บทที่ 4

ผลการทดลอง และสรุปผลการทดลอง

ในการทดลองครั้งแรกได้พยายามใช้ H_2 ทำการรีดิวซ์ตัวเร่งปฏิกิริยาในเฟสสเลอร์รีที่อุณหภูมิ 265° ซ. ที่ความดันบรรยากาศเป็นเวลา 32 ชั่วโมง หลังจากเก็บตัวอย่างแก๊สขาออกมาวิเคราะห์หาปริมาณน้ำที่ควรเกิดจากการรีดิวซ์ตามปฏิกิริยา

$$Fe_3O_4 + 4H_2 = 3Fe + 4H_2O \qquad 4.1$$

แต่ไม่พบน้ำที่เกิดจากปฏิกิริยาเลย จึงเปลี่ยนมาใช้แก๊สสังเคราะห์($CO + H_2$)แทนเป็นเวลา 10 ชั่วโมง ปรากฏว่ามีแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ออกมาทางแก๊สขาออกมากพอควร พร้อมทั้งมีน้ำอยู่บ้างเล็กน้อย ซึ่งน่าจะเป็นไปได้ว่าที่อุณหภูมิช่วงนี้ คาร์บอนมอนอคไซด์เป็นตัวเข้าทำปฏิกิริยารีดักชันตามปฏิกิริยา

$$Fe_3O_4 + 4CO = 3Fe + 4CO_2 \qquad 4.2$$

หรืออาจจะเกิดจากปฏิกิริยาของการสังเคราะห์และปฏิกิริยาวอเตอร์แก๊สชิฟท์ก็เป็นได้

ดังนั้นจึงได้พยายามทำการรีดิวซ์ในแพคแบดด้วยไฮโดรเจนที่อุณหภูมิสูงขึ้นถึง 400° ซ. เพื่อให้ได้ธาตุเหล็กโดยตรง (metallic Iron) ตามปฏิกิริยาที่ 4.1 และจากการวิเคราะห์ก็พบว่ามีน้ำออกมาทางแก๊สขาออกและลดลงเรื่อย ๆ จนเข้าสถานะสมดุลย์ (Steady Stare) ในเวลา 24 ชั่วโมง แต่ก็ได้ปล่อยให้การรีดิวซ์ดำเนินต่อไปอีก 3 วันเพื่อความแน่ใจ

