บทที่ 1
บทนำ

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ความเป็นมา

ในปัจจุบันปัญหาเกี่ยวกับสิ่งแวดล้อม โดยเฉพาะมลภาวะทางอากาศได้รับความสนใจอย่างมาก ซึ่งปัญหาหนึ่งที่เป็นที่สนใจก็คือ การเกิดก๊าซไนโตรเจนออกไซด์ (NO_x) จากรายงานของ Council on Environmental Quality ในปี ค.ศ. 1972 (1) พบว่ามีก๊าซไนโตรเจนออกไซด์เกิดขึ้นประมาณ 22.7 ล้านตันต่อปี โดยแหล่งกำเนิดก๊าซไนโตรเจนออกไซด์สามารถแบ่งได้ 2 แหล่งใหญ่ๆ คือ จากการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงในเครื่องยนต์สันดาปภายใน และจากการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงโดยตรง จากข้อมูลในปี 1974 (2) พบว่า 46.3% หรือ 10.6 ล้านตันของก๊าซไนโตรเจนออกไซด์ได้จากท่อไอเสียของยานพาหนะ เช่น รถยนต์ รถไฟ เครื่องบิน เป็นต้น ซึ่งเกิดจากปฏิกิริยารวมตัวกันของก๊าซไนโตรเจน (N_2) กับก๊าซออกซิเจน (O_2) ระหว่างการเผาไหม้ โดยพบว่าที่ความเร็วรอบของเครื่องยนต์สูงจะให้ปริมาณของ NO สูงกว่าที่ความเร็วรอบต่ำๆ และพบว่า 53.7% ของก๊าซไนโตรเจนออกไซด์ที่ปล่อยออกสู่บรรยากาศได้จากโรงงานอุตสาหกรรม โดยก๊าซไนโตรเจนออกไซด์จะเกิดจากการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงต่างๆ เช่น น้ำมันเชื้อเพลิง ถ่านหิน ก๊าซธรรมชาติ เป็นต้น โดยที่ปริมาณของไนโตรเจนออกไซด์จะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับชนิดของเตาเผาไหม้แต่ละแบบ ซึ่งปริมาณของก๊าซไนโตรเจนออกไซด์จะอยู่ระหว่าง 150-1500 ppm นอกจากนี้ในกระบวนการผลิตกรดไนตริก (HNO_3) ยังเป็นแหล่งกำเนิดก๊าซไนโตรเจนออกไซด์ที่สำคัญเช่นกัน (3) ซึ่งรายละเอียดของแหล่งกำเนิดก๊าซไนโตรเจนออกไซด์จากโรงงานอุตสาหกรรม แสดงในตารางที่ 1.1

ตารางที่ 1.1

ปริมาณของก๊าซไนโตรเจนออกไซด์ที่เกิดขึ้นจากแหล่งกำเนิดจากโรงงานอุตสาหกรรม (4)

แหล่งกำเนิด	ปริมาณของก๊าซไนโตรเจนออกไซด์ (ppm)
LNG boiler	150-300
Heavy oil boiler	250-400
Coal boiler	500-1000
Metal heating furnace	100-300
Glass melting furnace	500-1000
Blast furnace	100
Coke oven	100-400
Cement kiln	100-400
Steel sintering furnace	100-300
Petroleum refinery and petrochemical process	200-400
Nitric acid plants	1500-4000

จากรายงานของ J.F.Maxwell ในปี ค.ศ. 1982 แสดงถึงแหล่งกำเนิดและปริมาณของก๊าซพิษต่างๆ ในกรุงเทพมหานคร ซึ่งแสดงในตารางที่ 1.2

