

## บทที่ 6

### สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ

#### 6.1 สรุป และวิจารณ์ผลการวิจัย

จากการวิจัยในครั้งนี้ได้มีการศึกษาการใช้เทคนิคการเรืองรังสีเอกซ์ในการวิเคราะห์ธาตุในฝุ่นจากอากาศ ผลจากการศึกษาได้ข้อสรุปดังนี้

6.1.1 การวิเคราะห์ธาตุปริมาณน้อยด้วยเทคนิคการเรืองรังสีเอกซ์ระบบ WDX จะให้ขีดความสามารถในการวิเคราะห์ธาตุอยู่ในระดับที่เหมาะสมที่จะใช้ในการตรวจวิเคราะห์ธาตุปริมาณน้อยในฝุ่นจากอากาศได้ ระดับของขีดจำกัดในการวิเคราะห์ธาตุที่ได้จากการวิจัยในครั้งนี้ แสดงไว้ในตารางที่ 5.13

6.1.2 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มของรังสีเอกซ์เรืองของธาตุ กับปริมาณธาตุที่เตรียมขึ้นบนกระดาษกรองชนิดเซลลูโลส จะเป็นไปในทำนองเดียวกันกับความสัมพันธ์ ระหว่างปริมาณธาตุที่เตรียมขึ้นบนกระดาษกรองกับอัตราส่วนของความเข้มของรังสีเอกซ์เรืองของธาตุต่อความเข้มของรังสีเอกซ์กระเจิงที่ 0.9 อังสตรอม ความสัมพันธ์ที่ได้จะเป็นในลักษณะเชิงเส้นตรง ในช่วงความเข้มชั้นของธาตุค่า ๆ (0-20 ไมโครกรัม ต่อ 9.621 ตารางเซนติเมตร)

6.1.3 จากผลการวิเคราะห์สารอ้างอิงมาตรฐานของ NIST ในตารางที่ 5.14 จะเห็นได้ว่าค่าที่วิเคราะห์ได้มีค่าใกล้เคียงกับค่ามาตรฐานที่กำหนดไว้

6.1.4 การใช้เทคนิคการเรืองรังสีเอกซ์ในการวิเคราะห์เชิงคุณภาพของฝุ่นในอากาศสามารถดำเนินการได้สะดวก และรวดเร็ว โดยเฉพาะถ้าเลือกใช้ระบบวิเคราะห์แบบ EDX นอกจากนี้ ผลวิเคราะห์ที่ได้ยังใช้เป็นข้อมูลที่จะบอกให้ทราบค่าคร่าว ๆ ว่าธาตุใดมีปริมาณมาก ธาตุใดมีปริมาณน้อยทำให้สามารถเลือกใช้เทคนิค หรือ วิธีการเพื่อดำเนินการกับตัวอย่างในขั้นตอนของการวิเคราะห์เชิงปริมาณได้เหมาะสม

6.1.5 จากผลการวิเคราะห์ฝุ่นจากอากาศจะพบว่าในการวิเคราะห์ธาตุปริมาณน้อย ผลวิเคราะห์ที่ได้จะมีค่าใกล้เคียงกันกับผลการวิเคราะห์ด้วยเทคนิคอื่น และจากการทดสอบผลใน

ทางสถิติ โดยใช้ t-test ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 สำหรับธาตุบางธาตุ เช่น ตะกั่ว สังกะสี และเหล็ก ค่าที่ได้จากการวิเคราะห์ทั้งสองวิธีจะให้ผลใกล้เคียงกัน ในกรณีของตะกั่ว และสังกะสี นั้นจะเปรียบเทียบ โดยใช้ค่าจากข้อมูลที่แก้ไขผลรบกวนเมทริกซ์ด้วยเทคนิคของอัตราส่วนของพิคต่อแบคกราวนด์ที่เกิดจากรังสีเอกซ์กระเจิงที่ 0.9 อังสตรอม

จากผลการวิเคราะห์ฝุ่นจากอากาศในเขตกรุงเทพมหานคร บริเวณศูนย์เครื่องมือวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย โดยใช้เทคนิคการเรืองรังสีเอกซ์ สรุปข้อมูลที่ได้แสดงดัง ตารางที่ 6.1

