บทที่ 3

อุปกรณ์การวิจัยและวิธีดำเนินการ

การตรวจวัดปริมาณไฮโดรเจนซัลไฟด์ที่เกิดจากการเผาศพ จะต้องใช้เครื่องมือ อุปกรณ์ ตลอดจนวิธีการดำเนินการดังต่อไปนี้

3.1 การดำเนินการเก็บตัวอย่างและวิเคราะห์ตัวอย่าง

สถานที่ในการเก็บตัวอย่างอากาศ

การศึกษาครั้งนี้ได้เลือกวัดโสมนัสวิหาร เป็นสถานที่เก็บตัวอย่าง ทั้งนี้เนื่องจากเป็นวัดที่ใช้เตาเผาศพ 2 ชนิด คือ เตาที่ใช้ฟืน 2 เตา และเตาที่ใช้น้ำมัน 2 เตา เพื่อเป็นการสะดวกในการขออนุญาตและการเก็บตัวอย่าง

วัดโสมนัสวิหาร มีปล่องควันสูงประมาณ 20 เมตร เส้นผ่านศูนย์กลาง 1 เมตร ปัจจุบันใช้เป็นฌาปนสถานของกองทัพบก และมีการเผาศพเป็นประจำ ส่วนใหญ่จะใช้เตาเผาชนิดใช้น้ำมัน เฉลี่ยแล้วเดือนละประมาณ 40 ศพ ส่วนเตาชนิดที่ใช้ฟืนนั้นจะใช้น้อยมาก เนื่องจากขาดแคลนฟืน และการดำเนิการค่อนข้างยุ่งยากกว่าการใช้เตาชนิดใช้น้ำมันซึ่งทันสมัยกว่า ดังนั้นในการทำการวิจัยตลอดช่วงเวลา 6 เดือนนี้ จึงสามารถเก็บตัวอย่างจากเตาเผาชนิดใช้ฟืนได้เพียง 4 ศพเท่านั้น ซึ่งน้อยกว่าที่ตั้งเป้าหมายไว้ 10 ศพ และจำเป็นต้องเก็บตัวอย่างจากเตาเผาชนิดใช้น้ำมันเพิ่มแทน (จากเดิม 10 เป็น 16 ศพ)

จุดที่เป็นจุดเก็บตัวอย่างมีดังนี้

1. เตาเผาชนิดที่ใช้น้ำมัน ใช้เก็บตัวอย่างที่ช่องวัดอุณหภูมิของเตาเอง ซึ่งอยู่ในห้องเผาแรก โดยสอดท่อเก็บตัวอย่างที่เป็นแสตนเลสยาว 2 เมตร เข้าไปให้อยู่บริเวณตรงกลางของเตา

2. เตาเผาชนิดที่ใช้ฟืน เนื่องจากไม่สามารถเจาะเตาที่ห้องเผาได้โดยตรง เนื่องจากเตามีความหนามาก จึงใช้เจาะที่ฐานของปล่องเหนือห้องเผา (ซึ่งมีห้องเดียว) ประมาณ 30 เซนติเมตร ซึ่งจะได้ค่าอุณหภูมิที่ต่ำกว่าการวัดในห้องเผา แต่จำเป็นต้องกระทำเช่นนี้ด้วยเหตุผลในการปฏิบัติ

เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

1. เครื่องสเปคโตรโฟโตมิเตอร์ ที่ความยาวคลื่น 670 นาโนเมตร เพื่อวัดความเข้มสีจากการเกิดปฏิกิริยาของไฮโดรเจนซัลไฟด์ที่ถูกจับด้วยสารละลายแคดเมี่ยมซัลเฟต

2. เครื่องเก็บตัวอย่างอากาศ (impinger) โดยจะให้ท่อสเตนเลสที่ต่อออกมาจากช่องวัดอุณหภูมิของเตาเผาต่อเข้ากับหลอดเก็บตัวอย่างของเครื่องเก็บตัวอย่าง โดยจะมีท่ออีกท่อหนึ่งของหลอดที่ใช้เก็บตัวอย่างต่อเข้ากับเครื่องวัดอัตราการไหลของอากาศ

3. เครื่องวัดอุณหภูมิสำหรับเตาเผาชนิดใช้น้ำมัน ใช้เครื่องวัดที่ติดมากับเตาเผาในห้องเผาที่ 1 ส่วนเตาเผาที่ใช้ฟืนนั้นใช้ Thermocouple สอดเข้าไปพร้อมกับหัวเก็บตัวอย่าง

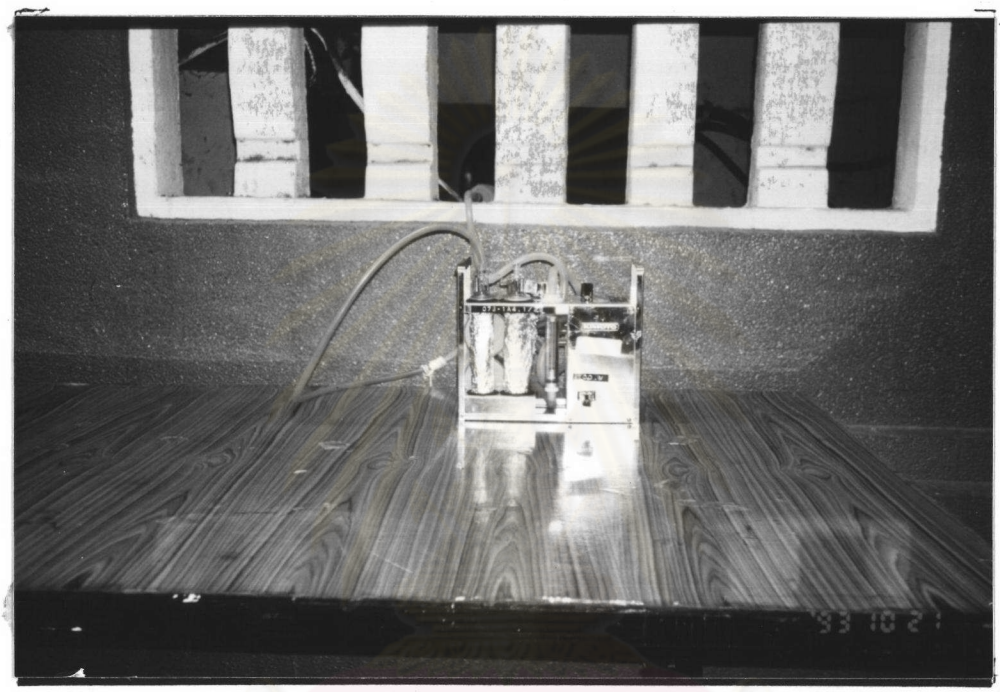
เครื่องเก็บตัวอย่างอากาศ ประกอบด้วย

1. หลอดเก็บตัวอย่างสำหรับใส่สารละลาย
2. เครื่องวัดอัตราการไหลของอากาศ (Flow meter)
3. ท่อสแตนเลส ยาวประมาณ 2.5 เมตร
4. ท่อซิลิโคน
5. แบตเตอรี่ขนาด 6 โวลต์
6. ปั๊มอากาศชนิดไดอะแฟรม

แผนผังการเก็บตัวอย่างแสดงไว้ในรูปที่ 3.2 และ 3.3 และภาพจริงในสถานที่แสดงไว้ในรูปที่ 3.1

