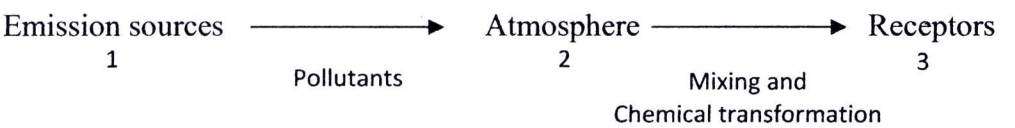
บทที่ 1
บทนำ

1.1 มลพิษทางอากาศ

มลพิษทางอากาศอาจถูกกำหนดเป็นสภาพเงื่อนไขทางบรรยากาศในการแสดงความเข้มข้นของสารที่สูงเหนือระดับปกติ เพื่อที่จะทำการวัดผลกระทบต่อพืช มนุษย์ หรือ วัสดุ สารเหล่านี้อาจอยู่ในบรรยากาศที่เป็นก๊าซ หยดของเหลว หรืออนุภาคของแข็ง ปัญหามลพิษทางอากาศเป็นระบบซึ่งประกอบด้วยสามองค์ประกอบพื้นฐาน ประกอบด้วย 1) Emission sources 2) Atmosphere และ 3) Receptors (Sernfeld, 1975) ดังแสดงในแผนภาพ 1.1



ภาพ 1.1 องค์ประกอบพื้นฐานของปัญหามลพิษทางอากาศ

การถ่ายเทของอากาศเป็นสิ่งใช้เพื่ออธิบายกลไกการเคลื่อนย้ายมลพิษ ทางอากาศจากแหล่งปล่อยไปถึงตัวรับ โดยแหล่งกำเนิดเป็นสถานที่ปลดปล่อยมลพิษและที่ซึ่งเป็นตัวรับก็คือ ดิน พืช โดยเป็นการสะสมของสารมลพิษ ซึ่งส่งผลให้ตัวรับนั้นได้รับผลเสียจากมลภาวะทางอากาศ ตัวรับนั้นสามารถเป็นได้ทั้งคน สัตว์ พืช วัสดุ น้ำ และสิ่งมีชีวิตอื่นๆ ซึ่งลมจะทำการลำเลียงมลพิษทางอากาศ จากแหล่งกำเนิดไปยังตัวรับ มลพิษทางอากาศสามารถเกิดขึ้นจากการกระทำของมนุษย์หรือเกิดขึ้นตามธรรมชาติ แหล่งกำเนิดหลัก ของมลพิษทางอากาศได้แก่ ส่วนของการคมนาคมขนส่ง โรงงานอุตสาหกรรม และพื้นที่เกษตรกรรม รวมถึงแหล่งกำเนิดตามธรรมชาติ เช่น ภูเขาไฟ ป่า และทุ่งหญ้า (Sernfeld, 1975)

1.2 ก๊าซ ไนโตรเจนไดออกไซด์

ก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ (nitrogendioxide; NO_2) จัดเป็นมลพิษทางอากาศซึ่งสามารถส่งผลร้ายต่อสุขภาพของมนุษย์ และยังเป็นสารตั้งต้นให้เกิดกรดในบรรยากาศ และมีบทบาทเป็นสารออกซิแดนซ์ในปฏิกิริยาเคมีเชิงแสง (EPA, 1998) นอกจากคุณสมบัติเหล่านี้ NO_2 ยังเป็นหนึ่งในสารที่สำคัญของการบ่งชี้คุณภาพอากาศในเมือง และเป็นส่วนประกอบของสารมีพิษจำนวนมากในกลุ่ม

ของไนโตรเจนออกไซด์ (NO_x) เพราะสาเหตุเหล่านี้จึงมีการตรวจวัดปริมาณ NO_2 เป็นประจำในบริเวณเมืองเพื่อออกกฎระเบียบให้สอดคล้องกับการป้องกันสุขภาพของมนุษย์ หลาย ๆ ประเทศและองค์การระหว่างประเทศต่าง ๆ เช่น องค์กรพิทักษ์สิ่งแวดล้อม (EPA, Environmental Protection Agency) องค์การอนามัยโลก (WHO, World Health Organization) กลุ่มความมือทางคุณภาพอากาศของสหภาพยุโรป ฯลฯ ได้ประกาศมาตรฐานของตนเอง (Ozden and Dogeroglu, 2007) ดังสรุปได้ตามตาราง 1.1 มาตรฐานทั่วไปของมลพิษทางอากาศ

ตาราง 1.1 มาตรฐานมลพิษทางอากาศ

Pollutants	Average time	WHO Standards	US Standards	Thailand standards
Carbon monoxide (CO)	1 hour	30 mg/m^3	35 ppm (40 mg/m^3)	Not exceed 30 ppm (34.2 mg/m^3)
	8 hour	10 mg/m^3	9 ppm (10 mg/m^3)	Not exceed 9 ppm (10.26 mg/m^3)
Lead (Pb)	24 hour 1 month Quarterly	0.5-1 ug/m^3	1.5 ug/m^3	Not exceed 1.5 ug/m^3
Nitrogen dioxide (NO_2)	Annual		0.053 ppm (100 µg/m^3)	
	24 hour	150 µg/m^3		
	1 hour			Not exceed 0.17 ppm (0.32 mg/m^3)
Ozone (O_3)	1 hour	150-200 µg/m^3	0.12 ppm (235 µg/m^3)	Not exceed 0.10 ppm (0.20 mg/m^3)
PM10/TSP/SPM	Annual	60-90 µg/m^3	50 µg/m^3	Not exceed 0.10 mg/m^3
	24 hour	150-230 µg/m^3	150 µg/m^3	Not exceed 0.33 mg/m^3
Sulfur dioxide (SO_2)	Annual	40-60 µg/m^3		Not exceed 0.04 ppm. (0.10 mg/m^3)
	24 hour	100-150 µg/m^3	0.14 ppm (365 µg/m^3)	Not exceed 0.12 ppm (0.30 mg/m^3)

ที่มา : กรม ควบคุม มลพิษ กระทรวง ทรัพยากรธรรมชาติ และ สิ่งแวดล้อม, 2004

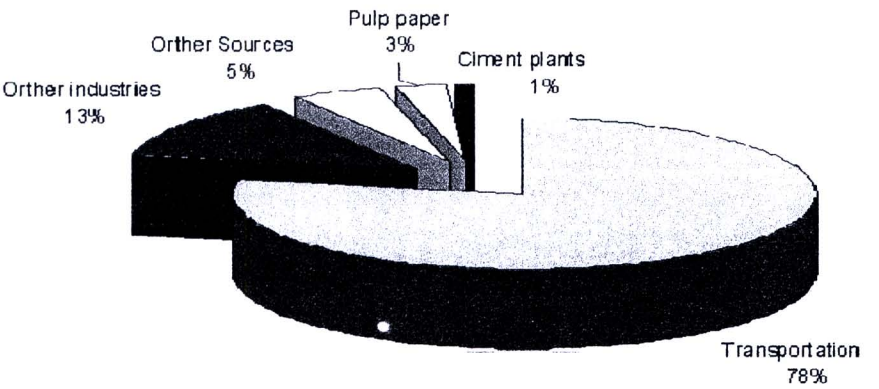
การเผาไหม้ในอากาศทั้งหมดผลิตออกไซด์ของไนโตรเจน (NO_x) ซึ่งจะได้ NO_2 เป็นผลิตภัณฑ์หลัก NO_x จากภาคการขนส่ง การผลิตไฟฟ้า การผลิตโลหะ และการเผาเถ้าถ่าน แหล่งกำเนิดธรรมชาติของ NO_x ได้แก่ แบคทีเรียที่อาศัยอยู่ในดินชนิดที่ใช้ออกซิเจนในกระบวนการหายใจ (aerobic bacteria) แหล่งกำเนิดตามธรรมชาตินั้นมีสัดส่วนเพียงเล็กน้อยเท่านั้นเมื่อเทียบกับการปล่อยซึ่งเกิดจากกิจกรรมของมนุษย์ (www. epa.gov) ดังแสดงในภาพ 1.2 และตาราง 1.2

ก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์เป็นส่วนหนึ่งในออกไซด์ของไนโตรเจน ก๊าซนี้มีสีน้ำตาลแดง มีกลิ่นฉุน เป็นหนึ่งในก๊าซที่มีพิษจากการสูดดม ซึ่งจะส่งผลกับปอด แต่ก็จะปรากฏผลอย่างร้ายแรง ถ้ามีการหายใจเข้าไปเป็นระยะเวลาหลายชั่วโมง นอกจากนี้ที่ความเข้มข้นสูง (4 $\mu g / m^3$) จะทำให้หมดความรู้สึกเจ็บปวดหรืออาการชา และที่ความเข้มข้น 40-100 $\mu g / m^3$ ทำให้เกิดผลร้ายต่อสุขภาพ (Bootdee, 2009)

ตาราง 1.2 สมบัติทางเคมีและสมบัติทางกายภาพของก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์

Item	Condition
Synonyms	dinitrogen tetroxide, nitrogen peroxide, nitrito
Molecular formula	NO_2
Structural formula	O=N=O
Molecular weight	46.05 g/mol
Color	reddish brown gas, or yellow-brown
Melting point	-11.2 °C
Boiling point	21.1 °C
Vapour density	3.3 g/l at 20°C, 1 atm
Vapour pressure	1013 hPa
Critical temperature	158 °C
Specific gravity:	1.45 (liquid at 20 °C)
Flammability	Oxidizer

