PARTICLE POLLUTION : อันตรายกว่าที่คิด

ธีรพล คังคะเกตุ *

สมัยก่อนปัญหามลพิษเป็นปัญหาภายในของแต่ละประเทศที่ทุกประเทศจะต้องหาทางป้องกันแก้ไขเพื่อไม่ให้เกิดผลเสียต่อประเทศของตน ทุกประเทศจึงให้ความสำคัญและสนใจ แต่เฉพาะในการที่จะแก้ไขปัญหาของตนด้วยวิธีการต่างๆ เช่น การออกกฎหมายและมาตรฐานในการควบคุมมลพิษเป็นต้น แล้วก็เป็นเช่นนี้ตลอดมาจนถึงปัจจุบันนับตั้งแต่โลกได้ตระหนักถึงพิษภัยของมลพิษ ไม่ว่าจะเป็นทางน้ำ อากาศหรือมลพิษจากขยะทั้งชุมชนและอุตสาหกรรมในปัจจุบันอาจกล่าวได้ว่าปัญหาสิ่งแวดล้อมที่โลกได้ตระหนักว่าเป็นปัญหาร่วมที่ทุกประเทศในโลก ต้องมีส่วนร่วมและพร้อมใจกันจัดการก็คือ ปัญหาโลกร้อน ที่เกิดจากการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลนั่นเอง แต่ที่จริงแล้วปัญหามลพิษเป็นปัญหาสิ่งแวดล้อมที่ทั้งโลกหรือภูมิภาคต้องร่วมใจกันเพราะว่าปัญหาสิ่งแวดล้อมไม่ใช่เป็นปัญหาเฉพาะของแต่ละที่แต่ละแห่งแต่เพียงอย่างเดียว แต่ในหลายๆ กรณีได้ส่งผลกระทบอย่างกว้างขวางออกไปจากแหล่งกำเนิด (นอกเหนือจากปัญหาโลกร้อน) ดังเช่น การทิ้งขยะหรือของเสียต่างลงในมหาสมุทร (โดยเฉพาะพลาสติก) ปัญหาการแพร่กระจายของโลหะเป็นพิษ เช่น ปรอทในห่วงโซ่อาหารในมหาสมุทร เป็นต้น

* สถาบันวิจัยสภาวะแวดล้อม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาพจาก : www.cheewajit.com

ในระยะแรกๆ ของการเกิดปัญหามลพิษทางอากาศนั้นปัญหาส่วนใหญ่มาจากการใช้ถ่านหินในโรงงานอุตสาหกรรม และสารมลพิษทางอากาศที่เป็นปัญหาในขณะนั้นมุ่งความสนใจไปที่ SO_2 และ *สารแขวนลอยในอากาศ* (ต่อไปในบทความจะสื่อถึงโดยใช้คำว่า "*ฝุ่น*" หรือตัวย่อว่า "*PM*" ในความหมายเดียวกัน) ซึ่งส่วนใหญ่เกิดจากการใช้ถ่านหินเป็นเชื้อเพลิงในอุตสาหกรรม PM เป็นหนึ่งในสารมลพิษทางอากาศที่มีการเปลี่ยนแปลงมาโดยตลอดตั้งแต่การกำหนดรูปแบบและความเข้มข้นในมาตรฐานตลอดไปถึงวิธีการตรวจวัดเนื่องจากมีงานวิจัยที่บ่งชี้ถึงอันตรายของมันต่อสุขภาพของมนุษย์อันส่งผลต่อการเป็นสาเหตุของความเจ็บป่วยและการตายของมนุษย์ค่อนข้างกว้างขวางเมื่อเทียบกับมลพิษทางอากาศอื่นๆ ดังนั้นมาตรฐานคุณภาพอากาศจึงได้กำหนดค่า PM ไว้มาโดยตลอดและทุกครั้งที่มีการปรับทบทวนมาตรฐานคุณภาพอากาศ PM ก็ถูกปรับให้มีความเข้มงวดมากขึ้นทุกครั้ง รวมทั้งในช่วงไม่กี่ปีที่ผ่านมาจนถึงปัจจุบันก็ยิ่งเห็นได้ว่า PM ได้รับความสนใจมากขึ้นและถูกใช้เป็นตัวบ่งชี้ที่สำคัญในการติดตามถึงสถานะความรุนแรงของการเกิดภาวะมลพิษทางอากาศ