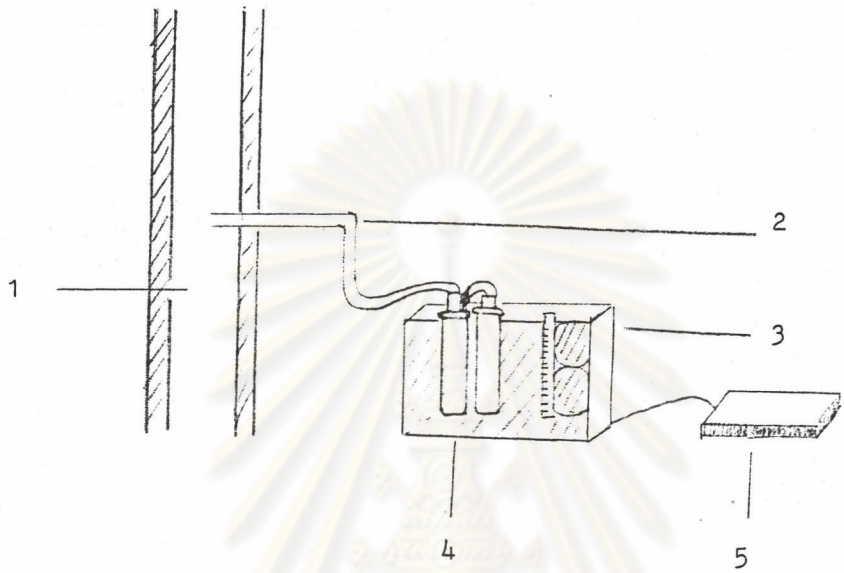
สารเคมี

1. N,N-dimetyl-p-phenylenediamine dihydrochloride
2. กรดซัลฟุริกเข้มข้น
3. สารละลายเฟอริกคลอไรด์ ($FeCl_3.6H_2O$)
4. แอมโมเนียมฟอสเฟต $(NH_4)_2\ HPO_4$
5. โซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH)
6. แคดเมียมซัลเฟต ($CdSO_4\ .\ 8H_2O$)
7. ไอโอดีน (I_2)
8. ไธโอซัลเฟต
9. กรดไฮโดรคลอริก
10. น้ำแป้ง
11. น้ำกลั่น



รูปที่ 3.1 ภาพแสดงสถานที่จริงในการเก็บตัวอย่าง

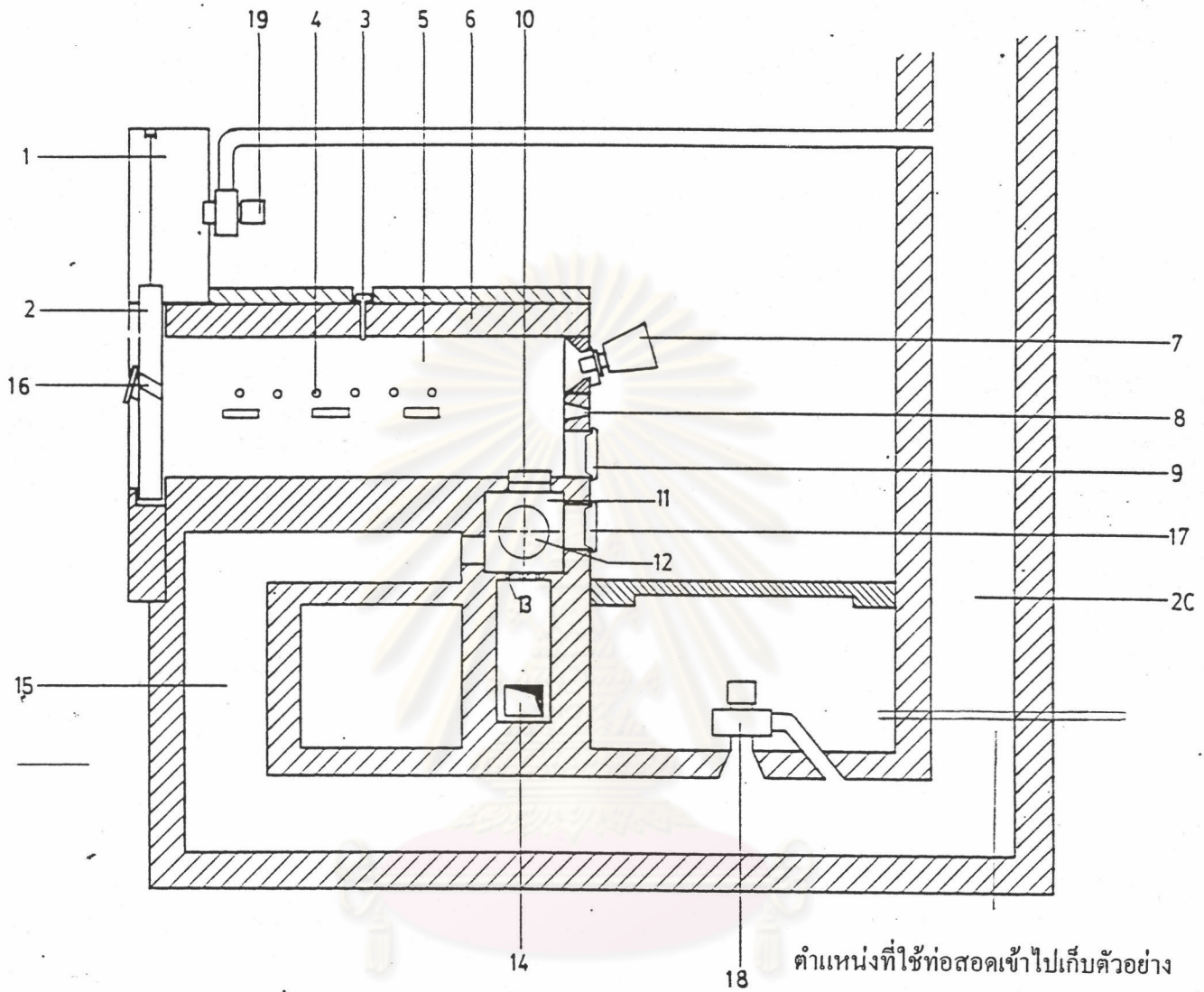
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



1. ปล่องเตาเผา
2. ท่อสแตนเลสที่ต่อเข้ากับช่องที่เจาะตรงฐานปล่องควัน
3. เครื่องมือเก็บตัวอย่างโดยใช้ปั๊มอากาศชนิดใช้ไดอะแฟรม
4. หลอดเก็บตัวอย่างที่บรรจุสารละลาย
5. แบตเตอรี่ ขนาด 6 โวลต์

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 3.2 แสดงลักษณะการต่อท่อเพื่อเก็บตัวอย่างในเตาเผาชนิดใช้ฟืนเป็นเชื้อเพลิง



รูปที่ 3.3 แผนผังการเก็บตัวอย่างสำหรับเตาเผาชนิดใช้น้ำมันเป็นเชื้อเพลิง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

12. กรดไนตริก

เครื่องแก้ว

1. บีกเกอร์
2. ปิเปต
3. บิวเรต ขนาด 50 ml
4. ขวดรูปชมพู่ (Erlenmeyer flask)
5. ขวดวัดปริมาตร (Volumetric flask)
6. หลอดทดลอง (Test Tube)
7. ไซริงจ์ (hypodermic syringe) ขนาด 10 ml

การเตรียมการวิเคราะห์ (ตามวิธีการของ NIOSH, 1977)

1. การเตรียมสารละลายไฮโดรเจนซัลไฟด์มาตรฐาน

1.1 ฉีดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ 75 มิลลิลิตร ลงในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ต้มใหม่ ปริมาตร 250 มิลลิลิตร ปิดจุกทันทีและเขย่าให้ก๊าซละลายในสารละลายให้หมด

1.2 standardize ด้วย สารละลายมาตรฐานไอโอดีน ไธโอซัลเฟต เพื่อนำมาคำนวณหาความเข้มข้นของไฮโดรเจนซัลไฟด์ที่ละลายในสารละลาย

1.3 นำสารละลายไฮโดรเจนซัลไฟด์มาตรฐาน 10 มิลลิลิตร ใส่ลงในน้ำกลั่นที่ต้มใหม่ 1 ลิตร ป้องกันให้มีการปนเปื้อนกับอากาศภายนอกให้น้อยที่สุด

2. การเตรียมสารละลายสำหรับการวิเคราะห์

2.1 Amine-sulfuric Acid Stock Solution เติมกรดซัลฟุริกเข้มข้น 50 มิลลิลิตร ลงในน้ำกลั่น 30 มิลลิลิตร ทำให้เย็น ละลาย N,N-dimethyl-p-phemylenediamine dihydrochloride 12 กรัม ในกรดไม่ต้องเจือจาง นำ stock solution เก็บไว้ในตู้เย็น

2.2 Amine Test Solution เจือจาง stock solution ในข้อ 2.1 จำนวน 25 มิลลิลิตรในกรดซัลฟุริก 1:1 ให้ได้ปริมาตร 1 ลิตร

2.3 สารละลายเฟอริกคลอไรด์ ละลายเฟอริกคลอไรด์ ($FeCl_3.6H_2O$) 100 กรัม ในน้ำและเจือจางให้ได้ 100 มิลลิลิตร

2.4 สารละลายแอมโมเนียมฟอสเฟต ละลายไดแอมโมเนียมฟอสเฟต $(NH_4)_2\ HPO_4$ 400 กรัม ในน้ำและเจือจางให้เป็น 1 ลิตร

2.5 Absorbing Solution ละลายแคดเมี่ยมซัลเฟต ($3CdSO_4.8H_2O$) 4.3 กรัม และโซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.3 กรัม ในน้ำ โดยแยกกันละลายนำมาผสมกันและเจือจางให้ได้ปริมาตร 1 ลิตร ก่อนนำไปใช้งานต้องเขย่าสารละลาย เพราะสารละลายดังกล่าวมีลักษณะเป็นตะกอนเมื่อตั้งทิ้งไว้ สารละลายนี้จะสามารถใช้งานได้ภายใน 3-5 วันเท่านั้น

3. การเตรียม Calibration Curve

3.1 นำสารละลายซัลไฟด์มาตรฐานซึ่งเตรียมได้ในข้อ 1.3 มาปิเปตลงในขวดวัดปริมาตร ขนาด 25 มิลลิลิตร ขวดละ 1, 2, 3, 4 และ 5 มิลลิลิตร

3.2 เติม amine-acid test solution 1.5 มิลลิลิตร ลงในแต่ละขวดเขย่าให้เข้ากัน

3.3 เติมสารละลายเฟอริกคลอไรด์ 1 หยด ลงในขวดแต่ละขวด ผสมให้เข้ากันและทำปริมาตรให้ได้ 25 มิลลิลิตร และถ้าสีเหลืองของเฟอริกคลอไรด์ไม่จางหายไป ให้เติมสารละลายแอมโมเนียมฟอสเฟต จนกระทั่งสีเหลืองจางไปหมด แล้วตั้งทิ้งไว้ 30 นาที

3.4 นำสารละลายที่เตรียมไปวัดด้วยเครื่องสเปคโตรโฟโตมิเตอร์ที่ความยาวคลื่น 670 นาโนเมตร เปรียบเทียบกับสารละลายที่ไม่ได้ใส่สารละลายซัลไฟด์มาตรฐาน (reference solution)

3.5 นำผลที่ได้มาพล็อตกราฟระหว่างค่า absorbance กับค่าไมโครกรัมของไฮโดรเจนซัลไฟด์

4. การเก็บตัวอย่างก๊าซจากเตาเผาศพ

จะเก็บตัวอย่างขณะที่มีการเผาศพ ก๊าซและมลสารต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นจะผ่านออกทางท่อที่ต่อจากเตาเผาเพื่อผ่านออกไปสู่ปล่องเตาที่จะระบายออกสู่บรรยากาศภายนอก ท่อที่ต่อจากช่องวัดอุณหภูมิของเตาเผาจะรับก๊าซที่ผ่านมาเพื่อไหลเข้าสู่หลอดที่บรรจุสารละลายแคมเมี่ยมซัลเฟต โดยให้มีอัตราการไหลของก๊าซประมาณ 1.5 ลิตร/นาที

4.1 การเก็บตัวอย่าง

เติมสารละลายแคดเมี่ยมซัลเฟต (absorbing solution) 10 มิลลิลิตร และ เอทานอล 5 มิลลิลิตร ลงในหลอดเก็บตัวอย่างที่อยู่ในเครื่องเก็บตัวอย่าง จากนั้นเปิดเครื่องให้ดูดก๊าซผ่านเข้ามาในสารละลาย จดบันทึกอัตราการไหลของอากาศที่ผ่าน และระยะเวลาที่ใช้ในการเก็บตัวอย่างก๊าซ โดยจะเก็บตัวอย่างจากเตาเผาศพทั้ง 2 ชนิดดังนี้

1. เตาเผาที่ใช้น้ำมัน 16 ตัวอย่าง

2. เตาเผาที่ใช้ฟืน 4 ตัวอย่าง

การเผาในแต่ละครั้งจะใช้ระยะเวลาประมาณ 2 ชั่วโมง การเก็บตัวอย่างจะเก็บช่วงละ 20 นาที ดังนั้นในการเผาศพ 1 ครั้ง จะเก็บตัวอย่างได้ประมาณ 6 ตัวอย่าง โดยรวมกับตัวอย่างที่เก็บได้จากเตา 2 ชนิด จะได้ตัวอย่างรวมทั้งสิ้น 120 ตัวอย่าง

5. การวิเคราะห์ตัวอย่าง

การวิเคราะห์ตัวอย่างจะต้องกระทำในระยะเวลา 24-26 ชั่วโมง หลังจากเก็บตัวอย่างได้ (NIOSH , 1977) โดยมีการวิเคราะห์ตามขั้นตอนดังนี้

5.1 เติม amine test solution 1.5 มิลลิลิตร ลงในสารละลายตัวอย่างที่เก็บได้

5.2 เติมสารละลายเฟอริกคลอไรด์ 1 หยด ผสมให้เข้ากันแล้วถ่ายสารละลายลงในขวดวัดปริมาตรขนาด 25 มิลลิลิตร

5.3 เปลี่ยนสีของ ferric ion ด้วยการเติมสารละลายแอมโมเนียมฟอสเฟต 1 หยด ถ้าสีเหลืองยังไม่ถูกทำลายให้เติมสารละลายแอมโมเนียมฟอสเฟต ทีละหยดจนกระทั่งสีนั้นจางไปหมด เติมน้ำกลั่นลงไปให้ได้ปริมาตร 25 มิลลิลิตร เสร็จแล้วตั้งทิ้งไว้ 30 นาที

5.4 เตรียมสารละลายอ้างอิง (reference solution) ในลักษณะเดียวกัน แต่ใช้ absorbing solution 10 มิลลิลิตร โดยไม่ต้องผ่านอากาศตัวอย่างลงไป

5.5 วัดค่า absorbance ของสีที่เกิดขึ้นด้วยเครื่องสเปคโตรโฟโตมิเตอร์ที่ค่าความยาวคลื่น 670 นาโนเมตร

5.6 ค่า absorbance ของตัวอย่างที่ได้ทำมาเทียบกับ calibration curve ที่เตรียมไว้ และคำนวณหาค่าความเข้มข้นของไฮโดรเจนซัลไฟด์ที่ได้จากตัวอย่าง เช่น ไมโครกรัมไฮโดรเจนซัลไฟด์/ลิตรอากาศ

หมายเหตุ ระหว่างที่มีการเก็บตัวอย่างและการวิเคราะห์ตัวอย่าง จะต้องทำในที่มืดหรือใช้ฟอยล์หุ้มภาชนะที่บรรจุสารละลายตัวอย่างเพื่อป้องกันการสลายตัวของไฮโดรเจนซัลไฟด์ที่เกิดจากการกระทำของแสงสว่าง

3.2. การใช้แบบสอบถามในการหาข้อมูลทั่วไปเกี่ยวกับปัญหาที่เกิดจากการเผาศพ

นอกจากการเก็บตัวอย่างก๊าซที่เกิดขึ้นแล้ว การใช้แบบสอบถามเพื่อหาข้อมูลการตอบสนองต่อปัญหาที่เกิดขึ้นขณะมีการเผาศพ ทำให้ข้อมูลที่ได้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น ในการศึกษาครั้งนี้เลือกใช้แบบสอบถามไปสัมภาษณ์วัดในเขตกรุงเทพมหานครที่มีฌาปนสถาน ซึ่งได้ข้อมูลจากการสำรวจของกรมการศาสนา (2535) และเลือกสัมภาษณ์ประชาชนที่อยู่ในชุมชนใกล้เคียงกับฌาปน-สถานนั้น ๆ ด้วย

3.3 การใช้แบบจำลองคณิตศาสตร์ประเมินผลกระทบต่อพื้นที่ข้างเคียงกับเตาเผาศพ

จากปริมาณอัตราการไหลของก๊าซในปล่องที่วัดได้คูณด้วยความเข้มข้นของไฮโดรเจนซัลไฟด์จะได้อัตราการผลิตไฮโดรเจนซัลไฟด์ต่อหน่วยเวลา ซึ่งสามารถนำมาคำนวณความเข้มข้นที่ระดับพื้นดินได้ โดยใช้สมการ GAUSSIAN DISPERSION (แสงสันติ์ พานิช, 2536) แสดงผลความเข้มข้นระดับพื้นดินของไฮโดรเจนซัลไฟด์ มีหน่วยเป็นมิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตรหรือพีพีบี (ppb)

เนื่องจากไฮโดรเจนซัลไฟด์มี odor threshold limit ของมนุษย์อยู่ในช่วง 0.5 mg/m^3 ดังนั้นบริเวณที่จะได้รับความเดือดร้อน (ได้กลิ่น) จะสามารถแสดงพื้นที่ได้ ซึ่งมีไฮโดรเจนซัลไฟด์มากกว่า 0.5 mg/m^3 โดยจะแสดงให้เห็นถึงความเสถียร (STABILITY) ของบรรยากาศต่าง ๆ กันตามระดับความเสถียรของ PASQUILL (วงศ์พันธ์ ลิมปเสนีย์ และคณะ, 2529)

การใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ เพื่อประเมินความเข้มข้นของมลพิษทางอากาศในบรรยากาศนั้นเป็นวิธีที่ใช้กันอย่างแพร่หลายในการศึกษาผลกระทบที่เกิดจากแหล่งกำเนิดมลพิษทางอากาศ ซึ่งมีผู้ได้รับผลกระทบดังกล่าว การศึกษาผลกระทบที่ดีที่สุดนั้นได้แก่ การตรวจวัดมลพิษทางอากาศด้วยเครื่องมือทางฟิสิกส์ (อาทิ การวัดฝุ่นแขวนลอยด้วยเครื่องวัดฝุ่นปริมาตรสูง High Volume Air Sampler หรือทางเคมี เช่น การวัดสารซัลเฟอร์ไดออกไซด์ โดยวิธีพาราโรซานิลีน) แต่เนื่องจากการตรวจวัดทำได้จำกัด เช่น สามารถตรวจวัดได้เพียงชั่วระยะเวลาหนึ่งหรือบางครั้งต้องใช้เวลามาก เช่น การวัดซัลเฟอร์ไดออกไซด์ต้องใช้เวลาถึง 24 ชั่วโมง จึงจะได้ตัวอย่างสำหรับวิธีพาราโรซานิลีน ซึ่งค่าที่วัดได้ก็ถือเป็นค่าเฉลี่ย 24 ชั่วโมง แต่ในระหว่าง 24 ชั่วโมง นั้นหากต้องการทราบค่าในชั่วโมงใดชั่วโมงหนึ่งก็ไม่อาจทราบได้ นอกจากจะใช้เครื่องมือที่มีราคาแพง ในลักษณะของการวัดแบบต่อเนื่อง (continuous sampler) ซึ่งก็มีข้อจำกัดอีกมาก การใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์นั้นสามารถจะประเมินค่าเฉลี่ย 1 ชั่วโมง หรือ 24 ชั่วโมง หรือ 1 ปี ได้อย่างสมบูรณ์ แต่จำเป็นจะต้องรู้ข้อมูลของแหล่งกำเนิด และสภาพอุตุนิยมวิทยาอย่างถูกต้องที่สุด เพราะผลที่ได้ออกมาจะมีความถูกต้องไม่มากไปกว่าข้อมูลที่ป้อนเข้าไปเท่านั้น ในปัจจุบันยังไม่อาจกล่าวได้ว่า แบบจำลองทางคณิตศาสตร์มีความแม่นยำในการประเมินได้เกิน 1 เท่าตัว ของความเข้มข้นที่เกิดขึ้นจริง(แสงสันติ์ พานิช, 2536)

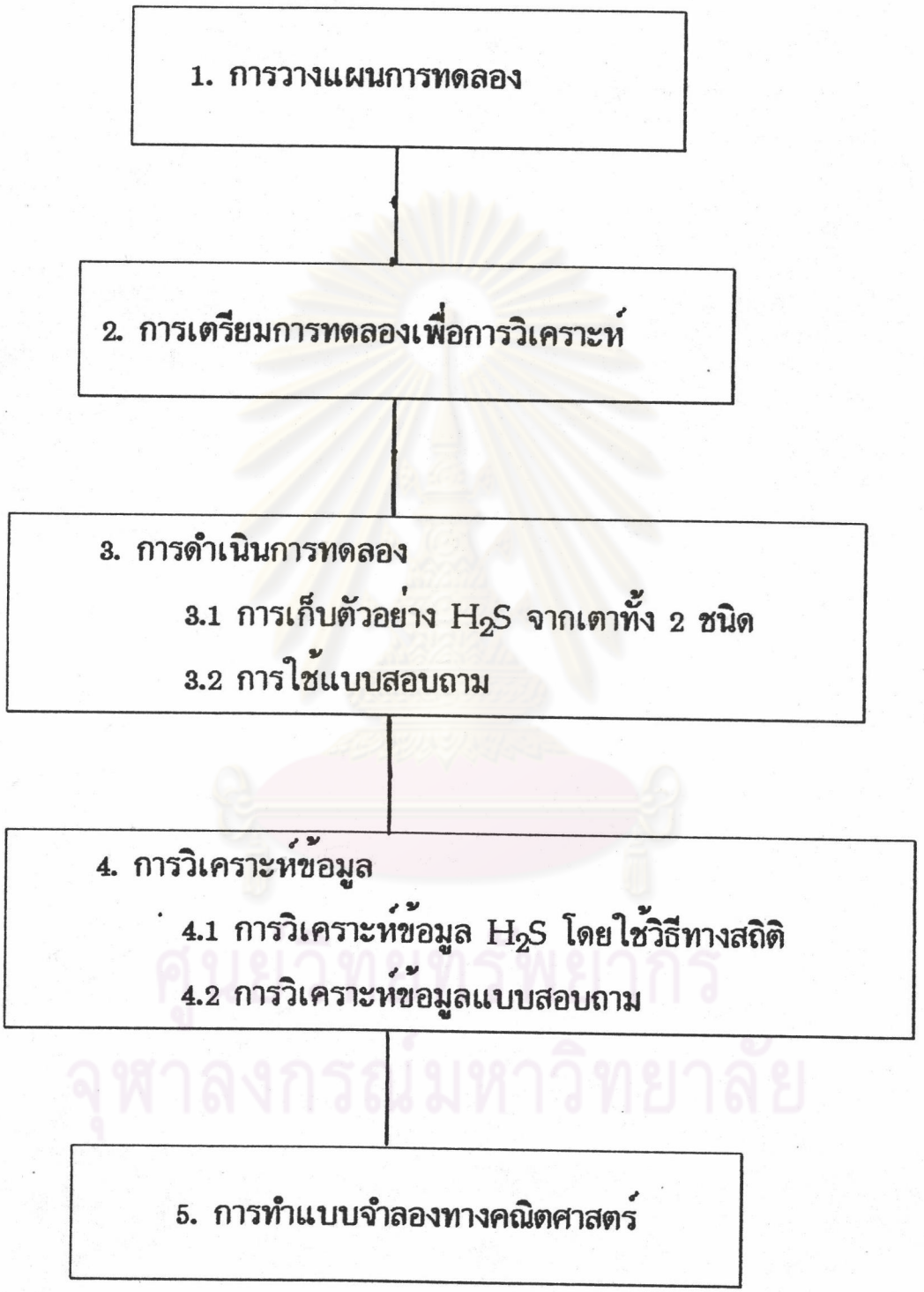
3.4 การสรุปผลการวิเคราะห์

การสรุปผลสำหรับกรณีการเก็บตัวอย่างก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ จะใช้หลักการทางสถิติในการประเมินผลและแสดงผลดังต่อไปนี้

- หาค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน(Mean and Standard Deviation)
- หาค่าสมการถดถอย (Regresstion) ระหว่างอุณหภูมิและปริมาณไฮโดรเจนซัลไฟด์

ขั้นตอนการดำเนินการ

เพื่อให้เข้าใจในขั้นตอนการดำเนินการวิจัย จึงได้สรุปขั้นตอนต่าง ๆ ดังนี้



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย