บทที่ 10
การเก็บตัวอย่างอากาศที่เป็นก๊าซ

สสารในธรรมชาติมี 3 สถานะ คือ ก๊าซ ของเหลว และของแข็ง ซึ่งมีสมบัติแตกต่างกันไป สำหรับก๊าซนั้นจะมีแรงดึงดูดระหว่างอนุภาคน้อยกว่าสสารอีกสองสถานะ สมบัติทางกายภาพส่วนใหญ่จะขึ้นกับปริมาตร อุณหภูมิ ความดัน รวมทั้งงจำนวนโมลของก๊าซนั้นๆ ผู้ที่ทำการตรวจวัดการเก็บตัวอย่างหรือประเมินตัวอย่างอากาศที่เป็นก๊าซ จึงมีความจำเป็นที่จะต้องเข้าใจถึงพฤติกรรมของก๊าซ ปัจจุบันมีการพัฒนาเครื่องมือเก็บตัวอย่างอากาศชนิดที่สามารถอ่านค่าได้โดยตรง แต่อย่างไรก็ตามก็ยังมีความจำเป็นในการเก็บตัวอย่างอากาศจากแหล่งกำเนิดไปทำการวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการเพื่อควบคุมปัจจัยสภาพแวดล้อมต่างๆ ด้วยเหตุผลในเรื่องความถูกต้องแม่นยำของมลพิษที่ทำการตรวจวัด

พื้นฐานด้านทฤษฎีเกี่ยวกับก๊าซ

สุวิมล เรืองศรี (2559) ได้สรุปเกี่ยวกับสมบัติโดยทั่วไปของก๊าซว่าขึ้นกับปริมาตร (V) อุณหภูมิ (T) ความดัน (P) รวมทั้งจำนวนโมลของก๊าซ (n) จากการศึกษาพบว่า ก๊าซมีสมบัติที่แตกต่างจากของแข็งและของเหลวคือ มีลักษณะโปร่งใส (Transparent) สามารถมองผ่านได้ มีความหนาแน่นต่ำ อนุภาคอยู่ห่างกันทำให้เกิดการแพร่กระจายได้เร็ว รูปร่างและปริมาตรของก๊าซ ขึ้นนอยู่กับภาชนะที่บรรจุ และปริมาตรของก๊าซจะเปลี่ยนแปลงอย่างมากเมื่ออุณหภูมิเปลี่ยนไป จากสมบัติข้างต้นสามารถเขียนสมการสภาวะ (Equation Of State) เพื่อระบุความสัมพันธ์ได้ดังสมการที่ (10.1)

$$V = V(P,T,n) \quad \text{.....................} \quad (10.1)$$

ซึ่งหมายความว่า ปริมาตรเป็นฟังก์ชันของความดัน อุณหภูมิ และจำนวนโมลของสาร โดยจะเกิดการเปลี่ยนแปลงไปตามความดัน อุณหภูมิ และจำนวนโมลของก๊าซนั้น

1. ปริมาตร

เนื่องจากปริมาตรของก๊าซ ขึ้นนอยู่กับภาชนะที่บรรจุ หน่วยของปริมาตรจึงขึ้นกับปริมาตรที่บรรจุนั้น ๆ หน่วยที่นิยมใช้คือ ลิตร (L) มิลลิลิตร (ml) ลูกบาศก์เซนติเมตร (cm^3) ลูกบาศก์เดซิเมตร (dm^3) แต่ตามข้อกำหนดของเอสไอ (International System Of Units, SI) หน่วยของปริมาตรที่ใช้คือ ลูกบาศก์เซนติเมตร (cm^3) และลูกบาศก์เดซิเมตร (dm^3) โดยที่แต่ละหน่วยมีความสัมพันธ์กัน ดังสมการที่ (10.2-10.3)

$1\ L = 1\ dm^3 = 10^{-3} m^3$..................... (10.2)

$1\ ml = 1\ cm^3 = 10^{-6} m^3$..................... (10.3)

2. อุณหภูมิ

อุณหภูมิ เป็นหน่วยที่ใช้วัดระดับความร้อนของระบบโดยเครื่องมือที่เรียกว่า เทอร์มอมิเตอร์ (Thermometer) หรือเทอร์มอคัปเปิล (Thermocouple) มาตราที่ใช้บอกระดับอุณหภูมิมีทั้ง เซลเซียส (ºC) ฟาเรนไฮต์ (ºF) และเคลวิน (K) ในการศึกษาเกี่ยวกับก๊าซ และอุณหพลศาสตร์ หน่วยของอุณหภูมิที่ใช้ คือ เคลวิน ซึ่งเป็นอุณหภูมิสัมบูรณ์ (Absolute Temperature) และมีความสัมพันธ์กับหน่วยเซลเซียส ดังสมการที่ (10.4)

K = 273.15+ºC..................... (10.4)

3. ความดัน

ความดัน (Pressure) คือ แรงต่อหน่วยพื้นที่ การวัดความดันทำได้โดยใช้เครื่องมือที่เรียกว่า บารอมิเตอร์ (Barometer) ซึ่งประกอบด้วยหลอดแก้วยาวบรรจุด้วยปรอทจนเต็ม แล้วนำไปคว่ำลงในอ่างบรรจุปรอทจากการทดลองพบว่า ปรอทในหลอดแก้วจะลดลงเพียงบางส่วน โดยปรอทในหลอดแก้วจะไหลออกจนกระทั่งความดันที่เกิดจากความสูงของปรอท (h มีหน่วยเป็น มิลลิเมตรปรอท, mmHg) มีค่าเท่ากับความดันภายนอก ซึ่งเป็นความดันของบรรยากาศที่ดันอยู่บนผิวของปรอทในอ่างนั่นเอง ในการวัดความดันได้กำหนดระดับมาตรฐาน (Standard Atmosphericpressure, atm) โดยกำหนดให้ความสูงของปรอทที่ประมาณ 760 mmHg ที่ระดับน้ำทะเล ณ อุณหภูมิ 0ºC เป็นระดับมาตรฐานซึ่งค่าที่ได้นี้จะขึ้นกับตำแหน่งที่ทำการทดลองวัดความสูงด้วยนั่นคือในพื้นที่สูง ค่าความดันจะต่ำกว่า 1 atm เช่น ที่ความสูง 4250 m ความสูงของปรอทมีค่า 480 mmHg หรือ 0.63 atm เป็นต้น (Kask & Rawn, 1993, p. 373) ในส่วนที่เป็นช่องว่างเหนือปรอทในหลอดแก้ว ถือว่าเกือบจะไม่มีความดัน เสมือนอยู่ในภาวะสุญญากาศ ทั้งนี้เนื่องจากปรอทมีความดันไอสูงมากที่อุณหภูมิปกติ จึงไม่พบอะตอมของปรอทในสถานะก๊าซอยู่เลยบางครั้งเรียกภาวะนี้ว่า ภาวะสุญญากาศทอริเซลเลียน (Torricellian Vacuum) เพื่อเป็นเกียรติแก่ทอริเซลลี (Evangelista Toricelli) นักฟิสิกส์ชาวอิตาลี ผู้สร้างบารอมิเตอร์

4. จำนวนโมลของก๊าซ

จำนวนโมลของก๊าซเป็นปริมาณของสาร โดยมีหน่วยเป็น โมล (Mol) ซึ่งมีจำนวนอนุภาคเท่ากับเลขอโวกาโดร (Avogadro's Number, NA) โดยที่ก๊าซ 1 โมล มีจำนวนอนุภาคเท่ากับ 6.02 x 1023 อนุภาคมีปริมาตรเท่ากับ 22.414 dm^3 ที่ STP เมื่อ STP (Standard Temperature And Pressure) เป็นสภาวะมาตรฐาน กำหนดไว้ที่อุณหภูมิ 0ºC และความดัน 1 atm (สำหรับก๊าซ)

การเก็บตัวอย่างอากาศที่เป็นก๊าซ

การเก็บตัวอย่างอากาศ ใช้หลักการสำคัญคือการดูดซึมการดูดซับการแทนที่การควบแน่นและการใช้ถุงเก็บ ตัวอย่างอากาศซึ่งแต่ละหลักการก็จะมีวิธีการแตกต่างกันอย่างไรก็ตามการเก็บตัวอย่างอากาศที่เป็นก๊าซมีอยู่มากมายหลายวิธีซึ่งในที่นี้จะได้กล่าวถึงเฉพาะรายละเอียดของวิธีการเก็บตัวอย่างมลพิษทางอากาศที่เป็นก๊าซและไอระเหยที่เป็นที่นิยมและยังมีการใช้เก็บตัวอย่างอากาศอย่างแพร่หลาย4 วิธีคือ การเก็บตัวอย่างอากาศโดยการดูดซึมการเก็บตัวอย่างอากาศโดยการดูดซับก๊าซ การเก็บตัวอย่างอากาศด้วยถุงเก็บตัวอย่างอากาศและการเก็บตัวอย่างอากาศโดยวิธีแพสซิฟ

1. การเก็บตัวอย่างก๊าซโดยวิธีการดูดซึม (Absorption)

การเก็บตัวอย่างมลพิษทางอากาศโดยวิธีนี้ใช้หลักการที่มลพิษทางอากาศที่เป็นก๊าซและไอระเหยจะถูกแยกตัวออกจากตัวอย่างอากาศโดยการถูกดูดซึมไว้ในของเหลวหรือสารที่ทำหน้าที่เป็นตัวกลางในการดูดซึมซึ่งมลพิษทางอากาศจะละลายหรือรวมตัวเป็นเนื้อเดียวกันกับของเหลวหรือสารที่ทำหน้าที่เป็นตัวกลางในการดูดซึมสิ่งสำคัญสำหรับการเก็บมลพิษทางอากาศที่เป็นก๊าซและไอระเหยโดยวิธีนี้คือการเลือกใช้ตัวกลางในการดูดซึม (Absorption Medium) ที่เหมาะสมโดยพิจารณาจากความสามารถในการละลายได้ของมลพิษสมบัติในการทำปฏิกิริยาของมลพิษที่จะเก็บและวิธีการวิเคราะห์ได้แก่การใช้น้ำกลั่นเป็นตัวกลางสำหรับดูดซึมก๊าซและไอระเหยที่ละลายได้ในน้ำเช่นการใช้กรดซัลฟิวริกดูดซึมก๊าซโมโนเมธิลอะนิลีนและส่งวิเคราะห์ที่ห้องปฏิบัติการโดยวิธีก๊าซโครมาโตกราฟี (Gas Chromatography/ Flamed Ionization Detector: GC/FID) การใช้สารเอธิลอะซิเตตดูดซึมก๊าซเตตระไนโตรมีเทนและส่งวิเคราะห์ที่ห้องปฏิบัติการโดยวิธีก๊าซโครมาโตกราฟี (Gas Chromatography/Nitrogen phosphorous detector: GC/NPD) เป็นต้นวิธีการเก็บตัวอย่างมลพิษทางอากาศโดยวิธีนี้ทำได้โดยการดูดอากาศผ่านหลอดบรรจุสารละลายที่ทำหน้าที่เป็นตัวกลางในการดูดซึมเพื่อให้มลพิษที่เป็นก๊าซและไอระเหยที่เจือปนอยู่ในอากาศละลายอยู่ในสารละลายดังกล่าวจากนั้นจึงนำสารละลายที่อยู่ในหลอดเก็บตัวอย่างอากาศเทใส่ขวดแก้วเล็กๆ (Vial) แล้วนำส่งไปวิเคราะห์ที่ห้องปฏิบัติการ

เครื่องมือสำหรับการเก็บตัวอย่างอากาศโดยวิธีการดูดซึมนั้นสามารถใช้เก็บตัวอย่างมลพิษได้ทั้งแบบพื้นที่ (Area Sampling) และแบบติดตัวบุคคล (Personal Sampling) ซึ่งในการเก็บตัวอย่างมลพิษขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ของผู้ใช้ว่าต้องการเก็บตัวอย่างมลพิษซึ่งเครื่องมือเหล่านี้ที่นิยมใช้กันอยู่ในปัจจุบันแบ่งออกเป็น 3 ประเภทคือ

1.1 Simple Gas Wash Bottle ใช้สำหรับเก็บตัวอย่างมลพิษทางอากาศที่เป็นก๊าซและไอระเหยที่สามารถละลายได้ดีในของเหลวที่เป็นตัวดูดซึมและมลพิษสามารถเปลี่ยนสภาพเป็นสารละลายได้เกือบสมบูรณ์เช่นเมทธานอลในน้ำและเอสเทอร์ในแอลกอฮอล์โดยเครื่องมือประเภทนี้เรียกว่า Midget Impinge ซึ่งเป็นเครื่องมือที่ได้รับความนิยมในการเก็บตัวอย่างมลพิษเป็นอย่างมาก (ภาพที่ 10.1)

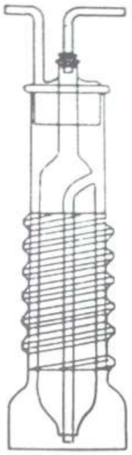
ภาพที่ 10.1 Midget Impinger, Glass, 25 ml
ที่มา: SKC Ltd., (2017)

1.2 Fritted Bubblers เป็นเครื่องมือที่ได้รับความนิยมในการเก็บตัวอย่างอากาศอย่างแพร่หลายเช่นเดียวกับ Midget Impinger แต่ Fritted Bubblers จะมีประสิทธิภาพในการเก็บตัวอย่างมลพิษดีกว่าและสามารถเก็บตัวอย่างมลพิษทางอากาศที่เป็นก๊าซและไอระเหยที่ละลายได้ค่อนข้างน้อยในของเหลวที่เป็นตัวกลางในการดูดซึมโดยใช้หลักการคือเมื่อตัวอย่างอากาศผ่านมายัง Fritted Glass Bubblers ซึ่งจุ่มอยู่ในของเหลวที่เป็นตัวดูดซึมจะทำให้เกิดฟองเล็กๆเป็นจำนวนมากเพื่อเพิ่มพื้นผิวในการที่มลพิษจะสัมผัสกับของเหลวตัวกลางและเพิ่มระยะเวลาในการสัมผัสกับของเหลวตัวกลางมากขึ้นเช่นกันทำให้ประสิทธิภาพในการละลายเป็นสารละลายของมลพิษเพิ่มมากขึ้นโดยทั่วไปแล้วมักใช้อัตราการไหลของการเก็บตัวอย่างอากาศน้อยกว่า Impinger เมื่อใช้ตัวดูดซึมชนิดเดียวกันตัวอย่างของเครื่องมือประเภทนี้ดังแสดงใน (ภาพที่10.2)

ภาพที่ 10.2 Fritted Bubblers, Glass, 25 ml

ที่มา: Zefon International, Inc., (2017)