จากผลการวิเคราะห์ฝุ่นจากอากาศบริเวณอำเภอศรีราชา จังหวัดชลบุรี โดยใช้เทคนิคการเรืองรังสีเอกซ์ สรุปข้อมูลที่ได้แสดงดัง ตารางที่ 6.2

ตารางที่ 6.1 แสดงค่าเฉลี่ย ค่าสูงสุด และค่าต่ำสุด ของธาตุที่เป็นส่วนประกอบของฝุ่นในบรรยากาศ และโลหะบางชนิดที่ปนเปื้อนอยู่ในฝุ่นตัวอย่างที่ได้จากเขตกรุงเทพมหานคร บริเวณศูนย์เครื่องมือวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในช่วงเดือนมิถุนายน ถึงเดือนกันยายน 2534

ธาตุ	ปริมาณธาตุ ( % โดยน้ำหนัก )		
	ค่าเฉลี่ย	ค่าสูงสุด	ค่าต่ำสุด
Al	6.32	7.36	5.66
Si	22.04	24.14	20.59
K	1.80	2.08	1.46
Ca	10.36	13.12	8.43
Fe	1.82	2.24	1.50
S	4.17	6.50	2.49

ตารางที่ 6.1 (ต่อ)

ธาตุ	ปริมาณธาตุ (ไมโครกรัม ต่อ กรัมของฝุ่น )		
	ค่าเฉลี่ย	ค่าสูงสุด	ค่าต่ำสุด
Pb	2084	3821	1497
Mn	272	576	154
Br	512	1183	329
Ni	443	933	290
Zn	3635	10468	1995
Ti	1775	2474	1464
Cu	2066	3373	1144
Cr	-	ต่ำกว่าขีดจำกัดในการวิเคราะห์	-

6.1.6 จากผลการวิเคราะห์ตัวอย่างดิน บริเวณอำเภอศรีราชา จังหวัดชลบุรี โดยเทคนิคการเรืองรังสีเอกซ์ประกอบกับเทคนิคการเลี้ยวเบนของรังสีเอกซ์ ทำให้ทราบว่า ลักษณะของตัวอย่างดินบริเวณที่ศึกษานั้น มีส่วนประกอบของธาตุซิลิกอนในระดับปริมาณสูง และ ธาตุซิลิกอนที่เป็นส่วนประกอบนั้นจะอยู่ในรูปของควอตซ์

สรุปองค์ประกอบทางเคมีของดินบริเวณที่ศึกษาเป็นดังนี้

$\text{SiO}_2$	70-95 %
$\text{Al}_2\text{O}_3$	1-15 %
$\text{K}_2\text{O}$	0.5-3 %
$\text{CaO}$	0.1-2 %
$\text{Fe}_2\text{O}_3$	0.6-5 %

ธาตุอื่น ๆ เช่น Ti Mn Zr Cu และ Sr

ตารางที่ 6.2 แสดงค่าเฉลี่ย ค่าสูงสุด และค่าต่ำสุด ของธาตุที่เป็นส่วนประกอบของฝุ่น  
ในบรรยากาศ และโลหะบางชนิดที่ปนเปื้อนอยู่ในฝุ่นตัวอย่างที่ได้จาก  
บริเวณอำเภอศรีราชา จังหวัดชลบุรี

ธาตุ	ปริมาณธาตุ ( % โดยน้ำหนัก )		
	ค่าเฉลี่ย	ค่าสูงสุด	ค่าต่ำสุด
Al	7.41	9.03	5.91
Si	32.18	36.26	26.20
K	2.87	3.61	2.06
Ca	2.72	4.28	1.41
Fe	2.07	3.35	1.49
S	2.31	6.36	0.94
ปริมาณธาตุ ( ไมโครกรัม ต่อ กรัมของฝุ่น )			
Pb	486	1926	158
Mn	551	769	360
Br	428	1716	147
Ni	523	1945	151
Zn	205	384	60
Ti	2944	5479	2090
Cu	604	1779	126
Cr	-	ต่ำกว่าขีดจำกัดในการวิเคราะห์	-

6.1.7 จากผลการวิเคราะห์โลหะหนักบางธาตุในฝุ่นจากอากาศโดยใช้วิธี GF-AAS สรุปข้อมูลที่ได้แสดงดัง ตารางที่ 6.3

ตารางที่ 6.3 แสดงค่าเฉลี่ย ค่าสูงสุด และค่าต่ำสุด ของโลหะหนักบางชนิดในตัวอย่างฝุ่นในบรรยากาศที่วิเคราะห์โดยวิธี GF-AAS

ปริมาณธาตุ (ไมโครกรัม ต่อ กรัมของฝุ่น )						
ธาตุ	บริเวณที่ 1			บริเวณที่ 2		
	ค่าเฉลี่ย	ค่าสูงสุด	ค่าต่ำสุด	ค่าเฉลี่ย	ค่าสูงสุด	ค่าต่ำสุด
As	50.3	177.1	23.2	38.7	92.9	21.4
Cd	6.8	14.0	2.9	7.1	19.6	1.7

หมายเหตุ : บริเวณที่ 1 ได้แก่ บริเวณศูนย์เครื่องมือวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี  
บริเวณที่ 2 ได้แก่ บริเวณอำเภอศรีราชา จังหวัดชลบุรี

6.1.8 การศึกษาฝุ่นละอองในอากาศในระดับอนุภาคขนาดเล็ก โดยใช้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดที่ประกอบด้วยหน่วยวิเคราะห์รังสีเอกซ์เรือง ทำให้ทราบข้อมูลเกี่ยวกับ ขนาด และรูปร่างลักษณะของฝุ่นในบรรยากาศในระดับอนุภาคเล็ก ๆ จากการศึกษาพบว่าอนุภาคของฝุ่นตัวอย่างที่ได้จากบริเวณศูนย์เครื่องมือวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย และ ฝุ่นละอองที่ได้จากบริเวณอำเภอศรีราชา จังหวัดชลบุรี ลักษณะของฝุ่นที่เก็บได้จะมีรูปร่างโดยทั่วไปแตกต่างกัน ส่วนขนาดของฝุ่นละอองที่เก็บจากอากาศโดยใช้เครื่องเก็บตัวอย่างฝุ่นในอากาศชนิด Hi-Vol โดยทั่วไปจะมีขนาดเล็กกว่า 25 ไมครอน

## 6.2 ข้อเสนอแนะ

6.2.1 เนื่องจากเครื่องมือวิเคราะห์รังสีเอกซ์เรืองระบบ WDX (JEOL JSX-60PA) ที่ติดตั้งอยู่ที่ศูนย์เครื่องมือวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย นั้น มีขีดจำกัดทางด้านกำลังของหลอดกำเนิดรังสีเอกซ์ และ ประสิทธิภาพในการตรวจวัดธาตุ (โดยเฉพาะธาตุที่มีเลขอะตอมต่ำ ๆ) ของเครื่องลดต่ำลงมาก ดังนั้นผลการวิจัยในครั้งนี้ อาจยังไม่ใช้ขีดความสามารถสูงสุดของเทคนิคการเรืองรังสีเอกซ์ในการวิเคราะห์ธาตุในฝุ่นจากอากาศ

การเพิ่มขีดความสามารถในการวิเคราะห์อาจทำได้ โดยการเพิ่มกำลังของหลอดกำเนิดรังสีเอกซ์ การเลือกใช้โลหะที่ใช้เป็นเป้าให้เหมาะสม การเลือกใช้ฟิล์มวิเคราะห์ให้เหมาะสม เพื่อเพิ่มขีดความสามารถในการแจกแจงความยาวคลื่นของระบบ และเพิ่มประสิทธิภาพในการสะท้อนกลับของพลังงาน นอกจากนี้ ควรใช้แผ่นกรองรังสีเอกซ์ (filter) เพื่อช่วยลดค่าแบคกราวด์ของรังสีเอกซ์ในช่วงระดับพลังงานที่สนใจ

6.2.2 ควรมีการศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับผลรบกวนของแมทริกซ์ และแนวทางแก้ไข

6.2.3 ควรมีการศึกษาส่วนประกอบทางเคมีของฝุ่นในอากาศโดยใช้ เทคนิคทางนิวเคลียร์แบบอื่น เช่น นิวตรอนแอคติเวชัน

6.2.4 ควรมีการศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับการวิเคราะห์ส่วนประกอบทางเคมีของฝุ่นจากอากาศ ในระดับอนุภาคขนาดเล็ก โดยใช้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดที่ประกอบด้วยหน่วยวิเคราะห์รังสีเอกซ์ เรือง