บทที่ 3

วัสดุ อุปกรณ์ และการดำเนินงานวิจัย

3.1 สถานที่ทำการเก็บตัวอย่างอากาศ

การศึกษาครั้งนี้ จะทำการเก็บตัวอย่างอากาศในอู่พ่นซ่อมสีรถยนต์ 2 แห่ง ที่มีลักษณะการทำงานแตกต่างกัน ในที่นี้จะเรียกว่า อู่พ่นซ่อมสีรถยนต์ เอ. และอู่พ่นซ่อมสีรถยนต์ บี.

3.2 สถานที่ทำการวิเคราะห์ตัวอย่างอากาศ

สำหรับห้องปฏิบัติการของกลุ่มงานวิจัย และพัฒนางานชันสูตร กองอาชีวอนามัย กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข จะใช้เป็นสถานที่ทำการวิเคราะห์หาความเข้มข้นของโทลูอีน และไซลีนในอู่พ่นซ่อมสีรถยนต์ที่ทำการศึกษา โดยเครื่อง Gas Chromatography ชนิด Flame Ionization Detector รุ่น Varian 3600 CX ระบบการใส่สารตัวอย่างเป็นแบบเครื่องฉีดสารตัวอย่างอัตโนมัติ (Auto samplers) ซึ่งเหมาะสมกับกรณีที่มีสารตัวอย่างจำนวนมากๆ อย่างเช่นงานวิจัยในครั้งนี้

3.3 วัสดุ และอุปกรณ์ที่ใช้ในการเก็บตัวอย่างอากาศ

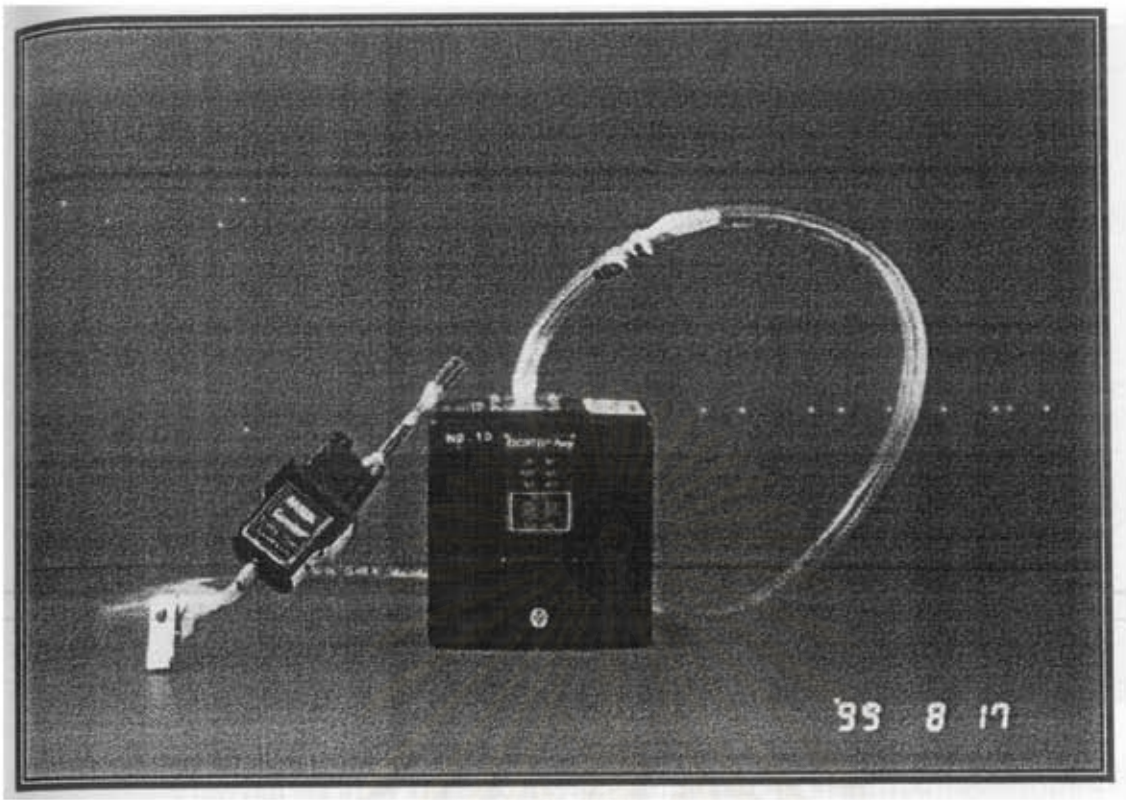
1. เครื่องเก็บตัวอย่างอากาศ (personal sampling pump) แบ่งออกเป็น

1) เครื่องเก็บตัวอย่างอากาศของ MSA (Escort elf®pump) (รูปที่ 3.1) เป็นเครื่องเก็บตัวอย่างอากาศที่มีน้ำหนักเบา ใช้ในการเก็บตัวอย่างอากาศประเภทติดกับตัวบุคคลโดยใช้ charcoal tube

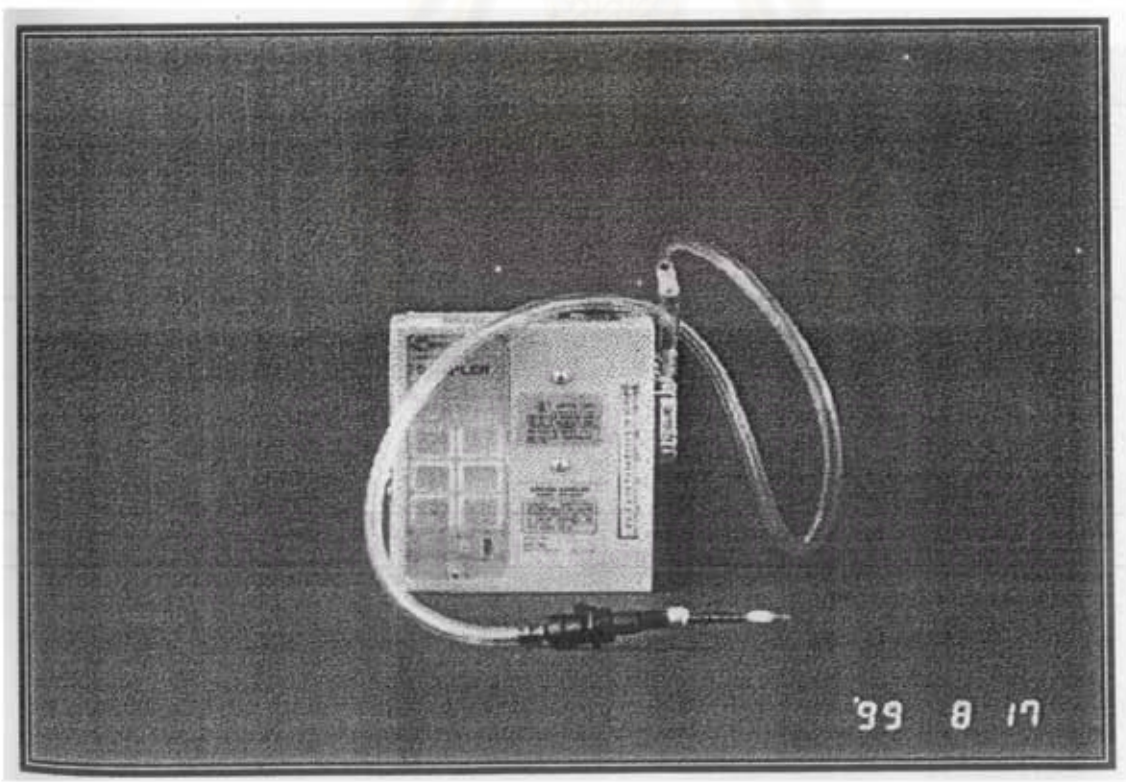
2) เครื่องเก็บตัวอย่างอากาศของ SKC MODEL 224-43XR, 224-44XR และ 224-PCXR8 ใช้ในการเก็บตัวอย่างอากาศประเภทติดตั้งกับพื้นที่โดยใช้ charcoal tube (รูปที่ 3.2) กับการเก็บตัวอย่างอากาศประเภทติดตั้งกับพื้นที่โดยใช้ air bag (tedlar) (รูปที่ 3.3)

2. Charcoal tube ของ SKC ทำด้วยหลอดแก้วที่บรรจุด้วยผงถ่านยาว 70 มิลลิเมตร เส้นผ่าศูนย์กลางภายนอก 6 มิลลิเมตร ส่วนหน้า (front section) บรรจุผงถ่านหนัก 100 มิลลิกรัม ส่วนหลัง (back-up section) บรรจุผงถ่านหนัก 50 มิลลิกรัม

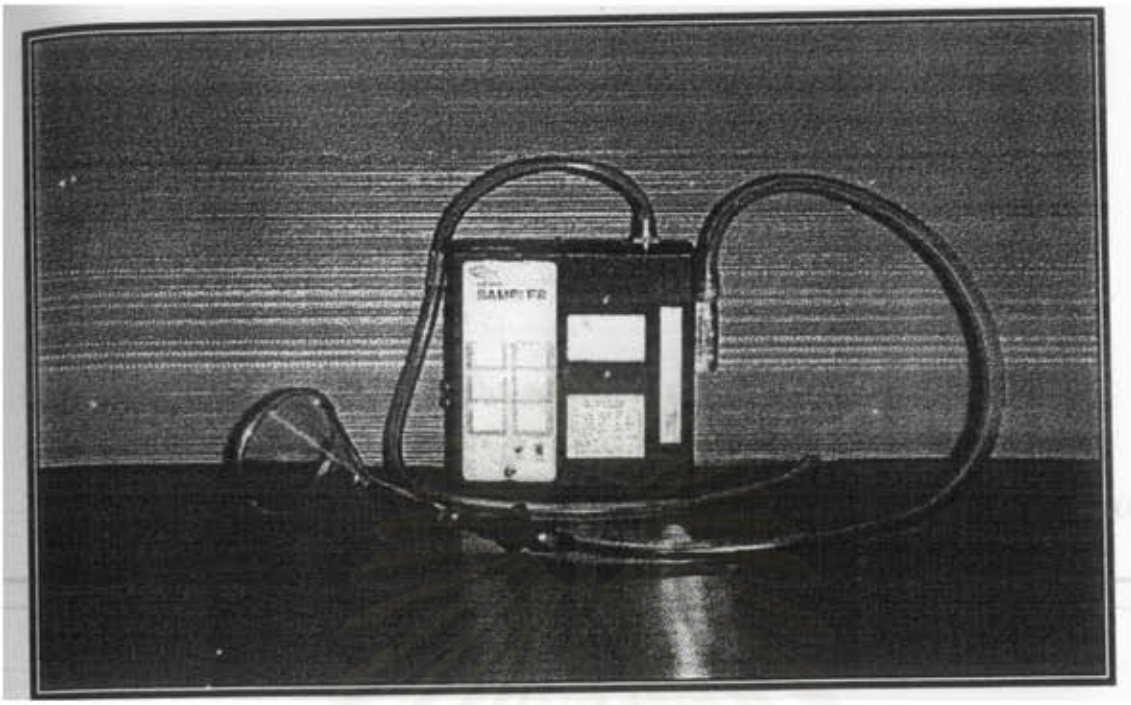
3. Air bag (Tedlar) ความจุ 20 ลิตร (รูปที่ 3.4)