1.3 Spiral Absorber เป็นเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บตัวอย่างมลพิษทางอากาศที่เป็นก๊าซและไอระเหยที่ละลายได้ปานกลางในตัวกลางที่ใช้เป็นตัวดูดซึมโดยเครื่องมือประเภทนี้จะคล้ายกับ Midget Impinge แต่จะแตกต่างกันคือเพิ่มการออกแบบให้มีขดเป็นวงโดยทำให้ตัวอย่างอากาศผ่านเข้าไปในขดที่เป็นวงนี้แล้วผ่านไปยังของเหลวตัวกลางซึ่งจะทำให้ใช้ระยะเวลาในการเก็บตัวอย่างนานกว่าประเภทแรก 5–10 เท่าทั้งนี้การที่ตัวอย่างอากาศไหลผ่านขดที่เป็นวงดังกล่าวจะเป็นการเพิ่มระยะเวลาให้มลพิษในตัวอย่างอากาศสัมผัสกับของเหลวตัวกลางได้นานขึ้นซึ่งจะช่วยให้มลพิษละลายในของเหลวตัวกลางได้ดีขึ้นกว่าเครื่องมือประเภทแรกทำให้เพิ่มประสิทธิภาพในการเก็บมากยิ่งขึ้น (ภาพที่10.3)



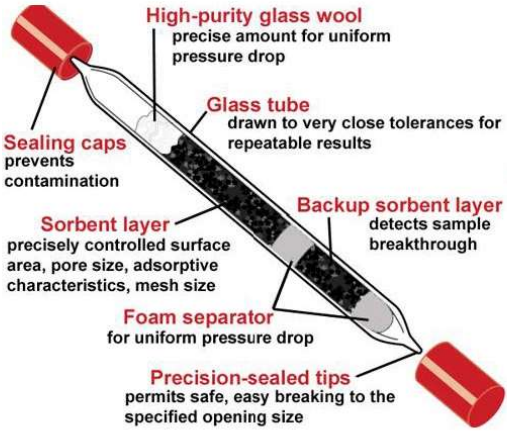
ภาพที่ 10.3 Spiral Absorber

ที่มา: Richard H. Brown and Lee E. Monteith, (1995)

2. การเก็บตัวอย่างอากาศโดยวิธีการดูดซับ (Adsorption)

การเก็บตัวอย่างอากาศวิธีนี้ใช้หลักการมลพิษทางอากาศที่เป็นก๊าซและไอระเหยจะถูกแยกตัวออกจากตัวอย่างอากาศโดยการถูกดูดซับไว้ด้วยตัวกลางที่มีสมบัติในการดูดซับโดยไม่ทำปฏิกิริยากับตัวมลพิษซึ่งการเก็บตัวอย่างมลพิษทางอากาศวิธีนี้เป็นวิธีที่นิยมแพร่หลายที่สุดในการเก็บตัวอย่างมลพิษทางอากาศที่เป็นก๊าซและไอระเหยที่ไม่สามารถละลายได้หรือไม่ไวในการทำปฏิกิริยาและถึงแม้มลพิษในตัวอย่างอากาศจะมีน้อยก็สามารถใช้วิธีนี้ได้วิธีการเก็บตัวอย่างมลพิษทางอากาศวิธีนี้ทำได้โดยการดูดตัวอย่างอากาศเข้าไปในหลอดแก้วที่บรรจุสารที่เป็นของแข็งที่เป็นรูพรุนสามารถดูดซับก๊าซและไอระเหยได้ดีได้แก่ ผงถ่านกัมมันต์ (Activated Charcoal) ซิลิกาเจล (Silica Gel) อะลูมินา (Activated Alumina) และโมเลคูลาร์ซีฟส์ (Molecular Sieves) เมื่อตัวอย่างอากาศผ่านเข้าไปในหลอดแก้วอนุภาคของมลพิษจะถูกดูดซับไว้ที่พื้นผิวของสารที่ใช้เป็นตัวดูดซับโดยไม่มีการเปลี่ยนแปลงทางเคมีหรือกายภาพ จากนั้นจึงนำตัวดูดซับที่ดูดซับมลพิษไว้ไปทำการแยกสารมลพิษที่เป็นก๊าซและไอระเหยออกโดยใช้สารตัวทำละลายที่เป็นของเหลวเช่นคาร์บอนไดซัลไฟด์หรือแยกโดยการใช้ความร้อนเพื่อทำการวิเคราะห์ความเข้มข้นของมลพิษต่อไปการเก็บตัวอย่างมลพิษทางอากาศที่เป็นก๊าซและไอระเหยโดยหลักการดูดซับเป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพมาก

สถาบันสุขภาพและความปลอดภัยของคนงานแห่งชาติ (The National Institute for Occupational Safety and Health: NIOSH)แนะนำให้ใช้สารดูดซับเป็นถ่านกัมมันต์ที่บรรจุอยู่ในหลอดที่ยาว 7 เซนติเมตร เส้นผ่านศูนย์กลางภายนอก 6 มิลลิเมตร เส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 4 มิลลิเมตร ช่วงหน้าหลอดบรรจุถ่านกัมมันต์ 100 กรัม ช่วงหลังหลอด 50 กรัมและมีแผ่นโพมกั้นเพื่อป้องกันการหยุดออกขณะเก็บตัวอย่าง ส่วนช่วงหน้าหลอดจะมีใยแก้วบรรจุอยู่ (กุลยา โอตากะ, 2545 อ้างโดยศิวพันธุ์ ชูอินทร์ 2556: 50) (ภาพที่10.4)



ภาพที่ 10.4 โครงสร้างของหลอดดูดซับ

ที่มา : SKC Ltd., (2017)

โดยตัวดูดซับที่นิยมใช้ได้แก่ผงถ่านกัมมันต์และซิลิกาเจลซึ่งบรรจุอยู่ในหลอดแก้วเรียกว่าหลอดผงถ่านกัมมันต์และหลอดซิลิกาเจลซึ่งตัวดูดซับที่เป็นผงถ่านกัมมันต์ใช้เก็บตัวอย่างมลพิษทางอากาศได้แก่

สารกลุ่มอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอน (Aromatic Hydrocarbon) เช่น โทลูอีน (Toluene) ไซลีน (Xylene) สารกลุ่มไฮโดรคาร์บอน (Hydrocarbon) เช่น ไซโคลเฮกเซน (Cyclohexane) เอ็น-เฮกเซน (N-hexane) เป็นต้นตัวดูดซับที่เป็นซิลิกาเจลใช้เก็บตัวอย่างมลพิษทางอากาศได้แก่อะนิลีน (Aniline) โอ-โทลูอิดีน (O-Toluidine) (ภาพที่10.5-10.6)

ภาพที่ 10.5 หลอดผงถ่านกัมมันต์ (Activated Carbon Tube)
ที่มา : SKC Ltd., (2017)

ภาพที่ 10.6 หลอดผงซิลิกาเจล (Silica Gel Tubes)
ที่มา : SKC Ltd., (2017)

เมื่อทำการเก็บตัวอย่างเสร็จสิ้นแล้วจะต้องนำหลอดเก็บตัวอย่างไปผ่านขบวนการนำสารออก จากนั้นจึงทำการวิเคราะห์ตามวิธีของ US.EPA หรือ NIOSH โดย NIOSH ได้เสนอแนวทางในการเก็บตัวอย่างสารมลพิษไว้ดังนี้ (ตารางที่ 10.1)

ตารางที่ 10.1 สารมลพิษทางอากาศกับชนิดของสารดูดซับที่ใช้

สารมลพิษทางอากาศ	ชนิดของการดูดซับ
เบนซีน(Benzene)	Coconut Shell Charcoal Tube
แอซีโทน (Acetone)	Coconut Shell Charcoal Tube
Acetonitrile	Coconut Shell Charcoal Tube
Acetylene tetrabromide	Tenax
Biphenyl	Tenax
Chlordane	Chromosorb 102

ที่มา: ศิวพันธุ์ ชูอินทร์, (2556น.51)

3. การเก็บตัวอย่างอากาศโดยใช้ถุงเก็บตัวอย่างอากาศ (Sampling Bag)

การเก็บตัวอย่างอากาศด้วยวิธีนี้เป็นวิธีการที่แพร่หลายวิธีหนึ่งการเก็บตัวอย่างอากาศโดยใช้เครื่องเก็บตัวอย่างอากาศดูดอากาศที่มีมลพิษทางอากาศเข้าไปเก็บไว้ในถุงเก็บตัวอย่างอากาศซึ่งมีขนาดและรูปทรงต่างๆกันโดยมีขนาดตั้งแต่ 1-250 ลิตรและทำจากวัสดุต่างๆเช่นโพลีเอสเตอร์ (Polyester) โพลีไวนิลคลอไรด์ (Polyvinyl Chloride) เทฟลอน (Teflon) จากนั้นนำถุงเก็บตัวอย่างอากาศดังกล่าวส่งไปวิเคราะห์ที่ห้องปฏิบัติการการเลือกใช้ถุงเก็บตัวอย่างอากาศเป็นวิธีการที่ไม่ยุ่งยากประหยัดค่าใช้จ่ายเพราะสามารถนำมาใช้ซ้ำได้หลายครั้งสะดวกต่อการนำไปเก็บตัวอย่างอากาศในภาคสนามสามารถเก็บตัวอย่างมลพิษทางอากาศที่เป็นก๊าซและไอระเหยที่มีสารอินทรีย์หรือสารอนินทร์เจือปนอยู่ในระดับความเข้มข้นตั้งแต่ส่วนในพันล้านส่วนจนถึงมากกว่าร้อยละ 10 ของปริมาตรอากาศและสามารถเก็บตัวอย่างอากาศไว้ได้หลายวันก่อนส่งไปทำการวิเคราะห์นอกจากนี้ยังเหมาะสมและสะดวกต่อการเตรียมก๊าซและไอระเหยที่ทราบค่าความเข้มข้นเพื่อใช้ปรับความถูกต้องของเครื่องมือ (ภาพที่ 10.7-10.8)

ภาพที่ 10.7 ถุงเก็บตัวอย่างอากาศ

ที่มา : SKC Ltd., (2017)

ภาพที่ 10.8 ถุงเก็บตัวอย่างอากาศและชุดกระเป๋าเก็บตัวอย่างอากาศ
ที่มา : SKC Ltd., (2017)

การเลือกใช้ถุงเก็บตัวอย่างอากาศควรคำนึงถึงปฏิกิริยาที่อาจเกิดขึ้นระหว่างก๊าซและไอระเหยของมลพิษกับวัสดุที่ใช้ทำถุงเก็บตัวอย่างอากาศจึงควรทราบข้อมูลเกี่ยวกับวัสดุที่ใช้ทำถุงเก็บตัวอย่างอากาศต่างๆเพื่อประกอบการพิจารณาเลือกถุงเก็บตัวอย่างอากาศให้เหมาะสมกับมลพิษทางอากาศและที่สำคัญก่อนที่จะนำถุงเก็บตัวอย่างอากาศไปใช้เก็บตัวอย่างมลพิษทางอากาศควรทดสอบหารอยรั่วทุกครั้งเพื่อให้การเก็บตัวอย่างมลพิษทางอากาศมีประสิทธิภาพมากที่สุด

4. การเก็บตัวอย่างอากาศโดยวิธีแพสซิฟ

การเก็บตัวอย่างอากาศเพื่อนำไปศึกษาวิเคราะห์โดยวิธีแพสซีฟ (Passive Sampling) ซึ่งเป็นวิธีการที่ไม่ต้องใช้ปั้มดูดอากาศ หลักการทำงานโดยอาศัยหลักการแพร่ของโมเลกุลของมลสาร มลสารจะถูกจับบนกระดาษกรองที่อิ่มตัวด้วยสารเคมีที่มีความเฉพาะเจาะจงกับมลสารที่ต้องการ ตรวจวัดการแพร่ของโมเลกุลก๊าซเป็นไปตามกฎการแพร่ของฟิกค์ (Fick’s Law Of Distribution) (วนิดา จีนศาสตร์, 2551) ได้สรุปเกี่ยวกับข้อดีของการเก็บตัวอย่างอากาศแบบแพสซีฟคืออุปกรณ์มีขนาดเล็ก น้ำหนักเบา ราคาถูก และไม่ต้องใช้ไฟฟ้าทำให้สามารถนำไปติดตั้งเพื่อตรวจสอบได้ง่ายแม้ในสถานที่ที่ไม่มีไฟฟ้า โดยเรียกอุปกรณ์ที่ใช้ในการเก็บตัวอย่างมลสารด้วยวิธีนี้ว่าแพสซีฟ (Passive Sampling) เทคนิคนี้นำมาใช้ในการตรวจวัดปริมาณของก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ การตรวจวัดโอโซน เบนซีน แอมโมเนีย ฟอร์มัลดีไฮด์ เป็นต้น อุปกรณ์เก็บตัวอย่างอากาศชนิดนี้อาศัยหลักการทำงานอย่างง่าย โดยใช้กระดาษกรองชุบสารเคมีที่มีความเหมาะสมเพื่อดูดซับก๊าซไว้และมีตาข่าย (Screen) ที่ทำจากเหล็กไร้สนิมเพื่อกันฝุ่นและแมลง นอกจากนี้ยังสามารถลดการผันผวนของอากาศ (Turbulent) ได้อีกด้วย

เนื่องจากตาข่ายจะมีตาที่ค่อนข้างละเอียดจึงทำหน้าที่ช่วยกรองอากาศที่ผ่านเข้ามา ส่วนประกอบสำคัญของแพสซีฟแซมเปลอร์มี 3 ส่วน ดังนี้

4.1 ส่วนประกอบที่เป็นโครงสร้างของแพสซีฟ เป็นส่วนประกอบที่ทำหน้าที่ประกอบส่วนอื่นเข้าด้วยกัน ขนาดพื้นที่หน้าตัดและความยาวของส่วนที่ทำเป็นโครงสร้าง ในส่วนของการแพร่ของแพสซีฟมีผลต่ออัตราเก็บตัวอย่าง (Sampling Rate, S) ของแพสซีฟซึ่งมีค่าเท่ากับสมการที่ (10.5)

$$S = \frac{DxA}{L} \quad \text{.....................} (10.5)$$

เมื่อ S = อัตราการเก็บตัวอย่างอากาศ (ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที)

L = ความยาวของเส้นทางการแพร่ (Diffusion Path) ของแพสซีฟ (เมตร)

A = พื้นที่หน้าตัดของเส้นทางการแพร่ของแพสซีฟ (ตารางเมตร)

D = สัมประสิทธิการแพร่ (Diffusion Coefficient) (ตารางเมตรต่อวินาที)