ตารางที่ 4.1 ผลการทดลอง

RUN	TEMP.(C)	Vin (CC/SEC) STP	Vout (CC/SEC) STP	y(CO2) x 100	y(H2) x 100	y(CO) x 100	y(CH4) x 100	r(CO+H2) mol/(g of cat.s)	V out H2 MOLE/S	Vout CO MOLE/S	V out CO2 MOLE/S	C(H2)/ -r(CO+H2)	C(CO2)/ C(CO)	X(CO+H2)
1	225	0.880	0.269	38.436	44.962	10.706	1.323	7.610E-07	5.398E-06	1.285E-06	4.615E-05	26.376	3.590	0.833
2	225	1.019	0.279	35.513	46.767	13.647	1.211	8.857E-07	5.831E-06	1.702E-06	4.428E-06	23.572	2.602	0.837
3	225	1.915	1.154	23.782	46.844	26.627	0.759	1.111E-06	2.414E-05	1.372E-05	1.225E-05	18.822	0.893	0.559
4	225	1.984	1.258	24.49	47.997	26.766	0.724	1.087E-06	2.695E-05	1.503E-05	1.375E-05	19.710	0.915	0.528
5	225	3.666	2.825	9.228	50.134	39.89	0.121	1.170E-06	6.322E-05	5.030E-05	1.164E-05	19.127	0.231	0.307
6	235	0.844	0.293	44.901	43.651	5.203	2.15	7.304E-07	5.706E-06	6.602E-07	5.870E-06	26.680	8.630	0.834
7	235	1.019	0.337	42.55	43.77	7.686	1.715	8.809E-07	6.585E-06	1.156E-06	6.401E-06	22.183	5.536	0.833
8	235	1.876	0.916	33.138	46.689	16.278	1.133	1.353E-06	1.910E-05	6.659E-06	1.356E-05	15.405	2.036	0.695
9	235	1.984	1.055	34.528	47.134	17.181	1.034	1.360E-06	2.220E-05	8.092E-06	1.626E-05	15.474	2.010	0.660
10	235	3.589	2.289	17.622	49.982	33.165	0.399	1.756E-06	5.107E-05	3.388E-05	1.800E-05	12.706	0.531	0.471
11	245	0.997	0.333	46.168	43.194	5.67	2.252	8.683E-07	6.428E-06	8.438E-07	6.871E-06	22.207	8.143	0.840
12	245	0.980	0.332	46.947	43.061	5.399	2.163	8.538E-07	6.374E-06	7.992E-07	6.949E-06	22.516	8.695	0.839
13	245	1.876	0.802	38.174	45.251	11.82	1.76	1.477E-06	1.620E-05	4.231E-06	1.367E-05	13.674	3.230	0.759
14	245	1.984	0.840	37.093	46.924	12.228	1.61	1.549E-06	1.759E-05	4.584E-06	1.391E-05	13.521	3.033	0.752
15	245	3.666	2.221	24.867	49.277	24.386	0.738	2.115E-06	4.886E-05	2.418E-05	2.466E-05	10.403	1.020	0.556
17	255	0.980	0.321	47.965	42.405	3.885	2.462	8.665E-07	6.072E-06	5.563E-07	6.868E-06	21.848	12.346	0.852
18	255	1.876	0.780	42.917	44.274	7.686	2.229	1.532E-06	1.542E-05	2.677E-06	1.495E-05	12.904	5.584	0.787
19	255	1.984	0.801	41.167	45.586	9.406	2.019	1.608E-06	1.630E-05	3.383E-06	1.472E-05	12.657	4.377	0.781
20	255	3.627	1.890	33.728	48.87	17.181	1.142	2.478E-06	4.124E-05	1.450E-05	2.846E-05	8.804	1.963	0.658
21	265	1.019	0.323	49.288	40.594	3.276	3.045	9.137E-07	5.862E-06	4.731E-07	7.117E-06	19.834	15.045	0.864
22	265	1.876	0.777	46.416	43.417	5.662	2.49	1.557E-06	1.505E-05	1.963E-06	1.609E-05	12.449	8.198	0.800
23	265	2.060	0.845	44.62	45.099	7.521	2.099	1.682E-06	1.702E-05	2.838E-06	1.683E-05	11.968	5.933	0.787
24	265	3.666	1.808	38.887	46.767	11.496	1.715	2.721E-06	3.775E-05	9.280E-06	3.139E-05	7.672	3.383	0.715

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ผลการทดลอง

ผลการทดลองแสดงไว้ในตารางที่ 4.1 ซึ่งแสดงผลการทดลองจากอุณหภูมิ 225° - 265°ซ. และอัตราเร็วขาเข้าของแก๊สสังเคราะห์จาก 0.88 - 3.67 ลบ.ซม/วินาทีที่อุณหภูมิและความดันมาตรฐาน

