ฝุ่น : มลพิษทางอากาศที่ถูกมองข้าม

ธีรพล คังคะเกตุ*

มลพิษทางอากาศ หรือ Air Pollution เป็นปัญหามลพิษสำคัญอย่างหนึ่งที่มีความเกี่ยวเนื่องโดยตรงกับปัญหาสุขภาพ แต่ก็ดูเหมือนว่าเป็นปัญหามลพิษที่ถูกละเลยจากประชาชนทั่วไป แม้ว่าเราทุกคนต้องหายใจอยู่ตลอดเวลา และต้องสัมผัสกับมลพิษทางอากาศอยู่เกือบทุกครั้งที่ออกไปดำเนินกิจกรรมนอกบ้าน

*สถาบันวิจัยสภาวะแวดล้อม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทนำ

เมื่อพูดถึง "ฝุ่น" คนทั่วไปก็อาจจะนึกถึงฝุ่นที่ฟุ้งขึ้นมาจากถนนลูกรัง เมื่อมีรถยนต์แล่นผ่านหรือแล่นบนถนนนั้น หรืออาจนึกถึงฝุ่นที่เกิดขึ้นบริเวณพื้นที่ก่อสร้าง เป็นต้น แล้วก็อาจไม่ได้นึกถึงอันตรายที่แฝงมากับฝุ่นนั้น เมื่อเราหายใจเข้าไป อาจเพียงแค่รู้สึกว่าทำให้เกิดความรำคาญจากการหายใจ หรือเคืองตา และอาจรวมถึงทำให้บ้านเรือน เครื่องใช้ต่าง ๆ สกปรกเท่านั้น ที่จริงแล้ว ฝุ่นถือว่าเป็นสารมลพิษทางอากาศที่สำคัญตัวหนึ่ง โดยเฉพาะอย่างยิ่งฝุ่นละเอียด ซึ่งองค์กรพิทักษ์สิ่งแวดล้อมแห่งประเทศสหรัฐอเมริกา หรือเรียกสั้น ๆ ว่า EPA (US. Environmental Protection Agency) ก็ได้เคยออกมายอมรับว่า ฝุ่นละเอียด เป็นหนึ่งในสารมลพิษที่ถูกละเลยหรือหลงลืมไป

ก่อนที่จะเข้าสู่เรื่องราวของผลกระทบ (ทางลบ) ของฝุ่นต่อสิ่งแวดล้อมและสุขภาพ จำเป็นต้องทำความเข้าใจกับนิยามหรือความหมายของฝุ่นกันก่อน ภาษาอังกฤษโดยทั่วไปอาจใช้คำว่า "dust" แต่ในภาษาที่เป็นทางการหรือวิชาการจะใช้คำว่า "particle" และ "particulate matter (เรียกย่อ ๆ ว่า PM)" สำหรับภาษาราชการไทย (ตามที่ปรากฏในมาตรฐานคุณภาพอากาศ) ใช้คำว่า "ฝุ่นละออง"

ผลจากการศึกษาวิจัยพบว่า ขนาด (size) ของฝุ่น มีความสัมพันธ์โดยตรงกับปัญหาสุขภาพของคนเรา ดังนั้นจึงมีการกำหนดมาตรฐานระดับหรือความเข้มข้นของฝุ่นในบรรยากาศที่สัมพันธ์กับขนาดของฝุ่น โดยจำแนกออกเป็นฝุ่นหยาบที่เข้าสู่ระบบลมหายใจได้ (inhalable coarse particle) ซึ่งเป็นฝุ่นที่มีขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน[1] (μm) และใช้แทนด้วยสัญลักษณ์ PM_{10} กับฝุ่นละเอียดขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน และใช้สัญลักษณ์ $PM_{2.5}$ ในเนื้อหาของบทความต่อไปนี้ก็จะใช้คำว่า "ฝุ่นหยาบ PM_{10}" และ "ฝุ่นละเอียด $PM_{2.5}$" แทนความหมายดังกล่าวข้างต้น ซึ่งต่างไปจากภาษาราชการไทย (ตามมาตรฐานคุณภาพอากาศ) ที่ใช้คำว่า "ฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน" และ "ฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน"

ถึงแม้บุคคลทั่วไปอาจจะยังไม่เห็นถึงพิษภัยของฝุ่นก็ตามแต่ EPA ในคราวที่ต้องออกมาตรฐานคุณภาพอากาศในบรรยากาศขึ้นเป็นครั้งแรกในปี พ.ศ. 2514 (ค.ศ. 1971) ได้กำหนดค่าฝุ่นเป็นหนึ่งในหกสารมลพิษหลัก (criteria pollutant) ซึ่งประกอบด้วย ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) ก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ (NO_2) ก๊าซโอโซน (O_3) ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2) ตะกั่ว (Pb) และฝุ่น (Particulate Matter : PM) และในครั้งนั้น EPA ได้กำหนดค่าฝุ่นเป็น TSP (Total Suspended Particles)

สำหรับประเทศไทยได้มีการกำหนดมาตรฐานคุณภาพอากาศในบรรยากาศขึ้นเป็นครั้งแรกในปี พ.ศ. 2538 โดยกำหนดระดับหรือความเข้มข้นของสารมลพิษในอากาศไว้ 6 ชนิด เช่นเดียวกับที่กำหนดโดย EPA แต่มีความแตกต่างกันบ้างที่ระดับหรือความเข้มข้นของสารมลพิษบางตัว สำหรับค่าฝุ่นได้กำหนดไว้เป็นฝุ่นละอองรวม หรือฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 100 ไมครอน (TSP) กับฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน (PM_{10})

ฝุ่น : ความหมายและความเป็นมลพิษ

"ฝุ่น" ไม่ได้หมายถึงเพียงฝุ่นที่ฟุ้งขึ้นมาจากพื้นดิน และทำความสกปรกให้กับอาคาร หรือสิ่งของเครื่องใช้ต่าง ๆ เท่านั้น แต่รวมความถึงอนุภาคขนาดเล็ก ทั้งที่เป็นของแข็งและของเหลวที่แขวนลอยอยู่ในอากาศหรือบรรยากาศ ซึ่งอาจมีขนาดใหญ่จนสามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า จนถึงอาจมีขนาดเล็กจนกระทั่งมองไม่เห็นและต้องตรวจด้วยการใช้กล้องจุลทรรศน์อิเลคตรอน (Electron Microscope)

"ฝุ่น" อาจเกิดได้ทั้งจากธรรมชาติ เช่น ฝุ่นเถ้าที่เกิดจากการระเบิดของภูเขาไฟ เป็นต้น และอาจเกิดจากกิจกรรมต่าง ๆ ของมนุษย์ เช่น การก่อสร้าง การระเบิดหิน การทำเหมืองแร่ และอุตสาหกรรม เป็นต้น องค์ประกอบของ "ฝุ่น" มีทั้งที่เป็นสารอนินทรีย์ เช่น ฝุ่นดินทราย หรือเป็นองค์ประกอบของกรด (ได้แก่ ไนเตรท ซัลเฟต) เป็นต้น หรือเป็นสารอินทรีย์ รวมทั้งอาจเป็นสารชีวภาพ เช่น ละอองเกสร สปอร์ของรา เป็นต้น "ฝุ่น" ดังที่กล่าวมาเป็นฝุ่นที่เกิดขึ้นโดยตรงจากกิจกรรมนั้น ๆ นอกจากนี้ยังมีฝุ่นอีกจำพวกหนึ่งที่เกิดจากปฏิกิริยาเคมีที่ซับซ้อนจากสารมลพิษทาง

[1] ไมครอนหรือไมโครเมตร เป็นหน่วยความยาวเทียบเท่ากับหนึ่งในล้านเมตร

อากาศอื่น ๆ เช่น ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ เป็นต้น โดยมีแสงอาทิตย์เป็นแหล่งพลังงานของการเกิดปฏิกิริยา

"ฝุ่น" ที่ถูกใส่ใจหรือคำนึงถึงในฐานะที่เป็นสารมลพิษทางอากาศเป็นฝุ่นที่สามารถเข้าสู่ร่างกายได้พร้อมกับลมหายใจ (inhalable particles) จนถึงปอด และมีบางส่วนสามารถเข้าสู่กระแสโลหิตได้ "ฝุ่น" ดังกล่าวคือ ฝุ่นที่มีขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน นี่จึงเป็นเหตุผลสำคัญที่ทำให้ EPA กำหนดค่าฝุ่นหยาบ PM_{10} แทนค่าฝุ่น TSP หรือฝุ่นที่มีขนาดไม่เกิน 100 ไมครอน ในการปรับปรุงแก้ไขมาตรฐานคุณภาพอากาศครั้งแรกในปี พ.ศ. 2530 (ค.ศ. 1987) และหลังจากนั้นสิบปี คือ ในปี พ.ศ. 2540 (ค.ศ. 1997) EPA ได้กำหนดให้มีการเพิ่มค่าฝุ่นละเอียด $PM_{2.5}$ เข้าไปไว้ในมาตรฐานคุณภาพอากาศ

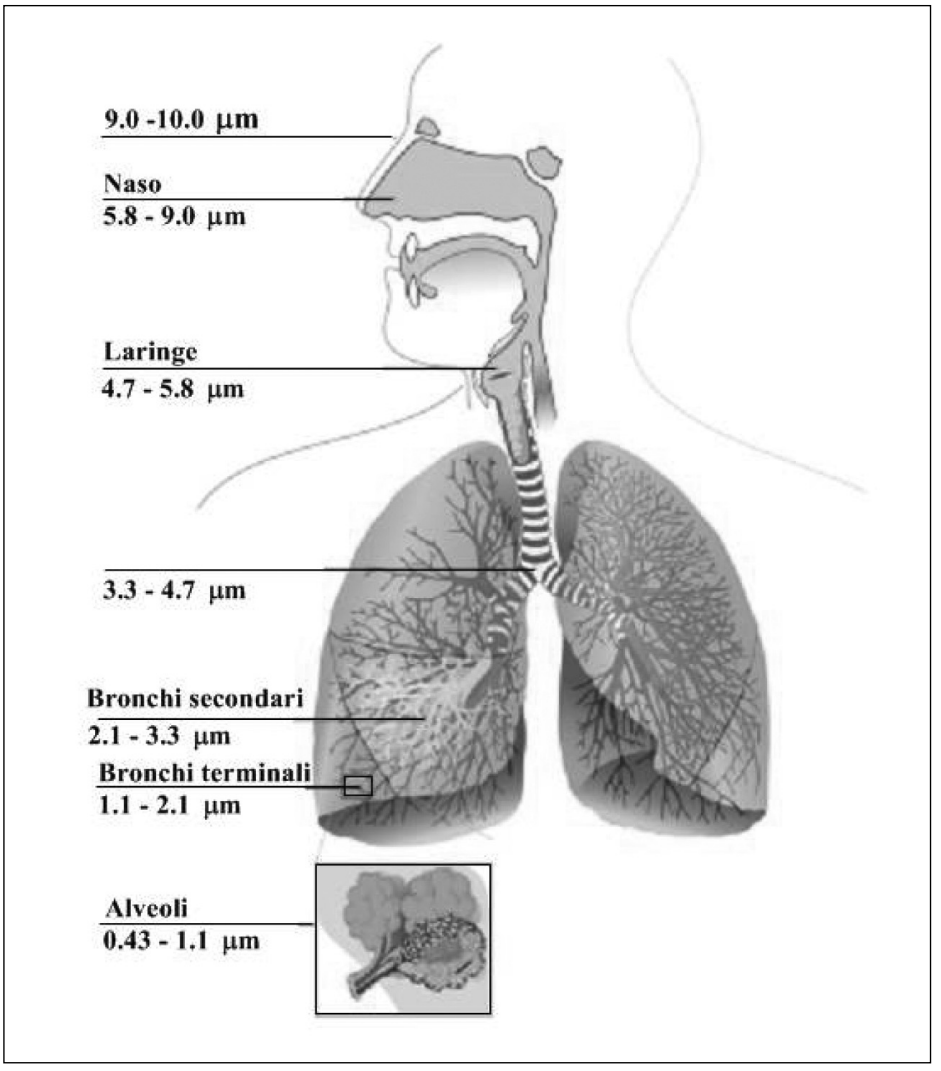
นอกจากนั้น ในปี พ.ศ. 2548 องค์การอนามัยโลก (WHO) ได้ปรับปรุงและเผยแพร่ข้อกำหนดด้านคุณภาพอากาศ (Air Quality Guidance, 2005) ซึ่งหนึ่งในสาระสำคัญที่มีการแก้ไขปรับปรุง คือ การกำหนดค่าฝุ่นหยาบ PM_{10} และฝุ่นละเอียด $PM_{2.5}$ ขึ้นเป็นครั้งแรก ซึ่งต่างจากข้อกำหนดฯ เดิมก่อนหน้านี้ ที่กำหนดเฉพาะก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์และไนโตรเจนไดออกไซด์ในบรรยากาศ ในช่วงต้นปี พ.ศ. 2556 นี้ สำนักข่าวซินหัว (Xinhua) ได้รายงานเมื่อวันที่ 5 กุมภาพันธ์ ว่าเขตปกครองฟุกุโอกะ (Fukuoka) ของญี่ปุ่น เริ่มทำการติดตามตรวจวัดปริมาณฝุ่นละเอียด $PM_{2.5}$ ในบรรยากาศ เนื่องจากความกังวลกับปัญหาการแพร่มลพิษทางอากาศจากจีนแผ่นดินใหญ่ (โดยกระแสลม) จากข้อเท็จจริงหรือเหตุการณ์ดังกล่าวข้างต้น แสดงให้เห็นถึงความสำคัญของปัญหามลพิษทางอากาศที่เกิดจากฝุ่นละเอียด $PM_{2.5}$

กลไกการป้องกันฝุ่นเข้าสู่ร่างกายของมนุษย์

ระบบทางเดินหายใจของมนุษย์เริ่มที่จมูกซึ่งเป็นปากทางของการผ่านเข้าของอากาศหรือลมที่หายใจเข้าสู่ลำคอและไปสิ้นสุดที่ปอดซึ่งเป็นที่แลกเปลี่ยนก๊าซออกซิเจนในอากาศและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในเลือดดำ โชคดีที่ร่างกายของมนุษย์ได้สร้างระบบป้องกันตนเองจากฝุ่นละอองไว้ ตัวอย่างเช่น คนงานเหมืองถ่านหินอาจสูดหรือได้รับฝุ่นเข้าสู่ปอดถึง 1,000 กรัม ตลอดช่วงชีวิตของการทำงาน แต่เมื่อแพทย์ได้ทำการตรวจสอบหลังจากคนงานได้เสียชีวิตลงแล้ว กลับพบฝุ่นไม่เกิน 40 กรัม ซึ่งแสดงให้เห็นถึงกลไกการป้องกันฝุ่นของร่างกายของมนุษย์ได้เป็นอย่างดี อย่างไรก็ตาม ถึงแม้ร่างกายมนุษย์จะมีกลไกดังกล่าวแต่การได้รับฝุ่นปริมาณมากเกินไปก็เป็นสาเหตุให้เกิดโรคได้

กลไกป้องกันเริ่มต้นที่จมูก ฝุ่นละอองขนาดใหญ่ส่วนใหญ่จะถูกดักไว้ที่โพรงจมูกและถูกกำจัดออกไปโดยการจาม เป็นต้น ฝุ่นขนาดเล็กที่สามารถผ่านจมูกเข้าไปได้ก็จะเข้าสู่ท่อนำอากาศขนาดเล็กที่เรียกว่า Bronchi และ Bronchioles ซึ่งประกอบด้วย เมือก (Mucous) ที่ทำหน้าที่ดักจับฝุ่น ผนังของหลอดลมจะมีขนขนาดเล็กซึ่งเรียกว่า Cilia ปกคลุมอยู่ ซึ่งทำหน้าที่รับเมือกที่ดักจับฝุ่นไว้แล้วออกไปบริเวณลำคอ โดยจะถูกกำจัดออกไปพร้อมกับการถ่มเสลดหรือกลืนลงไป ถัดจากนั้นจะเป็นถุงลมขนาดจิ๋ว หรือเรียกว่า Alveoli ซึ่งเป็นส่วนที่อยู่ในสุดของปอดที่ทำหน้าที่แลกเปลี่ยนก๊าซ บริเวณนี้ร่างกายมีเซลล์เฉพาะที่ทำหน้าที่ดูแลความสะอาดให้กับ Alveoli เรียกว่า Macrophage

ฝุ่นขนาดเล็กที่สามารถผ่านเข้ามาถึง Alveoli จะถูก Macrophage กลืนกินหรือห่อหุ้ม จากนั้นจะถูกกำจัดออกไปบริเวณลำคอและออกจากระบบทางเดินหายใจโดยการถ่ม (เสลด) ทิ้ง หรือกลืนลงไป อย่างไรก็ตาม ถ้ามีฝุ่นที่สามารถผ่านเข้ามาถึงบริเวณแลกเปลี่ยนก๊าซของปอดในปริมาณสูง ระบบป้องกันตัวโดย Macrophage ก็อาจล้มเหลวได้ และเกิดอันตรายขึ้นต่อปอด ฝุ่นละอองบางจำพวกสามารถละลายลงสู่กระแสเลือดได้ และกระแสเลือดก็จะนำสารเหล่านั้นไปสู่ส่วนต่าง ๆ ของร่างกาย และอาจส่งผลเสียต่อสมอง ไต และอวัยวะอื่น ๆ ได้



รูปภาพที่ 1 ระบบทางเดินหายใจและขนาดของฝุ่นละอองที่สามารถเข้าถึงส่วนต่าง ๆ ของระบบ

ฝุ่นละเอียด $PM_{2.5}$: เหตุผลความเป็นมาของการกำหนดมาตรฐาน

อันตรายของฝุ่นต่อสุขภาพของผู้สัมผัสขึ้นอยู่กับปัจจัยหลัก ๆ อาทิ ขนาดของฝุ่น (Size) องค์ประกอบทางเคมี (Chemical Compositions) ความเข้มข้นที่มีอยู่ในบรรยากาศ และระยะเวลาสัมผัส หรือระยะเวลาที่ได้รับฝุ่น เป็นต้น แต่โดยทั่วไปแล้ว ขนาดของฝุ่นถือเป็นปัจจัยหลักในการพิจารณาและเฝ้าระวังถึงอันตรายที่เกิดขึ้นต่อสุขภาพ

องค์การพิทักษ์สิ่งแวดล้อมแห่งสหรัฐอเมริกา (US Environmental Protection Agency : US EPA) ได้กำหนดมาตรฐานคุณภาพอากาศ (National Ambient Air Quality Standards : NAAQS) ขึ้นครั้งแรกในปี พ.ศ. 2514 โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อปกป้องสุขภาพของสาธารณชนและสิ่งแวดล้อม สารมลพิษหลักที่ถูกกำหนดขึ้น ประกอบด้วย

- ก๊าซคาร์บอนมอนนอกไซด์
- ตะกั่ว
- ก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์
- ก๊าซโอโซน
- ฝุ่นละอองรวม (Total Suspended Matter : TSP)
- ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์

ต่อมา ในปี พ.ศ. 2530 US EPA ได้ปรับแก้มาตรฐานคุณภาพอากาศโดยกำหนดปริมาณฝุ่นขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน หรือ PM_{10} แทนการกำหนดปริมาณฝุ่นละอองรวม หรือ TSP ทั้งนี้ โดยอาศัยข้อเท็จจริงที่ว่า ฝุ่นที่มีขนาดเกิน 10 ไมครอนขึ้นไป แม้จะสามารถก่อให้เกิดอาการระคายเคืองต่อ ตา จมูก และลำคอได้ แต่โดยปกติแล้วจะไม่สามารถเข้าสู่ระบบทางเดินหายใจไปถึงปอดได้ ซึ่งต่างจากฝุ่นหยาบ PM_{10} ที่สามารถผ่านจมูก ลำคอ และเข้าสู่ปอดได้

ในช่วงทศวรรษ 1990 (ระหว่าง ปี พ.ศ. 2533–2543) EPA ได้ทำการศึกษาจนตระหนักและรับรู้ถึงอันตรายของฝุ่นละเอียด $PM_{2.5}$ ซึ่งที่ผ่านมาได้ถูกละเลยหรือมองข้ามไป ดังนั้น ในปี พ.ศ. 2540 EPA จึงได้ปรับแก้มาตรฐานคุณภาพอากาศใหม่อีกครั้ง โดยเพิ่มข้อกำหนดของค่าฝุ่นละเอียด $PM_{2.5}$ ไว้ในมาตรฐานฯ เป็นครั้งแรก โดยกำหนดค่าความเข้มข้นไว้ที่ 65 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร (ค่าเฉลี่ย 24 ชั่วโมง) ต่อมาเมื่อปรากฏหลักฐานทางวิทยาศาสตร์ที่มีการศึกษาเพิ่มขึ้นอย่างกว้างขวาง และผลการศึกษาได้แสดงให้เห็นอย่างชัดเจนถึงความเชื่อมโยงของฝุ่นละเอียด $PM_{2.5}$ ในบรรยากาศกับปัญหาหรือความเสี่ยงด้านสุขภาพของประชาชน จึงเป็นเหตุให้ EPA ต้องหันกลับมาทบทวนมาตรฐานคุณภาพอากาศอีกครั้ง และเมื่อได้ข้อสรุปว่าระดับของฝุ่นละเอียด $PM_{2.5}$ ที่กำหนดไว้ 65 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร (ค่าเฉลี่ย 24 ชั่วโมง) ยังไม่พอเพียงต่อการปกป้องสุขภาพของสาธารณชน จึงเป็นที่มาในการปรับแก้มาตรฐานคุณภาพอากาศอีกครั้งในปี พ.ศ. 2549 โดยกำหนดค่าความเข้มข้นของฝุ่นละเอียด $PM_{2.5}$ เป็น 35 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตรแทน แม้กระนั้นก็ตาม ยังคงมีข้อถกเถียงจากนักวิชาการว่าค่าความเข้มข้นของฝุ่นละเอียด $PM_{2.5}$ ที่กำหนดขึ้นใหม่นั้นเหมาะสมและพอเพียงต่อการปกป้องสุขภาพของสาธารณชนหรือไม่ ประกอบกับมีรายงานการศึกษาหลายชิ้นที่รายงานว่ายังมีปัญหาด้านสุขภาพเกิดขึ้นแม้ในพื้นที่ที่มีระดับฝุ่นละเอียด $PM_{2.5}$ อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานฯ ดังนั้น ในวันที่ 14 ธันวาคม 2555 EPA จึงได้ปรับแก้มาตรฐานคุณภาพอากาศอีกครั้ง แต่ในครั้งนี้ EPA ปรับแก้เฉพาะค่าเฉลี่ยรอบปีของฝุ่นละเอียด $PM_{2.5}$ จากเดิมกำหนดไว้ 15 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร เป็น 12 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ด้วยเหตุผลเพื่อปกป้องสุขภาพของสาธารณชน แต่ยังคงระดับค่าเฉลี่ย 24 ชั่วโมงของฝุ่นละเอียด $PM_{2.5}$ ไว้ที่ 35 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตรเช่นเดิม ในประเด็นดังกล่าวมีข้อสังเกตที่น่าสนใจ กล่าวคือ ในปี พ.ศ. 2548 WHO ได้ทำการปรับปรุงข้อกำหนดด้านคุณภาพอากาศ (Air Quality Guidance, 2005) โดยกำหนดระดับ $PM_{2.5}$ ไว้ที่ 25 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร (ค่าเฉลี่ย 24 ชั่วโมง) และ 10 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร (ค่าเฉลี่ยรอบปี) ซึ่งเป็นระดับที่เข้มงวดมากกว่าที่ EPA กำหนด

ตารางที่ 1 ประวัติการกำหนดค่ามาตรฐานฝุ่นในบรรยากาศ

ปี พ.ศ.		2514	2530	2538	2540	2548	2549	2553	2555
มาตรฐาน		EPA	EPA	ไทย	EPA	WHO	EPA	ไทย	EPA
$PM_{2.5}$ (1)	รอบปี	–	–	–	15.0	10	15.0	25	12.0(2)/15.0(3)
	24 ช.ม.	–	–	–	65	25	35	50	35
PM_{10} (1)	รอบปี	–	50	50	50	20	50	*50*(4)	–
	24 ช.ม.	–	150	120	150	50	150	*120*(4)	150
TSP (1)	รอบปี	75	–	100	–	–	–	*100*(4)	–
	24 ช.ม.	260(2)/150(3)	–	330	–	–	–	*330*(4)	–

หมายเหตุ (1) หน่วยเป็นไมโครกรัม/ลูกบาศก์เมตร ($\mu g/m^3$)
(2) Primary standard
(3) Secondary standard
(4) ไม่มีการเปลี่ยนแปลงจากปี พ.ศ. 2538

ขนาดของฝุ่นละอองมีผลโดยตรงต่อการเพิ่มขึ้นของความเสี่ยงด้านสุขภาพของสาธารณชน ดังคำกล่าวที่ว่า "The smaller the particle, the stronger its potential impact on human health" ฝุ่นที่มีขนาดมากกว่า 10 ไมครอน มักถูกจับไว้ที่บริเวณจมูกและลำคอ ไม่สามารถล่วงลึกเข้าสู่ปอดได้ ฝุ่นขนาดเล็กกว่า 5 ไมครอน ส่วนใหญ่สามารถเข้าถึงบริเวณ bronchial tube และบริเวณส่วนบนของปอด ฝุ่นขนาด 2.5 ไมครอนหรือเล็กกว่า สามารถเข้าสู่ส่วนลึกของปอดไปถึงบริเวณที่มีการแลกเปลี่ยนก๊าซระหว่างอากาศ (ที่หายใจเข้าไป) กับเลือด จากข้อมูลการศึกษาทางวิทยาศาสตร์บ่งชี้ถึงความเชื่อมโยงระหว่าง "มลพิษจากฝุ่นละออง หรือ Particle Pollution" กับปัญหาสุขภาพต่าง ๆ อาทิ

- การตายก่อนถึงวัยอันควร โดยเฉพาะในผู้ที่เป็นโรคหัวใจ โรคปอด
- หัวใจเต้นผิดจังหวะ
- การเพิ่มความรุนแรงในผู้ป่วยโรคหืด
- หน้าที่หรือประสิทธิภาพการทำงานของปอดลดลง
- โรคหลอดลมอักเสบเรื้อรัง
- โรคมะเร็งบางประเภท
- การเพิ่มอาการที่เกี่ยวกับระบบหายใจ เช่น การระคายเคือง ระบบทางเดินหายใจ อาการไอ และหายใจขัด เป็นต้น

จากการศึกษายังพบว่า ผู้ที่เป็นโรคหัวใจ โรคปอด โรคหืด เด็ก และคนชราเป็นกลุ่มเสี่ยงที่สุดต่อสภาวะมลพิษด้านฝุ่นละออง แม้ว่าบุคคลที่มีสุขภาพดีก็อาจได้รับผลกระทบ (อาการชั่วคราว) ได้จากมลพิษด้านฝุ่นละออง เช่นกัน

นอกจากปัญหาด้านสุขภาพแล้ว มลพิษจากฝุ่นละอองยังก่อให้เกิดปัญหาด้านสิ่งแวดล้อมหลายประการ เช่น การเกิดสภาพฟ้าหลัวหรือหมอกแดด (haze) ทำให้ระดับการมองเห็นลดลง อนุภาคที่มีองค์ประกอบของไนเตรทและ/หรือซัลเฟตมีส่วนช่วยในการเกิดฝนกรดซึ่งส่งผลต่อเนื่องหลายประการ อาทิ

- ความเป็นกรดที่เพิ่มขึ้นในแหล่งน้ำมีผลต่อการดำรงชีวิตของปลาและสัตว์น้ำหลายชนิด
- กัดกร่อนอาคาร อนุสรณ์สถานที่มีคุณค่าทางประวัติศาสตร์
- มีผลต่อภูมิอากาศโดยการดูดกลืนหรือสะท้อนแสงอันส่งผลต่อการก่อตัวของเมฆรวมทั้งมีอิทธิพลต่อลักษณะของการเกิดฝน
- ลดปริมาณธาตุอาหารในดิน
- ทำให้เกิดอันตรายต่อป่าหรือพืชพันธุ์ที่ไวต่อผลกระทบ
- ทำให้เกิดผลเสียต่อความหลากพันธุ์ของระบบนิเวศ

กรณีศึกษาของประเทศสหรัฐอเมริกา

เมื่อสังคมของประเทศสหรัฐอเมริกาได้ตระหนักถึงพิษภัยของมลพิษทางอากาศ จนนำไปสู่การออกกฎหมาย Clean Air Act และการจัดตั้งองค์การพิทักษ์สิ่งแวดล้อม (US EPA) ขึ้นในปี พ.ศ. 2513 ซึ่ง USEPA เป็นหน่วยงานของรัฐบาลกลางมีหน้าที่ดูแลคุณภาพสิ่งแวดล้อมของประเทศ รวมถึงนำไปสู่การออกข้อกำหนดมาตรฐานคุณภาพอากาศ (National Ambient Air Quality Standards : NAAQS) ในปี พ.ศ. 2514 จะเห็นได้ว่าจากช่วงเวลาที่ผ่านมาจนถึงปัจจุบัน เมื่อพิจารณาโดยภาพรวมคุณภาพอากาศของประเทศสหรัฐมีสภาพดีขึ้น แต่ยังคงมีพื้นที่หลาย ๆ แห่ง ที่มีคุณภาพอากาศเลวลง หรือยังต้องการการปรับปรุงแก้ไขที่มีประสิทธิผลเพียงพอ

ในปี พ.ศ. 2555 สมาคมโรคปอดแห่งสหรัฐอเมริกา (American Lung Association) ได้จัดลำดับเมืองที่มีคุณภาพอากาศแย่ที่สุด 10 เมือง โดยอาศัยข้อมูลระดับ "Particle Pollution" ที่เกิดขึ้นเป็นตัวชี้วัด จากการจัดลำดับดังกล่าวพอสรุปได้ถึงสาเหตุและที่มาของปัญหา "Particle Pollution" ดังนี้

- สภาพภูมิประเทศ (ปัจจัยธรรมชาติ)
- การได้รับมลพิษทางอากาศจากเมืองที่อยู่ใกล้เคียง
- แสงอาทิตย์ (ทำให้เกิด photochemical smog)
- การจราจรและการขนส่ง
- การใช้เครื่องยนต์ดีเซลต่าง ๆ (เรือ รถบรรทุก)
- พายุฝุ่น (ปัจจัยธรรมชาติ)
- อุตสาหกรรม
- เกษตรกรรม (การเพาะปลูกในช่วงฤดูแล้งและการใช้เครื่องสูบน้ำเครื่องยนต์ดีเซล)

ทั้งนี้ แต่ละเมืองต่างมีความพยายามในการแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นโดยพิจารณาถึงสาเหตุและแหล่งที่มา (ดังสรุปข้างต้น) ยกเว้นกรณีที่เป็นปัจจัยธรรมชาติ ซึ่งพอยกตัวอย่างได้ ดังนี้

- การออกข้อบังคับเพื่อควบคุมการปล่อยมลพิษจากแหล่งกำเนิด โดยเฉพาะโรงงานอุตสาหกรรม
- "Tune in, Tune up Program"เป็นการสนับสนุนให้มีการปรับแต่งเครื่องยนต์ โดยหน่วยงานที่รับผิดชอบจัดหาสถานที่เพื่อทำการตรวจสภาพเครื่องยนต์ โดยไม่คิดค่าใช้จ่าย ถ้าผลการทดสอบ "ไม่ผ่าน" ก็จะให้บัตรกำนัลเพื่อนำไปใช้ในการปรับแต่งเครื่องยนต์
- การติดตั้งอุปกรณ์ติดตามตรวจวัดคุณภาพอากาศบริเวณปล่องระบายอากาศเสียของโรงงานอุตสาหกรรม
- การย้ายโรงงานอุตสาหกรรมออกนอกพื้นที่ชุมชนเมือง
- ห้ามการเพาะปลูกในช่วงฤดูแล้ง
- การรายงาน หรือบริการ hotline คุณภาพอากาศตลอด 24 ชั่วโมง
- การกำหนดเป้าหมายของการลดปริมาณมลพิษในอากาศ

ประเทศไทยกับความตื่นตัวเรื่องฝุ่นละเอียด ($PM_{2.5}$)

เมื่อเชื้อเพลิงฟอสซิล เช่น ถ่านหิน น้ำมัน เป็นต้น ได้ถูกเริ่มนำมาใช้ในการอุตสาหกรรมในช่วงทศวรรษ 1800 เมื่อมองเห็นหมอกควันระบายออกจากปล่องควัน ชาวเมืองกลับมองเห็นว่านั่นเป็นสัญญาณบ่งถึงความเจริญของเมือง ต่างไม่ได้รับรู้หรือตระหนักถึงปัญหาสุขภาพที่กำลังจะตามมาในอนาคต ล่วงมาถึงกลางศตวรรษที่ 20 การตระหนักถึงอันตรายของมลพิษทางอากาศจึงได้เริ่มขึ้นจากเหตุการณ์การตายหมู่ (60 คน) ของประชาชนที่อาศัยอยู่ในหุบเขา Meuse ในประเทศเบลเยี่ยม ในปี พ.ศ. 2473 (ค.ศ. 1930)

ฝุ่นละเอียด $PM_{2.5}$ เกิดขึ้นโดยตรงจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิล (เช่น ถ่านหิน น้ำมันเชื้อเพลิง เป็นต้น) จากยานพาหนะทั้งที่เป็นเครื่องยนต์เบนซิน (gasoline) และดีเซล และเกิดโดยอ้อมจากปฏิกิริยาเคมีในบรรยากาศของก๊าซเสีย (ได้แก่ ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ และก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์) ที่ระบายออกมาจากโรงไฟฟ้า โรงงานอุตสาหกรรม เครื่องยนต์เบนซินและดีเซล ส่วนฝุ่นหยาบ $PM_{2.5-10}$ (ฝุ่นที่มีขนาด 2.5 ถึง 10 ไมครอน) เกิดจากฝุ่นจากถนน การก่อสร้าง อุตสาหกรรม การเผาไหม้เชื้อเพลิงชีวมวล ดังนั้น เมืองหรือพื้นที่ที่มีการจราจรหนาแน่นจึงเป็นพื้นที่เสี่ยงของการเกิดมลพิษจากฝุ่นละเอียด

จากกรณีศึกษาของประเทศสหรัฐอเมริกา จะเห็นได้ว่านอกเหนือจากการควบคุมความเข้มข้นของฝุ่นในบรรยากาศโดยการกำหนดมาตรฐานโดยหน่วยงานสิ่งแวดล้อมรัฐบาลกลาง (EPA) แล้ว ยังต้องอาศัยความใส่ใจของหน่วยงานสิ่งแวดล้อมท้องถิ่นในการหาวิธีการต่าง ๆ ที่สอดคล้องกับสภาพปัญหาเฉพาะของแต่ละท้องถิ่น

ฝุ่นหยาบและละเอียดที่เข้าสู่ร่างกายได้ เป็นสารมลพิษที่ถูกละเลยหรือมองข้ามไปเนื่องจากผู้สัมผัสไม่สามารถรับรู้หรือรับรู้ได้ยากจากประสาทสัมผัสด้วยตาและ/หรือจมูก ดังนั้น อาจกล่าวได้ว่าฝุ่นละเอียดเป็นภัยเงียบสำหรับมนุษย์ โดยเฉพาะที่อาศัยอยู่ในเมืองใหญ่ที่ยังคงดำเนินชีวิตตามปกติแบบไม่รู้เนื้อรู้ตัว คงไม่มีเหตุการณ์แบบที่เกิดขึ้นที่หุบเขา Meuse มาเตือนใจอีก อย่างน้อยประชาชนที่อาศัยอยู่ในบริเวณมาบตาพุดก็ยังมีกลิ่นเป็นเครื่องชี้บอกเวลามีปัญหา แล้วผู้อาศัยอยู่ในเมืองใหญ่มีอะไรเป็นตัวบ่งบอก?

เอกสารอ้างอิง

ประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติฉบับที่ ๑๐ (พ.ศ. ๒๕๓๘) **เรื่องกำหนดมาตรฐานคุณภาพอากาศในบรรยากาศโดยทั่วไป**

ประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติฉบับที่ ๓๖ (พ.ศ. ๒๕๕๓) **เรื่องกำหนดมาตรฐานฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอนในบรรยากาศโดยทั่วไป**

WHO, Air quality and health, Fact sheet no. 313, updated Sep. 2011

http://www.ccohs.ca/oshanswers/chemicals/lungs_dust.html

http://www.epa.gov/airquality/particlepollution/index.html

http://money.cnn.com/galleries/2012/real_estate/1204/gallery.polluted-cities/index.html

http://english.peopledaily.com.cn/90777/8122733.html#