ที่มา : Chemical Safety Information-glossary (Oxford University), 2006



ภาพ 1.2 แหล่งกำเนิดของก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ (NO_2)

ที่มา : Environmental Canada, National Pollutant Release Inventory, 2004

1.2.1 ปฏิกิริยาของไนโตรเจนในอากาศ

Colls (2002) ได้กล่าวไว้ว่าไนโตรเจนไดออกไซด์ (NO_2) ที่พบในบรรยากาศสามารถแตกตัวไปเป็น ไนโตรเจนออกไซด์ (NO) ซึ่งแสงแดดเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาให้เกิดการแตกตัว และเมื่อรวมตัวกับอนุพันธ์ออกซิเจน (O_2) จะสามารถเกิดก๊าซโอโซน (O_3) ขึ้นมาได้ ปฏิกิริยาการเกิดโอโซนที่ชั้นบรรยากาศ troposphere ที่เกิดจากไนโตรเจนไดออกไซด์ และ คาร์บอนมอนอกไซด์ จากปฏิกิริยาการแตกตัวด้วยแสง (photolysis) แสดงในปฏิกิริยาที่ 1, 2 และ 3 ตามลำดับ ไนโตรเจนออกไซด์จากเชื้อเพลิงฟอสซิล ทำปฏิกิริยากับโอโซนถูกแสดงในปฏิกิริยาที่ 4 บางครั้งไนโตรเจนออกไซด์ก็ทำปฏิกิริยากับออกซิเจน กลายเป็นไนโตรเจนไดออกไซด์ ปฏิกิริยาแสดงตามสมการที่ 5 (Colls, 2002)

ชั้นบรรยากาศ troposphere

$$NO_2(g) + \text{UV or visible light} \longrightarrow NO(g) + O^{\cdot} \quad (1)$$

$$O^{\cdot} + O_2 \longrightarrow O_3(g)$$

$$CO(g) + 2O_2(g) \longrightarrow CO_2(g) + O_3(g) \quad (2)$$

ชั้นบรรยากาศ startosphere

$$O_2(g) + \text{UV or visible light} \longrightarrow O^{\cdot} \quad (3)$$

$$O^{\cdot} + O_2 \longrightarrow O_3(g)$$

$$NO(g) + O_3(g) \longrightarrow NO_2(g) + O_2(g) \quad (4)$$

$$2NO(g) + O_2(g) \longrightarrow 2NO_2(g) \quad (5)$$

ไนโตรเจนไดออกไซด์ดูดกลืนแสงสีน้ำเงินและรังสี UV ช่วงความยาวคลื่นที่ต่ำกว่า 420 นาโนเมตร (nm) ในช่วงกลางวัน จะเปลี่ยนโครงสร้างไปเป็น ไนโตรเจนออกไซด์ (NO) และโอโซน (O_3) ผลจากปฏิกิริยาเคมีเชิงแสง (photochemical) พบว่าพื้นที่ชนบทที่ห่างไกลจากแหล่งกำเนิด NO จะมี NO_2 มากกว่า ในตัวเมืองพบว่า O_3 เป็นตัวเร่งการเกิดก๊าซ NO_2 และก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์จะทำปฏิกิริยากับไอน้ำกลายเป็นกรดไนตริกตามปฏิกิริยาที่ 6 (Colls, 2002) โดยปกติ NO_x คืออนุพันธ์ที่สามารถกลายเป็นกรดไนตริกได้ (HNO_3)

$$2NO_2(g) + H_2O(l) \longrightarrow HNO_3(aq) + HNO_2(aq) \quad (6)$$

ปฏิกิริยาที่ 7 จะเกิดขึ้นน้อยในช่วงกลางคืนเพราะอนุพันธ์ไฮดรอกซิลจะถูกสร้างในปฏิกิริยาแสง ในช่วงเวลากลางคืนโอโซนจะทำปฏิกิริยากับ NO_2 กลายเป็นไนเตรท (NO_3^-) ซึ่งสามารถทำปฏิกิริยากับ NO_2 กลายเป็นไดไนโตรเจนเพนทอกไซด์ (N_2O_5) ซึ่งสามารถทำปฏิกิริยากับหยดน้ำในชั้นบรรยากาศเปลี่ยนสภาพเป็นกรดไนตริกตามสมการ 8 ถึง 10 (Colls, 2002)

$$NO_2(g) + OH^{\cdot} + M \longrightarrow HNO_3(aq) + M \quad (7)$$

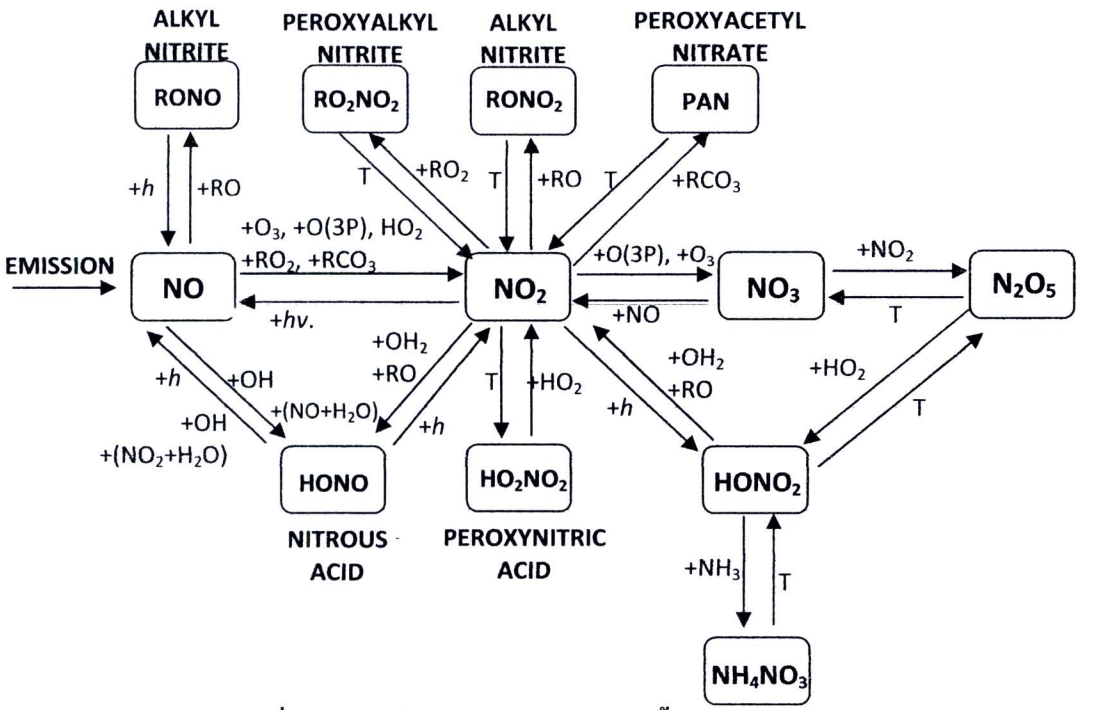
$$NO_2 + O_3 \longrightarrow NO_3^- + O_2 \quad (8)$$

$$NO_3^- + NO_2 + M \longrightarrow N_2O_5 + M \quad (9)$$

$$N_2O_5 + H_2O \longrightarrow 2HNO_3 \quad (10)$$

โดยสรุปแล้วเคมีของไนโตรเจนในบรรยากาศชั้นโทรโพสเฟียร์ จะแตกต่างจากในชั้นสตราโตสเฟียร์ ปฏิกิริยาเคมีของไนโตรเจนในระดับชั้นบรรยากาศทั้งสองจะถูกผลักดันให้เกิดขึ้นด้วยการแยกตัวออกโดยกระบวนการ photochemical ของก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์แต่ผลิตภัณฑ์ที่เกิดนั้นขึ้นอยู่กับสสารอื่น ๆ กับโมเลกุลของ NO_2 ที่สามารถถูกกระตุ้นด้วยกระบวนการ ที่ระดับพื้นดินนั้นอากาศจะหนาแน่นกว่าชั้นสตราโตสเฟียร์ ดังนั้นความเข้มข้นของออกซิเจนก็จะมากกว่าด้วย อีกทั้ง

ยังที่ระดับพื้นดินนั้นมีสารระเหยอินทรีย์คาร์บอน (จากการจราจรทางรถยนต์ และกระบวนการอุตสาหกรรม) ดังนั้นสารพิษจึงสามารถเกิดขึ้นได้มาก ดังแสดงในรูปที่ 1.3 (Foust, 2007)



ภาพ 1.3 การเปลี่ยนรูปของไนโตรเจนออกไซด์ในชั้นบรรยากาศโทรโปสเฟียร์

ที่มา : http://mtsu32.mtsu.edu:11233/Smog-Atm1.htm

1.3 การเก็บตัวอย่างแบบพาสซีฟ (Passive)

การเก็บตัวอย่างแบบพาสซีฟ (passive sampling) ใช้หลักการการเคลื่อนที่ของโมเลกุลอย่างอิสระจากที่ที่มีความเข้มข้นสูง ไปยังที่ที่มีความเข้มข้นต่ำกว่า ซึ่งในช่วงหลายปีที่ผ่านมา มีการใช้วิธีการเก็บตัวอย่างแบบพาสซีฟนี้มากขึ้น เพราะใช้งานง่าย น้ำหนักเบา ราคาถูก ทำงานได้โดยไม่ต้องอาศัยพลังงาน มีประสิทธิภาพสูง สามารถนำไปยึดติดกับวัตถุที่ต้องการวัดได้ง่าย สามารถตั้งเก็บตัวอย่างได้เป็นระยะเวลายาวนาน อีกทั้งยังสามารถนำบางชิ้นส่วนกลับมาใช้ใหม่ได้อีกด้วย

สารเคมีที่สามารถเก็บตัวอย่างแบบพาสซีฟมีหลายชนิด ทั้งที่เป็นสถานะก๊าซและสถานะไอ (vapour) ได้แก่ ไอน้ำ (water vapour) ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (sulphur dioxide) เบนซีน (benzene) อนิลีน (aniline) แอมโมเนีย (amonia) คาร์บอนมอนอกไซด์ (carbon monoxide) โอโซน (ozone) ไนตริกออกไซด์ (nitric oxide) และสารอินทรีย์ที่มีขั้วบางชนิด (volatile organics) ในบางประเทศ ได้แก่ อเมริกากลาง, อังกฤษ, สวิสเซอร์แลนด์, ฝรั่งเศษ, อิตาลี, บลาซิล, ตุรกี, อาเจนตินาร์, และจีน ต่างใช้วิธีการเก็บตัวอย่างแบบพาสซีฟเพื่อตรวจหาระดับไนโตรเจนไดออกไซด์ในอากาศ (Bootdee,

2009) ในประเทศอังกฤษมีเครือข่ายการตรวจค่าไนโตรเจนไดออกไซด์ในอากาศมากกว่า 1,200 จุด และ 330 จุดตรวจวัดมาตรฐานโดยใช้วิธีการเก็บตัวอย่างแบบพาสซีฟ (Varshney and Singh, 2003)

การเก็บตัวอย่างแบบพาสซีฟตั้งอยู่บนพื้นฐานของหลักการแพร่ของอากาศ ในการเก็บตัวอย่าง NO_2 ในอากาศจะใช้สารไตรเอธาโนลาไมด์ (triethanolamine : TEA) เป็นสารดูดซับ NO_2 Ozden และ Dogeroglu (2007) และ Chalermrom (2008) ใช้ TEA 20% หยดลงบนกระดาษกรอง Whatman GF/A สารผลิตภัณฑ์ที่เกิดจากการรวมตัวของ NO_2 และ TEA จะได้ nitrosodiethanolamine N-oxide ตามสมการ (11) ถึง (14)

$$N(CH_2CH_2OH)_3 + H_2O \longrightarrow (CH_2CH_2OH)_3NH^+ + OH^- \quad (11)$$

(triethanolamine)

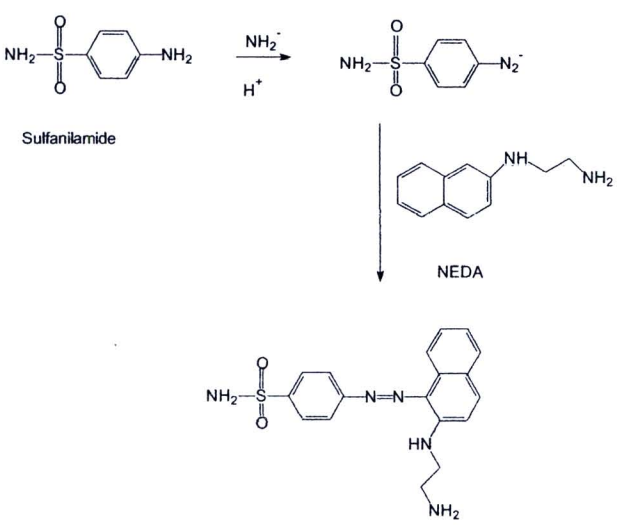
$$2NO_2 + N(CH_2CH_2OH)_3 + 2OH^- \longrightarrow 2NO_2^- + {}^-O\text{-}N^+(CH_2CH_2OH)_3 + H_2O \quad (12)$$

$$2OH^- + 2NO_2 + H_2O \longrightarrow NO_3^- + NO_2^- + H_2O \quad (13)$$

$$NO_3^- + N(CH_2CH_2OH)_3 \longrightarrow NO_2^- + ON(CH_2CH_2OH)_3 \text{(N-oxide)} \quad (14)$$

(nitrosodiethanolamine N-oxide, nitrosodiethanolamine)

ไนไตรท์ (NO_2^-) สามารถนำไปตรวจวัดด้วยวิธีทางสเปคโตรโฟโตเมตรีได้ สารละลายไนไตรท์ทำปฏิกิริยากับซัลฟานิลาไมด์ (sulphanilaminde) เกิดเป็นสารประกอบ diazonium ซึ่งจะจับตัวกับ N-(1Napthyl) ethylenediamine dihydrochloride (NEDA) สร้างสีม่วงอมชมพู (Varshney and Singh, 2003) ปฏิกิริยาแสดงในภาพ 1.4



ภาพ 1.4 ปฏิกิริยาการสร้างสีของ NO_2^-

ที่มา : http://mtsu32.mtsu.edu:11233/Smog-Atm1.htm

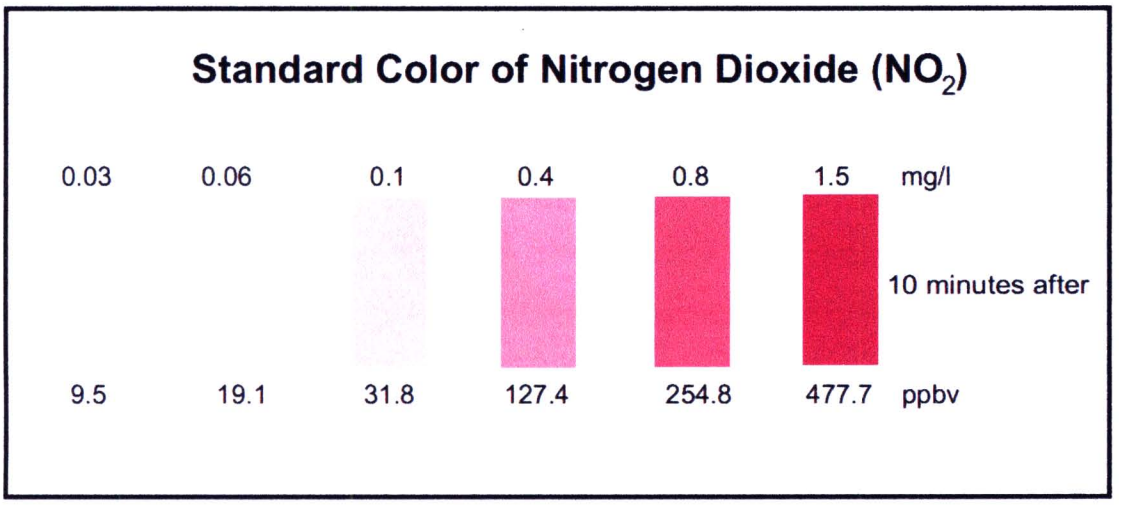
1.4 ชุดทดสอบอย่างง่าย (test-kit) สำหรับการหาปริมาณไนโตรเจนไดออกไซด์ในอากาศ

ชุดทดสอบหาปริมาณไนโตรเจนไดออกไซด์ในอากาศอย่างง่าย ตามภาพ 1.5 ของ Chalernrom (2008) ห้องปฏิบัติการวิจัยเคมีสิ่งแวดล้อม สาขาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ สามารถใช้ในการตรวจหาปริมาณไนโตรเจนไดออกไซด์ในอากาศได้ซึ่งให้ผลไปในทิศทางเดียวกันกับการตรวจหาปริมาณไนโตรเจนไดออกไซด์ในอากาศด้วยวิธีทางสเปคโตรโฟโตมิทรี

หลักการของชุดทดสอบอย่างง่ายนี้ใช้วิธีการเทียบสีของสารละลายตัวอย่างกับแถบสีมาตรฐานที่พัฒนาขึ้น (ภาพที่ 1.6) อุปกรณ์เก็บตัวอย่างที่ใช้ในการทดลองประกอบด้วยหลอดพอลีพรอพิลีนซึ่งบรรจุกระดาษกรองแบบใยแก้ว (GF/A) ชุบด้วยตัวดูดซับไนโตรเจนไดออกไซด์ TEA 20% บรรจุลงในกล่องป้องกันตลอดการเก็บตัวอย่าง เพื่อลดผลกระทบจากสภาวะทางอุตุนิยมวิทยา ไนโตรเจนไดออกไซด์ในอากาศถูกจับโดยตัวดูดซับในหลอดเก็บตัวอย่างในรูปของไนไตร์ท หลังจากการเก็บตัวอย่างทำการสกัดตัวอย่างด้วยการเติมน้ำกลั่น 2 มิลลิลิตร และตามด้วยสารละลายซอลท์ซมันน์ 2 มิลลิลิตร ตั้งทิ้งไว้ 10 นาทีแล้วนำมาเทียบกับแถบสีมาตรฐานไนโตรเจนไดออกไซด์ (Chalernrom, 2008)

ภาพ 1.5 ชุดทดสอบอย่างง่าย (test-kit) สำหรับการหาปริมาณไนโตรเจนไดออกไซด์ในอากาศ

ที่มา : Chalernrom (2008)



ภาพ 1.6 แถบสีมาตรฐาน

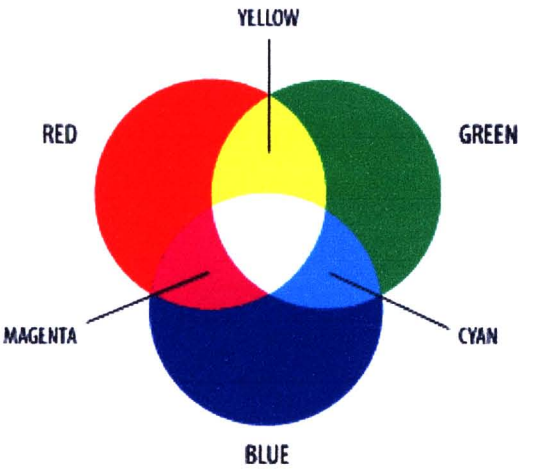
ที่มา : Chalernrom (2008)

1.5 การประยุกต์ใช้กล้องดิจิตอลเพื่อถ่ายภาพสารละลายไนโตรเจนไดออกไซด์

การใช้สายตาของมนุษย์แยกแยะความแตกต่างของระดับสีเป็นไปได้ยากมาก ดังนั้นจึงต้องอาศัยเครื่องมือที่สามารถแยกเฉดสีได้ละเอียด จึงได้ประยุกต์ใช้กล้องถ่ายภาพดิจิตอลในการเป็นเครื่องมือจัดแยกสีโดยสามารถให้ค่าเป็นตัวเลขได้ชัดเจน

1.5.1 ค่าสีมาตรฐาน RGB

การใช้กล้องดิจิตอลถ่ายภาพแล้วทำการแปลค่าสีที่ได้จากการถ่ายรูปเป็นการช่วยให้ทราบค่าสีที่แม่นยำมากกว่าการใช้ตาเปล่าจำแนกเฉดสี ระบบการเก็บค่าสีของกล้องดิจิตอลเรียกว่าระบบแม่สีบวก sRGB (ภาพ 1.7) ซึ่งสามารถแยกแม่สีออกเป็น 3 สี ได้แก่ R (red : สีแดง) G (green : สีเขียว) และ B (blue : สีน้ำเงิน) โดยแต่ละสีมีค่า 0-255 แปลเป็นเฉดสีได้ 16.7 ล้านสี ระบบสี sRGB นี้ถูกคิดค้นโดย Hewlett-Packard และ Microsoft เพื่อใช้งานในจอภาพคอมพิวเตอร์ เครื่องปริ้นเตอร์ และอินเตอร์เน็ต ในช่วงหลัง จอภาพ LCD กล้องถ่ายรูปดิจิตอล เครื่องปริ้นเตอร์ และ เครื่องสแกนเนอร์ต่างก็ใช้มาตรฐานสีนี้เป็นหลักเหมือนกันเพื่อให้การแสดงสีสันของภาพเป็นอันหนึ่งอันเดียวกัน (Hemsley, 2006)



ภาพ 1.7 สี RGB

ที่มา : http://dba.med.sc.edu

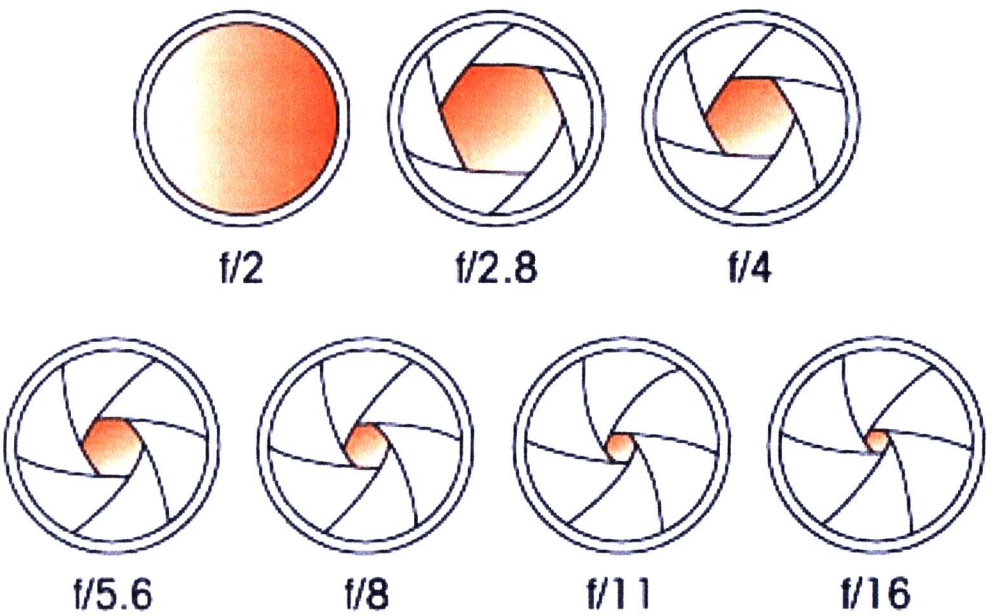
1.5.2 ส่วนประกอบของกล้องถ่ายรูปดิจิตอล

ส่วนประกอบของกล้องถ่ายรูปดิจิตอลที่สำคัญ (Hemsley, 2006) ได้แก่

(1) เลนส์ (Lens) มีหน้าที่รวมแสงจากวัตถุ เพื่อให้ตกลงบนฟิล์มถ่ายภาพแบบอิเล็คทรอนิกส์ชนิด charge-coupled device (CCD) หรือ Complementary metal–oxide–semiconductor (CMOS) ชนิดของเลนส์แยกตามทางยาวโฟกัส เรียกหน่วยว่า มิลลิเมตร (mm) โดยช่วงที่มีลักษณะทัศนมิติใกล้เคียงกับสายตาคนมากที่สุดคือช่วง 50mm

ภาพ 1.8 เลนส์ 50mm

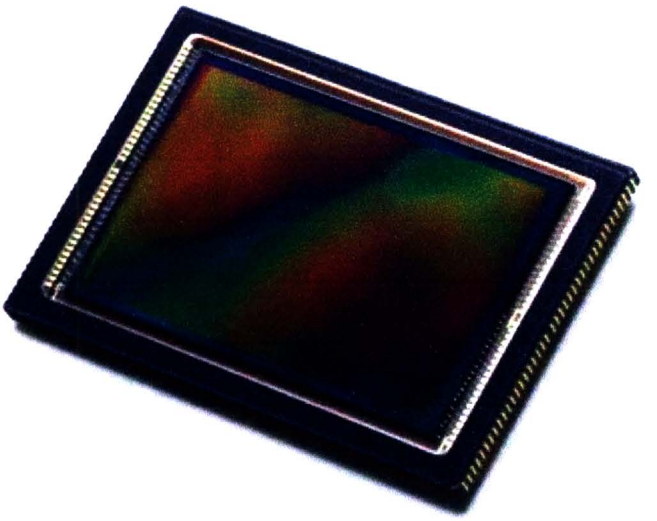
(2) ไดอะแฟรม หรือ รูรับแสง ทำหน้าที่ควบคุมปริมาณแสงที่จะมาในกล้องถ่ายภาพ ค่าที่ใช้ควบคุมปริมาณแสงด้วยรูรับแสงจะเรียกว่า aperture value หรือค่า f-number (f) ซึ่งตัวเลขน้อยกว่าหมายถึงการเปิดไดอะแฟรมที่กว้างกว่า



ภาพ 1.9 ไดอะแฟรม หรือ รูรับแสง

(3) ชัตเตอร์ (Shutter) ทำหน้าที่กำหนดเวลาที่จะให้แสงตกกระทบตัวรับภาพ มีค่าเป็นเศษส่วน 1 วินาที เช่น 1/100s คือ 1 ใน 100 วินาที เป็นต้น การเปิดรับค่าแสงที่นานขึ้นจะทำให้ภาพสว่างมากขึ้น

(4) ตัวรับภาพ (Image sensor) ทำหน้าที่ในการรับแสงแล้วเปลี่ยนเป็นสัญญาณไฟฟ้าและทำหน้าที่ประมวลผลต่อไป ตัวรับภาพหลักจะมีอยู่ 2 ชนิดคือ CCD (Charge Coupled Device) และ CMOS (Complementary Metal Oxide Semiconductor) ซึ่งทำจาก Silicon ด้วยกันทั้งคู่



ภาพ 1.10 ตัวรับภาพประเภท CMOS

(5) วงจรของกล้องถ่ายภาพ เป็นส่วนที่ใช้ในการสร้างรูปภาพขึ้นจากสัญญาณไฟฟ้าที่ได้รับมาจากตัวรับภาพ ในส่วนนี้ส่วนที่สำคัญคือ ระบบสมดุลแสงสีขาว (WB : White balance) ซึ่งเป็นระบบกำหนดโทนสีของภาพให้ตรงตามความเป็นจริงมากที่สุด และ ค่าความไวแสง (ISO ; International Organization for Standardization) ซึ่งเป็นค่าการตอบสนองต่อแสงมากหรือน้อย

จากส่วนประกอบของกล้องดิจิตอลที่ได้กล่าวมานี้ เป็นส่วนที่กำหนดคุณภาพของภาพ โทนสีของภาพ ดังนั้นการควบคุมการถ่ายภาพในงานวิจัยเพื่อให้ได้มาตรฐานเป็นอันหนึ่งอันเดียวกันตั้งแต่เริ่มต้นจนจบการทดลอง จึงจำเป็นต้องควบคุมปัจจัยดังกล่าวให้เหมือนกันทั้งหมด

1.6 วัตถุประสงค์การทดลอง

1.6.1 เพื่อพัฒนาและผลิตแถบสีมาตรฐานให้มีความละเอียดสูงสำหรับชุดทดสอบการหาปริมาณไนโตรเจนไดออกไซด์ในอากาศ

1.6.2 เพื่อพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป เพื่อหาความเข้มข้นของไนโตรเจนไดออกไซด์ในอากาศจากภาพถ่ายสีของสารละลายตัวอย่าง