การศึกษาองค์ประกอบของฝุ่นละอองด้วยเทคนิคการวัดปริมาณรังสีเอ็กซ์ฟูออเรสเซนต์

ดิเรกฤทธิ์ บัวเวช[1] และยศกิต เรืองทวีป[2*]

[1]ภาควิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร
[2]สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ทั่วไป คณะวิทยาศาตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม
*Djone@webmail.npru.ac.th

บทคัดย่อ

ในงานวิจัยนี้ได้ศึกษาองค์ประกอบของฝุ่นละอองด้วยเทคนิคการวัดปริมาณรังสีเอ็กซ์ฟูออเรสเซนต์ (X-Ray fluorescence : XRF) โดยเก็บตัวอย่างฝุ่นละอองรวม (TSP) และ ฝุ่นขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน (PM-10) ในบรรยากาศระบบกราวิเมตริก (Gravimetric) ด้วยเครื่องเก็บอากาศชนิดไฮโวลุม (High volume air sampler) บริเวณพื้นที่ 4 แห่ง ในกรุงเทพมหานครและปริมณฑล พบว่าปริมาณฝุ่นละอองมีค่าเกินมาตรฐานที่กรมควบคุมมลพิษกำหนดไว้ ขณะที่องค์ประกอบหลักของฝุ่นละออง TSP และ PM-10 ประกอบด้วย ซิลิคอน แคลเซียม อลูมิเนียม

คำสำคัญ: ฝุ่นละออง XRF TSP PM-10

The study of particulate matter compositions using X-ray fluorescence spectrometry techniques

Dirakrit Bohuwech[1] and Yotsakit Ruangtaweep[2*]

[1]Department of Environmental Science, Faculty of Science, Silpakorn University
[2]Physics Program, Faculty of Science and Technology, Nakhon Pathom Rajabhat University
*Djone@webmail.npru.ac.th

Abstract

In this research, the particulate matter compositions were inestigated using X-ray fluorescence (XRF) techniques. The samples were collected in terms of Total Suspended Particles (TSP) and Particulate Matter with a diameter of less than 10 microns (PM-10), Gravimetric systems were employed with high-volume air samplers in the atmosphere at four areas in Bangkok metropolis and vicinity. It was found that the level of both samples exceeded the Pollution Control Department safety standards. The major compositions of TSP and PM-10 consisted of Si, Ca and Al.

Keywords: Particulate matter, XRF, TSP, PM-10

1. บทนำ

จากสถานการณ์ฝุ่นละอองที่ผ่านมา ส่งผลกระทบต่อสุขภาพอนามัยของประชาชนเป็นอย่างมาก โดยก่อให้เกิดโรคระบบทางเดินหายใจทั้งแบบเรื้อรังและเฉียบพลัน โรคหลอดเลือดและหัวใจเรื้อรัง มะเร็งปอด และยังส่งผลกระทบทางผิวหนังด้วย [1-3] จากรายงานพบว่าสถานการณ์คุณภาพอากาศภาพรวมทั่วประเทศ ในปี 2565 ปริมาณฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน (PM2.5) และปริมาณฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน (PM10) แม้ว่าจะมีปริมาณลดลงร้อยละ 5 อย่างไรก็ตาม ยังพบปริมาณฝุ่นละออง PM2.5 PM10 เกินค่ามาตรฐานในหลายพื้นที่ โดยจังหวัดที่มีปัญหาคุณภาพอากาศมากที่สุด 5 อันดับแรก ได้แก่ สระบุรี สมุทรสงคราม กรุงเทพมหานคร พิษณุโลก และหนองคาย ซึ่งมีจำนวนวันที่คุณภาพอากาศเกินเกณฑ์มาตรฐาน เท่ากับ 97 77 68 57 และ 54 วัน ตามลำดับ โดยมีค่าเฉลี่ย 24 ชั่วโมง ของ PM2.5 สูงสุด อยู่ในช่วง 22-156 $\mu g/m^3$ และค่าเฉลี่ย 24 ชั่วโมงสูงสุด อยู่ในช่วง 44-230 $\mu g/m^3$ [4]

