บทที่ 1
บทนำ

1.1) มูลเหตุจูงใจ

เนื่องจากในปัจจุบันก๊าซทิ้งที่ปล่อยออกจากเมรุเผาศพส่วนใหญ่ยังไม่มีระบบการบำบัดที่พอเพียงส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมรอบๆ ในขณะที่บางแห่งอาจจะมีใช้ระบบบำบัดแต่เป็นเครื่องมือที่มีราคาแพง รวมทั้งค่าใช้จ่ายในการเดินเครื่องสูง จึงได้มีการศึกษาวิจัยระบบบำบัดที่มีความเหมาะสม โดยเริ่มต้นจากรายงานโครงงานทางวิศวกรรมเคมี (2105499) ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ปีการศึกษา 2539 ของนายอเนก ผลเจริญ และคณะ (1) ซึ่งได้ทำการออกแบบ (Conceptual Design) ระบบบำบัดกลิ่นเหม็นจากเมรุเผาศพด้วยปฏิกริยาเดิมอิเล็คตรอน เพื่อทำการกำจัดฝุ่นให้ได้ตามค่ามาตรฐานของกรมควบคุมมลพิษ และเพื่อลดอุณหภูมิของก๊าซที่ออกจากเมรุเผาศพ ไม่ให้เกิดผลเสียต่อบรรยากาศ และสิ่งแวดล้อมนั้น โดยเน้นให้ระบบบำบัดนี้มีลักษณะที่ไม่ซับซ้อนต่อการปฏิบัติงาน ขนาดพอเหมาะกับบริเวณพื้นที่ที่จะติดตั้ง และประหยัดค่าใช้จ่ายในการลงทุนและการเดินเครื่อง ซึ่งระบบที่ได้จะประกอบไปด้วย

- เครื่องกำจัดฝุ่นแบบ Wet Scrubber ซึ่งในที่นี้ยังได้จำแนกเป็นประเภทต่างๆ คือ
  - Packed Bed Scrubber
  - Venturi Scrubber
  - Spray Tower
- เครื่องกำจัดความชื้น (Entrainment Separator)
  - Louvers
  - Demister
- Corona-Discharge Reactor
  - Deposition-Type
  - Sweep-Out-Type
- Circulation Pump
- Blower
- Stack

จากสรุปผลของรายงานพบว่าจากการศึกษาเปรียบเทียบโดยใช้ ต้นทุน อุปกรณ์ต่างๆ เป็นเกณฑ์การเลือก พบว่า Wet Scrubber ที่เลือกใช้เป็นแบบ Spray Tower เครื่องกำจัดความชื้นเป็นแบบ Packed Demister สำหรับ Corona-Discharge Reactor เป็นแบบ Deposition

ซึ่งจากผลของข้อสรุปดังกล่าวพบว่า การเลือกชนิดของอุปกรณ์ต่างๆ รวมทั้งการประเมินราคายังไม่สมบูรณ์มากนัก ซึ่งพอจะจำแนกได้ คือ

1. ในแง่ของตัวอุปกรณ์เอง เช่น
   - Packed Demister ที่ตั้งสมมติฐานในการประเมิน วัสดุที่เลือกใช้เป็น Carbon Steel ซึ่งในความเป็นจริงผู้ผลิตจะใช้วัสดุ คือ Stainless Steel เกรดต่างๆ เป็นพื้นฐาน จนถึง High Alloy ทำให้ราคาวัสดุที่เลือกอาจมีราคาสูงกว่า รวมทั้งการออกแบบขนาดและชนิดของ Demister ยังไม่เหมาะสมพอ เช่น ยังมิได้ระบุชนิด (Style) ความหนา รวมทั้งขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง (พื้นที่หน้าตัด) สำหรับให้ก๊าซผ่านนั้นยังไม่สัมพันธ์กับความต้องการพื้นฐานของ Demister
   - Pump และ Blower ไม่ได้ออกแบบเผื่อประสิทธิภาพ ทำให้ในความเป็นจริงอุปกรณ์จะต้องมีขนาดใหญ่กว่าที่ประเมิน
   - ขนาดของท่อที่เลือกใช้ยังไม่เหมาะสม คือ ท่อที่ใช้สำหรับน้ำที่ฉีดเข้า Spray Tower มีขนาดเล็กเกินไป โดยทั่วไป ขนาดท่อที่เล็กสุดอนุญาติให้ใช้ได้มีขนาดครึ่งนิ้ว ส่วนท่อขนาด 5 นิ้ว จะไม่เป็นที่นิยมใช้เพราะเป็นขนาดที่จะต้องสั่งพิเศษ

2. ในแง่ของระบบ เช่น
   - การประเมิน และ ออกแบบไม่ได้คำนึงถึงมาตรฐานที่ใช้ ซึ่งโดยทั่วไปมักนิยมใช้มาตรฐานของอเมริกาและญี่ปุ่น
   - ระบบที่ประเมินยังเป็นเพียงระบบที่แสดงผังการไหล (Flow Diagram) ซึ่งยังไม่สามารถนำไปใช้ออกแบบสร้างจริงได้
   - การประเมินยังไม่ได้รวมราคาอื่นๆซึ่งจำเป็น เช่น ราคาของ Structure ราคาอุปกรณ์ทาง Instrument ราคาอุปกรณ์ทางไฟฟ้า ราคาค่าสี ฯลฯ
   - ยังไม่ได้ออกแบบ ประเมินระบบเสริมที่จำเป็น ได้แก่ระบบบำบัดน้ำเสีย (Waster Water Treatment)

ดังนั้นโครงงานนี้จึงได้ทำการศึกษาต่อเพื่อออกแบบให้ระบบนี้สามารถนำไปใช้ปฏิบัติงานได้จริง รวมทั้ง ประเมินราคาของระบบให้ครบถ้วนใกล้เคียงความเป็นจริงให้มากที่สุด

1.2) วัตถุประสงค์

1. ทำการคำนวณออกแบบเชิงวิศวกรรมและประเมินต้นทุนของระบบบำบัดก๊าซทิ้งจากเมรุเผาศพ

1.3) แนวทางและขอบเขตการวิจัย

1. ศึกษาคำนวณออกแบบขั้นต้นระบบบำบัดก๊าซทิ้งจากเมรุเผาศพ และก๊าซกลิ่นเหม็นประมาณ 2-3 ระบบ ซึ่งรวมทั้งระบบเสริมที่จำเป็นได้แก่ระบบบำบัดน้ำเสียด้วย (Waste Water)
2. คัดเลือกระบบบำบัดที่เหมาะสมที่สุดจากที่ออกแบบไว้ข้างต้นและทำการออกแบบเชิงวิศวกรรม ทั้งในด้านพื้นฐาน (Basic Design) และด้านรายละเอียด (Detail engineering Design) พร้อมทั้งจัดเตรียมแบบ (Drawing) ต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง ซึ่งสามารถใช้จัดสร้างได้จริง ได้แก่
   - Process Flow Diagram (PFD)
   - Piping and Instrument Diagram (P & ID)
   - Assembly Drawing
   - Plot Plan
   - อื่น ๆ ที่จำเป็น
3. ประเมินต้นทุน NPV (Capital Costs / Operating Costs) ของระบบที่ได้ทำการออกแบบเปรียบเทียบต้นทุนของระบบอื่น
4. จัดทำ Operating Guideline / Operation Manual ซึ่งคำนึงถึงด้านความปลอดภัยในการปฏิบัติงานด้วย (Safety)

1.4) ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. เพื่อใช้ในการตัดสินใจสร้างและเดินเครื่องระบบ
2. รักษาสภาพสิ่งแวดล้อม หากระบบได้ถูกใช้ปฏิบัติงานจริง
3. เป็นการรวบรวมแนวทางในการศึกษา ประเมินต้นทุนของระบบใดๆ ในแง่มุมของวิศวกรรมเคมี

1.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องในอดีต

ปัญหาที่เกิดจากกิจกรรมการเผาศพส่วนใหญ่ได้แก่ ปัญหากลิ่นเหม็น ฝุ่นควัน ที่ปล่อยมาจากก๊าซทิ้งที่เกิดขึ้นขณะเผาศพ 1 ศพ ส่วนผลกระทบรองลงมาได้แก่ ปัญหาเรื่องอุณหภูมิของก๊าซที่ปล่อยออกมามีค่าค่อนข้างสูง ซึ่งปัญหาดังกล่าวนั้นได้รับความสนใจจากที่กลุ่มในภาครัฐ (กรมควบคุมมลพิษ) และมีการร้องเรียนจากชาวบ้านผู้ได้รับความเดือดร้อน ซึ่งแนวทางการแก้ปัญหาของมลพิษที่ปลดปล่อยออกมาจากการเผาศพ ได้มีผู้ศึกษาทั้งในต่างประเทศ เช่น ที่ญี่ปุ่น และในประเทศไทย ที่ยังมีข้อมูลและเอกสารอ้างอิงจำนวนจำกัด แต่ก็มีเอกสารอ้างอิงที่เกี่ยวข้องและเป็นประโยชน์อย่างมากต่องานวิจัยในครั้งนี้ด้วยต่อไปนี้

วิทยานิพนธ์ของนางสาวเมตตา ตรีศิริเนตร (2) ทำการศึกษาความสัมพันธ์ของความเข้มข้นของก๊าซกลิ่นเหม็นอันได้แก่ ก๊าซไฮโดรเจนไดซัลไฟด์ กับอุณหภูมิการเผาศพ พบว่าระดับความสัมพันธ์ของความเข้มข้นของก๊าซไฮโดรเจนไดซัลไฟด์กับอุณหภูมิ เท่ากับ 0.11997 สำหรับเตาเผาชนิดใช้น้ำมันและเท่ากับ 0.23213 สำหรับเตาเผาที่ใช้ฟืนเป็นเชื้อเพลิง ซึ่งแสดงถึงว่าตัวแปรทั้งสอง อุณหภูมิและความเข้มข้นของไฮโดรเจนไดซัลไฟด์ มีความสัมพันธ์กันน้อยมาก สำหรับข้อมูลในรายละเอียดที่นำมาอ้างอิงในการทำงานวิจัยครั้งนี้ คือ ลักษณะระบบเตาเผาศพที่เป็นระบบเตาเผาที่มีเตาเผาซ้ำ ซึ่งจะช่วยลดปริมาณก๊าซกลิ่นเหม็นได้ระดับหนึ่ง และนอกจากนี้ยังมีข้อมูลเกี่ยวกับช่วงเวลาระหว่างการเผาศพ ปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้เฉลี่ยต่อการเผาศพ ซึ่งจะใช้เวลา 2 ช.ม ต่อการเผา 1 ศพ และยังมีข้อมูลจากแบบสอบถามจากกลุ่มชาวบ้านบริเวณใกล้เคียง

รายงานโครงการทางวิศวกรรมเคมีของนายเอนก และคณะ (1) ได้ทำการศึกษาออกแบบขั้นต้นระบบบำบัดก๊าซกลิ่นเหม็นจากเมรุเผาศพด้วยปฏิกริยาการเติมอิเลกตรอนซึ่งอุปกรณ์ที่ได้ออกแบบและข้อมูลที่ใช้ในการออกแบบระบบจะแสดงดังต่อไปนี้

1. ข้อมูลของก๊าซที่ได้จากการเผาศพ
   - อัตราการไหล 570 ลูกบาศก์เมตรต่อ ช.ม
   - อุณหภูมิสูงสุดประมาณ 800 องศาเซลเซียส
   - ปริมาณเชื้อเพลิง 35 ลิตรต่อ ชม.
   - สารพิษที่เจือปนได้แก่

     ฝุ่น 3500 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตรที่ภาวะมาตรฐาน

     ก๊าซไนโตรไดออกไซด์ 7000 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตรที่ภาวะมาตรฐาน

     ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ 1200 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตรที่ภาวะมาตรฐาน
   - เวลาในการเผาศพ ประมาณ 1 ชม ต่อ 1 ศพ

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2. มีการออกแบบให้ใช้ Wet Scrubber ในการลดอุณหภูมิและกำจัดฝุ่น ดักจับละอองน้ำออกจากก๊าซด้วย Demister ก่อนเข้าสู่เครื่องปฏิกรณ์

3. เตาปฏิกรณ์ (Corona Discharge Reactor) โดยหลักการเติมอิเลกตรอนให้กับสารมลพิษด้วยแท่งคาโธดในเครื่องปฏิกรณ์ สารมลพิษที่มีสภาพเป็นลบจะลอยไปจับที่ขั้วอาโนด (รายละอียดของการปฏิกริยาการเติมอิเลกตรอนให้กับสารมลพิษเพื่อกลายเป็นประจุลบได้แสดงไว้ในบทที่ 2.3)

รายงานทางวิชาการของกรมควบคุมมลพิษ (3) กล่าวว่ามลพิษทางอากาศที่เกิดจากการเผาศพประกอบด้วย เขม่า และขี้เถ้าจากการใช้เชื้อเพลิงและกลิ่นเหม็นที่เกิดจากการสลายตัวจากศพโดยทั่วไปการเผาศพจะใช้ห้องเผาแบบเดียว (SINGLE CHAMBER) ซึ่งจะพบว่า ช่วงเวลาในการเผาศพจะมีผลต่อมลพิษต่าง ๆที่เกิดขึ้นและการลดปัญหาเรื่องกลิ่นเหม็นดังกล่าวสามารถทำได้โดยการควบคุมการเผา กล่าวคือ เร่งให้เชื้อเพลิงและอากาศอย่างเพียงพอเมื่อการเผาศพเข้าสู่ช่วงสลายตัวศพ และต้องเพิ่มอุณหภูมิให้สูงเพียงพอเป็นเวลาไม่ต่ำกว่า 3 วินาที สำหรับก๊าซมลพิษที่มีกลิ่นเหม็น มักได้แก่ ก๊าซไฮโดรเจนไดซัลไฟด์ (H_2S) เมอร์แคปเทน (-SH) , แอมโมเนีย และ ฟอร์มาดีไฮด์ (ที่มาจากน้ำยารักษาสภาพศพ)

ยังมีการสำรวจเพิ่มเติมของกรมควบคุมมลพิษ (3) เกี่ยวกับฝุ่นละอองที่เกิดจากการเผาศพที่จำแนกชนิดของเชื้อเพลิงพบว่า

- ประเภทเตาเผาที่ใช้ฟืน/ ถ่าน เป็นเชื้อเพลิงจากจำนวนวัด 109 วัด

ขณะที่เผาหรือหลังจากเผา

- ปัญหาเรื่องกลิ่น มี 37 วัด
  ไม่มี 72 วัด
- ปัญหาเรื่องฝุ่น มี 73 วัด
  ไม่มี 36 วัด
- ประเภทเตาเผาที่ใช้ น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิงจากจำนวน 48 วัด

ขณะที่เผาหรือหลังเผาจากเตาเผา

- กลิ่นเหม็น มี 4 วัด
  ไม่มี 44 วัด
- เขม่าควันฝุ่นละออง มี 18 วัด
  ไม่มี 30 วัด
- ประเภทเตาเผาที่ใช้ก๊าซหุงต้ม (LPG) , น้ำมันเตา , น้ำมันก๊าด จากจำนวน 36 วัด
- กลิ่นเหม็น มี 1 วัด
  ไม่มี 3 วัด

- เขม่าฝุ่น มี 1 วัด
ไม่มี 3 วัด

รวมทั้งข้อมูลอื่น ๆ ที่ใช้ในการพิจารณาประกอบ ได้แก่ ค่าเชื้อเพลิงในการเผาศพ 1 ศพ อายุการใช้งานเตาเผา ระยะเวลาที่ใช้ในการเผา ปริมาณการเผาศพต่อหนึ่งเดือน ข้อมูลเพิ่มเติมจากการตรวจวัดสารมลพิษและข้อมูลทั่วไปจากการปล่องเตาเผาศพที่วัดโสมนัส (3) ดังต่อไปนี้

1. ข้อมูลทั่วไป : ลักษณะเตาเผาเป็นแบบ 2 ห้องเผา ใช้น้ำมันโซล่าเป็นเชื้อเพลิงอัตราการใช้เชื้อเพลิงเท่ากับ 50 ลิตร ต่อ 1 ศพ มี 2 หัวฉีด อุณหภูมิในห้องเผาประมาณ 900 องศาเซลเซียส มอเตอร์ขนาด 2.5 แรงม้าสำหรับ ขับอากาศเสียออกจากห้องเผาไปยังปล่องที่มีความสูงประมาณ 14 เมตร เตาเผามีระบบกำจัดฝุ่นแบบแผ่น ขนาด 60 x 60x 50 เซนติเมตรติดตั้งอยู่ด้วย

2. ข้อมูลระบบการระบายก๊าซจากเตาเผา
   - ขนาดปล่อง (กว้าง x ยาว) = 35 x 88 เซนติเมตร
   - อุณหภูมิก๊าซในปล่อง = 150 องศาเซลเซียส
   - ความเร็วเฉลี่ยของก๊าซในปล่อง = 3.45 เมตรต่อวินาที
   - ปริมาตรอากาศจากปล่อง = 18.107 ลูกบาศก์ฟุตต่อวินาที

3. สารมลพิษในก๊าซทิ้งจากการเผาศพ
   - ฝุ่นละออง 201.226 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร
   - ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ 81.927 ส่วนในล้านส่วน (ppm)

นอกจากนี้ยังมีการศึกษาเบื้องต้นเกี่ยวกับการประยุกต์ใช้การเติมอิเลคตรอนในการบำบัดก๊าซมลพิษจากการเผาศพที่ทำการศึกษาโดย วิวัฒน์ ตัณฑะพานิชกุล และคณะ (8) ซึ่งการทดลองได้มีการศึกษาถึงผลกระทบหลายด้านต่อประสิทธิภาพการกำจัดได้แก่ กระแสที่ปล่อยออก ความเข้มของก๊าซขาเข้า อัตราการไหลของก๊าซ และการมีอยู่ร่วมของออกซิเจนหรือไอน้ำ และยังมีการศึกษาผลกระทบของโครงสร้างของเครื่องปฏิกรณ์ต่อประสิทธิภาพการกำจัดด้วย ซึ่งพบว่า ถ้าเส้นผ่านศูนย์กลางของคาโธดยิ่งมีขนาดโตขึ้นก็จะส่งผลให้ประสิทธิภาพการกำจัดสูงขึ้นด้วย ถ้าจำนวนของคาโธดมากขึ้นจะมีประสิทธิภาพต่ำกว่าการใช้คาโธดเพียงเส้นเดียว และเมื่อเปรียบเทียบปริมาตรที่เท่ากันของอาโนด (เครื่องปฏิกรณ์) พบว่ายิ่งขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเครื่องยิ่งเรียวขึ้นจะมีประสิทธิภาพการกำจัดสูงขึ้นด้วย

ในงานวิจัยครั้งนี้ได้อ้างอิงรายงานองค์ประกอบก๊าซทิ้งจากเตาเผาศพจากประเทศญี่ปุ่น (Nishida 1981 , 1988 , 19886) ซึ่งองค์ประกอบต่างๆ นี้เป็นความเข้มข้นที่ได้หลังจากทำการเจือจางลงไปแล้ว 100 เท่าด้วยอากาศดี ซึ่งปริมาณความเข้มข้นของก๊าซกลิ่นเหม็นจะสูงเทียบเท่า 100 เท่าก่อนทำการเจือจาง จากองค์ประกอบก๊าซทิ้งเหล่านี้จะใช้เป็นข้อมูลในการออกแบบทางวิศวกรรมของงานวิจัยครั้งนี้ต่อไป

1. องค์ประกอบที่มีความเข้มข้นสูง
   ไนโตรเจน (N_2) = 78 %
   ออกซิเจน (O_2) = 20-21 %

2. องค์ประกอบที่มีความเข้มข้นต่ำ
   คาร์บอนไดออกไซด์ (O_2) : 0.01 – 0.02 %
   น้ำ (H_2O) : 0.22 %
   ไนโตรเจนออกไซด์ (Nox) : 80 ppm (max)
   ซัลเฟอร์ออกไซด์ (Sox) : 5.8 ppm (max)
   กรดอะซิติก (Acetic acid) : 24 ppm
   สารไฮโดรคาร์บอน : 230 ppm (เทียบเท่าโพรเพน)

3. องค์ประกอบที่มีความเข้มข้นต่ำมาก
   อะเซตัลดีไฮด์ (CH_3CHO) : 0.04 ppm
   สไตรีน ($C_6H_5CH=CH_2$) : 0.01 ppm
   ไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S) : 0.01 ppm
   เมทิลเมอร์แคปแทน (CH_3SH) : 0.001 ppm
   ไดเมทิลเมอร์แคปแทน ($(CH_3)_2S$) : 0.0005 ppm
   แอมโมเนีย (NH_3) : 0.37 ppm
   ไตรเมทิลเอมีน ($(CH_3)_3N$) : 0.023 ppm

และยังได้ทำการศึกษาอ้างอิงจากรายงานของ Nishida และคณะ (7) จากรายงานการศึกษาวิจัยเรื่อง มาตรการสำหรับสิ่งแวดล้อมเป็นพิษที่พบได้จากสถานที่จริงเกี่ยวกับกลิ่นเหม็นจากโรงเผาศพ ในรายงานได้กล่าวบรรยายปัญหาที่เกิดจากเตาเผาศพซึ่งมีลักษณะคล้ายกับประเทศเรา รวมทั้งรายงานปริมาณก๊าซกลิ่นเหม็นที่เกิดขึ้นในขณะเผาโดยการเปรียบเทียบจากเตาเผาจากผู้ผลิตที่แตกต่างกัน จากปัญหาดังกล่าวจึงได้มีการกำหนดมาตราการเบื้องต้นสำหรับการป้องกันการผลิตสิ่งรบกวนสาธารณะไว้ดังนี้

1. ปริมาณฝุ่น ต้องน้อยกว่า 0.05 g/Nm3
2. ปริมาณ SOx ให้คำนวณจากค่า K
3. ปริมาณ NOxต้องน้อยกว่า 180 ppm
4. มาตรฐานการป้องกันกลิ่นเหม็น
   - ปริมาณแอมโมเนียต้องน้อยกว่า 2 ppm
   - ปริมาณไฮโดรเจนซัลไฟด์ต้องน้อยกว่า 0.06 ppm
   - ปริมาณเมทิลเมอร์แคปแทน ต้องน้อยกว่า 0.004 ppm
   - ปริมาณเมทิลซัลเฟดต้องน้อยกว่า 0.05 ppm
   - ปริมาณไตรเมทิลเอมีนต้องน้อยกว่า 0.02 ppm

เพื่อทำให้ได้ปริมาณก๊าซกลิ่นเหม็นและปัญหาอื่นตรงตามมาตรฐานที่กำหนด ผู้ผลิตจึงทำการเจือจางด้วยอากาศดีก่อนปล่อยออกสู่บรรยากาศ ในการศึกษาครั้งนี้เนื่องจากประเทศเรายังไม่ได้กำกำหนดมาตรฐานนี้ได้โดยตรง จึงใช้มาตรฐานของประเทศญี่ปุ่นนี้เป็นมาตรฐานที่ใช้ในการกำหนดออกแบบระบบบำบัดกาซทิ้งก่อนปล่อยสู่บรรยากาศ