สาระทั่วไปของ PM

PM เป็นคำย่อของ particle matter หรือ particulate matter (ภาษาทั่วไปก็ใช้คำว่า dust) ในความหมายทางวิชาการหมายถึงสสารที่มีสถานะเป็นของแข็งและหรือของเหลว (และแน่นอนว่าไม่ใช่ก๊าซ) ที่แขวนลอยอยู่ในอากาศ สสารดังกล่าวอาจเป็นสารอินทรีย์หรือสารอนินทรีย์ก็ได้ เป็นสารอินทรีย์จากสิ่งมีชีวิต (เช่น ละอองเกสร สปอร์เชื้อรา เป็นต้น) หรือสารอินทรีย์สังเคราะห์ (เช่น สารปราบศัตรูพืช) ก็ได้ สารอนินทรีย์จากธรรมชาติ (เช่น ฝุ่นจากดินทราย ไอเกลือทะเล เป็นต้น) หรือจากกิจกรรมมนุษย์ (เช่น ฝุ่นจากการก่อสร้าง ฝุ่นจากการเผาไหม้ เป็นต้น) อาจมีพิษหรือไม่มีพิษก็ได้ ประการสำคัญคือ *ขนาดของ PM* เพราะนอกจากจะเป็นปัจจัยสำคัญต่ออายุของ PM (*หมายถึงระยะเวลาที่ PM ค้างอยู่ในบรรยากาศ*) ยังเป็นปัจจัยสำคัญต่อความเป็นไปได้หรือโอกาสของการที่ PM จะสามารถล่วงลึกเข้าไปในปอดของมนุษย์ได้มากน้อยเพียงใด ซึ่งปัจจัยดังกล่าวมีผลอย่างมากต่อความเป็นอันตรายของ PM ดังนั้นแม้ว่าองค์ประกอบทางเคมีของ PM จะมีผลต่อการก่ออันตรายที่ต่างกันไปก็ตาม แต่ความสามารถของ PM ที่ล่วงลึกเข้าสู่ระบบทางเดินหายใจมีความสำคัญมากกว่า ยิ่ง PM ล่วงลึกเข้าสู่ปอดได้มากเพียงใดก็ยิ่งเพิ่มความเสี่ยงต่อการทำให้เกิดอันตรายมากขึ้นไม่ว่าจะมีองค์ประกอบทางเคมีเป็นอย่างใด PM นอกจากที่เกิดขึ้นจากแหล่งกำเนิดโดยตรงแล้ว (*primary PM*) ยังเกิดขึ้นได้จากปฏิกิริยาเคมีในบรรยากาศของสารมลพิษอื่นๆ (เป็นปฏิกิริยาเคมีที่ซับซ้อนและยังไม่เป็นที่เข้าใจอย่างถ่องแท้ในปัจจุบัน) หรือเรียกว่า *secondary PM* primary PM มีทั้งที่เกิดโดยธรรมชาติและที่เกิดจากมนุษย์ ต่างกับ secondary PM ที่ส่วนใหญ่มีที่มาจากกิจกรรมของมนุษย์และมักเป็นฝุ่นที่มีขนาดเล็กกว่า 2.5 ไมครอน (ไมโครเมตร) ซึ่งกำลังถูกจับตามองว่าเป็นปัญหาสำคัญต่อสุขภาพคนเราด้วยเหตุที่*ขนาดของ PM* ได้รับการยอมรับว่ามีความสัมพันธ์อย่างสูงต่อสุขภาพต่ออัตราการเจ็บป่วยและการตายของสาธารณชนดังนั้นการกำหนดมาตรฐานคุณภาพอากาศจึงมีการปรับเปลี่ยนตลอดมาจาก *black smoke* มาเป็น TSP (total suspended particle) PM10 (*ฝุ่นขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน*) และ PM2.5 (*ฝุ่นขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน*) ในที่สุด

การเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิลและรวมถึงชีวมวลอื่นๆ ล้วนแล้วแต่เป็นต้นกำเนิดที่สำคัญของการเพิ่มขึ้นของ PM ในบรรยากาศโดยเฉพาะอย่างยิ่ง PM2.5 โลกต้องการพลังงานอย่างไม่มีที่สิ้นสุดและแม้ว่าโลกจะได้ตระหนักถึงความเสี่ยงของการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลต่อการเกิดปัญหาโลกร้อนก็ตาม แต่โลกก็ยังหยุดการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลไม่ได้ ไม่เพียงแต่ปัญหาการเพิ่มขึ้นของก๊าซเรือนกระจกเท่านั้นการเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิลโดยเฉพาะถ่านหินยังสร้างปัญหาการเพิ่มขึ้นของ PM อีกด้วย และคล้ายคลึงกับการเพิ่มขึ้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ที่เป็นปัญหาของโลกไม่ใช่เป็นปัญหาแต่เฉพาะถิ่นกำเนิด ปัจจุบัน PM ไม่เพียงสร้างปัญหามลพิษทางอากาศในถิ่นกำเนิดเท่านั้นแต่สามารถแพร่ไปยังพื้นที่ห่างไกลจนอาจกลายเป็นปัญหามลพิษทางอากาศระดับโลกได้แม้ว่าจะไม่กว้างขวางเช่นเดียวกับ CO_2 ก็ตาม แต่ปัจจุบันก็กลายเป็นปัญหามลพิษทางอากาศระดับภูมิภาคไปแล้วดังกรณีการแพร่กระจายของ PM จากจีนสู่ญี่ปุ่นและเกาหลีใต้จนไปถึงสหรัฐอเมริกา หรือกรณีไฟป่าที่อินโดนิเซียที่ส่งผลต่อ มาเลเซีย สิงคโปร์และภาคใต้ของประเทศไทย

กลไกการป้องกันของระบบหายใจของมนุษย์

ระบบหายใจเป็นระบบที่มีความสำคัญมากระบบหนึ่งของร่างกายเราและต้องทำงานอยู่ตลอดเวลาแม้ในยามหลับ ซึ่งไม่ต่างไปจากหัวใจ เนื่องจากร่างกายคนเราต้องการก๊าซออกซิเจน (O_2) อยู่ตลอดเวลาสำหรับกระบวนการเมตะบอลิซึมภายในร่างกาย ถ้ากล่าวในนัยยะของศาสตร์โบราณดังเช่น *โยคะ* หรือ *ไทชิ* ลมหายใจเปรียบได้ดังชีวิตหรือปราณดังว่า *ถ้าขาดลมก็ขาดชีวิต* ปอดและหัวใจจึงเป็นอวัยวะที่มีความสัมพันธ์ใกล้ชิดมากและถ้าปอดมีปัญหาก็มักทำให้เกิดปัญหาต่อหัวใจได้ ร่างกายได้รับ O_2 จากลมที่หายใจเข้าไปและปล่อยหรือระบาย CO_2 ออกมาพร้อมกับลมหายใจออก อากาศที่เราหายใจอยู่นี้มีประกอบด้วยก๊าซไนโตรเจน (N_2) 78% (โดยปริมาตร) O_2 21% (โดยปริมาตร) และที่เหลือเป็น CO_2 และอื่นๆ ซึ่งรวมถึงฝุ่นที่มีอยู่ตามธรรมชาติ ดังกล่าวแล้วว่าฝุ่นไม่ว่าจะอยู่ในรูปแบบใดก็ตามย่อมก่อให้เกิดอันตรายต่อระบบหายใจ และยิ่งเล็กก็ยิ่งอันตรายเพราะยิ่งเล็กก็ยิ่งสามารถล่วงเข้าสู่ส่วนลึกของระบบหายใจหรือปอดจนถึงระดับที่มีการแลกเปลี่ยนก๊าซ PM บางชนิด (ขึ้นกับองค์ประกอบทางเคมี) อาจเข้าสู่กระแสโลหิตได้ ดังนั้นร่างกายจึงสร้างกลไกป้องกันฝุ่น (สิ่งแปลกปลอม) ที่ปะปนมากับอากาศที่เราหายใจเข้าไป

ระบบหายใจของมนุษย์เริ่มต้นที่ จมูกและหลอดลมช่วงคอ จากนั้นก็แตกแขนงออกเป็นสองเส้น (bronchi) เข้าสู่ปอดข้างซ้ายและขวา แล้วก็แตกแขนงย่อยลงไปเรื่อยๆ จนเป็นเส้นที่เล็กที่สุดเรียกว่า brochiole ซึ่งแต่ละเส้นประกอบด้วยถุงลมจิ๋ว (alveoli) 10–20 ถุงทำหน้าที่แลกเปลี่ยน O_2 ที่อยู่ในอากาศ (ลมหายใจ) กับ CO_2 ที่อยู่ในเลือด ดังนั้นถุงลมจึงต้องบางมากโดยผนังของถุงลมเรียงด้วยเซลล์ชั้นเดียวและมีความหนาประมาณ 0.1ไมครอนจึงทำให้เกิดการแลกเปลี่ยนก๊าซระหว่าง air–blood barrier ได้อย่างรวดเร็ว ปอดคนเราแต่ละข้างมี alveoli 300–400 ถุงและคิดเป็นพื้นที่ผิวมากกว่า 100 ตารางเมตร ระบบหรือกลไกป้องกันฝุ่นเริ่มที่จมูกซึ่งประกอบด้วยขนและน้ำมูกที่ใช้ในการดักจับฝุ่น เยื่อบุผนังตั้งแต่บริเวณหลอดลมลงมาจนถึง brochiole ประกอบด้วย mucous gland (สร้างน้ำเมือก) และ ciliary cell ที่ประกอบด้วยเส้นเล็กๆ เรียกว่า cilia โบกพัดไปมาอยู่ตลอดเวลา (1000–1500 ครั้ง/นาที) และทำให้เกิดการเคลื่อนตัวของน้ำเมือกขึ้นสู่ส่วนบนของหลอดลม (0.5–1 เซนติเมตร/นาที) ฝุ่นใหญ่ (>10 ไมครอน) จะถูกจับหรือกักจนไม่สามารถผ่านหลอดลมเข้ามาได้ ส่วนฝุ่นที่มีขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนสามารถผ่านกลไกป้องกันที่จมูกเข้ามาพร้อมกับลมหายใจได้เรียกว่า *inhalable PM* ฝุ่นละเอียด (< 2–3 ไมครอน) สามารถล่วงลึกเข้ามาและอาจค้างอยู่ในปอดได้ ที่หลอดลมและแขนง (bronchial tubes) ฝุ่นจะถูกจับด้วย cilia กับน้ำเมือกแล้วถูกขับออกไปโดยการ*ไอ จาม ขาก/ถ่มเสลดหรือกลืนลงท้อง* อย่างไรก็ตามฝุ่นที่มีขนาดละเอียดมากๆ สามารถผ่านเข้าสู่ถุงลมได้ เนื่องจากผนังของถุงลมบางมากโดยธรรมชาติเพื่อให้มีความสามารถที่ดีในการแลกเปลี่ยนก๊าซ ร่างกายจึงเปลี่ยนเครื่องมือในการป้องกันที่เหมาะสมจาก cilia และน้ำเมือกเป็น cell ที่เรียกว่า macrophage ซึ่งจะทำหน้าที่กลืนกิน (ห่อหุ้ม) ฝุ่นและขับออกไปผ่านทางเดินอากาศผ่านกลไก ดังกล่าวข้างต้น นอกจากนี้ร่างกายยังใช้เม็ดเลือดขาวที่เรียกว่า neutrophils ในกำจัดฝุ่นที่มีเชื้อโรคปะปนมา (รวมทั้งเชื้อโรคเอง) ที่เข้ามาถึงถุงลม ดังกรณีตัวอย่างในการศึกษาปริมาณฝุ่นในปอดของศพคนงานเหมืองถ่านหินที่คาดว่าตลอดช่วงชีวิตหายใจเอาฝุ่นเข้าไปในปอด 1000 กรัม แต่กลับพบฝุ่นในปอด 40 กรัม ซึ่งแสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพของกลไกการป้องกันฝุ่นโดยธรรมชาติ