สรุปผลการทดลอง

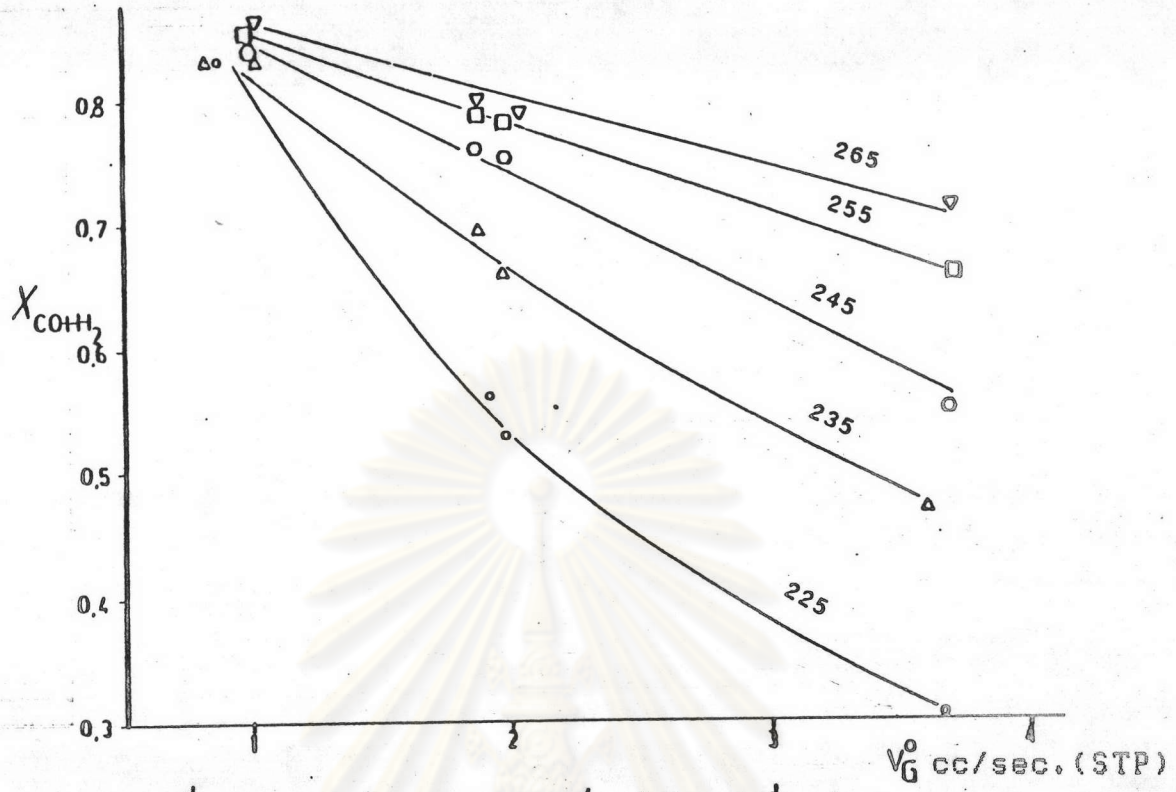
จากรูปที่ 4.1 ซึ่งแสดง กราฟของอัตราเร็วขของแก๊สสังเคราะห์ขาเข้ากับการเปลี่ยน (conversion) ของแก๊สสังเคราะห์ จะเห็นได้ว่า เมื่ออัตราเร็วสูงขึ้นการเปลี่ยนจะลดลง และเมื่ออุณหภูมิของการสังเคราะห์สูงขึ้น ค่าการเปลี่ยนจะสูงตามไปด้วย และอุณหภูมิของการสังเคราะห์สูงขึ้น อัตราเร็วของแก๊สสังเคราะห์ขาเข้าจะมีผลต่อการเปลี่ยนน้อยลง แสดงว่าในช่วงอุณหภูมิ 225°-265°ซ. นี้เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น ปฏิกิริยาการสังเคราะห์จะเกิดได้ดีขึ้นและค่อย ๆ เข้าสู่อุณหภูมิที่เหมาะสมในการสังเคราะห์มากขึ้น

รูปที่ 4.2 แสดง กราฟ อัตราความเร็วของ แก๊สสังเคราะห์ขาเข้ากับอัตราการเกิดปฏิกิริยาของการสังเคราะห์ จะเห็นได้ว่าเมื่ออัตราความเร็วของแก๊สสังเคราะห์ขาเข้าเพิ่มขึ้น อัตราการเกิดปฏิกิริยาก็จะเพิ่มขึ้นด้วย และเช่นเดียวกันเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นอัตราการเกิดปฏิกิริยาก็จะสูงขึ้นด้วย

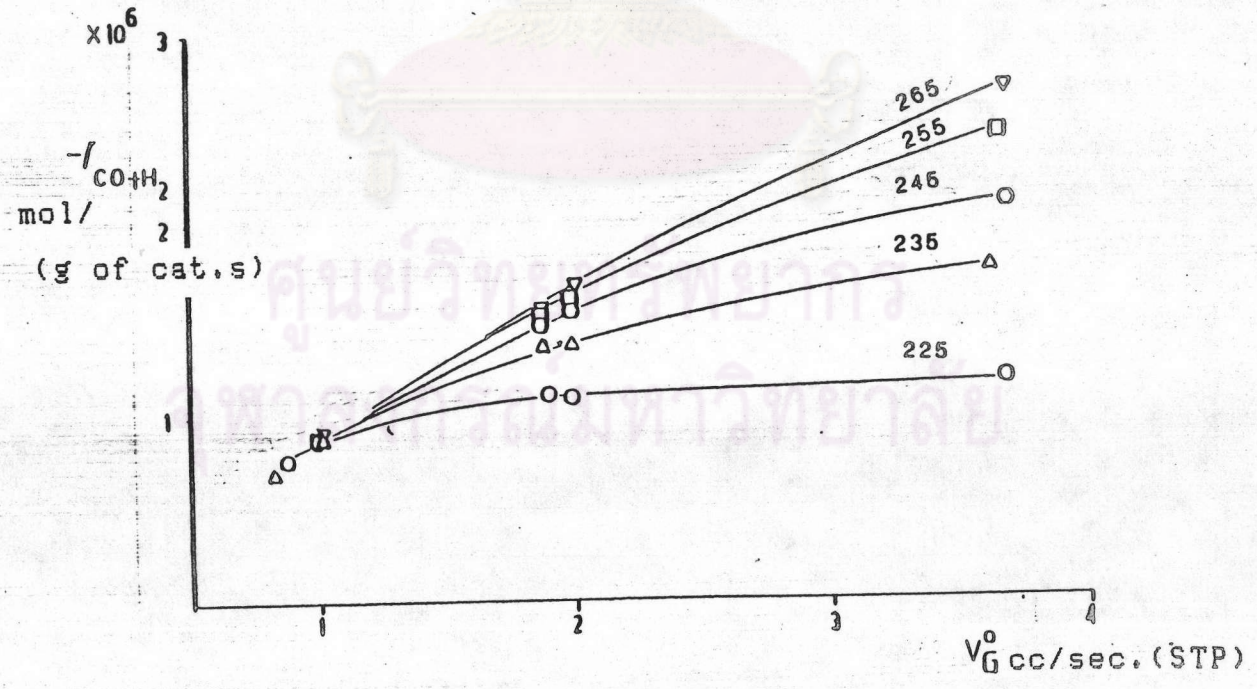
ตามรูปที่ 4.3 แสดงกราฟระหว่างอัตราเร็วของแก๊สขาเข้าและสัดส่วนโมลของแก๊สขาออกอื่น ๆ จะเห็นได้ว่าสัดส่วนโมลของไฮโดรเจนค่อนข้างคงที่เมื่ออุณหภูมิเปลี่ยนไปและเปลี่ยนแปลงเล็กน้อย เมื่ออัตราเร็วของแก๊สขาเข้าเปลี่ยนไป ที่อุณหภูมิสูงขึ้นสัดส่วนโมลของ CO_2 จะสูงขึ้นด้วยแต่สัดส่วนโมลของ CO จะลดลง เมื่อ ความเร็วของแก๊สขาเข้ามากขึ้นสัดส่วนของโมล CO_2 จะลดลง และ CO จะมากขึ้น

จากสมการที่ 2.21 จะเห็นได้ว่า

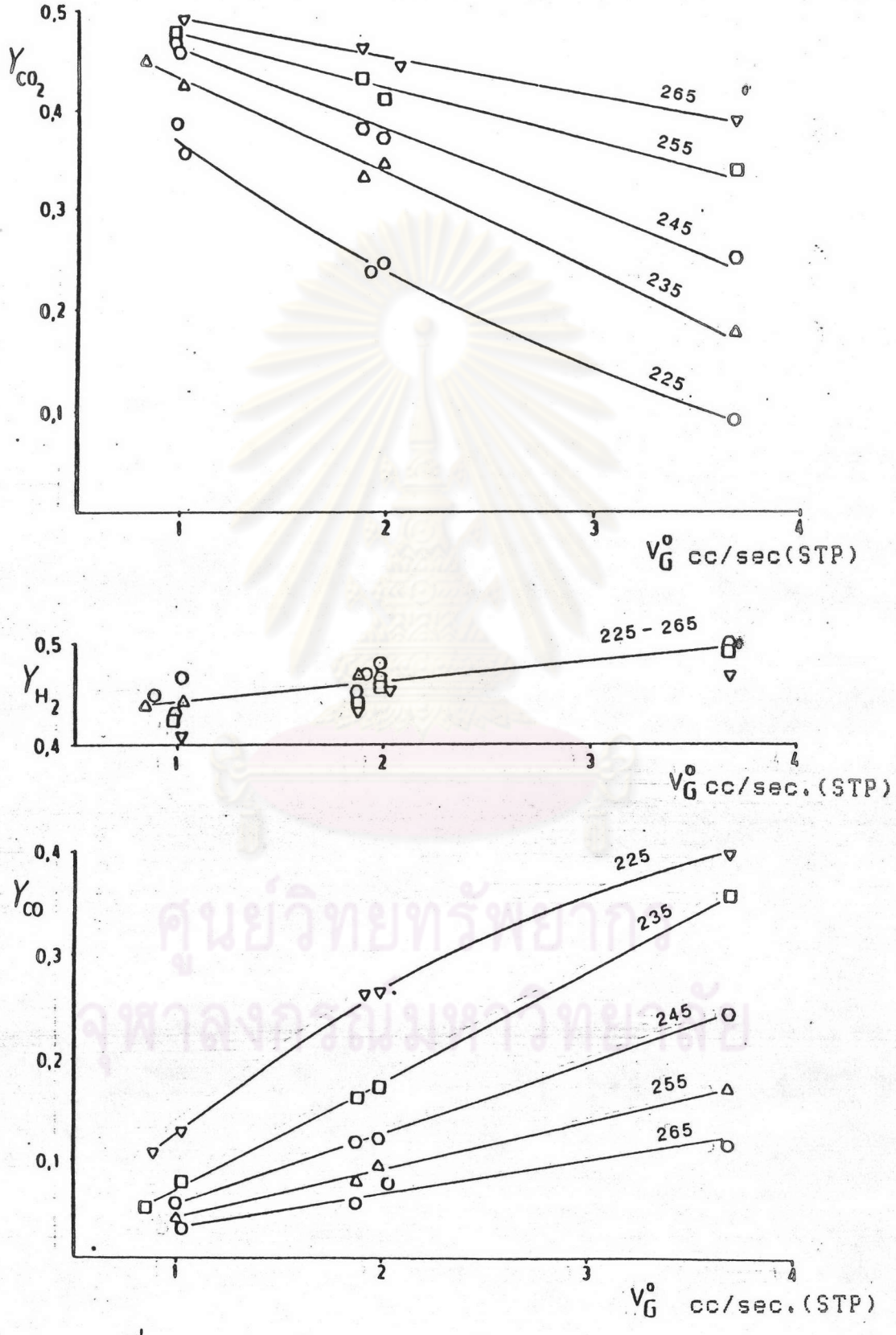
$$-r_{CO+H_2} = \frac{b\ C_{H_2}}{1 + b_2 \frac{C_{CO_2}}{C_{CO}}} \qquad 4.3$$



รูปที่ 4.1 อัตราเร็วของแก๊สสังเคราะห์ขาเข้ากับการเปลี่ยนรูปของแก๊สสังเคราะห์

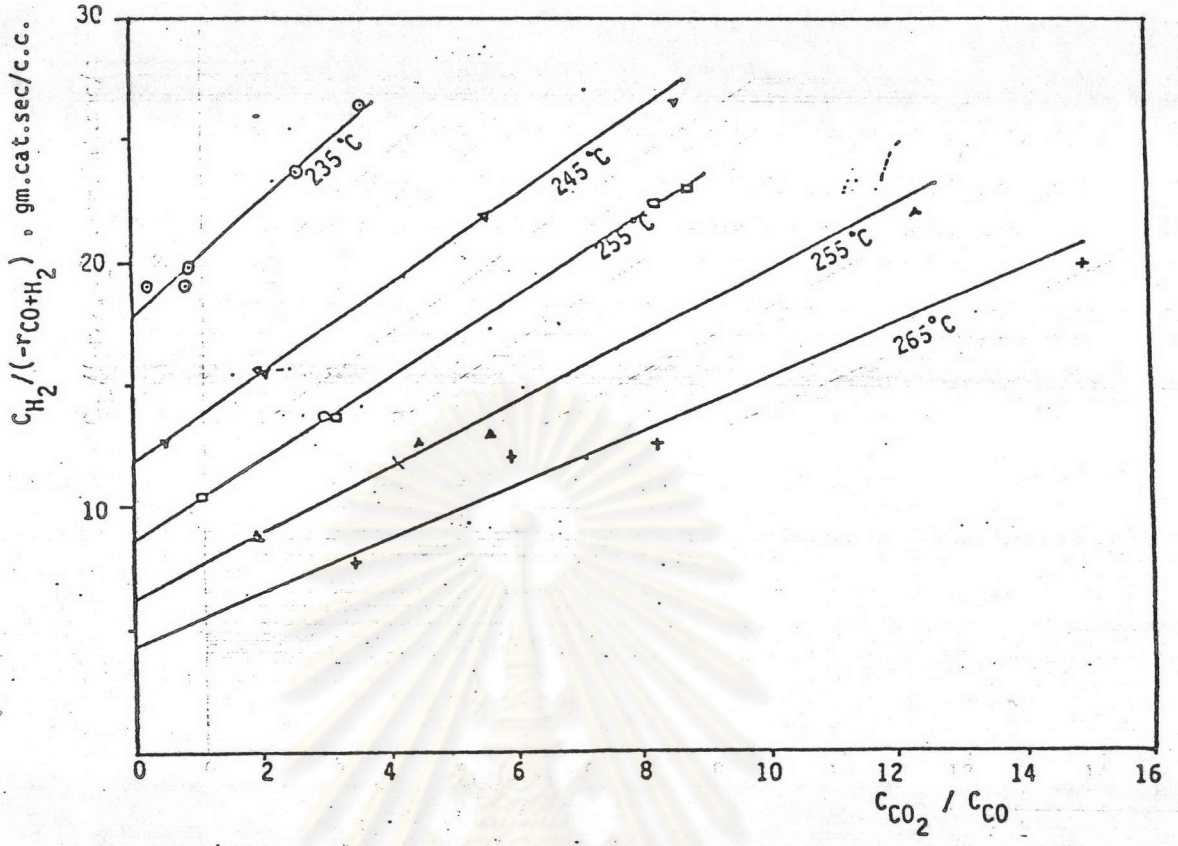


รูปที่ 4.2 อัตราเร็วของแก๊สสังเคราะห์ขาเข้ากับอัตราการเกิดปฏิกิริยาของการสังเคราะห์

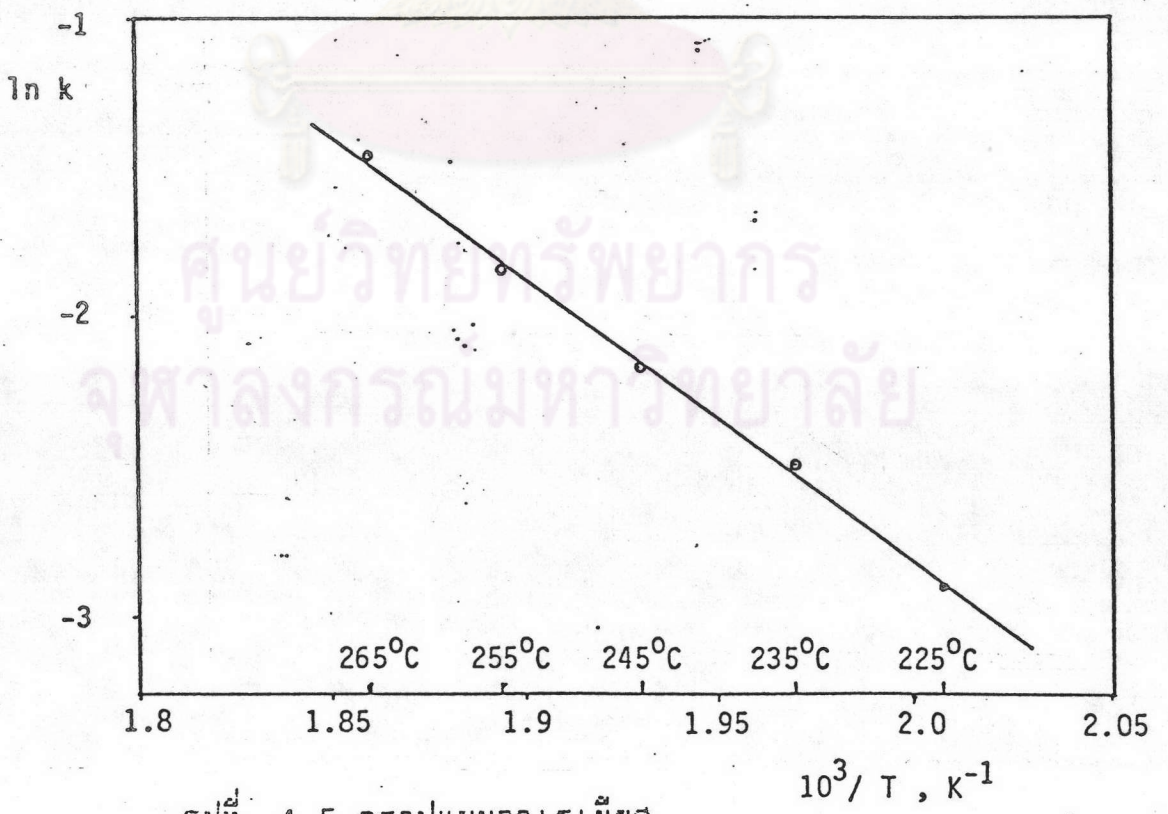


รูปที่ 4.3 อัตราเร็วของแก๊สสังเคราะห์ขาเข้ากับสัดส่วนโมลของแก๊สขาออก

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.4 กราฟของการทดลองตามสมการที่ 4.4



รูปที่ 4.5 กราฟแบบอาเรเนียส

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

เมื่อจัดรูปใหม่จะได้

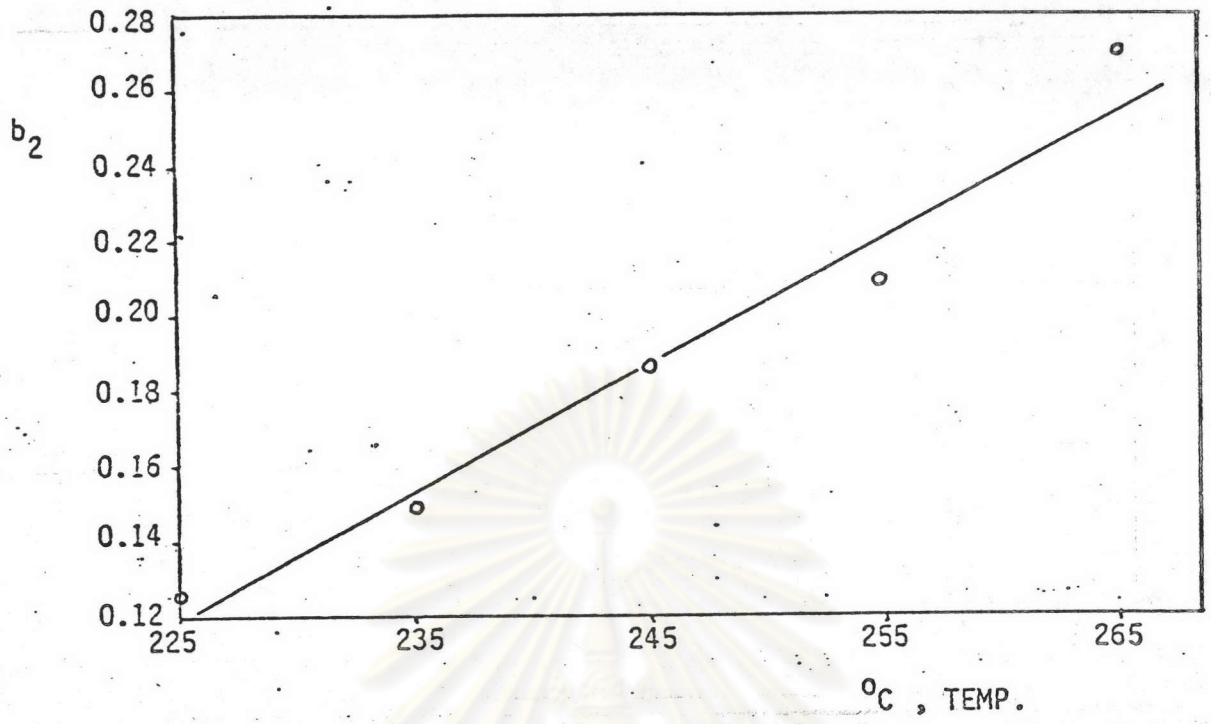
$$\frac{C_{H_2}}{-r_{CO+H_2}} = \frac{1}{b_1} + \frac{b_2}{b_1}\frac{C_{CO_2}}{C_{CO}} \qquad 4.4$$

จากรูปที่ 4.4 จะแสดงให้เห็นว่าค่าที่วัดได้สามารถประมาณได้ว่าเป็นเส้นตรงตามสมการ 4.4 โดยค่า b1 จะสามารถคำนวณหาได้จากจุดตัดแกน y และ b2 จากค่าความลาดชัน

จากรูปที่ 4.5 แสดงกราฟแบบอาเรเนียส ซึ่งจะหาค่าพลังงานแอคทิเวชัน (activation energy) ได้เท่ากับ 79 กิโลจูลต่อโมล ซึ่งก็อยู่ในช่วงซึ่งมีผู้ทำการทดลองก่อน ๆ พบ (45)

ดังนั้นสมการที่ 4.3 สามารถใช้แทน อัตราการเกิดปฏิกิริยาของการสังเคราะห์แบบฟิสเชอร์-โทรป ได้ดี โดยไม่มีแฟคเตอร์ของน้ำซึ่งมีปริมาณน้อยและยากต่อการวิเคราะห์หาปริมาณมาเกี่ยวข้องและค่า b2 ซึ่งเปลี่ยนแปลงไปตามอุณหภูมินี้อาจจะเป็นผลมาจากปริมาณน้ำซึ่งเพิ่มสูงขึ้น เมื่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาแบบฟิสเชอร์-โทรปช์เพิ่มขึ้นตามอุณหภูมิ และน้ำนี้เกิดขึ้นโดยตรงกับคาร์บอนไดออกไซด์ซึ่งก็ได้รับการยืนยันจากการทดลองของแซทเทอร์ฟิลด์และคณะ (56)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.6 กราฟแสดงค่า b_2 กับอุณหภูมิ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย