บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 ตัวอย่างรถจักรยานยนต์

รถจักรยานยนต์ที่นำมาทดสอบในงานวิจัยนี้เป็นรถที่ถูกนำมาแลกเปลี่ยนใน "โครงการมอเตอร์ไซค์สะอาดเพื่อชาว กทม." ซึ่งเป็นโครงการของกรุงเทพมหานคร โดยได้ทำการคัดเลือกมาจำนวน 10 คัน ตามเกณฑ์ที่กำหนดในขอบเขตการศึกษา จากจำนวนทั้งหมด 44 คัน ซึ่งประกอบด้วย รถจักรยานยนต์ 2 จังหวะจำนวน 43 คัน และรถจักรยานยนต์ 4 จังหวะ จำนวน 1 คัน

ในจักรยานยนต์จำนวน 10 คัน ที่คัดเลือกมานี้เป็นจักรยานยนต์ 2 จังหวะทั้งหมด ซึ่งสามารถแบ่งกลุ่มตามขนาดกระบอกสูบได้ออกเป็น 2 กลุ่ม คือ

1. กลุ่มที่มีขนาดกระบอกสูบใหญ่กว่า 125 ลูกบาศก์เซนติเมตร จำนวน 2 คัน
2. กลุ่มที่มีขนาดกระบอกสูบเล็กกว่า 125 ลูกบาศก์เซนติเมตร จำนวน 8 คัน

จักรยานยนต์ในกลุ่มที่มีขนาดเล็กกว่า 125 ลูกบาศก์เซนติเมตร ยังสามารถแบ่งย่อยตามอายุการใช้งานได้ออกเป็น 3 ช่วง คือ

ช่วงอายุมากกว่า 10 ปี จำนวน 2 คัน

ช่วงอายุ 6 – 10 ปี จำนวน 3 คัน

ช่วงอายุน้อยกว่า 6 ปี จำนวน 3 คัน

ในการแบ่งกลุ่มตัวอย่างรถจักรยานยนต์ไม่สามารถแบ่งตามระยะทางใช้งาน (Mileage) ของรถได้ เนื่องจากสายไมล์วัดระยะทางของตัวอย่างรถส่วนใหญ่ไม่สามารถทำงานได้ตามปกติ นอกจากนี้ตัวอย่างรถในกลุ่มที่มีขนาดกระบอกสูบเล็กกว่า 125 ลูกบาศก์เซนติเมตร มีสภาพค่อนข้างเก่ามาก รถบางคันไม่สามารถเร่งรอบเครื่องยนต์เพื่อทำความเร็วได้ และบางคันมีปัญหาเกี่ยวกับ

ระบบหล่อเย็นของเครื่องยนต์ จากการศึกษาฐานข้อมูลของรถจักรยานยนต์ในโครงการมอเตอร์ไซค์สะอาดเพื่อชาว กทม. พบว่ามีข้อมูลของตัวอย่างรถที่คัดเลือกมาจำนวน 4 คัน ซึ่งล้วนแต่เป็นรถที่ใช้สำหรับการทำงาน แต่ละคันถูกใช้งาน 40, 60, 90 และ 200 กิโลเมตรต่อวัน ดังนั้น ในบางกรณีอายุรถจึงมิอาจสื่อถึงสภาพการทำงานที่แท้จริงของเครื่องยนต์ได้

3.2 การเก็บตัวอย่างอากาศ

3.2.1 วิธีการเก็บตัวอย่างอากาศ

ในการเก็บตัวอย่างอากาศเพื่อนำไปวิเคราะห์หา VOCs นั้นสามารถทำได้หลายวิธี เช่น การเก็บตัวอย่างอากาศโดยตรงด้วยถุงเท็ดลาร์ (Tedlar Bag), การเก็บตัวอย่างอากาศโดยตรงด้วยถังคานิสเตอร์ (Canister) และ การเก็บตัวอย่างอากาศผ่านหลอดดูดซับ (Adsorbent Tube) เป็นต้น

ก่อนการศึกษาวิจัยได้ทำการทดสอบเบื้องต้น(Pre-test) เพื่อเลือกใช้วิธีการเก็บตัวอย่างอากาศที่เหมาะสมกับงานวิจัยนี้ โดยพิจารณาจากสถานที่เก็บตัวอย่างอากาศ ราคาของวัสดุอุปกรณ์ และความพร้อมของห้องปฏิบัติการที่ใช้ในการวิเคราะห์ ซึ่งสามารถสรุปได้ดังนี้

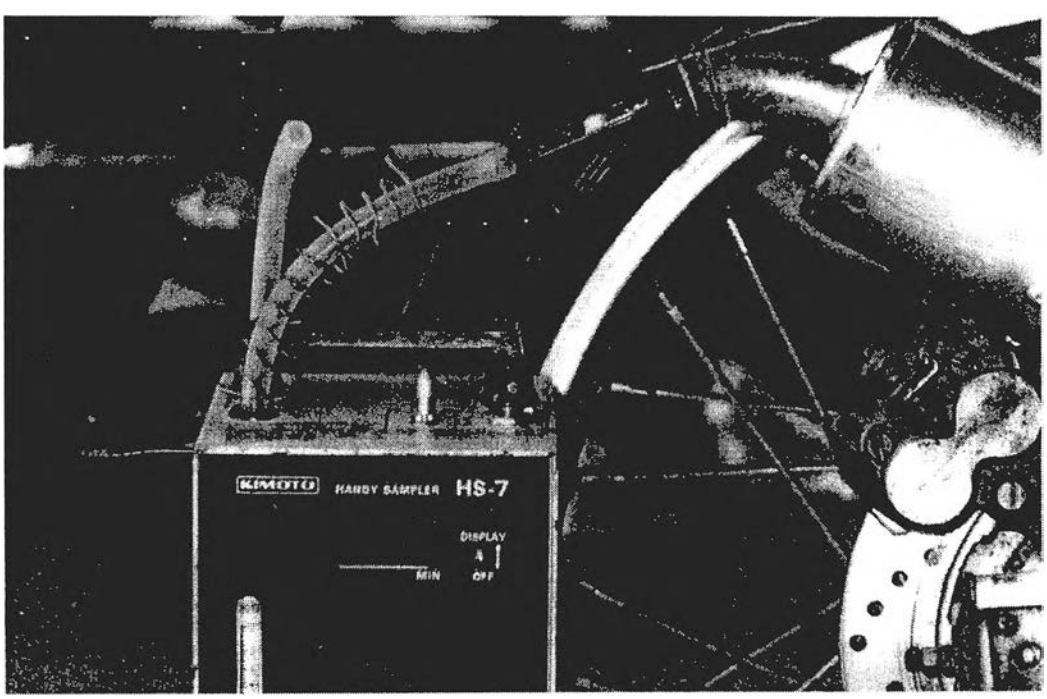
1. ตัวอย่างอากาศที่เก็บด้วยถุงเท็ดลาร์จะต้องทำการวิเคราะห์หา VOCs โดยเร็ว ไม่สามารถเก็บรักษาไว้ได้นาน เนื่องจากชนิดของ VOCs ที่สนใจอาจเกิดการเปลี่ยนรูปได้ ขณะที่สถานที่เก็บตัวอย่างอากาศและห้องปฏิบัติการวิเคราะห์อยู่ห่างไกลกันมาก วิธีนี้จึงไม่เหมาะสมกับงานวิจัยนี้
2. ถังคานิสเตอร์เป็นอุปกรณ์ที่มีราคาแพง สามารถเก็บตัวอย่างได้ทีละหนึ่งตัวอย่าง ขณะที่ในงานวิจัยนี้มีความจำเป็นต้องเก็บตัวอย่างมากกว่าหนึ่งตัวอย่างในแต่ละวันที่ทำการทดสอบ วิธีนี้จึงไม่เหมาะสมกับงานวิจัยนี้
3. ในงานวิจัยนี้ได้เลือกใช้วิธีการเก็บตัวอย่างอากาศด้วยปั๊มผ่านหลอดดูดซับชนิด Charcoal เนื่องจากสามารถดูดซับ BTEX ได้ ราคาไม่แพงและเก็บรักษาได้นานกว่าเมื่อเทียบกับวิธีอื่น ประกอบกับทางห้องปฏิบัติการมีความพร้อมในการวิเคราะห์ด้วยวิธีนี้ ทั้งนี้ก่อนการเก็บตัวอย่างอากาศต้องทำการปรับเทียบ (Calibrate) ปั๊มให้มีอัตราการไหลของอากาศไม่เกิน 0.2 ลิตรต่อนาที

ในการทดสอบเบื้องต้นยังได้มีการทดลองหาระยะห่างจากปลายท่อไอเสียที่เหมาะสมด้วยการทำโพรไฟล์ (Profile) ของ BTEX ที่ระยะห่าง 1, 5 และ 10 เซนติเมตร ตามลำดับ พบว่า เมื่อระยะห่างมากขึ้น ค่าความเข้มข้นของ BTEX จะค่อยๆลดลง และได้เลือกใช้ระยะห่าง 1 เซนติเมตร ในการเปรียบเทียบค่าความเข้มข้นของ BTEX ที่ปล่อยออกมาจากไอเสียของตัวอย่างรถแต่ละคัน

3.2.2 สภาวะการเก็บตัวอย่างอากาศ

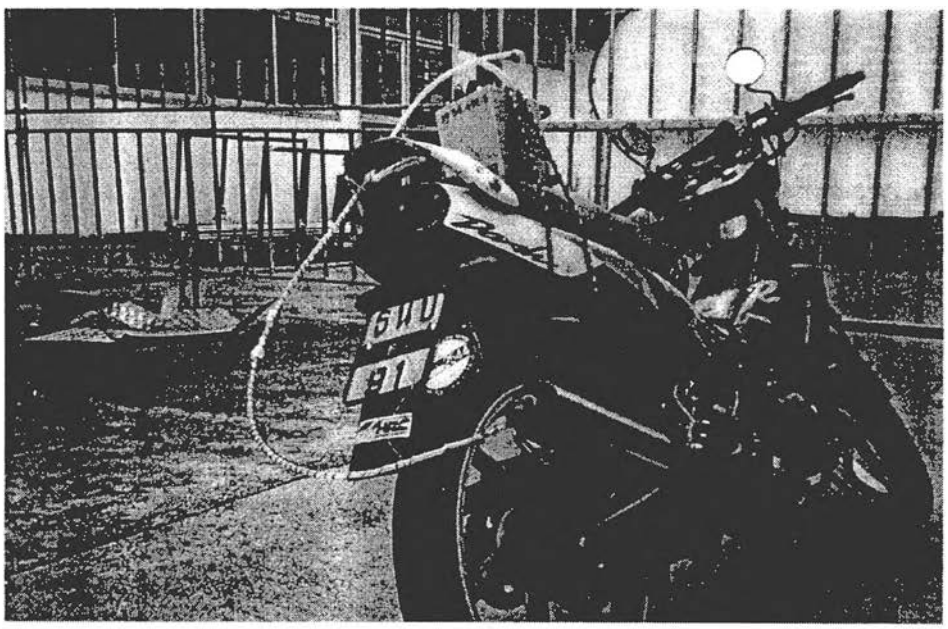
ในงานวิจัยนี้ได้ทำการเก็บตัวอย่างไอเสียจากรถจักรยานยนต์เพื่อนำไปวิเคราะห์หาความเข้มข้นของ BTEX ที่ปล่อยออกมาในสภาวะต่างๆทั้งหมด 3 สภาวะ รายละเอียดในการเก็บตัวอย่างในแต่ละสภาวะมีดังนี้

