อันตรายที่เกิดจากโอโซน

นรุตตม์ สหนาวิน*

บทนำ

มลพิษอากาศยังคงเป็นปัญหาที่คนส่วนใหญ่ต้องเผชิญอยู่ ทั้งที่มีแหล่งกำเนิดจากธรรมชาติ (Natural source) เช่น ควันไฟป่า เถ้าจากภูเขาไฟระเบิด และโดยเฉพาะอย่างยิ่ง มลพิษอากาศจากแหล่งกำเนิดโดยฝีมือมนุษย์ (Man-made source) ซึ่งเป็นปัญหาที่เกิดขึ้นอย่างต่อเนื่อง มลพิษอากาศจากฝีมือมนุษย์ แบ่งได้เป็น 3 ประเภทย่อยๆ ได้แก่ แหล่งกำเนิดแบบอยู่กับที่ (Stationary source) แหล่งกำเนิดแบบเคลื่อนที่ (Mobile source) และแหล่งกำเนิดที่กำลังเป็นปัญหาใหญ่ในเขตอุตสาหกรรมหนัก คือแหล่งกำเนิดประเภทรั่วไหล (Fugitive source)

มลพิษอากาศที่เป็นที่รู้จักกันดี เช่น ฝุ่นละออง)Particulate matter; PM) คาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) ออกไซด์ของไนโตรเจน (NO_x) ออกไซด์ของซัลเฟอร์ (SO_x) เป็นมลพิษอากาศที่ถูกระบุไว้ในกฎหมายให้ควบคุมการปล่อยออกจากแหล่งกำเนิดต่างๆ โดยเฉพาะแหล่งกำเนิดแบบอยู่กับที่ ซึ่งในปัจจุบันปัญหามลพิษชนิดดังกล่าวได้ลดลงไปมาก แต่อย่างไรก็ตามยังมีมลพิษอากาศบางขนิดที่กำลังเป็นปัญหาและยังไม่มีกฎหมายควบคุมการปลดปล่อยที่ชัดเจน เช่นสารอินทรีย์ระเหยง่าย (Volatile organic compound; VOCs) จากแหล่งกำเนิดประเภทเคลื่อนที่แล้ว ยิ่งไม่มีกฎหมายที่ใช้ควบคุม ซึ่งมลพิษประเภทนี้กำลังจะเป็นตัวปัญหาในอนาคตอย่างแน่นอน

มลพิษอากาศชนิดที่สำคัญยังมีอีกชนิดหนึ่งที่มักจะถูกมองข้ามไป ก็คือ หลาย ”โอโซน“คนมักจะมองเห็นแต่ในแง่ดีของโอโซนคือช่วยลดรังสีที่เป็นอันตรายที่แผ่มาจากดวงอาทิตย์ และบางคนยิ่งเข้าใจผิดว่าโอโซน นั้นจะช่วยส่งผลดีต่อสุขภาพหรือผ่อนคลายความเครียด ซึ่งพบได้บ่อยจากคำโฆษณาสถานที่ท่องเที่ยวที่ชักชวนให้ไปสูดโอโซนกัน แต่ที่จริงแล้ว จัดว่ ”โอโซน“าเป็นสารที่มีพิษชนิดหนึ่งที่ส่งผลกระทบต่อสุขภาพและสิ่งแวดล้อมอย่างชัดเจน ที่สำคัญที่สุดคือ โอโซนเป็นมลพิษแบบทุติยภูมิ เกิดขึ้นจากกระบวนการทางเคมีในบรรยากาศ ไม่สามารถระบุแหล่งกำเนิดได้ชัดเจน ทำได้แค่เพียงควบคุมปัจจัยอื่นๆในการเกิดปฏิกิริยาเท่านั้นทำให้การควบคุมโอโซนนั้นทำได้ยากมาก

ลักษณะของโอโซน

ในชั้นบรรยากาศจะพบโอโซนอยู่สองแห่ง คือ ชั้นสตาร์โทสเฟียร์(Stratosphere) และ ชั้นโทรโฟสเฟียร์ (Troposphere) ซึ่งโอโซนทั้งสองแห่งลักษณะทางเคมีที่เหมือนกัน เพียงแต่ความเป็นคุณเป็นโทษจะขึ้นอยู่กับ-ตำแหน่งที่โอโซนอยู่หากโอโซนอยู่ในชั้น สตาร์โทสเฟียร์ โอโซนจะช่วยลดรังสีที่เป็นอันตรายที่แผ่มาจากดวงอาทิตย์ ซึ่งอธิบายได้จากปฏิกิริยาการเกิดโอโซนตามวัฏจักรของแชฟแมน)Chapman);

* ภาควิชาสุขศึกษา คณะพลศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

$O_2 + h\nu$ (ความยาวคลื่น < 240 nm) $\longrightarrow$ $2O$

$O + O_2 \longrightarrow O_3$

$O + O_3 \longrightarrow 2O_2$

$O_3 + h\nu$ (ความยาวคลื่น < 336 nm) $\longrightarrow$ $O + O_2$

จากปฏิกิริยาดังกล่าวจะเห็นว่า ทุกครั้งที่โมเลกุลของออกซิเจนแตกตัว จะมีการดูดกลืนพลังของรังสีจากดวงอาทิตย์ไปใช้ในปฏิกิริยาด้วย โดยเฉพาะรังสีในช่วงความยาวคลื่นที่เป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิต ซึ่งหากโอโซนถูกทำลาย โดยมีสารเคมีบางชนิด เช่น)CFC) เข้าไปขัดขวางกระบวนการตามกลไกดังกล่าว ทำให้โมเลกุลของออกซิเจนไม่สามารถรวมตัวกันจนเป็นโอโซนได้ โอโซนจะลดปริมาณลงจนเกิดช่องโหว่ (Ozone depletion) รังสีที่เป็นอันตรายจะลงไปถึงพื้นผิวโลกได้

สำหรับโอโซนที่อยู่ในชั้นโทรโฟสเฟียร์)Ground level ozone) เกิดได้จาก 2 รูปแบบ คือ เคลื่อนย้ายมาจากชั้นสตาร์โทสเฟียร์ผ่านชั้นบรรยากาศโทรโพพอส)Tropospause) และเกิดจากปฏิกิริยาโฟโตเคมีคัลออกซิเดชั่น (Photochemical oxidation) ระหว่างออกซิเจนและออกไซด์ของไนโตรเจน ภายใต้แสงแดดที่เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา อธิบายได้จากปฏิกิริยาโฟโตเคมีคัลดังนี้

$2NO + O_2 \longrightarrow 2NO_2$

$NO_2 + h\nu \longrightarrow NO + O$

$O + O_2 \longrightarrow O_3$

$NO_2 + O_2 \xleftrightarrow{h\nu} NO + O_3$

จะเห็นได้ว่า ปฏิกิริยาดังกล่าวจะสามารถย้อนกลับได้ โดยจะขึ้นอยู่กับความสมดุลของ NO, NO_2, O_3 และแสงแดด ซึ่งปกติแล้วในช่วงเวลากลางคืนจะไม่เกิด O_3 แต่ทว่าโอโซนที่เกิดขึ้นในเวลากลางวันอาจจะยังคงอยู่ในบรรยากาศได้หากไม่มีสารอื่นทำปฏิกิริยากับโอโซนนั้น นอกจากนี้ มลพิษจำพวกไฮโดรคาร์บอน (HC) ในบรรยากาศยังเป็นอีกปัจจัยที่จะเพิ่มปริมาณของ NO_2 ได้อีก โดยไฮโดรคาร์บอนจะทำปฏิกิริยากับอนุมูล ไฮดรอกซิล (Hydroxyl radical) ในอากาศ กลายเป็น อนุมูลเปอร์ออกซี (Peroxy radical) ซึ่งพร้อมจะออกซิไดส์ไนตริกออกไซด์ (NO) ไปเป็น ไนโตรเจนไดออกไซด์ (NO_2) ได้อีกทางหนึ่ง นอกจากนี้ จากกระบวน ออกซิเดชั่นของ NO, NO_2 และ O_3 ยังนำไปสู่สารประกอบคาร์บอนิลอื่นๆได้อีก เช่น Aldehyde และ Ketone ซึ่งเป็นสารที่ก่อผลกระทบต่อสุขภาพได้รุนแรงยิ่งกว่าโอโซนอีกด้วย (Richard; et. al. 1994)

โดยปกติแล้ว โอโซนในชั้นโทรโฟสเฟียร์จะเกิดจากรูปแบบที่ 2 คือปฏิกิริยาโฟโตเคมิคัลออกซิเดชั่นเป็นส่วนใหญ่ โดยเฉพาะในเขตเมืองที่มีการปล่อยมลพิษประเภทไฮโดรคาร์บอนและออกไซด์ของไนโตรเจนผ่านทางกระบวนการเผาไหม้ของรถยนต์ โอโซนที่อยู่ในชั้นโทรโฟสเฟียร์นี้ จะถูกเรียกว่า Bad ozone เนื่องจากโอโซนในชั้นนี้จะทำอันตรายต่อสิ่งมีชีวิตต่างๆ เนื่องจากสมบัติที่เป็นสารออกซิไดส์ (Oxidizing agent) โอโซนจะทำลายเซลล์ของสิ่งมีชีวิตเมื่อสัมผัส ทำให้เกิดการระคายเคืองต่อเนื้อเยื่อ และยิ่งกลุ่มที่สัมผัสโอโซนเป็นกลุ่มที่

