บทที่ 4

ผลการทดลอง

4.1 อิทธิพลของอัตราส่วนของสารตั้งต้นที่มีผลต่อปฏิกิริยารีฟอร์มมิงก๊าซมีเทนด้วยไอน้ำและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

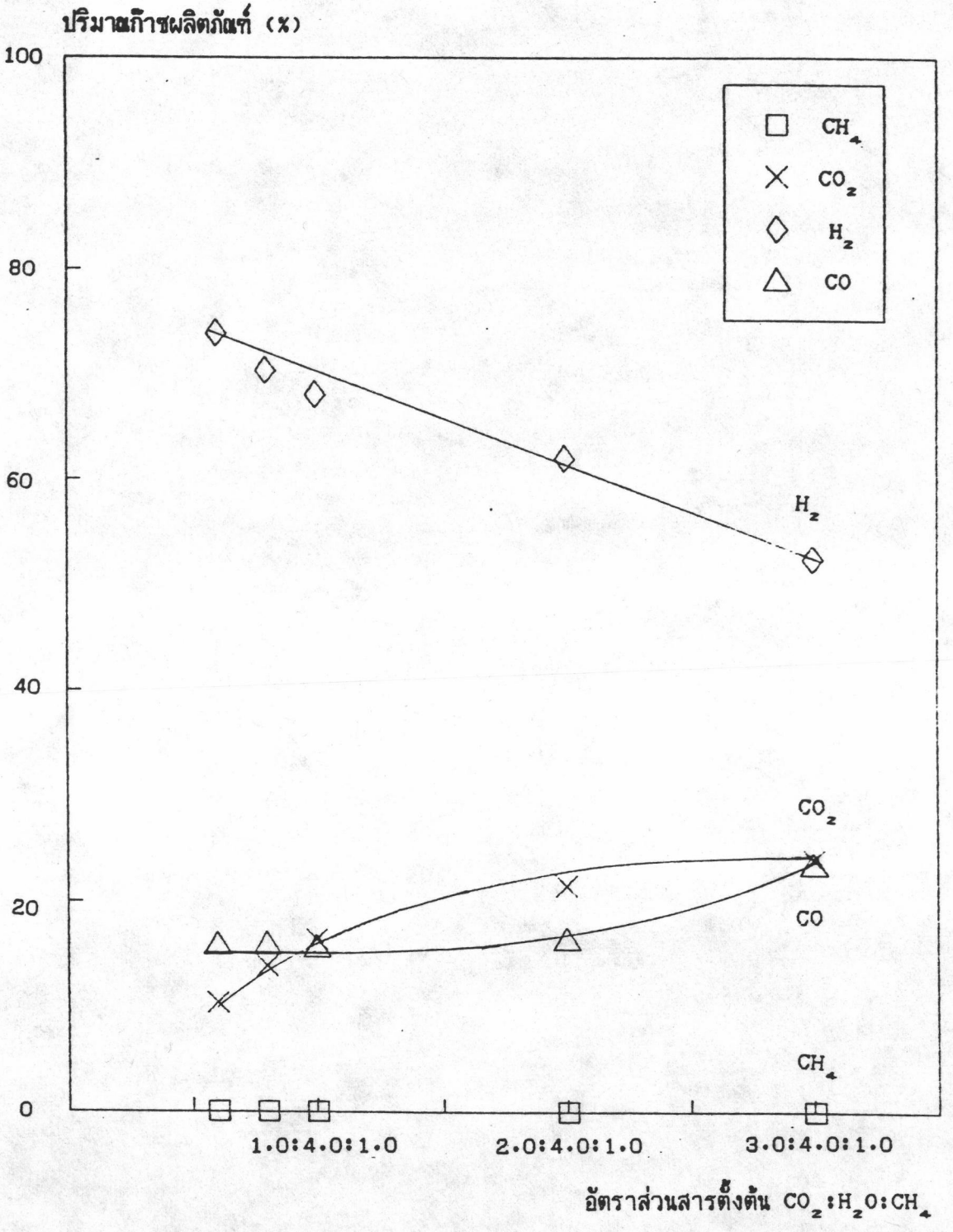
การทดลองศึกษาอิทธิพลของอัตราส่วนระหว่างไอน้ำต่อก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ต่อมีเทนที่มีผลต่อผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการเกิดปฏิกิริยารีฟอร์มมิงมีเทนด้วยไอน้ำและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ณ อุณหภูมิ 700 องศาเซลเซียส ตัวเร่งปฏิกิริยา Ni/Al_2O_3 มีปริมาณ 550 กรัม อัตราเร็วในการป้อนสารตั้งต้น 2.5 เท่าของอัตราเร็วต่ำสุดของการเกิดฟลูอิไดเซชัน ($U/Umf=2.5$)

4.1.1 อิทธิพลของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่มีผลต่อปฏิกิริยา

