

บทที่ 4

ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง

งานวิจัยนี้ทำการศึกษาภาวะที่เหมาะสมในการลดปริมาณคาร์บอนมอนอกไซด์ในกระแสเชื้อเพลิงของเซลล์เชื้อเพลิงด้วยกระบวนการ Preferential Oxidation โดยตัวแปรที่ใช้ในการศึกษา คือ ตัวรองรับซีเรีย อุณหภูมิที่ใช้ในการเผา สัดส่วนของโลหะแพลทินัมและแพลเลเดียมบนตัวรองรับซีเรีย ปริมาณที่ใช้ของโลหะแพลทินัมและแพลเลเดียมบนตัวรองรับซีเรีย ความเข้มข้นของไอน้ำ แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ แก๊สออกซิเจน ศึกษาผลการผสมระหว่างไอน้ำกับแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์และศึกษาการเปรียบเทียบตัวเร่งปฏิกิริยาแพลทินัมกับตัวเร่งปฏิกิริยาผสมระหว่างแพลทินัมผสมกับแพลเลเดียม

4.1 วิเคราะห์คุณลักษณะของตัวเร่งปฏิกิริยา

4.1.1 พื้นที่ผิวรูพรุนทั้งหมด

พื้นที่ผิวรูพรุนที่ทำการวิเคราะห์จะได้จากผลของ เครื่องวัดพื้นที่ผิว (BET) ในงานวิจัยนี้จะศึกษาพื้นที่ผิวรูพรุนตามลำดับดังนี้

4.1.1.1. วิเคราะห์พื้นที่ผิวรูพรุนของซีเรียที่ซื้อจาก บริษัท Fluka และซีเรียที่สังเคราะห์ขึ้น โดยวิธีโซลเจล

ผลการวิเคราะห์พื้นที่ผิวรูพรุนของซีเรียที่ซื้อจากบริษัท Fluka และ ซีเรียที่สังเคราะห์ ขึ้นโดยวิธีโซลเจล แสดงในตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ผลการวิเคราะห์พื้นที่ผิวรูพรุนของซีเรียที่ซื้อจาก บริษัท Fluka และซีเรียที่สังเคราะห์ ขึ้นโดยวิธีโซลเจล

ตัวรองรับ	พื้นที่ผิวรูพรุนทั้งหมด(S_{BET}) ตารางเมตร/กรัม
ซีเรียที่ซื้อจาก บริษัท Fluka	117
ซีเรียที่สังเคราะห์ขึ้นโดยวิธีโซลเจล	137

จากการวิเคราะห์พื้นที่ผิวรูพรุนทั้งหมดของซีเรียที่ซื้อจาก บริษัท Fluka และซีเรียที่สังเคราะห์ขึ้นโดยวิธีโซลเจล พบว่าซีเรียที่สังเคราะห์ขึ้นโดยวิธีโซลเจลมีพื้นที่ผิวรูพรุนมากกว่าซีเรียที่ซื้อจาก บริษัท Fluka ทั้งนี้เนื่องจากสมบัติของวิธีการเตรียมซีเรียที่สังเคราะห์ขึ้นโดยวิธีโซลเจลจะได้ตัวรองรับที่มีรูพรุนขนาดเล็กส่งผลให้พื้นที่ผิวรูพรุนเพิ่มขึ้น ผลการทดลองที่ได้มีลักษณะสอดคล้องกับผลการทดลองของ Manasilp และคณะ [7] ซึ่งเตรียมตัวรองรับอะลูมินาโดยวิธีโซลเจลจะให้พื้นที่ผิวรูพรุนสูงขึ้น

4.1.1.2. วิเคราะห์พื้นที่ผิวรูพรุนของตัวเร่งปฏิกิริยา 1%(1:1) Pt-Pd/CeO₂ (ซีเรียที่ซื้อจาก บริษัท Fluka) และ 1%(1:1) Pt-Pd/CeO₂ (ซีเรียที่สังเคราะห์ขึ้นโดยวิธีโซลเจล) อุณหภูมิการเผาตัวเร่งปฏิกิริยา 400 องศาเซลเซียส

ผลการวิเคราะห์พื้นที่ผิวรูพรุนของตัวเร่งปฏิกิริยา 1%(1:1) Pt-Pd/CeO₂ (ซีเรียที่ซื้อจากบริษัท Fluka) และ 1%(1:1) Pt-Pd/CeO₂ (ซีเรียที่สังเคราะห์ขึ้นโดยวิธีโซลเจล) แสดงในตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 ผลการวิเคราะห์พื้นที่ผิวรูพรุนของตัวเร่งปฏิกิริยา 1%(1:1) Pt-Pd/CeO₂ (ซีเรียที่ซื้อจาก บริษัท Fluka) 1%(1:1) Pt-Pd/CeO₂ (ซีเรียที่สังเคราะห์ขึ้นโดยวิธีโซลเจล) อุณหภูมิการเผาตัวเร่งปฏิกิริยา 400 องศาเซลเซียส

ชนิดตัวเร่งปฏิกิริยา	พื้นที่ผิวรูพรุนทั้งหมด(S _{BET}) ตารางเมตร/กรัม
1%(1:1) Pt-Pd/CeO ₂ ซีเรียที่ซื้อจาก บริษัท Fluka	32.06
1%(1:1) Pt-Pd/CeO ₂ ซีเรียที่สังเคราะห์ขึ้นโดยวิธีโซลเจล	88.32

จากการวิเคราะห์พื้นที่ผิวรูพรุนทั้งหมดของตัวเร่งปฏิกิริยา 1%(1:1) Pt-Pd/CeO₂ (ซีเรียที่ซื้อจาก บริษัท Fluka) 1%(1:1) Pt-Pd/CeO₂ (ซีเรียที่สังเคราะห์ขึ้นโดยวิธีโซลเจล) พบว่าตัวเร่งปฏิกิริยา 1%(1:1) Pt-Pd/CeO₂ (ซีเรียที่สังเคราะห์ขึ้นโดยวิธีโซลเจล) มีพื้นที่ผิวรูพรุนมากกว่าตัวเร่งปฏิกิริยา 1%(1:1) Pt-Pd/CeO₂ (ซีเรียที่ซื้อจาก บริษัท Fluka) ทั้งนี้เนื่องจากการเตรียมตัวรองรับของซีเรียที่สังเคราะห์ขึ้นโดยวิธีโซลเจลทำให้เกิดการกระจายของรูพรุนและโลหะมากขึ้นซึ่งจะมีส่วนช่วยในการเพิ่มพื้นที่ผิว และเมื่อเปรียบเทียบพื้นที่ผิวรูพรุนของตัวรองรับซีเรีย (ดังแสดงในตารางที่ 4.1) กับพื้นที่ผิวรูพรุนของตัวเร่งปฏิกิริยาที่เกาะอยู่บนตัวรองรับซีเรียพบว่าพื้นที่ผิวของตัวเร่ง

ปฏิกิริยาที่เกาะอยู่บนตัวรองรับซีเรียมีค่าน้อยกว่าพื้นที่ผิวของตัวรองรับซีเรีย เป็นเพราะโลหะที่เติมลงไปจะไปปิดบังและซึมเข้าไปรูพรุนของตัวรองรับซีเรียจึงทำให้พื้นที่ผิวของตัวเร่งปฏิกิริยาลดลงเมื่อเทียบกับพื้นที่ของตัวรองรับซีเรีย

4.1.1.3. วิเคราะห์พื้นที่ผิวรูพรุนของตัวเร่งปฏิกิริยา 1%(1:1) Pt-Pd/CeO₂ (ซีเรียที่สังเคราะห์ขึ้นโดยวิธีโซลเจล) ซึ่งผ่านการเผาที่อุณหภูมิ 400 และ 500 องศาเซลเซียส

ผลการวิเคราะห์พื้นที่ผิวรูพรุนของตัวเร่งปฏิกิริยา 1%(1:1) Pt-Pd/CeO₂ ที่สังเคราะห์ขึ้นโดยวิธีโซลเจล ซึ่งผ่านการเผาที่อุณหภูมิ 400 และ 500 องศาเซลเซียส แสดงในตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 ผลการวิเคราะห์พื้นที่ผิวรูพรุนของตัวเร่งปฏิกิริยา 1% (1:1) Pt-Pd/CeO₂ (ซีเรียที่สังเคราะห์ขึ้นโดยวิธีโซลเจล) ที่อุณหภูมิ 400 และ 500 องศาเซลเซียส

อุณหภูมิ(องศาเซลเซียส)	พื้นที่ผิวรูพรุนทั้งหมด(S _{BET}) ตารางเมตร/กรัม
400	88.32
500	80.02

จากการวิเคราะห์พื้นที่ผิวรูพรุนทั้งหมดของตัวเร่งปฏิกิริยา 1%(1:1) Pt-Pd/CeO₂ (ซีเรียที่สังเคราะห์ขึ้นโดยวิธีโซลเจล) ที่ผ่านการเผาอุณหภูมิ 400 และ 500 องศาเซลเซียส พบว่าอุณหภูมิในการเผาตัวเร่งปฏิกิริยา 1%(1:1) Pt-Pd/CeO₂ (ซีเรียที่สังเคราะห์ขึ้นโดยวิธีโซลเจล) ที่ผ่านการเผาอุณหภูมิ 400 องศาเซลเซียส มีพื้นที่ผิวรูพรุนมากกว่าที่ผ่านการเผาตัวเร่งปฏิกิริยา 1%(1:1) Pt-Pd/CeO₂ (ซีเรียที่สังเคราะห์ขึ้นโดยวิธีโซลเจล) 500 องศาเซลเซียส เพราะที่ อุณหภูมิ 500 องศาเซลเซียส ทำให้เกิดสภาพการเริ่มต้นของการรวมตัวของผลึก ซึ่งแสดงในผลของการวัดด้วยเครื่องเอ็กซเรย์ดิฟแฟรคชันในขั้นตอนต่อไป การรวมตัวของผลึกจะส่งผลให้พื้นที่ผิวรูพรุนของตัวเร่งปฏิกิริยาลดลง

4.1.1.4. วิเคราะห์พื้นที่ผิวรูพรุนของตัวเร่งปฏิกิริยา 1%(1:1) Pt-Pd/CeO₂ 1%(1:7) Pt-Pd/CeO₂ และ 1%(1:9) Pt-Pd/CeO₂ (ซีเรียที่สังเคราะห์ขึ้นโดยวิธีโซลเจล) อุณหภูมิการเผาตัวเร่งปฏิกิริยา 400 องศาเซลเซียส

ผลการวิเคราะห์พื้นที่ผิวรูพรุนของตัวเร่งปฏิกิริยา ที่อัตราส่วนต่าง ๆ ระหว่างแพลทินัมและแพลเลเดียม แสดงในตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 ผลการวิเคราะห์พื้นที่ผิวรูพรุนของตัวเร่งปฏิกิริยา 1% (1:1) Pt-Pd/CeO₂, 1%(1:7) Pt-Pd/CeO₂ และ 1%(1:9) Pt-Pd/CeO₂ (ซีเรียที่สังเคราะห์ขึ้นโดยวิธีโซลเจล) อุณหภูมิการเผาตัวเร่งปฏิกิริยา 400 องศาเซลเซียส

อัตราส่วนระหว่าง Pt กับ Pd	พื้นที่ผิวรูพรุนทั้งหมด(S _{BET}) ตารางเมตร/กรัม
1:1	88.32
1:7	96.05
1:9	92.03

จากการวิเคราะห์พื้นที่ผิวรูพรุนทั้งหมดของตัวเร่งปฏิกิริยา 1%(1:1) Pt-Pd/CeO₂, 1%(1:7) Pt-Pd/CeO₂ และ 1%(1:9) Pt-Pd/CeO₂ (ซีเรียที่สังเคราะห์ขึ้นโดยวิธีโซลเจล) พบว่าตัวเร่งปฏิกิริยา 1%(1:7) Pt-Pd/CeO₂ มีพื้นที่ผิวรูพรุนมากกว่า 1%(1:1) Pt-Pd/CeO₂ และ 1%(1:9) Pt-Pd/CeO₂ เพราะการเพิ่มอัตราส่วนของโลหะแพลทินัมต่อแพลเลเดียมเพิ่มขึ้น ทำพื้นที่ผิวรูพรุนมากขึ้นด้วย จนถึงอัตราส่วนที่เหมาะสมคือแพลทินัม 1 ส่วนต่อแพลเลเดียม 7 ส่วน ทำให้เกิดการกระจายของโลหะแพลทินัมมากขึ้น อีกทั้งการเติมแพลเลเดียมลงไปยังช่วยป้องกันการรวมตัวของโลหะแพลทินัมทำให้พื้นที่ผิวรูพรุนของตัวเร่งปฏิกิริยาที่เตรียมได้มากขึ้น

4.1.1.5. วิเคราะห์พื้นที่ผิวรูพรุนของตัวเร่งปฏิกิริยา (1:7) Pt-Pd/CeO₂ (ซีเรียที่สังเคราะห์ขึ้นโดยวิธีโซลเจล) ที่ 1% 3% และ 5% โดยน้ำหนัก อุณหภูมิการเผาตัวเร่งปฏิกิริยา 400 องศาเซลเซียส

ผลการวิเคราะห์พื้นที่ผิวรูพรุนของตัวเร่งปฏิกิริยา (1:7) Pt-Pd/CeO₂ (ซีเรียที่สังเคราะห์ขึ้นโดยวิธีโซลเจล) ที่ร้อยละโดยน้ำหนักของตัวเร่งปฏิกิริยา ต่าง ๆ แสดงในตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.5 ผลการวิเคราะห์พื้นที่ผิวรูพรุนของตัวเร่งปฏิกิริยา (1:7) Pt-Pd/CeO₂ (ซีเรียที่สังเคราะห์ขึ้นโดยวิธีโซลเจล) ที่ร้อยละของโลหะรวม 1 3 และ 5 โดยน้ำหนัก อุณหภูมิการเผาตัวเร่งปฏิกิริยา 400 องศาเซลเซียส

ร้อยละของโลหะบนตัวเร่งปฏิกิริยา Pt-Pd/CeO ₂	พื้นที่ผิวรูพรุนทั้งหมด(S _{BET}) ตารางเมตร/กรัม
1	96.05
3	91.64
5	88.03

จากการวิเคราะห์พื้นที่ผิวรูพรุนทั้งหมดของตัวเร่งปฏิกิริยา (1:7) Pt-Pd/CeO₂ (ซีเรียที่สังเคราะห์ขึ้นโดยวิธีโซลเจล) ที่ร้อยละของโลหะรวม 1 3 และ 5 โดยน้ำ พบว่าเมื่อร้อยละของโลหะมากขึ้นจะทำให้มีพื้นที่ผิวรูพรุนน้อยลงเนื่องมาจากปริมาณโลหะที่เติมลงไปมากขึ้นจะไปปิดบังและแทรกซึมเข้าไปในรูพรุนของซีเรียมากขึ้นจึงทำให้พื้นที่ผิวของตัวเร่งปฏิกิริยาลดลง

4.1.2 ขนาดตัวรองรับ

ขนาดของตัวรองรับจะถูกหาโดยใช้เครื่องวัดเอ็กซ์เรย์ดิฟแฟรชัน (X – ray Diffraction, XRD) และมีลำดับการวิเคราะห์ดังนี้

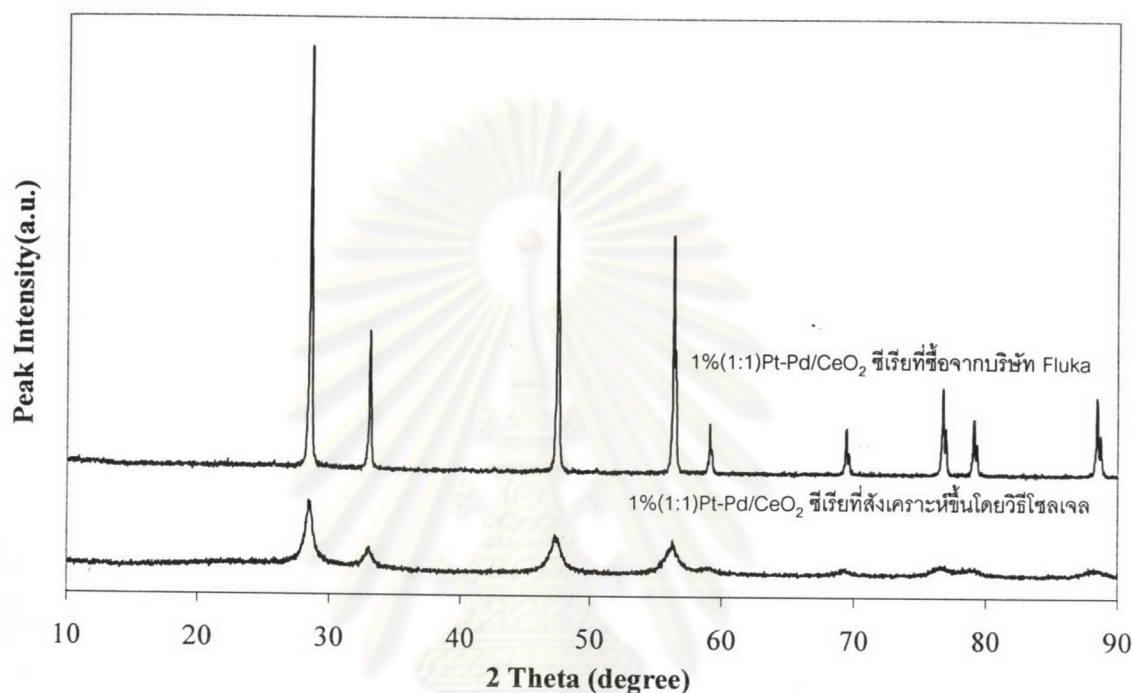
4.1.2.1.วิเคราะห์ขนาดของซีเรียจากตัวเร่งปฏิกิริยา 1% (1:1) Pt-Pd/CeO₂ (ซีเรียที่ซื้อจากบริษัท Fluka) และ 1%(1:1) Pt-Pd/CeO₂ (ซีเรียที่สังเคราะห์ขึ้นโดยวิธีโซลเจล) อุณหภูมิการเผาตัวเร่งปฏิกิริยา 400 องศาเซลเซียส

ผลการวิเคราะห์ขนาดของซีเรียจากตัวเร่งปฏิกิริยา 1% (1:1) Pt-Pd/CeO₂ (ซีเรียที่ซื้อจากบริษัท Fluka) และ 1%(1:1) Pt-Pd/CeO₂ (ซีเรียที่สังเคราะห์ขึ้นโดยวิธีโซลเจล) ที่ผ่านการเผาที่อุณหภูมิ 400 องศาเซลเซียส แสดงในตารางที่ 4.6 พบว่าขนาดของซีเรียจากตัวเร่งปฏิกิริยา 1%(1:1) Pt-Pd/CeO₂ (ซีเรียที่สังเคราะห์ขึ้นโดยวิธีโซลเจล) มีขนาดเล็กกว่าขนาดของซีเรียจากตัวเร่งปฏิกิริยา 1%(1:1) Pt-Pd/CeO₂ (ซีเรียที่ซื้อจาก บริษัท Fluka) ซึ่งสอดคล้องกับพื้นที่ผิวรูพรุนในตารางที่ 4.2 พบว่าขนาดซีเรียเล็กมีผลทำให้เกิดการกระจายของรูพรุนและโลหะมาก ทำให้พื้นที่ผิวรูพรุนเพิ่มขึ้น และจากรูปที่ 4.1 แสดงตำแหน่งที่เกิดซีเรีย (2θ) มีทั้งหมด 9 จุด คือ 28° 33° 47° 56° 59° 69° 76° 78° และ 87° แต่จะไม่แสดงตำแหน่งของแพลทินัมและแพลเลเดียมทั้งนี้

ตารางที่ 4.6 ผลการวิเคราะห์ขนาดของซีเรียจากตัวเร่งปฏิกิริยา 1%(1:1) Pt-Pd/CeO₂ (ซีเรียที่ซื้อจากบริษัท Fluka) และ 1%(1:1) Pt-Pd/CeO₂ (ซีเรียที่สังเคราะห์ขึ้นโดยวิธีโซลเจล) อุณหภูมิการเผาตัวเร่งปฏิกิริยา 400 องศาเซลเซียส

ชนิดตัวเร่งปฏิกิริยา	ขนาดซีเรีย(นาโนเมตร)
1%(1:1) Pt-Pd/CeO ₂ ซีเรียที่ซื้อจาก บริษัท Fluka	65.80
1%(1:1) Pt-Pd/CeO ₂ ซีเรียที่สังเคราะห์ขึ้นโดยวิธีโซลเจล	29.70

อาจมีสาเหตุมาจากการที่มีโลหะในปริมาณน้อยเกินไปหรือมาจากการกระจายตัวของโลหะที่มีขนาดเล็กมาก และจากรูป XRD จะเห็นว่าตัวเร่งปฏิกิริยา 1%(1:1) Pt-Pd/CeO₂ (ที่เรียกที่ซื้อจากบริษัท Fluka) มีความเป็นผลึกมากกว่าตัวเร่งปฏิกิริยา 1%(1:1) Pt-Pd/CeO₂ (ที่เรียกที่สังเคราะห์ขึ้นโดยวิธีโซลเจล)



รูปที่ 4.1 ผลการวิเคราะห์เอ็กซ์เรย์ดิฟแฟรคชันของตัวเร่งปฏิกิริยา 1%(1:1) Pt-Pd/CeO₂ (ที่เรียกที่ซื้อจาก บริษัท Fluka) และ 1%(1:1) Pt-Pd/CeO₂ (ที่เรียกที่สังเคราะห์ขึ้นโดยวิธีโซลเจล) อุณหภูมิการเผาตัวเร่งปฏิกิริยา 400 องศาเซลเซียส

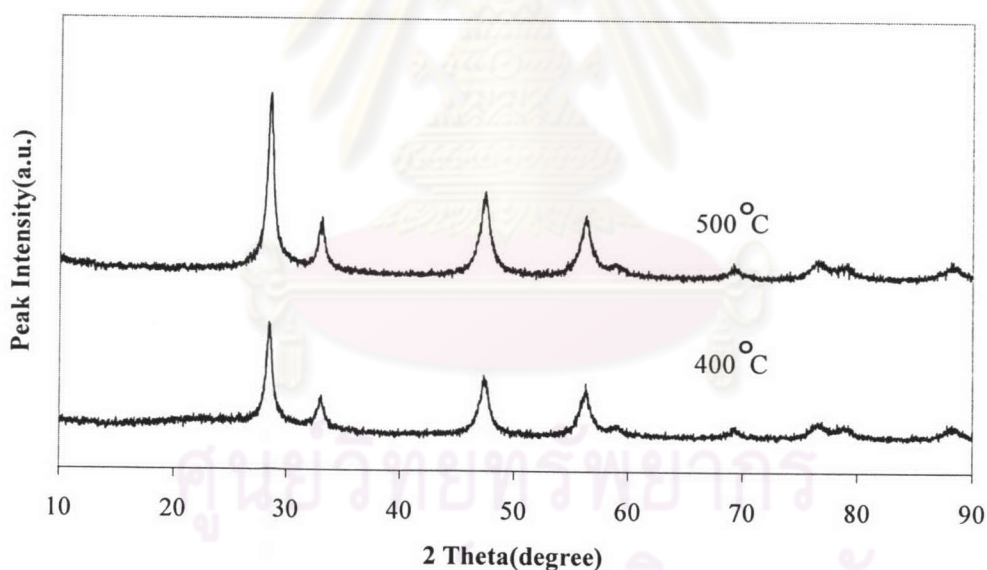
4.1.2.2. วิเคราะห์ขนาดซีเรียของตัวเร่งปฏิกิริยา 1%(1:1) Pt-Pd/CeO₂ (ที่เรียกที่สังเคราะห์ขึ้นโดยวิธีโซลเจล) ที่ผ่านการเผาที่อุณหภูมิ 400 และ 500 องศาเซลเซียส

ผลการวิเคราะห์ขนาดซีเรียของตัวเร่งปฏิกิริยา 1%(1:1) Pt-Pd/CeO₂ (ที่เรียกที่สังเคราะห์ขึ้นโดยวิธีโซลเจล) ที่ผ่านการเผาที่อุณหภูมิ 400 และ 500 องศาเซลเซียสแสดงในตารางที่ 4.7 พบว่าขนาดซีเรียของตัวเร่งปฏิกิริยา 1%(1:1) Pt-Pd/CeO₂ (ที่เรียกที่สังเคราะห์ขึ้นโดยวิธีโซลเจล) ที่อุณหภูมิ 400 มีขนาดเล็กกว่าขนาดซีเรียของตัวเร่งปฏิกิริยา 1%(1:1) Pt-Pd/CeO₂ (ที่เรียกที่สังเคราะห์ขึ้นโดยวิธีโซลเจล) ที่อุณหภูมิ 500 องศาเซลเซียส

ตารางที่ 4.7 ผลการวิเคราะห์ขนาดซีเรียของตัวเร่งปฏิกิริยา 1%(1:1) Pt-Pd/CeO₂ (ซีเรียที่สังเคราะห์ขึ้นโดยวิธีโซลเจล) ที่อุณหภูมิการเผา 400 และ 500 องศาเซลเซียส

อุณหภูมิการเผา(องศาเซลเซียส)	ขนาดซีเรีย(นาโนเมตร)
400	29.70
500	33.10

ซึ่งสอดคล้องกับพื้นที่ผิวรูพรุนของตัวเร่งปฏิกิริยาที่แสดงในตารางที่ 4.3 ว่า ขนาดซีเรียเล็กมีผลทำให้เกิดการกระจายของรูพรุนและโลหะมาก ทำให้พื้นที่ผิวรูพรุนเพิ่มขึ้น และจากรูปที่ 4.2 แสดงตำแหน่งที่เกิดซีเรีย (2 θ) มีทั้งหมด 9 จุด คือ 29° 34° 46° 56° 60° 69° 77° 79° และ 88° .แต่จะไม่แสดงกราฟของแพลทินัมและแพลเลเดียมเพราะมีปริมาณน้อยและจากรูป XRD จะเห็นว่าที่ 500 องศาเซลเซียสจะมีความเป็นผลึกมากกว่าที่ 400 องศาเซลเซียส



รูปที่ 4.2 ผลการวิเคราะห์เอ็กซเรย์ดิฟแฟรคชันของตัวเร่งปฏิกิริยา 1%(1:1) Pt-Pd/CeO₂ (ซีเรียที่สังเคราะห์ขึ้นโดยวิธีโซลเจล) ที่ผ่านการเผาที่อุณหภูมิ 400 และ 500 องศาเซลเซียส

4.1.2.3. วิเคราะห์ขนาดซีเรียของตัวเร่งปฏิกิริยา (1:7) Pt-Pd/CeO₂ (ซีเรียที่สังเคราะห์ขึ้นโดยวิธีโซลเจล) ที่ 1% 3% และ 5% โดยน้ำหนัก อุณหภูมิการเผาตัวเร่งปฏิกิริยา 400 องศาเซลเซียส

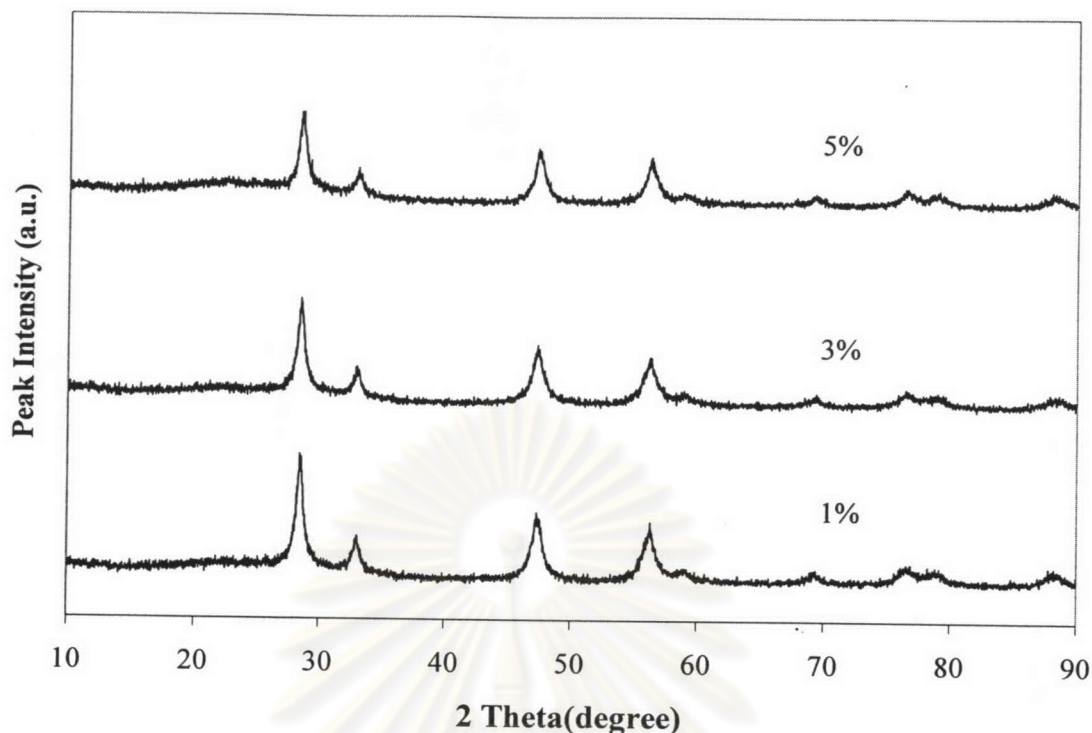
ผลการวิเคราะห์ขนาดซีเรียของตัวเร่งปฏิกิริยา (1:7) Pt-Pd/CeO₂ (ซีเรียที่สังเคราะห์ขึ้นโดยวิธีโซลเจล) ที่ 1% 3% และ 5% โดยน้ำหนัก อุณหภูมิการเผาตัวเร่งปฏิกิริยา 400 องศาเซลเซียส แสดงในตารางที่ 4.8

ตารางที่ 4.8 ผลการวิเคราะห์ขนาดซีเรียของตัวเร่งปฏิกิริยา (1:7) Pt-Pd/CeO₂ (ซีเรียที่สังเคราะห์ขึ้นโดยวิธีโซลเจล) ที่ร้อยละของโลหะรวม 1 3 และ 5 โดยน้ำหนัก อุณหภูมิการเผาตัวเร่งปฏิกิริยา 400 องศาเซลเซียส

ร้อยละของโลหะรวมของตัวเร่งปฏิกิริยา Pt-Pd/CeO ₂	ขนาดซีเรีย(นาโนเมตร)
1	29.70
3	30.20
5	30.40

พบว่าเมื่อร้อยละของโลหะมากขึ้นขนาดของซีเรียไม่แตกต่างกันมากนัก และจากรูปที่ 4.3 เมื่อร้อยละของโลหะมากขึ้น ก็ยังไม่แสดงกราฟของเพลทินัมและแพลเลเดียมเพราะมีปริมาณน้อยเมื่อเทียบกับตัวรองรับซีเรีย

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



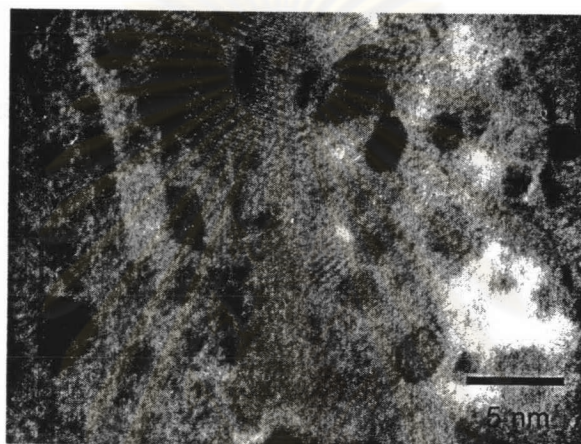
รูปที่ 4.3 ผลการวิเคราะห์เอ็กซ์เรย์ดิฟแฟรกชันของตัวเร่งปฏิกิริยา (1:7) Pt-Pd/CeO₂ (ซึ่งเรียกที่สังเคราะห์ขึ้นโดยวิธีโซลเจล) ที่ร้อยละของโลหะรวม 1 3 และ 5 โดยน้ำหนัก อุณหภูมิการเผาตัวเร่งปฏิกิริยา 400 องศาเซลเซียส

4.1.3 ขนาดตัวเร่งปฏิกิริยา

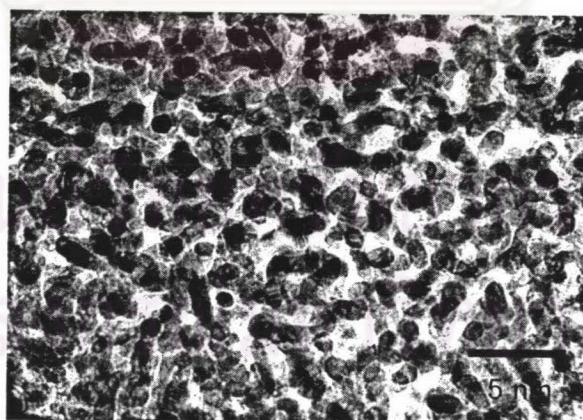
ขนาดของตัวเร่งปฏิกิริยา 1%(1:1) Pt-Pd/CeO₂ 1%(1:7) Pt-Pd/CeO₂ และ 1%(1:9)Pt-Pd/CeO₂ (ซึ่งเรียกที่สังเคราะห์ขึ้นโดยวิธีโซลเจล) อุณหภูมิการเผาตัวเร่งปฏิกิริยา 400 องศาเซลเซียส ถูกวิเคราะห์โดยใช้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบทรานสมิชัน (Transmission Electron Microscope, TEM) ผลการวิเคราะห์ดังแสดงในตารางที่ 4.9 และในรูปที่ 4.4 4.5 และ 4.6 พบว่าขนาดของโลหะบนตัวเร่งปฏิกิริยา 1%(1:7) Pt-Pd/CeO₂ มีขนาดเล็กกว่าโลหะบนตัวเร่งปฏิกิริยา 1%(1:1) Pt-Pd/CeO₂ และ 1%(1:9) Pt-Pd/CeO₂ และจุดดำที่แสดงในรูปคือ ตำแหน่งและขนาดของโลหะ แพลทินัมและแพลเลเดียม จากการตรวจสอบด้วย EDS และการเติมตัวเร่งปฏิกิริยาจนถึงอัตราส่วนที่เหมาะสมคือ แพลทินัม 1 ส่วน และแพลเลเดียม 7 ส่วน จะเห็นการกระจายตัวของโลหะมากขึ้น ทั้งนี้เนื่องมาจาก แพลเลเดียมจัดเป็นโปรโมเตอร์ ทำให้การกระจายตัวของแพลทินัมดีขึ้น และป้องกันการรวมตัวของตัวเร่งปฏิกิริยา ส่งผลให้โลหะมีขนาดเล็กลง แต่เมื่อเติมโลหะแพลเลเดียมมากเกินไปจะทำให้การกระจายตัวของแพลทินัมลดลง และโลหะมีขนาดใหญ่ขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับพื้นที่ผิวรูพรุนใน ตารางที่ 4.4 และขนาดของตัวเร่งปฏิกิริยาในตารางที่ 4.9

ตารางที่ 4.9 ผลการวิเคราะห์ขนาดของตัวเร่งปฏิกิริยา 1%(1:1) Pt-Pd/CeO₂ 1%(1:7) Pt-Pd/CeO₂ และ 1%(1:9) Pt-Pd/CeO₂ (ที่เรียกที่สังเคราะห์ขึ้นโดยวิธีโซลเจล)

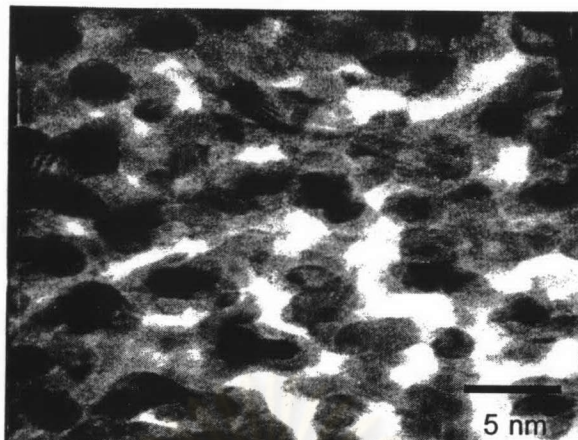
อัตราส่วนระหว่าง Pt กับ Pd	ขนาดของตัวเร่งปฏิกิริยา(นาโนเมตร)
1:1	5.54 ± 1.54
1:7	1.92 ± 0.46
1:9	4.48 ± 1.21



รูปที่ 4.4 TEM ของ 1%(1:1) Pt-Pd/CeO₂



รูปที่ 4.5 TEM ของ 1%(1:7) Pt-Pd/CeO₂



รูปที่ 4.6 TEM ของ 1%(1:9) Pt-Pd/CeO₂

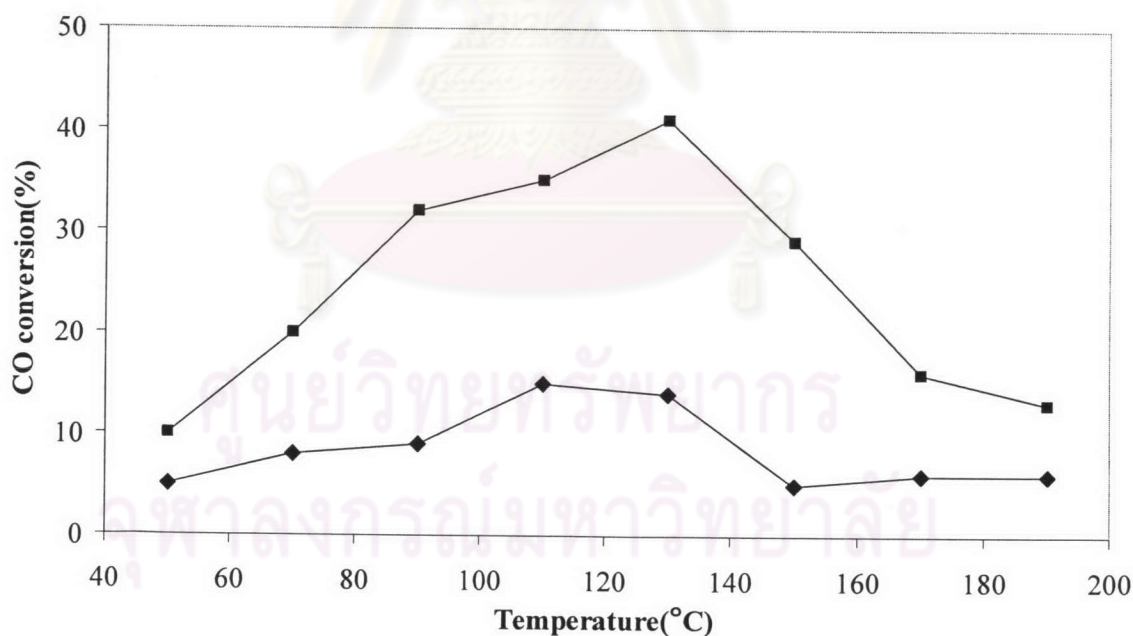
4.2 ตัวแปรต่างๆที่มีผลต่อตัวเร่งปฏิกิริยาโลหะผสมระหว่างแพลทินัมกับแพลเลเดียมบนตัวรองรับซีเรีย

ผลของตัวแปรต่างๆ ที่ทำการศึกษาจะแสดงอยู่ในผลต่อร้อยละการเปลี่ยนของแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์และร้อยละการเลือกเกิดกับแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ โดยตัวแปรที่ใช้ศึกษาเรียงตามลำดับดังนี้

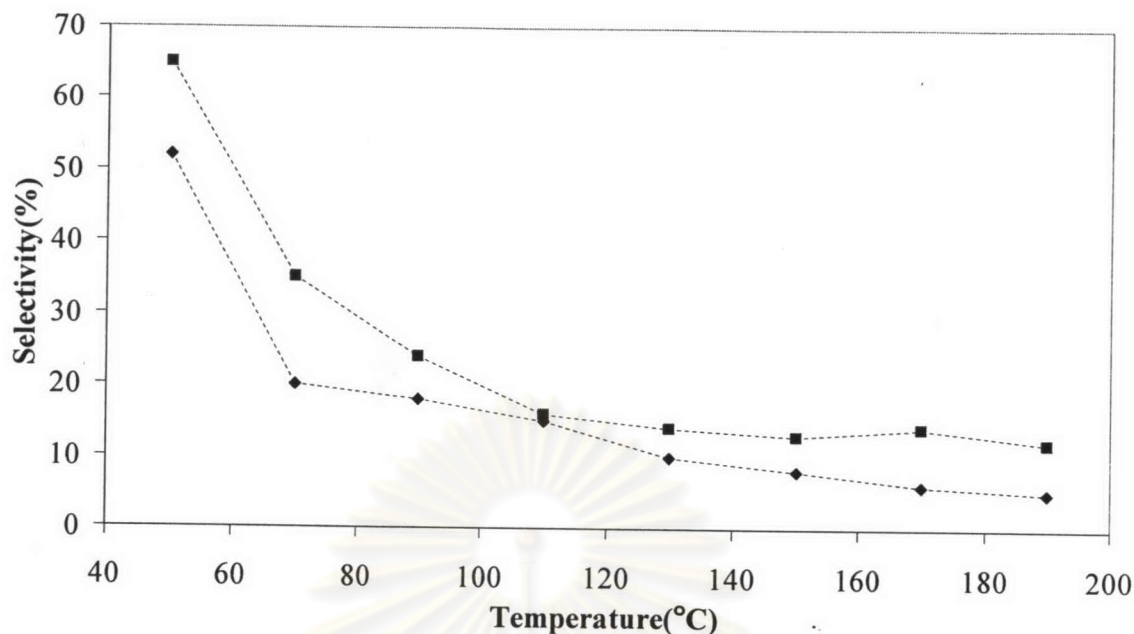
1. ตัวรองรับ
2. อุณหภูมิที่ใช้ในการเผาตัวเร่งปฏิกิริยา
3. สัดส่วนของโลหะแพลทินัมและแพลเลเดียมบนตัวรองรับซีเรีย
4. ปริมาณที่ใช้ของโลหะแพลทินัมและแพลเลเดียมบนตัวรองรับซีเรีย
5. ความเข้มข้นของไอน้ำ
6. ความเข้มข้นของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์
7. ความเข้มข้นของแก๊สออกซิเจน
8. ความเข้มข้นของไอน้ำกับแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์
9. ศึกษาการเปรียบเทียบตัวเร่งปฏิกิริยาแพลทินัมกับตัวเร่งปฏิกิริยาแพลทินัมผสมกับแพลเลเดียม