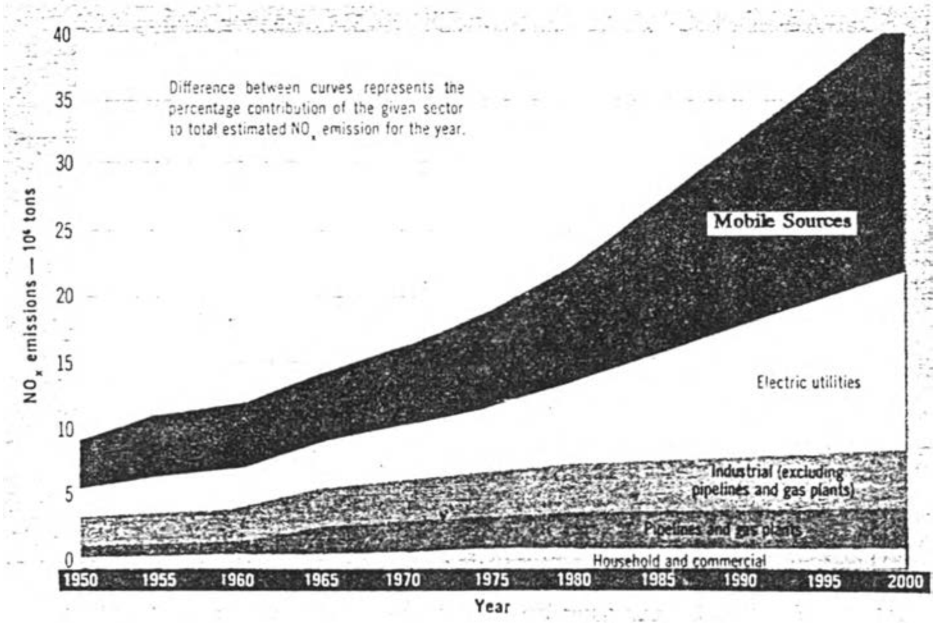
ตารางที่ 1.2

แหล่งกำเนิดและปริมาณก๊าซพิษต่างๆ ในกรุงเทพมหานคร (5)

แหล่งกำเนิด	หน่วย (%)				
	คาร์บอนมอนอกไซด์	ซัลเฟอร์และสารประกอบของซัลเฟอร์	ไฮโดรคาร์บอน	ไนโตรเจนและสารประกอบของไนโตรเจน	รวม
เครื่องยนต์สันดาปภายใน	90-95	50	80	80	85-90
โรงงานอุตสาหกรรม	1	50	10	20	5-10
การเผาไหม้	5-10	-	10	-	10-15

จากตารางที่ 1.2 จะพบว่าการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงในเครื่องยนต์สันดาปภายในและการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงในโรงงานอุตสาหกรรม เป็นแหล่งกำเนิดก๊าซไนโตรเจนออกไซด์ที่สำคัญที่สุด * และจากแหล่งกำเนิดของก๊าซไนโตรเจนออกไซด์ที่มีหลายแหล่ง ประกอบกับการพัฒนาทางด้านอุตสาหกรรมและเศรษฐกิจของประเทศต่างๆ ที่มีมากขึ้น ทำให้แนวโน้มในการเกิดก๊าซไนโตรเจนออกไซด์เพิ่มขึ้นด้วย รูปที่ 1.1 แสดงถึงปริมาณของก๊าซไนโตรเจนออกไซด์ที่เกิดขึ้นในอดีตและแนวโน้มที่จะเกิดขึ้นในอนาคต ในประเทศสหรัฐอเมริกา

* ปริมาณก๊าซไนโตรเจนออกไซด์สูงสุด ที่ยอมรับให้มีอยู่ในบรรยากาศได้ คิดเป็นค่าเฉลี่ย 1 ชั่วโมง เท่ากับ 0.32 mg/m^3 ; กองควบคุมมลพิษ กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี



รูปที่ 1.1

ปริมาณของก๊าซไนโตรเจนออกไซด์ที่เกิดขึ้นในประเทศสหรัฐอเมริกา (6)

จากรูปที่ 1.1 จะเห็นว่าแนวโน้มในการเกิดก๊าซไนโตรเจนออกไซด์ในอนาคตมีมากขึ้น โดยแหล่งกำเนิดที่ก่อให้เกิดก๊าซไนโตรเจนออกไซด์มากที่สุด ได้แก่ ยานพาหนะต่างๆ รองลงมา ได้แก่ โรงผลิตกระแสไฟฟ้า และโรงงานอุตสาหกรรม ตามลำดับ

ก๊าซไนโตรเจนออกไซด์เป็นก๊าซไม่มีสี (7, 8, 9) สามารถก่อให้เกิดผลกระทบต่อทั้งชีวิตมนุษย์และสิ่งแวดล้อม สำหรับผลกระทบที่มีต่อชีวิตมนุษย์ ได้แก่ อาจทำให้ร่างกายขาดก๊าซออกซิเจน (O_2) ได้ หากได้รับก๊าซไนโตรเจนออกไซด์ในปริมาณมากๆ และนานๆ ทั้งนี้เพราะก๊าซไนโตรเจนออกไซด์สามารถจับกับฮีโมโกลบินในเม็ดเลือดแดง ทำให้ร่างกายได้รับก๊าซออกซิเจนน้อยลง และก๊าซไนโตรเจนออกไซด์ยังก่อให้เกิดอาการระคายเคืองต่อระบบทางเดินหายใจอีกด้วย ส่วนผลกระทบที่มีต่อสิ่งแวดล้อม ได้แก่ ก๊าซไนโตรเจนออกไซด์สามารถรวมตัวกับโอโซน (O_3) และความชื้นในอากาศเกิดเป็นกรดไนตริก (HNO_3) ได้ ทำให้เกิดสภาพฝนกรด ซึ่งก่อความเสียหายให้แก่พืชและสิ่งก่อสร้างอย่างมาก นอกจากนี้ก๊าซไนโตรเจนออกไซด์ยังสามารถรวมตัวกับก๊าซออกซิเจนได้อย่างรวดเร็ว กลายสภาพไปเป็นก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์

(NO_2) ซึ่งเป็นก๊าซพิษที่มีสีน้ำตาล ทำให้สภาพบรรยากาศเป็นสีน้ำตาลได้หากมีปริมาณของก๊าซไนโตรเจนออกไซด์ในปริมาณมากๆ

จากข้อมูลการเกิดก๊าซไนโตรเจนออกไซด์และแนวโน้มในอนาคต รวมทั้งผลกระทบที่มีต่อชีวิตมนุษย์และสิ่งแวดล้อม ทำให้ต้องมีการศึกษาถึงวิธีต่างๆ ที่เหมาะสมในการป้องกันหรือกำจัดก๊าซไนโตรเจนออกไซด์ที่เกิดขึ้น เพื่อคุณภาพชีวิตและสิ่งแวดล้อมที่ดีขึ้น

ในปัจจุบันการกำจัดก๊าซไนโตรเจนออกไซด์ สามารถแบ่งออกได้เป็น 4 วิธีใหญ่ๆ คือ (3, 10, 11)

1. Catalytic Decomposition
2. Catalytic Reduction
   2.1. Non-Selective Reduction
   2.2. Selective Reduction
3. Liquid Absorption Process
4. Adsorption on Solid

จากวิธีการต่างๆ ข้างต้น ในงานวิจัยนี้จะทำการศึกษาวิธี Catalytic Reduction กรณี Non-Selective Reduction ดังนั้นจะขอกล่าวเฉพาะรายละเอียดของวิธีนี้เท่านั้น

วิธี Catalytic Reduction กรณี Non-Selective Reduction เป็นวิธีที่ใช้สารรีดิวซ์ (Reducing Agent) เข้าทำปฏิกิริยากับก๊าซไนโตรเจนออกไซด์ โดยมีตัวเร่งปฏิกิริยาอยู่ด้วย เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่ไม่เป็นพิษ ได้แก่ ก๊าซไนโตรเจน (N_2) ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) น้ำ (H_2O) เป็นต้น

สำหรับสารรีดิวซ์ที่ใช้มีหลายชนิด เช่น มีเทน (CH_4) คาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) ไฮโดรเจน (H_2) เป็นต้น ซึ่งสารรีดิวซ์แต่ละชนิดจะให้ผลิตภัณฑ์ที่แตกต่างกันไป รวมทั้งสภาวะของการทดลอง และสัดส่วนการเปลี่ยนรูปของไนโตรเจนออกไซด์ที่ได้ ก็จะแตกต่างกันด้วย เช่น

$$NO + 4CH_4 \xrightarrow[\Delta]{\text{Catalyst}} CO_2 + 2H_2O + 2N_2$$

ตัวเร่งปฏิกิริยา : Pt, Pd, Rd, Pt-Rd, Mn, Mg, Cu, MgO, Fe_2O_3 เป็นต้น
อุณหภูมิในการเกิดปฏิกิริยา : 480 ถึง 950 องศาเซลเซียส ที่ความดันบรรยากาศ (12)

$$2NO + 2CO \xrightarrow[\Delta]{\text{Catalyst}} 2CO_2 + N_2$$

ตัวเร่งปฏิกิริยา : Pt, Pd, Cu, Ni, Co, CuO, NiO, CoO เป็นต้น
อุณหภูมิในการเกิดปฏิกิริยา : 1023 องศาเซลเซียส ที่ความดันบรรยากาศ (13)

$$2NO + 2H_2 \xrightarrow[\Delta]{\text{Catalyst}} 2H_2O + N_2$$

ตัวเร่งปฏิกิริยา : Pt, Rd, Cu, Mn, Ni, CuO, MgO, Fe_2O_3, Zeolite เป็นต้น
อุณหภูมิในการเกิดปฏิกิริยา : 150 ถึง 800 องศาเซลเซียส ที่ความดันบรรยากาศ (14)

สำหรับในการวิจัยนี้เลือกใช้ ไฮโดรเจน เป็นสารรีดิวซ์ ด้วยเหตุผลหลายประการ เช่น ช่วงอุณหภูมิในการเกิดปฏิกิริยากว้างและไม่สูงมาก ใช้ได้กับตัวเร่งปฏิกิริยาหลายชนิด ไม่เป็นอันตรายต่อร่างกายและสิ่งแวดล้อมกรณีที่ไฮโดรเจนเกิดปฏิกิริยาไม่หมด หาง่าย ราคาไม่แพง เป็นต้น

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1. เพื่อศึกษาปฏิกิริยาไนโตรเจนออกไซด์กับไฮโดรเจน โดยใช้ CuO/Al_2O_3 เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา
2. เพื่อศึกษาถึงตัวแปรต่างๆ ที่มีผลต่อปฏิกิริยาไนโตรเจนออกไซด์กับไฮโดรเจน ได้แก่ อุณหภูมิ ความเร็วเชิงสเปส และส่วนประกอบของสายป้อน
3. เพื่อศึกษาอัตราการเกิดปฏิกิริยาของปฏิกิริยาไนโตรเจนออกไซด์กับไฮโดรเจน
4. เพื่อเลือกเงื่อนไขที่เหมาะสมในปฏิกิริยาการกำจัดไนโตรเจนออกไซด์ โดยใช้ไฮโดรเจนเป็นสารรีดิวซ์

ขอบเขตการศึกษา

จากจุดประสงค์ของการทดลองในหัวข้อ 1.2 จะทำการทดลองโดยใช้เตาปฏิกรณ์เคมีแบบท่อยาวที่มีตัวเร่งปฏิกิริยาบรรจุอยู่ภายใน โดยมีก๊าซไนโตรเจนออกไซด์ (NO) ก๊าซไฮโดรเจน (H_2) เป็นสารตั้งต้น และมีก๊าซฮีเลียม (He) เป็นก๊าซนำพา (Carrier Gas) ปฏิกิริยาจะเกิดขึ้นในเตาปฏิกรณ์เคมีที่มีอุปกรณ์ให้ความร้อน (Heater) และอุปกรณ์ควบคุมอุณหภูมิ (Temperature Controller) เพื่อให้อุณหภูมิคงที่ตามต้องการ ผลิตภัณฑ์ที่ได้จะถูกวิเคราะห์ด้วยเครื่องก๊าซโครมาโตกราฟี (Gas Chromatography) ที่มีเครื่องวัดสัญญาณแบบ ทีซีดี (Thermal Conductivity Detector) จากผลการทดลองที่ได้ จะนำไปหาอัตราการเกิดปฏิกิริยาและค่าคงที่ต่างๆ ได้แก่ แฟคเตอร์แห่งความถี่ (Frequency Factor) และพลังงานกระตุ้น (Activation Energy) นอกจากนี้ ยังได้ศึกษาถึงตัวแปรต่างๆ ที่มีผลต่อปฏิกิริยา คือ อุณหภูมิ ความเร็วเชิงสเปส และส่วนประกอบของสายป้อน

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัย

1. ได้รับข้อมูลที่เกี่ยวกับตัวแปรต่างๆ ที่มีผลต่อปฏิกิริยาไนโตรเจนออกไซ์กับไฮโดรเจน
2. ทราบถึงอัตราการเกิดปฏิกิริยาของปฏิกิริยาไนโตรเจนออกไซด์กับไฮโดรเจน เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการออกแบบเตาปฏิกรณ์เคมี
3. เป็นแนวทางในการกำจัดก๊าซไนโตรเจนออกไซด์จากแหล่งโรงงานอุตสาหกรรม