



รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

โครงการ องค์ประกอบทางเคมีและสัดส่วนของแหล่งกำเนิด
ฝุ่น PM10 ในเขตเมืองพิษณุโลก

โดย ดร.ปาริย์ ทองสนิท และคณะ

30 มิถุนายน 2548

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

โครงการ องค์ประกอบทางเคมีและสัดส่วนของแหล่งกำเนิด
ฝุ่น PM10 ในเขตเมืองพิษณุโลก

คณะผู้วิจัย สังกัด

1. ดร. ปาจริย์ ทองสนิท มหาวิทยาลัยนเรศวร
2. รศ. ดร. วนิดา จินาสาตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สนับสนุนโดยทบวงมหาวิทยาลัย และสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย

หน้าสรุปโครงการ (Executive Summary)

ทุนพัฒนาศักยภาพในการทำงานวิจัยของอาจารย์รุ่นใหม่

เรื่อง องค์ประกอบทางเคมีและสัดส่วนของแหล่งกำเนิดฝุ่นขนาดเล็ก (PM10) ในเขตเมืองพิษณุโลก

1. ความสำคัญและที่มาของปัญหาที่ทำการวิจัย

ปัจจุบันเทศบาลนครพิษณุโลกเกิดปัญหาฝุ่นละอองจากการจราจร การก่อสร้าง และการอุตสาหกรรม การลดมลภาวะของฝุ่นละอองนั้นเป็นเรื่องที่มีความสำคัญต่อคุณภาพอากาศ เนื่องจากการแปรผันและเปลี่ยนแปลงอย่างมากของแหล่งกำเนิดและองค์ประกอบทางเคมีของฝุ่นละออง จากการปรับปรุงเครื่องยนต์ การนำยานพาหนะใหม่มาใช้แทน น้ำมันเชื้อเพลิงที่ใช้ จากโรงงานอุตสาหกรรมที่เพิ่มขึ้น ด้วยเหตุนี้ทำให้การลดระดับฝุ่นละอองในบรรยากาศเป็นไปด้วยความยากลำบาก ซึ่งถ้าไม่มีการจัดการคุณภาพอากาศให้เหมาะสมกับสถานการณ์ที่เปลี่ยนไปแล้ว ผลกระทบจากฝุ่นละอองที่เกิดขึ้นต่อมนุษย์และสภาพแวดล้อม เช่น โรคระบบทางเดินหายใจ อาครามีความสกปรก ลดการมองเห็นของการขับขี่ยานพาหนะ เป็นต้น ก็คงจะไม่สามารถที่จะแก้ไขได้อย่างมีประสิทธิภาพ การพัฒนาเทคนิคที่จะทำให้การควบคุมและป้องกันฝุ่นละอองในบรรยากาศให้เป็นไปในแนวทางที่เหมาะสมและมีประสิทธิภาพ จึงจำเป็นต้องศึกษาการกระจายของแหล่งกำเนิดจากการตรวจวัดค่าความเข้มข้นของฝุ่นละอองที่แหล่งรับนั้นๆ ใช้วิธีการการจัดการคุณภาพอากาศ มีแบบจำลองดุลยภาพมวลเคมี (Chemical Mass Balance [CMB] Receptor Model) เป็นแบบจำลองที่สามารถกระจายมวลของฝุ่นละอองจากแหล่งกำเนิดมาสู่แหล่งรับได้

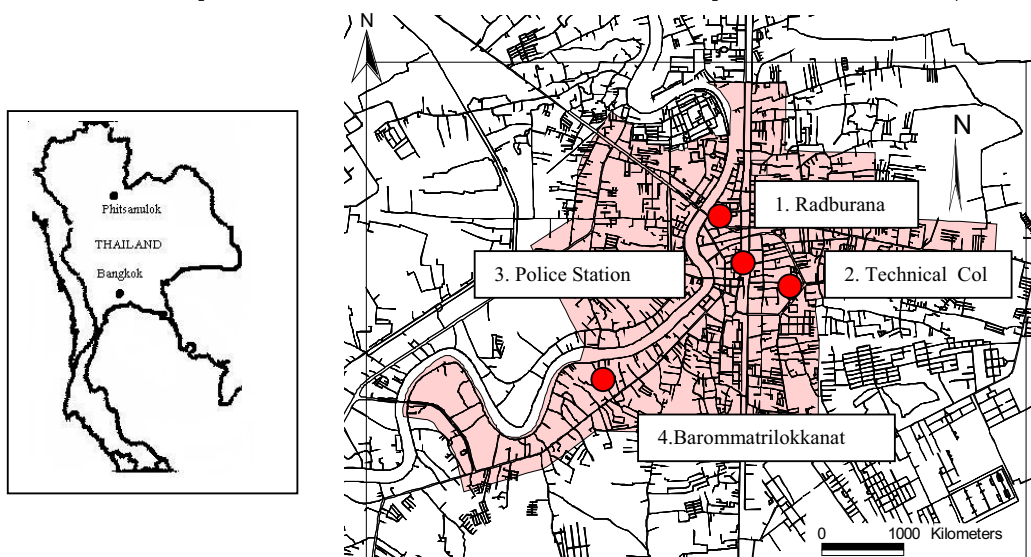
ปัจจุบันมีการเก็บตัวอย่างฝุ่นละอองขนาดเล็ก (PM10) ในเขตเมืองพิษณุโลกเพียงสถานีเดียว และยังไม่ได้มีการศึกษาหาสัดส่วนของแหล่งกำเนิดของฝุ่น PM10 ในงานวิจัยนี้จึงศึกษาแบบจำลองดุลยภาพมวลเคมีเพื่อประมาณสัดส่วนของแหล่งกำเนิดของฝุ่น PM10 ที่มีผลกระทบต่อคุณภาพอากาศในพื้นที่บริเวณต่างๆ ของเขตเมืองพิษณุโลก และกำหนดแนวทางที่เหมาะสมในการลดระดับฝุ่น PM10

2. วัตถุประสงค์ของโครงการ

- เพื่อศึกษาหาความเข้มข้นของฝุ่น PM10 ในบรรยากาศ
- เพื่อศึกษาและคำนวณหาสัดส่วนแหล่งกำเนิดจากการปล่อยฝุ่น PM10 ในบรรยากาศ
- เพื่อเปรียบเทียบสัดส่วนการกระจายของแหล่งกำเนิดของแต่ละพื้นที่ ภายในช่วงแต่ละฤดู และประเมินหาแหล่งกำเนิดแต่ละพื้นที่
- เพื่อกำหนดแนวทางที่เหมาะสมในการลดระดับฝุ่น PM10

3. ระเบียบวิธีวิจัย

สถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศเก็บตัวอย่างฝุ่น PM10 โดยใช้เครื่องเก็บตัวอย่างฝุ่น PM10 ชนิดปริมาตรสูง ในระดับความสูงประมาณ 3-4 เมตร จากระดับพื้นดิน 4 สถานี (ดังรูป ที่ 1) ในเขตเมืองพิษณุโลก



รูปที่ 1 แผนที่จุดเก็บตัวอย่างฝุ่น PM10 ในเขตเมืองพิษณุโลก

พารามิเตอร์ที่ทำการศึกษา

ความเข้มข้นของฝุ่น PM10 ทั้ง 4 สถานีตรวจวัด ในช่วง ฤดูฝนและฤดูหนาว

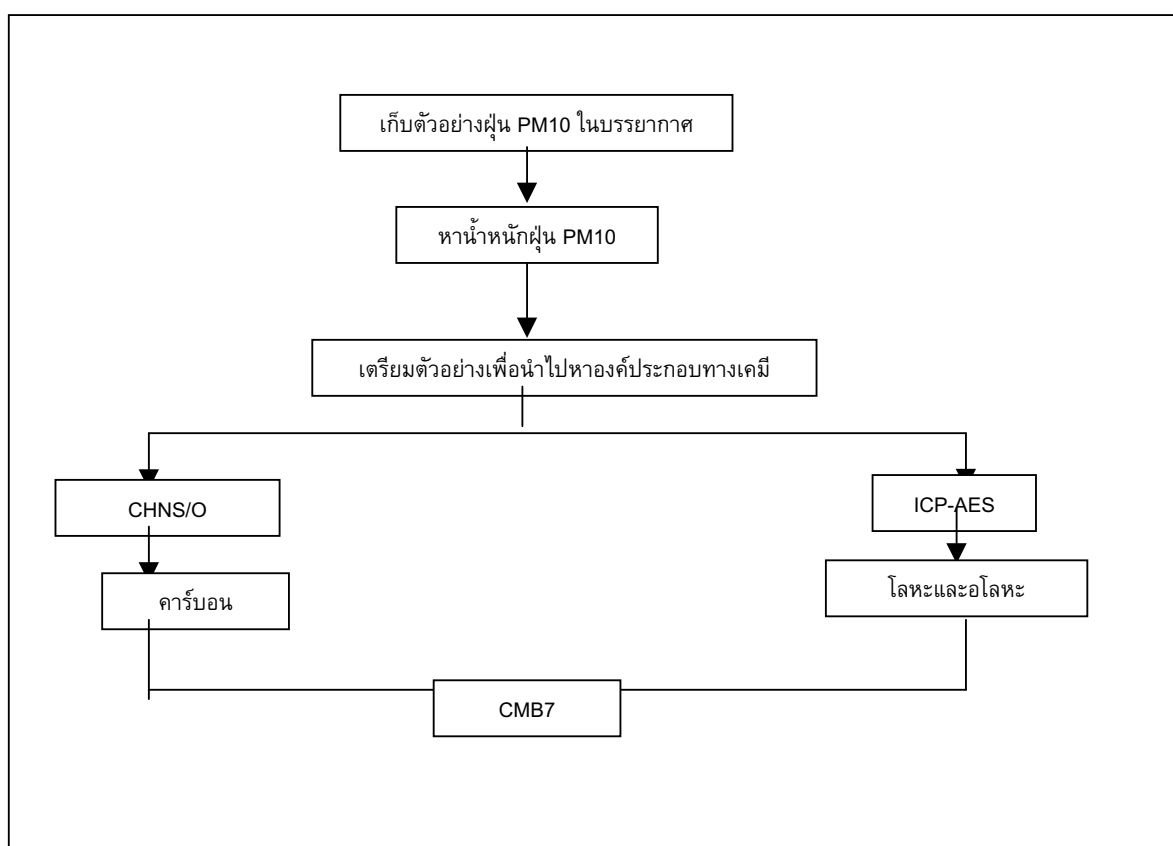
องค์ประกอบทางเคมีของฝุ่นละอองรวม 14 ชนิด ได้แก่ คาร์บอนอินทรีย์ คาร์บอนธาตุ ไฮเดียม อลูมิเนียม ซิลิกอน ซัลเฟอร์ โพแทสเซียม แคลเซียม ไทเทเนียม วานาเดียม โครเมียม เหล็ก สังกะสี และตะกั่ว