แม้ว่าระบบหายใจจะมีกลไกป้องกันฝุ่นก็ตามแต่ถ้าเราได้รับฝุ่นจากการที่อยู่ในบรรยากาศที่มีปริมาณฝุ่นสูงและหรือยาวนานก็สามารถทำให้เราเจ็บป่วยและถึงขั้นเสียชีวิตได้ จากกรณีข้างต้นแสดงให้เห็นว่ากลไกป้องกันไม่สามารถกำจัดฝุ่นที่เข้าสู่ร่างกายได้สมบูรณ์ 100 เปอร์เซ็นต์ถ้าเราต้องรับฝุ่นอย่างต่อเนื่องและยาวนาน นอกนี้ในการทำงานของระบบป้องกันฝุ่นของร่างกายในหลายกรณีก่อให้เกิดแผลเป็นขึ้นและมีผลต่อประสิทธิภาพการทำงานของปอด ดังนั้นการได้รับฝุ่นอย่างต่อเนื่องและยาวนานจึงเป็นสิ่งที่ควรหลีกเลี่ยงโดยเฉพาะฝุ่นหยาบ (PM 10) และฝุ่นละเอียด (PM 2.5) ที่สามารถหายใจเข้าไปได้ เมื่อปอดเกิดความเสียหายแล้วก็จะส่งผลต่อการทำงานของหัวใจต่อไปได้ โดยสรุปฝุ่นไม่ได้เพียงแต่สร้างปัญหาสุขภาพให้กับปอดเท่านั้นแต่ยังสร้างความเสียหายให้กับหัวใจหรือเรียกรวมว่า cardiorespiratory system

PM กับมาตรฐานคุณภาพอากาศ

ปัญหามลพิษทางอากาศเป็นปัญหาที่เกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องยาวนานนับร้อยปีหลังยุคปฏิวัตอุตสาหกรรมและหลังจากที่มนุษย์เรารู้จักนำถ่านหินมาเป็นเชื้อเพลิงอย่างกว้างขวางและมากขึ้นอย่างรวดเร็ว สมัยเมื่อมีโรงงานอุตสาหกรรมเกิดขึ้นในช่วงแรกๆ นั้นการได้เห็นปล่องโรงงานพ่นควันดำออกมากลับถูกมองว่านั่นเป็นเครื่องหมายของความเจริญ การมีงานทำ ความอยู่ดีกินดีและสภาพเศรษฐกิจที่ดีหรือ "*healthy economy*" โดยหารู้ไม่เลยว่าควันดำดังกล่าวแฝงไว้ด้วยพิษภัยหลายประการ ต่อเมื่อได้ตระหนักถึงผลเสียของปัญหามลพิษทางอากาศดังตัวอย่างที่เห็นได้ชัดของกรุงลอนดอนที่มีปัญหาอากาศเสียพร้อมหมอกควันกระจายไปทั่วเมืองจึงได้เกิดศัพท์ใหม่ว่า "*smog*" ที่มาจากการรวมคำของ "*smoke*" และ "*fog*" จึงได้มีความพยายามในการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นและหนึ่งในทางแก้ก็คือ การกำหนดมาตรฐานคุณภาพอากาศขึ้นมาเพื่อปกป้องประชาชนทั่วไป SO_2 และ PM เป็นสารมลพิษสองชนิดที่เป็นเป้าหมายของการจัดการป้องกันแก้ไข และต่อมาในช่วงเริ่มแรกของการออกมาตรฐานจึงได้กำหนด PM ไว้ในรูปของ black smoke และต่อมาจึงกำหนดเป็นค่า TSP จนถึง PM2.5 ในที่สุด การทบทวนปรับเปลี่ยนมาตรฐาน PM เป็นผลมาจากหลักฐานทางวิทยาศาสตร์และงานวิจัยจำนวนมากทำให้ได้ข้อสรุปว่ามีความเชื่อมโยงระหว่าง PM กับอัตราการเจ็บป่วยและการตายของประชาชน ดังกรณีการปรับทบทวนมาตรฐานคุณภาพอากาศของสหรัฐอเมริกาและ WHO ที่พอสรุปได้ดังนี้