4.2.1 ผลของตัวรองรับ

เมื่อทำการศึกษาผลของตัวเร่งปฏิกิริยาของ 1%(1:1) Pt-Pd/CeO₂ (ซีเรียที่ซื้อจาก บริษัท Fluka) และ 1%(1:1) Pt-Pd/CeO₂ (ซีเรียที่สังเคราะห์ขึ้นโดยวิธีโซลเจล) ช่วงอุณหภูมิที่ศึกษา 50 ถึง 190 องศาเซลเซียส แก๊สเริ่มต้นที่ใช้ 1%แก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ 4%แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ 1%แก๊สออกซิเจนและ 40%แก๊สผสมระหว่างไฮโดรเจนกับฮีเลียม อัตราการไหล 50 มิลลิลิตรต่อนาทีโดยตัวเร่งปฏิกิริยาที่ใช้ปริมาณ 100 มิลลิกรัม โดยแสดงผลในรูปร้อยละการเปลี่ยนของแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์และร้อยละการเลือกเกิดกับแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ ดังรูปที่ 4.7 ก และ 4.7 ข ตามลำดับ พบว่า ร้อยละการเปลี่ยนของแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์จากตัวเร่งปฏิกิริยา 1%(1:1) Pt-Pd/CeO₂ (ซีเรียที่สังเคราะห์ขึ้นโดยวิธีโซลเจล) มีค่าสูงกว่าร้อยละการเปลี่ยนของแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์จากตัวเร่งปฏิกิริยา 1%(1:1) Pt-Pd/CeO₂ (ซีเรียที่ซื้อจาก บริษัท Fluka) เมื่อพิจารณาอุณหภูมิในการเกิดปฏิกิริยาดังแต่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส จนถึง 130 องศาเซลเซียส ร้อยละการเปลี่ยนของแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์จะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ทั้งนี้เนื่องมาจากแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์จะดูดซับกับตัวเร่งปฏิกิริยาผสมระหว่างแพลทินัมกับแพลเลเดียมได้ดีที่อุณหภูมิต่ำ



รูปที่ 4.7 ก ผลของตัวรองรับบนร้อยละการเปลี่ยนของแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ 1%(1:1) Pt-Pd/CeO₂ อุณหภูมิการเผาตัวเร่งปฏิกิริยา 400 องศาเซลเซียส (■) (ซีเรียที่สังเคราะห์ขึ้นโดยวิธีโซลเจล) (◆) (ซีเรียที่ซื้อจาก บริษัท Fluka)



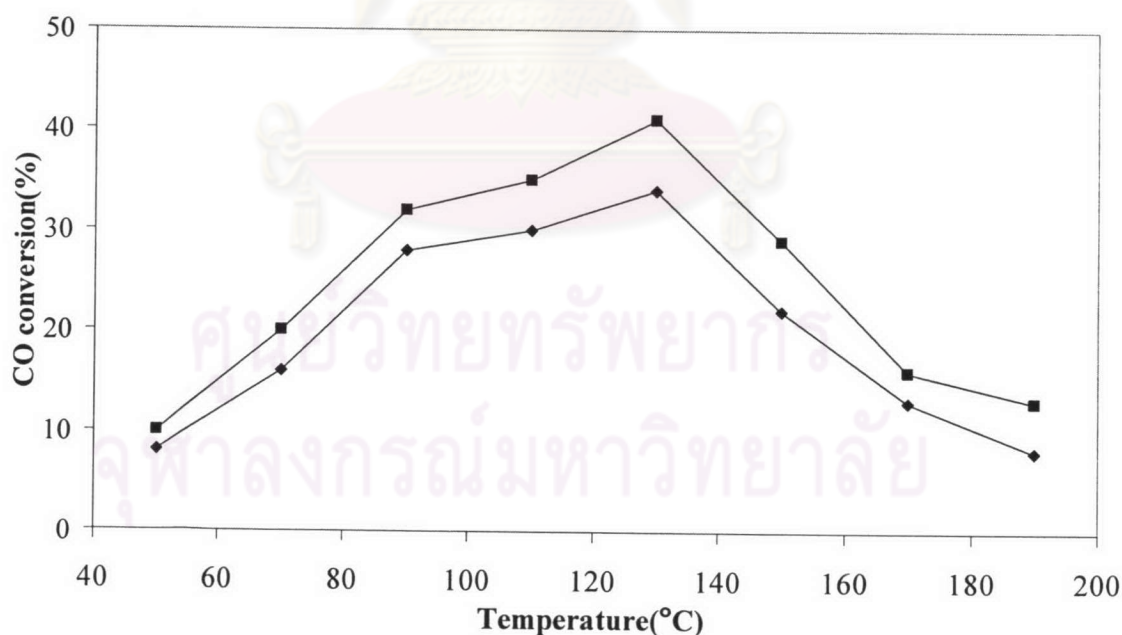
รูปที่ 4.7 ข ผลของตัวรองรับบนร้อยละการเลือกเกิดกับคาร์บอนมอนอกไซด์ 1%(1:1) Pt-Pd/CeO₂ อุณหภูมิการเผาตัวเร่งปฏิกิริยา 400 องศาเซลเซียส (■) (ซีเรียที่สังเคราะห์ขึ้นโดยวิธีโซลเจล) (◆) (ซีเรียที่ซื้อจาก บริษัท Fluka)

เมื่ออุณหภูมิสูงกว่า 130 องศาเซลเซียส ร้อยละการเปลี่ยนของแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์จะมีแนวโน้มลดลง ทั้งนี้เนื่องมาจากแรงยึดเหนี่ยวของพันธะระหว่างแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์กับตัวเร่งปฏิกิริยาแพลทินัมกับแพลเลเดียมอ่อนลง ส่งผลให้แก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ถูกดูดซับได้น้อยลง ทำให้แก๊สไฮโดรเจนเข้ามาแทนที่การดูดซับได้ดีที่อุณหภูมิสูง

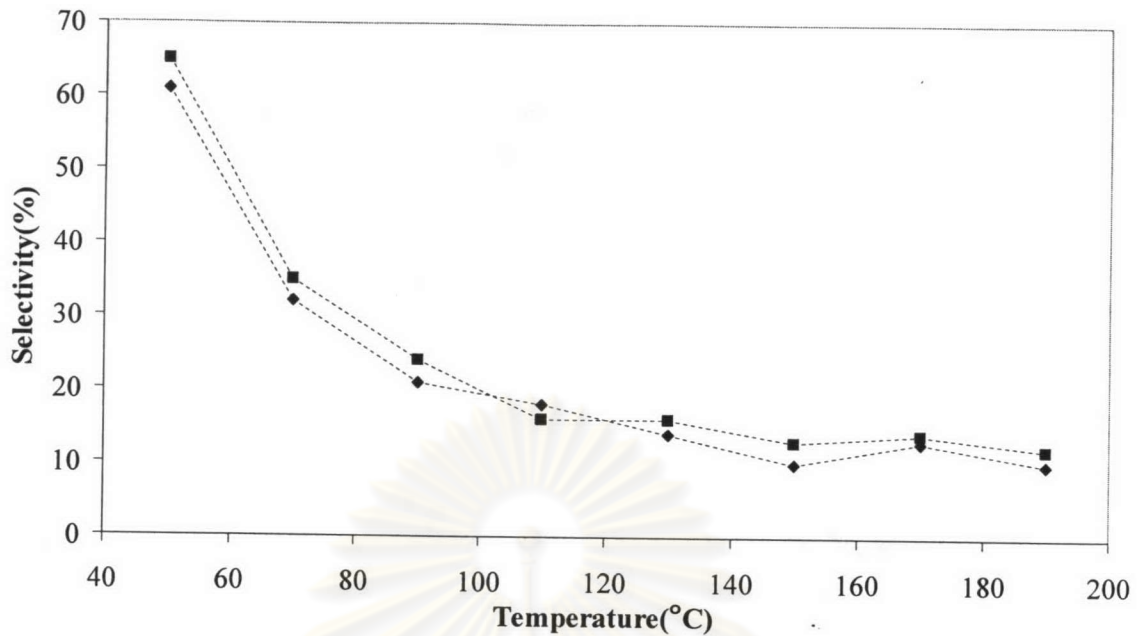
เมื่อพิจารณาการเลือกเกิดกับแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ พบว่าที่อุณหภูมิต่ำร้อยละการเลือกเกิดกับแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์มีแนวโน้มสูงขึ้น เพราะเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ได้ดี และเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นร้อยละการเลือกเกิดกับแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์มีแนวโน้มลดลง เพราะเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของแก๊สไฮโดรเจนได้ดีซึ่งตัวเร่งปฏิกิริยาทั้งสองก็แสดงผลในลักษณะเดียวกัน แต่ร้อยละการเปลี่ยนของแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์โดยใช้ซีเรียที่สังเคราะห์ขึ้นโดยวิธีโซลเจล สูงกว่าซีเรียที่ซื้อจาก บริษัท Fluka ที่เป็นเช่นนี้เพราะลักษณะของตัวเร่งปฏิกิริยาทั้งพื้นที่ผิวรูพรุนทั้งหมดและการวัดเอ็กซเรย์ดิฟแฟรกชัน จะเห็นว่าตัวเร่งปฏิกิริยาของ 1%(1:1) Pt-Pd/CeO₂ (ซีเรียที่สังเคราะห์ขึ้นโดยวิธีโซลเจล) มีพื้นที่ผิวมากกว่าและมีขนาดซีเรียที่เล็กกว่า ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการเกิดปฏิกิริยาที่ดีกว่า

4.2.2 ผลของอุณหภูมิที่ใช้ในการเผาตัวเร่งปฏิกิริยา

เมื่อทำการศึกษาผลของอุณหภูมิในการเผาตัวเร่งปฏิกิริยาของ 1%(1:1) Pt-Pd/CeO₂ (ซีเรียที่สังเคราะห์ขึ้นโดยวิธีโซลเจล) ช่วงอุณหภูมิในการเกิดปฏิกิริยาที่ศึกษา 50 ถึง 190 องศาเซลเซียส สารเริ่มต้นที่ใช้ 1%ของแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ 4%แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ 1%แก๊สออกซิเจน และ 40%แก๊สผสมระหว่างไฮโดรเจนกับฮีเรียม อัตราการไหล 50 มิลลิลิตรต่อนาที โดยตัวเร่งปฏิกิริยาที่ใช้ปริมาณ 100 มิลลิกรัม โดยแสดงผลในรูปร้อยละการเปลี่ยนของแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์และร้อยละการเลือกเกิดกับแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ ผลที่ได้แสดงดังรูปที่ 4.8 ก และ 4.8 ข พบว่าร้อยละการเปลี่ยนของคาร์บอนมอนอกไซด์และการเลือกเกิดกับแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์จากตัวเร่งปฏิกิริยาของ 1%(1:1) Pt-Pd/CeO₂ เมื่อผ่านการเผาอุณหภูมิที่ 400 องศาเซลเซียส มีค่าสูงกว่าผลที่ได้จากตัวเร่งปฏิกิริยาของ 1%(1:1) Pt-Pd/CeO₂ เมื่อผ่านการเผาอุณหภูมิที่ 500 องศาเซลเซียส และจากการตรวจสอบลักษณะของตัวเร่งปฏิกิริยาทั้งพื้นที่ผิวรูพรุนทั้งหมดและการวัดเอ็กซ์เรย์ดิฟแฟรกชัน จะเห็นว่าตัวเร่งปฏิกิริยาของ 1%(1:1) Pt-Pd/CeO₂ ที่ผ่านการเผาอุณหภูมิ 400 องศาเซลเซียสมีพื้นที่ผิวมากกว่าและมีขนาดซีเรียที่เล็กกว่า ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการเกิดปฏิกิริยาที่ดีกว่า เพราะ 1%(1:1) Pt-Pd/CeO₂ ที่ผ่านการเผาอุณหภูมิ 500 องศาเซลเซียสทำให้เกิดสภาพการเริ่มต้นของการรวมตัวของผลึกซึ่งถ้าเกิดการรวมตัวจะทำให้พื้นที่ผิวลด มีผลทำให้ความว่องไวในการเกิดปฏิกิริยาลดลง



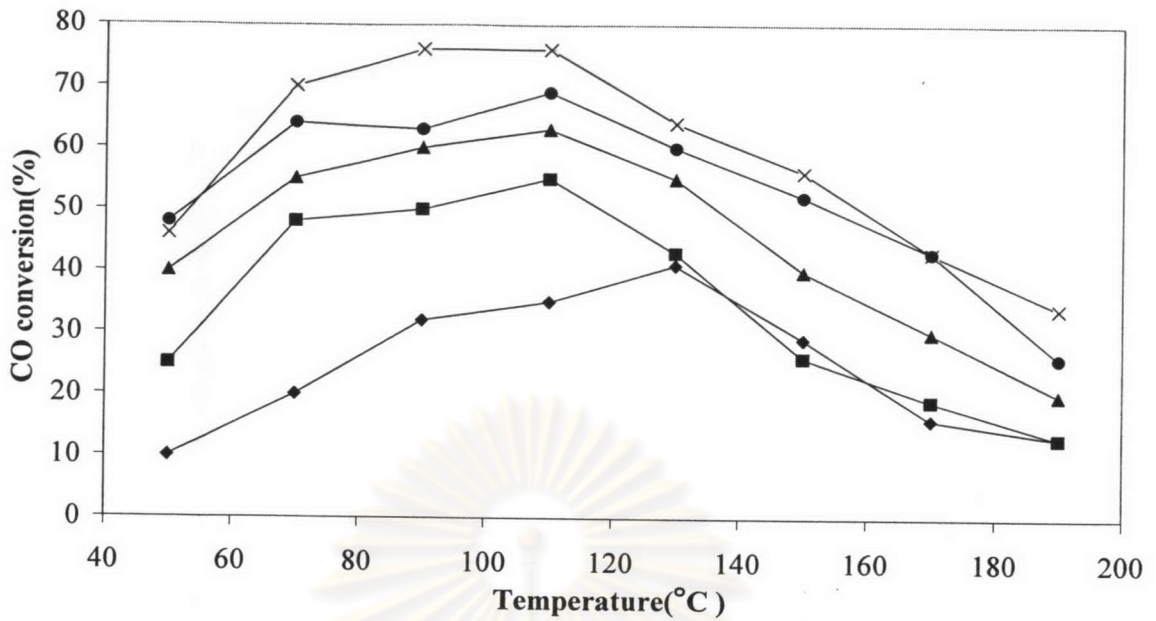
รูปที่ 4.8 ก ผลของอุณหภูมิที่ใช้ในการเผาตัวเร่งปฏิกิริยาบนร้อยละการเปลี่ยนของแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ 1%(1:1) Pt-Pd/CeO₂ (■) 400 องศาเซลเซียส (◆) 500 องศาเซลเซียส



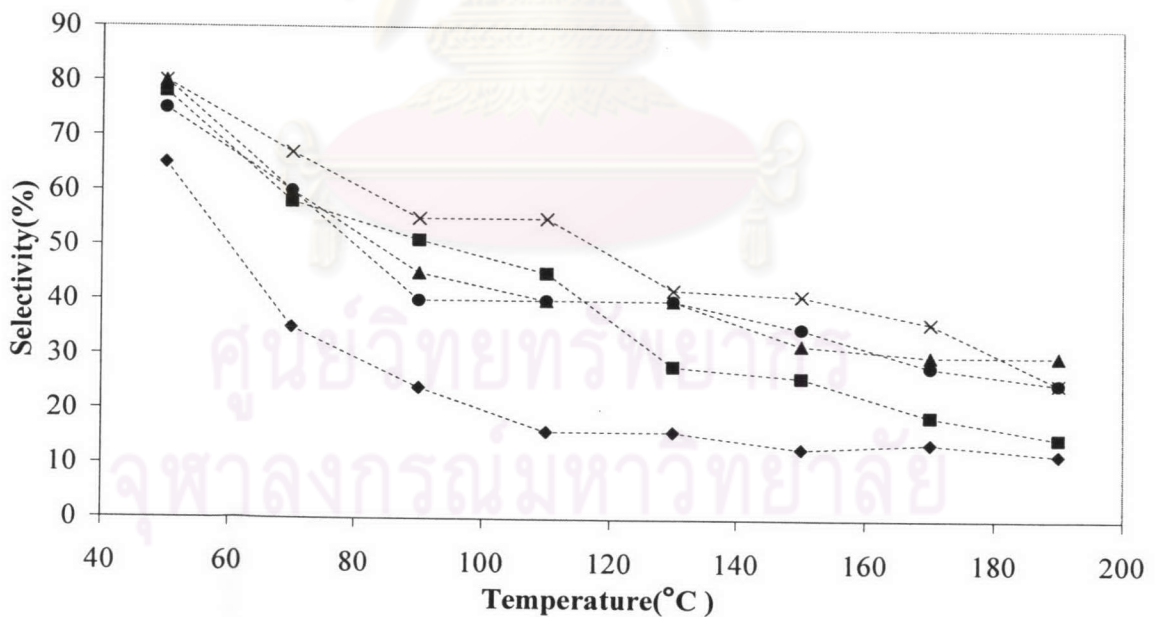
รูปที่ 4.8 ข ผลของอุณหภูมิที่ใช้ในการเผาตัวเร่งปฏิกิริยาบนร้อยละการเลือกเกิดกับแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ 1%(1:1) Pt-Pd/CeO₂ (■) 400 องศาเซลเซียส (◆) 500 องศาเซลเซียส

4.2.3 ผลของสัดส่วนของโลหะผสมระหว่างแพลทินัมและแพลเลเดียมบนตัวรองรับซีเรียสังเคราะห์

เมื่อทำการศึกษาผลของสัดส่วนของโลหะผสมระหว่างแพลทินัมและแพลเลเดียมบนตัวรองรับซีเรียสังเคราะห์ ที่สัดส่วน 1:1 1:3 1:5 1:7 และ 1:9 ช่วงอุณหภูมิที่ศึกษา 50 ถึง 190 องศาเซลเซียส แก๊สเริ่มต้นที่ใช้ 1%แก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ 4%แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ 1%แก๊สออกซิเจนและ 40%แก๊สผสมระหว่างไฮโดรเจนกับฮีเทียม อัตราการไหล 50 มิลลิลิตรต่อนาที โดยตัวเร่งปฏิกิริยาที่ใช้ปริมาณ 100 มิลลิกรัม โดยแสดงผลในรูปร้อยละการเปลี่ยนของแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์และร้อยละการเลือกเกิดกับแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ ได้แสดงดังรูปที่ 4.9 ก และ 4.9 ข พบว่า ร้อยละการเปลี่ยนของคาร์บอนมอนอกไซด์และการเลือกเกิดกับแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์มีแนวโน้มแบบเดียวกันโดยมีลำดับเรียงมากไปน้อยดังนี้ คือ 1% (1:1) Pt-Pd/CeO₂ (สังเคราะห์) ที่อัตราส่วนระหว่างแพลทินัมกับแพลเลเดียม ที่ (1:7) Pt-Pd > (1:9) Pt-Pd > (1:5) Pt-Pd > (1:3) Pt-Pd > (1:1) Pt-Pd เมื่อใช้ เมื่อพิจารณาอุณหภูมิในการเกิดปฏิกิริยาของตัวเร่งปฏิกิริยาโลหะผสมระหว่างแพลทินัมและแพลเลเดียมที่สัดส่วน 1:1 เกิดปฏิกิริยาได้ดีที่อุณหภูมิ 130 องศาเซลเซียส และมีค่าร้อยละการเปลี่ยนของคาร์บอนมอนอกไซด์เท่ากับ 41%



รูปที่ 4.9 ก ผลของสัดส่วนของโลหะผสมระหว่างแพลทินัม และแพลเลเดียมบนตัวรองรับซีเรียบนร้อยละการเปลี่ยนของแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ ที่ 1% Pt-Pd/CeO₂ อุณหภูมิการเผาตัวเร่งปฏิกิริยา 400 องศาเซลเซียสโดยมีอัตราส่วนแพลทินัมและแพลเลเดียมดังนี้ (◆) 1:1 (■) 1:3 (▲) 1:5 (x) 1:7 (●) 1:9

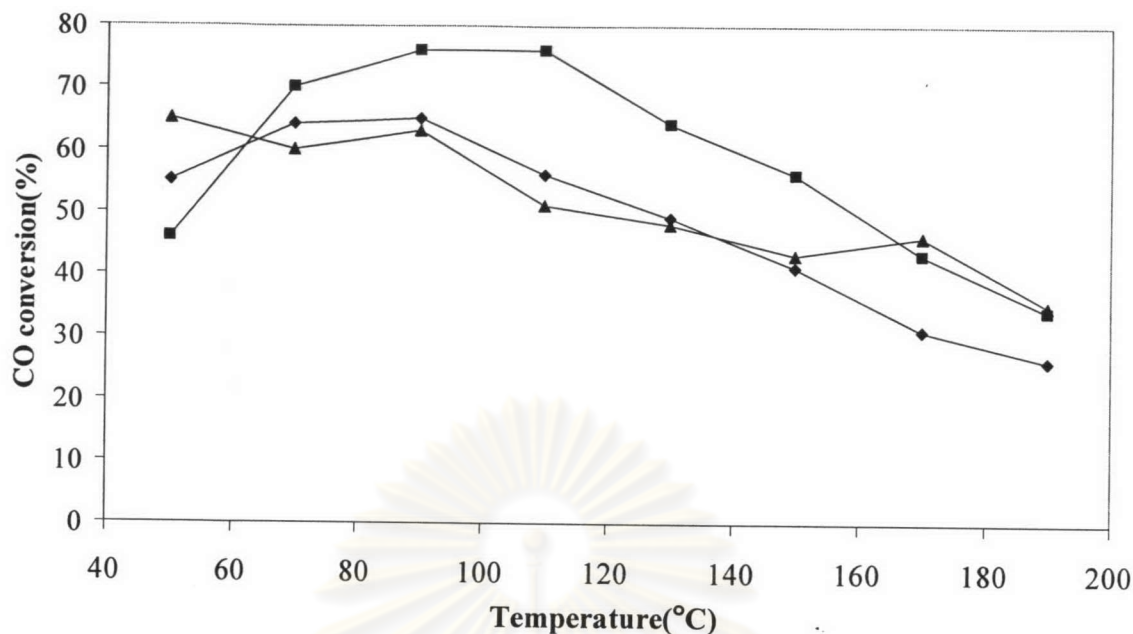


รูปที่ 4.9 ข ผลของสัดส่วนของโลหะผสมระหว่างแพลทินัม และแพลเลเดียมบนตัวรองรับซีเรียบนร้อยละการเลือกเกิดของแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ ที่ 1% Pt-Pd/CeO₂ อุณหภูมิการเผาตัวเร่งปฏิกิริยา 400 องศาเซลเซียสโดยมีอัตราส่วนแพลทินัมและแพลเลเดียมดังนี้ (◆) 1:1 (■) 1:3 (▲) 1:5 (x) 1:7 (●) 1:9

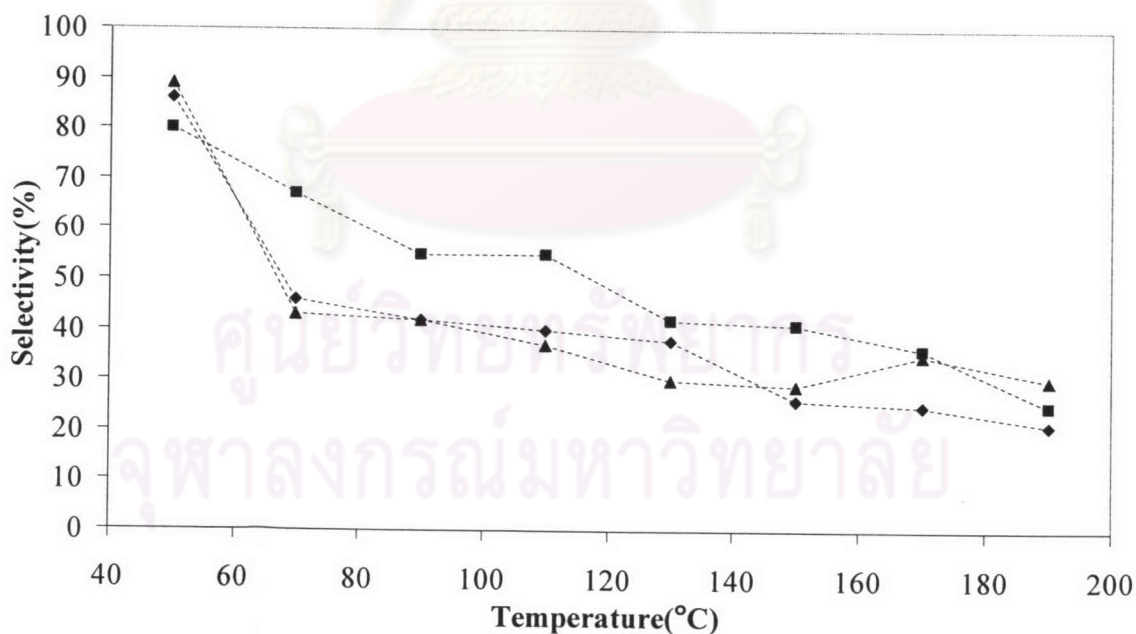
และค่าร้อยละการเลือกเกิดกับแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์เท่ากับ 20% และเมื่อสัดส่วนของโลหะแพลทินัมและแพลเลเดียมเพิ่มขึ้น การเกิดปฏิกิริยาจะดีขึ้นเรื่อยๆ จนถึงที่อัตราส่วนที่เหมาะสมคือแพลทินัม 1 ส่วนต่อแพลเลเดียม 7 ส่วน เกิดปฏิกิริยาได้ดีที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส ถึง 110 องศาเซลเซียสและมีค่าร้อยละการเปลี่ยนของคาร์บอนมอนอกไซด์เท่ากับ 76% และค่าร้อยละการเลือกเกิดกับแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์เท่ากับ 55% และเมื่อเพิ่มแพลเลเดียมจนถึงอัตราส่วนแพลทินัมต่อแพลเลเดียมที่ 1 ต่อ 9 ส่งผลให้เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของคาร์บอนมอนอกไซด์ลดลงและอุณหภูมิการเกิดปฏิกิริยาจะเกิดที่อุณหภูมิสูงขึ้น และมีค่าร้อยละการเปลี่ยนของคาร์บอนมอนอกไซด์เท่ากับ 69% และค่าร้อยละการเลือกเกิดกับแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์เท่ากับ 43% และจากการตรวจสอบลักษณะของตัวเร่งปฏิกิริยาทั้งพื้นที่ผิวรูพรุนทั้งหมดและการวัดขนาดของโลหะด้วย TEM จะเห็นว่าตัวเร่งปฏิกิริยาของ 1% Pt-Pd/CeO₂ ที่สัดส่วน 1 ต่อ 7 มีพื้นที่ผิวมากกว่าและมีขนาดตัวเร่งปฏิกิริยาที่เล็กกว่า ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการเกิดปฏิกิริยาที่ดีกว่า เนื่องจากจากที่ 1% (1:7) Pt-Pd/CeO₂ จะมีการกระจายของโลหะบนตัวเร่งปฏิกิริยาได้ดี และป้องกันการรวมตัวของโลหะบนตัวเร่งปฏิกิริยา ทำให้พื้นที่ผิวในการเกิดปฏิกิริยาเพิ่มขึ้น ผลทำให้ความว่องไวในการเกิดปฏิกิริยามากขึ้น ซึ่งลักษณะผลการทดลองที่ได้สอดคล้องกับผลงานวิจัยของ Watanabe และคณะ [9] ที่ทำการศึกษาสัดส่วนของโลหะแพลทินัมต่อเหล็กบนตัวรองรับซีโอไลต์

4.2.4 ผลของปริมาณที่ใช้ของโลหะผสมระหว่างแพลทินัมและแพลเลเดียมบนตัวรองรับซีเรีย

เมื่อทำการศึกษาค่าผลของปริมาณที่ใช้ของโลหะผสมระหว่างแพลทินัมและแพลเลเดียมบนตัวรองรับซีเรียที่ 1% 3% และ 5% โดยน้ำหนัก ช่วงอุณหภูมิที่ศึกษา 50 ถึง 190 องศาเซลเซียส แก๊สเริ่มต้นที่ใช้ 1% แก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ 4% แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ 1% แก๊สออกซิเจนและ 40% แก๊สผสมระหว่างไฮโดรเจนกับฮีเลียม อัตราการไหล 50 มิลลิลิตรต่อนาที โดยตัวเร่งปฏิกิริยาที่ใช้ปริมาณ 100 มิลลิกรัม โดยแสดงผลในรูปร้อยละการเปลี่ยนของแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์และร้อยละการเลือกเกิดกับแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ ที่ได้แสดงดังรูปที่ 4.10 ก และ 4.10 ข พบว่าร้อยละการเปลี่ยนของแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์และร้อยละการเลือกเกิดกับแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ มีแนวโน้มแสดงให้เห็นว่า ผลการทดลองทั้งสองที่ปริมาณโลหะรวมร้อยละ 1 (1:7) Pt-Pd/CeO₂ สูงกว่า 3 (1:7) Pt-Pd/CeO₂ สูงกว่า 5 (1:7) Pt-Pd/CeO₂ ตามลำดับ และจากการตรวจสอบคุณสมบัติลักษณะของตัวเร่งปฏิกิริยาทั้งพื้นที่ผิวรูพรุนทั้งหมดและการวัดขนาดตัวรองรับซีเรียด้วยเอ็กซเรย์ดิฟแฟรคชันในตอนที่ 4.1.1 และ 4.1.2 จะเห็นว่าตัวเร่งปฏิกิริยาของ 1%(1:1) Pt-Pd/CeO₂ มีพื้นที่ผิวมากกว่าและแต่ขนาดของซีเรียจะค่าใกล้เคียงกันย่อมแสดง



รูปที่ 4.10 ก ผลของปริมาณที่ใช้ของโลหะผสมระหว่างแพลทินัมและแพลเลเดียมที่สัดส่วนหนึ่ง ต่อเจ็ดบนตัวรองรับซีเรียบนร้อยละการเปลี่ยนของแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ อุณหภูมิการเผาตัวเร่ง ปฏิกริยา 400 องศาเซลเซียส (■) 1% (◆) 3% (▲) 5% โดยน้ำหนัก

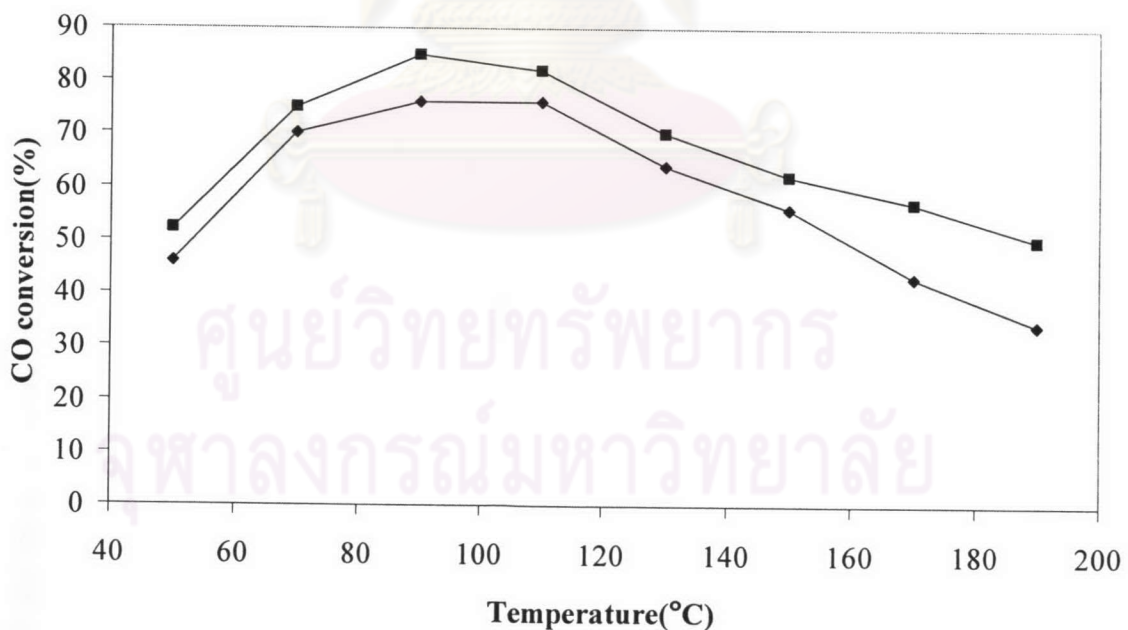


รูปที่ 4.10 ข ผลของปริมาณที่ใช้ของโลหะผสมระหว่างแพลทินัมและแพลเลเดียมที่สัดส่วนหนึ่ง ต่อเจ็ดบนตัวรองรับซีเรียบนร้อยละการเลือกเกิดของแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ อุณหภูมิการเผาตัว เร่งปฏิกริยา 400 องศาเซลเซียส (■) 1% (◆) 3% (▲) 5% โดยน้ำหนัก

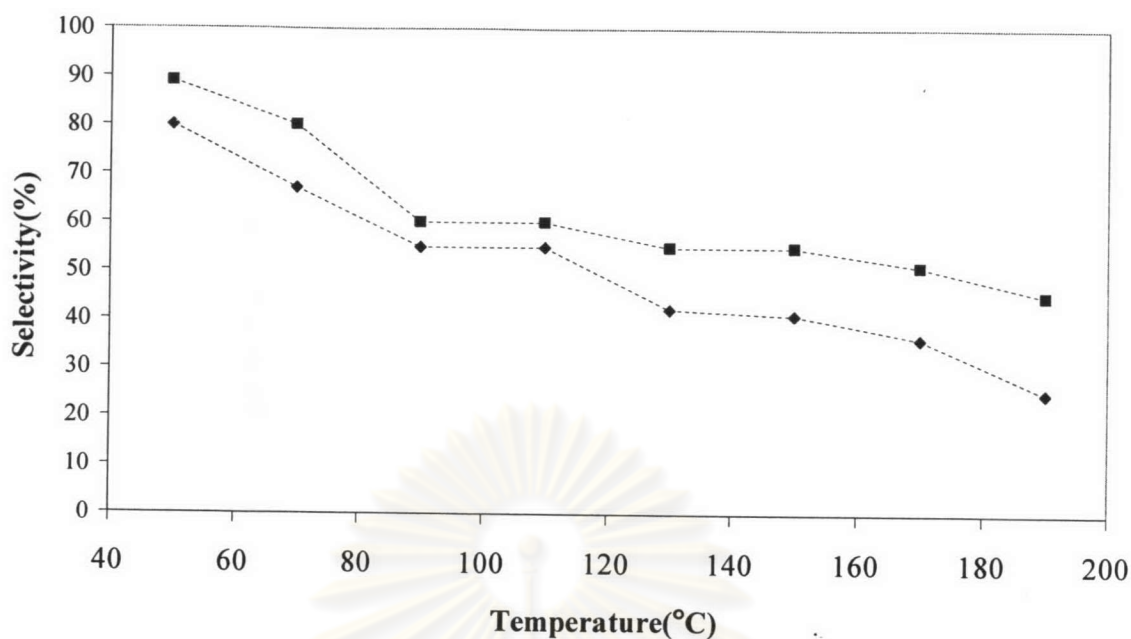
ให้เห็นว่าการเกิดปฏิกิริยาจะเกิดได้ดีกว่าขึ้นอยู่กับพื้นที่ผิวรูพรุนเช่นกัน เมื่อร้อยละของแพลทินัมและแพลเลเดียมมากขึ้นจะทำให้ตัวเร่งปฏิกิริยามีพื้นที่ผิวรูพรุนน้อยลงเนื่องจากปริมาณโลหะที่เติมลงไปมากขึ้นจะไปบดบังและซึมเข้าไปรูพรุนของซีเรียมากขึ้นจึงทำให้พื้นที่ผิวของตัวเร่งปฏิกิริยาลดลง จึงทำให้ความว่องการเกิดปฏิกิริยาลดลง

4.2.5 ผลของความเข้มข้นของไอน้ำ

เมื่อทำการศึกษาผลของความเข้มข้นของไอน้ำที่ 0% และ 10% ช่วงอุณหภูมิที่ศึกษา 50 ถึง 190 องศาเซลเซียส แก๊สเริ่มต้นที่ใช้ 1% แก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ 4% แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ 1% แก๊สออกซิเจนและ 40% แก๊สผสมระหว่างไฮโดรเจนกับฮีเลียม อัตราการไหล 50 มิลลิลิตรต่อนาที โดยตัวเร่งปฏิกิริยาที่ใช้ปริมาณ 100 มิลลิกรัม โดยแสดงผลในรูปร้อยละการเปลี่ยนของแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ และร้อยละการเลือกเกิดกับแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ได้แสดงดังรูปที่ 4.11 ก และ 4.11 ข พบว่า ร้อยละการเปลี่ยนของแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ที่ได้จาก 1% (1:7) Pt-Pd/CeO₂ เมื่อมีระดับไอน้ำ 10% มีค่าสูงกว่าเมื่อไม่มีไอน้ำขณะเดียวกัน ร้อยละการเลือกเกิดกับแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ก็ให้ผลเช่นเดียวกัน เพราะการเพิ่มความเข้มข้นของไอน้ำทำให้น้ำแตกตัวได้ไฮดรอกไซด์ซึ่งหมู่ไฮดรอกไซด์จะมีคุณสมบัติเป็นตัวออกซิไดซ์ที่ดีทำให้เกิดคาร์บอนมอนอกไซด์



รูปที่ 4.11 ก ผลความเข้มข้นของไอน้ำบนร้อยละการเปลี่ยนของแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ เมื่อใช้ 1% (1:7) Pt-Pd/CeO₂ อุณหภูมิการเผาตัวเร่งปฏิกิริยา 400 องศาเซลเซียส (■) 10% H₂O (◆) 0% H₂O

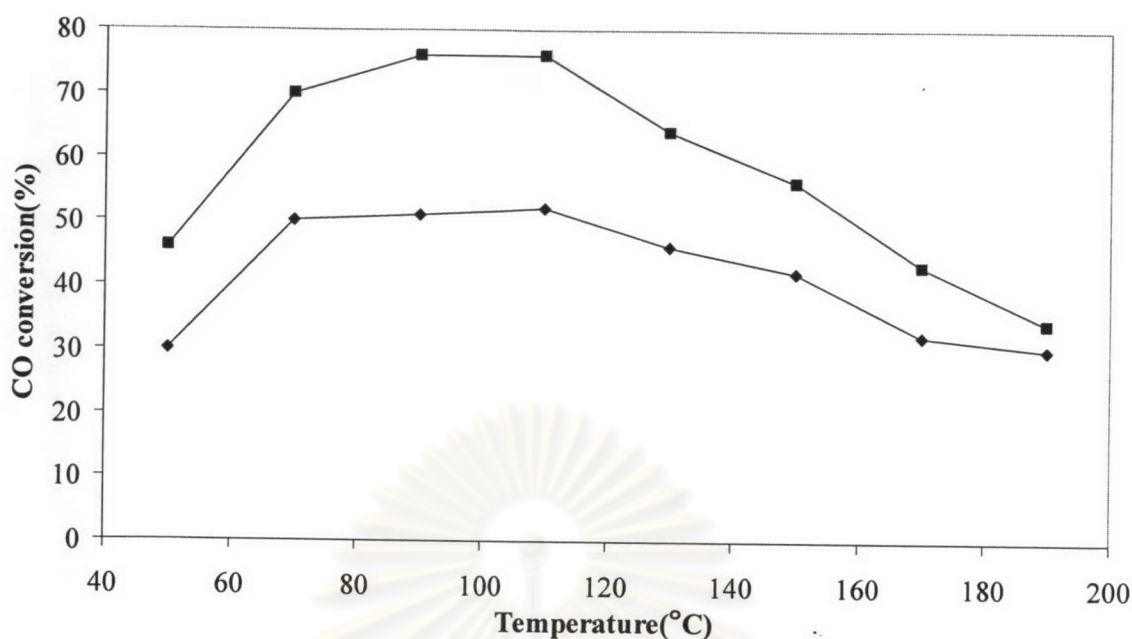


รูปที่ 4.11 ข ผลความเข้มข้นของไอน้ำบนร้อยละการเลือกเกิดกับแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ เมื่อใช้ 1%(1:7) Pt-Pd/CeO₂ อุณหภูมิการเผาตัวเร่งปฏิกิริยา 400 องศาเซลเซียส (■) 10% H₂O (◆) 0% H₂O

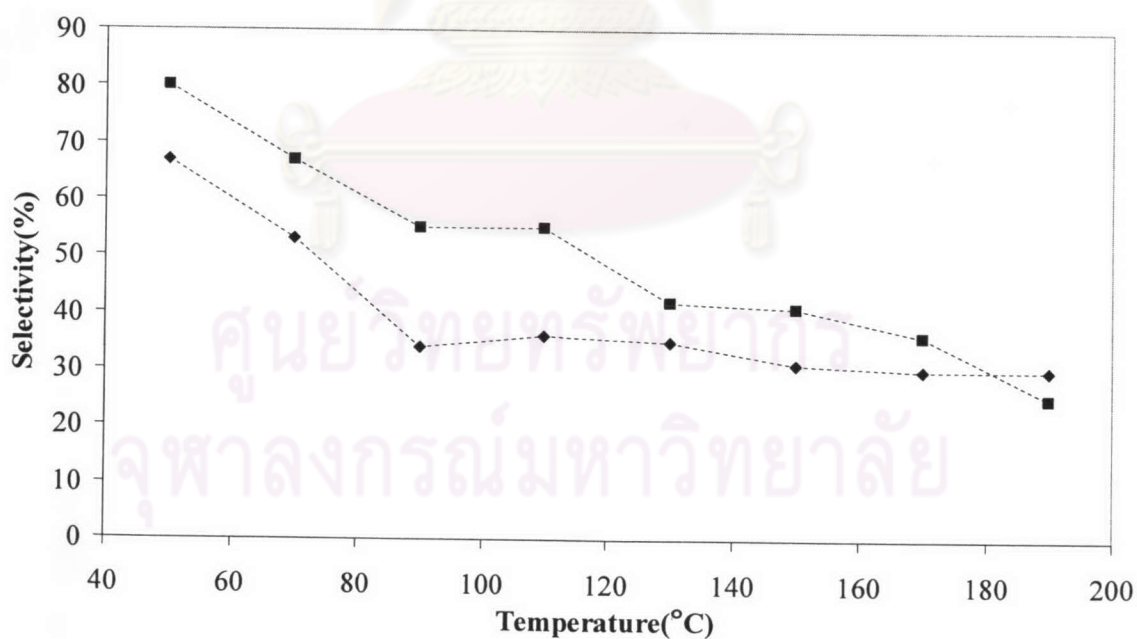
เปลี่ยนไปเป็นแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ได้มากขึ้นจึงทำให้ความว่องการเกิดปฏิกิริยามากขึ้น [7,14]

4.2.6 ผลความเข้มข้นของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์

เมื่อทำการศึกษาผลความเข้มข้นของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ ที่ 4%และ25% ช่วงอุณหภูมิที่ศึกษา 50 ถึง 190 องศาเซลเซียส แก๊สเริ่มต้นที่ใช้ 1%ของแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ 1%ของออกซิเจนและ 40%ไฮโดรเจนผสมกับฮีเรียม อัตราการไหล 50 มิลลิลิตรต่อนาที โดยตัวเร่งปฏิกิริยาที่ใช้ปริมาณ 100 มิลลิกรัม โดยแสดงผลในรูปร้อยละการเปลี่ยนของแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ และร้อยละการเลือกเกิดกับแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ ได้แสดงดังรูปที่ 4.12 ก และ 4.12 ข พบว่า ทั้งร้อยละการเปลี่ยนของคาร์บอนมอนอกไซด์และการเลือกเกิดกับแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์บน 1% (1:7) Pt-Pd/CeO₂ ที่ผ่านการเผาที่อุณหภูมิ 400 องศาเซลเซียส เมื่อมีแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ที่ระดับความเข้มข้น 4% โดยปริมาตรจะให้ผลร้อยละการเปลี่ยนของแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ และร้อยละการเลือกเกิดกับแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ สูงกว่าเมื่อมีระดับความเข้มข้น 25% ของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ เพราะการเพิ่มความเข้มข้นแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ทำให้เกิดปฏิกิริยาย้อนกลับวอร์เตอร์แก๊สซิฟมีผลทำให้แก๊ส



รูปที่ 4.12 ก ผลความเข้มข้นของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์บนร้อยละการเปลี่ยนของแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ 1%(1:7) Pt-Pd/CeO₂ อุณหภูมิการเผาตัวเร่งปฏิกิริยา 400 องศาเซลเซียส (■) 4% CO₂ (◆) 25% CO₂

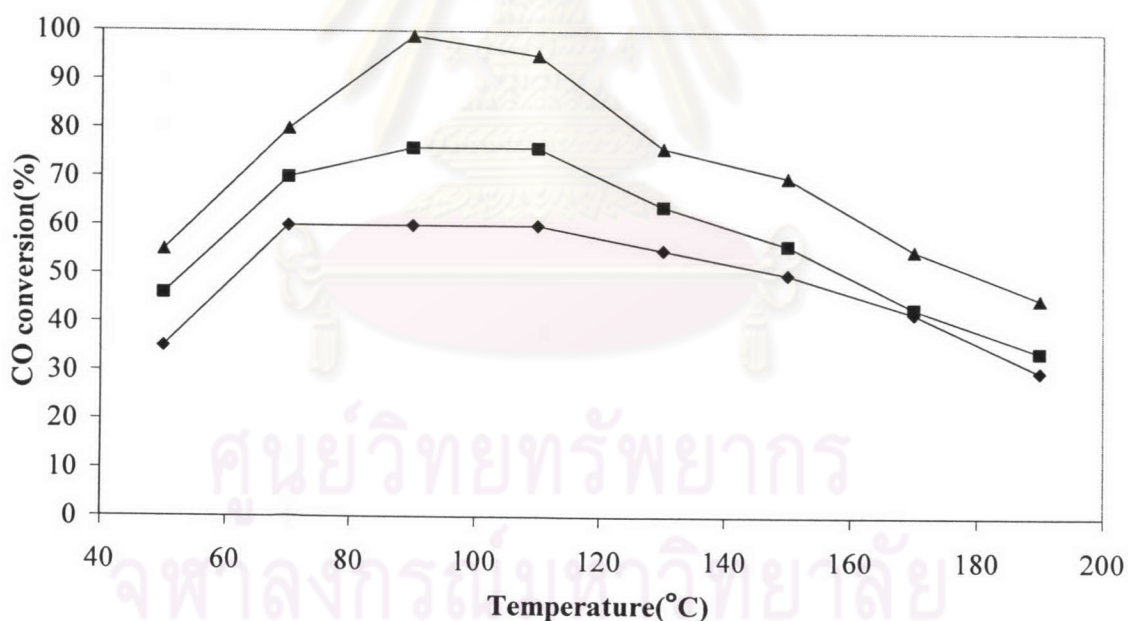


รูปที่ 4.12 ข ผลความเข้มข้นของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์บนร้อยละการเลือกเกิดกับแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ 1%(1:7) Pt-Pd/CeO₂ อุณหภูมิการเผาตัวเร่งปฏิกิริยา 400 องศาเซลเซียส (■) 4% CO₂ (◆) 25% CO₂

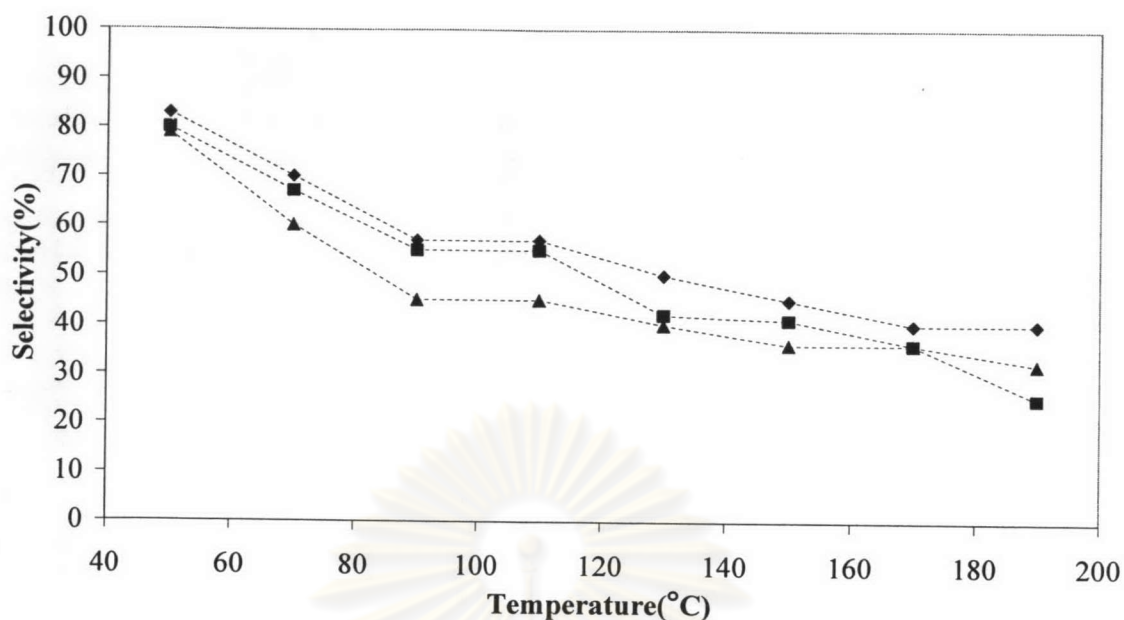
คาร์บอนมอนอกไซด์เปลี่ยนไปเป็นแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ได้น้อยลง อีกทั้งแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ทำปฏิกิริยากับแก๊สออกซิเจนกลายเป็นไบคาร์บอเนตซึ่งจะบดบังตำแหน่งที่ว่างไวการเกิดปฏิกิริยา ทำให้ความว่างการเกิดปฏิกิริยาน้อยลง [10,12]

4.2.7 ผลความเข้มข้นของแก๊สออกซิเจน

เมื่อทำการศึกษาผลความเข้มข้นของแก๊สออกซิเจน ที่ 0.5% 1% และ 2% โดยปริมาตร ช่วงอุณหภูมิที่ศึกษา 50 ถึง 190 องศาเซลเซียส แก๊สเริ่มต้นที่ใช้ 1%แก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ 4%แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ และ 40%แก๊สผสมระหว่างไฮโดรเจนกับฮีเลียม อัตราการไหล 50 มิลลิลิตรต่อนาที โดยตัวเร่งปฏิกิริยาที่ใช้ปริมาณ 100 มิลลิกรัม โดยแสดงผลในรูปร้อยละการเปลี่ยนของแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ และร้อยละการเลือกเกิดกับแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ ได้แสดงดังรูปที่ 4.13 ก และ 4.13 ข พบว่า เมื่อเพิ่มระดับความเข้มข้นของแก๊สออกซิเจนจาก 0.5% ไปเป็น 2% พบว่า ร้อยละการเปลี่ยนของแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์สูงขึ้น แต่ร้อยละการเลือกเกิดกับแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์มีผลกลับกัน กล่าวคือ เมื่อระดับความเข้มข้นของแก๊สออกซิเจนสูงขึ้น



รูปที่ 4.13 ก ผลความเข้มข้นของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์บนร้อยละการเปลี่ยนของแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ 1%(1:7) Pt-Pd/CeO₂ อุณหภูมิการเผาตัวเร่งปฏิกิริยา 400 องศาเซลเซียส (◆) 0.5% O₂ (■) 1% O₂ (▲) 2% O₂

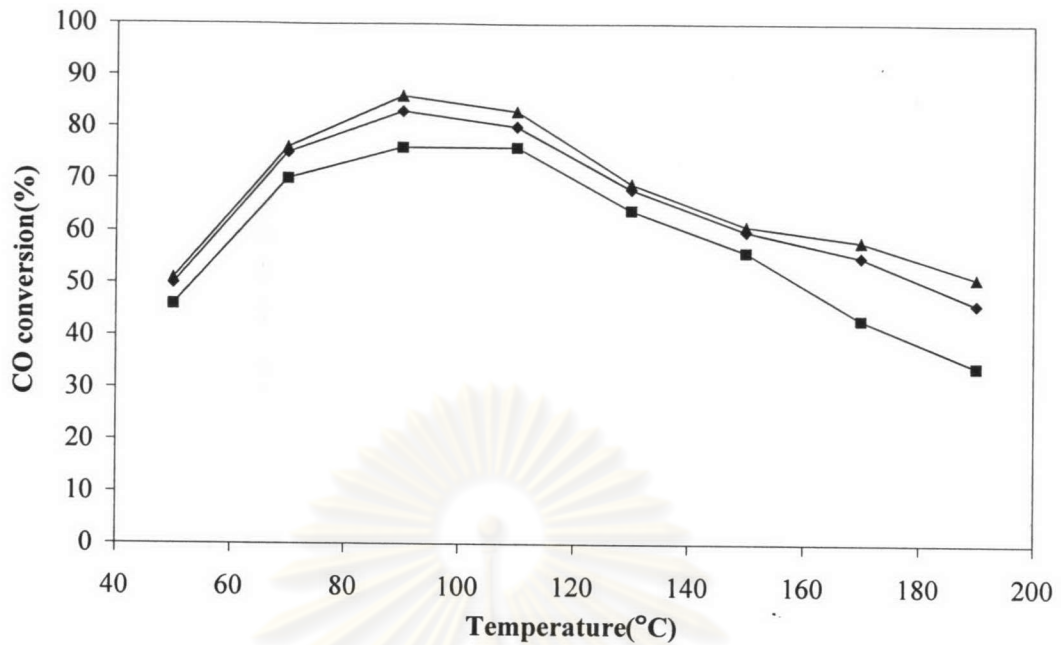


รูปที่ 4.13 ข ผลความเข้มข้นของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์บนร้อยละการเลือกเกิดของแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ 1%(1:7) Pt-Pd/CeO₂ อุณหภูมิการเผาตัวเร่งปฏิกิริยา 400 องศาเซลเซียส (◆) 0.5% O₂ (■) 1% O₂ (▲) 2% O₂

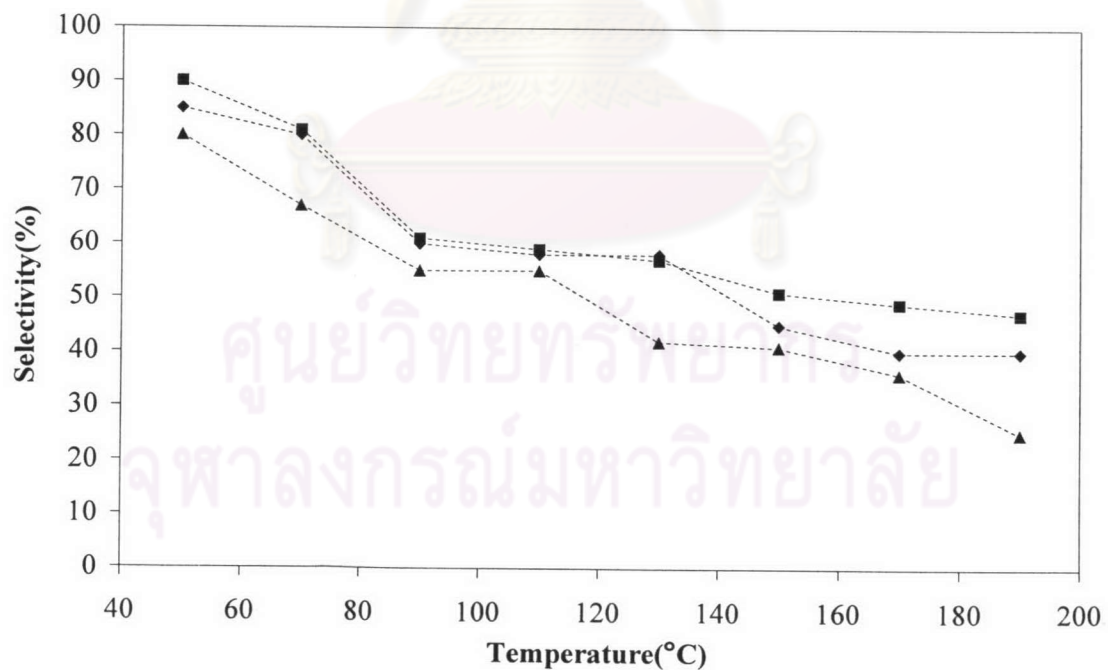
ร้อยละการเลือกเกิดกับแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ลดลง เพราะแก๊สออกซิเจน จะมีคุณสมบัติเป็นตัวออกซิไดซ์ที่ดีทำให้แก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์เปลี่ยนไปเป็นแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ได้มากขึ้นจึงทำให้ความว่องการเกิดปฏิกิริยามากขึ้น [10]

4.2.8 ผลความเข้มข้นของไอน้ำกับแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์

เมื่อทำการศึกษาผลความเข้มข้นของไอน้ำกับแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ ที่ 10%-0%, 0%-4% และ 10%-25% ช่วงอุณหภูมิที่ศึกษา 50 ถึง 190 องศาเซลเซียส แก๊สเริ่มต้นที่ใช้ 1% แก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ 1% แก๊สออกซิเจนและ 40% แก๊สผสมระหว่างไฮโดรเจนกับฮีเรียม อัตราการไหล 50 มิลลิลิตรต่อนาที โดยตัวเร่งปฏิกิริยาที่ใช้ปริมาณ 100 มิลลิกรัม โดยแสดงผลในรูปร้อยละการเปลี่ยนของแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ และร้อยละการเลือกเกิดกับแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ ได้แสดงดังรูปที่ 4.14 ก และ 4.14 ข พบว่า ร้อยละการเปลี่ยนของแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ และร้อยละการเลือกเกิดกับแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ที่ได้จาก 1% (1:7) Pt-Pd/CeO₂ ที่ 10% H₂O มีค่าสูงกว่า 1% (1:7) Pt-Pd/CeO₂ กับการผสม 10% H₂O และ 25% CO₂ และ 1% (1:7) Pt-Pd/CeO₂ ที่ 4% CO₂ ตามลำดับ



รูปที่ 4.14 ก ผลความเข้มข้นของไอน้ำกับแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์บนร้อยละ การเปลี่ยนของแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ 1%(1:7) Pt-Pd/CeO₂ (◆) 10% H₂O และ 25% CO₂ (■) 0% H₂O และ 4% CO₂ (▲) 10% H₂O และ 0% CO₂

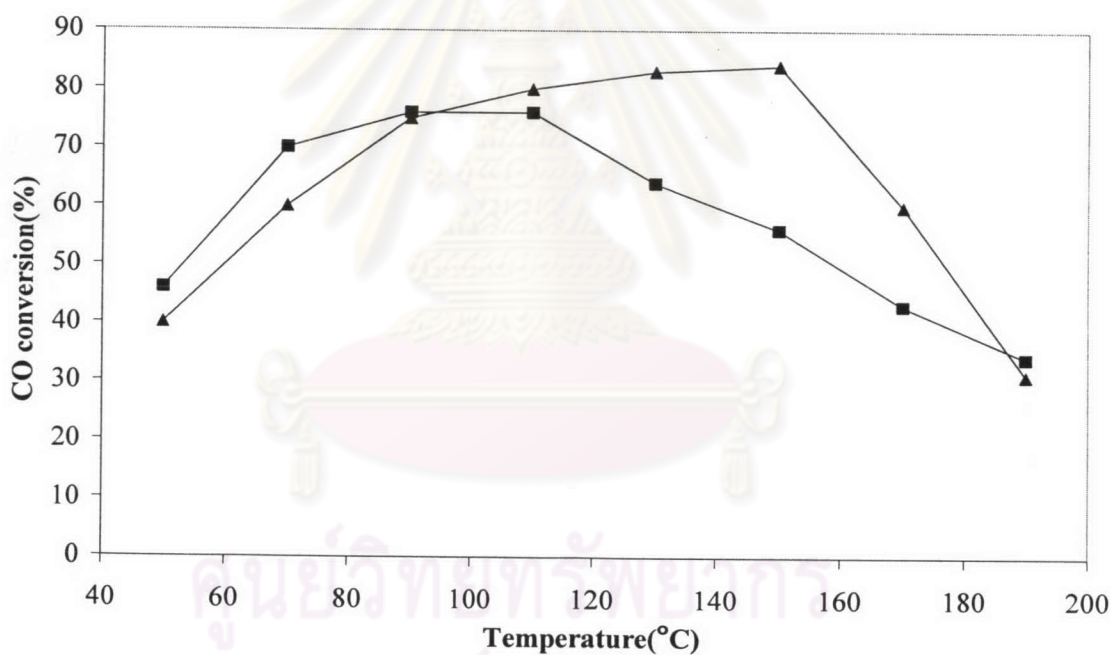


รูปที่ 4.14 ข ผลความเข้มข้นของไอน้ำกับแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์บนร้อยละ การเลือกเกิดของแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ 1%(1:7) Pt-Pd/CeO₂ (◆) 10% H₂O และ 25% CO₂ (■) 0% H₂O และ 4% CO₂ (▲) 10% H₂O และ 0% CO₂

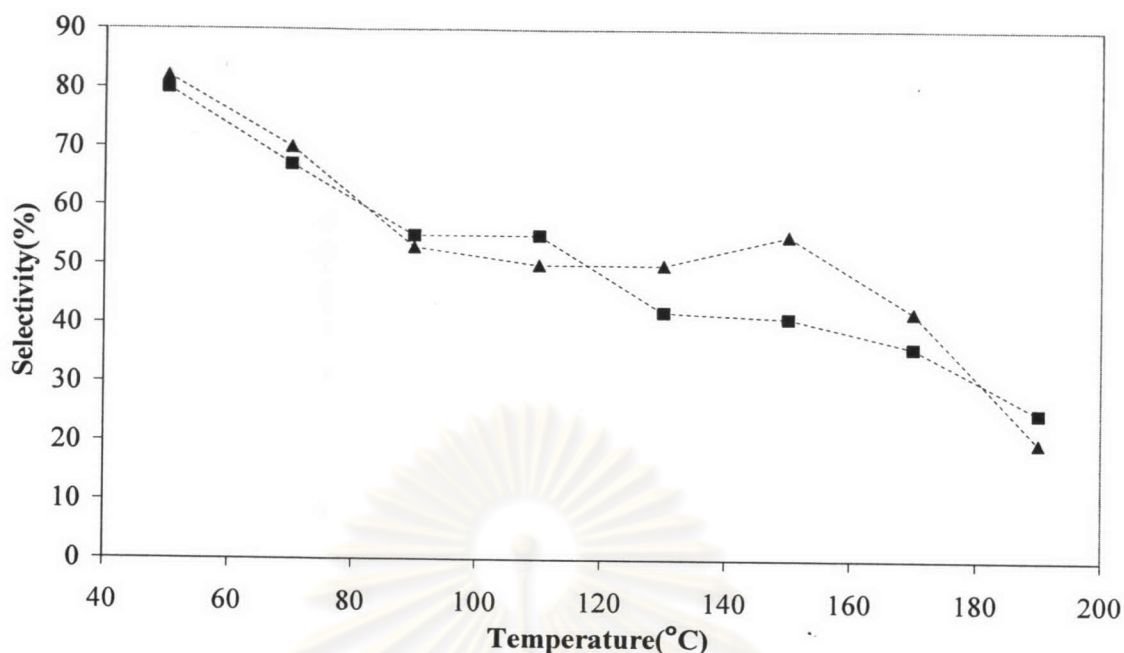
แสดงว่าไอน้ำมีอิทธิพลการเกิดปฏิกิริยามากกว่าแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์เพราะไฮดรอกไซด์ไปดูดซับกับตัวเร่งปฏิกิริยาได้มากกว่าไบคาร์บอเนตทำให้ความว่องการเกิดปฏิกิริยาเพิ่มขึ้น [7]

4.2.9 ศึกษาการเปรียบเทียบตัวเร่งปฏิกิริยาแพลทินัมกับตัวเร่งปฏิกิริยาโลหะผสมแพลทินัมกับแพลเลเดียม

เมื่อทำการศึกษาผลระหว่างตัวเร่งปฏิกิริยาแพลทินัมกับตัวเร่งปฏิกิริยาโลหะผสมแพลทินัมกับแพลเลเดียมที่สัดส่วน 1:7 ช่วงอุณหภูมิที่ศึกษา 50 ถึง 190 องศาเซลเซียส แก๊สเริ่มต้นที่ใช้ 1%แก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ 4%แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ 1%แก๊สออกซิเจนและ 40%แก๊สผสมระหว่างไฮโดรเจนกับฮีเรียม อัตราการไหล 50 มิลลิลิตรต่อนาที โดยตัวเร่งปฏิกิริยาที่ใช้ปริมาณ 100 มิลลิกรัม โดยแสดงผลในรูปร้อยละการเปลี่ยนของแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ และร้อยละการเลือกเกิดกับแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ ได้ แสดงดังรูปที่ 4.15 ก และ 4.15 ข



รูปที่ 4.15 ก การเปรียบเทียบผลของตัวเร่งปฏิกิริยาแพลทินัมกับตัวเร่งปฏิกิริยาโลหะผสมแพลทินัมกับแพลเลเดียมบนร้อยละการเปลี่ยนของแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ อุณหภูมิการเผาตัวเร่งปฏิกิริยา 400 องศาเซลเซียส (▲) 1% Pt/CeO₂ (■) 1% (1:7)Pt-Pd/CeO₂



รูปที่ 4.15 ข การเปรียบเทียบผลของตัวเร่งปฏิกิริยาแพลทินัมกับตัวเร่งปฏิกิริยาโลหะผสมแพลทินัมกับแพลเลเดียมบนร้อยละการเลือกเกิดของแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ อุณหภูมิการเผาตัวเร่งปฏิกิริยา 400 องศาเซลเซียส (▲) 1% Pt/CeO₂ (■) 1% (1:7)Pt-Pd/CeO₂

พบว่า ร้อยละการเปลี่ยนของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์จากการใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาโลหะผสมระหว่าง แพลทินัมกับแพลเลเดียมที่อัตราส่วน 1 ต่อ 7 เกิดปฏิกิริยาที่อุณหภูมิต่ำคือ 90 องศาเซลเซียส ถึง 110 องศาเซลเซียสซึ่งเป็นอุณหภูมิที่ใช้ในเซลล์เชื้อเพลิงเยื่อแผ่นแลกเปลี่ยนโปรตรอน แต่ถ้าใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาแพลทินัมจะมีเกิดปฏิกิริยาที่อุณหภูมิสูงคือ 150 องศาเซลเซียส นอกจากนี้ร้อยละการเลือกเกิดของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ที่ได้จากตัวเร่งปฏิกิริยาโลหะผสมระหว่างแพลทินัมกับแพลเลเดียมที่อัตราส่วน 1 ต่อ 7 สูงกว่าร้อยละการเลือกเกิดของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ที่ได้จากตัวเร่งปฏิกิริยาแพลทินัม เมื่อพิจารณาที่อุณหภูมิ 50 ถึง 110 องศาเซลเซียส

4.3 เปรียบเทียบงานวิจัย

จากผลการวิจัยและงานวิจัยที่มีลักษณะใกล้เคียงกัน สามารถเปรียบเทียบภาวะที่ใช้ในการทดลองและผลการทดลองในตาราง 4.10

ตารางที่ 4.10 เปรียบเทียบงานวิจัยที่มีลักษณะใกล้เคียงกัน

การทดลอง	Khumvilaisak, K. [13]	Luengnaruemitchai และคณะ [10]	Manasilp และคณะ [7]	งานวิจัยนี้
ตัวเร่งปฏิกิริยา	แพลเลเดียม	ทอง	แพลทินัม	แพลทินัม แพลทินัมผสมกับ แพลเลเดียม
ตัวรองรับ	ซีเรีย เซอร์โคเนีย ซีเรียผสม เซอร์โคเนีย	ซีเรีย	อะลูมินา	ซีเรียที่สังเคราะห์โดย วิธีโซลเจล ซีเรียที่ซื้อจากบริษัท Fluka
วิธีการเตรียม ตัวเร่งปฏิกิริยา	ตกตะกอนร่วม	อิมเพกเนชัน ตกตะกอนร่วม โซลเจล	โซลเจล	ฝังตัวชนิดแห้ง
อุณหภูมิที่ใช้เผา ตัวเร่งปฏิกิริยา (องศาเซลเซียส)	300	500	500	400, 500
สารตั้งต้น	1%CO 1%O ₂ 2%CO ₂ 2.6%H ₂ O 40%H ₂ ในฮีเลียม	1%CO 0.5-2 %O ₂ 2%CO ₂ 2.6%H ₂ O 40%H ₂ ในฮีเลียม	0.5-1%CO 0.5-1.35 %O ₂ 0-25%CO ₂ 0-10 %H ₂ O 60%H ₂ ในฮีเลียม	1%CO 0.5-2 %O ₂ 4, 25 %CO ₂ 0, 10 %H ₂ O 40 %H ₂ ในฮีเลียม
ร้อยละการ เปลี่ยนของแก๊ส คาร์บอน ไดออกไซด์*	28 (เมื่อใช้ 1% Pd/CeO ₂ ที่ อุณหภูมิ 130 องศาเซลเซียส)	98 (เมื่อใช้ 1% Au/CeO ₂ ที่ภาวะ 1%CO 1%O ₂ 2%CO ₂ 2.6%H ₂ O 40%H ₂ /He ที่อุณหภูมิ 107 องศาเซลเซียส)	97(เมื่อใช้ 2% Pt/Al ₂ O ₃ ที่ ภาวะ 0.5%CO 0.5%O ₂ 20%CO ₂ 10%H ₂ O 60%H ₂ /He ที่อุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียส)	98(เมื่อใช้ 1% (1:7) Pt-Pd/ CeO ₂ ที่ภาวะ 1%CO 0.5%O ₂ 4%CO ₂ 40%H ₂ /He ที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส)
ร้อยละการเลือก เกิดของแก๊สคาร์ บอน ไดออกไซด์*	70 (เมื่อใช้ 1% Pd/CeO ₂ ที่ อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส)	58(เมื่อใช้ 1% Au/CeO ₂ ที่ภาวะ 1%CO 1%O ₂ 2%CO ₂ 2.6%H ₂ O 40%H ₂ /He ที่อุณหภูมิ 130 องศาเซลเซียส)	50(เมื่อใช้ 1% Pt/CeO ₂ ที่ ภาวะ 1%CO 1%O ₂ 2%CO ₂ 10%H ₂ O 40%H ₂ /He ที่อุณหภูมิ 110 องศาเซลเซียส)	85(เมื่อใช้ 1% (1:7) Pt-Pd/ CeO ₂ ที่ภาวะ 1%CO 0.5%O ₂ 4%CO ₂ 40%H ₂ /He ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส)

* ค่าสูงสุด