ตารางที่ 1 รายการอ้างอิงสำหรับการวิจัย

การทดลอง	รายการอ้างอิง
1. วิธีการเก็บตัวอย่างฝุ่นละอองรวมในบรรยากาศ	World Health Organization, 1976
2. การหาความเข้มข้นฝุ่นละอองรวมในบรรยากาศ	World Health Organization, 1976
3. การเตรียมตัวอย่างโดยใช้วิธีการย่อยด้วยกรด	US EPA, 1989
4. การวิเคราะห์หาคาร์บอน	อัมพร, 2543
5. การทำความสะอาดเครื่องแก้ว	US EPA, 1989
8. การประมวลผลด้วยแบบจำลองคุณภาพมวลเคมี	Watson, J. G., et al. 1989

อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย

1. เครื่องเก็บตัวอย่างฝุ่น PM10 ชนิดปริมาตรสูง
2. Inductively Couple Plasma Atomic Emission Spectroscopy, ICP-AES
3. CHNS/O analyzer



รูปที่ 2 แผนผังแสดงแผนงานการทดลองและการวิเคราะห์

การวิเคราะห์ข้อมูล

ในการวิเคราะห์ข้อมูลจะวิเคราะห์ทางด้านความเข้มข้นของฝุ่น PM10 กับมาตรฐานคุณภาพอากาศในบรรยากาศ ลักษณะองค์ประกอบทางเคมีจากแหล่งกำเนิดและจากบรรยากาศและใช้โปรแกรมแบบจำลองคุณภาพมลพิษรุ่นที่ 8 ซึ่งเป็นโปรแกรมที่ทำการคิดค้นและพัฒนาจาก USEPA เพื่อใช้ในการวิเคราะห์หาความเข้มข้นฝุ่น PM10 จากแหล่งกำเนิดและประมาณสัดส่วนการกระจายแหล่ง

4. แผนการดำเนินงาน

ระยะเวลาดำเนินงานตลอดโครงการทั้งสิ้น 24 เดือน พฤษภาคม 2546 – มิถุนายน 2548

รายละเอียด	ก.ค. 46 – ต.ค. 46	พ.ย.46 – เม. ย. 47	พ.ค. 47 – ต.ค. 47	พ.ย. 47 – เม.ย. 48
เก็บตัวอย่างฝุ่น PM10				
วิเคราะห์องค์ประกอบฝุ่น PM10				
วิเคราะห์ข้อมูล				
สรุปผลและจัดทำรายงาน				

5. ผลงาน/หัวข้อเรื่องที่คาดว่าจะตีพิมพ์ในวารสารวิชาการระดับนานาชาติในแต่ละปี

ปีที่ 1: ชื่อเรื่องที่คาดว่าจะตีพิมพ์ : Chemical composition of TSP in the air of Phitsanulok, Thailand

ชื่อวารสารที่คาดว่าจะตีพิมพ์ : Thai environmental engineering journal

ISSN 0859-4716 Impact Factor -

ปีที่ 2 : ชื่อเรื่องที่คาดว่าจะตีพิมพ์ : Chemical composition and source apportionment of TSP in the air of Phitsanulok, Thailand

ชื่อวารสารที่คาดว่าจะตีพิมพ์ : Journal Air & Waste Management Association

ISSN 1047-3289 Impact Factor 1.007

เนื้อหางานวิจัย

1. **ชื่อโครงการ (ภาษาไทย)** องค์ประกอบทางเคมีและสัดส่วนของแหล่งกำเนิดฝุ่นละอองขนาดเล็ก (PM10) ในเขตเมืองพิษณุโลก

(ภาษาอังกฤษ) Chemical Composition and Source Apportionment of PM10 in the Air Environment of Phitsanulok

2. ความสำคัญและที่มาของปัญหาที่ทำการวิจัย

ปัจจุบันเทศบาลนครพิษณุโลกเกิดปัญหาฝุ่นละอองจากการจราจร การก่อสร้าง และ การอุตสาหกรรม การลดมลภาวะของฝุ่นละอองนั้นเป็นเรื่องที่มีความสำคัญต่อคุณภาพอากาศ เนื่องจากการแปรผันและเปลี่ยนแปลงอย่างมากของแหล่งกำเนิดและองค์ประกอบทางเคมีของฝุ่นละออง จากการปรับปรุงเครื่องยนต์ การนำยานพาหนะใหม่มาใช้แทน น้ำมันเชื้อเพลิงที่ใช้ จากโรงงานอุตสาหกรรมที่เพิ่มขึ้น ด้วยเหตุนี้ทำให้การลดระดับฝุ่นละอองในบรรยากาศเป็นไปด้วยความยากลำบาก ซึ่งถ้าไม่มีการจัดการคุณภาพอากาศให้เหมาะสมกับสถานการณ์ที่เปลี่ยนไปแล้ว ผลกระทบจากฝุ่นละอองที่เกิดขึ้นต่อมนุษย์และสภาพแวดล้อม เช่น โรคระบบทางเดินหายใจ อาครามีความสกปรก ลดการมองเห็นของการขับขี่ยานพาหนะ เป็นต้น ก็คงจะไม่สามารถที่จะแก้ไขได้อย่างมีประสิทธิภาพ การพัฒนาเทคนิคที่จะทำให้การควบคุมและป้องกันฝุ่นละอองในบรรยากาศให้เป็นไปในแนวทางที่เหมาะสมและมีประสิทธิภาพ จึงจำเป็นต้องศึกษาการกระจายของแหล่งกำเนิดจากการตรวจวัดค่าความเข้มข้นของฝุ่นละอองที่แหล่งรับนั้นๆ ใช้วิธีการการจัดการคุณภาพอากาศ มีแบบจำลองดุลยภาพมวลเคมี (Chemical Mass Balance [CMB] Receptor Model) เป็นแบบจำลองที่สามารถกระจายมวลของฝุ่นละอองจากแหล่งกำเนิดมาสู่แหล่งรับได้

ปัจจุบันมีการเก็บตัวอย่างฝุ่นละอองขนาดเล็ก (PM10) ในเขตเมืองพิษณุโลกเพียงสถานีเดียว และยังไม่ได้มีการศึกษาหาสัดส่วนของแหล่งกำเนิดของฝุ่น PM10 ในงานวิจัยนี้จึงศึกษาแบบจำลองดุลยภาพมวลเคมีเพื่อประมาณสัดส่วนของแหล่งกำเนิดของฝุ่น PM10 ที่มีผลกระทบต่อคุณภาพอากาศในพื้นที่บริเวณต่างๆ ของเขตเมืองพิษณุโลก และกำหนดแนวทางที่เหมาะสมในการลดระดับฝุ่น PM10

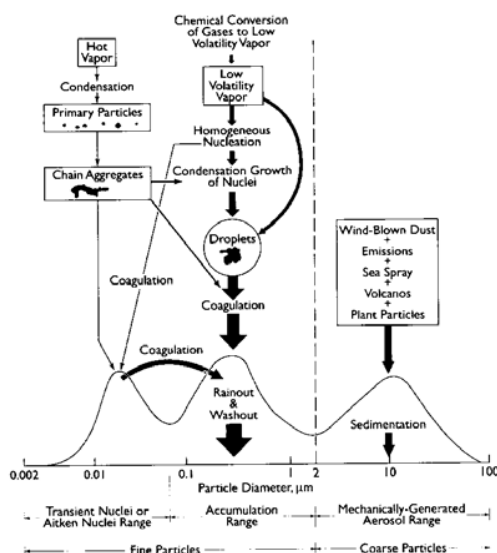
3. วัตถุประสงค์ของโครงการ

1. เพื่อศึกษาหาความเข้มข้นของฝุ่น PM10 ในบรรยากาศ
2. เพื่อศึกษาและคำนวณหาสัดส่วนแหล่งกำเนิดจากการปล่อยฝุ่น PM10 ในบรรยากาศ
3. เพื่อเปรียบเทียบสัดส่วนการกระจายของแหล่งกำเนิดของแต่ละพื้นที่ ภายในช่วงแต่ละฤดู และประเมินหาแหล่งกำเนิดแต่ละพื้นที่
4. เพื่อกำหนดแนวทางที่เหมาะสมในการลดระดับฝุ่น PM10

4 ผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง (Literature Review) และเอกสารอ้างอิง

ทฤษฎีอนุภาคมลสารในอากาศ

อนุภาคมลสารในอากาศ (Airborne particulate matter) เป็นอนุภาคของแข็ง และของเหลว ที่แขวนลอยในอากาศ โดยทั่วไปแล้วการแจกแจงความถี่ของขนาดอนุภาคมลสารในอากาศพบสูงสุดที่ขนาด 0.02 ไมครอน 0.2 ไมครอน และที่ 10 ไมครอน (รูป 1) ขนาดของอนุภาคมลสารตามแหล่งกำเนิดแบ่งได้เป็น อนุภาคที่มีขนาดเล็กกว่า 2 ไมครอน มาจากขบวนการเผาไหม้เป็นหลัก และอนุภาคมลสารที่มีขนาดใหญ่กว่า 2 ไมครอน มาจากกระบวนการเชิงกล (Mechanical processes) เช่น การกัดกร่อนหน้าดิน หรือมาจากการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์



รูป 1 การแจกแจงขนาดอนุภาค พลัสแบบปกติเชิงล็อก (Log-Normal distribution)

ที่มา : Nevers, 2000

แอโรโซลมีการกระจายตัวของอนุภาคขนาดต่าง ๆ ตั้งแต่ขนาดประมาณ 6×10^{-4} ถึง 10^3 ไมครอน (ภาพ 1) คุณสมบัติของอนุภาคขึ้นกับขนาดอนุภาค อนุภาคช่วง Nuclei mode ลักษณะสมบัติสัมพันธ์กับระยะทางอิสระเฉลี่ย (Mean free path, λ) ของโมเลกุลอากาศ (อากาศมี $\lambda = 0.0653$ ไมครอนเมตร ที่ 20°C และ 760 mm. Hg) ส่วนลักษณะสมบัติของช่วง Accumulation mode สัมพันธ์กับความยาวคลื่นเฉลี่ยของแสงที่เห็นได้ (Visible light) โดยเฉลี่ย 0.55 ไมครอนเมตร การเปลี่ยนแปลงระหว่างลักษณะสมบัติ 2 กลุ่มนี้ เกิดขึ้นในช่วงขนาดอนุภาคประมาณ 0.5 ถึง 1.0 ไมครอนเมตร อนุภาคแอโรโซล (Aerosol) ในอากาศโดยปกติไม่กลม และรูปร่างของอนุภาคโดยส่วนใหญ่จะขึ้นกับแหล่งปล่อยออกของอนุภาค อนุภาคทรงกลมมีทั้งเกสรดอกไม้และของแข็งที่เกิดจากการควบแน่น เช่น เถ้าลอย (Fly ash) อนุภาคทรงกระบอกได้แก่ เส้นใยของขนสัตว์ ฝ้ายแก้ว แอสเบสตอส และเส้นใยสังเคราะห์ต่าง ๆ สีนแร่โดยปกติอาจจะมีรูปร่างไม่เป็นระเบียบ เป็นปุยหรือสะเก็ด (Flakelike) ก้อนรวม (Agglomerates) การเกิดจากอนุภาคที่รวมตัวกันในขณะลอยอยู่ในอากาศหรืออาจเกิดจากการเย็นตัวของก๊าซร้อน ในกรณีหลังรูปร่างที่เหมือนลูกโซ่ (Chainlike) และเป็นฟล็อก (Flocs = กลุ่มรวมตัวแบบหลวม ๆ ของอนุภาค) เกิดขึ้นในระหว่างการสันดาปอย่างไม่สมบูรณ์ของเชื้อเพลิง ซึ่งผลิตอนุภาคคาร์บอนจำนวนมาก ตาราง 1 แสดงตัวอย่างรูปร่างของอนุภาคฝุ่นที่ปลิวลอยในอากาศ

ตาราง 1 รูปร่างของอนุภาคฝุ่นที่ปลิวลอยในอากาศ

รูปร่าง	ร้อยละของมวลในตัวอย่าง		อนุภาค
	ช่วง	ค่าเฉลี่ย	
ทรงกลม	0-20	10	ควีน เกสร เถ้าลอย
ไม่มีระเบียบ	10-90	40	แร่
สะเก็ดหรือปุย	0-10	5	แร่ หินกำพร้าว้า
เส้นใย	3-35	10	ผ้าสำลี เส้นใยพืช
ฟล็อก จากการควบแน่น	0-40	15	คาร์บอน ควีน ฟุ่ม

ที่มา: ศิริกัลยา สุวจิตตานนท์ และ คณะ, 2542

อนุภาคที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเล็กกว่า 10 ไมครอน

อนุภาคที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเล็กกว่า 10 ไมครอน วัดโดยพฤติกรรมเชิงแอโรไดนามิกส์ เป็นอนุภาคที่ถูกปลดปล่อยในรูปของการควบแน่น หรือการทำให้เป็นผงละอองขนาดเล็ก (Atomization) ซึ่งมีสภาพเป็นได้ทั้งของแข็งและของเหลวที่ความดันและอุณหภูมิปกติ ประกอบด้วย สสารที่แตกต่างกัน และสามารถอยู่ในสภาพแขวนลอยในอากาศได้จากการกระทำของกระแสลมหรือ การสั่นสะเทือน และสามารถแขวนลอยอยู่ในอากาศได้นานเนื่องจากมีความเร็วในการตกตัวต่ำ เพราะขนาดอนุภาคซึ่งมีขนาดเล็กและสามารถถูกพัดพาเข้าสู่ภายในอาคารได้ ซึ่งมีส่วนประกอบและ แหล่งที่มาของฝุ่นละอองในอากาศ แสดงในตาราง 2

ตาราง 2 ส่วนประกอบและแหล่งที่มาของฝุ่นละอองในอากาศ

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: มารีษา เพ็ญสุตภูมิบุญกุล <http://web.kku.ac.th/~ph/san/story3.html>

ชนิดของฝุ่นละออง

ชนิดของฝุ่นละอองสามารถแบ่งตามองค์ประกอบ แหล่งที่เกิด และขนาดได้ดังนี้

1. แบ่งตามองค์ประกอบทางเคมี

1.1 ฝุ่นละอองจากสารอินทรีย์ (Organic dust) มีองค์ประกอบของคาร์บอน ไฮโดรเจน และออกซิเจน แบ่งเป็น

1.1.1. ฝุ่นละอองจากสารอินทรีย์ที่ไม่มีชีวิต เช่น ละอองเกสรของพืชหรือหญ้าทำให้เกิดอาการแพ้พิษได้

1.1.2. ฝุ่นละอองจากสารอินทรีย์ที่มีชีวิต เช่น แบคทีเรีย , เชื้อรา เป็นต้น ทำให้เกิดโรคบาดทะยัก, คอตีบ, วัณโรค, ไทฟอยด์ ได้

1.2 ฝุ่นละอองจากสารอนินทรีย์ (Inorganic dust) มีองค์ประกอบต่าง ๆ เช่น SO_4^{2-} , NO_3^- , Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , Na^+ , Cl^- , Br^- หรือประกอบด้วยโลหะหนัก เช่น ตะกั่ว แคดเมียม แอสเบสตอส เมื่อร่างกายได้รับฝุ่นนี้เข้าไปและสะสมในร่างกายทำให้เกิดอันตรายอย่างร้ายแรง

2. แบ่งตามแหล่งที่กำเนิด

อนุภาคฝุ่นละอองที่แขวนลอยฟุ้งกระจายอยู่ในบรรยากาศทั่วไปนั้นอาจเกิดได้จากแหล่งกำเนิดโดยตรงแล้วแพร่กระจายสู่บรรยากาศจากแหล่งกำเนิดนั้น หรือเกิดจากปฏิกิริยา ต่าง ๆ ในบรรยากาศ เช่น การรวมตัวด้วยปฏิกิริยาทางฟิสิกส์ หรือปฏิกิริยาทางเคมี หรือปฏิกิริยาเคมีแสง (Photochemical reaction) ทำให้เกิดเป็นอนุภาคขึ้นและแพร่กระจายเข้าสู่ภายในอาคารที่อยู่ในบริเวณแหล่งกำเนิดนั้นด้วยการแบ่งตามแหล่งกำเนิดอนุภาคฝุ่นละอองแบ่งได้เป็น 2 ประเภท ดังนี้

2.1 อนุภาคฝุ่นที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติ (Natural particle)

เกิดจากกระแสลมที่พัดผ่านตามธรรมชาติ ทำให้เกิดฝุ่น เช่น ดิน, ทราย, ละอองน้ำ, เขม่าควันจากไฟฟ้า, ฝุ่นเกล็ดจากทะเล, ภูเขาไฟ ฯลฯ และเกิดจากปฏิกิริยาโฟโตเคมีคอลของก๊าซ (Photochemical gas reactions) ซึ่งเกิดระหว่างก๊าซโอโซนในธรรมชาติ และสารไฮโดรคาร์บอน เป็นผลทำให้เกิดอนุภาคที่มีขนาดเล็ก ซึ่งมีรัศมีน้อยกว่า 0.2 ไมครอน

2.2 ฝุ่นละอองที่เกิดจากกิจกรรมของมนุษย์ (Anthropogenic particle) ยังแบ่งได้หลายประเภทดังต่อไปนี้

2.2.1 การคมนาคมขนส่ง

ซึ่งเกิดการเผาไหม้น้ำมันเชื้อเพลิงจากยานพาหนะหรือรถประเภทต่าง ๆ เช่น เครื่องยนต์ดีเซลจะปล่อยควันดำ ซึ่งเป็นอนุภาคของคาร์บอนจำนวนมากที่เกิดจากการสันดาปไม่สมบูรณ์ของน้ำมันดีเซล หรือการปล่อยควันขาวซึ่งเป็นละอองไอน้ำของน้ำมันหล่อลื่น เป็นต้น นอกจากนี้ การขนส่งหิน ดินทราย ซีเมนต์ หรือวัตถุอื่นๆ ที่ไม่ได้คลุมด้วยผ้าใบ หรือถนนสกปรกทำให้เกิดฝุ่นละอองติดอยู่ที่ล้อ หรือถนน ซึ่งขณะรถแล่นจะทำให้เกิดการกระจายตัวของฝุ่นละอองอยู่ในอากาศ

2.2.2 การก่อสร้าง

การก่อสร้างหลายชนิดมักมีการเปิดหน้าดินก่อนการก่อสร้าง ซึ่งทำให้เกิดฝุ่นได้ง่าย เช่น อาคารสิ่งก่อสร้าง การปรับปรุงสาธารณูปโภค การก่อสร้างอาคารสูงทำให้ฝุ่นปูนซีเมนต์ถูกลมพัดออกจากอาคารหรือการรื้อถอนทำลายอาคารหรือสิ่งก่อสร้างเป็นต้น

2.2.3 โรงงานอุตสาหกรรม

การเผาไหม้เชื้อเพลิง เช่น น้ำมันเตา, ถ่านหิน, ฟืน, แกลบ เพื่อนำพลังงานไปใช้ในกระบวนการผลิต ทำให้เกิดฝุ่นละออง เช่น ขี้เถ้าบิน (Coal fly ash) จากโรงไฟฟ้า กระบวนการผลิตที่มีฝุ่นออกมา เช่น การโม่หิน, การผลิตปูนซีเมนต์ นอกจากนี้ในอุตสาหกรรมที่มีการปลดปล่อยออกไซด์ของไนโตรเจน และ ไฮโดรคาร์บอน ออกสู่บรรยากาศ ยังสามารถทำให้เกิดอนุภาคฝุ่นละอองในอากาศได้จากการเกิดปฏิกิริยาโฟโตเคมีคอลระหว่างออกไซด์ของไนโตรเจนและไฮโดรคาร์บอน ซึ่งเรียกว่า Smog reaction ได้อนุภาคที่มีรัศมีขนาดเล็กกว่า 0.2 ไมครอน

2.2.4 การเผาวัสดุในที่โล่งแจ้ง

ได้แก่การเผาขยะมูลฝอยหรือวัสดุต่าง ๆ จะเกิดเขม่าขี้เถ้าเป็นจำนวนมากฟุ้งกระจายไปในอากาศและลอยไปตามกระแสลมปกคลุมพื้นที่กว้าง 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

3. แบ่งตามขนาดของอนุภาค

ซึ่ง U.S. EPA (The united state of america environmental protection agency, 1992a)

กำหนดขนาดฝุ่นละออง 2 ขนาดคือ

3.1 ฝุ่นละอองที่มีขนาดเล็ก (Fine particulate matter) กำหนดขนาดไว้ว่ามีเส้นผ่าศูนย์กลางน้อยกว่า 2.5 ไมครอน

3.2 ฝุ่นละอองที่มีขนาดใหญ่ (Coarse particulate matter) กำหนดขนาดไว้ว่ามีเส้นผ่าศูนย์กลางใหญ่กว่า 2.5 ไมครอน

ลักษณะของฝุ่นละออง

ฝุ่นละอองในอากาศมีการเคลื่อนที่อยู่ตลอดเวลา (Dynamic system) และมีแหล่งกำเนิดที่แตกต่างกัน จากสภาพภูมิอากาศ และลักษณะทางอุตุนิยมวิทยามีผลต่อการแพร่กระจายของฝุ่นละออง ทำให้อนุภาคของฝุ่นละอองมีขนาด รูปร่าง ความหนาแน่น องค์ประกอบทางเคมี การเกาะตัวกัน และโครงสร้างที่แตกต่างกันออกไป เป็นต้น ในอากาศฝุ่นละอองอาจทำปฏิกิริยาต่อกัน หรือเกิดปฏิกิริยากับสิ่งแวดล้อมในอากาศ ทำให้เกิดความซับซ้อนทางด้านโครงสร้างมากขึ้น

ลักษณะของฝุ่นละอองสามารถแบ่งเป็นประเภทต่าง ๆ ดังนี้

1. ขนาดของอนุภาค

อนุภาคในอากาศไม่ใช่สารบริสุทธิ์ แต่เกิดจากสารต่าง ๆ ที่มีความหนาแน่นต่างกัน มีความจำเป็นที่ต้องบ่งขนาดของอนุภาคในเชิงแอโรไดนามิก ซึ่งสามารถคำนวณจากสูตร

$$U_t = 4r_e^2 g / 18 \mu$$

เมื่อ U_t คือ ความเร็วในการตกตัวของอนุภาค

r_e คือ รัศมีของทรงกลมของอนุภาคที่มีความเร็วของการตกตัวเท่ากับอนุภาคที่มี

ความหนาแน่นของทรงกลมเท่ากับ 1 g/cm^3

g คือ อัตราเร่งบนผิวโลก

μ คือ ความหนืดของอากาศ

ที่มา : วงศ์พันธ์ ลิ้มปเสนีย์, 2540

ตัวอย่างอนุภาคของฝุ่นละอองมีขนาดตั้งแต่ใหญ่กว่า 200 ไมครอนไปจนถึงน้อยกว่า 0.01 ไมครอน แสดงไว้ในตาราง 3

ตาราง 3 ขนาดทั่วไปของอนุภาค

อนุภาค	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

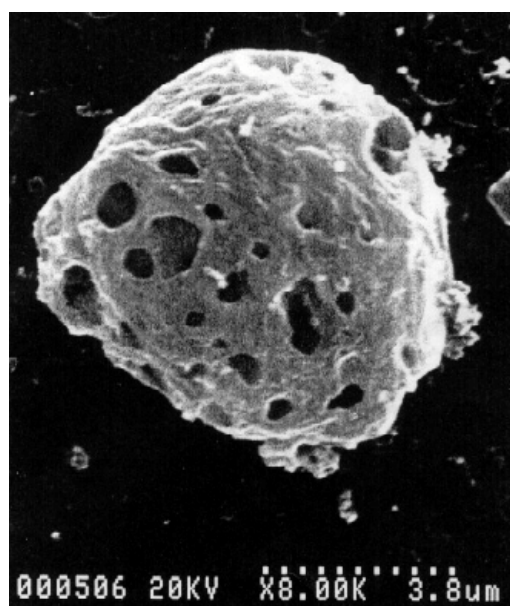
ที่มา : วงศ์พันธ์ ลิ้มปเสนีย์, 2540.

2. ลักษณะของอนุภาค

อนุภาคในอากาศไม่ได้มีลักษณะทางสัณฐานของอนุภาคเป็นทรงกลมเพียงชนิดเดียว ส่วนใหญ่ขึ้นกับแหล่งกำเนิดของอนุภาค สัณฐานของอนุภาคชนิดทรงกลม ได้แก่ เกสรดอกไม้ และของแข็งที่เกิดจากการควบแน่น เช่น ขี้เถ้าปลิว (Fly ash) อนุภาคทรงกระบอกได้แก่ เส้นใยของขนสัตว์ ฝ้าย แก้วแอสเบสตอส และเส้นใยสังเคราะห์ต่าง ๆ ส่วนดินแร่มีสัณฐานทั้งชนิดที่ไม่เป็นระเบียบ (Irregular) และเป็นระเบียบหรือเป็นปุย หรือสะเก็ด (Flake like) การเกิดก้อนรวมขนาดใหญ่ของฝุ่นละออง (Agglomerates) เกิดจากการที่อนุภาครวมตัวกันในขณะที่ลอยอยู่ในอากาศหรือเกิดจากการลดอุณหภูมิลงของก๊าซที่มีอุณหภูมิสูงของก๊าซที่มีอุณหภูมิสูง ทำให้มีลักษณะทางสัณฐานที่เหมือนลูกโซ่ (Chain like) และฟล็อก (Flocs) คือ กลุ่มอนุภาคที่รวมตัวกันหลวม ๆ และเกิดขึ้นในระหว่างการเผาไหม้อย่างไม่สมบูรณ์ของเชื้อเพลิง ซึ่งผลิตอนุภาคคาร์บอนจำนวนมาก (รูป 2) แสดงตัวอย่างลักษณะทางสัณฐานของอนุภาคฝุ่นละอองที่ศึกษาในประเทศอินโดนีเซีย เมื่อปี ค.ศ. 1997



(a) ฝุ่นดิน



(b) ขี้เถ้าปลิว

รูป 2 ตัวอย่างสัณฐานของฝุ่นดินเหนียวและขี้เถ้าปลิว

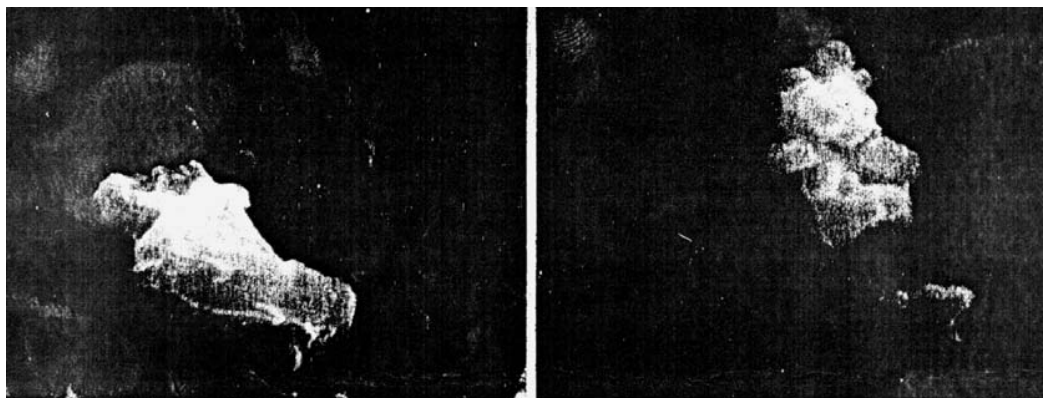
ที่มา : Zou & Hooper, 1997

จากการผลการวิจัยในรูป 3 แสดงตัวอย่างของการวิเคราะห์ลักษณะทางสัณฐานของอนุภาคฝุ่นละอองในอาคารบ้านพัก 3 หลังของ Kamens et al., 1990 โดยใช้ Scanning electron microscopy (SEM) พบ (a) อนุภาคสปอร์ของเชื้อรา (b) อนุภาคของฝุ่นที่มีองค์ประกอบธาตุของแร่ธาตุ (c) เป็นอนุภาคฝุ่นที่มีธาตุซิลเฟอร์สูงสุด และ (d) เป็นอนุภาคของฝุ่นที่มีธาตุเหล็กสูง



(a)

(b)



(c)

(d)

รูป 3 ลักษณะทางสัณฐานของอนุภาคฝุ่นภายในอาคารบ้านพัก 3 หลังที่ไม่มีการสูบบุหรี่
ที่มา : Kamens et al., 1990

3. ธาตุที่มีในอนุภาคของฝุ่นละออง

ฝุ่นละอองแต่ละชนิดประกอบด้วยธาตุชนิดต่าง ๆ ขึ้นอยู่กับแหล่งกำเนิดของฝุ่นละอองชนิดนั้นๆ เช่น ฝุ่นดิน ประกอบด้วยธาตุหลัก ๆ คือ ซิลิกา อะลูมิเนียมและแคลเซียม ซึ่งเป็นองค์ประกอบของดิน ส่วนฝุ่นที่มาจากการก่อสร้างมีธาตุแคลเซียมซึ่งเป็นส่วนประกอบของปูนซีเมนต์ ส่วนฝุ่นที่มาจากการเผาไหม้ของน้ำมันเชื้อเพลิง โดยเฉพาะจากการเผาไหม้ของน้ำมันดีเซลมีธาตุที่เป็นองค์ประกอบหลัก คือ ธาตุคาร์บอน เป็นต้น การที่ฝุ่นละอองมีแหล่งกำเนิดที่แตกต่างกัน ทำให้อนุภาคฝุ่นละอองชนิดนั้น ๆ มีองค์ประกอบของธาตุที่แตกต่างกัน ดังตาราง 4 ทำให้ฝุ่นละอองมีลักษณะเฉพาะแตกต่างกันออกไป ได้แก่ สี รูปทรง และขนาด ที่แตกต่างกันด้วย การศึกษาองค์ประกอบธาตุในอนุภาคฝุ่นด้วย X-ray spectra ของธาตุชนิดต่าง ๆ มีแหล่งกำเนิดในธรรมชาติ คือ Calcite มีปริมาณแคลเซียมอยู่ในปริมาณสูงและเป็นองค์ประกอบหลัก นอกจากนี้ยังประกอบไปด้วยธาตุซิลิกา อะลูมิเนียม และเหล็ก เป็นองค์ประกอบของฝุ่นดิน Quartz ซึ่งมีซิลิกาอยู่ในปริมาณสูง ฝุ่นชนิดนี้คือฝุ่นประเภททราย สำหรับแหล่งกำเนิดที่มนุษย์กระทำคือ Fly ash จากโรงไฟฟ้า มีซิลิกา อะลูมิเนียม Quartz และ Calcite ในปริมาณสูง เป็นองค์ประกอบหลัก รูป 4 X-ray spectra

องค์ประกอบธาตุของ Fly ash และ Bottom ash

ตาราง 4 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 : Garivait (1999. pp. 87-215)