ดังนั้น แพสซีฟที่มีรูปแบบที่แตกต่างกันจะมีอัตราการเก็บตัวอย่างและประสิทธิภาพในการตรวจวัดมลสารที่แตกต่างกัน สำหรับวัสดุที่ใช้เป็นโครงสร้างของแพสซีฟอาจทำจากโพลิเทนหรือพลาสติก ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับการออกแบบของแต่ละบริษัทที่จัดทำขึ้นมา เรียกส่วนประกอบนี้ว่า แคสเส็ท (Cassette)

4.2 แผ่นที่ถูกดูดซับด้วยสารเคมีที่ใช้ในการดักจับมลสาร (Impregnated Absorbing Pad) เรียกอีกอย่างหนึ่งว่ากระดาษกรองที่ใช้ในการเก็บตัวอย่าง (Sample Filter) เป็นส่วนที่ประกอบด้วยกระดาษกรองและสารเคมีที่ใช้ในการดูดจับมลสาร กระดาษกรองโดยทั่วไปมักใช้กระดาษกรองใยแก้ว (Glass Fiber Filter) เพราะทนต่อสารเคมี ส่วนสารเคมีที่ใช้ดักจับจะแตกต่างกันตามชนิดของมลสารที่ต้องการทำการตรวจวัด เช่น การตรวจวัดซัลเฟอร์ไดออกไซด์ใช้สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ การตรวจวัดแอมโมเนียใช้กรดซิตริก การตรวจวัดโอโซนใช้สารละลายโซเดียมไนไตรท์กับโซเดียมคาร์บอเนต นอกจากนี้การตรวจวัดมลสารชนิดหนึ่งอาจใช้สารเคมี ดักจับได้หลายชนิด เช่น ไนโตรเจนไดออกไซด์อาจใช้ไตรเอทานอลามีน หรือโซเดียมไฮดรอกไซด์กับโซเดียมไอโอไดด์ซึ่งมีประสิทธิภาพและปฏิกิริยาที่ใช้ในการดูดจับคล้ายกัน (Hooper, 2001 อ้างโดย วนิดา จีนศาสตร์, 2551)

4.3 ส่วนกันการแพร่ (Diffusion barrier) เป็นส่วนประกอบที่ใช้ในการกักเก็บปริมาตรอากาศภายในแพสซีฟช่วยในการควบคุมอัตราการเก็บตัวอย่างให้คงที่ และเป็นส่วนประกอบที่ใช้ในการป้องกันแมลงหรือฝุ่นละออง ซึ่งวัสดุที่ใช้อาจจะแตกต่างกันไปในแต่ละบริษัท เช่น อาจใช้ตะแกรงสแตนเลส (Stainless Steel Mesh) และแผ่นเมมเบรนเทฟลอน (Teflon Membrane Filter) เป็นต้น

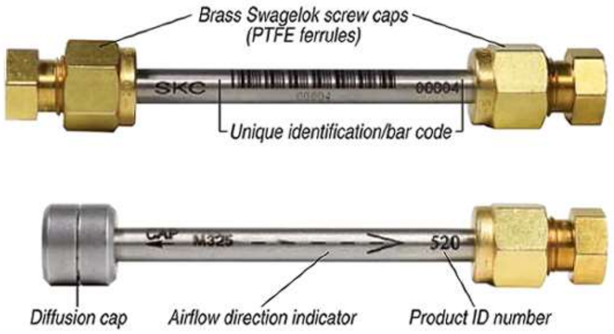
แพสซีฟสามารถแบ่งเป็นประเภทต่างๆ ตามมลสารที่จะตรวจวัด เช่น H_2S, NO_x, SO_X, O_3, NH_3 และกรดอินทรีย์ (Organic Acid) เป็นต้น มลสารที่แตกต่างกันก็จะถูกจับด้วย สารเคมีที่แตกต่างกันและมีวิธีการวิเคราะห์ที่แตกต่างกันออกไป ดังแสดงในตารางที่ 10.2

ตารางที่ 10.2 สารเคมีที่ใช้ในการจับมลสารและวิธีการวิเคราะห์

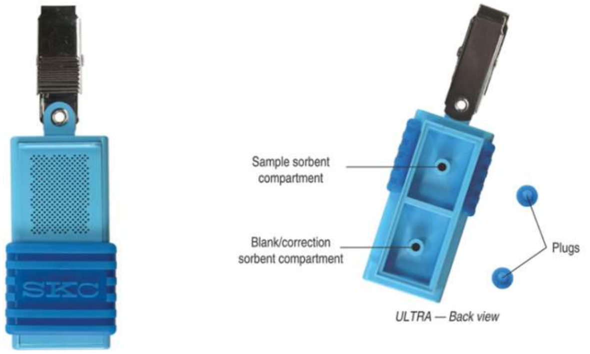
มลสาร	สารเคมีที่ใช้ดักจับ	วิธีการวิเคราะห์
SO_2	1.0 x 10^{-2}mol L^{-1} Na_2CO_3	Ion chromatography
O_3	1.5 x 10^{-1}mol L^{-1} $NaNO_2$/2.0 x 10^{-1}mol L^{-1} Na_2CO_3/1.0^{-1}mol L^{-1} Glycerol	Ion chromatography
NO_2	5.0 x 10^{-1}mol L^{-1} KI /2.0 x 10^{-1}mol L^{-1} KOH in methanol	Molecular spectrophotometry UV-VIS
H_2S	5.5 x 10^{-1}mol L^{-1} Zinc acetate /1.0 x 10^{-1}mol L^{-1}NaOH/1.0 x 10^{-2}mol L^{-1}trisodium citrate	Molecular spectrophotometry UV-VIS

ที่มา: Vania et al., (2010)

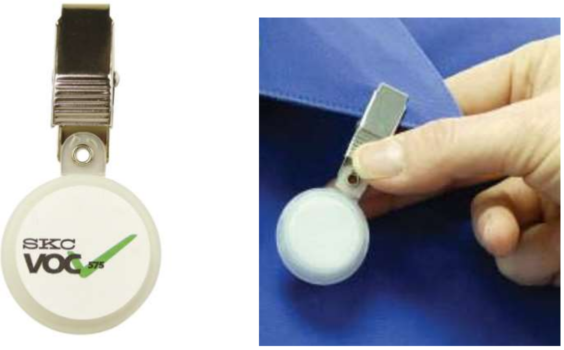
นอกจากนี้ประเภทของแพสซีฟยังสามารถแบ่งตามลักษณะรูปร่างที่ใช้ ทั่วไปได้ 2 แบบ คือ แบบทรงกระบอก (Tube Type) (ภาพที่ 10.9) และแบบตลับ (Cassette Type) (ภาพที่10.10-10.11)



ภาพที่ 10.9 แพสซีฟแบบทรงกระบอก (Tube Type) สำหรับตรวจวัดสารระเหยอินทรีย์
ที่มา : SKC Ltd., (2017)



ภาพที่ 10.10 แพสซีฟแบบแบบตลับสำหรับตรวจวัดสารประกอบอินทรีย์กึ่งระเหย (SVOCs)
ที่มา : SKC Ltd., (2017)



ภาพที่ 10.11 แพสซีฟแบบแบบตลับ (Cassette Type) สำหรับตรวจวัดสารระเหยอินทรีย์

ที่มา : SKC Ltd., (2017)

เทคนิคการตรวจวัดมลพิษทางอากาศ

การตรวจวัดสารมลพิษทางอากาศประกอบด้วยการตรวดวัดในบรรยากาศภายนอกอาคาร การตรวจวัดจากแหล่งกำเนิด การตรวจวัดในสถานประกอบการการตรวจวัดเพื่อดูผลกระทบเฉพาะบุคคล และการตรวจวัดเพื่อวตัถุประสงค์อื่น เช่น เพื่อควบคุมกระบวนการผลิตแบบที่ใช้อ้างอิง (Reference) และแบบเทียบเท่า (Equivalent) และยังแบ่งออกเป็นอีก 2 กลุ่ม คือ วิธีวิเคราะห์ด้วยมือหรือโดยสารเคมีหรือในห้องปฏิบัติการ (Manual) และแบบที่ใช้เครื่องมือวิเคราะห์อย่างต่อเนื่องอัตโนมัติ (Automated) วิธีวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการจะต้องมีวิธีการและขั้นตอนตามที่กำหนดไว้โดยจะต้องปฏิบัติตามวิธีนั้นๆ อย่างเคร่งครัด แต่สำหรับวิธีการวิเคราะห์อย่างต่อเนื่องอัตโนมัติจะใช้เครื่องมือที่มีหลักการตามที่กำหนดไว้และเป็นวิธีที่มีการนำมาใช้กันมากในปัจจุบันเพราะให้ผลการตรวจที่ถูกต้องรวดเร็ว (รภัทร เอกนิฐิเศรษฐ, 2562) ได้สรุปวิธีการตรวจวัดมลพิษทางอากาศได้ดังนี้

1. การตรวจวัดก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์

วิธีการตรวจวัดก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ที่ใช้กันในปัจจุบน ในประเทศต่างๆ และในประเทศไทย ใช้วิธีการตรวจวดั ตามวิธีการมาตรฐานและวิธีการเทียบเท่าขององค์กรพิทักษ์สิ่งแวดล้อมของประเทศสหรัฐอเมริกา กำหนดวิธีการวัดก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ด้วยระบบเคมีลูมิเนสเซนซ์ (Chemiluminescence) เป็นวิธีการมาตรฐานและวิธีการทางเคมีวิธีโซเดียมอาร์ซีไนต์ (Sodium Arsenite) และวิธีทีจีเอส-เอเอ็นเอสเอ (TGS-ANSA) เป็นวิธีการเทียบเท่า

1.1 วิธีเคมีลูมิเนสเซนซ์หลักการเคมีลูมิเนสเซนซ์ คือ เครื่องมือวัดทำการตรวจปริมาณความเข้มข้นของก๊าซออกไซด์ของไนโตรเจนทั้งหมดและก๊าซไนทริกออกไซด์ก่อนแล้วจึงนำค่าของทั้งสองมาหักออกจากกันก็จะได้ความเข้มข้นของก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ โดยในขั้นแรกจะตรวจวัดก๊าซไนทริกออกไซด์ก่อนโดยอาศัยหลักการที่ก๊าซไนทริกออกไซด์ทำปฏิกิริยากับโอโซนแล้วให้ก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์

และออกซีเจน ก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ที่เกิดนั้นส่วนหนึ่งจะอยู่ในสภาวะกระตุ้น พลังงานแสงที่ออกมาจะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับปริมาณก๊าซไนทริกออกไซด์ สามารถตรวจวัดปริมาณได้สำหรับการตรวจวัดออกไซด์ของไนโตรเจนทั้งหมดทำได้โดยการเปลี่ยนออกไซด์ของไนโตรเจนตัวอื่นๆ ให้กลายเป็นก๊าซไนทริกออกไซด์แล้ววัดปริมาณไนทริกออกไซด์ทั้งหมด ซึ่งจะมีค่าเท่ากับค่าออกไซด์ของไนโตรเจนทั้งหมด จากนั้นวงจรอิเล็กทรอนิกส์ในเครื่องมือวัดจะคำนวณค่าความเข้มข้นของก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์โดยนำค่าความเข้มข้นของก๊าซไนทริกออกไซด์ที่ตรวจวัดได้ในตอนแรกมาหักค่าความเข้มข้นของก๊าซออกไซด์ของไนโตรเจนทั้งหมดหลังจากการเปลี่ยนก๊าซออกไซด์ต่างๆ เป็นก๊าซไนทริกออกไซด์แล้ว

1.2 วิธีโซเดียมอาร์ซีไนต์ มีหลักการคือเมื่อดูดตัวอย่างอากาศที่ต้องการตรวจวัดผ่านเข้ามาในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (Sodium Hydroxide: NaOH) กับโซเดียมอาร์ซีไนต์แล้วจะเกิดเป็นไนไทรตอ์ออน ขึ้นโดยปริมาณที่เกิดนั้นสามารถตรวจวัดได้โดยวัดการดูดกลืนคลื่นแสงที่ความยาวคลื่นแสง 540 นาโนเมตรหลังจากทำปฏิกิริยากับกรดฟอสฟริก สารซัลฟานิลาไมด์ (Sulfanilamide) และสารเอน-(1-แนปทิล) เอทิลีนไดเอมีนไดไฮโดรคลอไรด์ (N-(1 napthyl) Ethylene Diaminedichydrochloride) หรือสารเอ็นอีดี (NED) แล้ว

1.3 วิธีทีจีเอส-เอเอ็นเอสเอ มีหลักการคือเมื่อดูดตัวอย่างอากาศผ่านสารละลายไทรเอทาโนลาไมน์ (Triethanolamine) สารโซเดียมเมทาไบซัลไฟต์ (Sodium Metabısulfite) ก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์จะทำปฏิกิรยากับสารเคมีเกิดในไทรต์ไอออนซึ่งสามารถตรวจวัดได้โดยให้ไอออนนั้นทำปฏิกิริยากับสารซัลฟานิลาไมด์และสารเอเอ็นเอสเอ (8-Anilinoaphtalen Sulfonic Acid Ammonium Salt) ซึ่งจะเกิดเป็นสารละลายที่มีสี และสามารถดูดกลืนคลื่นแสงได้ที่ความยาวคลื่น 550 นาโนเมตร

2. การตรวจวจก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์

วิธีการตรวจวัดค่าปริมาณความเข้มข้นของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในปัจจุบันใช้วิธีการตรวจวัดตามวิธีการมาตรฐานและวิธีการเทียบเท่าที่กำหนดโดยองค์กรพิทักษ์สิ่งแวดล้อมของประเทศสหรัฐอเมริกา ซึ่งกำหนดวิธีพาราโรซานิลีน (Pararosaniline) เป็นวิธีการมาตรฐานและวิธียูวีฟลูออเรสเซนซ์ (UV fluorescence) เป็นวิธีเทียบเท่า

2.1 วิธีพาราโรซานิลีน เป็นการวดัค่าก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์โดยการดูดตัวอย่างอากาศผ่านสารละลายโพแทสเซียมเททระคลอโรซัลไฟโตเมอคิวเรต (Potassiumtrachlorosulfitome Curate: TCM) เกิดเป็นสารประกอบเชิงซ้อนไดคลอโรซัลไฟไดเมอคิวเรต (Do Oro Ulfitomercurate Complex) และเมื่อทำปฏิกิริยากับสารพาราโรซานิลินและฟอร์มาลดีไฮด์ (Formaldehyde) จะเกิดเป็นสีของกรดพาราโรซานิลีน เมทิล ซัลโฟนิก (Pararosaniline Methylsulfonic Acid) และทำการวัดความสามารถในการดูดคลื่นแสงที่ความยาวคลื่น 548 นาโนเมตร

2.2 วิธียูวฟีลูออเรสเซนซ์มีหลักการคือก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์เมื่อถูกกระตุ้นโดยแสงอัลตราไวโอเลต จะมีพลงังานเพิ่มขึ้นในสภาวะกระตุ้นแล้วจะกลับสู่สภาวะพื้นอย่างรวดเร็วพร้อมกับคายพลังงานแสงออกมาอีกช่วงความถี่หนึ่ง เรียกว่า “ฟลูออเรสเซนซ์” (Fluorescence) จากนั้นทำการตรวจวัดพลังงานแสงและแปลงสัญญาณเป็นความเข้มข้นต่อไป

3. การตรวจวัดก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์

การตรวจวัดเพื่อหาปริมาณความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ที่ใช้กันอยู่ในปัจจุบัน ทั้งในต่างประเทศและประเทศไทย คือการตรวจวัดโดยระบบนันดิสเพอร์ซิฟอินฟาเรด หรือเอ็นดี ไออาร์ (Non Dispersive Infrared Detection: NDIR) เป็นวิธีมาตรฐานและระบบก๊าซฟิลเตอร์คอร์รีเลชัน (Gas Fillter Correlation) เป็นนวิธีเทียบเท่าซึ่งทั้ง 2 วิธีมีหลักการตรวจวดที่คล้ายกันคืออาศัยการดูดซับก๊าซคาร์บอนมอน ออกไซด์ในช่วงคลื่นแสงอินฟาเรดที่ความยาวคลื่น 4.5 ถึง 5 ไมครอน

3.1 เครื่องมือวัดระบบเอ็นดีไออาร์ระบบการตรวจวัดของเครื่องมือวัดจะประกอบด้วยแหล่งกำเนิดรังสีอินฟาเรดฉายรังสีอินฟาเรดผ่านล้อหมุน (Beam Chopper) ทำให้รังสีฉายผ่าน 2 หลอดสลับกัน หลอดแรกเรียกว่า “หลอดอ้างอิง” (Reference Cell) จะบรรจุก๊าซเฉื่อยเอาไว้ซึ่งก๊าซนี้จะไม่ดูดกลืนรังสีอินฟาเรดส่วนอีกหลอดนึงที่รังสีอินฟาเรดฉายผ่านนั้นจะปล่อยให้ตัวอย่างอากาศซึ่งมีการปนเปื้อนของก๊าซคาร์บอนมอนออกไซด์ที่ต้องการตรวจวัดไหลผ่าน หลอดนี้เรียกว่า "หลอดตัวอย่าง (Sample Cell) หลังจากทีรังสีอินฟาเรดได้ฉายผ่านหลอดทั้งสองแล้ว รังสีที่ผ่านออกไปจะถูกตรวจวัด (Detector) ซึ่งได้ติดตั้งไว้ที่ปลายอีกด้านหนึ่งของหลอดทั้งสอง ที่ตัวตรวจวัดนี้ภายในจะเป็นห้อง (Chamber) ห้องที่รับแสงอินฟาเรดจากหลอดอ้างอิง เรียกว่า “ห้องอ้างอิง” (Reference Chamber) และห้องที่รับแสงอินฟาเรดจากหลอดตวัอย่างเรียกว่า “ห้องตวัอย่าง” (Sample Chamber) ห้อง 2 ห้องนี้จะเหมือนกันทุกอย่างและถูกแยกออกจากกันด้วยแผ่นบางๆ ซึ่งยืดหยุ่นได้แผ่นนี้เรียกว่า “แผ่นไดอะเฟรม” (Diaphragm) ปริมาณของรังสีอินฟาเรดที่มาสู่ห้องทั้งสองจะแตกต่างกัน โดยที่ห้องอ้างอิงปริมาณของรังสีอินฟาเรดจะมีเท่าเดิม เพราะไม่ถูกดูดกลืนส่วนที่ห้องตัวอย่างปริมาณรังสีอินฟาเรดจะลดลงเพราะรังสีอินฟาเรดส่วนหนึ่งถูกดูดกลืนโดยก๊าซคาร์บอนมอนออกไซด์ปริมาณที่ลดลงนี้มีความสัมพันธ์โดยตรงกับปริมาณของก๊าซคาร์บอนมอนอนอกไซด์ที่อยู่ในตัวอย่างที่ตรวจวัด ยิ่งมีความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนมอนออกไซด์มาก รังสีอินฟาเรดที่ตรวจวัดก็มีค่าน้อย ทำให้สามารถทราบปริมาณของก๊าซคาร์บอนมอนออกไซดที่มีอยู่ในอากาศได้

3.2 เครื่องมือวัดระบบก๊าซฟิลเตอร์คอร์รีเลชัน มีหลักการคล้ายกับหลักการตรวจวัดวิธีมาตรฐานเอ็นดีไออาร์ การตรวจวัดอาศัยการดูดกลืนรังสีอินฟาเรดของโมเลกุลก๊าซคาร์บอนมอนออกไซด์ที่มีความยาวคลื่น 4.7 ไมครอน การทำงานของเครื่องมือเริ่มจากพลังงานความร้อนสูงสร้างแสงอินฟาเรดฉายผ่านล้อหมุน (Gas Filter Wheel) ทำใหลำแสงสลับไปผ่านหลอดที่บรรจุด้วยไนโตรเจน (หลอดัวอย่าง) และหลอดที่บรรจุก๊าซผสมของไนโตรเจนและก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (หลอดอ้างอิง) ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ที่บรรจุอยู่ในหลอดอ้างอิงจะมีการดูดซึมพลังงานรังสีอินฟาเรดที่ผ่านเข้ามาทั้งหมด ส่วนในห้องตัวอย่างไนโตรเจนจะไม่มีการดูดกลืนแสงอินฟาเรด แต่ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ที่มีอยู่ในตัวอย่างอากาศที่ต้องการตรวจวัดจะทำการดูดกลืนรังสีอินฟาเรดที่ผ่านเข้ามา การดูดกลืนจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับปริมาณของก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ในตัวอย่างอากาศ ปริมาณของก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ที่มีอยู่ ในตัวอย่างมีความสัมพันธ์กับปริมาณลำแสงอินฟาเรดที่อินฟาเรดของโมเลทุลก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ที่ผ่านออกมาจากทั้ง 2 หลอด

ขั้นตอนการเก็บตัวอย่างอากาศด้วยถุงเก็บตัวอย่างอากาศ

อภิรดี ศรีโอภาส (2551) ได้สรุปเกี่ยวกับการเก็บตัวอย่างอากาศมลพิษทางอากาศที่เป็นก๊าซและไอระเหยนิยมด้วยถุงเก็บตัวอย่างอากาศ ใช้เก็บตัวอย่างอากาศที่มีมลพิษเจือปนทั้งที่เป็นก๊าซและไอระเหยแบบอินทรีย์และอนินทรีย์ โดยจะเป็นการเก็บตัวอย่างแบบ Grab Sampling ซึ่งในการเก็บตัวอย่างด้วยถุงเก็บตัวอย่างอากาศมีขั้นตอนที่ต้องดำเนินการดังต่อไปนี้

1. การเตรียมอุปกรณ์

ก่อนเก็บตัวอย่างมลพิษทางอากาศด้วยถุงเก็บตัวอย่างอากาศ ผู้ที่ทำการเก็บตัวอย่างควรเตรียมความพร้อม เพื่อให้มั่นใจว่าทุกอย่างมีพร้อมสำหรับเก็บตัวอย่างอากาศ ซึ่งสิ่งที่ต้องเตรียมประกอบด้วย

1.1 ถุงเก็บตัวอย่างอากาศซึ่งเป็นพลาสติกชนิดต่างๆเช่น ไมลาร์ (Mylar) เทดลาร์ (Tedlar) เทฟลอน (Teflon) หรือโพลีไวนิลคลอไรด์ (Polyvinylchloride) เป็นต้น ควรเลือกชนิดที่สามารถแขวนหรือยึดเข้ากับกระเป๋าหรือขอยึดสำหรับการติดตั้งเข้ากับบุคคลหรือแบบพื้นที่ และมีวาล์วหรือลิ้นเปิด-ปิดเพื่อเก็บตัวอย่างอากาศเข้าสู่เครื่องวิเคราะห์ผล

1.2 ปั๊มดูดอากาศที่มีรูเปิด 2 ทาง ซึ่งรูเปิดหนึ่งจะเป็นรูสำหรับดูดอากาศ ส่วนอีกรูเปิด หนึ่งจะเป็นรูสำหรับเป่าหรือปล่อยอากาศออกหลังจากอากาศผ่านเข้าทางรูดูดอากาศเข้าแล้ว ซึ่งรูเปิดนี้จะใช้สำหรับการเก็บตัวอย่างอากาศเพื่อเป่าอากาศที่มีมลพิษที่เป็นก๊าซและไอระเหยลงในถุงเก็บตัวอย่างอากาศ แล้ว จึงนำถุงเก็บตัวอย่างอากาศนี้ไปวิเคราะห์หาสารมลพิษในห้องปฏิบัติการต่อไป

1.3 สายยางที่ไม่ทำปฏิกิริยา

1.4 พาราฟิล์ม

1.5 เครื่องมือจดบันทึก และแบบบันทึกการเก็บตัวอย่างมลพิษที่ผู้ปฏิบัติงานสัมผัส

2. ประกอบอุปกรณ์เก็บตัวอย่าง

การต่ออุปกรณ์เก็บตัวอย่างมลพิษทางอากาศ มีขั้นตอน คือ ทำการเชื่อมต่อถุงเก็บตัวอย่างอากาศที่ช่องวาล์วสำหรับรับอากาศของถุงเก็บตัวอย่างอากาศกับรูเปิดที่เป่าอากาศของปั๊มด้วยสายยางที่ไม่ทำปฏิกิริยา โดยวาล์วของถุงเก็บตัวอย่างอากาศแต่ละชนิดอาจใช้วิธีเปิด-ปิด ไม่เหมือนกัน เช่น วาล์วบางชนิดอาจใช้วิธีหมุนเปิด-ปิดเพื่อคลายเกลียวในการรับ-ไม่รับอากาศเข้า หรืออาจใช้วิธีดึงขึ้นเพื่อรับอากาศเข้าและกดวาล์วลงเพื่อปิดไม่รับอากาศ ซึ่งนักศึกษาต้องศึกษาวิธีการใช้งานของถุงเก็บ ตัวอย่างอากาศที่นำมาใช้ (ภาพที่ 10.12)

ภาพที่ 10.12 การประกอบอุปกรณ์เก็บตัวอย่างอากาศอากาศด้วยถุงเก็บตัวอย่างอากาศ
ที่มา : SKC Ltd., (2017)

3. การเก็บตัวอย่าง

ทำการเก็บตัวอย่างมลพิษทางอากาศด้วยถุงเก็บตัวอย่างอากาศ ให้กำหนดจุดที่ต้องการจะเก็บตัวอย่างมลพิษทางอากาศอาจเก็บตัวอย่างมลพิษทางอากาศแบบติดตัวบุคคล โดยยึดถุงเก็บตัวอย่างอากาศไว้ที่ตัวผู้ปฏิบัติงานให้แน่นและไม่ขัดขวางการปฏิบัติงาน หรือใส่กล่องพลาสติกแข็งสำหรับแล้ววางในพื้นที่ปฏิบัติงาน เปิดสวิทซ์ปั๊มเป่าอากาศที่ได้รับการสอบเทียบและทราบอัตราการไหลของอากาศ เพื่อเป่าอากาศเข้าถุงเก็บตัวอย่างอากาศ ซึ่ง NIOSH กำหนดไว้ว่า ควรเป่าอากาศเข้าถุงเก็บตัวอย่างอากาศไม่เกิน 80% ของขนาดบรรจุของถุงเก็บตัวอย่างอากาศเพื่อป้องกันถุงเก็บตัวอย่างอากาศปริแยกหรือฉีกขาด (NIOSH Manual of Analytical Methods: NMAM, Fourth Edition, 1994) ได้กำหนดการตั้งระยะเวลาการเก็บตัวอย่างอากาศเพื่อให้ได้ปริมาตรอากาศในถุงเก็บตัวอย่างอากาศไม่เกิน 80% โดยพิจารณาจากขนาดของถุงเก็บตัวอย่างอากาศและอัตราการไหลของอากาศ โดยคำนวณระยะเวลาการเก็บตัวอย่างอากาศ ตามสมการที่ (10.6)

$$\text{ระยะเวลาของการเก็บตัวอย่างอากาศ} = \frac{\text{ขนาดบรรจุของถุงเก็บตัวอย่างอากาศ } x\ 80\%}{\text{อัตราการไหลของอากาศ}} \quad \text{.........(10.6)}$$

เมื่อได้อากาศในถุงเก็บตัวอย่างอากาศตามที่ต้องการแล้วให้ปิดปั๊มเป่าอากาศแล้วปิดวาล์วให้สนิท แล้วนำถุงเก็บตัวอย่างอากาศดังกล่าวส่งไปวิเคราะห์ยังห้องปฏิบัติการในระยะเวลาที่ NIOSH Method กำหนด ซึ่งขึ้นอยู่กับชนิดของสารมลพิษ เพราะหากทิ้งไว้นานอาจทำให้ผนังถุงเก็บตัวอย่างดูดซับสารมลพิษไว้หรือสาร มลพิษซึมผ่านผนังถุงเก็บตัวอย่างออกไป ทำให้การวิเคราะห์ค่าความเข้มข้นของสารมลพิษผิดพลาดได้

4. ข้อควรระวังในการเก็บตัวอย่างมลพิษทางอากาศ

การเก็บตัวอย่างมลพิษทางอากาศที่เป็นก๊าซและไอระเหยด้วยถุงเก็บตัวอย่างอากาศให้ความสะดวก และประหยัดค่าใช้จ่ายในการเก็บตัวอย่างอากาศ โดยสามารถนำถุงเก็บตัวอย่างอากาศมาใช้ใหม่ได้อีก อย่างไรก็ตามก็ยังมีข้อควรระวังในการเก็บตัวอย่างมลพิษทางอากาศด้วยวิธีนี้ อันได้แก่

4.1 ความสะอาดของถุงเก็บตัวอย่างอากาศ โดยถุงเก็บตัวอย่างอากาศจะต้องรับอากาศที่มีสารมลพิษ เจือปนเข้าไปไว้ในถุงเพื่อรอการวิเคราะห์ หากถุงเก็บตัวอย่างอากาศปนเปื้อนสารใดก็จะทำให้ค่าปริมาณของ สารมลพิษเปลี่ยนไปจากที่ควรจะเป็น ดังนั้นจึงต้องเลือกใช้ถุงเก็บตัวอย่างอากาศที่ใหม่ กรณีที่ใช้ถุงเก็บตัวอย่างที่เคยใช้งานมาแล้ว ต้องพิจารณาว่าได้ทำความสะอาดเรียบร้อยแล้ว โดยวิธีการทำความสะอาดถุงเก็บตัวอย่างอากาศทำได้ 2 วิธี ดังนี้

