บทที่ 2

หลักการและทฤษฎี

1. อนุภาคมลสารในอากาศ

อนุภาคมลสารในอากาศ (Airborne particulate matter) เป็นอนุภาคของแข็งและของเหลวที่แขวนลอยในอากาศ โดยทั่วไปแล้วการแจกแจงความถี่ของขนาดอนุภาคมลสารในอากาศพบสูงสุดที่ขนาด 0.02 ไมครอน 0.2 ไมครอน และที่ 10 ไมครอน ขนาดอนุภาคมลสารตามแหล่งกำเนิดแบ่งได้เป็น อนุภาคที่มีขนาดเล็กกว่า 2 ไมครอน มาจากขบวนการเผาไหม้เป็นหลัก และอนุภาคมลสารที่มีขนาดใหญ่กว่า 2 ไมครอน มาจากกระบวนการเชิง (Mechanical process) เช่น การกัดกร่อนหน้าดิน หรือมาจากการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์

2. อนุภาคที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเล็กกว่า 10 ไมครอน

อนุภาคที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเล็กกว่า 10 ไมครอน วัดโดยพฤติกรรมเชิงแอโรไดนามิกส์ เป็นอนุภาคที่ถูกปลดปล่อยในรูปของการควบแน่น หรือการทำให้เป็นผงละอองขนาดเล็ก (Atomization) ซึ่งมีสภาพเป็นได้ทั้งของแข็งและของเหลวในอากาศ ได้มาจากการกระทำของกระแสลมหรือการสั่นสะเทือน และสามารถแวนลอยในอากาศได้นาน เนื่องจากมีความเร็วในการตกตัวต่ำเพราะขนาดอนุภาคซึ่งมีขนาดเล็กและสามารถถูกพัดพาเข้าสู่ภายในอาคารได้ ซึ่งมีส่วนประกอบและแหล่งที่มาของฝุ่นละอองในอากาศ แสดงใน ตารางที่ 1

ตาราง 2 ส่วนประกอบและแหล่งที่มาของฝุ่นละอองในอากาศ

ส่วนประกอบ	แหล่งที่มา
สารประกอบคาร์บอน	กระบวนการเผาไหม้
สารประกอบอินทรีย์ เช่น ไดออกซิน โพลีไซคลิกอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอน	กระบวนการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์
เกลือแอมโมเนีย	การทำให้เป็นกลางของกรดในอากาศ
เกลือโซเดียมและแมกนีเซียมคลอไรด์	ทะเล
แคลเซียมซัลเฟต	วัสดุก่อสร้าง เช่น ดินและทราย
ซัลเฟต	การเติมออกซิเจนของไนโตรเจนไดออกไซด์

ตาราง 2 ส่วนประกอบและแหล่งที่มาของฝุ่นละอองในอากาศ (ต่อ)

ส่วนประกอบ	แหล่งที่มา
ตะกั่ว	น้ำมันที่มีสารตะกั่ว
ดิน	แร่ธาตุต่างๆ

ที่มา : มาริษา, 2542

3. **ฝุ่น**

ฝุ่นเป็นอนุภาคของแข็งใหญ่กว่า Colloid และลอยอยู่ได้ในอากาศชั่วครู่หนึ่ง ฝุ่นละอองมีความหลากหลายด้ายกายภาพ และมีองค์ประกอบเป็นของแข็งหรือของเหลว ฝุ่นละอองที่มีอยู่ในอากาศรอบๆตัวเรา มีขนาดตั้งแต่0.002 ไมครอน ซึ่งสามารถมองด้วยตาเปล่าโดยไม่ใช้กล้องจุลทรรศ์อิเลคตรอน ไปจนถึงฝุ่นที่มีขนาดใหญ่กว่า 500 ไมครอน ซึ่งเป็นฝุ่นที่มองด้วยตาเปล่าไม่เห็น มีขนาดเล็กกว่า 50 ไมครอน ฝุ่นละอองที่แขวนลอยอยู่ในอากาศได้นานเป็นฝุ่นละอองขนาดเล็กขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเล็กกว่า 10 ไครอน เนื่องจากความเร็วในการตกตัวต่ำ จึงแขวนลอยอยู่ในอากาศนาน หากมีแรงกระทำจากภายนอกเข้ามาเกี่ยวข้อง เช่น การไหลเวียนของอากาศ กระแสลม เป็นต้น ฝุ่นละอองขนาดใหญ่กว่า 100 ไมครอน อาจแขวนลอยอยู่ในบรรยากาศได้เพียง 2-3 นาที แต่ฝุ่นละอองที่มีขนาดเล็กกว่า 0.5 ไมครอนอาจแขวนลอยอยู่ในอากาศได้นานเป็นปี ฝุ่นละอองฝนอากาศแบ่งเป็นฝุ่นละอองที่เกิดขึ้นและแพร่กระจายสู่อากาศจากแหล่งกำเนิดโดยตรง และฝุ่นละอองซึ่งเกิดขึ้นโดยปฏิกิริยาต่างๆในอากาศ เช่น จากการรวมตัวด้วยปฏิกิริยาทางฟิสิกส์ หรือปฏิกิริยาทางเคมี หรือปฏิกิริยาเคมีแสง ฝุ่นละอองที่เกิดขึ้นจึงมีชื่อเรียกต่างกันไปตามลักษณะการรวมตัวฝุ่นละออง

