

## Summary Industrial Hygiene

### หน่วยที่2 : การประเมินทางสุขศาสตร์อุตสาหกรรม

#### 1.การประเมินทางสุขศาสตร์อุตสาหกรรม มีความสำคัญอย่างไร

- 1.ทราบแหล่งที่ก่อให้เกิดมลพิษและปริมาณของมลพิษในสภาพแวดล้อมของการทำงาน
- 2.นำไปสู่การแก้ไขสภาพแวดล้อมในการทำงาน (ใช้ผลประเมินนำไปออกแบบการควบคุมสภาพแวดล้อม)
- 3.ทำให้การเก็บข้อมูลและรายงานสภาพแวดล้อมในการทำงานเป็นไปอย่างมีระบบ
- 4.สามารถหาความสัมพันธ์ระหว่างความเจ็บป่วยหรือบาดเจ็บจากการทำงานในสภาพแวดล้อมนั้นๆ
- 5.ตรวจสอบ ประเมิน ระบบควบคุมมลพิษซึ่งติดตั้งใหม่
- 6.เป็นหลักฐานทางกฎหมาย

#### 2.สรุปการประเมินทางสุขศาสตร์อุตสาหกรรมเป็นขั้นตอนการดำเนินงานเพื่อให้ทราบถึงปริมาณและระดับของความเค้นในสิ่งแวดล้อมของการทำงานเพื่อเปรียบเทียบกับมาตรฐานและประเมินว่าสภาพแวดล้อมนั้นเป็นอันตรายต่อสุขภาพของผู้ทำงานหรือไม่

นำไปสู่การแก้ไข และควบคุมสภาพแวดล้อมให้ดีขึ้น

**ความเค้น** คือ ปัจจัยทางเคมี กายภาพ ชีวภาพ และเออร์گونอมิกส์ เป็นสาเหตุทำให้เกิดความตึงเครียดทั้งทางร่างกาย-จิตใจ และอาจเป็นปัจจัยทำให้เกิดโรค ความเมื่อยล้า และอุบัติเหตุ

#### 3.ขั้นตอนการประเมินทางสุขศาสตร์อุตสาหกรรมมีกี่ขั้นตอน อะไรบ้าง

- 1.การเตรียมตัวเพื่อตรวจวัดและเก็บตัวอย่าง
  - 2.การตรวจวัดและเก็บตัวอย่าง
  - 3.การวิเคราะห์ตัวอย่างและแปลผล เพื่อเปรียบเทียบกับมาตรฐานหรือข้อมูลในอดีต
- การเตรียมตัวขั้นต้น** ควรรู้ผังโรงงาน แผนกต่างๆ ผังและขั้นตอนกระบวนการผลิต ตำแหน่งและจำนวนเครื่องจักร รายชื่อสารเคมีและวัสดุที่ใช้ในโรงงาน ผลผลิตและผลพลอยได้ จำนวนคนงานแต่ละแผนก วิธีควบคุมมลพิษที่ใช้จะมีอะไรบ้างจะต้องเปลี่ยนแปลงหรือปรับปรุงอะไรบ้าง
- การเลือกใช้เครื่องมือตรวจวัดและเก็บตัวอย่าง** ขึ้นกับวัตถุประสงค์ของการเก็บ ความพร้อมของเครื่องมือและผู้ใช้ ความพร้อมความสามารถของห้องlab การcalibrate

#### 4.ประเภทของการเก็บตัวอย่างมลพิษทางอากาศทั้ง3ประเภท

- 1.การเก็บตัวอย่างอากาศที่จุดใดจุดหนึ่ง (specific area sampling) เช่นที่กระบวนการผลิต ที่ปล่องไอเสีย เพื่อประเมินประสิทธิภาพเครื่องมือควบคุมมลพิษ และตรวจหาแหล่งที่ปล่อยมลพิษออกมา
- 2.การเก็บตัวอย่างอากาศในบริเวณทำงานทั่วไป (general area sampling) เช่นที่บริเวณพื้นที่ที่มีคนงานทำงานมาก เพื่อประเมินค่าเฉลี่ยมลพิษในสิ่งแวดล้อมที่ผู้ทำงานหายใจเข้าไปในช่วงเวลาทำงาน
- 3.การเก็บตัวอย่างอากาศที่บริเวณระดับหายใจของผู้ทำงาน (breathing zone sampling) อุปกรณ์จะติดตัวผู้ทำงานตลอด ใช้วัดเป็นบริเวณรัศมีระยะห่าง 1 ฟุตจากจมูกของผู้ทำงาน เพื่อประเมินค่าเฉลี่ยในหนึ่งวันที่รับมลพิษเข้าไปในร่างกาย

#### 5.กลวิธีการเก็บตัวอย่างมลพิษทางอากาศทั้ง 4 วิธี

- 1.เก็บตัวอย่างตัวเดียวตลอด 8 ชม. หรือตลอดช่วงเวลาทำงาน single sample for full period จะได้เป็นค่าเฉลี่ยของมลพิษที่ผู้ทำงานสัมผัสตลอดเวลาทำงานแต่มีข้อเสียเช่น ค่าคลาดเคลื่อนเนื่องจาก flow ตัวอย่างลดลงเพราะอนุภาคฝุ่นตัวอย่างเกาะทำให้กรองตัน หรือตัวอย่างมีความเข้มข้น-ขึ้นมากทำให้สารดูดซับตัวอย่างอิ่มตัวไม่สามารถดูดซับตัวอย่างต่อไปได้เนื่องจากเวลาเก็บนานเกินไป
- 2.การเก็บตัวอย่างหลายตัวอย่างต่อเนื่องกันในเวลา 8 ชม.consercutive sample for full period เช่นเก็บ 4 ตัวอย่างๆละ 2 ชม. แก้ปัญหากรองตันหรือสารดูดซับตัวอย่างอิ่มตัวจากการดูดซับ วิธีนี้ดี สามารถหาค่าสูงสุดได้ แต่ค่าใช้จ่ายในการวิเคราะห์แพง
- 3.การเก็บตัวอย่างต่อเนื่องมากกว่าหนึ่งตัวอย่างโดยเวลาเก็บทั้งหมดไม่น้อยกว่า 8 ชม.consercutive sample for patial period เช่นเก็บ 4 ตัวอย่างๆละ 1 ชม.นิยมใช้ในการเก็บตัวอย่างอากาศ ระยะเวลาการเก็บไม่ควรน้อยกว่า 70%ของเวลาทำงาน
- 4.การเก็บตัวอย่างในช่วงสั้นๆหลายตัวอย่าง grap sampling เก็บตัวอย่างอากาศไม่เกินตัวอย่างละ 5 นาที ข้อเสียคือไม่เหมาะกับตัวอย่างที่มีค่าความเข้มข้นมลพิษแปรปรวนตลอดเวลา

#### 6.ปัจจัยที่มีผลต่อระยะเวลาการเก็บตัวอย่างได้แก่อะไรบ้าง

- 1.ความไวของวิธีวิเคราะห์หรือของเครื่องมือ เครื่องที่มีความไวสูงจะจับวัดที่ค่าต่างๆได้
- 2.ความเข้มข้นของมลพิษในอากาศต้องมากพอ
- 3.ค่ามาตรฐาน TLV ถ้าต้องการเก็บตัวอย่างเพื่อเทียบกับค่ามาตรฐานนี้ซึ่งเป็นค่าสูงสุดที่สัมผัสได้ใน 8 ชม.ควรเก็บแบบ grap

#### 7.ปัจจัยในทางธรรมชาติที่มีผลต่อการเก็บตัวอย่างมลพิษในอากาศคืออะไร

กระแสลม อุณหภูมิ ความชื้น

#### 8.การวิเคราะห์มลพิษทางอากาศมีอะไรบ้าง

##### 8.1 การวิเคราะห์มลพิษทางอากาศประเภทอนุภาค

1.gravimeter

2.optical

3.spectrophotometric

4.atomic absorption spectrophotometry

**gravimeter** ใช้วัดน้ำหนักของอนุภาคที่ติดกับกระดาษกรอง มีหน่วยเป็นน้ำหนักของอนุภาคต่อปริมาตรอากาศ

**optical** ใช้อนุภาคที่ติดกับกระดาษกรองมาส่งกล้องจุลทรรศน์เพื่อนับและวัดขนาดอนุภาค แต่ไม่นิยมนัก

**spectrophotometric** ใช้หลักการวัดความยาวคลื่นแสงที่ตามองเห็นคือ

- **ultraviolet** โดยใช้ B T X ซึ่งสามารถดูดซับแสงที่ความยาวคลื่นต่างกัน ความชื้นสารปนเปื้อนเป็นสัดส่วนกับปริมาณแสงที่ดูดซับ

- **infrared** เป็นวิธีวิเคราะห์ที่มีประสิทธิภาพมากเนื่องจากความไว ง่าย รวดเร็ว ใช้ได้กับตัวอย่างทั้งของแข็ง ของเหลว ก๊าซ

**atomic absorption spectrophotometry** ต้องทำให้ตัวอย่างแตกตัวด้วยความร้อนของเปลวไฟ และแหล่งของแสงสำหรับการวิเคราะห์สารต้องมีกับสารที่ต้องการวิเคราะห์ เช่น ต้องมี 10แหล่งแสงต่อการวัด 10 สาร อะตอมต่างกันจะดูดแสงได้ต่างกัน

##### 8.2 การวิเคราะห์มลพิษทางอากาศประเภทก๊าซและไอ

1.tritrametric

3.spectrophotometric

2. colorimetric

4. atomic absorption spectrophotometry

5. gas chromatographic

triturmetric เป็นวิธีที่ง่ายและนิยมใช้ ใช้ตัวอย่างทำปฏิกิริยาสะท้อนกับกรดกับด่าง ความเข้มข้นสารปนเปื้อนคำนวณจากสมการเคมี colorimetric อาศัยเวลาและการเปลี่ยนสีของสารในหลอดตรวจวัดเมื่อทำปฏิกิริยากับก๊าซและไอในอากาศ ขาดความแม่นยำ วัตถุประสงค์ปฏิกิริยา สามารถรู้ผลเบื้องต้นได้รวดเร็ว เหมาะกับงานภาคสนาม

gas chromatographic ใช้หลักการของสารผสมแต่ละชนิดที่ตัวอย่างมีคุณสมบัติดูดซับเล็ดลอดผ่าน molecular sieve ได้ไม่เท่ากัน ตัวที่ถูกซับได้ดีจะอยู่ข้างในใช้เวลานานกว่าจะถึงเครื่องอ่าน ค่าที่ได้จะถูกเทียบกับพื้นที่ใต้กราฟมาตรฐานที่ทำจากห้อง lab ค่าที่ได้เป็นอัตราส่วนโดยตรง

9. การประเมินมลพิษ

ลักษณะความรุนแรงของสารที่สัมผัสกันตั้งแต่ 2 ชนิดขึ้นไปพร้อมกัน มีลักษณะความรุนแรงดังนี้

- 1. ความรุนแรงของสารที่สัมผัสเท่ากับ ความรุนแรงของสารทั้งหมดรวมกัน (a+b=c)
- 2. ความรุนแรงของสารมีฤทธิ์หักล้างกัน (a-b=c)
- 3. ความรุนแรงของสารมีฤทธิ์เสริมกัน (a+b=2c)
- 4. ความรุนแรงของสารแต่ละชนิดไม่ขึ้นต่อกันและกัน (a,b)

การคำนวณผลของสารเคมีหลายชนิดที่สัมผัสกัน

$$\frac{C_1}{TLV_1} + \frac{C_2}{TLV_2} + \dots = m$$

C = ค่าความเข้มข้นของสารเคมีแต่ละชนิดที่วัดได้ , ppm

TLV = ค่ากำหนด TLV มาตรฐานของสารเคมีแต่ละชนิด

m = ค่าคงที่

ถ้าผลคำนวณได้ค่า m มากกว่า 1 แสดงว่าการสัมผัสสารเคมีหลายชนิดในอากาศมีผลแบบเพิ่มอันตราย มีค่า TLV เกินสำหรับสารนั้น ยกเว้นความรุนแรงของสารแต่ละชนิดที่ไม่ขึ้นต่อกันและกันให้แยกคำนวณแต่ละชนิดได้เลย

10. การเปลี่ยนหน่วย

สารปนเปื้อนประเภทไอและก๊าซ มักแสดงในรูปของหน่วย ppm ซึ่งอาจหมายถึง v/v , w/v ถ้าหน่วย ppm ไม่ได้ระบุหน่วยที่มา ก็มักจะเป็นปริมาตรสารมลพิษต่อปริมาตรอากาศ (หรือปริมาตรของตัวทำละลาย) v/v เสมอ

หน่วยความเข้มข้นของอนุภาคเช่น ฝุ่น พุ่ม มิสต์ มักแสดงในรูปน้ำหนักสารปนเปื้อนต่อปริมาตรอากาศ mg/m<sup>3</sup> , mg/L

ปริมาตรไอหรือก๊าซใดๆ 1 ที่ standard pressure STP ( 0°C หรือ 273 K และ Patm = 760 mmHg ) เท่ากับ 24.45 ลิตรเสมอ

MW = molecular weight

mppcf = million particles per cubic foot of air นับจำนวนอนุภาคต่อปริมาตรอากาศ

$$ppm = \frac{\text{ส่วนของมลพิษ}}{\text{ล้านส่วนของอากาศ}}$$

ตัวอย่าง 1 เปลี่ยน 212 อนุภาค/ลบ.ซม. เป็น mppcf

$$\text{จาก 1 ลบ.ซม.} = 3.531 \times 10^{-5} \text{ ลบ.ฟ.}$$

$$212 \text{ อนุภาค/ลบ.ซม.} = \frac{212 \text{ อนุภาค}}{3.531 \times 10^{-5} \text{ ลบ.ฟ.}}$$

$$= 6003964.8 \text{ อนุภาค/ลบ.ฟ.}$$

$$= 6.0 \text{ ล้านอนุภาค / ลบ.ฟ. ( mppcf )}$$

ตัวอย่าง 2 เปลี่ยน 15 ppm Toluene ที่ STP เป็น mg/m<sup>3</sup> (MW = 92 g)

$$\text{จาก mg/m}^3 = \frac{ppm \times M.W.}{22.4}$$

$$= (15 \times 92) / 22.4 = 61.6 \text{ mg/m}^3$$

11. การคำนวณค่าเฉลี่ยของความเข้มข้นของมลพิษทางอากาศที่ผู้ทำงานสัมผัสตลอดเวลา 8 ชั่วโมง (TWA)

TWA = Time Weighted Average Exposure

$$TWA = \frac{\sum T_i C_i}{\text{Time}_{total}}$$

Total time = 8 hours

$$TWA = \frac{(\text{ระยะเวลาที่ทำงานจุดที่ 1} \times \text{ความเข้มข้นของสารปนเปื้อนที่จุดที่ 1}) + (\text{เวลาจุดที่ 2} \times \text{ความเข้มข้นจุดที่ 2}) + \dots}{8 \text{ ชม.}}$$

ตัวอย่าง คำนวณหา TWA ที่ชายคนหนึ่งสัมผัส Methyl Ethylene Ketone, MEK ที่ความเข้มข้นต่างๆกันดังตาราง ชายผู้นี้จะสัมผัสเกินระดับมาตรฐานหรือไม่ถ้าค่า TLV ของ MEK = 100 ppm

ระยะเวลาที่สัมผัส	ความเข้มข้นของ MEK ในอากาศ ppm	ผลคูณ
2 ชม.	80	80 x 2 = 160
1 ชม.	90	90 x 1 = 90
20 นาที	130	130 x 0.33 = 42.9
50 นาที	100	100 x 0.83 = 83
		sum = 375.9 = 46.98 ppm (8 ชม.)

\*\*\* ค่าไม่เกินมาตรฐานที่กำหนด

12. การคำนวณหาปริมาณของไอซึ่งระเหยออกจากของเหลวโดยทรานส์เฟอร์หรือปริมาณของของเหลว

$$\text{ปริมาตรไอ} = \frac{358.8 \times \text{ปริมาตรของของเหลว}}{M.W.} \quad (\text{SCF})$$

**ตัวอย่าง 1** ที่ STP Toluene ของเหลว 1 ปอนด์จะเปลี่ยนเป็นไอโทลูอีนได้ปริมาณเท่าใด และที่อุณหภูมิ 25 C<sup>0</sup> จะได้ ปริมาตรเท่าใด (น้ำหนักโมเลกุลของโทลูอีน 1 โมล MW = 92 g)

ปริมาณของโทลูอีนเหลว 1 ลิตรจะเปลี่ยนเป็นไอ =  $358.8 \times \frac{1}{92}$  SCF

= 3.9 SCF @ 0 C<sup>0</sup>

@ 25 C Gas law =  $P_1V_1 / T_1 = P_2V_2/T_2$  T = Kelvin = C<sup>0</sup> +273

$$\frac{3.9}{273} = \frac{V_2}{273 + 25}$$

$$V_2 = \frac{3.9 \times 298}{273} = 4.3 \text{ SCF @ } 25 \text{ C}^0$$

**ตัวอย่าง 2** โทลูอีนเหลว 40 กรัมอยู่ในภาชนะเปิดในห้องขนาด 5\*4\*3 เมตร จงคำนวณว่าเมื่อไอปรอทระเหยหมด จะทำให้ความเข้มข้นปรอทในห้องในอากาศสูงกว่าค่ามาตรฐานหรือไม่ อุณหภูมิห้อง 30 C<sup>0</sup> ความดันบรรยากาศ 755 mmHg

ρ ปรอท = 13.55 กรัม/มิลลิลิตร

ปรอทเหลว 40 กรัม มีปริมาตร =  $\frac{40}{13.55} = 2.95$  มิลลิลิตร

น้ำหนักโมเลกุลปรอท = 200.6 กรัม

อุณหภูมิห้อง = 30 C<sup>0</sup> = 30+273 = 303 K<sup>0</sup>

ความดันบรรยากาศ = 755 mmHg

ปริมาตรห้อง = 5\*4\*3 = 60 m<sup>3</sup>

$$\begin{aligned} \text{จากสูตร } C_{ppm} &= \frac{V_p \left[ \frac{22.4}{\text{M.W.}} \right] \left[ \frac{760}{273} \right] \left[ \frac{P}{P} \right]}{V_T} \\ &= \frac{2.95 \times 13.55 \left( \frac{22.4}{200.6} \right) \left( \frac{303}{273} \right) \left( \frac{760}{755} \right)}{60} \\ &= 4.99 / 60 = 0.0832 \text{ g/m}^3 \end{aligned}$$

**ตัวอย่าง 3** Toluene 1 ลิตร วางในห้อง ขนาด 5\*4\*3 เมตรโดยไม่ได้ปิดฝา ถ้าโทลูอีนระเหยหมด อยากทราบว่าความเข้มข้นของโทลูอีนจะเป็นเท่าใด ถ้าไม่มีการระบายอากาศในห้อง

V<sub>T</sub> = 5 x 4 x 3 = 60 m<sup>3</sup>

M.W. = 92 g

T = 30 C<sup>0</sup> = 273 + 30 = 303 K

P = 750 mmHg

ρ Toluene = 1 Lt.

$$\begin{aligned} \text{จากสูตร } C_{ppm} &= \frac{V_p \left[ \frac{22.4}{\text{M.W.}} \right] \left[ \frac{760}{273} \right] \left[ \frac{P}{P} \right]}{V_T} \\ &= \frac{1 \text{ lt.} \left( \frac{0.866 \text{ g}}{1 \text{ cm}^3} \right) \left( \frac{22.4 \text{ lt.}}{92 \text{ g}} \right) \left( \frac{303}{273} \right) \left( \frac{760}{750} \right) 10^6}{60 \text{ m}^3} \\ &= \frac{1 \text{ lt.} \left( \frac{0.866 \text{ g}}{10^{-3} \text{ lt.}} \right) \left( \frac{22.4 \text{ lt.}}{92 \text{ g}} \right) \left( \frac{303}{273} \right) \left( \frac{760}{750} \right) 10^6}{60 \times 10^{-3} \text{ lt.}} \\ &= \frac{1 \times 0.866 \times 10^3 \times 22.4 \times 303 \times 760 \times 10^6}{92 \times 273 \times 750 \times 60 \times 10^3} \end{aligned}$$

ความเข้มข้นของToluene = 3,952.25 ppm.

ค่ามาตรฐานเพียง 100 ppm. ฉะนั้นค่านี้เกินจึงเป็นอันตรายต่อผู้ทำงานได้

13.อังสตรอม (A<sup>0</sup>) คือหน่วยวัดความยาว = 10<sup>-10</sup> เมตร