอกซ์เฉพาะตัว.....	14
4 แสดงอัตรากิริยาที่เกิดขึ้นเมื่อรังสีเอกซ์เดินทางผ่านวัตถุ	15
5 แสดงระบบ WDXRF	16
6 แสดงระบบ EDXRF	17
7 แสดงหลอดรังสีเอกซ์	18
8 แสดงหัววัด Si(Li)	19
9 เครื่อง EDXRF Oxford รุ่น ED 2000.....	24
10 แสดง Main Menu ของเครื่อง EDXRF	24
11 แสดงการเลือกธาตุที่ต้องการวิเคราะห์.....	28
12 แสดงการกำหนดหน่วยให้กับธาตุที่ต้องการวิเคราะห์	29
13 แสดงการกำหนดสถานะที่เหมาะสม	29
14 แสดงการกำหนดค่ากระแสไฟฟ้าและเวลาในการวิเคราะห์.....	30
15 แสดงการกำหนด Profile ให้กับธาตุ	30
16 แสดงการกำหนดค่าความเข้มข้นของธาตุ	33
17 แสดงเครื่องมือ Dichotomous Air Sampler	35
18 แสดงกระบวนการแยกขนาดของอนุภาคของเครื่อง Dichotomous Air Sampler..	35
19 แสดงการไหลของอากาศเข้าสู่ Dichotomous Air Sampler	36
20 ผลการวิเคราะห์สารมาตรฐานดิน GBW07401 สภาวะ Very light	39
21 ผลการวิเคราะห์สารมาตรฐานดิน GBW07401 สภาวะ Steel	39
22 ผลการวิเคราะห์สารมาตรฐานดิน GBW07401 สภาวะ Medium	40
23 ผลการวิเคราะห์สารมาตรฐานดิน GBW07401 สภาวะ Heavy trace	40
24 กราฟแสดงความเข้มข้นจากการคำนวณกับความเข้มข้นที่ระบุจาก สารมาตรฐานดินของธาตุ Si	41
25 กราฟแสดงความเข้มข้นจากการคำนวณกับความเข้มข้นที่ระบุจาก สารมาตรฐานดินของธาตุ K	41

26 กราฟแสดงความเข้มข้นจากการคำนวณกับความเข้มข้นที่ระบุจาก สารมาตรฐานดินของธาตุ Mn	42
27 กราฟแสดงความเข้มข้นจากการคำนวณกับความเข้มข้นที่ระบุจาก สารมาตรฐานดินของธาตุ Fe	42
28 ผลการวิเคราะห์คุณภาพสารมาตรฐานฝุ่นละออง Ti.....	45
29 ผลการวิเคราะห์คุณภาพสารมาตรฐานฝุ่นละออง Mn	45
30 ผลการวิเคราะห์คุณภาพสารมาตรฐานฝุ่นละออง Fe	46
31 ผลการวิเคราะห์คุณภาพสารมาตรฐานฝุ่นละออง Ni	46
32 ผลการวิเคราะห์คุณภาพสารมาตรฐานฝุ่นละออง Cu	47
33 ผลการวิเคราะห์คุณภาพสารมาตรฐานฝุ่นละออง ZnTe	47
34 ผลการวิเคราะห์คุณภาพสารมาตรฐานฝุ่นละออง GaAs	48
35 ผลการวิเคราะห์คุณภาพสารมาตรฐานฝุ่นละออง Pb	48
36 แสดงกราฟมาตรฐานฝุ่นละออง Ti	49
37 แสดงกราฟมาตรฐานฝุ่นละออง Cr	50
38 แสดงกราฟมาตรฐานฝุ่นละออง Fe.....	50
39 แสดงกราฟมาตรฐานฝุ่นละออง Cu	51
40 แสดงกราฟมาตรฐานฝุ่นละออง As	51
41 แสดงปริมาณธาตุเบาในฝุ่นขนาดเล็กกว่า 2.5 um และขนาด 2.5-10 μm	57
42 แสดงปริมาณธาตุเบาในลักษณะกราฟแท่งในฝุ่นขนาดเล็กกว่า 2.5 μm และขนาด 2.5-10 μm	57
43 แสดงปริมาณธาตุในกลุ่มโลหะทั่วไปในฝุ่นขนาดเล็กกว่า 2.5 μm และขนาด 2.5-10 μm	59
44 แสดงปริมาณธาตุในกลุ่มโลหะทั่วไปในลักษณะกราฟแท่งในฝุ่น ขนาดเล็กกว่า 2.5 μm และขนาด 2.5-10 μm	59
45 แสดงปริมาณธาตุในกลุ่มโลหะหนักในฝุ่นขนาดเล็กกว่า 2.5 μm และขนาด 2.5-10 μm	61
46 แสดงปริมาณธาตุในกลุ่มโลหะหนักในลักษณะกราฟแท่งในฝุ่น ขนาดเล็กกว่า 2.5 μm และขนาด 2.5-10 μm	61

47 แสดงปริมาณธาตุต่างๆ ในช่วงฤดูร้อน เดือนกุมภาพันธ์-พฤษภาคม 2543	63
48 แสดงปริมาณธาตุต่างๆ ในลักษณะกราฟแท่งในช่วงฤดูร้อนเดือน กุมภาพันธ์-พฤษภาคม 2543	63
49 แสดงปริมาณธาตุต่างๆ ในฝุ่นขนาดเล็กกว่า 2.5 μm และ ขนาด 2.5-10 μm ในช่วงฤดูฝนเดือน มิถุนายน – กันยายน 2543	65
50 แสดงปริมาณ ธาตุต่างๆ ในลักษณะกราฟแท่งในช่วงฤดูฝน เดือน มิถุนายน-กันยายน 2543	65
51 แสดงปริมาณธาตุต่าง ๆ ในฝุ่นขนาดเล็กกว่า 2.5 μm และ ขนาด 2.5-10 μm ในช่วงฤดูหนาวเดือน ตุลาคม-มกราคม 2543	67
52 แสดงปริมาณธาตุในฝุ่นขนาดเล็กกว่า 2.5 μm และ ขนาด 2.5-10 μm ในช่วงฤดูหนาวเดือน ตุลาคม-มกราคม 2543 ในลักษณะกราฟแท่ง	67