

อบรม สสภ

๒๑ กุมภาพันธ์ ๒๕๕๗



ฝุ่นละอองในบรรยากาศ

ดร.พัชรวดี สุวรรณธาดา
ผู้อำนวยการส่วนคุณภาพอากาศในบรรยากาศ
สำนักจัดการคุณภาพอากาศและเสียง
กรมควบคุมมลพิษ



หัวข้อการบรรยาย

- ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับฝุ่นละออง
- การตรวจวัดฝุ่นละอองในบรรยากาศ
- การวิเคราะห์ข้อมูล



ฝุ่นละออง

- เป็นปัญหามลพิษทางอากาศที่สำคัญของเมืองใหญ่ รวมทั้งกรุงเทพมหานครและเมืองใหญ่ทั่วไป
- ฝุ่นละอองในอากาศ (Particulate matter หรือ PM) ประกอบด้วยสารเคมีหลายชนิด ในสภาพของเหลว หรือ ของแข็งที่ลอยอยู่ในอากาศ และมีขนาดและองค์ประกอบแตกต่างกันตามสถานที่ และ ช่วงเวลา อาจพบมีขนาดตั้งแต่ 0.002 ไมครอน จนถึงขนาดใหญ่กว่า 500 ไมครอน
- ฝุ่นละอองสามารถก่อให้เกิดผลกระทบต่อสุขภาพอนามัย เกิดความเสียหายต่ออาคาร บ้านเรือน เกิดความเดือดร้อนรำคาญ เกิดปัญหาทัศนวิสัยเป็นอุปสรรคในการคมนาคม
- มีแหล่งกำเนิดหลายประเภท



แหล่งกำเนิดมลพิษทางอากาศ



● แหล่งกำเนิดแบบอยู่กับที่ (Stationary Sources or Point Sources)

- โรงงานอุตสาหกรรม/สถานประกอบการ
- อาคารบ้านเรือน/หมู่บ้านจัดสรร
- เตาเผาขยะ/เตาเผาศพ

● แหล่งกำเนิดแบบเคลื่อนที่ (Mobile Sources or Line Sources)

- รถยนต์, รถบรรทุก, รถโดยสาร, รถจักรยานยนต์
- รถไฟ
- เรือโดยสารและแพขนานยนต์
- เครื่องบิน/เฮลิคอปเตอร์

● แหล่งกำเนิดแบบฟุ้งกระจายหรือแบบพื้นที่ (Fugitive Sources or Area Sources)

- การเผาในที่โล่ง
- การก่อสร้าง
- การทำเหมือง
- สถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิง



แหล่งกำเนิดมลพิษทางอากาศ

แหล่งกำเนิดแบบอยู่กับที่



โรงงานอุตสาหกรรม

แหล่งกำเนิดมลพิษทางอากาศ

แหล่งกำเนิดแบบเคลื่อนที่



การคมนาคมขนส่ง และยานพาหนะต่าง ๆ ได้แก่รถยนต์ รถบรรทุก รถโดยสาร
รถจักรยานยนต์ รถไฟ เรือโดยสารและแพขนานยนต์ เครื่องบิน/เฮลิคอปเตอร์

แหล่งกำเนิดมลพิษทางอากาศ

แหล่งกำเนิดแบบฟุ้งกระจายหรือแบบพื้นที่



การก่อสร้าง



การทำเหมือง

การเผาขยะมูลฝอย

แหล่งกำเนิดมลพิษทางอากาศ

แหล่งกำเนิดแบบฟุ้งกระจายหรือแบบพื้นที่



การขนถ่ายสินค้าที่เรือและท่าเทียบเรือ



การเผาในที่โล่ง

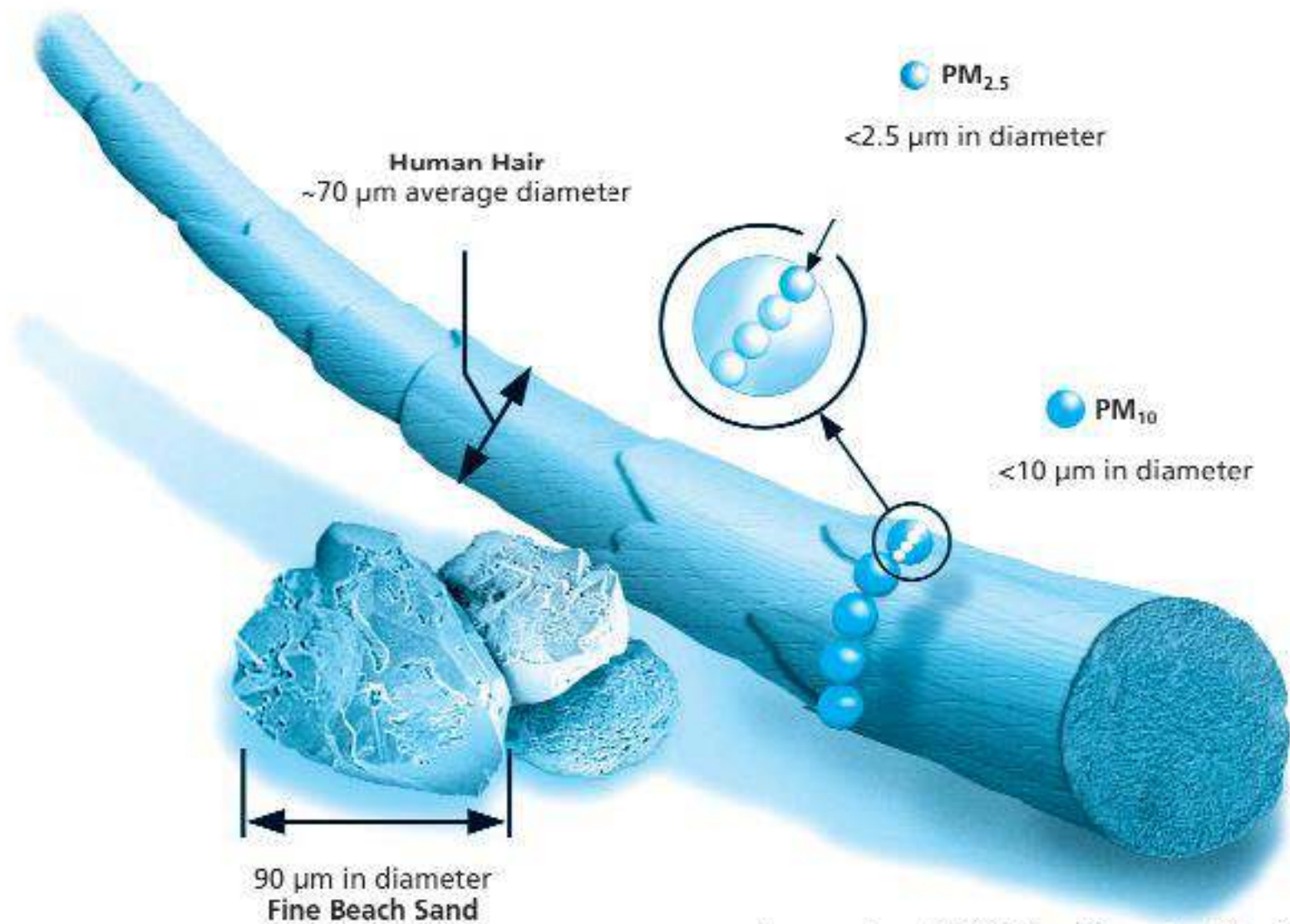


Image courtesy of EPA, Office of Research and Development

ผลกระทบ ด้านสุขภาพ

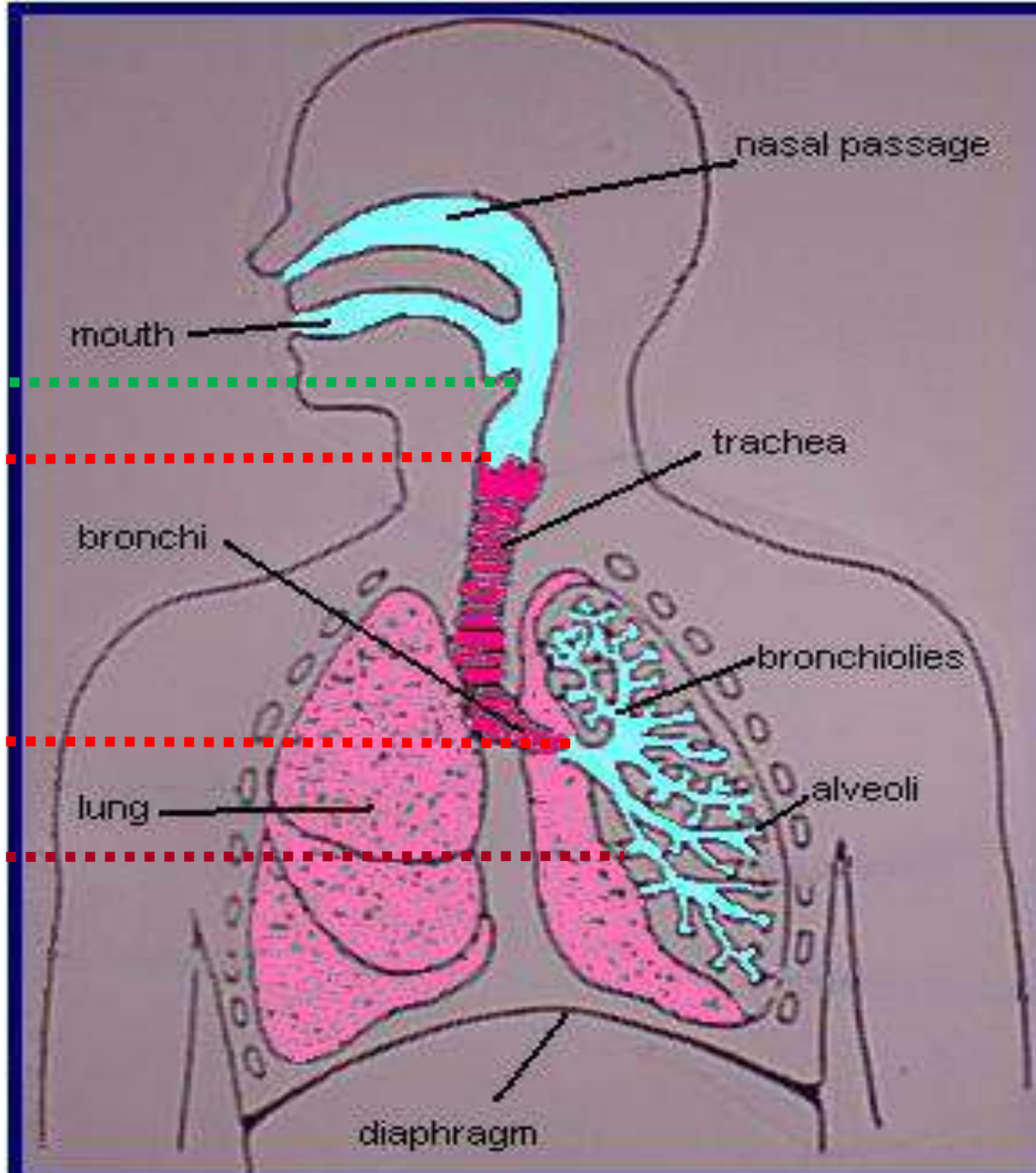
PM 7 - 11 μ

PM 4.7 - 7 μ

PM 3.3- 4.7 μ

PM < 2.5 μ

ฝุ่นละอองขนาดเล็กที่ผ่าน
เข้าสู่ทางเดินหายใจ



ฝุ่นละออง

- ฝุ่นละอองมีผลกระทบต่อสุขภาพ โดยเฉพาะกลุ่มเสี่ยง เช่น เด็ก ผู้สูงอายุ ผู้ที่มีอาการโรคทางเดินหายใจอยู่แล้ว
- ฝุ่นขนาดเล็กมีผลกระทบต่อสุขภาพอนามัยมากกว่าฝุ่นที่มีขนาดใหญ่ เพราะ สามารถเข้าถึงทางเดินหายใจส่วนใน
- หลักฐานทางระบาดวิทยาในปัจจุบันแสดงให้เห็นว่าฝุ่นละออง มีผลกระทบรุนแรงกว่าฝุ่นหยาบ
- ฝุ่นขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน หรือ PM_{10} ถือว่าเป็น Respirable dust

ขนาดของฝุ่นละออง

- ฝุ่นละอองมักมีรูปร่างไม่แน่นอน ไม่เป็นทรงกลม
- คุณสมบัติของฝุ่นละอองที่สำคัญ คือขนาดของฝุ่น ซึ่งนิยมใช้เส้นผ่านศูนย์กลางเป็นการบอกถึงขนาดอนุภาคฝุ่น
- ขนาดฝุ่นที่มีความสำคัญในการควบคุมมลพิษทางอากาศ ได้แก่ ช่วงประมาณ 1 ไมครอน ถึง 10 ไมครอน เนื่องจากฝุ่นละอองที่เกิดจากกระบวนการเผาไหม้หรือกระบวนการผลิตของอุตสาหกรรมส่วนใหญ่มีขนาดในช่วงนี้
- Aerodynamic diameter คือเส้นผ่านศูนย์กลางของทรงกลมที่มีความหนาแน่น 1 กรัมต่อลบ. ซม. และมีความเร็วตกในอากาศ (setting velocity) เท่ากับของอนุภาคฝุ่นที่สนใจ จึงขึ้นอยู่กับขนาด รูปร่าง และความหนาแน่นของอนุภาค

$$d_p = d \sqrt{\rho_p C_c}$$

โดย d_p = Aerodynamic diameter, ไมครอน

d = ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของอนุภาค, ไมครอน

ρ_p = ความหนาแน่นของอนุภาค, กรัมต่อ ลบ. ซม.

C_c = Cunningham correction factor

ฝุ่นละออง: ผลกระทบต่อสุขภาพ

- ผลกระทบต่อปอดและระบบทางเดินหายใจโดยตรง
 - เกิดการบาดเจ็บหรืออักเสบ
 - เพิ่มความไวต่อการติดเชื้อของระบบทางเดินหายใจ
 - เพิ่มปฏิกิริยาตอบสนองของระบบทางเดินหายใจและทำให้อาการหอบหืดมากขึ้น
- ผลกระทบต่อระบบอื่นเนื่องจากปอดและระบบทางเดินหายใจ
 - ผลกระทบต่อหัวใจเนื่องจากสมรรถภาพการแลกเปลี่ยนออกซิเจนลดลง ทำให้ร่างกายต้องเพิ่มอัตราการหายใจ
 - ผลต่อการแข็งตัวของเลือด ซึ่งเพิ่มความเสี่ยงของอาการหัวใจวาย
 - ผลต่อปริมาณเซลล์ในเลือด
- ผลกระทบต่อหัวใจและระบบไหลเวียนโลหิต
 - ฝุ่นเข้าไปในระบบไหลเวียนโลหิต
 - ผลต่อระบบประสาทอัตโนมัติที่ควบคุมการทำงานของหัวใจและระบบไหลเวียนโลหิต

ฝุ่นละออง : ผลกระทบต่อสุขภาพ

● กลุ่มอาการระบบทางเดินหายใจ

- กลุ่มอาการระบบทางเดินหายใจส่วนบน (Upper Respiratory Symptoms: URS) ได้แก่ อาการ คัดจมูก น้ำมูกไหล เจ็บคอ
- กลุ่มอาการระบบทางเดินหายใจส่วนล่าง (Lower Respiratory Symptoms: LRS) ได้แก่ อาการไอ มีเสมหะ หายใจมีเสียงวี๊ด หายใจไม่สะดวก หายใจไม่อิ่ม แน่นหน้าอก

● ผลกระทบระยะสั้น

- เพิ่มอัตราการเข้ารับการรักษาตัวในโรงพยาบาลด้วยโรคระบบทางเดินหายใจ และโรคระบบหัวใจและหลอดเลือด
- เพิ่มอัตราการตายรายวัน

● ผลกระทบระยะยาว

- เพิ่มอัตราการตายจากทุกสาเหตุ
- เพิ่มอัตราการตายด้วยโรคหัวใจและปอด
- เพิ่มอัตราการตายด้วยโรคมะเร็งปอด

การตรวจวัดคุณภาพอากาศ

- การตรวจวัดคุณภาพอากาศในบรรยากาศโดยทั่วไป (Ambient air quality monitoring)
- การตรวจวัดอากาศเสียจากแหล่งกำเนิด (Air emission monitoring) เช่น
 - ปล่องโรงงานอุตสาหกรรมและสถานประกอบการ
 - กิจกรรมในพื้นที่ที่มีการฟุ้งกระจายของมลพิษ เช่น การก่อสร้าง เหมืองแร่
 - ท่อไอเสียจากยานพาหนะต่าง ๆ เช่น รถยนต์ รถจักรยานยนต์
- การตรวจวัดคุณภาพอากาศในสถานที่ทำงาน อาคารสำนักงาน ที่พักอาศัย (Indoor air – working area, household ฯลฯ)

การตรวจวัดฝุ่นละอองและหน่วยการตรวจวัด

- ความเข้มข้นของฝุ่นละออง (Concentration)
 - มวลหรือน้ำหนักต่อปริมาตร เช่น มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร หรือ ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร
- ปริมาณการระบายฝุ่นละอองต่อเวลา (Loading)
 - มวลหรือน้ำหนักต่อเวลา เช่น กรัมต่อวินาที หรือ ตันต่อชั่วโมง
- ความทึบแสง (Opacity)
 - ร้อยละ

ตัวอย่างการตรวจวัดฝุ่นละอองฟุ้งกระจายจากโรงสีข้าว

เหนือลม



ใต้ลม



ตรวจวัดความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดเล็ก PM_{10} โดย High Volume Air Sampler
หน่วยเป็น มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร หรือ ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร

ตัวอย่างการตรวจวัดฝุ่นละอองที่กระจายจากกิจกรรม โรงโม่ บดหรือย่อยหิน



ตรวจวัดโดยเครื่องวัดความทึบแสง
(Opacity Meter) หน่วยเป็นร้อยละ



การตรวจวัดฝุ่นละอองในบรรยากาศโดยทั่วไปแบบใช้ เครื่องมืออัตโนมัติ



เครื่องตรวจวัดฝุ่นละอองแบบอัตโนมัติ
อ่านค่าเป็น ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร
($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

การตรวจวัดฝุ่นละอองในบรรยากาศโดยทั่วไป

- ฝุ่นละอองรวม (Total Suspended Particulate Matter; TSP)
- ฝุ่นละอองขนาดเล็ก
 - ฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน (PM_{10})
 - ฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน ($PM_{2.5}$)
- วิธีตรวจวัดมาตรฐาน (reference method) และ วิธีเทียบเท่า (equivalent method)
- การตรวจวัดต่อเนื่องแบบอัตโนมัติ (automated continuous system)

มาตรฐานฝุ่นละอองในบรรยากาศโดยทั่วไปของประเทศไทย

มลพิษทางอากาศ	ความเข้มข้น (หน่วยเป็นมิลลิกรัม/ลูกบาศก์เมตร)		วิธีตรวจวัดมาตรฐาน
	ค่าเฉลี่ย 24 ชั่วโมง	ค่าเฉลี่ย 1 ปี	
TSP	0.33	0.10	Gravimetric High volume
PM ₁₀	0.12	0.05	Gravimetric High volume
PM _{2.5}	0.05	0.025	USEPA Federal Reference Method (FRM)

การตรวจวัดฝุ่นละอองในบรรยากาศโดยทั่วไปที่ใช้อยู่ ในเครือข่ายการติดตามตรวจสอบคุณภาพอากาศของกรมควบคุมมลพิษ

พารามิเตอร์ (Parameters)	หน่วย (Unit)	ข้อมูล (Data)	วิธีการตรวจวัด (Measurement method)
ฝุ่นรวมหรือ ฝุ่นละอองขนาด ไม่เกิน 100 ไมครอน (TSP)	มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร (mg/m ³)	เฉลี่ย 24 ชั่วโมง	ระบบกราวิเมตริก (Gravimetric)
ฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน (PM ₁₀)	มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร (mg/m ³)	เฉลี่ย 24 ชั่วโมง	ระบบกราวิเมตริก (Gravimetric)
	ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร (μg/m ³)	เฉลี่ย 1 ชั่วโมง	- ระบบเบต้าเร (Beta Ray) - ระบบเทปเปอ อิลิเมนต์ ออสซิลเลตติ้ง ไมโครบาลานซ์ (Tapered Element Oscillating Microbalance; TEOM)
ฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน (PM _{2.5})	มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร (mg/m ³)	เฉลี่ย 24 ชั่วโมง	ระบบกราวิเมตริก (Gravimetric) ซึ่งเป็น Federal Reference Method (FRM) ตามที่ US EPA กำหนด
	ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร (μg/m ³)	เฉลี่ย 1 ชั่วโมง	ระบบเบต้าเร (Beta Ray)

สถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศในบรรยากาศโดยทั่วไป



จุดตรวจวัดคุณภาพอากาศแบบชั่วคราว

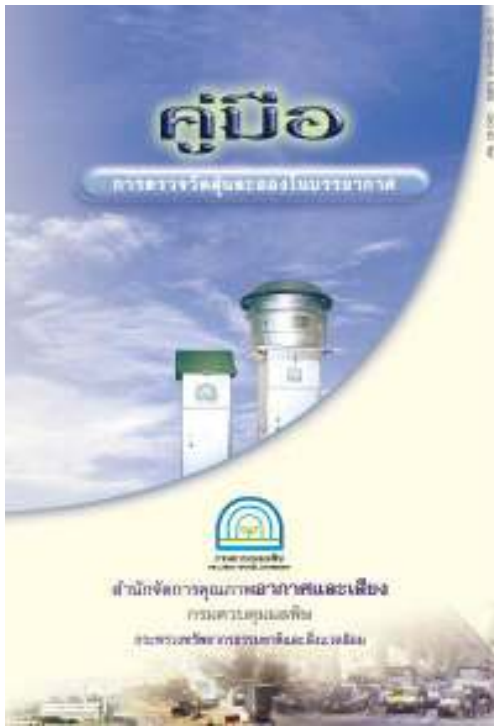


PM₁₀ และ TSP



ก๊าซคาร์บอนมอนนอกไซด์

การตรวจวัดฝุ่นละอองในบรรยากาศ



ระบบตรวจวัดฝุ่นละอองในบรรยากาศ

- ระบบกราวิเมตริก (gravimetric method) เป็นระบบที่เก็บตัวอย่างอากาศ โดยดูดอากาศผ่านแผ่นกระดาษกรอง แล้วหาน้ำหนักฝุ่นจากแผ่นกระดาษกรอง โดยเครื่องเก็บตัวอย่างชนิดไฮโวลุ่ม (High Volume Air Sampler)
- เป็นระบบมาตรฐานอ้างอิง (Reference method) ของประเทศไทยและต่างประเทศ
- ระบบที่เทียบเท่ากับระบบมาตรฐานอ้างอิง หรือ equivalent method
 - Beta ray/beta gauge attenuation
 - Tapered Element Oscillating Microbalance
 - Dichotomous

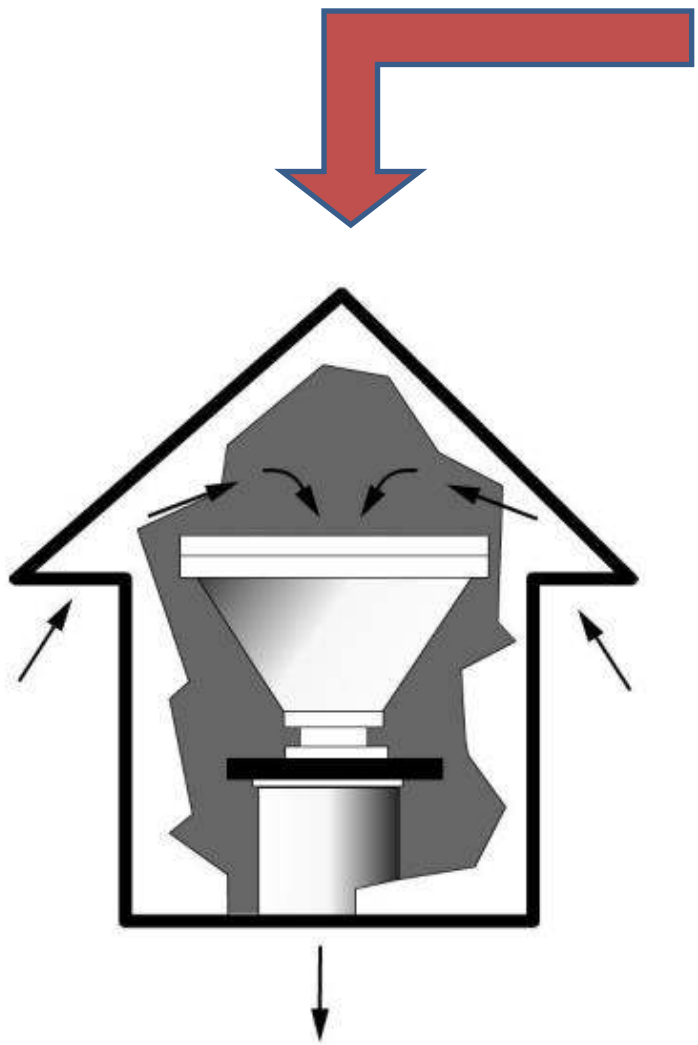


Figure 5-3. Air flow of hi-vol sampler in shelter.

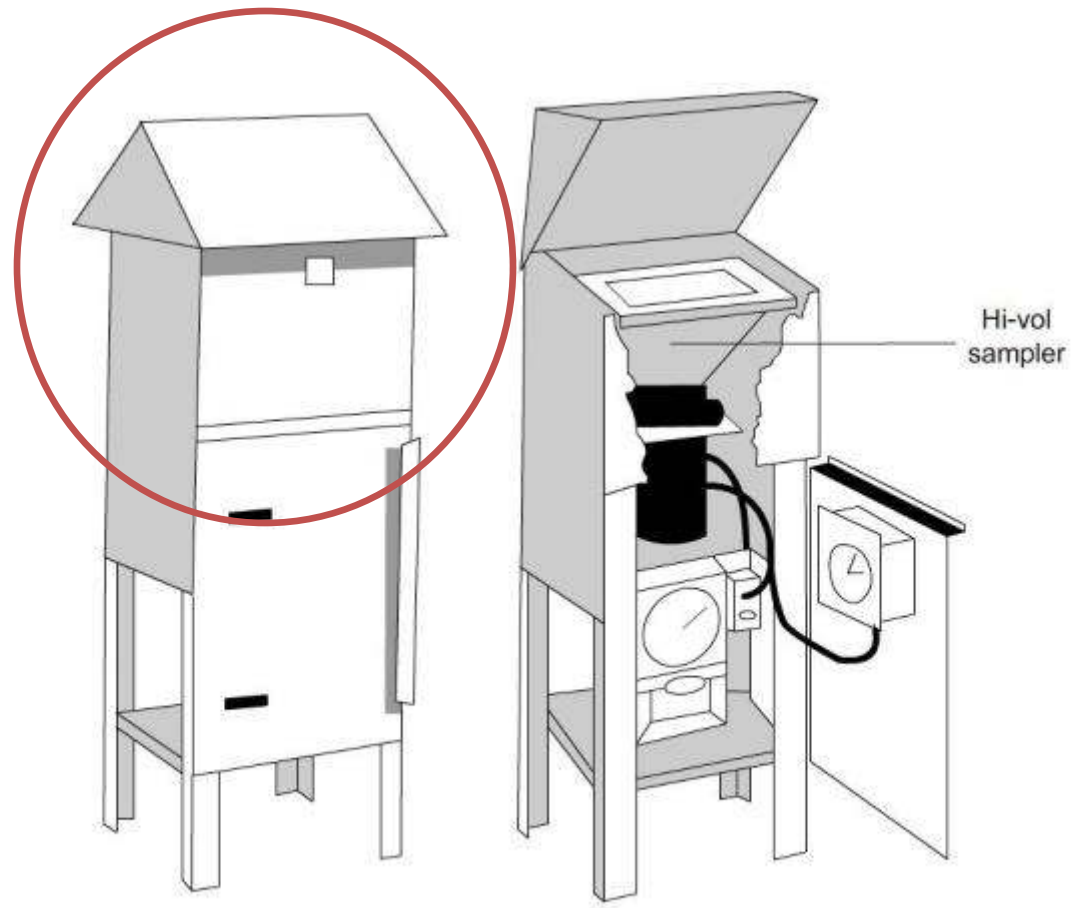


Figure 5-2. Hi-vol sampler in shelter.

ภาพเครื่องมือและอุปกรณ์สำหรับการเก็บตัวอย่างฝุ่นด้วย ระบบ gravimetric



← เครื่องเก็บตัวอย่าง
High Volume Air Sampler
สำหรับ TSP

เครื่องเก็บตัวอย่าง
High Volume Air Sampler
สำหรับ PM10 →



เครื่องบันทึกอัตราการไหลของอากาศ



อุปกรณ์ตั้งเวลาเปิดปิดการเก็บตัวอย่าง (timer)





หัวคัตขนาดฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน (PM10)





การเปลี่ยนแผ่นกระดาษกรอง
เมื่อครบช่วงเวลาที่เก็บตัวอย่าง

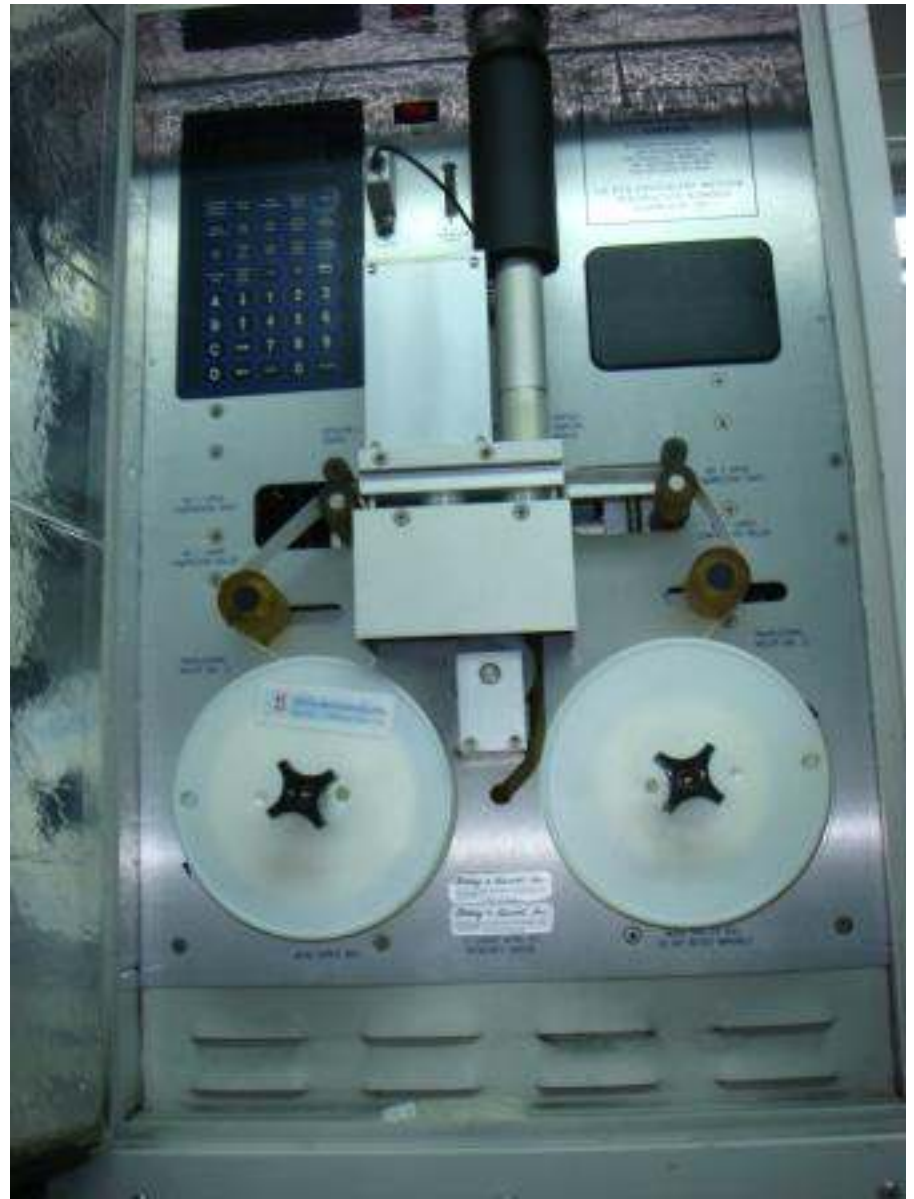
ภาพเครื่องมือและอุปกรณ์สำหรับการตรวจวัดฝุ่นละอองด้วย
ระบบ Beta ray หรือ beta gauge attenuation

ระบบรังสีเบต้า

- ระบบรังสีเบต้า (Beta ray absorption หรือ Beta-gauge attenuator) หมายถึง ระบบการตรวจวัดฝุ่นอย่างต่อเนื่อง โดยเมื่อดูดอากาศเข้ามาในระบบ ฝุ่นจะตกลงมาบนกระดาษกรอง และจะมีแหล่งกำเนิดของรังสีเบต้า ซึ่งเป็นรังสีพลังงานต่ำฉายผ่านกระดาษกรอง
- กระดาษกรอง จะเป็นม้วนกระดาษกรอง และกระดาษกรองจะเคลื่อนผ่านแหล่งกำเนิดรังสี beta ซึ่ง ปริมาณรังสี (Beta ray Intensity) จะเปลี่ยนแปลงตามความเข้มข้นฝุ่นที่ตกลงบนกระดาษกรอง เมื่อเปรียบเทียบระหว่างกระดาษกรองที่สะอาด และ กระดาษกรองที่มีฝุ่นตกสะสมอยู่ ก็จะคำนวณค่าความแตกต่างของปริมาณรังสีที่ได้เป็นระดับความเข้มข้นของฝุ่น (mass concentration) จากความสัมพันธ์ของปริมาณรังสีที่ผ่านกระดาษกรองเมื่อไม่มีและเมื่อมีฝุ่นละอองเกาะอยู่

สถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศแบบอัตโนมัติ







Beta ray

Tapered Element Oscillating Microbalance (TEOM)

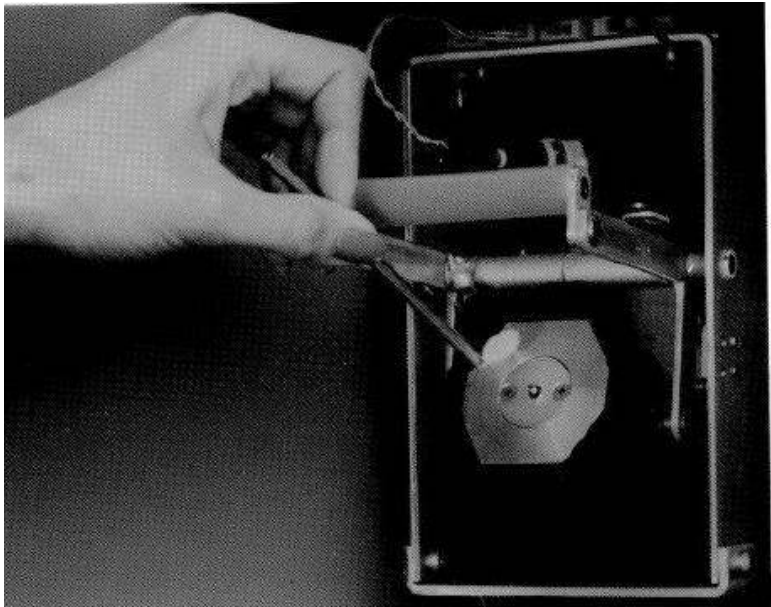
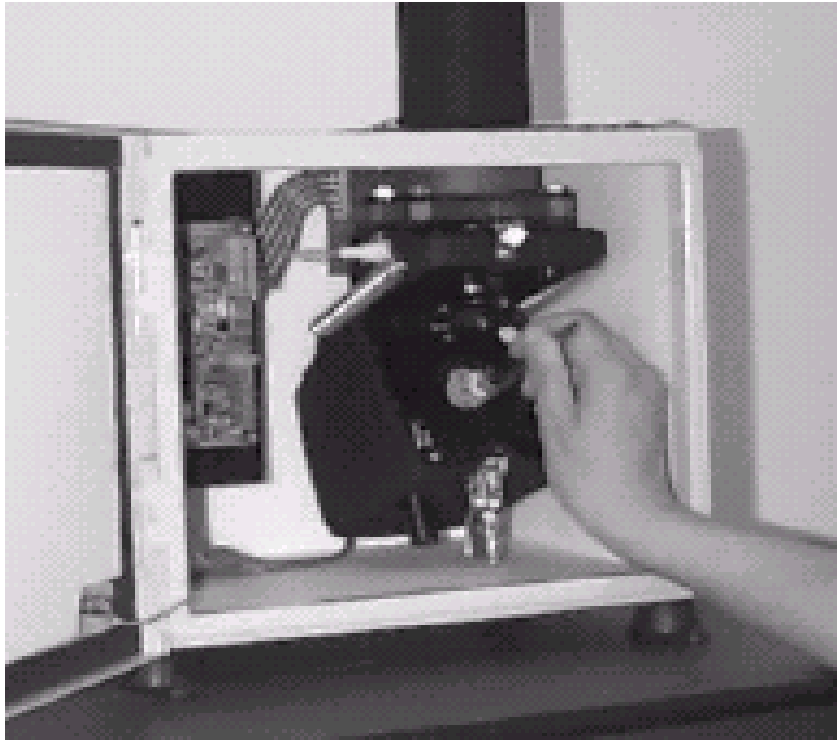
หลักการ

TEOM เป็นอุปกรณ์เก็บตัวอย่างแบบ low volume air sampler โดยที่กระดาษกรองจะถูกติดอยู่ที่ปลายของ tapered quartz tube ซึ่งจะทำหน้าที่เหมือนส้อมเสียงซึ่งมีความ sensitive กับการเปลี่ยนแปลงของความถี่ในการสั่นตามน้ำหนักของฝุ่นที่ตกลงบนกระดาษกรอง

TEOM



TEOM





**Compendium of Methods
for the Determination of
Inorganic Compounds
in Ambient Air**

Compendium Method IO-2.1

**SAMPLING OF AMBIENT AIR
FOR TOTAL SUSPENDED
PARTICULATE MATTER (SPM)
AND PM₁₀ USING
HIGH VOLUME (HV) SAMPLER**

Center for Environmental Research Information
Office of Research and Development
U.S. Environmental Protection Agency
Cincinnati, OH 45268

June 1999