1. <u>แบบเดินเบา</u> เป็นการเก็บตัวอย่างไอเสียจากปลายท่อไอเสียที่ระยะห่างไม่เกิน 1 เซนติเมตร ขณะที่รถจักรยานยนต์ติดเครื่องจอดอยู่กับที่และไม่มีการเร่งเครื่อง โดยใช้ปั๊มดูดอากาศผ่านหลอด Charcoal ด้วยอัตรา 0.2 ลิตรต่อนาที เป็นเวลา 15 นาที ดังแสดงในภาพที่ 3.1

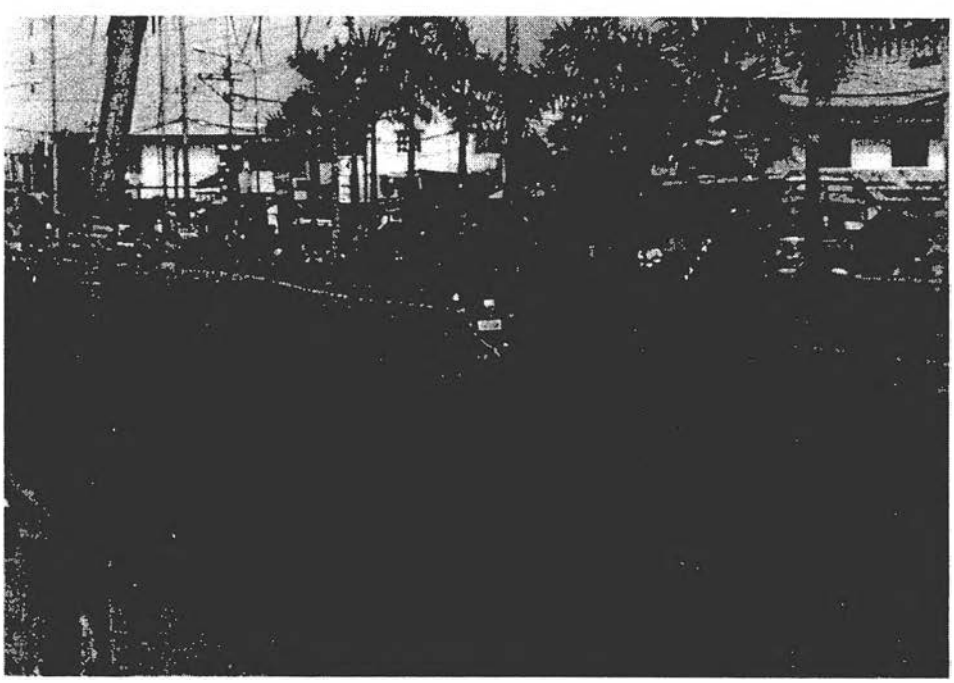


<u>ภาพที่ 3.1</u> การเก็บตัวอย่างไอเสียด้วย Charcoal ในสภาวะเดินเบา

2. <u>แบบขับจริง</u> เป็นการเก็บตัวอย่างไอเสียจากปลายท่อไอเสียที่ระยะห่างไม่เกิน 1 เซนติเมตร ขณะขับรถจักรยานยนต์ออกไปบนถนนจริง โดยใช้ปั๊มดูดอากาศผ่านหลอด Charcoal ด้วยอัตรา 0.2 ลิตรต่อนาที เป็นระยะทางประมาณ 5 กิโลเมตร ดังแสดงในภาพที่ 3.2



(ก)



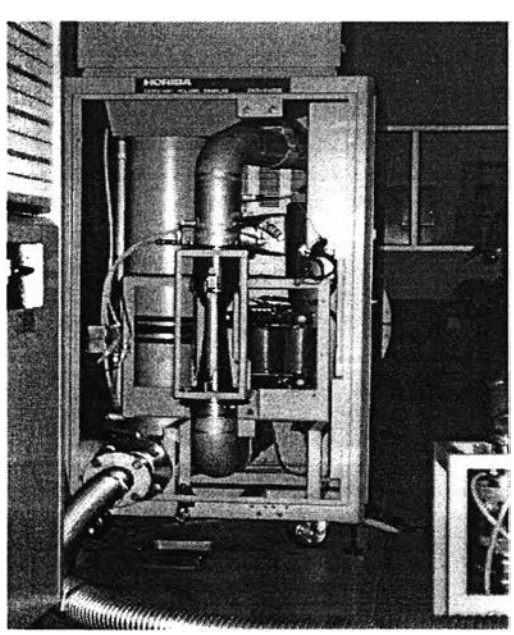
(ข)

<u>ภาพที่ 3.2</u> การเก็บตัวอย่างไอเสียด้วย Charcoal ในสภาวะขับจริง : (ก) การติดตั้งอุปกรณ์ (ข) การขับขี่บนถนนแพรกษา จ. สมุทรปราการ

3. <u>แบบขับในห้องทดสอบ</u> เป็นการนำรถจักรยานยนต์ขึ้นไปขับทดสอบบนลูกกลิ้ง โดยวิ่งไปตามวัฏจักรที่กำหนดไว้ใน มอก. 1105-2535 ไอเสียที่ปล่อยออกมาระหว่างขับทดสอบจะถูกดักจับไอน้ำมันหล่อลื่นสำหรับเครื่อง 2 จังหวะ ก่อนผ่านไปยัง Constant Volume Sampler เพื่อเจือจางกับอากาศในห้องทดสอบ ไอเสียที่ถูกเจือจางแล้วจะถูกดูดเข้าไปเก็บไว้ในถุงเก็บตัวอย่างอากาศด้วยอัตราคงที่ เพื่อทดสอบหา THC, CO, CO_2 และ NO_x จากนั้นจึงใช้ปั๊มดูดอากาศจากถุงเก็บตัวอย่างในห้องทดสอบผ่านหลอด Charcoal ด้วยอัตรา 0.2 ลิตรต่อนาที เป็นเวลา 15 นาที ดังแสดงในภาพที่ 3.3