เป็นที่ทราบกันดีว่าความเป็นอันตรายของฝุ่นละอองขึ้นอยู่กับขนาดของฝุ่นละออง ซึ่งฝุ่นละอองที่มีขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน สามารถตกค้างในระบบทางเดินหายใจส่วนล่างได้ โดยเฉพาะถุงลมในปอด ทำให้เกิดการอักเสบหรือถูกทำลาย ส่งผลให้เกิดโรคระบบทางเดินหายใจต่าง ๆ ตามมา อย่างไรก็ตาม ความเป็นอันตรายไม่ได้ขึ้นอยู่กับขนาดของฝุ่นละอองพียงอย่างเดียว ยังขึ้นอยู่กับองค์ประกอบของฝุ่นละอองด้วย โดยเฉพาะฝุ่นละอองที่มีองค์ประกอบซิลิคอน (Si) หากได้รับในปริมาณมากและเป็นระยะเวลานาน อาจก่อให้เกิดโรคซิลิโคซิสได้ เป็นต้น นอกจากนี้โลหะหนักบางชนิด เช่น ปรอท (Hg) ตะกั่ว (Pb) อาร์เซนิก (As) แคดเมียม (Cd) เป็นต้น ก่อให้เกิดโรคระบบทางเดินหายใจและอาจส่งผลกระทบต่อการทำงานของเอนไซม์ของเซลล์และเยื่อหุ้มเซลล์ทำงานผิดปกติ ส่งผลให้เกิดมะเร็งและโรคอื่นๆ ได้ [5-7] ดังนั้นการตรวจวัดคุณภาพอากาศจึงต้องมีการตรวจวัดปริมาณโลหะหนักควบคู่ด้วยเสมอ

การวิเคราะห์ปริมาณโลหะหนักในฝุ่นละอองสามารถทำได้หลายวิธี เช่น Graphite furnace atomic absorption spectrometry (GFAAS) และ Flame atomic absorption spectroscopy (FAAS) เป็นต้น อย่างไรก็ตามวิธีวิเคราะห์ดังกล่าวมีขั้นตอนการเตรียมตัวอย่างที่ซับซ้อนและใช้เวลานาน ดังนั้นจึงมีแนวคิดที่จะนำเทคนิค X-Ray Fluorescence analysis (XRF) ซึ่งเป็นเทคนิคการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีในตัวอย่าง โดยอาศัยการดูดกลืนและคายพลังงานของรังสีเอกซ์ที่ยิงเข้าไป [8] ซึ่งเทคนิคนี้ไม่มีขั้นตอนการเตรียมตัวอย่างที่ซับซ้อนและใช้ระยะเวลาในการวิเคราะห์องค์ประกอบในฝุ่นละอองไม่นาน ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงทำการวิเคราะห์โลหะหนักในฝุ่นละอองที่เก็บตัวอย่างมาจากพื้นที่ที่แตกต่างกัน

2. วิธีการทดลอง

2.1 การเก็บตัวอย่างฝุ่นละออง

ในงานวิจัยนี้ได้เก็บตัวอย่างฝุ่นละอองรวม (Total suspended particulate: TSP) และฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน (Particulate Matter less than 10 microns: PM_{10}) ด้วยเครื่องเก็บตัวอย่างฝุ่นละอองในบรรยากาศแบบปริมาตรสูง (High volume air sampler) เป็นระยะเวลา 24 ชั่วโมง ภายนอกอาคาร ในช่วงเดือนพฤศจิกายน 2566 – กุมภาพันธ์ 2567 โดยแบ่งบริเวณสำหรับเก็บตัวอย่างฝุ่นละอองออกเป็น 4 พื้นที่ ประกอบด้วย 1) บริเวณพื้นที่ก่อสร้างคอนโดมีเนียม 2) บริเวณพื้นที่ก่อสร้างโครงการหมู่บ้านจัดสรร 3) บริเวณพื้นที่ริมถนน 4) บริเวณพื้นที่เขตอุตสาหกรรม ซึ่งบริเวณทั้งหมดอยู่ในเขตกรุงเทพฯ และปริมณฑล

ภาพที่ 1 การเก็บตัวอย่างฝุ่นละออง TSP และ PM10 ในพื้นที่ต่าง ๆ

2.2 การวิเคราะห์ปริมาณฝุ่นละออง

ทำการอบกระดาษกรองก่อนทำการเก็บตัวอย่างฝุ่นละอองเพื่อไล่ความชื้น จากนั้นชั่งน้ำหนักกระดาษกรองด้วยเครื่องชั่งน้ำหนัก 4 ตำแหน่ง เมื่อเก็บตัวอย่างฝุ่นละอองเป็นที่เรียบร้อบแล้ว นำกระดาษกรองมาอบไล่ความชื้นอีกครั้ง แล้วชั่งน้ำหนักกระดาษกรอง จากนั้นนำผลที่ได้มาคำนวนหาปริมาณฝุ่นละอองในอากาศ ดังสมการ

$$w = \frac{w_f - w_i}{v_{std}}$$

เมื่อ w = ปริมาณฝุ่นละอองในบรรยากาศ (มิลลิกรัม/ลูกบาศก์เมตร)
w_f = น้ำหนักกระดาษกรองก่อนเก็บตัวอย่าง (มิลลิกรัม)
w_i = น้ำหนักกระดาษกรองหลังเก็บตัวอย่าง (มิลลิกรัม)
v_{std} = ปริมาตรของอากาศที่สภาวะมาตรฐาน (ลูกบาศก์เมตร)

2.3 การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของฝุ่นละออง

นำฝุ่นละอองตัวอย่างไปวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีโดยใช้ เครื่องสเปกโตรมิเตอร์รังสีเอ็กซ์แบบกระจายพลังงาน (Energy Dispersive X-Ray Fluorescence - EDXRF) ของบริษัท Panalytical รุ่น Minipal-4

3. ผลการทดลอง

3.1 ปริมาณความเข้มข้นของฝุ่นละอองในพื้นที่ต่าง ๆ

จากการเก็บตัวอย่างฝุ่นละออง TSP และ PM10 ในพื้นที่ต่าง ๆ เป็นระยะเวลา 24 ชั่วโมง เมื่อนำกระดาษกรองก่อน-หลังเก็บตัวอย่างฝุ่นละอองมาชั่งนำหนักและคำนวณหาปริมาณฝุ่นละอองในบรรยากาศ แสดงดังตารางที่ 1 และ 2 พบว่าปริมาณฝุ่นละอองทั้ง TSP และ PM10 มีค่าเกินมาตรฐานที่กรมควบคุมมลพิษกำหนดไว้ (TSP 24 ชั่วโมง ไม่เกิน 0.33 mg/m^3 และ PM10 24 ชั่วโมง ไม่เกิน 0.12 mg/m^3) โดยบริเวณพื้นที่เขตอุตสาหกรรม (พื้นที่ D) มีปริมาณฝุ่นละออง TSP และ PM10 มากที่สุดอยู่ที่ 0.42 และ 0.24 mg/m^3 ตามลำดับ เนื่องจากเป็นพื้นที่ที่มีรถบรรทุกเดินทางเข้าออกพื้นที่เป็นจำนวนมาก นอกจากนี้ช่วงที่เก็บตัวอย่างฝุ่นละอองอยู่ในช่วงฤดูหนาว มีความชื้นสัมพัทธ์ต่ำ ทำให้ฝุ่นละอองคงตัวอยู่ในบรรยากาศได้นาน เป็นสาเหตุที่ทำให้ปริมาณฝุ่นละอองที่วัดได้มีค่าสูง

ตารางที่ 1 ปริมาณความเข้มของฝุ่นละออง TSP ในพื้นที่ต่าง ๆ

	พื้นที่เก็บตัวอย่างฝุ่นละออง TSP			
	คอนโดมีเนียม	**หมู่บ้านจัดสรร**	**ริมถนน**	**อุตสาหกรรม**
ปริมาณฝุ่นละอองในบรรยากาศ (mg/m^3)	0.36	0.35	0.39	0.42
น้ำหนักกระดาษกรองก่อนเก็บตัวอย่าง (mg)	3,012.56	3,052.93	3,024.08	3,021.21
น้ำหนักกระดาษกรองหลังเก็บตัวอย่าง (mg)	3,669.73	3,661.95	3,729.92	3,786.60
ปริมาตรของอากาศที่สภาวะมาตรฐาน (m^3)	1,840.26	1,755.68	1,796.50	1,821.66

ตารางที่ 2 ปริมาณความเข้มของฝุ่นละออง PM10 ในพื้นที่ต่าง ๆ

	พื้นที่เก็บตัวอย่างฝุ่นละออง PM10			
	คอนโดมีเนียม	**หมู่บ้านจัดสรร**	**ริมถนน**	**อุตสาหกรรม**
ปริมาณฝุ่นละอองในบรรยากาศ (mg/m^3)	0.15	0.16	0.20	0.24
น้ำหนักกระดาษกรองก่อนเก็บตัวอย่าง (mg)	3,057.41	3,059.23	3,064.84	3,033.18
น้ำหนักกระดาษกรองหลังเก็บตัวอย่าง (mg)	3,231.66	3,240.79	3,290.65	3,322.52
ปริมาตรของอากาศที่สภาวะมาตรฐาน (m^3)	1,201.20	1,103.91	1,123.79	1,182.60

3.2 องค์ประกอบของฝุ่นละออง

เมื่อนำกระดาษกรองไปวิเคราะห์ปริมาณองค์ประกอบทางเคมี พบองค์ประกอบต่าง ๆ แสดงดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 องค์ประกอบของฝุ่นละอองในพื้นที่ต่าง ๆ

พื้นที่	**องค์ประกอบของฝุ่นละออง (%)**									
	Al	**Si**	**K**	**S**	**Ca**	**Ti**	**Fe**	**Ba**	**Mn**	**Cu**
คอนโดมีเนียม	5.985	35.233	-	4.050	47.657	2.064	1.355	3.654	0.002	0.012
หมู่บ้านจัดสรร	5.940	33.960	2.143	4.139	46.278	2.152	1.754	3.777	0.011	0.006
ริมถนน	7.412	42.187	4.302	4.649	36.356	1.988	2.073	1.324	0.004	-
อุตสาหกรรม	7.787	52.729	-	8.905	21.357	2.082	2.543	2.711	0.014	0.012

จากผลการวิเคราะห์ปริมาณองค์ประกอบทางเคมี พบว่าองค์ประกอบหลักที่พบในฝุ่นละอองแต่ละพื้นที่ประกอบด้วย ซิลิคอน (Si) แคลเซียม (Ca) อลูมิเนียม (Al) ซึ่งเป็นองค์ประกอบหลักที่พบในหินและทราย คาดว่ามาจากฝุ่นละลองที่อยู่บนพื้นถนนและเกิดการฟุ้งกระจายเนื่องจากการคมนาคม และยังพบองค์ประกอบของซัลเฟอร์ (S) ในทุกพื้นที่ คาดว่ามาจากท่อไอเสียของเครื่องยนต์ โดยเฉพาะพื้นที่ที่อยู่ใกล้กับโรงงานอุตสาหกรรมมีสัดส่วนของซัลเฟอร์มากกว่าพื้นที่อื่น เนื่องจากมีรถบรรทุกขับผ่านอยู่เป็นประจำ ขณะที่องค์ประกอบของโลหะหนัก เหล็ก (Fe) ไทเทเนียม (Ti) แมงกานีส (Mn) คอปเปอร์ (Cu) ไม่พบความแตกต่างอย่างเห็นได้ชัดในแต่ละพื้นที่ ซึ่งมีสัดส่วนของเหล็กและไทเทเนียมมากที่สุด

4. บทสรุป

งานวิจัยนี้ได้ศึกษาปริมาณและองค์ประกอบของฝุ่นละอองจากพื้นที่ต่าง ๆ ประกอบด้วย บริเวณพื้นที่คอนโดมีเนียม บริเวณพื้นที่คอนโดมีเนียมใกล้กับห้างสรรพสินค้า บริเวณพื้นที่โครงการหมู่บ้านจัดสรร และบริเวณโรงงานอุตสาหกรรม พบว่า

บริเวณพื้นที่คอนโดมีเนียมใกล้กับห้างสรรพสินค้าและบริเวณโรงงานอุตสาหกรรมมีปริมาณฝุ่นละอองเกินค่ามาตรฐานที่กำหนดไว้ ในส่วนขององค์ประกอบของฝุ่นละอองพบองค์ประกอบหลักคือ ซิลิคอน แคลเซียม และอลูมิเนียม คาดว่ามาจากฝุ่นละลองที่อยู่บนพื้นถนนและเกิดการฟุ้งกระจายเนื่องจากการคมนาคม อย่างไรก็ตามเทคนิคการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีโดยใช้เครื่อง XRF มีข้อจำกัด เนื่องจากเป็นการหาสัดส่วนเปอร์เซ็นต์ ไม่ได้เป็นการหาปริมาณโดยตรง และไม่สามารถหาองค์ประกอบของสารไฮโดรคาร์บอนและไนโตรเจนได้

5. เอกสารอ้างอิง (References)

[1] Silalak Grove, Rakjit Kanlayanatam, Suthirat Kittipongvises, & Nutta Taneepanichskul, (2021). Dust Particles as small as 2.5 microns (PM 2.5) in Buildings and Educational institutions. Environmental Journal, 25(3), 1-9. (In Thai)

[2] Woranara Chanabawornsakul, Seree Tuprakay, Piyarat Premanoch & Mongkol Ratcha (2023). The Relationship Between Particulate Matter (PM2.5) With Respiratory Disease and Coronary Heart Disease : Case Studies in Bangkok and Nakhon Sawan. Science and Technology Research Journal Nakhon Ratchasima Rajabhat University, 8(1), 62-72. (In Thai)

[3] Naseeroh Yueroh, Chompunuch Supapvanich, Anchalee Pongkaset, Makarim Darama & Surichai Bilheem (2024). Respirable Dust Levels and Hospital Visits for Respiratory Diseases of People Living in Hat Yai Municipality, Songkhla Province. The Southern College Network Journal of Nursing and Public Health, 11(1), e264179. (In Thai)

[4] Pollution Control Department : Ministry of Natural Resources and Environment. (2023). Annual Report Pollution 2022

[5] Tosapon Tiarnvipaswong & Manutcha Piromyu. (2023). The study of health situations among workers exposed to silica dust in thailand. Safety & environment review e–journal, 31(2), 1-15. (In Thai)

[6] Orachon Chimjana & Thunwadee Srithawirat (2017). Contamination assessment of heavy metals in dust deposited on residential building walls in agricultural areas of sukhothai. Journal of Environmental Management, 13(1), 21-33. (In Thai)

[7] Ronbanchob Apiratikul & Siwatt Pongpiachan. (11 Nov 2022). Metal elements in PM2.5. Manager online.

[8] Sorawoot Sutiwong, Konlakorn Wongpatikaseree, Narit Hnoohom, Pisit Phokharatkul and Chom Kimpan. (2018). Thai Coins Analysis and Classification using X-RAY Fluorescence Technique. Kasem Bundit Engineering Journal, Vol. 8, 227-238.