NAAQS หรือ *National Ambient Air Quality Standard* เป็นมาตรฐานคุณภาพอากาศที่บัญญัติขึ้นเป็นครั้งแรกของสหรัฐอเมริกาโดย USEPA ในปี พ.ศ. 2514 มาตรฐานดังกล่าวได้กำหนดค่าความเข้มข้นหรือปริมาณของสารมลพิษออกเป็นสองระดับคือ *มาตรฐานปฐมภูมิ* (primary standard) และ*มาตรฐานทุติยภูมิ* (secondary standard) โดย*มาตรฐานปฐมภูมิ*เป็นค่ากำหนดของสารมลพิษทางอากาศในระดับที่ปกป้องสุขภาพของสาธารณชนโดยไม่คำนึงถึงต้นทุน ในขณะที่ *มาตรฐานทุติยภูมิ*เป็นการกำหนดเพื่อปกป้องสวัสดิภาพ เช่น ทัศนียภาพ การเพาะปลูก เป็นต้น แต่ทั้งนี้ต้องคำนึงถึงต้นทุนและความคุ้มค่า (ผลประโยชน์) หนึ่งในสารมลพิษที่มาตรฐานกำหนดไว้คือ PM ซึ่งกำหนดเป็นค่า TSP หรือ Total Suspended Particulate ซึ่งเป็นการวัดฝุ่นที่มีขนาดไม่เกิน 50 ไมครอน ที่ 75 และ 260 มคก./ลบ.ม. (ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร) สำหรับหนึ่งปีและ 24 ชั่วโมง ตามลำดับ ต่อมาในปี พ.ศ. 2530 ได้มีการปรับปรุงค่ามาตรฐานคุณภาพอากาศขึ้นใหม่ ในครั้งนี้ค่า TSP ได้ถูกตัดออกไปและแทนที่ด้วยค่า PM10 (ฝุ่นหยาบที่มีขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนและสามารถเข้าสู่ปอดพร้อมลมหายใจได้) โดยค่ามาตรฐานหนึ่งปีและ 24 ชั่วโมงที่ 50 และ 150 มคก./ลบ.ม.ตามลำดับ อีกสิบปีต่อมา (ปี พ.ศ. 2540) USEPA ได้ตัดสินใจเพิ่ม PM2.5 (ฝุ่นละเอียดที่มีขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอนที่สามารถเข้าสู่ปอดพร้อมลมหายใจได้) เข้ามาไว้ใน NAAQS โดยกำหนดค่ามาตรฐาน 15.0 และ 65 มคก./ลบ.ม. สำหรับหนึ่งปีและ 24 ชั่วโมงตามลำดับ ในปี พ.ศ. 2545 ได้ปรับค่ามาตรฐาน 24 ชั่วโมงของ PM2.5 ลงเหลือ 35 มคก./ลบ.ม. และตัดค่ามาตรฐานหนึ่งปี PM10 ออก ล่าสุดในปี พ.ศ. 2555 มีการปรับมาตรฐาน PM2.5 เล็กน้อยจากเดิมที่ค่าหนึ่งปี (15.0 มคก./ลบ.ม.) เป็นทั้งมาตรฐานปฐมภูมิและทุติยภูมิได้ปรับมาตรฐานปฐมภูมิใหม่เป็น 12.0 มคก./ลบ.ม. สำหรับมาตรฐานทุติยภูมิยังคงค่าเดิมไว้ อย่างไรก็ตามการปรับค่ามาตรฐาน PM2.5 ยังคงไม่เป็นที่พอใจสำหรับนักวิทยาศาสตร์ด้านสิ่งแวดล้อมและด้านสุขภาพ ด้วยเห็นถึงความร้ายแรงของฝุ่นละเอียดที่มีต่อสุขภาพของสาธารณชน ความขัดแย้งดังกล่าวได้ไปไกลถึงการฟ้องร้องต่อศาลสูงของสหรัฐอเมริกา อย่างไรก็ตามในเรื่องนี้มีประเด็นที่น่าสนใจคือ EPA ได้ตัดสินใจที่จะกลับไปทบทวนมาตรฐาน PM ให้ละเอียดรอบคอบมากขึ้นกว่าเดิมและคาดว่าจะประกาศใช้มาตรฐานใหม่ได้ภายในปี พ.ศ. 2560

World Health Organization Air Quality Standard องค์การอนามัยโลกหรือ **WHO** ได้จัดทำมาตรฐานคุณภาพอากาศในบรรยากาศขึ้นเป็นครั้งแรกในปี พ.ศ. 2520 และได้กำหนดPMเป็นค่า TSP ดังเช่น NAAQS ของสหรัฐอเมริกา ต่อมาหลังจากที่ปรากฏผลการวิจัยที่ชัดเจนและน่าเชื่อถือถึงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฝุ่นที่หายใจเข้าไปได้หรือ*inhalable PM* (ขนาด ≤ 10 ไมครอน) กับการเพิ่มขึ้นของอัตราการเจ็บป่วยและการตาย ในเวลาต่อมา WHO จึงได้ปรับปรุงแก้ไขมาตรฐานคุณภาพอากาศเปลี่ยนเป็นใช้ PM10 แทน TSP ล่าสุดในปี พ.ศ. 2548 WHO ได้ปรับแก้

มาตรฐานอีกครั้งเพื่อให้สอดคล้องกับความก้าวหน้าของงานวิจัยที่มีหลักฐานมากขึ้นถึงอันตรายของฝุ่นที่เข้าสู่ร่างกายพร้อมลมหายใจโดยเฉพาะฝุ่นละเอียดที่มีขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน (PM2.5) ในครั้งนี้นอกจากจะเพิ่มมาตรฐาน PM2.5 แล้วยังปรับลดค่ามาตรฐาน PM10 ลงอีกด้วย ดังแสดงในตารางด้านล่างต่อไปนี้

Particulate Matter, $\mu g/m^3$		**USEPA (2555)**	**WHO (2548)**	**ประเทศไทย (2553)**
TSP	1ปี	----	----	100
	24 ชั่วโมง	----	----	330
PM10	1ปี	----	20	50
	24 ชั่วโมง	150[ก]	50	120
PM2.5	1ปี	12.0[ข]	10	25
	24 ชั่วโมง	35[ก]	25	50

หมายเหตุ ก = มาตรฐานปฐมภูมิและทุติยภูมิ ข = มาตรฐานปฐมภูมิ

ความสำคัญของ PM2.5 และ PM10 ในทัศนะ WHO

WHO ให้ความความสำคัญหรือน้ำหนักของ PM ค่อนข้างมากเนื่องจากเห็นว่ามีผลต่อประชาชนอย่างกว้างขวาง WHO ได้ประมาณการว่าการปรับลดค่ามาตรฐาน PM10 (จาก 70 มคก./ลบ.ม. ลงมาเป็น 50 มคก./ลบ.ม.) สามารถลดอัตราการตายอันเนื่องมาจากมลพิษทางอากาศลงได้ร้อยละ 15 ฝุ่นละเอียด (≤ 2.5 ไมครอน) มีผลต่อสุขภาพแม้ในระดับต่ำ การตรวจวัด PM2.5 จึงถูกพิจารณาว่าเป็น "*ตัวชี้วัดหรือบ่งชี้ที่ดีที่สุด*" สำหรับการวัดระดับความเสี่ยงด้านสุขภาพจากมลพิษทางอากาศ สังเกตได้ว่าในการจัดลำดับเมืองที่มีปัญหามลพิษทางอากาศ WHO ได้เลือกใช้ PM10 และโดยเฉพาะ PM2.5 เป็นเครื่องมือในการชี้วัดระดับความรุนแรงของปัญหามลพิษทางอากาศของเมืองต่างๆ เมือง 10 ลำดับแรกที่มีคุณภาพอากาศเลวร้ายที่สุดตามเกณฑ์ดังกล่าวส่วนใหญ่อยู่ในประเทศอินเดียและปากีสถาน โดยมีสาเหตุหลักคล้ายคลึงกันคือเป็นผลพวงที่เกิดจากการใช้ถ่านหินเป็นเชื้อเพลิงในภาคอุตสาหกรรมและควันเสียจากการจราจรที่หนาแน่น โดยสรุปคือการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลเป็นต้นเหตุของการเพิ่มขึ้นของ PM2.5 ในบรรยากาศดังที่ได้เคยกล่าวถึงข้างต้นมาแล้ว

PM2.5 มลพิษส่งออก :จากจีนสู่อเมริกา

12–14 มกราคม 2556 เป็นช่วงเวลาที่เลวร้ายสำหรับผู้ที่อาศัยอยู่ในกรุงปักกิ่งจากสภาพมลพิษทางอากาศที่รุนแรงจนเห็นและรับรู้ได้อย่างชัดเจนในหมู่ประชาชน หมอกควันที่ปกคลุมทั่วเมืองไม่เพียงแต่ทำให้เสื่อมเสียต่อทัศนวิสัยแล้วยังมีอันตรายต่อสุขภาพเป็นอย่างมากด้วย ในวันที่ 12 และ 14 มกราคม สถานทูตสหรัฐอเมริกาตรวจวัด PM2.5 พบว่าสูงถึง 886 และ291มคก./ลบ.ม.ตามลำดับ (มาตรฐาน WHO 25มคก./ลบ.ม.)และค่า AQI (Air Quality Imdex) 775 และ 341 ตามลำดับ

AQI	คุณภาพอากาศ
0–50	Good
50–100	Moderate
101–150	Lightly polluted
151–200	Medially polluted
201–300	Heavily polluted
301–500	Severely polluted

จากเหตุการณ์ดังกล่าวกรุงปักกิ่งจึงถูกขนานนามว่า "***airpocalypse***" ต่อมาเมื่อพูดถึงคำนี้ความหมายได้กว้างออกไปเป็นหมายถึงการเกิดสภาพอากาศที่เลวร้ายจากการเกิด smog ของเมืองใหญ่อื่นๆ ของจีนด้วย

ถ้าย้อนเวลากลับไปในอดีต 30–40 ปีก่อนในราวปลายทศวรรษ 1970s ที่เติ้งเสี่ยวผิงได้เริ่มทำการปฏิรูประบบเศษฐกิจจีนโดยมีวลีเปรียบเปรยว่า "แมวสีไหนก็จับหนูได้" หลังจากนั้นราว 30 ปีผลิตภัณฑ์มวลรวมหรือ GDP ของจีนอยู่ในระดับ 10% ต่อเนื่องนับสิบปีและเป็นผลให้ปัจจุบันจีนเป็นประเทศที่มีขนาดเศรษฐกิจใหญ่เป็นอันดับสองของโลกรองจากสหรัฐอเมริกา สามสิบกว่าปีก่อนไม่มีใครนึกว่าภาพของรถจักรยานที่ครองพื้นถนนของเมืองใหญ่ดังเช่นปักกิ่งจะหายไปและจีนได้กลายเป็นประเทศที่เป็นตลาดรถยนต์ที่ใหญ่ที่สุดในโลก ความเจริญทางเศรษฐกิจของจีนมาจากอุตสาหกรรม ความเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจอย่างไม่ควบคุมส่งผลให้มีการใช้พลังงานมากขึ้นในทุกภาคส่วนตั้งแต่อุตสาหกรรม การขนส่ง/คมนาคม การเกษตรไปจนถึงครัวเรือน ถ่านหินเป็นพลังงานที่มีราคาถูกดังนั้นในสถานการณ์ที่เร่งความความเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจจีนย่อมมีทางเลือกไม่มากนักนอกจากต้องพึ่งพาถ่านหินเป็นพลังงานหลัก

มีสถิติเกี่ยวกับการใช้ถ่านหินที่น่าสนใจดังนี้ ในปี พ.ศ. 2516 การใช้ถ่านหินของโลกมีปริมาณ 3074 ล้านตัน หรือคิดเป็นสัดส่วน 24.5 เปอร์เซ็นต์ของพลังงาน/เชื้อเพลิงอื่นๆ มาถึงปี พ.ศ. 2556 โลกมีการใช้ถ่านหิน เพิ่มขึ้นเป็น 7823 ล้านตันหรือ 28.9 เปอร์เซ็นต์ เมื่อมาดูถึงชนิดของพลังงาน/เชื้อเพลิงที่ใช้ผลิตไฟฟ้าก็พบว่าถ่านหินถูกใช้ในสัดส่วน 38.3 และ 41.3 เปอร์เซนต์ของพลังงาน/เชื้อเพลิงอื่นๆ ทั้งหมดในปี พ.ศ. 2516 และ 2556 ตามลำดับ สถิติเมื่อปี พ.ศ. 2557 พบว่าจีนเป็นประเทศที่ผลิตถ่านหินมากที่สุดคือ 3650 ล้านตันรองลงมาคือสหรัฐอเมริกา (716 ล้านตัน) และอินเดีย (618 ล้านตัน) ประเทศที่นำเข้าถ่านหินมากที่สุดในโลกก็ยังคงเป็นจีน (286 ล้านตัน) ถัดมาคืออินเดีย (238 ล้านตัน) และญี่ปุ่น (188 ล้านตัน) แต่มีสถิติที่น่าสนใจคือสหรัฐอเมริกากลับเป็นประเทศที่มีการส่งออกถ่านหินลำดับห้าของโลก (78 ล้านตัน)

ถ่านหินเป็นพลังงานที่มีราคาถูกที่สุดก็จริงแต่ก็มาพร้อมกับต้นทุนที่แฝงมาในรูปมลพิษ อาจกล่าวได้ว่าการใช้ถ่านหินนอกจากปัญหาก๊าซเรือนกระจกแล้วยังมาพร้อมกับความสกปรกและความมีพิษ/อันตราย รวมทั้งเป็นสาเหตุสำคัญของการเพิ่มขึ้นของ PM2.5 จากสถิติข้างต้นสรุปได้ว่าจีนเป็นประเทศที่ใช้ถ่านหินมากที่สุดในโลกและนี่น่าจะเป็นเหตุผลส่วนหนึ่งที่ทำให้เมื่อพูดถึงคำว่า "*airpocalypse*" ทำให้นึกถึงจีนและหรือกรุงปักกิ่งแม้ว่า WHO ได้จัดลำดับเมืองที่มีคุณภาพอากาศเลวร้ายที่สุดในโลกในช่วงปี 2556–2557 (โดยใช้ความเข้มข้นของ PM2.5 เป็นเกณฑ์) และพบว่า 10 ลำดับแรกส่วนใหญ่อยู่ในประเทศอินเดีย ปากีสถานและบังคลาเทศก็ตาม นอกจากใช้ถ่านหินมากที่สุดในโลกและทำให้เกิดปัญหาอากาศเป็นพิษในเมืองใหญ่ของตนแล้ว จีนยังส่งออก PM2.5 ให้กับประเทศเพื่อนบ้านอย่างญี่ปุ่นและเกาหลีอีกด้วย ที่น่าจับตามองกว่านี้คือมีข้อสรุปจากการศึกษาวิจัยที่บ่งชี้ไปถึงว่าจีนได้ส่งออก PM2.5 ข้ามมหาสมุทรไปจนถึงฝั่งตะวันตกของสหรัฐอเมริกาอีกด้วย