อ่อนไหว (Sensitive) เช่น เด็กและผู้ป่วยโรคระบบ ,ผู้ที่ออกกำลังกายหรือทำงานหนักกลางแจ้ง ,ผู้สูงอายุ , ทางเดินหายใจ กลุ่มคนเหล่านี้จะมีผลกระทบมากที่สุด (Kerr; et. al. 1975)

ผลกระทบต่อสุขภาพ

โอโซนมีผลกระทบต่อสุขภาพดังนี้

1) จากสมบัติที่เป็นสารออกซิไดส์ ผู้ที่สัมผัสโอโซนจะมีอาการระคายเคืองในระบบทางเดินหายใจ มีอาการไอและแสบคอ รู้สึกแสบหน้าอกเมื่อสูดหายใจลึกๆ ซึ่งจากการศึกษาของ Kleinfield และคณะ (Kleinfield; et. al. 1957) พบว่าคนงานที่มีการสัมผัสโอโซนจะมีอาการดังกล่าว และเมื่อมีการทดสอบสมรรถภาพของปอด พบว่ามีสมรรถภาพลดลงอย่างมีนัยสำคัญ

2) ทำให้ไวต่ออาการภูมิแพ้ การอักเสบของผิวหนังหรือระบบทางเดินหายใจ อาจทำให้เกิดภาวะภูมิแพ้ได้ง่าย โดยจากการทดลองของ Folinsbee และคณะ)Folinsbee; et. al. 1988) พบว่าโอโซนที่ความเข้มข้น 0.12 ส่วนในล้านส่วน (ppm) ทำให้หลอดลมมีความไวต่อสิ่งแปลกปลอมเป็น 2 เท่าของปกติ และจากการศึกษาของ Peden และคณะ (Peden; et. al. 1995) พบว่า หากมีการสัมผัสโอโซนมากขึ้น อาการบ่งบอกถึงภาวะภูมิแพ้ก็จะเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญและเกิดขึ้นได้ชัดเจนอีกด้วย

3) ทำให้เกิดความผิดปกติในระบบทางเดินหายใจอย่างถาวร โดยผลการศึกษาพบว่า ผู้ที่ออกกำลังกายกลางแจ้งในที่ที่มีโอโซนจะมีสมรรถภาพของปอดลดลงอย่างมีนัยสำคัญ)Spektor; et. al. 1988) และยังพบอีกว่าผู้ที่วิ่งออกกำลังกายในพื้นที่ที่มีโอโซน จะมีภาวะการอักเสบของปอดสูงอย่างมีนัยสำคัญอีกเช่นกัน (Kinney; et. al. 1996)

ช่วงเวลาที่เสี่ยงในการสัมผัสโอโซน

ในช่วงกลางคืนจะ การเกิดขึ้นของโอโซนจำเป็นจะต้องมีแสงแดดเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ดังนั้นพบโอโซนได้น้อยมาก แต่โอโซนจะเพิ่มสูงขึ้นในช่วงเวลาเช้า โดยเฉพาะในเขตเมืองซึ่งเริ่มมีกิจกรรมการใช้ยานพาหนะต่างๆ จากการสำรวจและวิเคราะห์องค์ประกอบของโอโซนในเขตกรุงเทพมหานคร ของกรมควบคุมมลพิษ พบว่าความเข้มข้นของ NO, NO_2 และ ไฮโดรคาร์บอน ซึ่งเป็นมลพิษที่เป็นปัจจัยหนึ่งของการเกิดโอโซน จะเริ่มสูงขึ้นตั้งแต่ช่วง 5 นาฬิกา เป็นต้นไป ส่วนโอโซนจะเริ่มมีค่าสูงขึ้นในช่วง 7 นาฬิกา แต่พอหลังจากช่วง 8 นาฬิกา มลพิษพวก NO, NO_2 และ ไฮโดรคาร์บอนจะมีปริมาณต่ำลงเรื่อยๆในขณะที่โอโซน จะมีค่าสูงขึ้นไปจนถึงจุดที่มีค่าสูงที่สุดคือช่วง 15 นาฬิกา จากนั้นจะค่อยๆต่ำลงเรื่อยๆจนถึงช่วงกลางคืน ส่วนมลพิษพวก NO, NO_2 และ ไฮโดรคาร์บอนก็จะมีค่าสูงขึ้นอีกครั้งในช่วง 16 นาฬิกา ถึง 20 นาฬิกา ดังนั้น ช่วงที่เสี่ยงต่อการสัมผัสโอโซนคือช่วงเวลาตั้งแต่ 7 นาฬิกา ถึง 15 นาฬิกา ส่วนในช่วงเวลาอื่นๆ โดยเฉพาะช่วง 5 นาฬิกา ถึง 8 นาฬิกา และ 16 ถึง 20 นาฬิกา จะเสี่ยงต่อการสัมผัสมลพิษพวก NO, NO_2 และ ไฮโดรคาร์บอนมากที่สุด (กรมควบคุมมลพิษ .2544)

สรุป

โอโซน เป็นหนึ่งในมลพิษพื้นฐานที่สำคัญ(Criteria pollutant) ซึ่งแม้ตามประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 10 (พ .ศ.2538) เรื่อง กำหนดมาตรฐานคุณภาพอากาศในบรรยากาศทั่วไป จะมีการกำหนดค่ามาตรฐานขึ้นเพื่อป้องกันผลกระทบต่อสุขภาพอย่างเฉียบพลันแล้วก็ตาม แต่สำหรับผู้ที่ดำเนินชีวิตประจำวันในเขตเมืองใหญ่ ย่อมหนีไม่พ้นการสัมผัสมลพิษต่างๆ และแม้ว่าความเข้มข้นของโอโซนที่สัมผัสจะน้อยกว่าค่ามาตรฐาน แต่ยังไม่มีใครรับประกันได้ว่าการสัมผัสโอโซนเพียงเล็กน้อยแต่เป็นระยะเวลายาวนานทุกวัน ทุกปี จะไม่มีผลกระทบใดๆต่อสุขภาพ และยิ่งแนวโน้มของผู้ใช้รถยนต์ซึ่งเป็นแหล่งกำเนิดหลักของ NO, NO_2 และ ไฮโดรคาร์บอน เพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ในอนาคตก็ไม่มีใครรับประกันได้อีกเช่นกันว่าเมื่อใด มลพิษอย่างโอโซนจะทวีปัญหาจนส่งผลกระทบต่อสุขภาพได้อย่างชัดเจน ตราบใดที่ภาคราชการที่มีหน้าที่หลักในการควบคุมและดูแลปัญหาดังกล่าวยังไม่มีแนวทางการป้องกันที่ชัดเจน ทางเดียวในตอนนี้คือประชาชนคงจะต้องระมัดระวังตัว หลีกเลี่ยงการสัมผัสมลพิษดังกล่าวให้ได้มากที่สุด เพราะในตอนนี้แม้แต่การจะออกกำลังกายโดยการวิ่งในตอนเช้าๆนั้น หากไม่ระวัง แทนที่สุขภาพและร่างกายจะแข็งแรง ก็อาจจะได้รับผลกระทบจากมลพิษได้เช่นเดียวกัน

เอกสารอ้างอิง

กรมควบคุมมลพิษ .(2544). **การสำรวจและวิเคราะห์องค์ประกอบของโอโซนเพื่อแก้ไขปัญหามลพิษทางอากาศในกรุงเทพมหานคร.** กรุงเทพฯ : กระทรวงวิทยาศาสตร์.

Folinsbee, L.J., McDonnell, W.F., Horstman, D.H (1988). **Pulmonary function and symptom responses after 6.6-hour exposure to 0.12 ppm ozone with moderate exercise**. JAPCA 38 (1) : 28–35.

Peden, D.B., Setzer, R.W. Jr., Devlin, R.B. (1995). **Ozone exposure has both a priming effect on allergen-induced responses and an intrinsic inflammatory action in the nasal airways of perennially allergic asthmatics.** American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine. 151(5) : 1336–1345.

Kleinfield, M., Giel, C., Tabershaw, I.R. (1957). **Health hazards associated with inert gas shield metal arc welding**. Archives of Industrial Health. 15 : 27–31.

Kerr, H.D., Kulle, T.J., McIlhany, M.L., Swidersky, P. (1975). **Effects of ozone on pulmonary function in normal subjects: an environmental-chamber study**. The American review of respiratory disease. 111(6) : 763–773.

Spektor, D.M., Lippmann, M., Thurston, G.D., Lioy, P.J., Stecko, J., O'Connor, G., Garshick, E., Speizer, F.E., Hayes, C (1988). **Effects of ambient ozone on respiratory function in healthy adults exercising outdoors.** The American review of respiratory disease**.** 138 (4) : 821–828.

Kinney, P.L., Nilsen, D.M., Lippmann, M., Brescia, M., Gordon, T., McGovern, T., El-Fawal, H., Devlin, R.B., Rom, W.N (1996). **Biomarkers of lung inflammation in recreational joggers exposed to ozone.** American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine**.** 154 (5) : 1430–1435.

Mudway, I.S., Kelly, F.J. **Ozone and the lung: a sensitive issue Cardiovascular Research**. The Rayne Institute, St. Thomas' Hospital, Kings College, London SE1 7EH, UK.

Richard, W.B., Donald, L.F., Bruce, T., Arthur, C.S (1994). **Fundamentals of Air Pollution**, 3rd ed., USA : Acadamic Press.