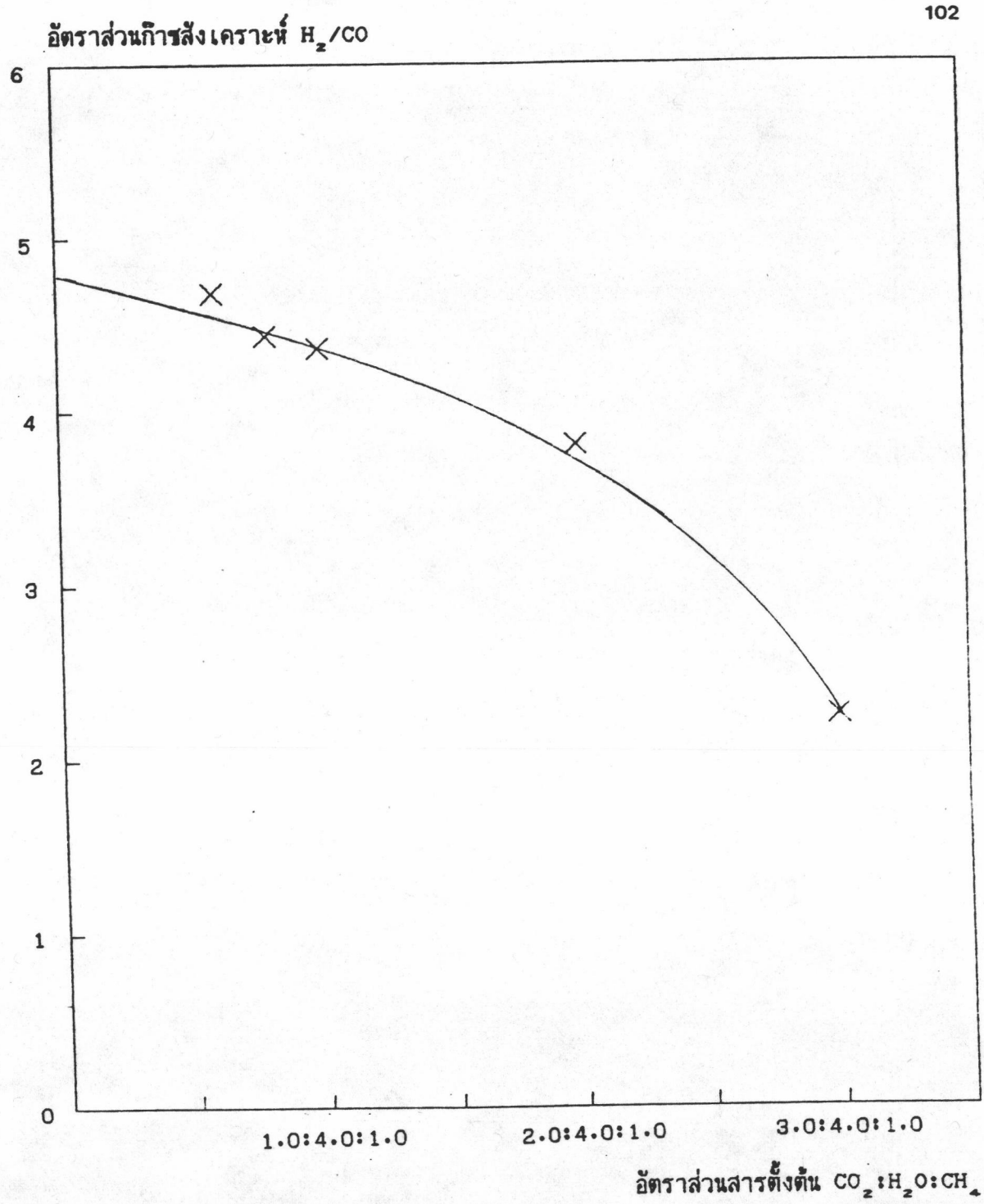
ทำการทดลองให้อัตราส่วนระหว่างก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ต่อไอน้ำต่อมีเทนอยู่ในช่วง 0.6:4.0:1.0 ถึง 3.0:4.0:1.0 ผลการทดลองแสดงได้ดังรูปที่ 4.1

จากผลการทดลอง พบว่า เมื่อปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เพิ่มขึ้น (ปริมาณไอน้ำเป็น 4 เท่าของปริมาณก๊าซมีเทนทุกการทดลอง) ผลิตภัณฑ์ที่ได้จะมีก๊าซไฮโดรเจนน้อยลงอย่างเห็นได้ชัดจาก 73.86 เป็น 52.59 เปอร์เซนต์ ก๊าซคาร์บอนมอนนอกไซด์เพิ่มขึ้นจาก 15.78 เป็น 23.42 เปอร์เซนต์ ส่วนสารตั้งต้นที่เหลืออยู่ในผลิตภัณฑ์ คือ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และมีเทน โดยมีปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เพิ่มขึ้นอย่างมากจาก 10.36 เป็น 23.99 เปอร์เซนต์ ส่วนก๊าซมีเทนไม่มีเหลือในผลิตภัณฑ์

เมื่อนำความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนก๊าซสังเคราะห์ H_2/CO กับอัตราส่วนสารตั้งต้น $CO_2:H_2O:CH_4$ เขียนเป็นกราฟดังแสดงในรูปที่ 4.2 พบว่า เมื่ออัตราส่วนสารตั้งต้น $CO_2:H_2O:CH_4$ เพิ่มขึ้น อัตราส่วน H2/CO ลดลงอย่างมาก โดยมีอัตราส่วนอยู่ในช่วง 2.25 ถึง 4.68



รูปที่ 4.1 แสดงอิทธิพลสารตั้งต้นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่มีผลต่อปริมาณผลิตภัณฑ์ เมื่ออัตราส่วนระหว่างไอน้ำต่อมีเทนคงที่ ($H_2O:CH_4$ = 4.0:1.0) อุณหภูมิ 700 องศาเซลเซียส อัตราการป้อนสารตั้งต้น U/Umf = 2.5 และปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยา 550 กรัม