ในช่วงหลังนี้รัฐบาลจีนก็ได้ยอมรับถึงสิ่งที่เกิดขึ้นและได้หาหนทาง/วิธีการต่างๆสำหรับบรรเทาและแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นโดยการตั้งหน่วยงานขึ้นมาดูแลปัญหาสิ่งแวดล้อมในภาพรวมในระดับกระทรวง ดังเช่นที่สหรัฐอเมริกาทำในคราวที่ประเทศมีปัญหามลพิษทางอากาศในช่วงทศวรรษ 1950 ถึง 1960 จนเป็นผลให้มีการจัดตั้ง USEPA ขึ้นในปี 2514 ซึ่งทำให้การป้องกันแก้ไขปัญหาสิ่งแวดล้อมของสหรัฐอเมริกาประสบความสำเร็จในระดับที่น่าพอใจ แต่สำหรับจีนก็ยังคงต้องจับตามองต่อไปเพราะอย่างไรเสียจีนก็น่าจะยังคงให้น้ำหนักหรือความสำคัญของ GDP มากกว่าสิ่งแวดล้อม

บทเรียนสำหรับประเทศไทย

Particle Pollution เป็นปัญหามลพิษทางอากาศที่ควรได้รับการใส่ใจเพราะมีผลต่อการเพิ่มขึ้นของอัตราการเจ็บป่วยและการตายของประชาชน โดยเฉพาะในกลุ่มเสี่ยง เช่น เด็กและทารก ผู้สูงอายุ ผู้มีโรคประจำตัวบางโรค เป็นต้น ฝุ่นขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนเป็นฝุ่นที่เราสามารถหายใจเข้าไปได้ ยิ่งกว่านั้นคือยิ่งเล็กก็ยิ่งเป็นอันตรายต่อร่างกายมากขึ้น เนื่องจากยิ่งเข้าไปในระบบหายใจได้ลึกมากขึ้น การเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิลเป็นผลทำให้เกิดฝุ่นละเอียด (PM2.5) ทั้งที่เกิดขึ้นโดยตรง (primary PM) และที่เกิดขึ้นมาภายหลังจากปฏิกิริยาในอากาศ (secondary PM) จากบทเรียนในต่างประเทศตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบันเป็นสิ่งที่ประเทศไทยไม่ควรมองข้าม เพราะประเทศเราเองก็พบกับ Particle Pollution ทั้งจากประเทศเพื่อนบ้าน (กรณีภาคใต้จากไฟไหม้ในอินโดนีเซีย) ทั้งกรณีเผาป่าและเผาเพื่อเตรียมการเพาะปลูก (กรณีภาคเหนือ) การใช้ถ่านหินในการผลิตไฟฟ้าและอุตสาหกรรมที่ก่อให้ปัญหาและความขัดแย้ง อย่างไรก็ตามก็ยังมีข่าวดีสำหรับประเทศไทยที่นายกรัฐมนตรี พลเอก ประยุทธ์ จันทร์โอชา ได้เอาจริงเอาจังกับการผลักดันให้มีการใช้รถยนต์พลังไฟฟ้าอย่างจริงจัง เรื่องดังกล่าวไม่ได้มีนัยยะด้านสิ่งแวดล้อมเท่านั้น แต่มีนัยยะในเรื่องพลังงานสะอาด ในเรื่องการพัฒนาขีดความสามารถของประเทศทางด้านวิทยาศาสตร์ วิศวกรรมและเทคโนโลยีซึ่งนับวันก็จะยิ่งมีความสำคัญมากขึ้นต่อการพัฒนาประเทศไปสู่ความเจริญอย่างยั่งยืนอย่างสมดุลระหว่างความเจริญทางเศรษฐกิจและคุณภาพสิ่งแวดล้อม

บรรณานุกรม

Canadian Centre for Occupational Health and Safety,*What are the Effects of Dust on the Lungs?* http://www.ccohs.ca/oshanswers/chemicals/lungs_dust.html

Frederick K.Lipfert, *Air Pollution and Community Health*, VNR, 1994

NBR, *China's Off-the-Chart Air Pollution: Why It Matters (and Not Only to the Chinese)*, http://www.nbr.org/research/activity.aspx?id=394

Noah Lechtzin, *Defense Mechanisms of the Respiratory System*, https://www.merckmanuals.com/home/lung-and-airway-disorders/biology-of-the-lungs-and-airways/defense-mechanisms-of-the-respiratory-system

USEPA, Particulate Matter (PM), https://www3.epa.gov/pm/

USEPA, History of the National Ambient Air Quality Standards for Particulate Matter

During the Period 1971-2012, https://www3.epa.gov/ttn/naaqs/standards/pm/s_pm_history.html

WHO, *Ambient (outdoor) air quality and health*, Fact sheet Nฐ313, updated March 2014http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs313/en/

WHO, *Air quality deteriorating in many of the world's cities*, 7 May 2014 http://www.who.int/mediacentre/news/releases/2014/air-quality/en/

WHO, *Air Quality Guidelines Global Update 2005*, World Health OrganiZation, 2006