4. **ลักษณะของฝุ่น**

ฝุ่นละอองในอากาศมีการเคลื่อนที่อยู่ตลอดเวลา (Dynamic system) และมีแหล่งกำเนิดที่แตกต่างกัน จากสภาพภูมิอากาศ และลักษณะทางอุตุนิยมวิทยา มีผลต่อการแพร่กระจายของฝุ่นละออง ทำให้อนุภาคของฝุ่นละอองมีขนาด รูปร่าง ความหนาแน่น องค์ประกอบทางเคมี การเกาะตัวกัน และโครงสร้างที่แตกต่างกันออกไป เป็นต้น ในอากาศ ฝุ่นละอองอาจทำปฏิกิริยาต่อกันหรือเกิดปฏิกิริยากับสิ่งแวดล้อมในอากาศ ทำให้เกิดความซับซ้อนทางด้านโครงสร้างมากขึ้น

ลักษณะของฝุ่นละอองในอากาศ สามารถแบ่งเป็นประเภทต่างๆ ดังนี้

1) ขนาดของอนุภาค

อนุภาคในอากาศไม่ใช่สารบริสุทธิ์ แต่เกิดจากสสารต่างๆที่มีความหนาแน่นต่างกัน มีความจำเป็นที่ต้องบ่งขนาดของอนุภาคในเชิงแอดรไดนามิก ซึ่งสามารถคำนวณจากสูตร

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

เมื่อ U_t คือ ความเร็วในการตกตัวของอนุภาค

r_e คือ รัศมีของทรงกลมของอนุภาคที่มีความเร็วของการตกตัวเท่ากับอนุภาคที่มีความหนาแน่นของทรงกลมเท่ากับ $1 g/cm^3$

G คือ อัตราเร่งบนผิวโลก

μ คือ ความหนืดของอากาศ

ที่มา : วงศ์พันธ์, 2540

ตัวอย่างอนุภาคของฝุ่นละอองมีขนาดตั้งแต่ใหญ่กว่า 200 ไมครอน ไปจนถึงน้อยกว่า 0.01 ไมครอน แสดงไว้ในตารางที่ 2

ตาราง 3 ขนาดทั่วไปของอนุภาค

อนุภาค	ขนาดของอนุภาค (ไมครอน)
ผงถ่านหิน	25.0 – 250.0
ฝุ่น	20.0 – 200.0
ฝุ่นโรงถลุงเหล็ก	1.0 – 200.0
ผลซีเมนต์	10.0 – 150.0
ขี้เถ้า	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

ตาราง 3 ขนาดทั่วไปของอนุภาค (ต่อ)

อนุภาค	ขนาดของอนุภาค (ไมครอน)
สีพ่น	0.1 - 4.0
สม๊อก	0.001 - 2.0
ควันบุหรี่	0.01 - 1.0
ควันซิงค์ออกไซด์	0.01 - 0.3
ควันถ่านหิน	0.01 - 0.2

ที่มา : วงศ์พันธ์, 2540

5. **ชนิดของฝุ่น**

ชนิดของฝุ่นละอองสามารถแบ่งตามองค์ประกอบ แหล่งที่เกิดและขนาดได้ดังนี้

1) แบ่งตามองค์ประกอบทางเคมี

1.1) ฝุ่นละอองจากสารอินทรีย์ (Organic dust) มีองค์ประกอบของคาร์บอน ไฮโดรเจนและออกซิเจน แบ่งเป็น

- ฝุ่นละอองจากสารอินทรีย์ที่ไม่มีชีวิต ซึ่งเกิดจากวัชพืช หญ้า และต้นไม้ มีลักษณะเป็นอนุภาคขนาดเล็กและมีน้ำหนักเบา สามารถลอยในบรรยากาศได้ ขึ้นอยู่กับความชื้นในอากาศและอุณหภูมิ เช่น ละอองเกสรของพืชหรือหญ้าทำให้เกิดอาการแพ้พิษหรือทำให้เกิดโรคภูมิแพ้ได้

- ฝุ่นละอองจากสารอินทรีย์ที่มีชีวิต เช่น แบคทีเรีย, เชื้อรา, ไวรัส และสปอร์ นั้นพบได้เสมอในอากาศ โดยเฉพาะเชื้อราที่พบในอากาศทำให้เกิดโรคได้หลายชนิด เช่น บาดทะยัก, คอตีบ, วัณโรค, ไทฟอยด์ เป็นต้น สิ่งมีชีวิตเล็กเหล่านี้อาจล่องลอยอยู่ตามลำพังด้วยตัวของมันเองหรืออาจติดอยู่กับอนุภาคต่างๆ

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

2) แบ่งตามแหล่งที่กำเนิด

อนุภาคฝุ่นละอองที่แขวนลอยฟุ้งกระจายอยู่ในบรรยากาศทั่วไปนั้น อาจเกิดได้จากแหล่งกำเนิดโดยตรงแล้วแพร่กระจายสู่บรรยากาศจากแหล่งกำเนิดนั้น หรือเกิดจากปฏิกิริยาต่างๆในบรรยายกาศ เช่น การรวมตัวด้วยปฏิกิริยาทางฟิสิกส์ หรือปฏิกิริยาทางเคมี หรือปฏิกิริยาทางแสง (Photochemical reaction) ทำให้เกิดเป็นอนุภาคขึ้นและแพร่กระจายเข้าสู่ภายในอาคารที่อยู่ในบริเวณแหล่งกำเนิดนั้นด้วย โดยแหล่งกำเนิดอนุภาคฝุ่นละออง แบ่งได้เป็น 2 ประเภท ดังนี้

2.1) อนุภาคฝุ่นที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติ

- ภูเขาไฟ เมื่อเกิดการระเบิดของภูเขาไฟจะมีเถ้าถ่านและควันถูกปล่อยออกมาสู่บรรยายกาศจำนวนมาก ซึ่งอาจล่องลอยขึ้นไปได้สูงมากเป็นหมื่นๆฟุต และคงอยู่ในอากาศได้นานนับกว่าปีที่จะตกกลับคืนสู่พื้นโลก

- ไฟป่า ควันและเถ้าถ่านที่เกิดจากไฟป่าเป็นตัวการที่เพิ่มปริมาณมลพิษในอากาศได้มากอย่างหนึ่ง ซึ่งอาจทำให้ทัศนวิสัยในการมองเห็นเลวร้ายลง อันเป็นสาเหตุอุบัติเหตุทางรถยนต์หรือทางเครื่องบินได้

- มลสารต่างๆจากดิน ลม พายุ ซึ่งสามารถพัดพาเอาอนุภาคมลสารจากผิวดินให้ขึ้นไปแขวนลอยอยู่บนบรรยายกาศ โดยเฉพาะอย่างยิ่งถ้าผิวดินมีลักษณะที่ไม่จับกันแน่น เช่น ดินที่เพิ่งผ่านการคราดไถ อินที่ปราศจากต้นไม้ใบหญ้าปกคลุม หรือดินที่ถูกกระบวนการอื่นๆรบกวน เช่น มีรถวิ่งผ่านไปมา อนุภาคต่างๆจากดินจะถูกลมพัดพาเข้าสู่บรรยากาศได้ง่าย อนุภาคมลสารขนาดเล็กจะแขวนลอยอยู่ในอากาศได้นานกว่าพวกที่มีขนาดใหญ่

2.2) ฝุ่นละอองที่เกิดจากกิจกรรมของมนุษย์ (Anthropogenic particle)

2.2.1) การคมนาคมขนส่ง

ซึ่งเกิดจากการเผาไหม้น้ำมันเชื้อเพลิงจากยานพาหนะหรือรถประเภทต่างๆ เช่น เครื่องยนต์ดีเซลจะปล่อยควันดำ ซึ่งเป็นอนุภาคของคาร์บอนจำนวนมากที่เกิดจากการสันดาปไม่สมบูรณ์ของน้ำมันดีเซล หรือการปล่อยควันขาวซึ่งเป็นฝุ่นละอองไอของน้ำมันหล่อลื่นเป็นต้น นอกจากนี้ การขนส่งหิน ดินทราย ซีเมนต์ หรือวัสดุอื่นๆ ที่ไม่ได้คลุมด้วยผ้าใบ หรือถนนสกปรกทำให้เกิดฝุ่นละอองติดอยู่ที่ล้อหรือถนน ซึ่งขณะรถแล่นจะทำให้เกิดการกระจายตัวของฝุ่นละอองอยู่ในอากาศ

2.2.2) การก่อสร้าง

- การก่อสร้างหลายชนิดมักมีการเปิดหน้าดินก่อนมีการก่อสร้าง ซึ่งทำให้เกิดฝุ่นได้ง่าย เช่น อาคารสิ่งก่อสร้าง การปรับปรุงสาธารณูปโภค
- การก่อสร้างอาคารสูง ทำให้ฝุ่นซีเมนต์ถูกลมพัดออกจากอาคาร
- การรื้อถอนทำลายอาคารหรือสิ่งก่อสร้าง

2.2.3) โรงงานอุตสาหกรรม

- การเผาไหม้เชื้อเพลิง เช่น น้ำมันเตา, ฟืน, แกลบ เพื่อนำพลังงานไปใช้ในกระบวนการผลิต ทำให้เกิดฝุ่นละออง เช่น ขี้เถ้าบิน (Coal fly ash) จากโรงไฟฟ้า
- กระบวนการผลิตที่มีฝุ่นออกมา เช่น การโม่หิน, การผลิตปูนซีเมนต์

นอกจากนี้ในอุตสาหกรรมที่มีการปลดปล่อยออกไซด์ของไนโตรเจนและไฮโดรคาร์บอนออกสู่บรรยายกาศ ยังสามารถทำให้เกิดอนุภาคฝุ่นละอองในอากาศ ได้จากการปฏิกิริยาโฟโตเคมิคอลระหว่างออกไซด์ของไนโตรเจนและไฮโดรคาร์บอน ซึ่งเรียกว่า Smog Reaction ได้อนุภาคที่มีรัศมีเล็กกว่า 0.2 ไมครอน

2.2.4) การเผาวัสดุในที่โล่งแจ้ง

ได้แก่ การเผาขยะมูลฝอยหรือวัสดุต่างๆ จะเกิดเขม่าขี้เถ้าเป็นจำนวนมาก ฟุ้งกระจายไปในอากาศและลอยไปตามกระแสลมปกคลุมพื้นที่กว้าง

ฝุ่นละอองที่เกิดจากแหล่งกำเนิดชนิดต่างๆ จะถูกปลดปล่อยออกสู่บรรยากาศ แล้วอาจจะแขวนลอยอยู่ในบรรยากาศ หรือถูกพัดพาไปโดยการพัดพาของอากาศและกระแสลม ฝุ่นละอองที่มีขนาดใหญ่ น้ำหนักมาก จะแขวนลอยในบรรยากาศได้ไม่นานก็ตกกลับด้วยแรงโน้มถ่วงของโลก เรียกว่า การตกกลับแบบแห้ง (Dry Deposition) ส่วนฝุ่นละอองที่มีขนาดเล็ก เส้นผ่านศูนย์กลางน้อยกว่า 10 ไมครอน จะแขวนลอยในบรรยากาศได้นานกว่า ฝุ่นละอองที่มีขนาดเล็กนี้สามารถตกกลับแบบเปียก (Wet Deposition) ได้ 2 รูปแบบ คือ อนุภาคฝุ่นจะเข้าไปแกนกลางให้ไอน้ำเกาะแล้วรวมตัวอยู่ในเมฆ เรียกว่า Rain out และการตกกลับโดยฝนตกชะเอาอนุภาคฝุ่นในบรรยากาศลงมา เรียกว่า Wash out

3) แบ่งตามขนาดของอนุภาค ซึ่ง U.S. EPA (The united state of America environmental protection agency, 1992a) กำหนดขนาดฝุ่นละออง 2 ขนาด คือ

3.1) ฝุ่นละอองที่ขนาดเล็ก (Fine particulate matter) กำหนดขนาดไว้ว่า มีเส้นผ่าศูนย์กลางน้อยกว่า 2.5 ไมครอน

3.2) ฝุ่นละอองที่ขนาดเล็ก (Coarse particulate matter) กำหนดขนาดไว้ว่า มีเส้นผ่าศูนย์กลางใหญ่กว่า 2.5 ไมครอน

ชนิดของฝุ่นละอองอธิบายตามลักษณะโครงสร้างหรือองค์ประกอบทางเคมีของฝุ่นหรือประเภทของอุตสาหกรรมที่ทำให้เกิดฝุ่นได้ เช่น ฝุ่นถ่านหิน, ฝุ่นปูน, ฝุ่นดิน, ฝุ่นซิลิกา, และฝุ่นคาร์บอน เป็นต้น

6. แหล่งที่มาของอนุภาคฝุ่นในอาคาร

จากการศึกษาถึงขนาดของฝุ่นภายในอาคารและแหล่งที่มาของอนุภาคฝุ่นภายในอาคารของ M.K. Owen and D.S. Ensor ณ ที่ Center for aerosol technology ประเทศสหรัฐอเมริกา พบว่าชนิดของฝุ่นละอองและขนาดที่พบในอาคารจากแหล่งกำเนิดสามารถแบ่งออกเป็น 6 ชนิด คือ อนุภาคฝุ่นละอองที่มาจากสิ่งมีชีวิต พืชและสัตว์ แร่ธาตุ การเผาไหม้ จากการดูแลสุขภาพของคนในบ้าน และจากกัมมันตภาพรังสี

อย่างไรก็ตามแหล่งที่มาของอนุภาคฝุ่นในอาคารอาจเป็นผลมาจากองค์ประกอบดังต่อไปนี้

1. ตัวผู้ใช้อาคาร ฝุ่นที่ลอยอยู่ในอากาศภายนอกอาคารอาจติดมากับเสื้อผ้าของผู้ใช้สอยอาคารนั้นๆหรืออาจติดมากับรองเท้า

2. การพามาโดยลม มีหลายลักษณะ เช่น การพัดมากับลม ปริมาณฝุ่นที่เข้ามาตัวอาคารยิ่งเพิ่มมากขึ้น และการพามาโดยลมนั้นจะมีทั้งลมที่เกิดจากการแหวกอากาศของวัตถุขนาดใหญ่ เช่น รถบรรทุกขนาดใหญ่ ที่ยิ่งวิ่งมาด้วยความเร็วสูงแล้วนั้นก็ยิ่งทำให้อากาศ ณ จุดนั้น มีความปั่นป่วนมากขึ้น และขณะเดียวกันทำให้ฝุ่นคลุ้งกระจายและถ้ามีหลายคันติดต่อกัน ก็จะทำให้ฝุ่นที่ถูกผลักดันจากการแหวกอากาศของรถคันแรก ถูกอากาศมาเสริมแรงผลักจากรถคันอื่นที่วิ่งตามมาแล้วไปประกอบกับลมที่เป็นลมประจำทิศพัดพาเสริมกันไปอีก

3. การนำมาโดยยานพาหนะ ยานพาหนะที่มีอยู่ทุกครัวเรือน ที่ใช้กันอยู่บนท้องถนน ก็ต้องมีการดูแลทำความสะอาดอยู่ตลอดเวลา และไม่ว่าการนำรถไปทำความสะอาดที่ใดก็ตาม เศษดิน เศษฝุ่นที่ติดมากับรถก็จะถูกชะล้างออกมาด้วยน้ำ แล้วหล่นกองลงกับพื้นในบริเวณใกล้ๆกับตัวอาคาร และเมื่อใดที่น้ำขี้โคลนเหล่านั้นแห้งตัวลง จากขี้โคลนก็จะกลายเป็นกองดินแห้งและเมื่อมีอะไรไปรบกวน ก็จะเกิดฟุ้งเป็นฝุ่นล่องลอยเข้าสู่ตัวอาคารได้อย่างง่ายดาย

7. มาตรฐานอนุภาคฝุ่นละออง

ส่วนมาตรฐานฝุ่นละอองภายในอาคารในประเทศไทยปัจจุบันยังไม่มีการกำหนดเป็นค่ามาตรฐานใช้ควบคุม แต่สำหรับมาตรฐานของฝุ่นละอองในบรรยากาศและภายในอาคารของแต่ละประเทศได้มีการเสนอแนะกำหนดค่าความเข้มข้นของฝุ่นละอองในบรรยายกาศและภายในอาคาร ซึ่งมีความแตกต่างกันทั้งในด้านขนาดและชนิดของฝุ่นละออง ปริมาณความเข้มข้น ระยะเวลาที่เก็บตัวอย่าง ตลอดทั้งวิธีการเก็บตัวอย่าง โดยเฉพาะฝุ่นละอองภายในอาคารซึ่งขึ้นอยู่กับบริเวณที่เก็บตัวอย่างภายในอาคาร โดยตารางที่ 3 แสดงมาตรฐานฝุ่นภายในอาคารจาก Indoor air quality handbook (IAQ)

ตาราง 4 มาตรฐานคุณอากาศภายในอาคาร (Indoor air quality Standard and Guidelines)

Parameter	Limit/Range	Reference	TSI Instrument
Temperature	Summer 73 to 79 °F	ASHRAE Standard 55	Q-Trak, IAQ-CALC, THCALC
Relative humidity	30 % to 65 %	ASHRAE Standard 55	Q-Trak, IAQ-CALC, THCALC
Air Movement	0.8 ft/s or 0.25 m/s	ASHRAE Standard 62	Q-Trak, IAQ-CALC
Ventilation (air changes)	15 to 60 cfm/person minimum depending on type of space	ASHRAE Standard 62	Q-Trak, IAQ-CALC
Ventilation (CO_2)	<1000 ppm	ASHRAE Standard 62	Q-Trak, IAQ-CALC Inspect air
Filtration	25 % to 30 % dust spot efficiency, minimum	ASHRAE Standard 52.2	P-Trak, Dust trak

ตาราง 4 มาตรฐานคุณอากาศภายในอาคาร (Indoor air quality Standard and Guidelines) (ต่อ)

Parameter	Limit/Range	Reference	TSI Instrument
Inhalable particles	150 $\mu g/m^3$ over 24 hr 50 $\mu g/m^3$ annual arithmetic mean	ASHRAE Standard 62 EPA-National ambient air quality standard	D-Trak, Dust trak Respicon
Particulate in cleaned HVAC System	1.0 $\mu g/100\ m^2$	NADCA 1992-01	P-Trak, Dust trak Sidepak
Carbon monoxido	9 ppm over 8 hrs. or 35 ppm in one hr.per year, maximum	EPA-National ambient air quality standard	Q-Trak, IAQ-CALC, Combucheck, CA-CALC
Ultrafine particulate	n.a.	n.a.	P-trak

ที่มา : TSI Incorporatated, 1992.

ในขณะที่การศึกษาของ California environment protection agency air resources board (ARB) ทำการศึกษาถึงการแพร่กระจายของอนุภาคฝุ่นในอาคาร ที่พักอาศัย ในห้องครัว และในบริเวณอื่นในบ้านพักอาศัย ที่อาจเป็นอันตรายต่อสุขภาพของมนุษย์ ซึ่งการวิจัยทดสอบโดยวัดปริมาณของอนุภาคฝุ่นละอองและสารมลพิษอื่น โดยวัดในช่วงระหว่างเวลาการทำอาหาร โดยทำการทดสอบในบ้างทางเหนือของมลรัฐแคลิฟอร์เนีย พบว่าอนุภาคฝุ่นละอองจากการทำกิจกรรมในการทำอาหารผลิตอนุภาคฝุ่นละอองในปริมาณสูงและได้เสนอแนะค่ามาตรฐานฝุ่นละอองขนาด PM10 ในส่วนอื่นๆของบ้านไว้คือ 50 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ใน 24 ชั่วโมง ส่วนค่าระดับปริมาณ PM10 ในห้องครัวมีค่าอยู่ระหว่าง 60 ถึง 1,400 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร

8. ผลกระทบของฝุ่นละออง

ผลกระทบของฝุ่นละออง มีดังต่อไปนี้

1. ผลกระทบทั่วไป ฝุ่นละอองในอากาศสามารถดูดซับและหักเหแสงได้ ทำให้ลดความสามารถในการมองเห็น เกิดทัศนวิสัยในการมองเห็นไม่ดี ถ้ามีฝุ่นแขวนลอยในอากาศมากจนกลายเป็นหมอก จะเป็นอุปสรรคต่อการมองเห็นมากและอาจเกิดอันตรายต่อการสัญจรได้ ประเทศสหรัฐอเมริกาได้ศึกษาผลของฝุ่นที่มีต่อความสามารถในการมองเห็น รวมทั้งเกิดภาพที่ไม่สวยงาม พบว่าช่วงการมองเห็นได้ถึง 90 ไมล์ ส่วนด้านตะวันออกสามารถมองเห็นได้ในระยะ 33-90 ไมล์ จากเดิมคือ 140 ไมล์

นอกจากนี้ฝุ่นละอองยังมีส่วนเร่งปฏิกิริยาทำให้เกิดภาวะมลพิษทางอากาศรุนแรง โดยเฉพาะเกิดรวมกับซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในอากาศ เกิดเป็นกรดซัลฟูริกที่มีอันตรายต่อระบบทางเดินหายใจ ไฮโดรเจนซัลไฟล์สามารถเกิดปฏิกิริยากับโอโซนและให้ก๊าซซัลเฟอร์ออกมา ปฏิกิริยานี้ยิ่งเกิดเร็วขึ้นถ้ามีฝุ่นในอากาศมาก

2. ผลกระทบต่อวัตถุและสิ่งก่อสร้าง ฝุ่นละอองในอากาศที่ตกกลับตามแรงดึงดูดของโลกถ้าเกาะติดวัตถุหรือสิ่งก่อสร้างต่างๆ นอกจากทำให้สกปรกแล้ว ยังมีคุณสมบัติในการดูดซับโลหะสารอินทรีย์และสารอนินทรีย์ไว้ที่ผิวของฝุ่นด้วยหรือจากซนิดของฝุ่นละอองเองที่มีสภาพเป็นกรดหรือมีองค์ประกอบทางเคมีที่เป็นอันตราย เมื่อเกาะติดวัตถุหรือสิ่งก่อสร้างจะทำอันตรายต่อสิ่งนั้นได้ เช่น ทำให้สีของวัสดุกร่อน ทำลายผิวหน้าของสิ่งก่อสร้าง ทำให้ผลงานทางศิลปะเสื่อมสภาพ ทำให้หลังคาสังกะสีผุกร่อน

3. ผลกระทบต่อพืช เมื่อฝุ่นลงมาสู่พืช ฝุ่นจะจับติดบนส่วนต่างๆของพืช โดยเฉพาะใบซึ่งเป็นส่วนที่มีพื้นผิวมากและรับการตกลงมาเกาะของฝุ่นได้ดี ทำให้ประสิทธิภาพการสังเคราะห์แสงลดลง และทำให้เกิดการสะสมความร้อนไว้ภายในมากขึ้น มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืช และถ้าฝุ่นนั้นมีพิษปะปนอยู่ เช่น โลหะหนัก หรือปูนซีเมนต์ จะทำให้พืชได้รับพิษเพิ่มจากสารต่างๆนั้นอีกด้วย

4. ผลกระทบต่อสุขภาพของมนุษย์ นอกจากฝุ่นละอองจะลดความสามารถในการมองเห็น ทำให้เกิดความสกปรกและสร้างความเดือนร้อนรำคาญ ยังทำให้เสียชีวิตก่อนเวลาอันสมควร ทำให้เกิดโรคระบบทางเดินหายใจและโรคในระบบหัวใจและหลอดเลือด ระดับความรุนแรงของการป่วยของเปลี่ยนแปลงตามระดับของฝุ่นละออง จากการศึกษาพบว่าอัตราการเข้ารับการรักษาตัวในโรงพยาบาลด้วยโรคระบบทางเดินหายใจ โรคหัวใจ และหลอดเลือด จะสูงขึ้นเมื่อมีฝุ่นขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอนในอากาศปริมาณมาก และมีโอกาสป่วยมากขึ้นในสถานที่ที่ไม่ใช้เครื่องปรับ

อากาศ ผู้ใหญ่ที่อาศัยอยู่ในที่มีฝุ่นมากมีโอกาสป่วยเป็นโรคระบบทางเดินหายใจเฉียบพลันได้สูงเป็นสองเท่าของคนที่อยู่ในสิ่งแวดล้อมที่มีฝุ่นละอองน้อย

9. สิ่งที่มีผลกระทบต่อปริมาณฝุ่นภายในอาคาร

สิ่งที่มีผลกระทบต่อปริมาณฝุ่นภายในอาคาร มีดังนี้

1. ลักษณะของการใช้งานของอาคารแต่ละประเภท

1.1 ลักษณะของอาคารแบบเปิดโล่ง เช่น สถานีรถไฟ โรงเรียน โรงพยาบาลบางแห่ง บ้านพักอาศัย อาคารในลักษณะนี้ต้องมีปริมาณฝุ่นที่มากอย่างแน่นอน เพราะฝุ่นถูกนำพาเข้ามาในตัวอาคารอย่างง่ายดาย

1.2 ลักษณะของอาคารแบบปิด เช่น ตัวอาคารสำนักงาน โรงพยาบาลในเขตเมือง บ้านพักอาศัย ห้างสรรพสินค้า ลักษณะอาคารแบบนี้จะมีลักษณะปิด ดังนั้นการมาของฝุ่นจะถูกปิดกันจากผนัง บานหน้าต่าง บานประตู ซึ่งมิได้เปิดอยู่ตลอดเวลา อาคารประเภทนี้มีปริมาณฝุ่นน้อยกว่าอาคารแบบเปิดโล่ง หากว่าใช้อาคารไปในลักษณะที่ปิดจริงๆ โดยมากอาคารประเภทนี้จะมีการติดตั้งเครื่องปรับอากาศและเครื่องระบายอากาศ

2. สภาพแวดล้อมภายนอกรอบๆตัวอาคาร

2.1 ตัวอาคารที่มีสภาพแวดล้อมที่เอื้ออำนวยให้เกิดฝุ่น

- อาคารที่ตั้งอยู่ริมถนน
- อาคารที่ตั้งอยู่ในบริเวณที่มีการก่อสร้าง รื้อถอน ซ่อมแซม ปรับปรุงสิ่งก่อสร้าง
- อาคารที่ไม่มีแนวกันชนในการกรองฝุ่น แนวกันชนที่กล่าวถึง ได้แก่ การปลูกต้นไม้รอบบ้าน หรือโดยรอบตัวบ้านมีอาคารที่เท่ากันหรือสูงกว่ากัน ระหว่างตัวบ้านกับถนน แนวกันชนเหล่านี้มีประโยชน์ในการช่วยกรองฝุ่นที่ลอยมากับลม โดยฝุ่นจะเข้ามาปะทะกับใบไม้ของต้นไม้ก่อนถึงตัวบ้าน
- สภาพพื้นผิวจราจรที่ผ่านตัวอาคาร มีสภาพที่เสียหาย พื้นผิวผุพังถูกยานพาหนะเหยียบไปมาจนเกิดฝุ่น
- บริเวณรอบอาคารที่เป็นพื้นดิน ไม่มีการปลูกพืชคลุมดิน เช่น การปลูกหญ้าคลุมดิน

10. ตัวแปรที่มีผลต่อปริมาณฝุ่นตกจากภายในอาคาร

ปริมาณฝุ่นตกที่เกิดขึ้นภายในอาคารนั้น ฝุ่นส่วนหนึ่งก็มาจากตัวอาคารเองที่มีอยู่แต่เดิม เมื่อทำการก่อสร้างเสร็จใหม่ๆ แต่เมื่อมีการใช้อาคารไปนานๆแล้วนั้น ตัวอาคารก็มียังมีฝุ่นตกอยู่ดี ถ้าหากว่าไม่ได้มีการทำความสะอาดตัวอาคารเลยและฝุ่นพวกนี้ก็จะต้องมาจาภายนอกอาคารนั่นเอง ฝุ่นที่มาจากภายนอกอาคารนั้นก็จะมีพาหนะที่นำพามาหลายรูปแบบด้วยกันและมาจากแหล่งกำเนิดที่แตกต่างกันด้วย อีกทั้งระยะทางที่เดินทางมาของฝุ่นเพราะการเดินทางมาของฝุ่นนั้นไม่ได้มีจุดมุ่งหมายที่แน่นอนแล้วแต่ว่าเจ้าตัวพาหนะจะพาไปไหน

11. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

สมานชัย เลิศกมลวิทย์ (2543) ศึกษาปริมาณและองค์ประกอบธาตุฝุ่นละออง PM2.5, PM10-2.5 และ PM10 และความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฝุ่นในอากาศ ภายในอาคาร เก็บตัวอย่างด้วยเครื่องเก็บตัวอย่างอากาศเฉพาะบุคคล ติดหัวแยกอิมแพคเตอร์ หาปริมาณด้วยเครื่องชั่งหกตำแหน่ง เมื่อเปรียบเทียบค่าที่ได้กับเครื่องเก็บตัวอย่างแบบเทปใช้รังสีเบต้าที่สถานีดินแดงของกรมควบคุมมลพิษ พบว่ามีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญ (r=0.948, p=0.004) PM10 เฉลี่ย 24 ชั่วโมง ภายนอกป้อมในเขตกรุงเทพมีค่ามากกว่า 100 $\mu g/m^3$ โดยเฉพาะที่ดินแดงและงาวงศ์วานมีค่าเกินค่ามาตรฐานฝุ่นในอาคาร (120 $\mu g/m^3$) ในขณะที่ฝุ่นละออง PM2.5 ในเขตกรุงเทพมหานครทั้งหมดมีค่าเกินมาตรฐานฝุ่นละอองในอากาศที่ US EPA กำหนด (65 $\mu g/m^3$) ฝุ่น PM10 และ PM2.5 ภายในมีค่าน้อยกว่าภายนอกป้อม ในขณะที่ฝุ่นละอองที่บุคคลได้รับสัมผัสมีค่าอยู่ระหว่างฝุ่นละอองภายนอกป้อมและภายในป้อม การวิเคราะห์องค์ประกอบธาตุยืนยันว่าการจราจรเป็นแหล่งกำเนิดสำหรับการศึกษาวิจัยนี้

Kamens และคณะ (1990) ศึกษาลักษณะของอนุภาคฝุ่นละอองในบ้าน 3 หลัง ที่ไม่มีการสูบบุหรี่ ทำการเก็บตัวอย่างบริเวณระหว่างห้องครัวและห้องอาคารซึ่งเป็นพื้นที่ใช้งานของบ้าน โดยใช้กระดาษกรอง Teflon filter ขนาด 37 และ 47 มิลลิเมตร และศึกษาลักษณะของฝุ่นละอองโดย Scanning electron microscopy (SEM) และใช้ Energy dispersive X-ray (EDX) ในการวิเคราะห์องค์ประกอบธาตุในฝุ่นละออง พบว่า ความเข้มข้นของฝุ่นละอองภายในบ้าน 3 หลัง มีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 14 ถึง 42 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ซึ่งมาจากการทำครัวและการเก็บกวาดบ้าน และจากการวิเคราะห์ลักษณะของฝุ่นละอองพบสปอร์ของเชื้อรา, เขม่าควัน, ลักษณะของฝุ่นแร่ ส่วนองค์ประกอบของธาตุของแร่ที่พบ มี Si, Al, Ca, K, Fe, Na

Liu Yu, Koichi Ikeda และคณะ (1993) ศึกษาปริมาณการฟุ้งกระจายของฝุ่นละอองในอาคารสำนักงาน โดยการใช้เครื่องมือวัดในหลายระดับและวิธีการวัดอื่นๆ ทั้งอากาศภายในห้องปรับอากาศและภายนอกห้องปรับอากาศ โดยพบว่าอนุภาคของฝุ่นละอองนี้ส่วนใหญ่เกิดจากการสูบบุหรี่ ในช่วงเวลากลางวัน ความเข้มข้นของอนุภาคโดยมากจะมีขนาดใหญ่กว่า 1 ไมครอน และมีปริมาณสูงถึง 0.01 – 0.01 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร คิดเป็นสะดส่วน 70 –90 %

Tung และคณะ (1996) ทำการศึกษาขนาดของอนุภาคฝุ่นละอองในอากาศ ภายในอาคารศูนย์การค้าและภายนอกอาคารศูนย์การค้าในฮ่องกง โดยศูนย์การค้าตั้งอยู่ในบริเวณที่มีการจราจรอย่างหนาแน่น และพบว่ามีปริมาณฝุ่นละอองในอากาศสูงมากทั้งที่พบภายในอาคารและภายนอกอาคาร และจากการศึกษาแสดงให้เห็นว่าความเข้มข้นของฝุ่นละอองที่มีผลกระทบต่อเจ้าของกิจการภายในศูนย์การค้าหรือมีผลกระทบต่อมนุษย์มากคือ ขนาดน้อยกว่า 0.5 ไมโครเมตร

Tamura และคณะ (1996) ศึกษาปริมาณฝุ่นที่บุคคลได้รับสัมผัส โดยเก็บตัวอย่างฝุ่นในอากาศ ในบ้าน และฝุ่นที่บุคคลได้รับสัมผัสในเมืองโตเกียว ประเทศญี่ปุ่น แล้วทำการศึกษาโดยใช้การถดถอยเชิงเส้น พบว่าความเข้มข้นฝุ่นภายในอาคารและในอากาศมีความสัมพันธ์กันสูง (r=0.887) ความเข้มข้นฝุ่นที่บุคคลได้รับสัมผัสจากการประมาณโดยสมการถดถอยเชิงเส้น (a=6.8, b=0.618) โดยที่ตัวแปรต้นคือความเข้มข้นฝุ่นในอากาศและภายในอาคาร (r=0.878)

Ming Li และคณะ (2000) ทำการศึกษาคุณภาพอากาศภายในอาคารห้างสรรพสินค้า 9 แห่งในฮ่องกงเป็นกรณีศึกษา พบว่าค่าเฉลี่ยใน 1 ชั่วโมง มีค่า CO^2 เฉลี่ยอยู่ในระดับ 1000 ppm ของมาตรฐาน ASHRAE และพบความเข้มข้นของฝุ่นละออง PM10 ในอาคารสูงถึง 380 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร และ 30 %ของอากาศภายในอาคารมีแบคทีเรียรวมประมาณ 1000 cfu/m^3 ซึ่งการเพิ่มขึ้นของระดับ PM10 อาจมีสาเหตุจากควันจากที่ข้างเคียงและจากการขนย้ายสิ่งของเครื่องจักรภายในห้างสรรพสินค้าและอาจเกิดจากการประกอบอาหารซึ่งขาดการระบายอากาศที่เพียงพอ ในบริเวณศูนย์อาหารก็เป็นการเพิ่มระดับคาร์บอนไดออกไซด์, คาร์บอนมอนอกไซด์, และฝุ่น PM10 ในอาคารด้วย