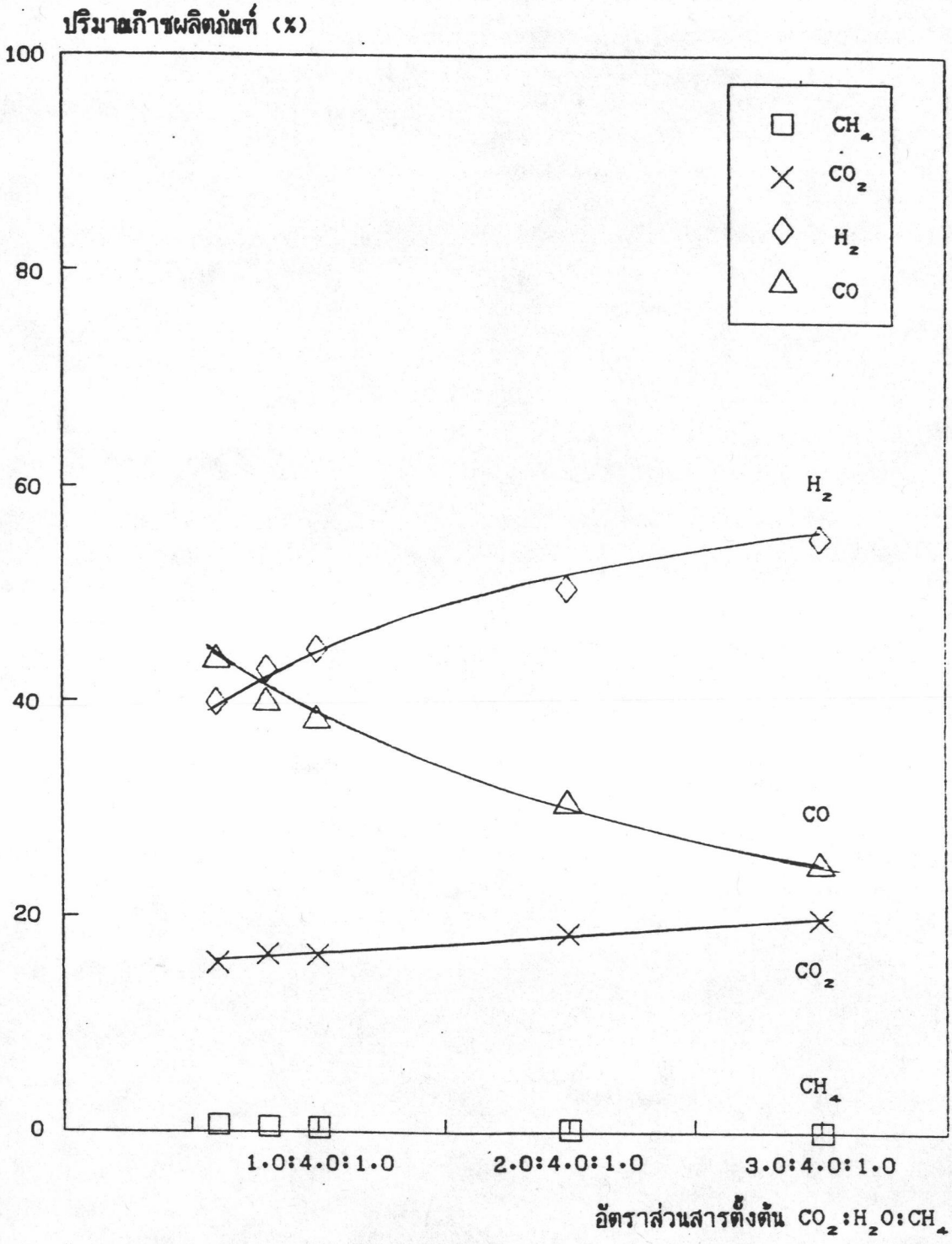
รูปที่ 4.2 แสดงอิทธิพลสารตั้งต้นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่มีผลต่อ อัตราส่วนก๊าซสังเคราะห์ H_2/CO เมื่ออัตราส่วนระหว่างไอน้ำต่อมีเทนคงที่ ($H_2O:CH_4$ = 4.0:1.0) อุณหภูมิ 700 องศาเซลเซียส อัตราการป้อนสารตั้งต้น U/Umf = 2.5 และปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยา 550 กรัม

4.1.2 อิทธิพลของไอน้ำที่มีผลต่อปฏิกิริยา

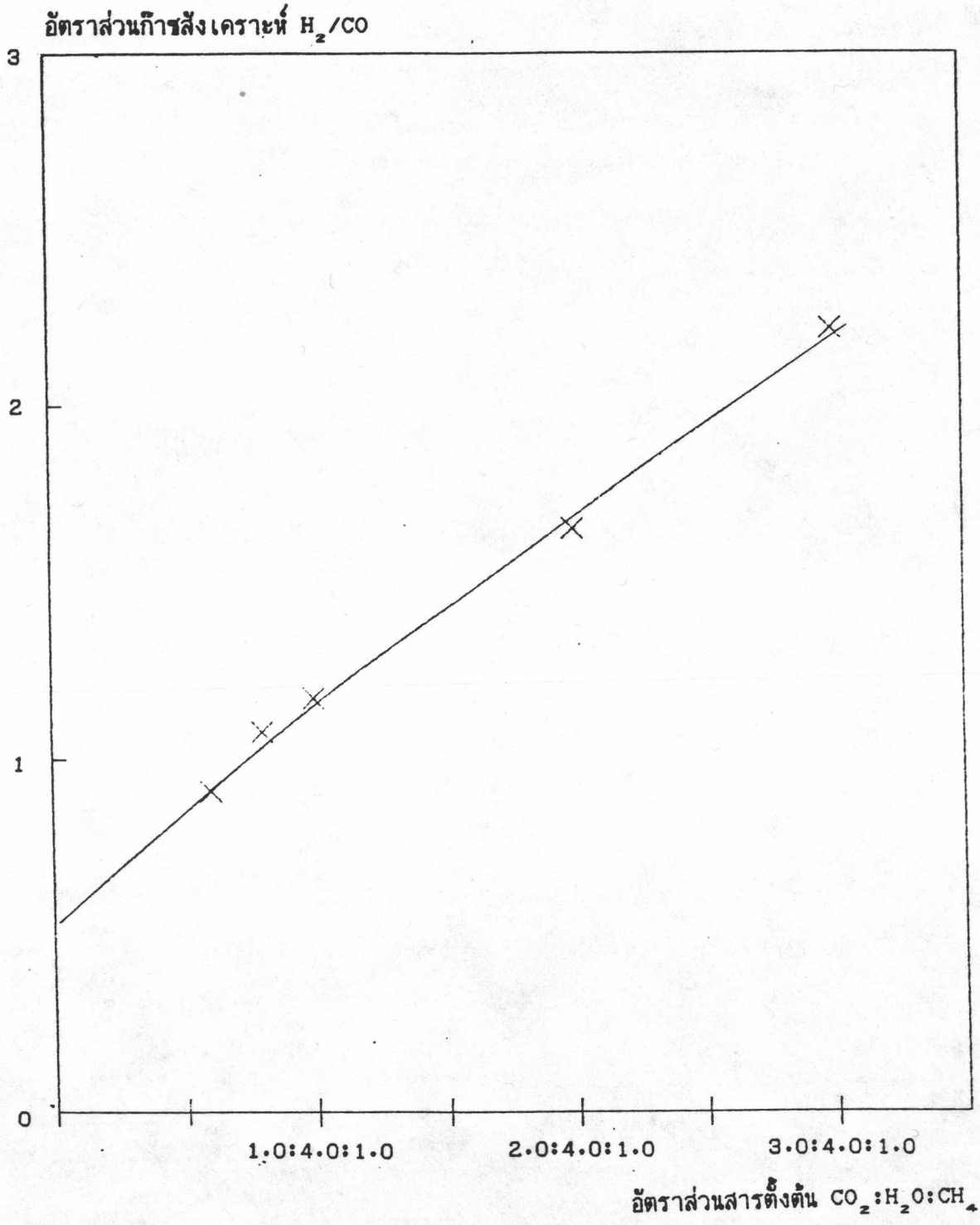
ทำการทดลองให้อัตราส่วนของไอน้ำต่อก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ต่อมีเทนอยู่ในช่วง 0.6:4.0:1.0 ถึง 3.0:4.0:1.0 ผลการทดลองแสดงได้ดังรูปที่ 4.3

จากผลการทดลอง พบว่า เมื่อปริมาณไอน้ำเพิ่มขึ้น โดยที่ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เป็น 4 เท่าของปริมาณมีเทนทุกการทดลอง ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีก๊าซไฮโดรเจนเพิ่มขึ้น 39.86 เป็น 55.26 เปอร์เซนต์ ก๊าซคาร์บอนมอนนอกไซด์ลดลงอย่างรวดเร็วจาก 43.89 เป็น 24.93 เปอร์เซนต์ ส่วนสารตั้งต้นที่มีอยู่ในผลิตภัณฑ์ อันได้แก่ ก๊าซมีเทนและคาร์บอนไดออกไซด์ พบว่า ก๊าซมีเทนลดลงจาก 0.64 เป็น 0.00 เปอร์เซนต์ สำหรับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เพิ่มขึ้นจาก 15.61 เป็น 19.81 เปอร์เซนต์

เมื่อนำความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วน H2/CO กับอัตราส่วนสารตั้งต้น $H_2O:CO_2:CH_4$ มาเขียนกราฟ ดังรูปที่ 4.4 พบว่า เมื่อปริมาณไอน้ำเพิ่มขึ้น อัตราส่วน H2/CO เพิ่มขึ้น โดยมีอัตราส่วนอยู่ระหว่าง 0.91 ถึง 2.22



รูปที่ 4.3 แสดงอิทธิพลสารตั้งต้น ไอน้ำที่มีผลต่อปริมาณผลิตภัณฑ์ เมื่ออัตราส่วนระหว่างไอน้ำต่อมีเทนคงที่ ($H_2O:CH_4$ = 4.0:1.0) อุณหภูมิ 700 องศาเซลเซียส อัตราการป้อนสารตั้งต้น U/Umf = 2.5 และปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยา 550 กรัม



รูปที่ 4.4 แสดงอิทธิพลสารตั้งต้นไอน้ำที่มีผลต่ออัตราส่วนก๊าซสังเคราะห์ H_2/CO เมื่ออัตราส่วนระหว่างไอน้ำต่อมีเทนคงที่ ($H_2O:CH_4$ = 4.0:1.0) อุณหภูมิ 700 องศาเซลเซียส อัตราการป้อนสารตั้งต้น U/Umf = 2.5 และปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยา 550 กรัม

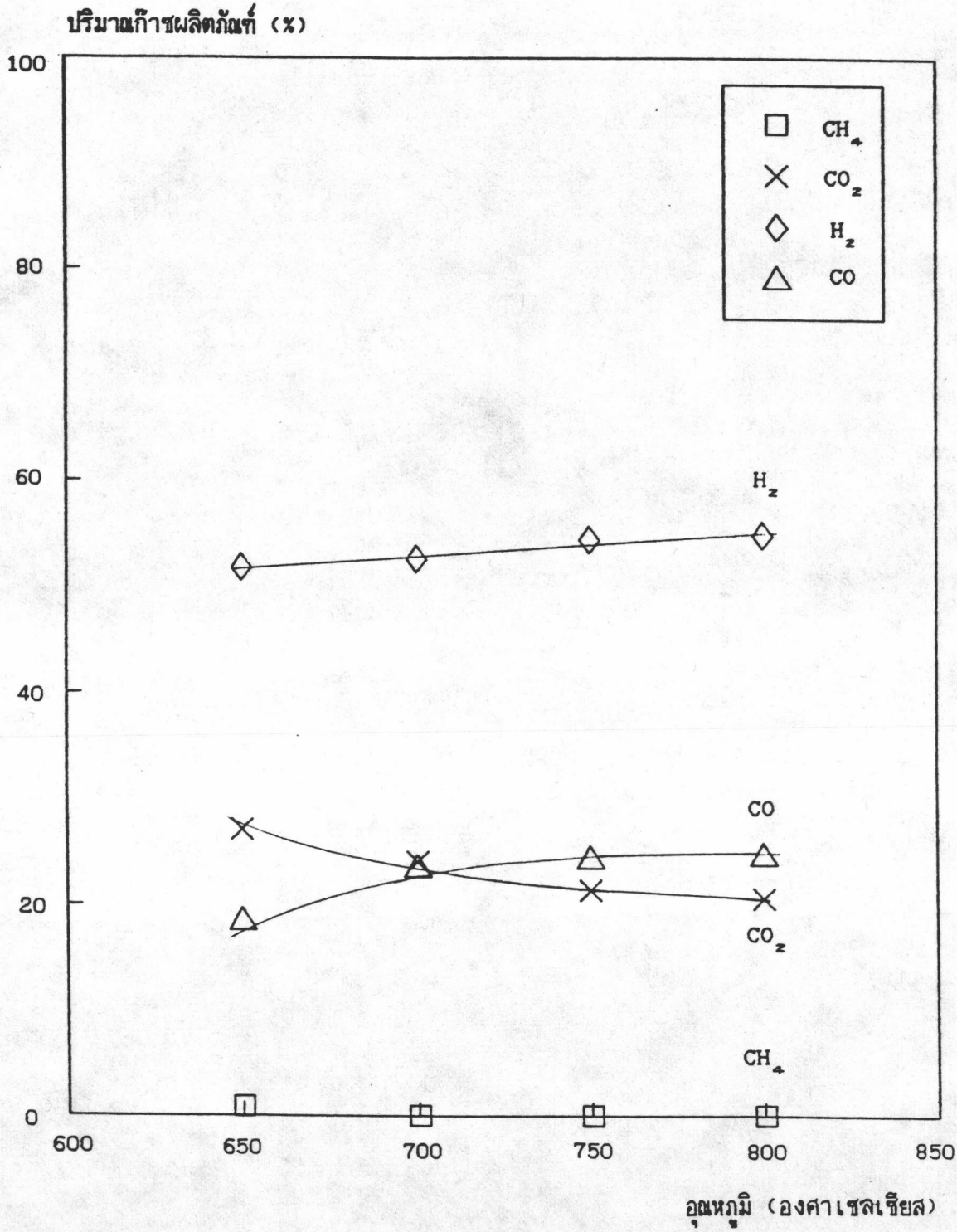
4.2 อิทธิพลของอุณหภูมิที่มีผลต่อปฏิกิริยารีฟอร์มมิงก๊าซมีเทนด้วยไอน้ำและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

การทดลองศึกษาอิทธิพลของอุณหภูมิที่มีผลต่อผลิตภัณฑ์ที่ได้จากปฏิกิริยารีฟอร์มมิงก๊าซมีเทนด้วยไอน้ำและคาร์บอนไดออกไซด์ ให้อุณหภูมิอยู่ในช่วง 650 ถึง 800 องศาเซลเซียส อัตราเร็วในการป้อนสารตั้งต้น 2.5 เท่าของอัตราเร็วในการเกิดฟลูอิไดเซชัน ปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยา Ni/Al_2O_3 550 กรัม อัตราส่วนสารตั้งต้น $H_2O:CO_2:CH_4$ = 4.0:3.0:1.0

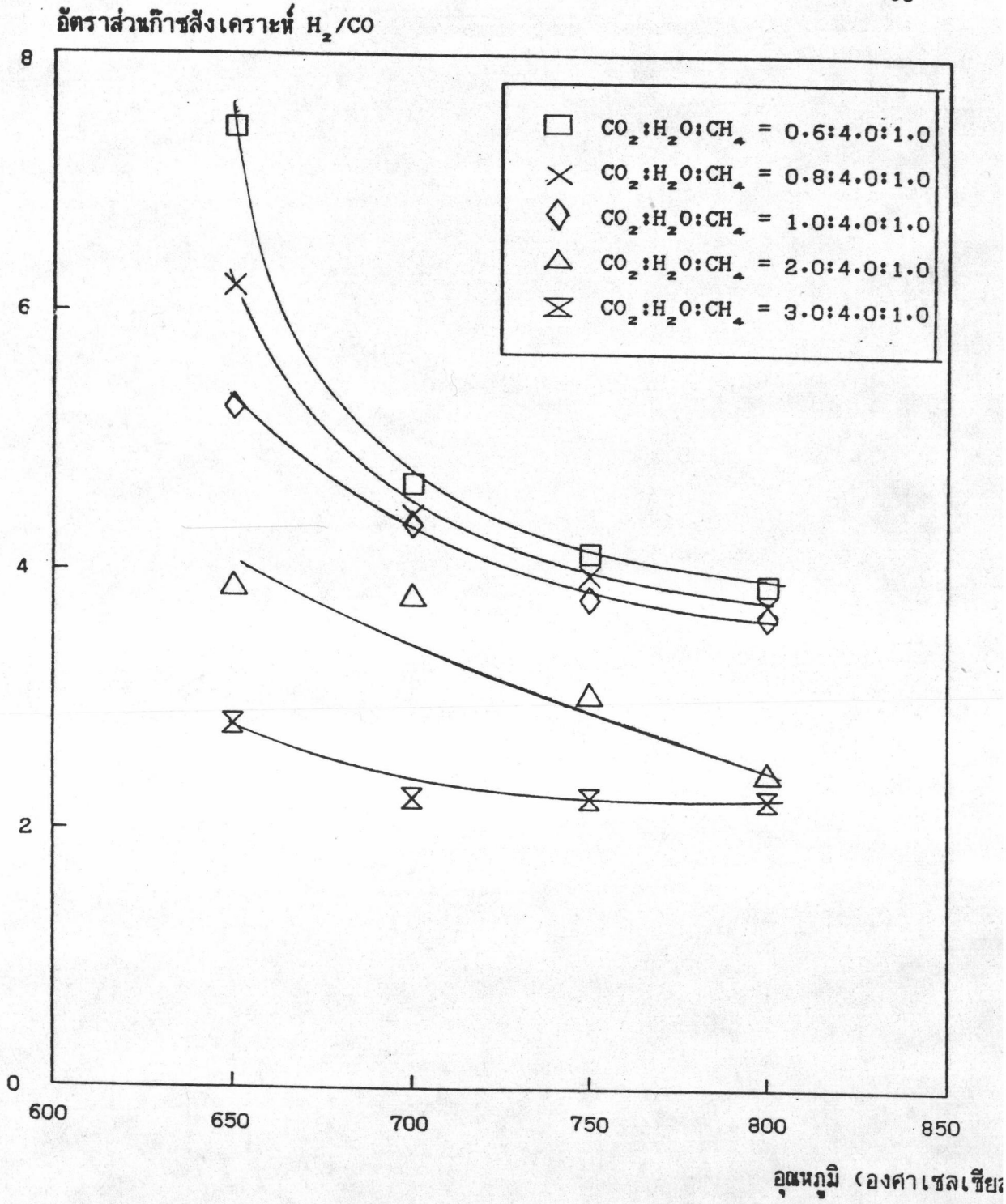
จากผลการทดลอง พบว่า เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น ก๊าซผลิตภัณฑ์ที่ได้มีก๊าซไฮโดรเจนและคาร์บอนมอนนอกไซด์เพิ่มขึ้น จาก 51.75 เป็น 5.89 เปอร์เซนต์ และจาก 18.40 เป็น 24.58 เปอร์เซนต์ สำหรับก๊าซมีเทนเกิดปฏิกิริยาได้ดีขึ้นจนใช้หมดไปในปฏิกิริยา โดยลดลงจาก 0.84 เป็น 0.00 เปอร์เซนต์ เช่นเดียวกันกับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่มีปริมาณลดลงในก๊าซผลิตภัณฑ์จาก 27.01 เป็น 20.53 เปอร์เซนต์ ผลการทดลองแสดงได้ดังรูปที่ 4.5

เมื่อนำค่าอัตราส่วน H2/CO กับอุณหภูมิมาเขียนความสัมพันธ์ดังรูปที่ 4.6 และ 4.7 โดยในกรณีแรกทำการแปรค่าอัตราส่วนสารตั้งต้น $CO_2:H_2O:CH_4$ จาก 0.6:4.0:1.0 ถึง 3.0:4.0:1.0 แสดงผลการทดลองดังรูปที่ 4.6 พบว่า เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น อัตราส่วนก๊าซสังเคราะห์ H_2/CO ลดลงที่ทุกอัตราส่วนสารตั้งต้น โดยอยู่ในช่วง 2.23 ถึง 7.43 และในกรณีที่สองทำการแปรค่าอัตราส่วนสารตั้งต้น $H_2O:CO_2:CH_4$ จาก 0.6:4.0:1.0 ถึง 3.0:4.0:1.0 แสดงผลการทดลองดังรูปที่ 4.7 พบว่า เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น อัตราส่วน H_2/CO ลดลงที่ทุกอัตราส่วนสารตั้งต้น โดยอยู่ในช่วง 1.16 ถึง 2.30

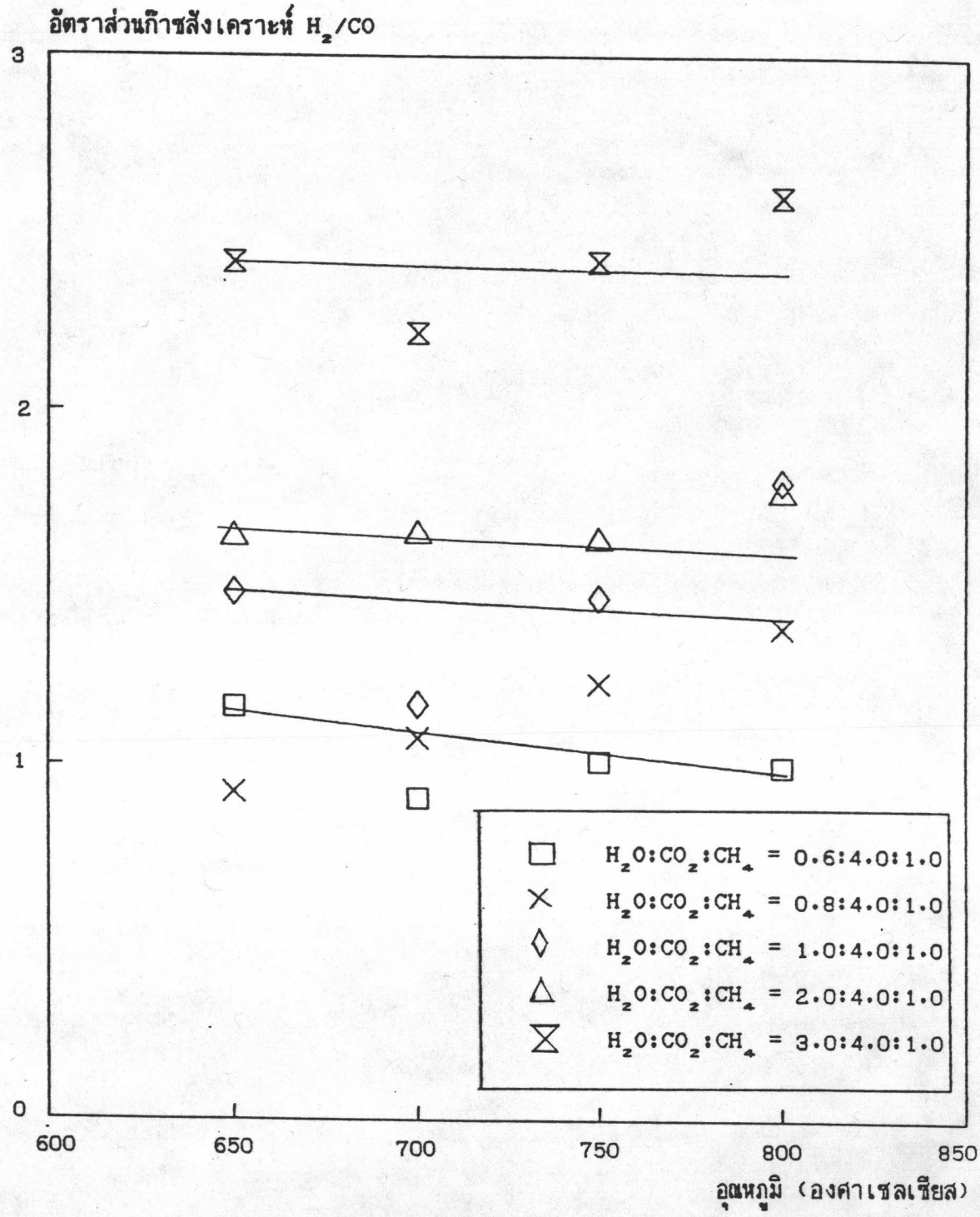
เป็นที่น่าสังเกตว่าเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้นและอัตราส่วนสารตั้งต้นระหว่าง $CO_2:H_2O:CH_4$ เพิ่มขึ้น (ปริมาณไอน้ำเป็น 4 เท่าของปริมาณก๊าซมีเทนทุกการทดลอง) อัตราการเพิ่มไฮโดรเจนต่ำกว่าอัตราการเพิ่มก๊าซคาร์บอนมอนนอกไซด์ ทำให้อัตราส่วนระหว่าง H_2/CO ลดลงอย่างเห็นได้ชัด ในขณะที่อัตราส่วนสารตั้งต้นระหว่าง $H_2O:CO_2:CH_4$ เพิ่มขึ้น (ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เป็น 4 เท่าของปริมาณก๊าซมีเทนทุกการทดลอง) เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น อัตราการเพิ่มไฮโดรเจนสูงกว่าอัตราการเพิ่มก๊าซคาร์บอนมอนนอกไซด์ ทำให้อัตราส่วนระหว่าง H_2/CO เพิ่มขึ้น



รูปที่ 4.5 แสดงอิทธิพลของอุณหภูมิที่มีผลต่อปริมาณก๊าซผลิตภัณฑ์ อัตราการป้อนสารตั้งต้น U/Umf = 2.5 และอัตราส่วนสารตั้งต้น $H_2O:CO:CH_4$ = 4.0:3.0:1.0



รูปที่ 4.6 แสดงอิทธิพลของอุณหภูมิที่มีผลต่ออัตราส่วนก๊าซสังเคราะห์ H_2/CO เมื่ออัตราเร็วในการป้อนสารตั้งต้น U/Umf = 2.5 และปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยา 550 กรัม

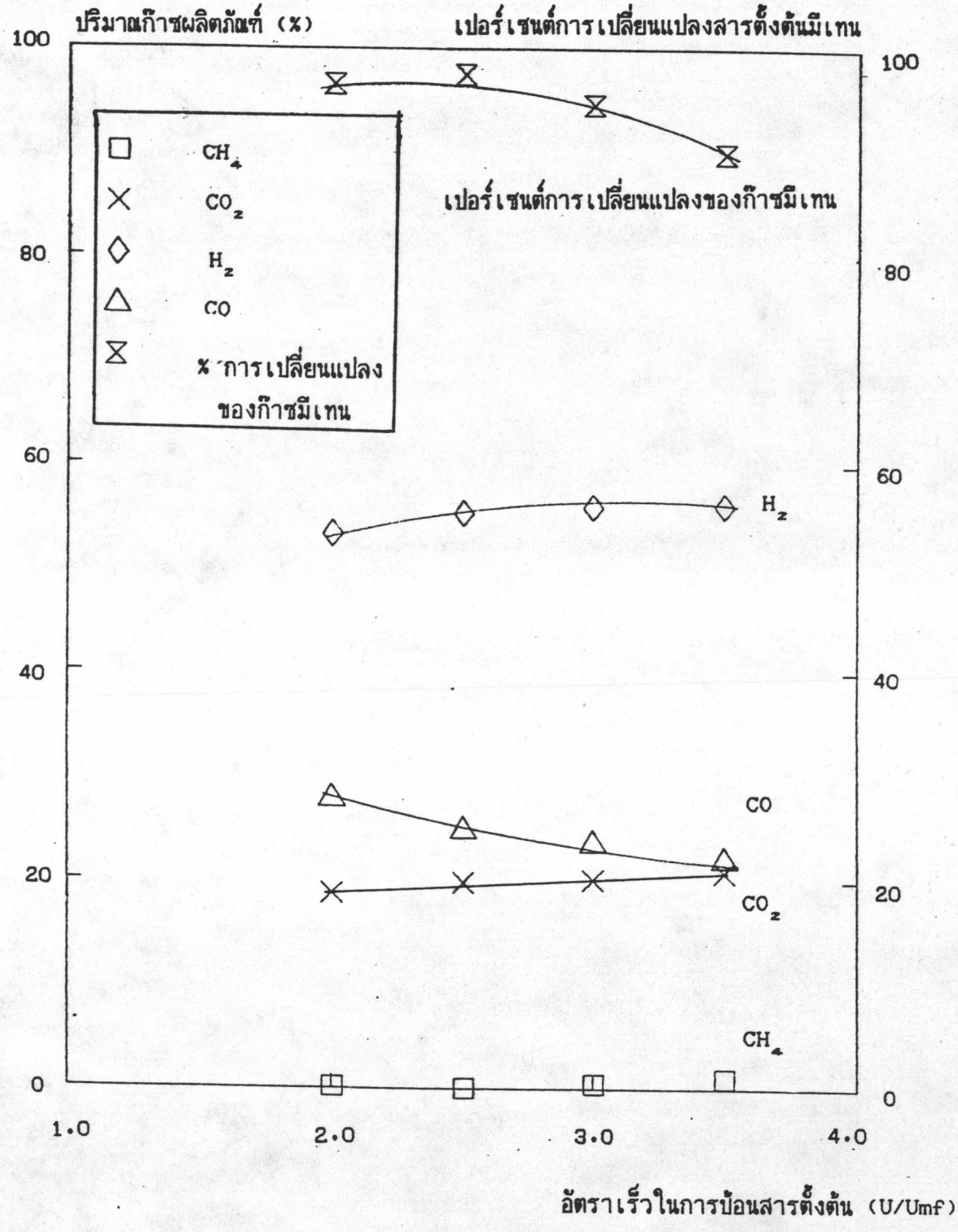


รูปที่ 4.7 แสดงอิทธิพลของอุณหภูมิที่มีผลต่ออัตราส่วนก๊าซสังเคราะห์ H_2/CO เมื่ออัตราเร็วในการป้อนสารตั้งต้น U/Umf = 2.5 และปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยา 550 กรัม

4.3 อิทธิพลของอัตราเร็วในการป้อนสารตั้งต้นที่มีผลต่อปฏิกิริยารีฟอร์มมิงก๊าซมีเทนด้วยไอน้ำและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

การทดลองศึกษาอิทธิพลของอัตราเร็วในการป้อนสารตั้งต้นที่มีผลต่อผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการรีฟอร์มมิงก๊าซมีเทนด้วยไอน้ำและคาร์บอนไดออกไซด์ ให้อัตราเร็วในการป้อนสารตั้งต้นอยู่ในช่วง 2.0 ถึง 3.5 เท่าของอัตราเร็วในการเกิดฟลูอิไดเซชัน (U/Umf=2.0 ถึง 3.5) อุณหภูมิ 700 องศาเซลเซียส ปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยา Ni/Al_2O_3 550 กรัม อัตราส่วนสารตั้งต้น $H_2O:CO_2:CH_4$ เป็น 3.0:4.0:1.0 ผลการทดลองแสดงได้ดังรูปที่ 4.8

จากผลการทดลอง พบว่า เมื่อเพิ่มอัตราเร็วในการป้อนสารตั้งต้น ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีปริมาณก๊าซไฮโดรเจนเพิ่มขึ้นน้อยมาก ในขณะที่ก๊าซคาร์บอนมอนนอกไซด์มีปริมาณลดลงน้อยมากเช่นกัน จาก 53.24 เป็น 55.91 เปอร์เซนต์ และจาก 27.86 เป็น22.13 เปอร์เซนต์ ตามลำดับ จึงถือได้ว่าปริมาณก๊าซไฮโดรเจนและคาร์บอนไดออกไซด์คงที่ สำหรับสารตั้งต้น คือ ก๊าซมีเทนถูกใช้ไม่หมดในปฏิกิริยา มีปริมาณเหลือเพิ่มขึ้นจาก 0.18 เป็น 1.00 เปอร์เซนต์ ทำให้เปอร์เซนต์การเปลี่ยนแปลงสารตั้งต้นก๊าซมีเทนลดลงจาก 98.20 เป็น 90.00 เปอร์เซนต์ เช่นเดียวกับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่มีปริมาณเหลืออยู่เพิ่มขึ้นจาก 20.72 เป็น 20.79 เปอร์เซนต์

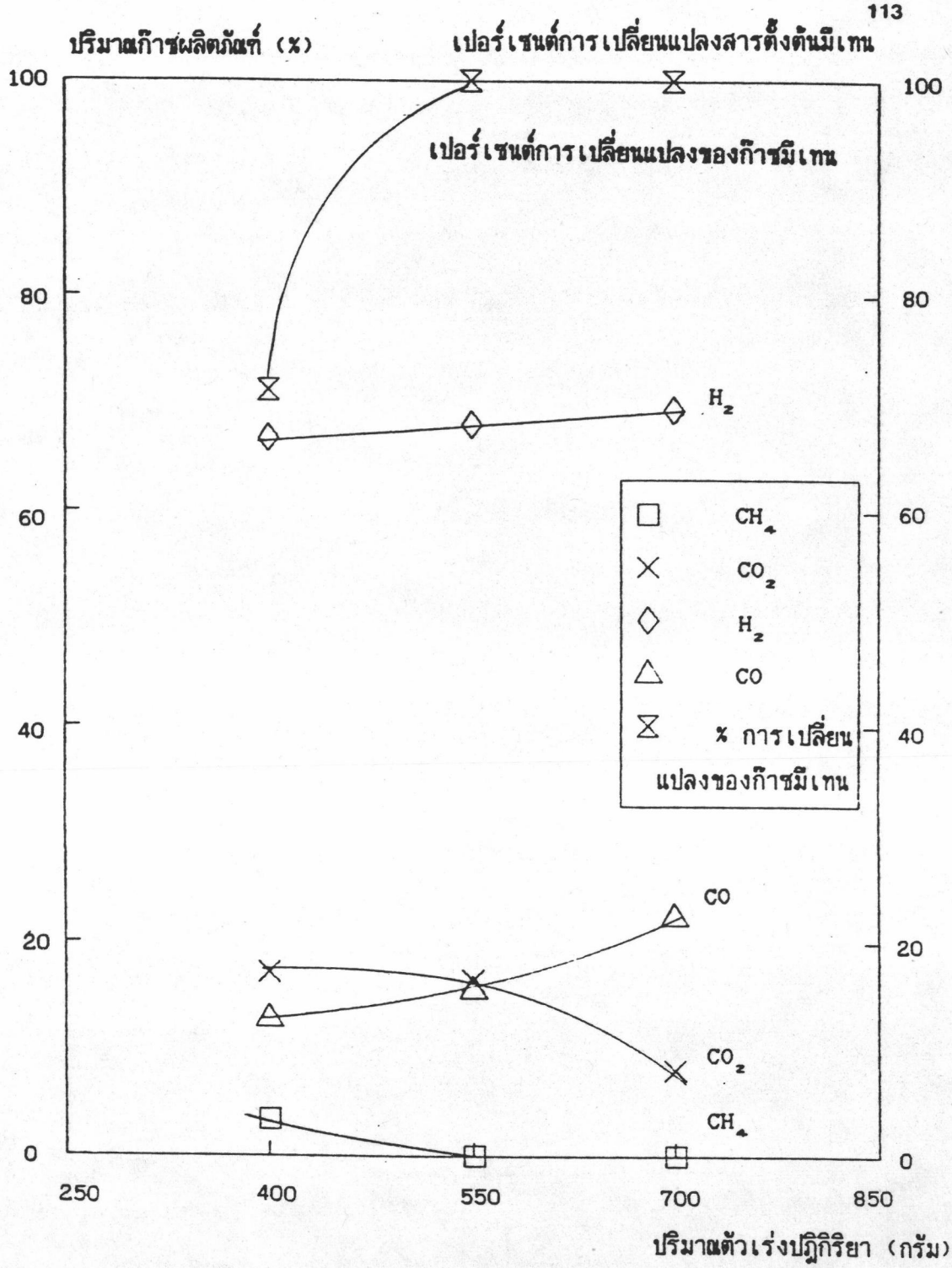


รูปที่ 4.8 แสดงอิทธิพลของอัตราเร็วในการป้อนสารตั้งต้นที่มีผลต่อปริมาณก๊าซผลิตภัณฑ์ เมื่ออุณหภูมิ 700 องศาเซลเซียส ปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยา 550 กรัม และอัตราส่วนสารตั้งต้น $H_2O:CO:CH_4$ = 3.0:4.0:1.0

4.4 อิทธิพลของปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยาที่มีผลต่อปฏิกิริยารีฟอร์มมิงก๊าซมีเทนด้วยไอน้ำและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

การทดลองศึกษาอิทธิพลของปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยาที่มีผลต่อผลิตภัณฑ์ที่ได้จากปฏิกิริยารีฟอร์มมิงมีเทนด้วยไอน้ำและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ให้ปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยา Ni/Al_2O_3 อยู่ในช่วง 400 ถึง 700 กรัม อุณหภูมิ 700 องศาเซลเซียส อัตราเร็วในการป้อนสารตั้งต้น 2.5 เท่าของอัตราเร็วในการเกิดฟลูอิไดเซชัน อัตราส่วนของสารตั้งต้น $H_2O:CO_2:CH_4$ เป็น 4.0:3.0:1.0 ผลการทดลองแสดงได้ดังรูปที่ 4.9

จากผลการทดลอง พบว่า เมื่อปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยาเพิ่มขึ้น ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีปริมาณก๊าซไฮโดรเจนที่มีการเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อย จาก 52.59 เป็น 54.44 เปอร์เซนต์ ส่วนก๊าซคาร์บอนมอนนอกไซด์เพิ่มขึ้นจาก 21.74 เป็น 24.98 เปอร์เซนต์ ในขณะที่ก๊าซมีเทนลดลงจาก 1.25 เป็น 0.00 เปอร์เซนต์ ทำให้เปอร์เซนต์การเปลี่ยนแปลงของก๊าซมีเทนเพิ่มขึ้นจาก 85.71 เป็น 100.00 เปอร์เซนต์ ส่วนก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มีอยู่ในสารตั้งต้นน้อยลง โดยลดลงจาก 23.98 เป็น 20.58 เปอร์เซนต์



รูปที่ 4.9 แสดงอิทธิพลของปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยาที่มีผลต่อปริมาณก๊าซผลิตภัณฑ์ เมื่ออัตราเร็วในการป้อนสาร U/Umf = 2.5 อุณหภูมิ 700 องศาเซลเซียส และอัตราส่วนสารตั้งต้น $H_2O:CO:CH_4$ = 4.0:3.0:1.0