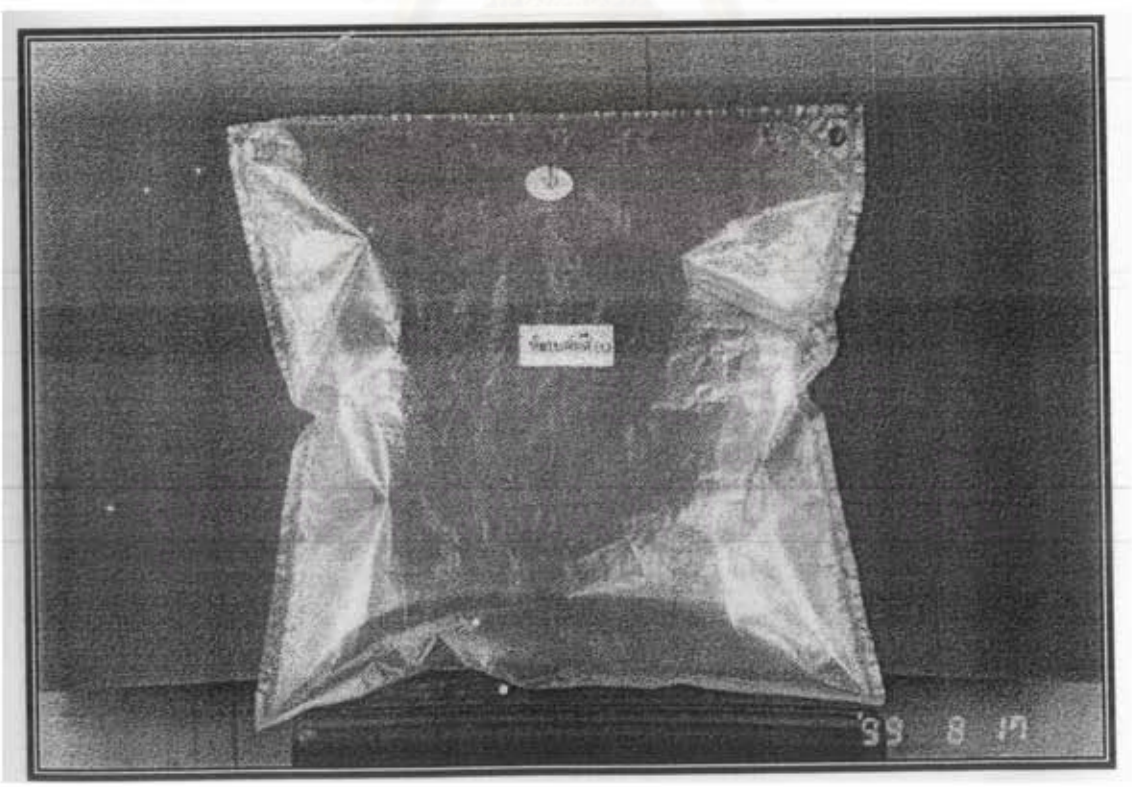
รูปที่ 3.1 เครื่องเก็บตัวอย่างอากาศ ของ MSA (Escort elf®pump)



รูปที่ 3.2 เครื่องเก็บตัวอย่างอากาศของ SKC (ใช้ในการเก็บตัวอย่างอากาศประเภทติดตั้งกับพื้นที่โดยใช้ charcoal tube)

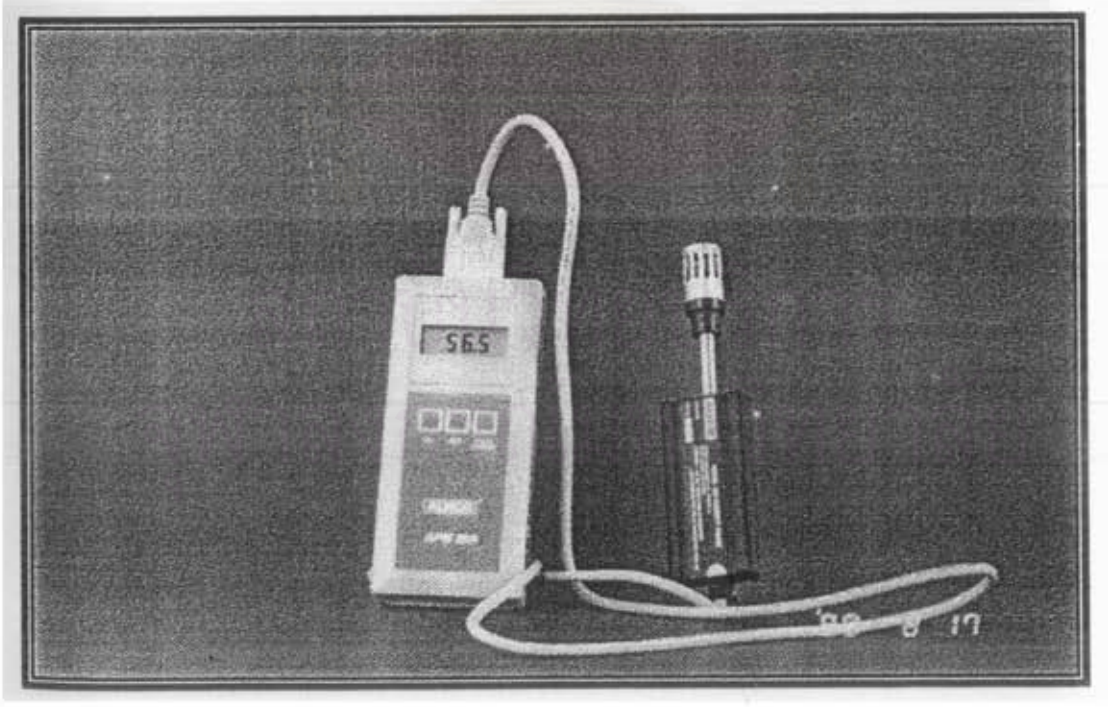


รูปที่ 3.3 เครื่องเก็บตัวอย่างอากาศ ของ SKC (ใช้ในการเก็บตัวอย่างอากาศประเภทติดตั้งกับพื้นที่โดยใช้ air bag (tedlar))

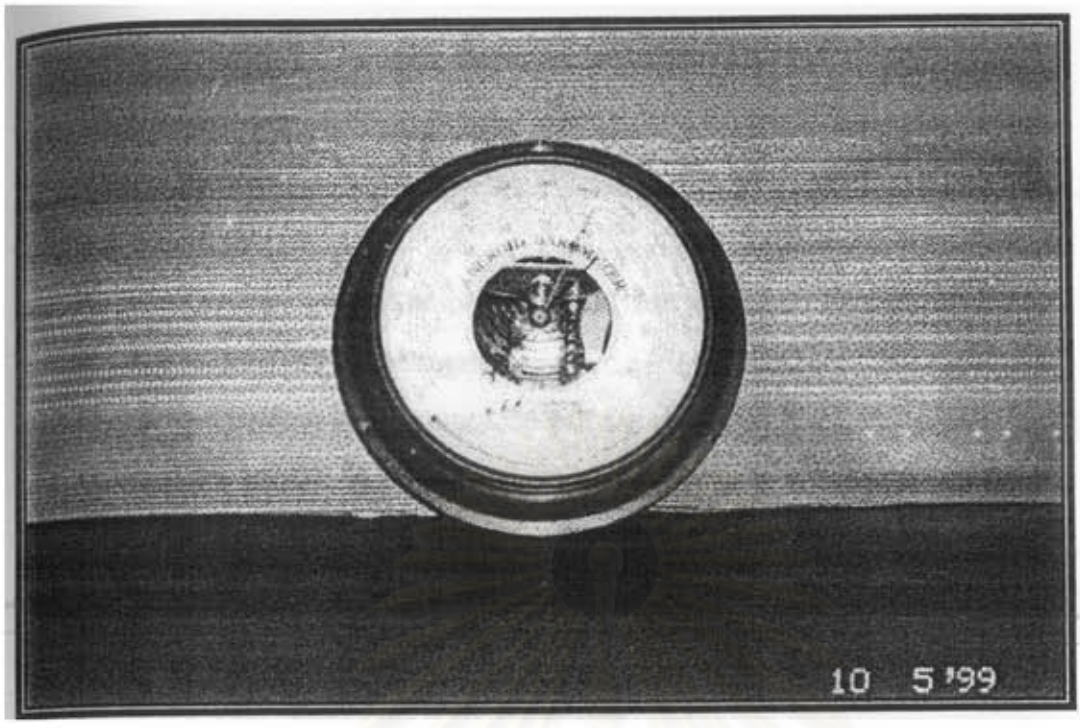


รูปที่ 3.4 Air bag (Tedlar) ความจุ 20 ลิตร

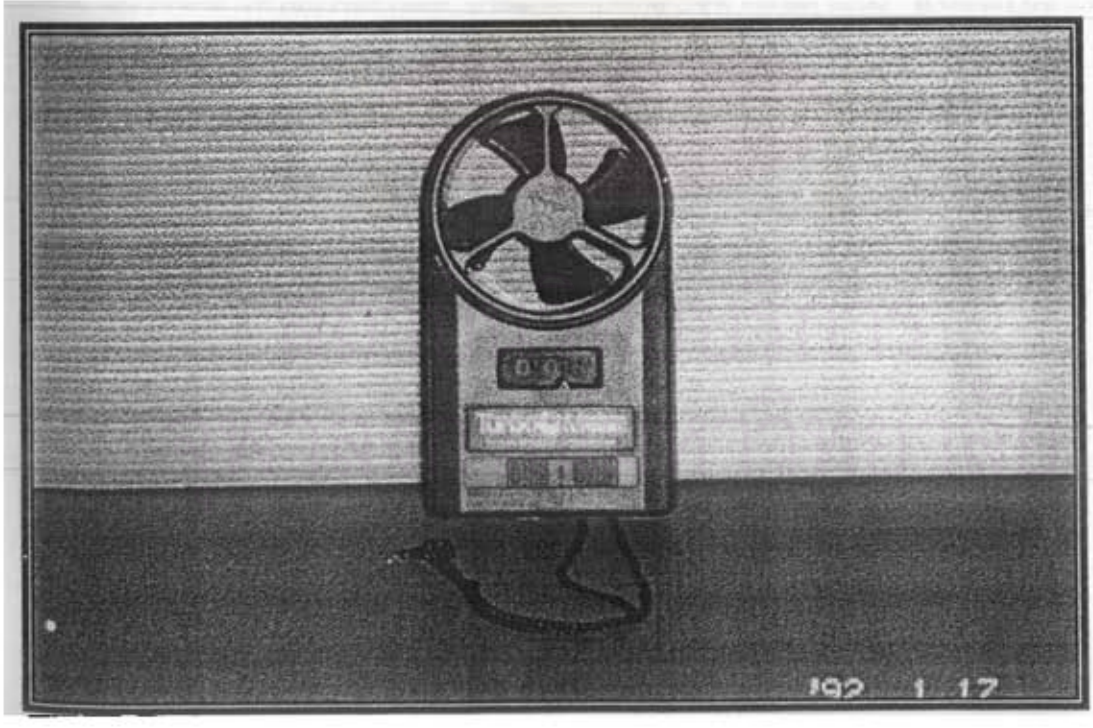
4. สาย Tygon IDXOD = 3/16" X 5/16"
5. พาราฟิล์ม
6. ที่หนีบ (clip)
7. กล่องโฟมใส่น้ำแข็งสำหรับ preserved ตัวอย่างอากาศ
8. adjustable low flow holder ของ SKC และ MSA
9. ขาตั้งชนิด 3 ขา
10. ชุดอุปกรณ์การปรับเทียบอัตราการไหลของอากาศ ประกอบด้วย
    - 10.1 บีกเกอร์ขนาด 400 มิลลิลิตร สำหรับใส่น้ำสบู่
    - 10.2 หลอดแก้วขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 6 เซนติเมตร มีสเกลบอกปริมาตรถึง 1,500 มิลลิลิตร
    - 10.3 ท่อสายยางสำหรับต่อชุดอุปกรณ์เข้าด้วยกัน
    - 10.4 นาฬิกาจับเวลา
11. เครื่องวัดอุณหภูมิ และความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ (ALNOR APM 360) (รูปที่ 3.5)
12. เครื่องวัดความดันบรรยากาศ (ANEROID BAROMETER) (รูปที่ 3.6)
13. เครื่องวัดความเร็วลม (Turbo Meter) (รูปที่ 3.7)



รูปที่ 3.5 เครื่องวัดอุณหภูมิ และความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ (ALNOR APM 360)



รูปที่ 3.6 เครื่องวัดความดันบรรยากาศ (ANEROID BAROMETER)



รูปที่ 3.7 เครื่องวัดความเร็วลม (Turbo Meter)

3.4 วัสดุ อุปกรณ์ และสารเคมีที่ใช้ในการวิเคราะห์ตัวอย่างอากาศ

1. Gas Chromatography ชนิด Flame Ionization Detector รุ่น Varian 3600 CX (รูปที่3.8) โดยมี condition ดังนี้

    1.1 Initial Column Temperature 100 องศาเซลเซียส (^{o}C)

    1.2 Carrier Gas : Nitrogen

    1.3 Detector Temperature 50 องศาเซลเซียส (^{o}C)

    1.4 Initial GC Injector Temperature 200 องศาเซียลเซียส (^{o}C)

    1.5 Calibration Type : External Standard

2. Capillary Column ของ HEWLETT® PACKARD High Performance Capillary Column HP-FFAP(Crosslinked FFAP)

    2.1 Film Thickness : 0.52 ไมโครเมตร (μm)

    2.2 Length : 50 เมตร (m)

    2.3 Phase Ration : 150

    2.4 Column ID : 0.32 มิลลิเมตร (mm)

    2.5 Maximum Temperature 240 องศาเซียลเซียส (^{o}C)

3. เครื่องฉีดสารตัวอย่างอัตโนมัติ (Auto samplers) รุ่น Varian 8200 สำหรับการเก็บตัวอย่างอากาศโดยใช้ charcoal tube

    3.1 Injection Rate : 10 ไมโครลิตรต่อวินาที

    3.2 Syringe 10 ไมโครลิตร

    3.3 Syringe Wash 10 วินาที

    3.4 Vial Needle Depth : 95%

4. สารละลายมาตรฐาน toluene G.C. grade

5. สารละลายมาตรฐาน o-xylene G.C. grade

6. สารละลายมาตรฐาน m-xylene G.C. grade

7. สารละลายมาตรฐาน p-xylene G.C. grade

8. สารละลายคาร์บอนไดซัลไฟด์ (CS_2)

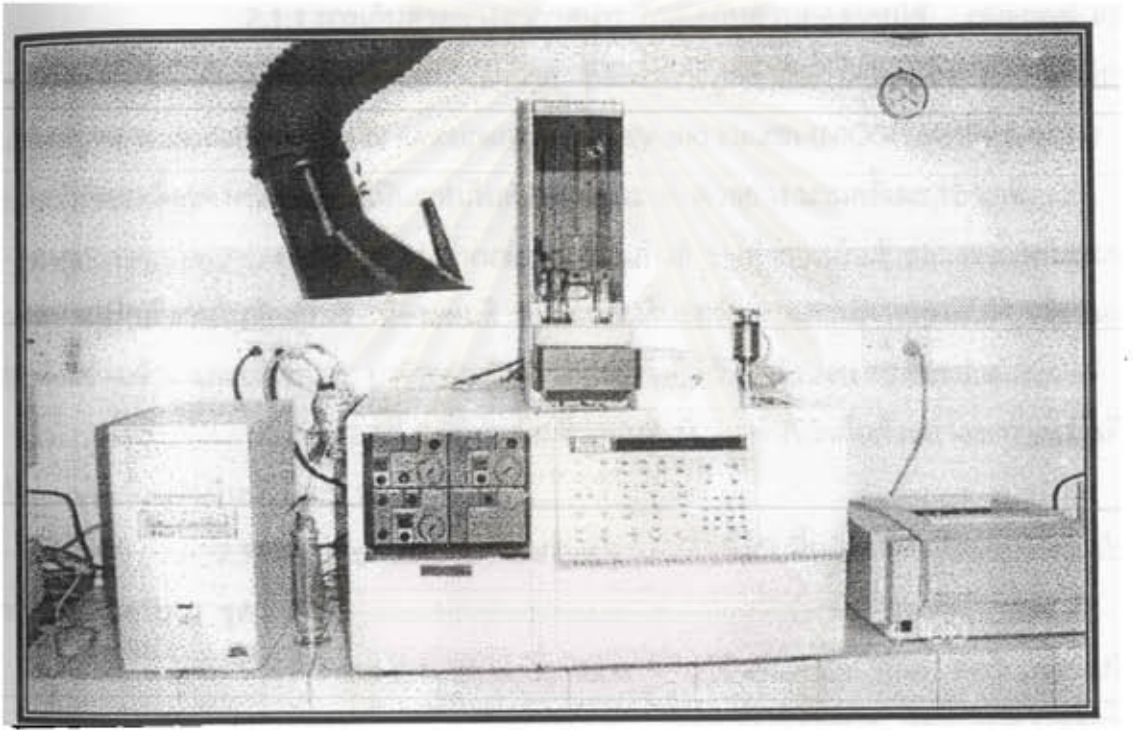
9. Septa 8 m.m., Red PTFE/silicone

10. Exmire microsyringe (liquid syringe) ขนาด 10 ไมโครลิตร

11. Exmire microsyringe (gas-tight syringe) ขนาด 2.5 มิลลิลิตร

12. ขวด vial ขนาด 1.0 มิลลิลิตร พร้อมฝาครอบ

13. ขวด vial ขนาด 4.0 มิลลิลิตร พร้อมฝาครอบ
14. Auto pipett
15. เครื่องผสมน้ำยา (Mixer)
16. ก๊าซไนโตรเจนบริสุทธิ์
17. ก๊าซไฮโดรเจนบริสุทธิ์



รูปที่ 3.8 Gas Chromatography ชนิด Flame Ionization Detector รุ่น Varian 3600 CX

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.5 การดำเนินการวิจัย

1. ทำการสำรวจสภาพแวดล้อม เทคโนโลยีในการประกอบการ ลักษณะการทำงาน ขั้นตอนการทำงานที่มีอัตราเสี่ยงต่อการได้รับโทลูอีน และไซลีน ปริมาณการใช้สี และปริมาณรถในอู่พ่นซ่อมสีรถยนต์ ตลอดจนวิธีการป้องกัน กำจัด และควบคุมโทลูอีน และไซลีน โดยใช้แบบสำรวจสิ่งแวดล้อมในการทำงาน (ภาคผนวก ก.)

2. ทำการตรวจวัดความเข้มข้นของโทลูอีน และไซลีนในอู่พ่นซ่อมสีรถยนต์ที่ทำการศึกษา

2.1 บริเวณที่ทำการเก็บตัวอย่างอากาศ

การเก็บตัวอย่างอากาศในอู่พ่นซ่อมสีรถยนต์ทั้งสองแห่งนี้ ได้ทำการเก็บทั้งประเภทติดกับตัวบุคคล และติดตั้งกับพื้นที่ในบริเวณที่มีลักษณะการทำงาน และขั้นตอนที่เหมือนกัน เพื่อให้สามารถนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ผลร่วมกัน โดยจำนวนตัวอย่างอากาศที่ทำการเก็บในอู่พ่นซ่อมสีรถยนต์ เอ. และ บี. แสดงไว้ในตารางที่ 3.1 สำหรับตำแหน่ง และประเภทของการเก็บตัวอย่างของอู่พ่นซ่อมสีรถยนต์ เอ. แสดงไว้ในรูปที่ 3.9 ส่วนของอู่พ่นซ่อมสีรถยนต์ บี. ได้แสดงไว้ในรูปที่ 3.10 ซึ่งพอจะสรุปการเก็บตัวอย่างอากาศได้ดังนี้

2.1.1 การเก็บตัวอย่างอากาศประเภทติดกับตัวบุคคลโดยใช้ charcoal tube ใช้ charcoal tube ต่อกับเครื่องเก็บตัวอย่างอากาศ ที่อัตราการดูดอากาศ (flow rate) 0.2 ลิตรต่อนาที ตามมาตรฐาน National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH Method, 1994) แล้วนำไปติดที่คอปกเสื้อของคนงาน ดำเนินการเก็บตัวอย่างอู่ละ 16 ตัวอย่าง นานครั้งละ 15 นาที

2.1.1.1 อู่พ่นซ่อมสีรถยนต์ เอ. ทำการเก็บตัวอย่างอากาศในระหว่างเวลาคนงานปฏิบัติงานในห้องพ่นสี ห้องผสมสี บริเวณพ่นสีนอกห้อง และบริเวณลงสีโป๊ว บริเวณละ 1 ตัวอย่างในช่วงเช้า และบริเวณละ 1 ตัวอย่างในช่วงบ่าย รวม 2 วัน จำนวน 16 ตัวอย่าง

2.1.1.2 อู่พ่นซ่อมสีรถยนต์ บี. ทำการเก็บตัวอย่างอากาศเช่นเดียวกันกับการเก็บตัวอย่างในหัวข้อ 2.1.1.1

2.1.2 การเก็บตัวอย่างอากาศประเภทติดตั้งกับพื้นที่ ใช้ชุดอุปกรณ์เก็บตัวอย่างที่แตกต่างกัน 2 ชุด คือ

2.1.2.1 charcoal tube ใช้ charcoal tube ต่อกับเครื่องเก็บตัวอย่างอากาศ ที่อัตราการดูดอากาศ 0.2 ลิตรต่อนาที ในบริเวณห้องพ่นสี ห้องผสมสี บริเวณพ่นสีนอกห้อง บริเวณลงสีโป๊ว และปล่องห้องอบสี ส่วนในบริเวณห้องอบสี และหน้าต่างอู่พ่นซ่อมสีรถยนต์ (จุดที่กระแสลมพัดอากาศออกนอกอู่) ใช้อัตราการดูดอากาศ 0.1 ลิตรต่อนาที ตามมาตรฐาน National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH Method, 1994) แล้วนำไปติดตั้งอยู่กับที่ในบริเวณอู่พ่นซ่อมสีรถยนต์ โดยเก็บตัวอย่างในบริเวณห้องพ่นสี ห้องผสมสี บริเวณพ่นสีนอกห้อง บริเวณลงสีโป๊ว และปล่องห้องอบสี นานครั้งละ 15 นาที บริเวณห้องอบสีนานครั้งละ 30-60 นาที ส่วนบริเวณหน้าต่างอู่ (จุดที่กระแสลมพัดอากาศออกนอกอู่) นานครั้งละ 60 นาที

2.1.2.1.1 อู่พ่นซ่อมสีรถยนต์ เอ. ทำการเก็บตัวอย่างอากาศในห้องพ่นสี ห้องผสมสี บริเวณพ่นสีนอกห้อง บริเวณลงสีโป๊ว ห้องอบสี ปล่องห้องอบสี และหน้าต่างอู่ (จุดที่กระแสลมพัดอากาศออกนอกอู่) บริเวณละ 1 ตัวอย่างในช่วงเช้า และบริเวณละ 1 ตัวอย่างในช่วงบ่าย รวม 2 วัน จำนวน 28 ตัวอย่าง

2.1.2.1.2 อู่พ่นซ่อมสีรถยนต์ บี. ทำการเก็บตัวอย่างอากาศห้องพ่นสี ห้องผสมสี บริเวณพ่นสีนอกห้อง บริเวณลงสีโป๊ว ห้องอบสี และหน้าต่างอู่ (จุดที่กระแสลมพัดอากาศออกนอกอู่) บริเวณละ 1 ตัวอย่างในช่วงเช้า และบริเวณละ 1 ตัวอย่างในช่วงบ่าย รวม 2 วัน จำนวน 24 ตัวอย่าง

2.1.2.2 air bag (tedlar) ใช้ air bag ต่อกับเครื่องเก็บตัวอย่างอากาศ ที่อัตราการเป่าอากาศ 1 ลิตรต่อนาทีในบริเวณห้องพ่นสี ห้องผสมสี บริเวณพ่นสีนอกห้อง และบริเวณลงสีโป๊ว ส่วนบริเวณหน้าต่างอู่ (จุดที่กระแสลมพัดอากาศออกนอกอู่) ใช้อัตราการเป่าอากาศ 0.2 ลิตรต่อนาที แล้วนำไปติดตั้งอยู่กับที่ในบริเวณอู่พ่นซ่อมสีรถยนต์ โดยเก็บตัวอย่างในห้องพ่นสี ห้องผสมสี บริเวณลงสีโป๊ว และบริเวณพ่นสีนอกห้อง นานครั้งละ 15 นาที สำหรับบริเวณหน้าต่างอู่ (จุดที่กระแสลมพัดอากาศออกนอกอู่) เก็บนานครั้งละ 60 นาที

2.1.2.2.1 อู่พ่นซ่อมสีรถยนต์ เอ. ทำการเก็บตัวอย่างอากาศในห้องพ่นสี ห้องผสมสี บริเวณพ่นสีนอกห้อง บริเวณลงสีโป๊ว และหน้าต่างอู่ (จุดที่กระแสลมพัดอากาศออกนอกอู่) บริเวณละ 1 ตัวอย่างในช่วงเช้า และบริเวณละ 1 ตัวอย่างในช่วงบ่าย รวม 2 วัน จำนวน 20 ตัวอย่าง

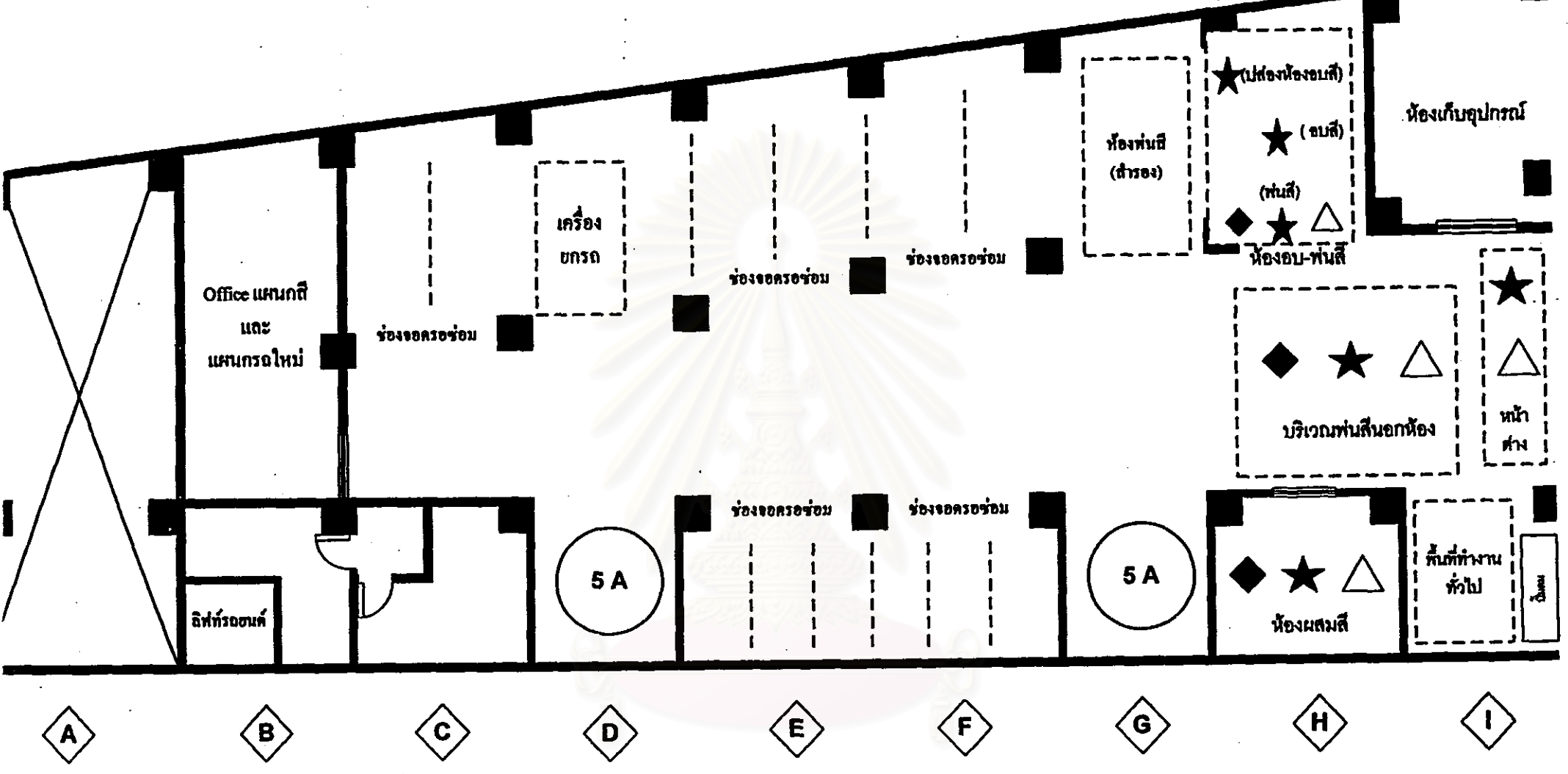
2.1.2.2.2 อู่พ่นซ่อมสีรถยนต์ บี. ทำการเก็บตัวอย่างอากาศเช่นเดียวกันกับการเก็บตัวอย่างในหัวข้อ 2.1.2.2.1

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 3.1 จำนวนตัวอย่างอากาศที่ทำการเก็บในอู่พ่นซ่อมสีรถยนต์ เอ. และ บี.

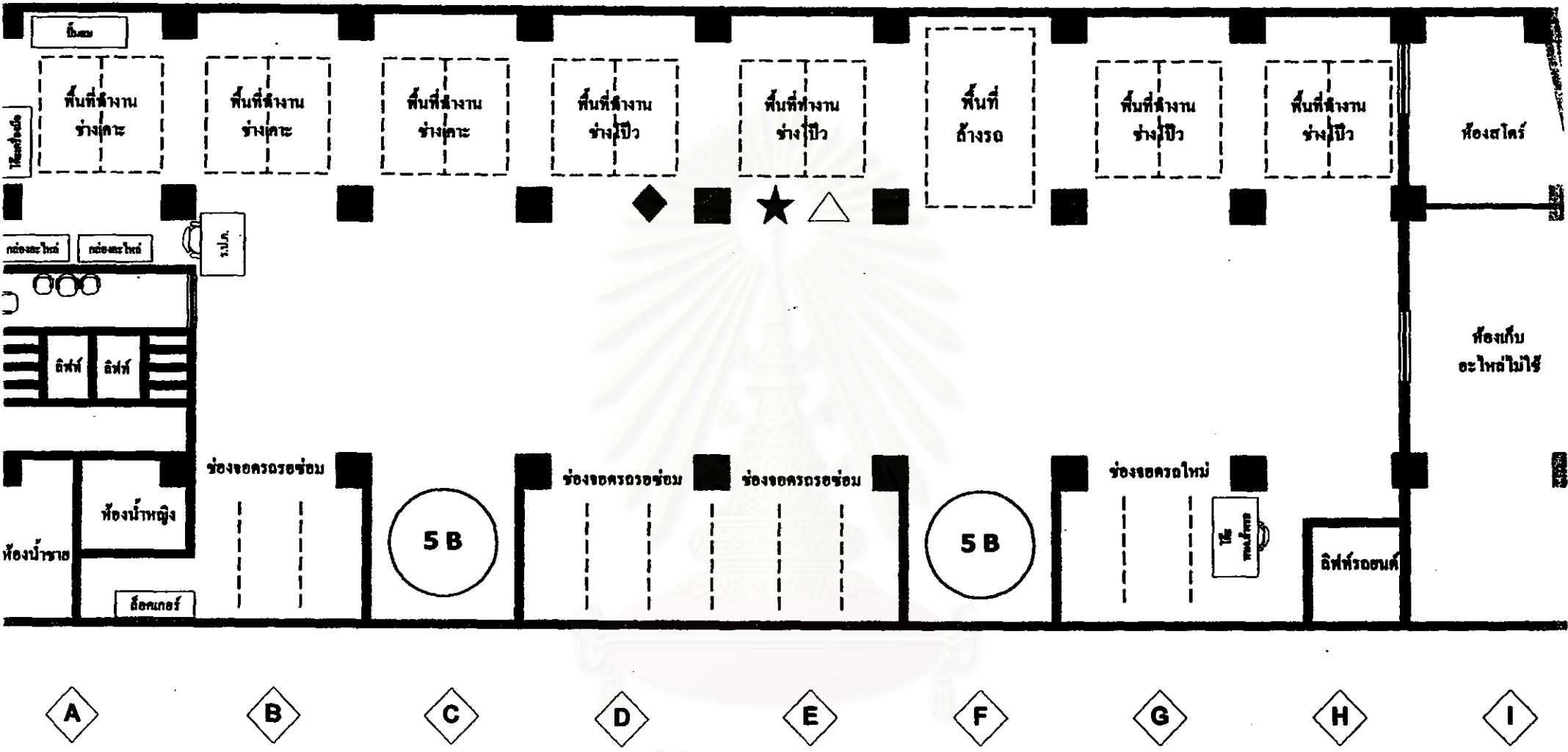
สถานที่	ประเภทของการเก็บตัวอย่างอากาศ															
	ติดกับตัวบุคคล				ติดตั้งกับพื้นที่											
	charcoal tube				charcoal tube							air bag (tedlar)				
	ห้องพ่นสี	บริเวณพ่นสีนอกห้อง	ห้องผสมสี	บริเวณลงสีเป๊ว	ห้องพ่นสี	บริเวณพ่นสีนอกห้อง	ห้องผสมสี	บริเวณลงสีเป๊ว	ห้องอบสี	ปลองห้องอบสี	หน้าต่างอู่	ห้องพ่นสี	บริเวณพ่นสีนอกห้อง	ห้องผสมสี	บริเวณลงสีเป๊ว	หน้าต่างอู่
อู่ เอ.	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
อู่ บี.	4	4	4	4	4	4	4	4	4	-	4	4	4	4	4	4
รวม	8	8	8	8	8	8	8	8	8	4	8	8	8	8	8	8
รวมจำนวนตัวอย่างทั้งสิ้น 124 ตัวอย่าง																