3.2.3 สถานที่เก็บตัวอย่างอากาศ

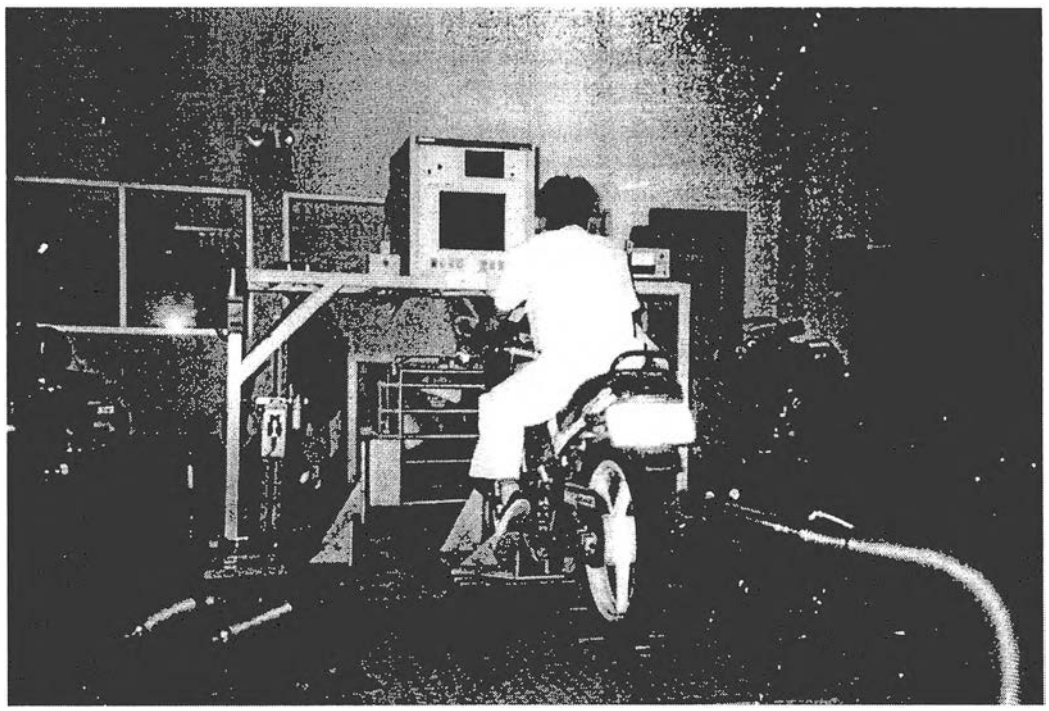
1. การเก็บตัวอย่างอากาศในสภาวะเดินเบา ได้ดำเนินการภายในอาณาบริเวณของ บริษัท พี ดี เค จำกัด ซึ่งเป็นสถานที่เก็บตัวอย่างรถจักรยานยนต์ที่ถูกนำมาแลกเปลี่ยนใน "โครงการมอเตอร์ไซค์สะอาดเพื่อชาว กทม."
2. การเก็บตัวอย่างอากาศในสภาวะขับจริง ได้ดำเนินการขณะขับขี่ไปตามถนนแพรกษา จ. สมุทรปราการ โดยใช้บริษัท พี ดี เค จำกัด เป็นทั้งจุดเริ่มต้นและจุดสิ้นสุดในการขับขี่
3. การเก็บตัวอย่างในห้องทดสอบ ดำเนินการภายในห้องปฏิบัติการตรวจวัดไอเสียรถจักรยานยนต์ที่สถาบันยานยนต์ไทย



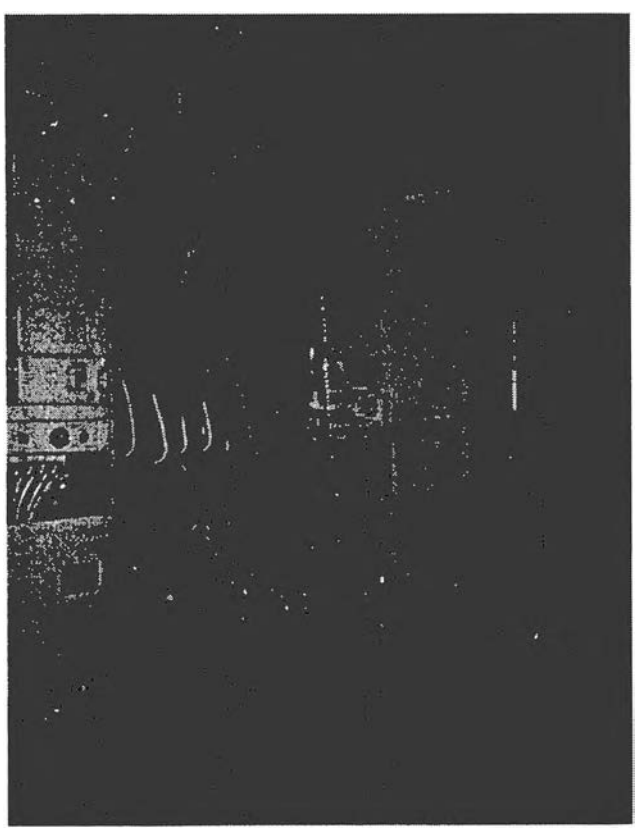
(ก)

<u>ภาพที่ 3.3</u> การเก็บตัวอย่างไอเสียด้วย Charcoal ในห้องทดสอบ:

(ก) Constant Volume Sampler



(ข)



(ค)

ภาพที่ 3.3 (ต่อ) การเก็บตัวอย่างไอเสียด้วย Charcoal ในห้องทดสอบ :

(ข) การขับขี่บนลูกกลิ้ง (Chassis Dynamometer)

(ค) การเก็บไอเสียจากถุงเก็บตัวอย่างอากาศ

3.3 วัสดุและอุปกรณ์

วัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้ในการเก็บตัวอย่างอากาศ ประกอบด้วย

1. ปั๊มดูดอากาศแบบพกพา ยี่ห้อ KIMOTO รุ่น HS-7
2. Coconut Charcoal Tube ชนิด A ขนาด 60x70 มม. ยี่ห้อ SKC
3. ท่อเทฟลอน

สารเคมีและอุปกรณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์หา BTEX ประกอบด้วย

1. หลอดฉีดสารเคมีขนาด 10 ไมโครลิตร
2. หลอดฉีดสารเคมีขนาด 50 ไมโครลิตร
3. สารละลายมาตรฐานเบนซิน 99.7%
4. สารละลายมาตรฐานโทลูอีน 99%
5. สารละลายมาตรฐานเอทิลเบนซิน 99%
6. สารละลายมาตรฐานไซลีน 99.9%
7. สารละลายคาร์บอนไดซัลไฟด์ (CS_2)
8. ขวดเล็ก (Vial) สำหรับสกัด BTEX
9. เครื่องเขย่าขวดสกัด (SAMPLE AGITATOR) ยี่ห้อ SUPELCO
10. เครื่องเขย่าสำหรับเตรียมสารละลายมาตรฐาน ยี่ห้อ SI รุ่น VORTEX-GENIE 2
11. เครื่องวิเคราะห์ GC/FID (Gas Chromatography Flame Ionization Detector) HP6890

3.4 การวิเคราะห์ตัวอย่างอากาศ

ในการวิเคราะห์หา BTEX นั้น ต้องนำเอา Charcoal ที่ผ่านการดูดซับไอเสียแล้วมาสกัดด้วยสารละลาย CS_2 แล้วจึงนำไปวิเคราะห์ด้วยเครื่อง GC/FID ซึ่งมีคอลัมน์ที่สามารถแยกชนิดของ VOCs ได้ หลักการทำงานของเครื่อง GC นี้มีอยู่ว่า สารแต่ละชนิดมีสมบัติในการเคลื่อนตัวออกมาจากคอลัมน์ด้วยระยะเวลา (Retention Time) ที่แตกต่างกัน โดยสารชนิดเดียวกันจะเคลื่อน

ตัวออกมาที่เวลาเท่ากัน ดังนั้นเมื่อทำการฉีดสารละลายมาตรฐานที่รู้ค่าความเข้มข้นแน่นอนเข้าไป แล้วนำโครมาโตแกรมไปเทียบกับโครมาโตแกรมของตัวอย่างที่ฉีดเข้าไป ก็สามารถทราบได้ทั้งชนิดและปริมาณของสารแต่ละชนิด จากการพิจารณาระยะเวลาและการคำนวณเปรียบเทียบพื้นที่ใต้ยอด (Peak) ของโครมาโตแกรม ตามลำดับ

3.4.1 การสกัดด้วยสารละลาย CS_2

การสกัด BTEX ออกจากผง Charcoal ที่ผ่านการดูดซับไอเสียมาแล้วด้วยสารละลาย CS_2 นั้นจะต้องทำในห้องทดลองที่มีการติดตั้ง Hood ดูดอากาศอยู่ด้วย ดังแสดงในภาพที่ 3.4 เนื่องจากสารละลาย CS_2 เป็นตัวทำละลายที่มีความเป็นพิษสูง ขั้นตอนในการสกัด มีดังนี้

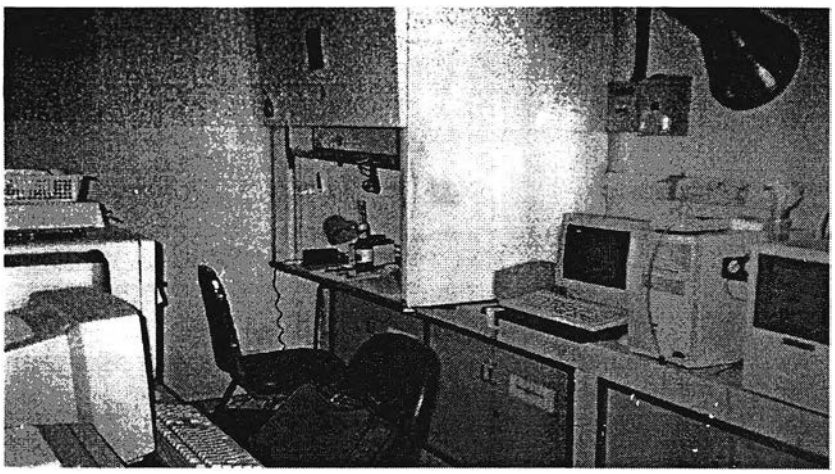
1. ถ่ายผง Charcoal จากหลอดไปใส่ใน Vial โดยแยกส่วนหน้าและส่วนหลังออกจากกัน เพื่อเป็นการตรวจสอบการเก็บตัวอย่างอากาศว่าเกิดการ Break Through หรือไม่
2. เติมสารละลาย CS_2 ปริมาณ 1 มิลลิลิตรลงไปในแต่ละ Vial
3. ตั้งทิ้งไว้บนเครื่องเขย่าเป็นเวลาประมาณ 30 นาที แล้วจึงนำไปฉีดเข้าเครื่อง GC/FID

หมายเหตุ: ต้องทำการสกัดผง Charcoal ใหม่เพื่อใช้เป็นตัวเปรียบเทียบ (Blank) ด้วยทุกครั้ง

3.4.2 การเตรียมสารละลายมาตรฐาน

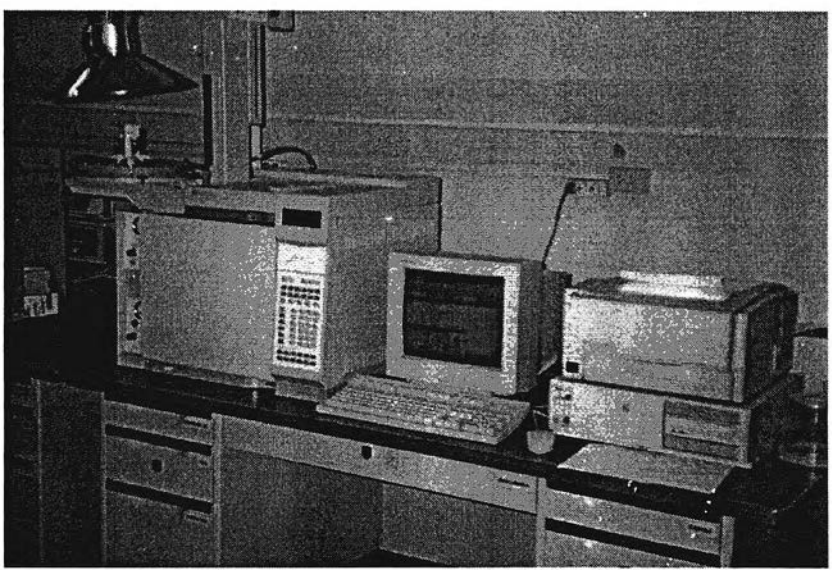
เมื่อฉีดสารละลายที่สกัดแล้วเข้าไปในเครื่อง GC/FID จะได้โครมาโตแกรม (Chromatogram) ออกมา ซึ่งสามารถจำแนกชนิดของ VOCs ได้จากเวลาที่ออกมาของแต่ละยอด แต่การจะบอกปริมาณของ VOCs ได้นั้นจะต้องเทียบพื้นที่ของแต่ละยอดที่ได้กับพื้นที่ใต้ยอดของสารละลายมาตรฐาน ดังนั้น เพื่อที่จะทราบปริมาณของ BTEX จากไอเสียรถจักรยานยนต์ที่ดูดซับอยู่บนผิว Charcoal จึงต้องมีการเตรียมสารละลายมาตรฐานของ BTEX ในการวิเคราะห์แต่ละครั้ง

ในการเตรียมสารละลายมาตรฐาน จะเตรียมไว้ 3 ระดับ ดังแสดงในภาพที่ 3.5 โดยแปรตามปริมาณมวลสารของสารละลายมาตรฐาน แล้วนำความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของมวลสารกับพื้นที่ใต้ยอดของโครมาโตแกรมไปสร้างแนวเส้นโค้งมาตรฐาน (Calibration Curve)



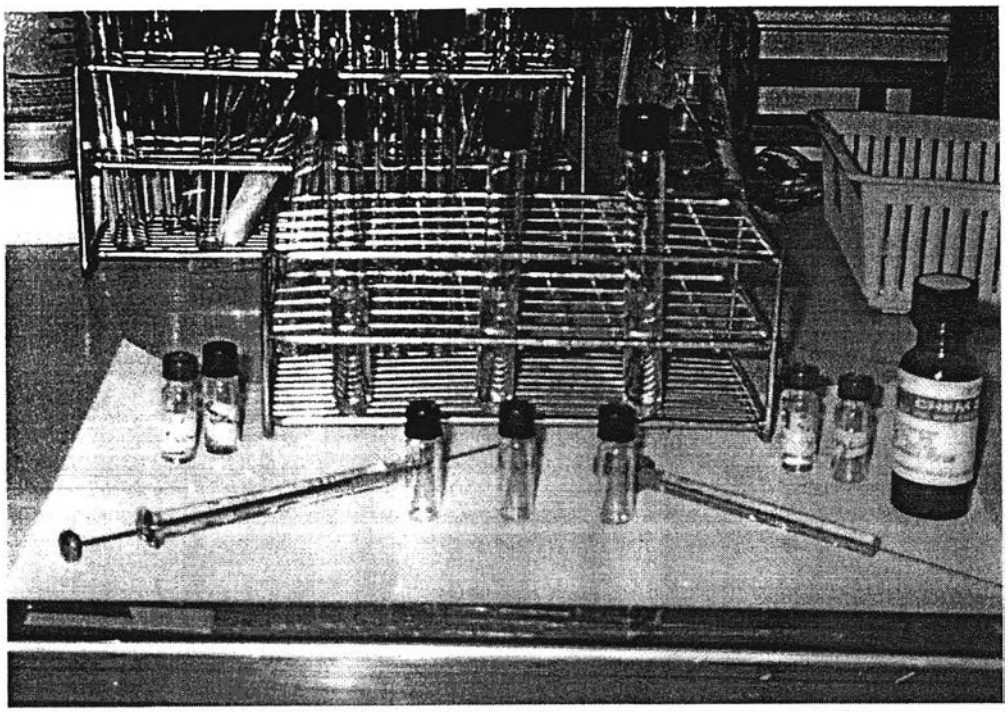
(ก)

(ข)

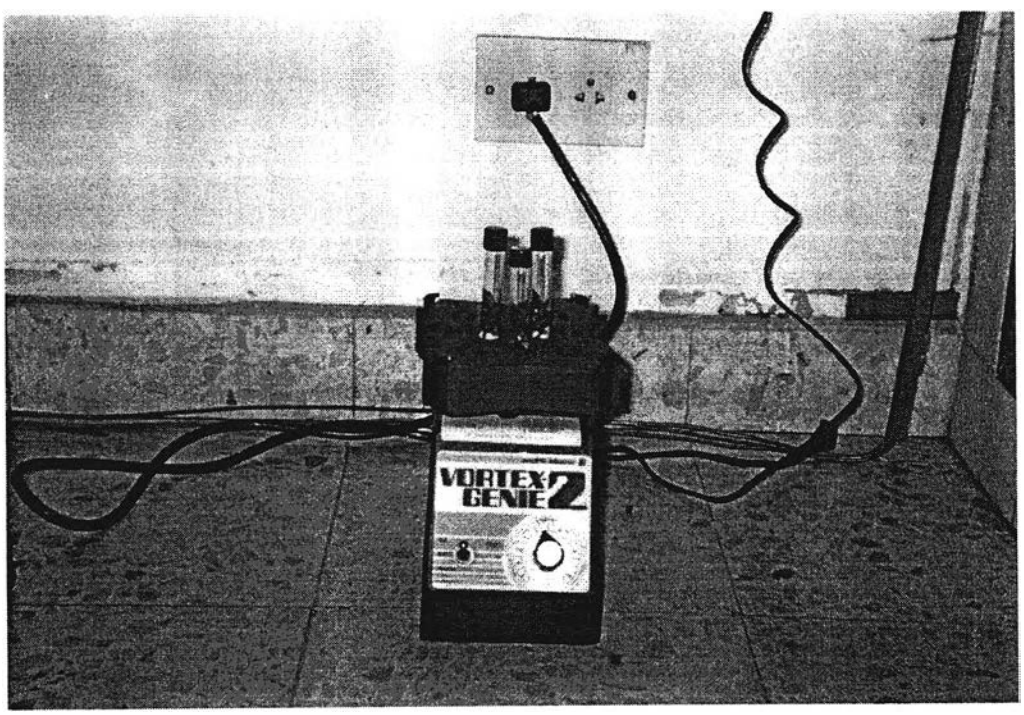


(ค)

ภาพที่ 3.4 การสกัด Charcoal ด้วย CS_2 : (ก) Hood (ข) ตัวอย่างการสกัด และ (ค) เครื่อง GC/FID



(ก)



(ข)

ภาพที่ 3.5 การเตรียมสารละลายมาตรฐาน BTEX: (ก) วัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ และ (ข) เครื่องเขย่า

ขั้นตอนการเตรียมสารละลายมาตรฐานในการวิเคราะห์หา BTEX มีดังนี้

1. ใส่สารละลาย CS_2 ปริมาตร 4 มิลลิลิตร ลงในหลอดทดลอง จำนวน 3 หลอด
2. ในแต่ละหลอดทดลองใส่ปริมาณสารละลายมาตรฐาน BTEX ลงไป โดยให้มีมวลสารแตกต่างกันไป ดังแสดงในตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 ปริมาณสารละลายมาตรฐาน BTEX

หลอดทดลองที่	ปริมาณสารละลายมาตรฐานที่เติม (ไมโครลิตร)			
	เบนซิน	โทลูอีน	เอทิลเบนซิน	ไซลีน
1	2	5	2	10
2	4	10	4	20
3	8	15	8	30

3. นำหลอดทดลองที่เติมสารละลายมาตรฐานแล้วไปเขย่าให้รวมเป็นเนื้อเดียวกัน เป็นเวลาประมาณ 2 – 3 นาที
4. แบ่งสารละลายมาตรฐานที่เขย่าจนรวมเป็นเนื้อเดียวกันแล้วจากหลอดทดลองใส่ลงในขวดเล็ก (Vial) แล้วนำไปฉีดเข้าเครื่อง GC
5. นำข้อมูลพื้นที่ใต้ยอดที่อ่านได้จากโครมาโตรแกรม และปริมาณมวลสารที่เติมลงไป (จากการคำนวณ) ไปสร้าง Calibration Curve เพื่อใช้ในการคำนวณหาปริมาณ BTEX จากตัวอย่างต่อไป

3.4.3 การหาเปอร์เซ็นต์การสกัดคืน (Recovery)

ความสามารถในการสกัด BTEX ออกมาจากผิวของผง Charcoal ด้วยสารละลาย CS_2 นั้นขึ้นอยู่กับสมบัติของผง Charcoal ที่ผลิตขึ้นมาในแต่ละชุด และชนิดของ VOCs ดังนั้นเพื่อที่จะทราบถึงปริมาณ BTEX ซึ่งดูดติดอยู่บนผิวของ Charcoal ที่ถูกต้อง จึงต้องทำการหาเปอร์เซ็นต์ในการสกัดคืนของ VOCs แต่ละชนิด โดยมีขั้นตอนดังนี้

1. ฉีดสารละลายมาตรฐานแต่ละชนิดปริมาณ 2 ไมโครลิตร ลงไปในหลอด Charcoal (หลอดละชนิด)
2. ดูดผ่านปั๊มทันทีเป็นระยะเวลาประมาณ 10 นาที
3. แช่หลอด Charcoal ไว้ในช่องแข็งเป็นเวลา 1 คืน
4. นำผง Charcoal มาสกัดตามวิธีการดังกล่าวข้างต้น แล้วนำไปฉีดเข้า GC/FID เพื่อหาปริมาณที่สกัดออกมา
5. คำนวณหาเปอร์เซ็นต์ในการสกัดของ VOCs แต่ละชนิด

3.5 ขั้นตอนการดำเนินงาน

ขั้นตอนการเก็บรวบรวมข้อมูลมีดังนี้

<u>ก่อนการซ่อมบำรุง</u>

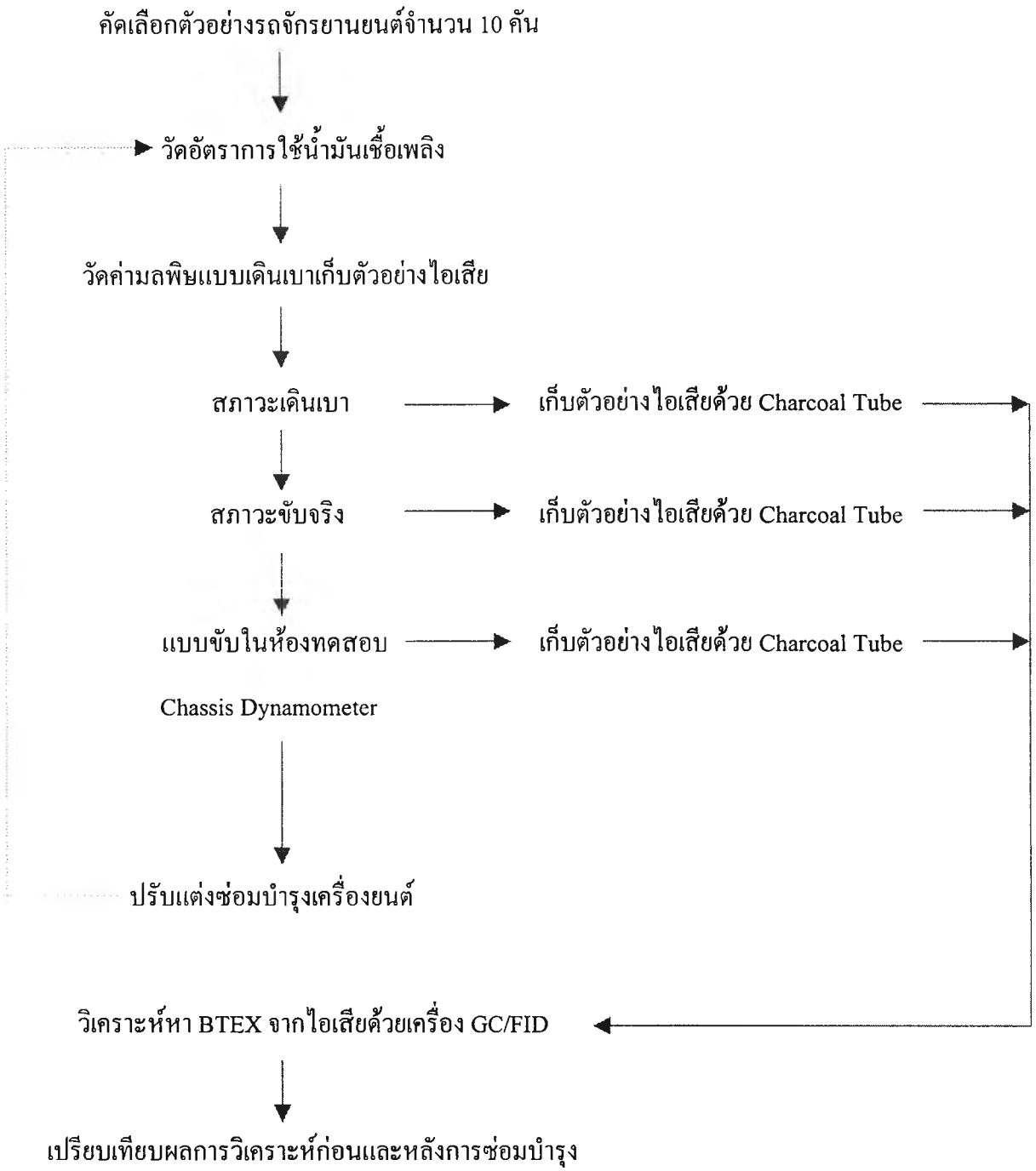
1. นำตัวอย่างรถจักรยานยนต์ไปทดสอบวัดอัตราการใช้น้ำมันเชื้อเพลิง
2. ทำการตรวจวัดค่ามลพิษแบบเดินเบา (Idle Test)
3. ทำการเก็บตัวอย่างอากาศจากปลายท่อไอเสียผ่านหลอด Charcoal ด้วยปั๊มดูดอากาศ แล้วนำไปวิเคราะห์หา BTEX ทั้งในสภาวะเดินเบา และแบบขับจริง
4. นำรถจักรยานยนต์ไปขับบนลูกกลิ้งในห้องทดสอบ จากนั้นทำการเก็บตัวอย่างอากาศจากถุงเก็บตัวอย่างอากาศในห้องปฏิบัติการ โดยใช้ปั๊มดูดอากาศผ่านหลอด Charcoal แล้วแยกนำไปวิเคราะห์หา BTEX ด้วยเครื่อง GC/FID

เมื่อเสร็จสิ้นขั้นตอนที่ 4 แล้ว จึงนำตัวอย่างรถไปทำการซ่อมบำรุง

<u>หลังการซ่อมบำรุง</u> ทำการเก็บตัวอย่างไอเสียซ้ำอีกครั้งตามขั้นตอนที่ 1 ถึง 4 เพื่อนำผลที่ได้มาเปรียบเทียบกัน

ผังแสดงขั้นตอนการดำเนินงานแสดงดังภาพที่ 3.6

แผนงานการเก็บตัวอย่างไอเสียเพื่อนำไปวิเคราะห์ BTEX แสดงดังตารางที่ 3.2



ภาพที่ 3.6 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

ตารางที่ 3.2 แผนงานการเก็บตัวอย่างไอเสียในการวิเคราะห์ BTEX

สภาวะการเก็บตัวอย่าง	จำนวนตัวอย่าง		
	ก่อนซ่อมบำรุง	หลังซ่อมบำรุง	รวม
เดินเบา	10	10	20
ขับจริง	10	10	20
เมื่อขับในห้องทดสอบ	10	10	20
รวม	30	30	60

3.6 ตัวแปรในการทดลอง

ตัวแปรคงที่ ได้แก่ น้ำมันเชื้อเพลิง , น้ำมันหล่อลื่นแบบลดควันขาว, วิธีการซ่อมบำรุง

ตัวแปรอิสระ ได้แก่ ก่อนและหลังการซ่อมบำรุง , สภาวะการเก็บตัวอย่าง, อายุรถ

ตัวแปรตาม ได้แก่ ปริมาณมลพิษ CO, THC, CO_2, NO_x และ BTEX

3.7 วิธีการซ่อมบำรุง

รายละเอียดวิธีการซ่อมบำรุงเพื่อปรับสภาพเครื่องยนต์มีดังนี้

1. ทำการขูดเขม่าชุดลูกสูบ เสื้อสูบ ฝาสูบ และข้อเหวี่ยง
2. เปลี่ยนหัวเทียน
3. ปรับตั้งและเปลี่ยนน้ำมันหล่อลื่น
4. ทำความสะอาดคาร์บูเรเตอร์
5. ขูดเขม่าท่อไอเสีย
6. ทำความสะอาดไส้กรองอากาศ

รายละเอียดในการปรับสภาพรถแต่ละคันแสดงดังตารางที่ ก-2 ในภาคผนวก ก