4.1.1 วิธีทำความสะอาดถุงเก็บตัวอย่างอากาศโดยใช้อากาศบริสุทธิ์มาตรฐานทำได้โดย

1) ใช้ปั๊มเป่าอากาศเป่าอากาศบริสุทธิ์มาตรฐานลงในถุงเก็บตัวอย่างอากาศ

2) ใช้ปั๊มดูดอากาศบริสุทธิ์ที่เป่าลงไปในถุงดังกล่าวออกให้หมด

3) ทำซ้ำอย่างน้อย 3 ครั้ง เพื่อให้แน่ใจว่าถุงเก็บตัวอย่างอากาศสะอาด ไม่มีสารมลพิษปนเปื้อนแล้ว จากนั้นปิดวาล์วถุงเก็บตัวอย่างอากาศให้แน่นเพื่อนำไปใช้ต่อไป

4.1.2 วิธีทำความสะอาดถุงเก็บตัวอย่างอากาศโดยใช้หลอดผงถ่านกัมมันต์ทำได้โดย

1) นำหลอดผงถ่านกัมมันต์มาต่อเป็นอนุกรมกันประมาณ 2-3 หลอด

2) เป่าอากาศเข้าถุงเก็บตัวอย่างอากาศจนเต็มขนาดบรรจุของถุงเก็บตัวอย่างอากาศ แล้วใช้ปั๊มดูดอากาศในถุงออกออก โดยการดูดอากาศออกไม่จำเป็นต้องต่อสายยางผ่านหลอดผงถ่านกัมมันต์

3) ทำซ้ำอย่างน้อย 3 ครั้ง เพื่อให้แน่ใจว่าถุงเก็บตัวอย่างอากาศสะอาด ไม่มีสารมลพิษปนเปื้อนแล้ว จากนั้นปิดวาล์วถุงเก็บตัวอย่างอากาศให้แน่นเพื่อนำไปใช้ต่อไป

4.2 การรั่วของถุงเก็บตัวอย่างอากาศ ถุงเก็บตัวอย่างอากาศมีจุดที่ควรระวังเรื่องการรั่วไหล 3 จุด คือ วาล์ว รอยยึดตะเข็บของถุง และที่รอยทะลุฉีกขาด ดังนั้นจึงต้องมีการตรวจสอบรอยรั่วของถุงเก็บตัวอย่าง อากาศซึ่งทำได้ 3 วิธี คือ

4.2.1 การตรวจดูด้วยตาเปล่า เป็นการดูสภาพทั่วไปของถุงเก็บตัวอย่างอากาศที่อาจมีรอยรั่ว เช่น รอยปริของตะเข็บ รอยทะลุ รอยขาด เกลียววาล์วเสียหรือหลวม เป็นต้น

4.2.2 การตรวจดูด้วยน้ำ เป็นการอาศัยการแทนที่อากาศด้วยน้ำ โดยใช้ปั๊มเป่าอากาศที่ไม่ปนเปื้อนสารเคมีและฝุ่นละอองลงในถุงเก็บตัวอย่างอากาศ แล้วปิดวาล์วถุงเก็บตัวอย่างอากาศให้แน่น จึงนำถุงเก็บตัวอย่างอากาศดังกล่าวไปกดลงในภาชนะที่บรรจุน้ำโดยให้น้ำท่วมถุงเก็บตัวอย่างอากาศ สังเกตดูฟองอากาศว่ามีผุดขึ้นมาจากส่วนต่างๆ ของถุงเก็บตัวอย่างอากาศหรือไม่ถ้าไม่มีให้เทน้ำออกให้หมด แล้วทำความสะอาดถุงเก็บตัวอย่างอากาศเพื่อนำไปใช้งานต่อไป

4.2.3 การตรวจดูด้วยปริมาตร ทำได้โดยใช้ปั๊มเป่าอากาศที่ไม่ปนเปื้อนสารเคมีและฝุ่นละอองลงในถุงเก็บตัวอย่างอากาศ แล้วปิดวาล์วถุงเก็บตัวอย่างอากาศให้แน่น จากนั้นให้ปล่อยทิ้งไว้เป็นเว

ลา 2-3 วัน หากถุงเก็บตัวอย่างอากาศนั้นแฟบลงแสดงว่ามีการรั่วไหล ดังนั้นถุงเก็บตัวอย่างอากาศนั้นก็นำไปใช้ไม่ได้ หากไม่มีการรั่วไหล ให้ทำความสะอาดถุงเก็บตัวอย่างอากาศหลังการทดสอบก่อนนำไปใช้งาน

4.3 การทำประวัติถุงเก็บตัวอย่างอากาศ เนื่องจากถุงเก็บตัวอย่างอากาศสามารถนำมาใช้ใหม่ได้ ดังนั้น การทำประวัติการใช้งานของถุงเก็บตัวอย่างอากาศแต่ละถุงจึงเป็นสิ่งจำเป็น เช่น จำนวนครั้งที่ใช้งาน ชนิดของ สารมลพิษที่เคยเก็บตัวอย่าง วันเดือนปีที่ทำความสะอาด เป็นต้น เพราะไม่ควรใช้ถุงเก็บตัวอย่างอากาศเก่าไปเก็บก๊าซและไอระเหยชนิดอื่นที่นอกเหนือจากที่เคยเก็บ เพราะอาจเกิดปฏิกิริยาต่อกัน ซึ่งอาจทำให้ผลการวิเคราะห์ตัวอย่างผิดพลาดได้

4.4 ประเภทของถุงเก็บตัวอย่างอากาศ แม้จะมีการใช้ถุงเก็บตัวอย่างอากาศในการเก็บมลพิษทาง อากาศอย่างกว้างขวางแต่ก็ยังมีข้อจำกัดที่ต้องคำนึงถึงในการเลือกใช้ คือ สมบัติของการดูดซับสาร ซึ่งพลาสติกที่นำมาใช้ทำเป็นถุงเก็บตัวอย่างอากาศต่างก็มีสมบัติดังกล่าวซึ่งอาจเป็นสาเหตุที่ทำให้ได้ปริมาณตัวอย่างมลพิษที่เป็นก๊าซและไอระเหยน้อยกว่าความเป็นจริง จึงควรศึกษารายละเอียดและสมบัติของถุงเก็บตัวอย่างอากาศแต่ละประเภทก่อนนำไปใช้งาน

4.5 การติดตั้งอุปกรณ์เก็บตัวอย่างอากาศ โดยเฉพาะการต่อสายยางเข้ากับส่วนเป่าอากาศของปั๊มซึ่งจะต้องต่อให้แน่นไม่ให้มีการรั่วไหล มิฉะนั้นจะทำให้ปริมาตรอากาศที่อยู่ในถุงเก็บตัวอย่างอากาศน้อยกว่าความเป็นจริง ซึ่งจะทำให้การคำนวณค่าความเข้มข้นของมลพิษน้อยกว่าความเป็นจริง

4.6 ระยะเวลาในการเก็บตัวอย่างอากาศ ซึ่งต้องระมัดระวังเป็นพิเศษเนื่องจากปริมาตรของถุงเก็บ ตัวอย่างอากาศมีจำกัด หากไม่ดูแลเรื่องระยะเวลาการเก็บตัวอย่าง อาจได้ปริมาตรอากาศที่น้อยกว่าความเป็น จริงเนื่องจากปิดปั๊มเป่าอากาศก่อนกำหนด หรือปล่อยเวลานานเกินไปจนทำให้ถุงเก็บตัวอย่างอากาศมีปริมาตรมากกว่าที่กำหนดจนทำให้ถุงได้รับความเสียหายได้

5. การประเมินมลพิษทางอากาศที่เก็บตัวอย่างด้วยถุงเก็บตัวอย่างอากาศ

หลังการเก็บตัวอย่างมลพิษทางอากาศที่แล้ว จะนำถุงเก็บตัวอย่างอากาศไปวิเคราะห์หาความเข้มข้นของสารมลพิษในห้องปฏิบัติการ ซึ่งมีวิธีการวิเคราะห์หลายวิธี ขึ้นอยู่กับชนิดของสารมลพิษตามที่ NIOSH Method กำหนด และเมื่อได้ค่าความเข้มข้นของมลพิษในถุงเก็บตัวอย่างอากาศแล้ว จะต้องนำมาคำนวณความเข้มข้นของปริมาณสารมลพิษต่อปริมาตรอากาศในถุงเก็บตัวอย่างอากาศที่อุณหภูมิและความดันบรรยากาศมาตรฐาน แล้วจึงจะสามารถนำไปเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานต่างๆ ได้ เช่น ค่ามาตรฐานของ OSHA, ACGIH หรือ NIOSH หลักการประเมินความเข้มข้นของปริมาณสารมลพิษต่อปริมาตรอากาศที่เก็บโดยถุงเก็บตัวอย่างอากาศ ใช้หลักการดังนี้ คือ

5.1 การคำนวณปริมาตรอากาศที่อุณหภูมิและความดันบรรยากาศมาตรฐาน สามารถคำนวณตามสมการที่ (10.7)

$$V = \frac{Q\ x\ t\ x\ 1}{10^3}x\frac{298}{T}x\frac{P}{760} \qquad (10.7)$$

เมื่อ

V คือ ปริมาตรอากาศที่อุณหภูมิและความดันมาตรฐาน (m3)

Q คือ อัตราการไหลของอากาศ (L/min)

t คือ ระยะเวลาในการเก็บตัวอย่างมลพิษทางอากาศ (min)

T คือ อุณหภูมิขณะทำการเก็บตัวอย่างอากาศ (K)

P คือ ความดันบรรยากาศขณะทำการเก็บตัวอย่างอากาศ (mmHg)

5.2 การคำนวณความเข้มข้นของมลพิษที่เก็บด้วยถุงเก็บตัวอย่างอากาศต่อปริมาตรอากาศที่อุณหภูมิและความดันบรรยากาศมาตรฐาน ได้ตามสมการที่ (10.8)

$$C(mg\ /m^3) = \frac{W-B(mg)}{V(m^3)} \qquad (10.8)$$

เมื่อ

C คือ ความเข้มข้นของมลพิษต่อปริมาตรอากาศที่อุณหภูมิและความดันมาตรฐาน

(mg/m3)

W คือ ปริมาณสารมลพิษที่ได้จากการวิเคราะห์ในตัวอย่างอากาศ (mg)

B คือ ปริมาณสารมลพิษเฉลี่ยที่ได้จากการวิเคราะห์ใน Field blanks (mg)

V คือ ปริมาตรอากาศที่อุณหภูมิและความดันมาตรฐาน (m3)

หากต้องการปรับให้เป็น ppm ทำได ตามสมการที่ (10.9)

$$\mathrm{c(ppm)} = \mathrm{C(mg/m^3)x}\frac{24.45}{\mathrm{MW}} \qquad (10.9)$$

เมื่อ

C(ppm) คือ ความเข้มข้นของมลพิษ (ppm)

C(mg/m3) คือ ความเข้มข้นของมลพิษต่อปริมาตรอากาศ (mg/m3)

MW คือ น้ำหนักโมเลกุลของสารมลพิษ

5.3 การประเมินการสัมผัสสารมลพิษตลอด 8 ชั่วโมงการทำงาน เพื่อเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐาน ซึ่งในการคำนวณปริมาตรอากาศที่อุณหภูมิและความดันบรรยากาศมาตรฐาน และการประเมินการสัมผัสสารมลพิษตลอด 8 ชั่วโมงการทำงาน ตามสมการที่ (10.10)

$$TWA - 8hr = \frac{C_1T_1+C_2T_2+C_3T_3+..+C_nT_n}{T_1+T_1+T_1+...T_n}$$ .... (10.10)

เมื่อ

TWA-8hr คือ ค่าความเข้มข้นเฉลี่ยของมลพิษตลอดการทำงาน8 ชั่วโมง

C คือ ความเข้มข้นของมลพิษที่ระยะเวลาใดๆ (ppm หรือ mg/m3)

T คือ ระยะเวลาที่เก็บตัวอย่างมลพิษ (min หรือ hr) โดย T1+T2+T3+...Tn = 8hr

การวิเคราะห์ผลจากการตรวจวัด

การเก็บตัวอย่างก๊าซไนตรัสออกไซด์ (Nitrous Oxide, N2O) ด้วยถุงเก็บตัวอย่างอากาศขนาด 20 L จำนวน 2 ตัวอย่างๆ ละ 4 ชั่วโมง ตั้งแต่เวลา 08.00-17.00 น. โดยใช้อัตราการไหลของอากาศ 0.1 L/min อุณหภูมิขณะทำการเก็บตัวอย่างคือ 27 ℃ และความดันบรรยากาศ 760 mmHg เมื่อนำไปวิเคราะห์ด้วยวิธีก๊าซโครมาโตกราฟี (GC-FID) ได้ปริมาณไนตรัสออกไซด์ในตัวอย่างที่ 1-2 จากการวิเคราะห์ตามลำดับ คือ 410 µg และ 380 µg (น้ำหนักโมเลกุลของไนตรัสออกไซด ์= 44) จงประเมินการสัมผัสก๊าซไนตรัสออกไซด์ว่าเป็นไปตามมาตรฐานหรือไม่อย่างไร (NIOSH-TWA กำหนดค่ามาตรฐานไม่เกิน 25 ppm)

วิธีทำ

1. การคำนวณปริมาตรอากาศที่อุณหภูมิและความดันมาตรฐาน (สมการที่10.7)

$$V = \frac{0.1\ x\ 240\ x\ 1}{10^3} x \frac{298}{300} x \frac{760}{760}$$
$$= 0.02m^3$$

2. การคำนวณความเข้มข้นของไนตรัสออกไซด์ต่อปริมาตรอากาศที่อุณหภูมิและความดันมาตรฐาน (ตามสมการที่ 10.9)

2.1 ปริมาณไนตรัสออกไซด์ในตัวอย่างที่ 1 คือ 410 µg = 0.41 mg

$$c(ppm) = C(\frac{0.41}{0.02} x \frac{24.45}{44}$$

$$= 11.27\ ppm$$

2.2 ปริมาณไนตรัสออกไซด์ในตัวอย่างที่ 2 คือ 380 µg = 0.38 mg

$$c(ppm) = C(\frac{0.38}{0.02} x \frac{24.45}{44}$$

$$= 10.45\, ppm$$

2.3 การประเมินการสัมผัสไนตรัสออกไซด์ตลอด 8 ชั่วโมงการทำงาน (ตามสมการที่10.10)

$$TWA - 8hr = \frac{11.27x4+1\ \ .45x4}{4+4}$$

$$= 10.86\, ppm$$

สรุป ผู้ปฏิบัติงานจะสัมผัสก๊าซไนตรัสออกไซด์ในบรรยากาศการทำงานตลอด 8 ชั่วโมงการทำงาน 10.86 ppm ซึ่งไม่เกินค่ามาตรฐานของ NIOSH ที่กำหนดไว้ไม่เกิน 25 ppm

การรายงานผล

กฎกระทรวงกำหนดมาตรฐานในการบริหาร จัดการ และดำเนินการด้านความปลอดภัยอาชีวอนามัย และสภาพแวดล้อมในการทำงานเกี่ยวกับสารเคมีอันตราย พ.ศ. 2556ข้อ 29กำหนดให้สถานประกอบกิจการต้องจัดให้มีการตรวจวัดและวิเคราะห์ระดับความเข้มข้นของสารเคมีอันตรายในบรรยากาศของสถานที่ทำงานและสถานที่เก็บรักษาสารเคมีอันตรายอย่างน้อยปีละหนึ่งครั้งกรณีที่ระดับความเข้มข้นของสารเคมีอันตรายในบรรยากาศของสถานที่ทำงานหรือสถานที่เก็บรักษาสารเคมีอันตรายมีระดับเกินขีดจำกัดความเข้มข้นของสารเคมีอันตราย (Threshold Limit Value: TLV) ตามข้อ 28 แห่งกฎกระทรวงกำหนดมาตรฐานในการบริหาร จัดการ และดำเนินการด้านความปลอดภัย อาชีวอนามัยและสภาพแวดล้อมในการทำงานเกี่ยวกับสารเคมีอันตราย พ.ศ. 2556 ให้นายจ้างใช้มาตรการกำจัดหรือควบคุมสารเคมีอันตรายทางวิศวกรรมและการบริหารจัดการสภาพแวดล้อมเพื่อลดระดับความเข้มข้นของสารเคมีอันตรายมิให้เกินขีดจำกัดดังกล่าว พร้อมทั้งตรวจวัดและวิเคราะห์ระดับความเข้มข้นของสารเคมีอันตรายภายในสามสิบวันนับจากวันที่มีการปรับปรุงแก้ไขแล้วเสร็จ

การรายงานผลการตรวจวัดและวิเคราะห์ระดับความเข้มข้นของสารเคมีอันตรายในบรรยากาศของสถานที่ทำงานและสถานที่เก็บรักษาสารเคมีอันตราย ตามเอกสารรายงานผลการตรวจวัดและวิเคราะห์ระดับความเข้มข้นของสารเคมีอันตรายในบรรยากาศของสถานที่ทำงานและสถานที่เก็บรักษา

สารเคมีอันตราย (สอ.3) ตามแบบฟอร์ม (ตารางที่ 10.3) และให้ส่งรายงานดังกล่าวต่ออธิบดีหรือผู้ซึ่งอธิบดีมอบหมายภายในสิบห้าวันนับแต่วันที่ทราบผลการตรวจวัดและวิเคราะห์ระดับความเข้มข้นของสารเคมีอันตรายการดำเนินการตามวรรคหนึ่ง ต้องได้รับการรับรองรายงานผลจากผู้ดำเนินการตรวจวัดและผู้ดำเนินการตรวจวิเคราะห์สารเคมีอันตรายทางห้องปฏิบัติการการส่งรายงานให้นายจ้างส่งด้วยตนเอง หรือทางไปรษณีย์ หรือทางสื่ออิเล็กทรอนิกส์หรือสื่อเทคโนโลยีสารสนเทศ

ตารางที่ 10.3 แบบฟอร์มรายงานผลการตรวจวัดและวิเคราะห์ระดับความเข้มข้นของสารเคมี

แบบ สอ.3

แบบรายงานผลการตรวจวัดและวิเคราะห์ระดับความเข้มข้นของสารเคมีอันตรายในบรรยากาศ
บริเวณสถานที่ทำงานและสถานที่เก็บสารเคมีอันตราย

ชื่อสถานประกอบกิจการ.......................................เลขทะเบียนนิติบุคคล...

ประเภทกิจการ...เลขที่........................หมู่ที่...............ตรอก/ซอย...................................

ถนน..................................แขวง/ตำบล........................เขต/อำเภอ......................จังหวัด..

รหัสไปรษณีย์..........................โทรศัพท์..........................โทรสาร..........................

ได้ตรวจวัดและวิเคราะห์ระดับความเข้มข้นของสารเคมีอันตรายในบรรยากาศบริเวณสถานที่ทำงานและสถานที่เก็บสารเคมีอันตรายโดย

O ดำเนินการเอง

O นิติบุคคลที่ได้รับอนุญาตตามมาตรา 11 แห่ง พ.ร.บ.ความปลอดภัย อาชีวอนามัย และสภาพแวดล้อมในการทำงาน พ.ศ.2554

ชื่อนิติบุคคลผู้ให้บริการ...เลขทะเบียนนิติบุคคล.................................ใบอนุญาตเลขที่........................

ตั้งแต่วันที่...................................ถึงวันที่..................................

ขอรายงานผลการตรวจวัดและวิเคราะห์ระดับความเข้มข้นของสารเคมีอันตราย ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

ชื่อสาร	วันที่เก็บ	จุดที่เก็บ	จำนวนลูกจ้างที่เกี่ยวข้อง	ชื่อเครื่องวัสดุอุปกรณ์เก็บตัวอย่าง	อัตราดูดอากาศ	ระยะเวลาที่เก็บ	วันที่วิเคราะห์	เครื่องมือวิเคราะห์	ดับความเข้มที่วิเคราะห์ได้	TLVs	เกิน/ไม่เกิน

วิธีการตรวจวัดและการวิเคราะห์ทางห้องปฏิบัติการใช้มาตรฐานของ..

Volume/Edition...หน้า.............................ถึง...

ลงชื่อ.. ลงชื่อ..

(..) (..)

ผู้ดำเนินการตรวจวัดสารเคมีอันตราย ผู้ดำเนินการตรวจวิเคราะห์ทางห้องปฏิบัติการ

ลงชื่อ.. ลงชื่อ..

(..) (..)

นิติบุคคลผู้ให้บริการการตรวจวัดและวิเคราะห์ นายจ้าง/ผู้กระทำแทน

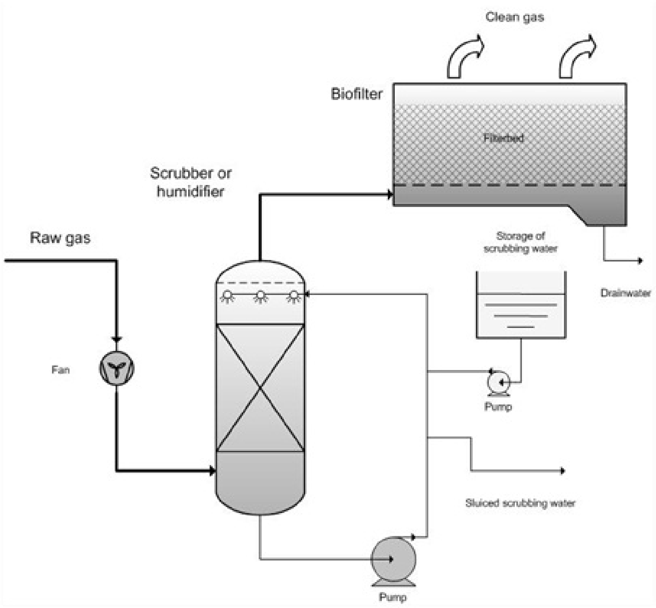
ที่มา: ประกาศกรมสวัสดิการและคุ้มครองแรงงาน, (2559)

แนวทางการดำเนินการหลังการตรวจวัด

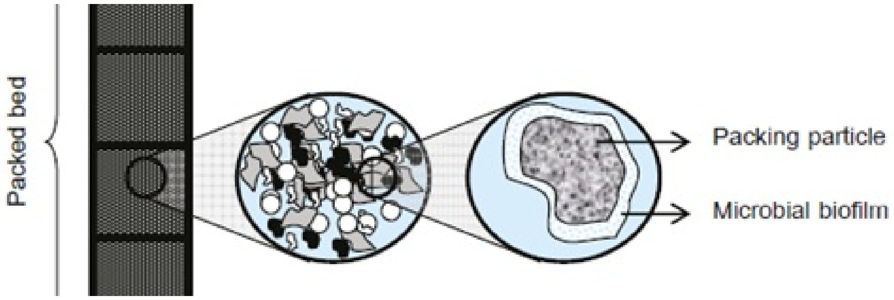
โดยทั่วไปการควบคุมสารมลพิษที่เป็นก๊าซจากแหล่งกำเนิด มีหลายลักษณะตามคุณสมบัติของก๊าซเสียที่นิยมกันมี 3 ชนิด คือ

1. การดูดติดผิว (Adsorption)

ส่วนใหญ่จะใช้กับสารอินทรีย์เป็นละอองไอ และไอออนจากก๊าซเสีย สิ่งที่นิยมใช้เป็นตัวดูดติดผิว ได้แก่ Activated Carbon รองลงมาคือ Silica Gel, Alumina และ Zeolites เป็นต้น ศูนย์วิจัยและพัฒนาการป้องกันและจัดการภัยพิบัติ (2559) ได้สรุปกระบวนการไบโอฟิลเตอร์แสดงดังภาพที่ 10.13 ในขั้นตอนแรกไอระเหยของสาร VOCs (Raw gas) จะถูกป้อนเข้าสู่ระบบปรับความชื้นของก๊าซโดยใช้ Scubber หรือ Humidifier เนื่องจากระบบกรองฟิลเตอร์จะทำงานได้ดี ก๊าซต้องมีความชื้นประมาณ 95% และป้องกันระบบฟิลเตอร์แห้ง หลังจากนั้นปล่อยก๊าซออกสู่ด้านบนเข้าสู่ระบบไบโอฟิลเตอร์ (Biofilter) แสดงภาพจำลองของชั้นกรองและการยึดเกาะของจุลินทรีย์บนอนุภาคของวัสดุกรองในระบบไบโอฟิลเตอร์ดังภาพที่ 10.14 พบว่าในระบบชั้นกรอง (Packed bed) ของระบบไบโอฟิลเตอร์ประกอบด้วย 2 ส่วนคือจุลินทรีย์และวัสดุกรอง โดยจุลินทรีย์จะทำการผลิตไบโอฟิล์มเคลือบผิวภายนอกอนุภาควัสดุกรองเพื่อดักจับอนุภาคของก๊าซ VOCs ที่ไหลผ่าน เข้าสู่ตัวเซลล์เพื่อนำก๊าซที่ได้มาใช้ในกระบวนการเมตาบอลิซึมได้ผลผลิตสุดท้ายเป็นก๊าซชีวมวล น้ำและคาร์บอนไดออกไซด์



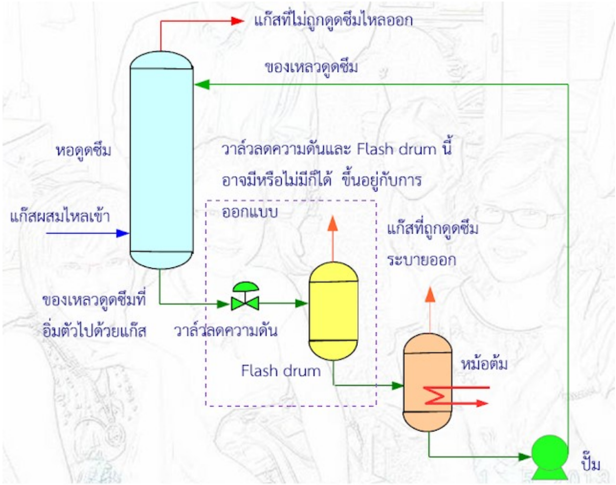
ภาพที่ 10.13 กระบวนการไบโอฟิลเตอร์
ที่มา: ศูนย์วิจัยและพัฒนาการป้องกันและจัดการภัยพิบัติ, (2559)



ภาพที่ 10.14 ชั้นกรองและการยึดเกาะของจุลินทรีย์บนอนุภาคของวัสดุกรองของระบบไบโอฟิลเตอร์
ที่มา: ศูนย์วิจัยและพัฒนาการป้องกันและจัดการภัยพิบัติ, (2559)

2. การดูดซึม (Absorption)

วิธีการโดยผ่านก๊าซเข้าไปทางด้านล่างของหอสูงให้ไหลทวนกับของเหลวที่สะอาดซึ่งเข้าทางด้านบน ในหอสูงส่วนใหญ่บรรจุของแข็งที่เฉื่อย เช่น เศษกระเบื้องเพื่อช่วยให้กระแสกระจายและสัมผัสดีขึ้น มีลักษณะคล้ายกับเครื่องเก็บตะกอนแบบเปียก MO Memoir (2018) ได้สรุปการแยกแก๊สด้วยการดูดซึม (Absorption) อาศัยค่าการละลายที่แตกต่างกันของแก๊สในของเหลว เมื่อให้แก๊สผสมสัมผัสกับของเหลว แก๊สตัวที่ละลายได้ดีกว่าจะย้ายจากเฟสแก๊สเข้าไปอยู่ในเฟสของเหลว ดังนั้นแก๊สที่หลงเหลือจากการสัมผัสจะมีความเข้มข้นของตัวที่ละลายในของเหลวได้น้อยกว่าเพิ่มขึ้น ส่วนของเหลวตัวที่ดูดซึมแก๊สเอาไว้จนอิ่มตัวนั้นจะถูกนำไปให้ความร้อน เพื่อให้แก๊สที่ละลายอยู่นั้นหลุดออกมาจากของเหลว และสามารถนำของเหลวนั้นกลับไปใช้ในการดูดซึมแก๊สได้ใหม่ แผนผังอย่างง่ายของกระบวนการดังกล่าวแสดงในภาพที่ 10.15



ภาพที่ 10.15 แผนผังอย่างง่ายของกระบวนการแยกแก๊สด้วยการดูดซึม (Absorption Process)
ที่มา: MO Memoir , (2018)

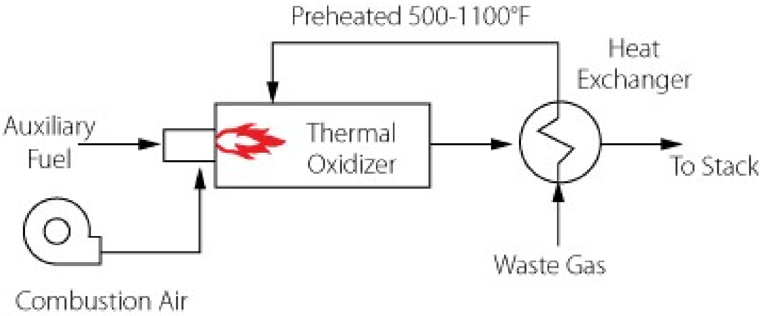
3. การเผาไหม้ (Combustion)

วิธีการนี้เป็นการเปลี่ยนแปลงทางเคมีและทางกายภาพของก๊าซ การเผาไหม้ที่เกิดขึ้นเพื่อกำจัดก๊าซเสียนั้นมี 3 อย่าง ได้แก่

3.1 การเผาไหม้โดยตรง (Direct Combustion) โดยผ่านอากาศเสียและอากาศดีเข้าไปในห้องเผาไหม้

3.2 การเกิดปฏิกิริยาการเติมออกซิเจนที่อุณหภูมิสูง (Thermal Oxidation) หลักการเผาไหม้ แสดงดังภาพที่ 10.16

3.3 วิธีการใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา (Catalytic Oxidation) จะใช้วิธีการขึ้นอยู่กับการกระจาย



ภาพที่ 10.16 การเกิดปฏิกิริยาการเติมออกซิเจนที่อุณหภูมิสูง (Thermal Oxidation)
ที่มา : Process Combustion Corporation, (2017)

จากระบบควบคุมมลสารด้วยหลักการดูดติดผิว (Adsorption) การดูดซึม (Absorption) และการเผาไหม้ (Combustion) ที่กล่าวมาข้างต้นนั้น มีประสิทธิภาพในการกำจัดมลสารในอากาศที่แตกต่างกัน หากจะเลือกใช้วิธีการใดต้องพิจารณาถึงคุณลักษณะของมลสารเป็นสิ่งสำคัญ และแต่ละระบบอาจใช้ร่วมกันเพื่อประสิทธิภาพที่สูงกว่า

กรณีศึกษา

อรณิชา แก้วเทศ กนกวรรณ สังข์ทอง และ ชลดา ธีรการุณวงศ์ (2558) ได้ศึกษาประสิทธิภาพในการดูดซับสารระเหยเบนซีนโดยเทคนิคการเก็บตัวอย่างแบบพาสซีฟ เป็นการศึกษาประสิทธิภาพเครื่องเก็บตัวอย่างอากาศแบบพาสซีพ สร้างหลอดดูดซับสารระเหยเบนซีนซึ่งหลอดดูดซับประกอบด้วยหลอดแก้วที่มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 เซนติเมตร และความยาว 10 เซนติเมตรจากนั้นนำไปดูดซับสารระเหยเบนซีน จากพื้นที่สำรวจภายในและภายนอกอาคาร แล้วนำไปวิเคราะห์ความเข้มข้นด้วยเครื่องก๊าซโครมาโทกราฟโดยใช้เฟลมไอออไนเซชันเป็นเครื่องตรวจวัดผลการศึกษาสภาวะของเครื่องก๊าซโครมาโทกราฟโดยใช้เฟลมไอออไนเซชันเป็นเครื่องตรวจวัด

แนวทางการดูดซับสารระเหยเบนซีน

โดยใช้ถ่านกัมมันต์เป็นตัวดูดซับ และใช้ปริมาณถ่านกัมมันต์ 4 กรัม บรรจุลงในหลอดดูดซับ หลังจากนั้นนำอุปกรณ์เก็บตัวอย่างไปติดตั้งที่ ชั้น 3 สาขาวิชาเคมี ชั้น 4 สาขาวิชาชีววิทยา ตึกคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ประตูทางเข้าโรงแรมต้นน้ำ และ ประตูทางเข้าหน้ามหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์ พบว่า เก็บตัวอย่างอากาศบริเวณ 3 สาขาวิชาเคมี พบว่า สารระเหยเบนซีนที่หลอดดูดซับที่ผลิตขึ้นจะสามารถดูดซับสารระเหยเบนซีนมีความเข้มข้นเฉลี่ยเท่ากับ 1.08 และ 1.01 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งจะเห็นว่าในแต่ละวันจะดูดซับสารระเหยเบนซีนได้ความเข้มข้นที่แตกต่างกันเนื่องจากปัจจัยที่เกี่ยวข้องระหว่างการดูดซับ เช่น ปฏิบัติการทางเคมีที่ใช้เบนซีน อุณหภูมิของวันที่ทำการเก็บตัวอย่าง ความชื้นสัมพัทธ์ ซึ่งถ้าหากอุณหภูมิต่ำจะทำให้มีความชื้นสัมพัทธ์สูง ส่งผลให้เบนซีนระเหยได้ยาก จึงสามารถดูดซับสารระเหยเบนซีนได้น้อยกว่าวันที่มีอุณหภูมิสูงและมีความชื้นสัมพัทธ์ต่ำ นอกจากนี้ยังมีปัจจัยที่เกี่ยวข้อง คือ ทิศทางของลมและความเร็วลม ถ้าหากทิศทางของลมพัดไม่ตรงกับบริเวณที่ตั้งอุปกรณ์เก็บตัวอย่างอากาศจึงทำให้สามารถดูดซับสารระเหยอินทรีย์ได้น้อย ส่วนความเร็วของลมถ้าหากลมมีความเร็วมากเกินไปจะทำให้ตัวดูดซับของอุปกรณ์เก็บตัวอย่างอากาศดูดซับสารระเหยอินทรีย์ได้น้อย เนื่องจาก สารระเหยอินทรีย์มีเวลาสัมผัสกับตัวดูดซับน้อย

โปรแกรมสำเร็จรูปวิเคราะห์สารพิษในบรรยากาศ

การประเมินอันตราย (Hazard Analysis) จากสารเคมีเป็นขั้นตอนที่สำคัญของการจัดทำแผนปฏิบัติการฉุกเฉินจากสารเคมี โดยจะบ่งบอกถึงอันตรายที่อาจจะพบเพื่อการเตรียมพร้อมรับมือกับอันตรายนั้น กระบวนการประเมินอันตรายประกอบด้วย 3 ขั้นตอน ได้แก่ การบ่งชี้อันตราย (Hazard Identification) จากชนิดและปริมาณสารเคมีในพื้นที่ การประเมินผลกระทบ (Vulnerability Analysis) โดยการประเมินรัศมีผลกระทบการรั่วไหลของสารเคมีจากปริมาณการรั่วไหล สภาพภูมิอากาศ และสภาพภูมิประเทศ และการระบุประชากรกลุ่มเสี่ยงและสิ่งแวดล้อมที่อาจได้รับผลกระทบ และการประเมินความเสี่ยง (Risk Analysis) โดยพิจารณาจากโอกาสที่จะเกิดการรั่วไหลและความรุนแรงของผลกระทบ ปัจจุบันได้มีการนำโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป CAMEO (Computerized-Aid Management in Emergency Operation) มาใช้ในการตอบโต้เหตุฉุกเฉินจากสารเคมีอย่างแพร่หลาย CAMEO เป็นโปรแกรมที่จัดทำขึ้นโดยองค์กรพิทักษ์สิ่งแวดล้อมแห่งสหรัฐอเมริกา (US EPA) ร่วมกับหน่วยงาน National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อช่วยในการจัดทำแผนเตรียมความพร้อมในการตอบโต้เหตุฉุกเฉินสารเคมี (Planning) การใช้ข้อมูลประกอบการตอบโต้เหตุฉุกเฉินจากสารเคมีในพื้นที่เกิดเหตุอย่างรวดเร็ว (Response) และการสนับสนุนข้อมูลเพื่อการดำเนินงานตามกฎระเบียบต่างๆ (Compliance) มีรายละเอียดดังนี้

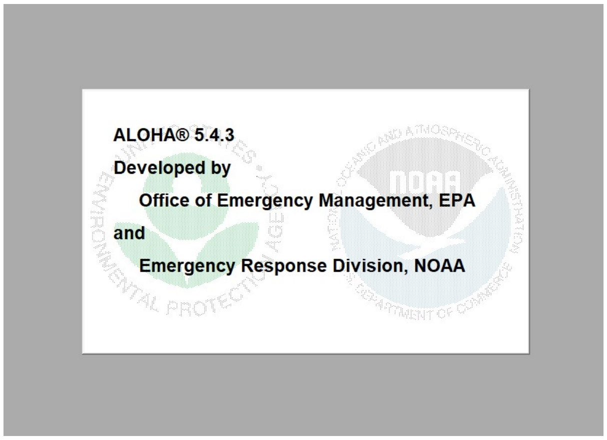
1. ลักษณะของโปรแกรม

CAMEO ประกอบด้วยโปรแกรมย่อย 3 โปรแกรมที่สามารถดึงข้อมูลมาใช้งานร่วมกัน ได้แก่ CAMEO ALOHA และ MARPLOT และสามารถนำมาใช้ได้ 2 ลักษณะ คือ จัดเก็บข้อมูลที่จำเป็นสำหรับการตอบโต้เหตุฉุกเฉินจากสารเคมี ในรูปแบบที่สามารถดึงมาใช้งานได้ง่าย และนำมาช่วยในการวางแผนตอบโต้เหตุฉุกเฉินจากสารเคมีเฉพาะพื้นที่

1.1 CAMEO (Computerized-Aid Management in Emergency Operation) มีลักษณะเป็นฐานข้อมูล มีข้อมูลสารเคมีกว่า 6,000 ชนิด ประกอบด้วยข้อมูลด้านการบ่งชี้สารเคมี อันตรายต่อสุขภาพ อันตรายเมื่อเกิดเพลิงไหม้ อุปกรณ์ป้องกันส่วนบุคคล และวิธีระงับภัยเบื้องต้น ฯลฯ ซึ่งผู้ใช้สามารถค้นหาข้อมูลเมื่อเกิดเหตุได้ อีกทั้งคณะกรรมการจัดทำแผนปฏิบัติการฉุกเฉินจากสารเคมียังสามารถกรอกข้อมูลเพิ่มเติมในส่วนของโรงงานอุตสาหกรรม/สถานประกอบการ สารเคมีที่เก็บและใช้รวมทั้งรายชื่อผู้ที่สามารถติดต่อได้ในกรณีฉุกเฉินเฉพาะพื้นที่ได้ด้วย

1.2 ALOHA (Ariel Location of Hazardous Atmosphere) เป็นแบบจำลองการแพร่กระจายของสารเคมีที่รั่วไหลไปในอากาศตามสภาพภูมิอากาศและลักษณะเฉพาะของสารเคมี สามารถแสดงลักษณะการแพร่กระจาย ทิศทางการแพร่กระจาย และความเข้มข้น ณ ตำแหน่งต่างๆ ของไอสารเคมีบนแผนที่อิเลคทรอนิกส์ Marplot ได้ เมื่อใส่ข้อมูลเฉพาะของเหตุรั่วไหลสารเคมีแล้ว ALOHA จะแสดงผลเรียกว่า "Footprint" ดังภาพที่ 10.17

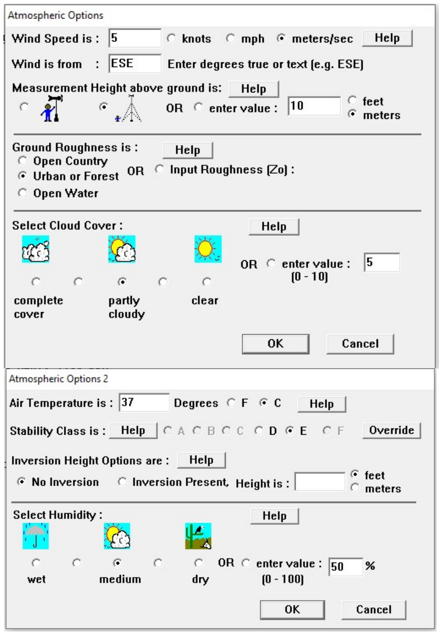
1.3 MARPLOT (Mapping Application for Response, Planning, and Operation) เป็นโปรแกรมที่แสดงข้อมูลเชิงภูมิศาสตร์บนแผนที่อิเลคทรอนิกส์ แสดงที่ตั้งโรงงาน/สถานประกอบการ โรงพยาบาล โรงเรียน แม่น้ำ และถนน เป็นต้น สามารถแสดงพื้นที่เสี่ยงจากการเกิดอุบัติภัยจากสารเคมี โดยแสดงเป็นบริเวณรอบโรงงานที่เกิดเหตุและมีรัศมีตามที่ได้จากการคำนวณของโปรแกรม CAMEO หรือแสดงลักษณะและทิศทางการแพร่กระจายจากการคำนวณของโปรแกรม ALOHA



ภาพที่ 10.17 ตัวอย่างโปรแกรม ALOHA
ที่มา: United States Environmental Protection Agency: EPA

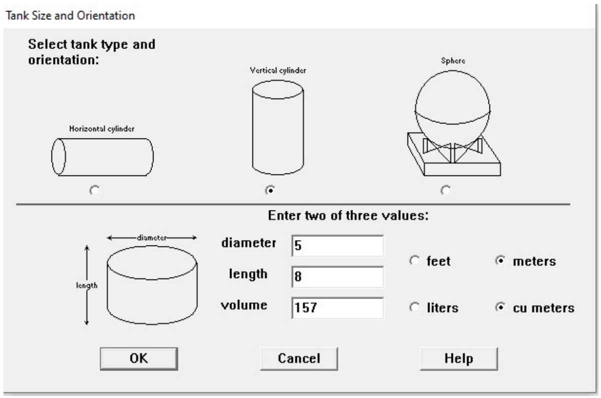
2. การใช้งานโปรแกรม ALOHA

ALOHA มีลักษณะบางอย่างคล้ายกับ Module ซึ่ง CAMEO ใช้ทำนายการเกิดอุบัติภัย (Module Screenings and Scenarios: S&S) แต่ ALOHA มีข้อดีคือ ALOHA มีข้อมูลทางด้านภูมิประเทศของสถานที่เกิดเหตุดีกว่าทั้งนี้เพราะ ALOHA มีฐานข้อมูล Latitude และ Longitude ของเมืองในสหรัฐอยู่ในตัวโปรแกรมเอง แต่ถ้าเป็นสถานที่ในประเทศไทยผู้ใช้จะต้องใส่เพิ่มเข้าไปขณะกรอกข้อมูลเกี่ยวกับสถานที่ข้อมูล Latitude และ Longitude ทำให้ ALOHA คำนวณความหนาแน่นของอากาศ ความสูงของพื้นที่และการทำมุมของแสงอาทิตย์ต่อพื้นที่ได้สิ่งเหล่านี้มีผลโดยตรงต่อการกระจายของสารเคมีในอากาศโดยเฉพาะกรณีที่สารเคมีรั่วไหลลงบนพื้นดินแบบเจิ่งนอง (Puddle) นอกจากนี้ ALOHA ยังมีความรู้ทางอุตุนิยมวิทยาเป็นอย่างดี เช่น สามารถคำนวณความแตกต่างระหว่างวันที่มีฝนตกกับแดดจ้า เข้าใจความแตกต่างระหว่างสถานที่โล่งแจ้งกับกับสถานที่ที่รกรุงรัง ในขณะที่ S&S ของ CAMEOไม่ค่อยเข้าใจนัก ทั้งนี้เพราะ S&S ในส่วนของ Screening จะสมมุติให้เหตุการณ์เลวร้ายที่สุดอยู่เสมอ ส่วน ALOHA เน้นที่ความถูกต้อง ดังนั้น S&S ควรใช้ในกรณีที่ต้องวางแผนรับมืออุบัติภัยแต่ ALOHA ควรใช้เวลาเกิดเหตุจริง การใช้งานขอยกตัวอย่างดังต่อไปนี้

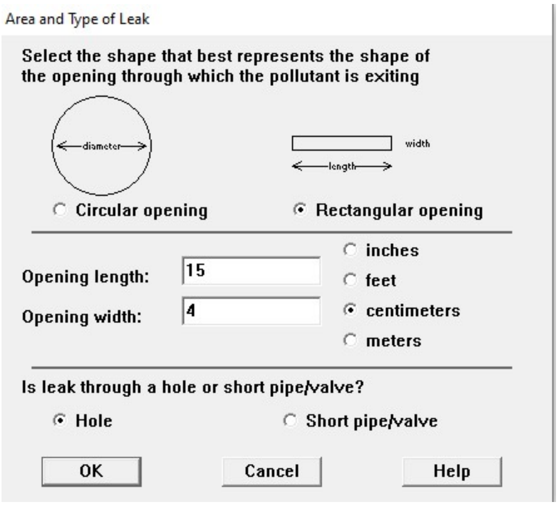


ภาพที่ 10.18 การกำหนดข้อมูลพื้นฐานทางอุตุนิยมวิทยาในโปรแกรม ALOHA

จากภาพที่ 10.18 กำหนดข้อมูลพื้นฐานทางอุตุนิยมวิทยา ประกอบด้วยความเร็วลม ทิศทางลม ลักษณะภูมิประเทศ ปริมาณเมฆ อุณหภูมิ และความชื้น ในโปรแกรม ALOHA เพื่อเป็นข้อมูลประกอบการวิเคราะห์

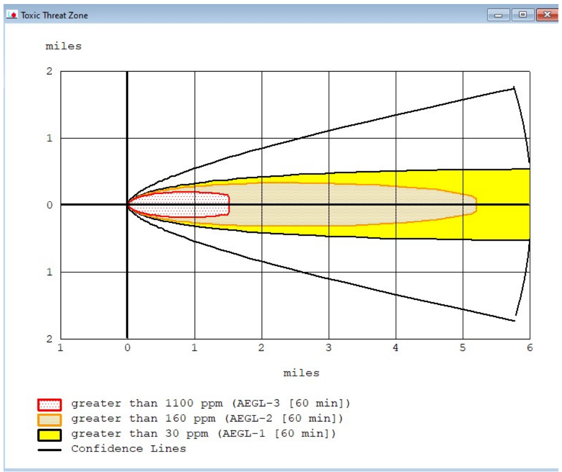


ภาพที่ 10.19 การกำหนดชนิดและขนาดของถังบรรจุสารเคมี



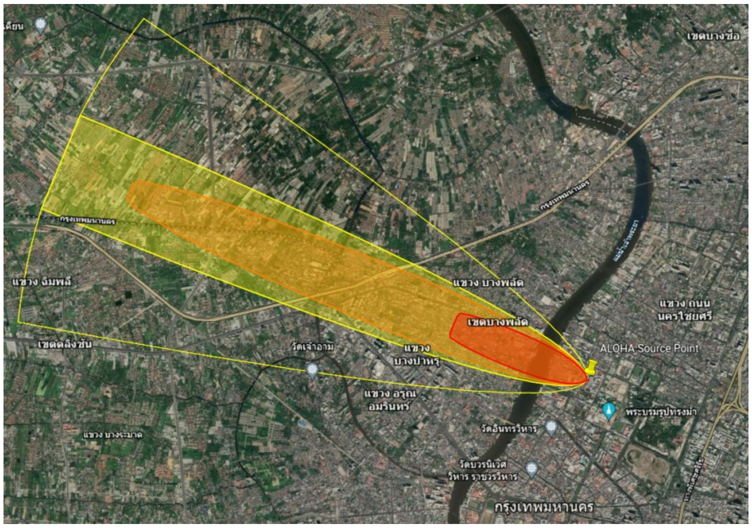
ภาพที่ 10.20 การกำหนดลกษณะและขนาดรอยรั่วของสารเคมี

จากภาพที่ 10.19 การกำหนดชนิดและขนาดของถังบรรจุสารเคมี ตลอดจนปริมาตรของถังบรรจุ ส่วนภาพที่ 10.20 เป็นการจำลองลักษณะการหกรั่วไหล (Circle/Rectangular) ของสารเคมีและตำแหน่งการรั่วไหล ลงในโปรแกรม ALOHA เพื่อเป็นข้อมูลประกอบการวิเคราะห์ในลำดับถัดไป



ภาพที่ 10.21 ผลการวิเคราะห์การกระจายตัวของสารเคมี

จากภาพที่ 10.21 ผลการวิเคราะห์การกระจายตัวของสารเคมีรูปแบบ Footprint การแพร่กระจาย แบ่งเป็น 3 ระดับ ในแต่ละระดับจะแสดงขอบเขตของความเข้มข้นที่แตกต่างกัน ซึ่งระยะทางจากแหล่งกำเนิดจะมีอันตรายต่างกัน



ภาพที่ 10.22 การ Export โปรแกรม ALOHA เข้า Google earth

จากภาพที่ 10.22 ผลการวิเคราะห์การกระจายตัวของสารเคมีรูปแบบ Footprint เป็นการ Export โปรแกรม ALOHA เข้า Google earth ทำให้เห็นรายละเอียดในแผนที่จริง ถึงผลกระทบสามารถนำมาช่วยในการวางแผนตอบโต้เหตุฉุกเฉินจากสารเคมีเฉพาะพื้นที่ได้อย่างถูกต้อง

สรุป

การเก็บตัวอย่างมลพิษทางอากาศที่เป็นก๊าซและไอระเหยมีอยู่มากมายหลายวิธี ที่เป็นที่นิยมและยังมีการใช้เก็บตัวอย่างอากาศอย่างแพร่หลาย 4 วิธี คือ วิธีการเก็บตัวอย่างอากาศโดยใช้หลอดเก็บตัวอย่างสารละลาย ซึ่งเป็นเครื่องมือเก็บตัวอย่างมลพิษทางอากาศ โดยใช้หลักการดูดซึม วิธีการเก็บตัวอย่างมลพิษทางอากาศโดยใช้หลอดผงถ่านกัมมันต์ซึ่งใช้หลักการดูดซับการเก็บตัวอย่างมลพิษทางอากาศโดยใช้ถุงเก็บตัวอย่างอากาศ และการเก็บตัวอย่างอากาศโดยวิธีแพสซิฟสำหรับการเก็บตัวอย่างมลพิษทางอากาศที่เป็นก๊าซและไอระเหยนั้น ก่อนที่จะทำการเก็บตัวอย่าง อากาศจะต้องมีการสอบเทียบเครื่องมือเก็บตัวอย่างอากาศก่อนเพื่อให้อัตราการไหลของอากาศมีความถูกต้อง ไม่เช่นนั้นจะทำให้การคำนวณความเข้มข้นของมลพิษทางอากาศต่อปริมาตรอากาศผิดพลาดได้ เมื่อเก็บตัวอย่างมาแล้วต้องทำการวิเคราะห์ผลและเปรียบเทียบตามมาตรฐานโดยอ้างอิงกับกฎหมาย

คำถามทบทวน

1. การเก็บตัวอย่างก๊าซโดยวิธีการดูดซึม (Absorption) มีหลักการอย่างไรจงอธิบาย
2. Simple Gas Wash Bottle เหมาะสมกับการเก็บตัวอย่างก๊าซและไอที่มีลักษณะไร
3. การเก็บตัวอย่างอากาศโดยวิธีการดูดซับ (Adsorption) มีหลักการอย่างไรจงอธิบาย
4. the National Institute for Occupational Safety and Health: NIOSH แนะนำเกี่ยวกับสารดูดซับเป็นถ่านกัมมันต์ไว้อย่างไร
5. ตัวดูดซับที่เป็นผงถ่านกัมมันต์เหมาะกับการใช้เก็บตัวอย่างมลพิษทางอากาศอะไรบ้าง
6. การเก็บตัวอย่างอากาศโดยใช้ถุงเก็บตัวอย่างอากาศ (Sampling Bag) มีหลักการอย่างไรจงอธิบาย
7. การเก็บตัวอย่างอากาศโดยวิธีแพสซิฟ มีหลักการอย่างไรจงอธิบาย
8. การเก็บตัวอย่างอากาศด้วยถุงเก็บตัวอย่างอากาศมีขั้นตอนอย่างไรบ้าง
9. การเก็บตัวอย่างอากาศด้วยถุงเก็บตัวอย่างอากาศมีข้อควรระวังอย่างไรบ้าง
10. การรายงานผลใช้มาตรฐานกฎหมายของไทยฉบับใดและมาตรฐานเท่าใด

เอกสารอ้างอิง

กาญจนา กานต์วิโรจน์. (2533). **การเก็บตัวอย่างและการวิเคราะห์มลพิษทางอากาศที่เป็นก๊าซและไอ,** เอกสารการ สอนชุดวิชาสุขศาสตร์อุตสาหกรรมพื้นฐาน หน่วยที่ 8. สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สุขภาพ นนทบุรี มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.

กฎกระทรวง.**กำหนดมาตรฐานในการบริหาร จัดการ และดำเนินการด้านความปลอดภัย อาชีวอนามัยและสภาพแวดล้อมในการทำงานเกี่ยวกับสารเคมีอันตราย พ.ศ. 2556.** (2556, 29 พฤศจิกายน). ราชกิจจานุเบกษา. เล่ม 130 ตอนที่ 133 ก

ประกาศกรมสวัสดิการและคุ้มครองแรงงาน.**เรื่อง หลักเกณฑ์ วิธีการตรวจวัด และการวิเคราะห์ผลการตรวจวัดระดับความเข้มข้นของสารเคมีอันตราย พ.ศ.2559.**(2559, 27 ธันวาคม).ราชกิจจานุเบกษา.เล่ม 133 ตอนพิเศษ 308 ง

พระราชบัญญัติ.**ความปลอดภัย อาชีวอนามัย และสภาพแวดล้อมในการทำงาน พ.ศ.2554.** (2554, 17มกราคม). ราชกิจจานุเบกษา. เล่ม 128 ตอนที่ 4 ก

โยธิน ตันธรรศกุล. (2538). **การฝึกปฏิบัติการเก็บตัวอย่างมลพิษทางอากาศที่เป็นก๊าซและไอ**, เอกสารการสอนชุด วิชาการฝึกปฏิบัติงานอาชีวอนามัย ความปลอดภัย และเออร์กอนอมิคส์ หน่วยที่ 6. พิมพ์ครั้งที่ 2 สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สุขภาพ นนทบุรี มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.

รจฤดี โชติกาวินทร์. (2558). **การเก็บตัวอย่างอากาศและการวิเคราะห์.**ภาควิชาอนามัยสิ่งแวดล้อม คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา.น.139

รภัทร เอกนิธิเศรษฐ์. (2561). **พิษวิทยาสิ่งแวดล้อมและอาชีวอนามัย.** สืบค้า 5 พฤษภาคม 2564 จาก http://www.elfit.ssru.ac.th/rapat_ek/mod/page/view.php?id=37

วนิดา จีนศาสตร์. (2551). **มลพิษอากาศและการจัดการคุณภาพอากาศ.**กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

วันวิสาข์ เสาศิริ. (2559). **การประเมินการแพร่กระจายและการระเบิดของก๊าซปิโตรเลียมเหลวจากการรั่วไหลของสถานีบริการก๊าซปิโตรเลียมเหลว (LPG) ในกรุงเทพมหานครด้วยโปรแกรม ALOHA**. สาธารณสุขศาสตรมหาบัณฑิต คณะสาธารณสุขศาสตร์. มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.

ศิวพันธุ์ ชูอินทร์.(2556). **การเก็บตัวอย่างและตรวจวัดสารมลพิษทางอากาศ.** กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย : 50-51

ศูนย์วิจัยและพัฒนาการป้องกันและจัดการภัยพิบัติ. (2559). **แนวทางบำบัดสารอินทรีย์ระเหยง่าย: ไบโอฟิลเตอร์.** สืบค้า 21 พฤษภาคม 2564 จาก http://dpm.nida.ac.th/main/index.php/contact-us

สุวิมล เรืองศรี. (2559). **Physical Chem.** คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม

อภิรดี ศรีโอภาส. (2551). **การเก็บตัวอย่างและการประเมินมลพิษทางอากาศที่เป็นก๊าซและไอระเหย,** หน่วยที่ 11. สุขศาสตร์อุตสาหกรรม การประเมิน. สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

อรณิชา แก้วเทศ กนกวรรณ สังข์ทอง และ ชลดา ธีรการุณวงศ์. (2558). **การศึกษาประสิทธิภาพในการดูดซับสารระเหยเบนซีนโดยเทคนิคการเก็บตัวอย่างแบบพาสซีฟ.** สาขาวิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์.

MO Memoir. (2018). **Natural gas separation by absorption process.** Retrieved, May, 21, 2021 from http://tamagozzilla.blogspot.com/2018/04/natural-gas-separation-by-absorption.html

Richard H. Brown and Lee E. Monteith. (1995). **Gas and Vapor Sample Collectors in Air Sampling Instruments for evaluation of atmospheric contaminents.** 8th ed. Ohio : ACGIH, Inc.

Vania P.C., P.S. Licia, H.M. Ricardo, F.L.Ana and M.T. Tania. (2010). **Development and validation of passive samplers for atmospheric monitoring for SO2,, NO2, O3 and H2S in tropical areas.**Microchemiacal Journal 96: 132-138.

SKC Ltd. (2017). **Organic Vapour Passive Samplers.** Retrieved October, 3, 2017 from https://www.skcltd.com/products2.html

Zefon International, Inc. (2017). **IMPINGER, FRITTED MIDGET.**Retrieved October, 3, 2017 fromhttps://www.zefon.com/impinger-fritted-midget