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



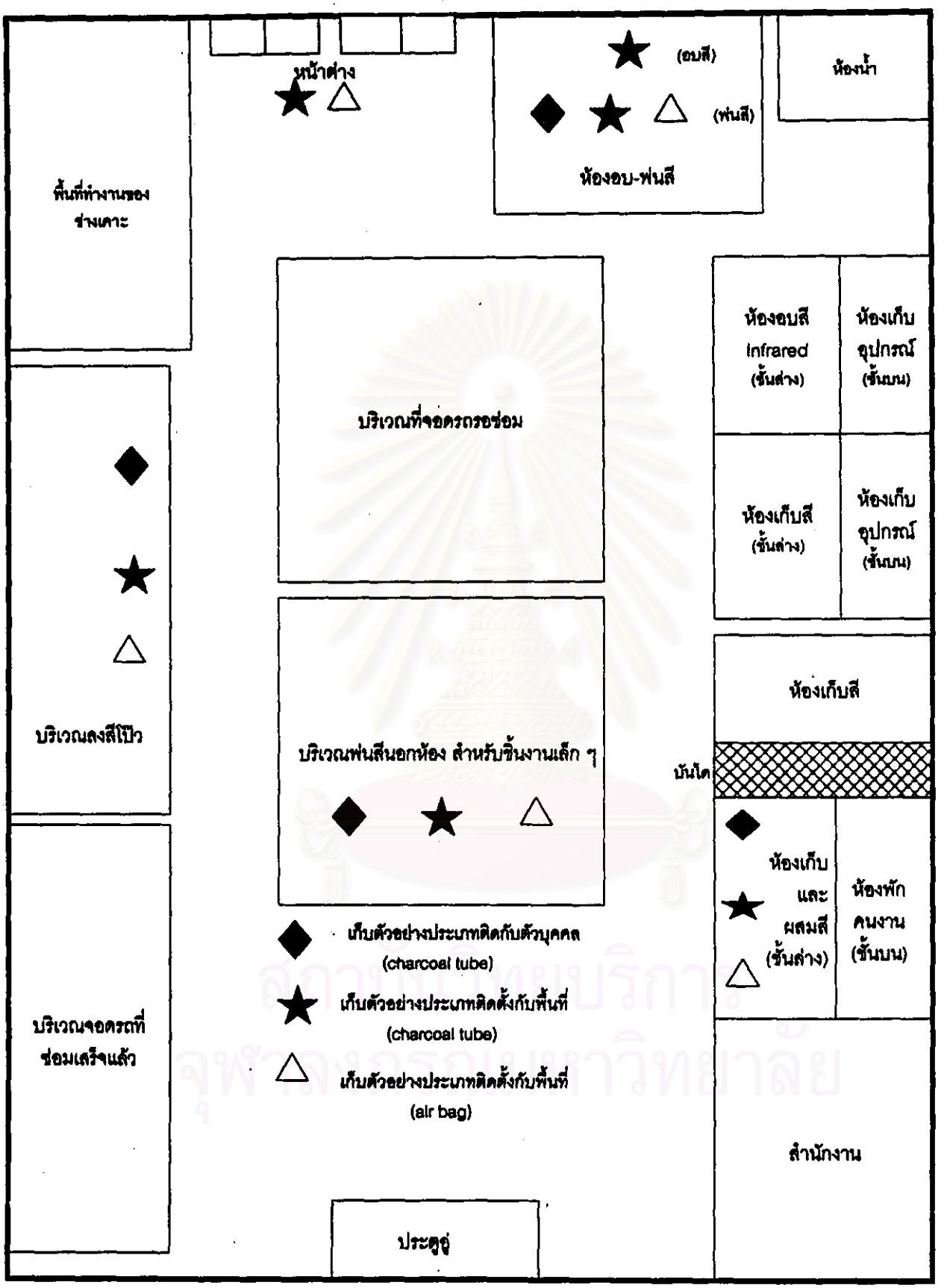
รูปที่ 3.9 ตำแหน่ง และประเภทของการเก็บตัวอย่างอากาศ ของอู่พ่นซ่อมสีรถยนต์ เอ.

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 3.9 (ต่อ) ตำแหน่ง และประเภทของการเก็บตัวอย่างอากาศของ อู่พ่นซ่อมสีรถยนต์ เอ.



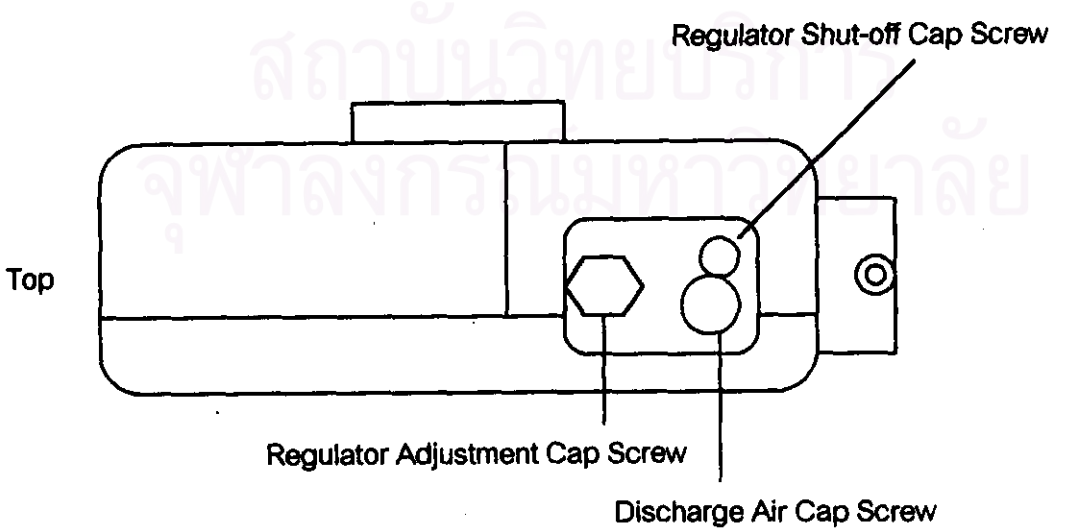
รูปที่ 3.10 ตำแหน่ง และประเภทของการเก็บตัวอย่าง ของอู่พ่นซ่อมสีรถยนต์ บี.

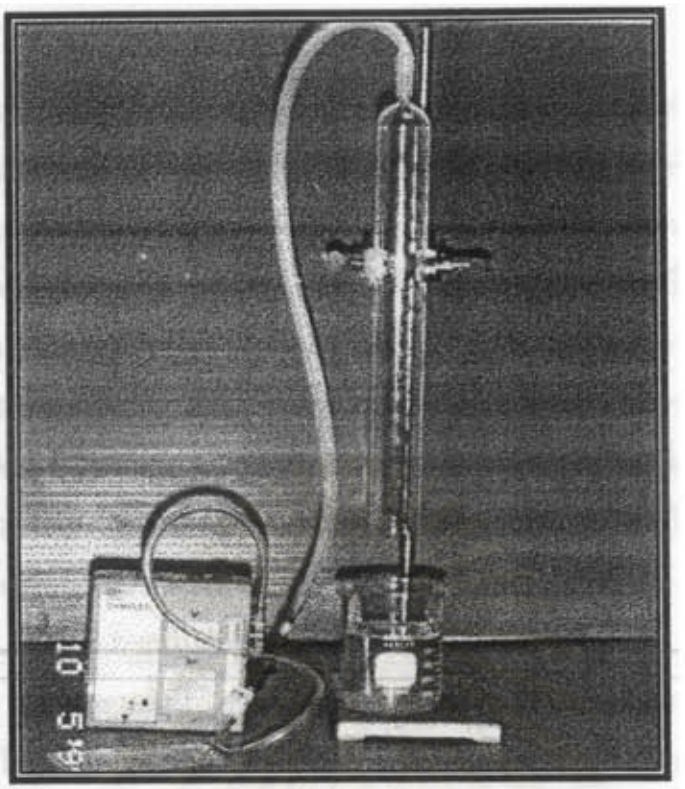
2.2 วิธีการเก็บ และวิเคราะห์ความเข้มข้นของโทลูอีน และไซลีนในอากาศ

2.2.1 การปรับเทียบอัตราการไหลของอากาศ (flow calibration) ทั้งอัตราการดูดและการเป่าของเครื่องเก็บตัวอย่างอากาศ จะต้องทำทุกครั้งก่อน และหลังการเก็บตัวอย่างอากาศ โดยใช้วิธี Bubble Primary Method สำหรับการเก็บตัวอย่างโดยใช้ charcoal tube ทั้งประเภทติดกับตัวบุคคล และติดตั้งกับพื้นที่ จะต้องทำการปรับเทียบอัตราการดูดของอากาศ โดยจัดอุปกรณ์ให้อยู่ในลักษณะดังรูปที่ 3.11 แล้วเปิดเครื่องเก็บตัวอย่างอากาศที่จะทำการตรวจเทียบ ยกบีกเกอร์ที่ใส่น้ำสบู่ไว้ทำให้เกิดฟองที่ปลายหลอดแก้ว ฟองสบู่จะถูกดูดขึ้นมาแทนที่อากาศ จับเวลาที่ฟองสบู่ถูกดูดขึ้นซึ่งมีความสัมพันธ์กับปริมาตรอากาศที่ถูกแทนที่ แล้วสามารถคำนวณหาอัตราการดูดของอากาศได้โดยนำปริมาตรของอากาศที่ถูกแทนที่หารด้วยระยะเวลาของการถูกแทนที่ ขณะเดียวกันนั้นจะต้องทำการอ่านมิเตอร์ลูกลอยหรือค่าที่ขึ้นบนหน้าปัทม์ของเครื่องเก็บตัวอย่างอากาศด้วย เพื่อจะได้หาความสัมพันธ์ของอัตราการดูดอากาศของเครื่องเก็บตัวอย่างอากาศกับอัตราการดูดอากาศจริง

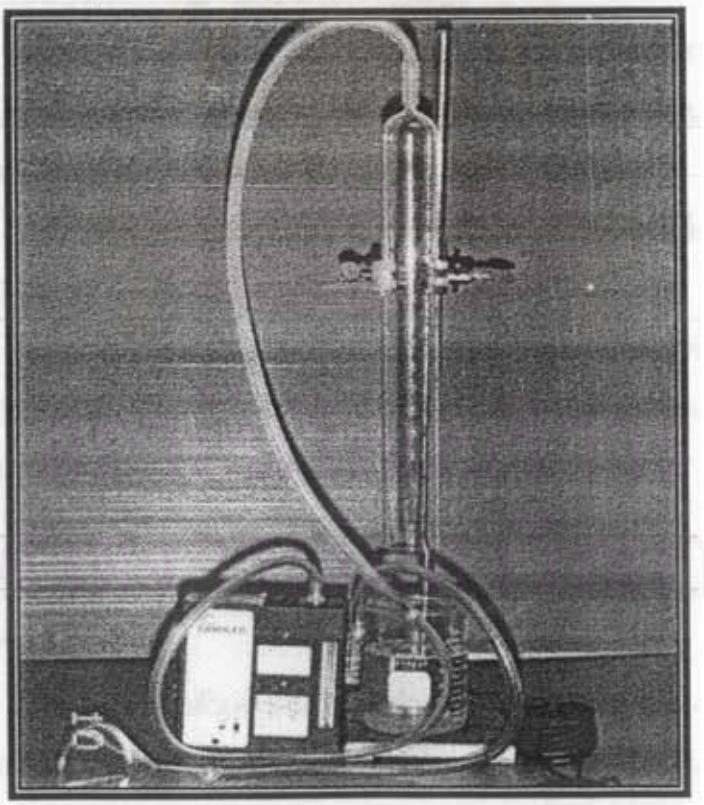
ส่วนการเก็บตัวอย่างอากาศประเภทติดตั้งกับพื้นที่โดยใช้ air bag (tedlar) จะต้องทำการปรับเทียบอัตราการเป่าของอากาศ โดยในขั้นตอนแรกจะต้องจัดอุปกรณ์ให้อยู่ในลักษณะเหมือนการเก็บตัวอย่างโดยใช้ charcoal tube (รูปที่ 3.11) แต่จะต้องหมุน Discharge Air Cap Screw (รูปที่ 3.12) ของเครื่องเก็บตัวอย่างอากาศออก แล้วใส่ screw ที่ต่อด้วยสาย tygon เข้าไปแทน เพื่อเป็นทางเป่าอากาศออก สำหรับการเก็บตัวอย่างโดยใช้ low flow rate ทั้งการเก็บตัวอย่างโดยใช้ charcoal tube และ air bag (tedlar) จะต้องคลายปุ่ม Regulator Shut-off Cap Screw (รูปที่ 3.12) ประมาณ 3 รอบ เพื่อเป็นการป้องกันเครื่องน็อค

<u>รูปที่ 3.12</u> Discharge Air Cap Screw และ Regulator Shut-off Cap Screw ของเครื่องเก็บตัวอย่างอากาศ





รูปที่ 3.11 ชุดอุปกรณ์การปรับเทียบอัตราการดูดของอากาศ สำหรับการเก็บตัวอย่างประเภทติดกับตัวบุคคล และติดตั้งกับพื้นที่โดยใช้ charcoal tube



รูปที่ 3.13 ชุดอุปกรณ์การปรับเทียบอัตราการเป่าของอากาศ สำหรับการเก็บตัวอย่างประเภทติดตั้งกับพื้นที่โดยใช้ air bag (tedlar)

หลังจากนั้นให้เปิดเครื่องเก็บตัวอย่างอากาศที่จะทำการตรวจเทียบ ยกบีกเกอร์ที่ใส่น้ำสบู่ไว้ทำให้เกิดฟอง ที่ปลายหลอดแก้ว ฟองสบู่จะถูกดูดขึ้นมาแทนที่อากาศ รอให้ฟองสบู่ถูกดูดขึ้นไปยังส่วนสูงสุดของ หลอดแก้วแล้วปิดเครื่องเก็บตัวอย่างอากาศ ต่อสายยางของเครื่องปรับเทียบอัตราการไหลของอากาศกับ สายยางส่วนที่ต่อมาจาก Discharge Air Cap Screw (รูปที่ 3.13) แล้วเปิดเครื่องเก็บตัวอย่างอากาศ อีกครั้ง ฟองสบู่ที่อยู่ส่วนสูงสุดของหลอดแก้วจะถูกเป่าลงมาแทนที่อากาศ จับเวลาที่ฟองสบู่ถูกเป่าลงมา ซึ่งมีความสัมพันธ์กับปริมาตรอากาศที่ถูกแทนที่ สามารถคำนวณหาอัตราการเป่าของอากาศได้ โดยนำ ปริมาตรของอากาศที่ถูกแทนที่หารด้วยระยะเวลาของการถูกแทนที่ ขณะเดียวกันนั้นจะต้องทำการอ่าน มิเตอร์ลูกลอยหรือค่าที่ขึ้นบนหน้าปัทม์ของเครื่องเก็บตัวอย่างอากาศด้วย เพื่อจะได้หาความสัมพันธ์ของ อัตราการเป่าอากาศของเครื่องเก็บตัวอย่างอากาศกับอัตราการเป่าอากาศจริง

2.2.2 *การเก็บตัวอย่างภาคสนาม*

การศึกษาครั้งนี้ การเก็บตัวอย่างได้ทำการเก็บตัวอย่างพร้อมๆ กัน ในแต่ละ บริเวณที่ทำการศึกษา โดยมีเครื่องเก็บตัวอย่างประเภทติดกับตัวบุคคลจำนวน 6 ชุด และเครื่องเก็บ ตัวอย่างประเภทติดตั้งกับพื้นที่ ซึ่งสามารถเก็บตัวอย่างได้พร้อมกัน 19 ตัวอย่าง และขาตั้งขนิด 3 ขา จำนวน 11 ตัว การวิจัยครั้งนี้ได้เน้นในห้องผสมสี บริเวณพ่นสีนอกห้อง และห้องพ่นสี เพราะเป็น บริเวณที่คนงานมีโอกาสได้รับไอระเหยของโทลูอีน และไซลีนสูง

สำหรับตำแหน่งที่ทำการเก็บตัวอย่างนั้น ได้กระทำในบริเวณที่เลือกไว้ทั้งประเภท ติดกับตัวบุคคล และประเภทติดตั้งกับพื้นที่ (รูปการเก็บตัวอย่างภาคสนามแสดงในภาคผนวก ข.) ซึ่งวิธี การเก็บตัวอย่างในภาคสนามมีดังนี้ คือ

2.2.2.1 วิธีการเก็บตัวอย่างอากาศประเภทติดกับตัวบุคคล โดยใช้ charcoal tube (รูปที่ 3.14)

1) ใช้สาย tygon ต่อเข้ากับท่อดูดอากาศเข้าของเครื่องเก็บตัวอย่าง อากาศ พันทับด้วยพาราฟิล์ม ส่วนปลายอีกข้างหนึ่งต่อกับ adjustable low flow holder ซึ่งใช้ปรับ อัตราการไหลของอากาศให้เป็น low flow rate คือ 0.2 ลิตรต่อนาที

2) หักส่วนหลังของ charcoal tube ออก

3) ต่อส่วนหลังของ charcoal tube เข้ากับ adjustable low flow holder พันทับด้วยพาราฟิล์ม

4) นำตัวเครื่องเก็บตัวอย่างอากาศไปติดกับตัวคนงานที่ระดับเอว ส่วน charcoal tube ซึ่งต่อกับเครื่องเก็บตัวอย่างอากาศโดยใช้สาย tygon จะใช้ที่หนีบ (clip) หนีบเอาไว้ที่ บริเวณคอปกเสื้อของคนงาน โดยส่วนหน้าของ charcoal tube จะคว่ำลง

5) หักส่วนหน้าของ charcoal tube ออก เปิดสวิทช์เครื่องเก็บตัวอย่าง อากาศที่อัตราการดูดอากาศตามที่กำหนดไว้

6) บันทึกอุณหภูมิ ความชื้น ความดันบรรยากาศ และความเร็วลม

7) เมื่อครบระยะเวลาตามที่กำหนด ให้ปิดสวิทช์เครื่องเก็บตัวอย่างอากาศ แล้วใช้ฝาครอบส่วนหน้าของ charcoal tube พันทับด้วยพาราฟิล์ม

8) ถอด charcoal tube ส่วนหลัง ออกจาก adjustable low flow holder ใช้ฝาครอบแล้วพันทับด้วยพาราฟิล์ม ใส่ไว้ในถุงพลาสติกแล้วเก็บไว้ในกล่องโฟมที่บรรจุน้ำแข็งไว้เพื่อรอการวิเคราะห์ต่อไป

2.2.2.2 วิธีการเก็บตัวอย่างอากาศประเภทติดตั้งกับพื้นที่ แบ่งตามชุดอุปกรณ์ที่ใช้ในการเก็บตัวอย่างได้ 2 ประเภท คือ

2.2.2.2.1 วิธีการเก็บตัวอย่างอากาศประเภทติดตั้งกับพื้นที่ โดยใช้ charcoal tube (รูปที่ 3.15)

1) ใช้สาย tygon ต่อเข้ากับท่อดูดอากาศเข้าของเครื่องเก็บตัวอย่างอากาศ พันทับด้วยพาราฟิล์ม ส่วนปลายอีกข้างหนึ่งต่อกับ adjustable low flow holder ซึ่งใช้ปรับอัตราการไหลของอากาศให้เป็น low flow rate คือ 0.2 หรือ 0.1 ลิตรต่อนาที

2) หักส่วนหลังของ charcoal tube ออก

3) ต่อส่วนหลังของ charcoal tube เข้ากับ adjustable low flow holder พันทับด้วยพาราฟิล์ม

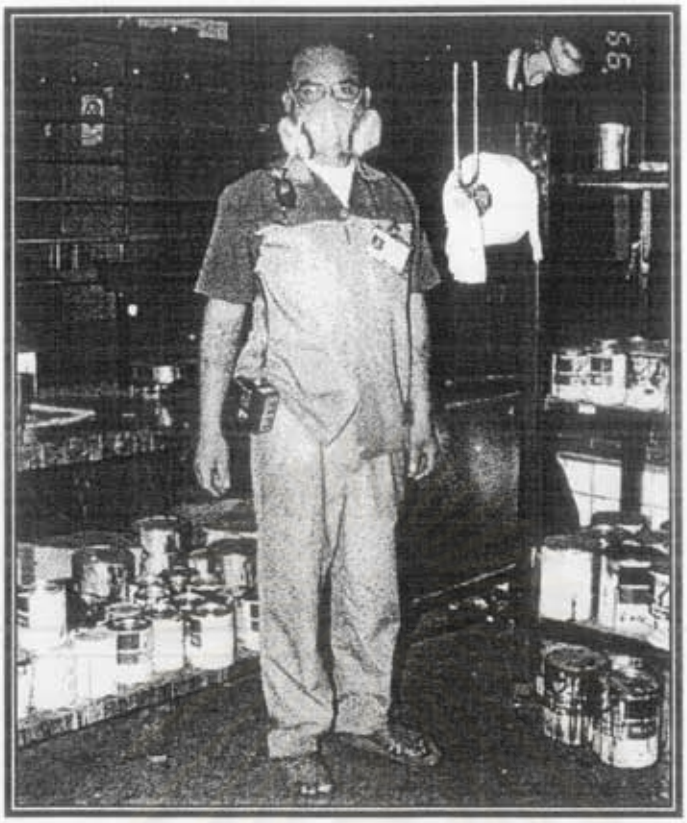
4) ให้นำชุดอุปกรณ์ไปติดไว้บนขาตั้งชนิด 3 ขา ที่ระดับความสูง 150 เซนติเมตร โดยส่วนหน้าของ charcoal tube จะถูกปล่อยคว่ำลง

5) หักส่วนหน้าของ charcoal tube ออก เปิดสวิทช์เครื่องเก็บตัวอย่างอากาศที่อัตราการดูดอากาศตามที่กำหนดไว้

6) บันทึกอุณหภูมิ ความชื้น ความดันบรรยากาศ และความเร็วลม

7) เมื่อครบระยะเวลาตามที่กำหนด ให้ปิดสวิทช์เครื่องเก็บตัวอย่างอากาศ แล้วใช้ฝาครอบส่วนหน้าของ charcoal tube พันทับด้วยพาราฟิล์ม

8) ถอด charcoal tube ส่วนหลัง ออกจาก adjustable low flow holder ใช้ฝาครอบแล้วพันทับด้วยพาราฟิล์ม ใส่ไว้ในถุงพลาสติกแล้วเก็บไว้ในกล่องโฟมที่บรรจุน้ำแข็งไว้เพื่อรอการวิเคราะห์ต่อไป



รูปที่ 3.14 การเก็บตัวอย่างอากาศประเภทติดกับตัวบุคคลโดยใช้ charcoal tube

รูปที่ 3.15 การเก็บตัวอย่างอากาศประเภทติดตั้งกับพื้นที่โดยใช้ charcoal tube

รูปที่ 3.16 การเก็บตัวอย่างอากาศประเภทติดตั้งกับพื้นที่โดยใช้ air bag (tedlar)

2.2.2.2.2 วิธีการเก็บตัวอย่างอากาศประเภทติดตั้งกับพื้นที่ โดยใช้ air bag (tedlar) (รูปที่ 3.16) การเก็บตัวอย่างโดยใช้ air bag นี้ จะต้องมีการล้าง air bag ด้วยก๊าซไนโตรเจนบริสุทธิ์ก่อน และหลังการเก็บตัวอย่างทุกครั้ง

1) ใช้สาย tygon ต่อกับท่อดูดอากาศเข้าของเครื่องเก็บตัวอย่างอากาศพันทับด้วยพาราฟิล์ม ส่วนปลายอีกข้างหนึ่งต่อกับ adjustable low flow holder เพื่อปรับอัตราการไหลของอากาศให้เป็น low flow rate คือ 0.2 ลิตรต่อนาที แต่ถ้าไม่ใช้อัตราการไหลของอากาศเป็น low flow rate คือ 1 ลิตรต่อนาที ก็ไม่ต้องใช้ adjustable low flow holder

2) ถอด Discharge Air Cap Screw ที่อยู่ส่วนบนของเครื่องเก็บตัวอย่างอากาศออก แล้วใส่ Screw ซึ่งต่อด้วยสาย tygon เข้าไปแทน เพื่อเป็นทางเป่าอากาศออก สำหรับการเก็บตัวอย่างโดยใช้ low flow rate จะต้องคลายปุ่ม Regulator Adjustment Cap Screw ประมาณ 3 รอบ เป็นการป้องกันเครื่องน็อค

3) เปิดวาล์วท่อนำอากาศเข้าของ air bag แล้วต่อท่อนำอากาศเข้าของ air bag กับ adjustable low flow holder ในกรณีที่ใช้อัตราการไหลของอากาศเป็น low flow rate แต่ถ้าไม่ใช้ low flow rate ให้ต่อท่อนำอากาศเข้าของ air bag กับสาย tygon พันทับด้วยพาราฟิล์ม

4) ให้นำชุดอุปกรณ์ไปติดไว้บนขาตั้งชนิด 3 ขา ที่ระดับความสูง 150 เซนติเมตร โดยส่วนของสาย tygon ที่ต่อกับท่อนำอากาศเข้าของ air bag จะชี้ค่ำลง

5) เปิดสวิทช์ของเครื่องเก็บตัวอย่างอากาศ ที่อัตราการเป่าอากาศตามที่กำหนดไว้

6) บันทึกอุณหภูมิ ความชื้น ความดันบรรยากาศ และความเร็วลม

7) เมื่อครบระยะเวลาตามที่กำหนด ให้ปิดสวิทช์เครื่องเก็บตัวอย่างอากาศ แล้วปิดวาล์วท่อนำอากาศเข้าของ air bag

8) ในกรณีที่ใช้อัตราการไหลของอากาศเป็น low flow rate ให้ถอดท่อนำอากาศเข้าของ air bag ออกจาก adjustable low flow holder แต่ถ้าไม่ใช้ low flow rate ให้ถอดท่อนำอากาศเข้าของ air bag ออกจากสาย tygon แล้วพันทับด้วยพาราฟิล์ม เพื่อรอการวิเคราะห์ต่อไป

2.2.3 การวิเคราะห์ตัวอย่างอากาศ

การวิเคราะห์ตัวอย่างอากาศที่ทำการเก็บตัวอย่างประเภทติดกับตัวบุคคล และประเภทติดตั้งกับพื้นที่โดยใช้ charcoal tube จะมีขั้นตอนการวิเคราะห์ที่แตกต่างจากการเก็บตัวอย่างประเภทติดตั้งกับพื้นที่โดยใช้ air bag (tedlar) คือ

2.2.3.1 วิธีวิเคราะห์ตัวอย่างอากาศที่ทำการเก็บตัวอย่างประเภทติดกับตัวบุคคล และประเภทติดตั้งกับพื้นที่โดยใช้ charcoal tube

1) ดึงฝาครอบ และแกะพาราฟิล์ม ทั้งส่วนหน้า และส่วนหลังของ charcoal tube ออก

2) เทเม็ดถ่านบริเวณส่วนหน้า และส่วนหลัง ลงในขวด vial ขนาด 1 มิลลิลิตร ส่วนละขวด

3) ใช้ auto pipett ดูดคาร์บอนไดซัลไฟด์ 1 มิลลิลิตร เติมลงไปในขวด vial แล้วปิดจุกให้แน่น

4) เขย่าด้วยเครื่อง mixer เป็นเวลา 30 นาที

5) นำไปฉีดเข้าเครื่อง gas chromatography ครั้งละ 1 ไมโครลิตร โดยใช้ Auto samplers

2.2.3.2 วิธีวิเคราะห์ตัวอย่างอากาศที่ทำการเก็บตัวอย่างประเภทติดตั้งกับพื้นที่โดยใช้ air bag (tedlar)

1) ใช้สาย tygon ต่อกับท่อนำอากาศเข้าของ air bag ส่วนปลายอีกข้างหนึ่งให้พับบริเวณส่วนปลาย แล้วรัดยางให้แน่น

2) เขย่า air bag เพื่อให้ตัวอย่างอากาศที่เก็บอยู่ในถุงผสมเป็นเนื้อเดียวกัน

3) เปิดวาล์วท่อนำอากาศเข้าของ air bag แล้วใช้ gas-tight syringe แทงที่สาย tygon บริเวณระหว่างส่วนที่ต่อกับท่อนำอากาศเข้ากับส่วนที่รัดยางไว้

4) ดูดตัวอย่างอากาศจาก air bag จำนวน 2.0 มิลลิลิตร ฉีดเข้าเครื่อง gas chromatography โดยทำการฉีดซ้ำ air bag ละ 2 ครั้ง

2.2.4 การคำนวณตัวอย่างอากาศ

2.2.4.1 การคำนวณตัวอย่างอากาศที่ทำการเก็บตัวอย่างประเภทติดกับตัวบุคคล และประเภทติดตั้งกับพื้นที่โดยใช้ charcoal tube

เนื่องจาก charcoal tube แบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนหน้า และส่วนหลัง ปริมาณโทลูอีน และ o,m,p-xylene ที่วิเคราะห์ได้ในทั้ง 2 ส่วนนี้ จะต้องนำมารวมกันเป็นปริมาณโทลูอีน และ o,m,p-xylene ที่ถูกดูดซับโดย charcoal tube นอกจากนี้ในส่วนของไซลีนจะต้องรวมปริมาณ o-xylene , m-xylene และ p-xylene เป็นปริมาณไซลีนทั้งหมด

1) ทดสอบหาประสิทธิภาพการดูดซับ (Desorption Efficiency) ของ charcoal tube (ภาคผนวก ค.)

2) เตรียมสารละลายมาตรฐานเพื่อทำเส้นกราฟมาตรฐาน (ภาคผนวก ง.)

3) อ่านค่าปริมาณโทลูอีน และ o,m,p-xylene ในสารละลายตัวอย่างที่ทำการวิเคราะห์ในหน่วยมิลลิกรัม (mg) ซึ่งเครื่อง gas chromatography จะมีโปรแกรมคอมพิวเตอร์คำนวณให้ โดยเปรียบเทียบค่าพื้นที่ใต้ chromatogram ของแต่ละตัวอย่างกับเส้นกราฟมาตรฐาน

4) คำนวณปริมาณของโทลูอีน และ o,m,p-xylene ตามสูตร

$$\text{corrected mg/sample} = \frac{\text{total weight} - \text{blank weight}}{\text{D.E.}}$$

5) คำนวณความเข้มข้นของตัวอย่างอากาศ ในหน่วยมิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร (mg/m^3) ของอากาศ โดยใช้สูตร

$$C\ (mg/m^3) = \frac{\text{corrected mg} \times 1{,}000\ (l/m^3)}{\text{air volume sample (l)}}$$

และสามารถเปลี่ยนไปเป็นหน่วยหนึ่งส่วนในล้านส่วน (ppm) โดยใช้สูตร

$$ppm = \frac{mg/m^3 \times 24.45}{M.W.}$$

mg = จำนวนมิลลิกรัมของโทลูอีน หรือ o,m,p-xylene

m^3 = จำนวนลูกบาศก์เมตรของตัวอย่างอากาศ

24.45 = molar volume (l/mole) ของ ideal gas ที่ 25 ^{0}C และ 760 มิลลิลิตรปรอท

M.W. = น้ำหนักโมเลกุล (กรัม/ โมเลกุล) ของโทลูอีน หรือ o,m,p-xylene

เมื่อแทนค่าเข้าไปในสูตรข้างต้น จะได้

โทลูอีน 1 ppm = 3.77 mg/m^3 (ที่ 25 ^{0}C และ 760 มิลลิลิตรปรอท)

ไซลีน 1 ppm = 4.34 mg/m^3 (ที่ 25 ^{0}C และ 760 มิลลิลิตรปรอท)

2.2.4.2 การคำนวณตัวอย่างอากาศ ที่ทำการเก็บตัวอย่างประเภทติดตั้งกับพื้นที่โดยใช้ air bag

เนื่องจากไซลีนมีอยู่ 3 isomer คือ o-xylene, m-xylene และ p-xylene ดังนั้นปริมาณไซลีนในตัวอย่างทั้งหมดจะต้องเป็นปริมาณรวมของ o-xylene , m-xylene และ p-xylene

1) เตรียมเส้นกราฟมาตรฐาน (ภาคผนวก ง.)

2) อ่านค่าปริมาณโทลูอีน และ o,m,p-xylene ของตัวอย่างอากาศที่ทำการวิเคราะห์ในหน่วยนาโนกรัม (ng) ซึ่งเครื่อง gas chromatography จะมีโปรแกรมคอมพิวเตอร์คำนวณให้โดยใช้ค่าพื้นที่ใต้ chromatogram ของแต่ละตัวอย่างเปรียบเทียบกับเส้นกราฟมาตรฐาน

3) คำนวณความเข้มข้นของโทลูอีน และ o,m,p-xylene ในตัวอย่างอากาศที่ฉีดเข้าไปในในหน่วย มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตรของอากาศ โดยใช้สูตร

$$C\ (mg/m^3) = \frac{\text{Weight (ng)}}{\text{The injected sample (ml)}}$$

3. การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

นำข้อมูลที่ได้จากการทดลองมาวิเคราะห์สถิติโดยใช้ analysis of variance และ regression analysis

4. ทดสอบความเที่ยงตรงของ Auto samplers

4.1 การเก็บตัวอย่าง

สำหรับการทดสอบความเที่ยงตรงของ Auto samplers ได้ทำการเก็บตัวอย่างโดยใช้ charcoal tube ทั้งประเภทติดกับตัวบุคคล และติดตั้งกับพื้นที่ ภายในห้องผสมสี จำนวน 3 ตัวอย่าง และบริเวณพ่นสีนอกห้องจำนวน 2 ตัวอย่าง โดยมีวิธีการเก็บตัวอย่างดังต่อไปนี้

4.1.1 วิธีการเก็บตัวอย่างอากาศประเภทติดกับตัวบุคคลโดยใช้ charcoal tube จะทำการเก็บตัวอย่างอากาศภายในห้องผสมสี จำนวน 1 ตัวอย่าง และบริเวณพ่นสีนอกห้อง จำนวน 1 ตัวอย่าง ซึ่งมีวิธีการเก็บตัวอย่างอากาศเช่นเดียวกันกับการเก็บตัวอย่างอากาศในหัวข้อ 2.2.2.1

4.1.2 วิธีการเก็บตัวอย่างอากาศประเภทติดตั้งกับพื้นที่โดยใช้ charcoal tube จะทำการเก็บตัวอย่างอากาศภายในห้องผสมสี จำนวน 2 ตัวอย่าง และบริเวณพ่นสีนอกห้องจำนวน 1 ตัวอย่าง ซึ่งวิธีการเก็บตัวอย่างอากาศจะทำเช่นเดียวกันกับการเก็บตัวอย่างอากาศในหัวข้อ 2.2.2.2.1

4.2 การวิเคราะห์ตัวอย่างอากาศ

การวิเคราะห์ตัวอย่างอากาศ จะทำเช่นเดียวกันกับการวิเคราะห์ตัวอย่างอากาศในหัวข้อ 2.2.3.1 แต่สำหรับการทดสอบความเที่ยงตรงของ Auto samplers นี้ จะต้องใช้ Auto samplers ทำการฉีดสารละลายตัวอย่างเข้าเครื่อง gas chromatography ซ้ำ ตัวอย่างละ 6 ครั้ง

4.3 การคำนวณตัวอย่างอากาศ

การคำนวณหาปริมาณความเข้มข้นของโทลูอีน และไซลีนในตัวอย่างอากาศจะทำเช่นเดียวกันกับการคำนวณตัวอย่างอากาศในหัวข้อ 2.2.4.1 แล้วบันทึกค่าความเข้มข้นของโทลูอีน และไซลีนในตัวอย่างอากาศที่ฉีดเข้าเครื่อง gas chromatography โดยใช้ Auto samplers ในแต่ละครั้งไว้

5. การศึกษาปริมาณความเข้มข้นของโทลูอีน และไซลีนในตัวอย่างอากาศที่ทำการเก็บตัวอย่างประเภทติดตั้งกับพื้นที่โดยใช้ air bag (tedlar) หลังจากการเก็บตัวอย่างในระยะเวลาต่างๆ กัน

5.1 การเก็บตัวอย่างอากาศ

การเก็บตัวอย่างอากาศ ได้เลือกเก็บตัวอย่างอากาศภายในห้องผสมสี จำนวน 3 ตัวอย่าง โดยทำการเก็บตัวอย่างอากาศเช่นเดียวกันกับการเก็บตัวอย่างอากาศในหัวข้อ 2.2.2.2.2

5.2 การวิเคราะห์ตัวอย่างอากาศ

การวิเคราะห์ตัวอย่างอากาศ จะทำการวิเคราะห์เช่นเดียวกันกับการวิเคราะห์ตัวอย่างอากาศในหัวข้อ 2.2.3.2 แต่สำหรับการศึกษาปริมาณความเข้มข้นของโทลูอีน และไซลีนในตัวอย่างอากาศที่ทำการเก็บตัวอย่างประเภทติดตั้งกับพื้นที่ โดยใช้ air bag (tedlar) หลังจากการเก็บตัวอย่างในระยะเวลาต่างๆ กันนี้ จะทำการวิเคราะห์ตัวอย่างอากาศหลังจากการเก็บตัวอย่าง 4 ชั่วโมง,

24 ชั่วโมง, 48 ชั่วโมง, 70 ชั่วโมง, 75 ชั่วโมง, 118 ชั่วโมง และ 123 ชั่วโมง เพื่อดูแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของค่าความเข้มข้นของโทลูอีน และไซลีนในตัวอย่างอากาศ

6. การทดสอบหาขีดความสามารถของการวิเคราะห์ (Detectable Limit) ของเครื่อง gas chromatography ที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้

6.1 ฉีดสารละลายมาตรฐาน G.C. grade ของโทลูอีน และไซลีน สารละ 1 ไมโครลิตร ลงในขวด vial ที่มีคาร์บอนไดซัลไฟด์ 4 มิลลิลิตร แล้วปิดจุกให้แน่น เพื่อเป็นสารละลายมาตรฐานความเข้มข้นที่ 1

6.2 เขย่าสารละลายมาตรฐานความเข้มข้นที่ 1 ด้วยเครื่องผสมน้ำยา (mixer) เป็นเวลา 30 นาที

6.3 เทสารละลายมาตรฐานความเข้มข้นที่ 1 ใส่ลงในขวด vial ขนาด 1 มิลลิลิตร แล้วฉีดเข้าเครื่อง gas chromatography โดยใช้ auto samplers ครั้งละ 1 ไมโครลิตร

6.4 ใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ของเครื่อง gas chromatography คำนวณปริมาณโทลูอีน และไซลีนในสารละลายมาตรฐานความเข้มข้นที่ 1 ถ้าหากเครื่อง gas chromatography ยังสามารถอ่านค่าปริมาณโทลูอีน และไซลีนในสารละลายมาตรฐานความเข้มข้นที่ 1 ได้ จะต้องทำการเจือจางสารละลายมาตรฐานความเข้มข้นที่ 1 แล้วฉีดเข้าเครื่อง gas chromatography จนกระทั่งเครื่อง gas chromatography ไม่สามารถอ่านค่าปริมาณโทลูอีน และไซลีนในสารละลายมาตรฐานความเข้มข้นที่ทำการเจือจางได้

6.5 คำนวณค่าความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐาน ที่เครื่อง gas chromatography ไม่สามารถอ่านค่าปริมาณโทลูอีน และไซลีนได้ ค่าความเข้มข้นที่ได้ คือ ขีดความสามารถของการวิเคราะห์สารโทลูอีน และไซลีน (Detectable Limit) ของเครื่อง gas chromatography

6.6 นำค่าที่ได้จากข้อ 6.5 มาคำนวณหาขีดความสามารถของการวิเคราะห์สารโทลูอีน และไซลีนในอากาศ ในการศึกษาครั้งนี้ จากสูตร

$$\text{ขีดความสามารถของการวิเคราะห์สารโทลูอีน และไซลีนในอากาศ (µg/l)} = \frac{\text{DL x Vol. of solvent}}{\text{flow rate x time}}$$

DL คือ Detectable Limit ของเครื่อง gas chromatography (µg/ml)

Vol. of solvent คือ ปริมาณของสารละลาย (CS_2) ที่ใช้ (4 ml)

flow rate คือ อัตราการไหลของอากาศที่ใช้ในการเก็บตัวอย่างอากาศ (0.1 l/min.)

time คือ ระยะเวลาในการเก็บตัวอย่างอากาศ (60 min.)

7. ศึกษาปริมาณโทลูอีน และไซลีนทั้งหมดที่ปล่อยออกจากคู่พ่นซ่อมสีรถยนต์ เอ. โดยคำนวณจากปริมาณการใช้สี และเปรียบเทียบกับปริมาณโทลูอีน และไซลีนทั้งหมดที่ปล่อยออกจากคู่พ่นซ่อมสีรถยนต์ เอ. ที่คำนวณจากปริมาณโทลูอีน และไซลีนที่ปล่อยออกบริเวณหน้าต่างของคู่ (ช่องเปิด) รวมกับปริมาณที่ปล่อยออกทางปล่องห้องพ่นสี (emission) และ ปริมาณที่ปล่อยออกทางปล่องห้องอบสี (emission)

ปริมาณโทลูอีน และไซลีนที่ปล่อยออกทั้งหมด (คิดจากปริมาณการใช้สี) (g/ระยะเวลาทำงาน 8 hrs.) = ปริมาณการใช้สี (ในระยะเวลาทำงาน 8 hrs.) x น้ำหนักของ Volatile Organic Compounds ในสีต่อปริมาตร (g/l)

ปริมาณที่ปล่อยออกบริเวณหน้าต่าง (mg/min.) = ความเข้มข้นของโทลูอีน และไซลีนบริเวณหน้าต่าง (mg/m^3) x พื้นที่ของหน้าต่าง (m^2) x ความเร็วลม (m/min.)

ปริมาณที่ปล่อยออกจากปล่องห้องพ่นสี (mg/hrs.) = ความเข้มข้นของโทลูอีน และไซลีนจากปล่องห้องพ่นสี (mg/m^3) x อัตราการระบายอากาศของปล่อง (m^3/hrs.)

ปริมาณที่ปล่อยออกจากปล่องห้องอบสี (mg/hrs.) = ความเข้มข้นของโทลูอีน และไซลีนจากปล่องห้องอบสี (mg/m^3) x อัตราการระบายอากาศของปล่อง (m^3/hrs.)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย