บทที่ 4

ผลการทดลอง วิเคราะห์และวิจารณ์ผล

4.1 การทดลองหาความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการเกิดปฏิกิริยาของมีเทนกับความเข้มข้นของมีเทน

สมมุติให้อัตราการเกิดปฏิกิริยาของมีเทนมีความสัมพันธ์กับอันดับของความเข้มข้นของมีเทน ไอน้ำ คาร์บอนไดออกไซด์ เขียนสมการอัตราการเกิดปฏิกิริยาของมีเทนได้เป็น

$$-r_{methane} = k[CH_4]^m[H_2O]^n[CO_2]^o$$

ทำการทดลองการรีฟอร์มมีเทน ไอน้ำ คาร์บอนไดออกไซด์ บนตัวเร่งปฏิกิริยานิกเกิล/อลูมินา ที่อุณหภูมิ 923 เคลวิน และกำหนดให้ความเข้มข้นของไอน้ำ คาร์บอนไดออกไซด์ มากเกินพอจนถือว่าคงที่ และเปลี่ยนแปลงน้ำหนักตัวเร่งปฏิกิริยา ข้อมูลและผลการทดลองแสดงไว้ดังตาราง ที่ 4.1 - 4.2 จากผลการทดลองเมื่อนำเศษส่วนน้ำหนักตัวเร่งปฏิกิริยาต่ออัตราการป้อนมีเทน ($W/F_{o,methane}$)ไปเขียนกราฟกับเศษส่วนเปลี่ยนแปลงของมีเทนในก๊าซผลิตภัณฑ์($X_{methane}$) ในสมการ

$$X_{methane} = -r_{methane} \cdot W/F_{o,methane}$$

จะได้ความชันที่จุดเริ่มต้นเป็นอัตราการเกิดปฏิกิริยาของมีเทน ดังแสดงในรูปที่ 4.1a-4.1d และตารางที่ 4.3 และนำอัตราการเกิดปฏิกิริยา($-r_{methane}$) ที่ได้นี้ทำการเขียนกราฟระหว่าง $\ln(-r_{methane})$ กับ $\ln[CH_4]$ ในสมการ

$$\ln(-r_{methane}) = \ln K + m\ln[CH_4]$$

ถ้าได้กราฟเป็นเส้นตรงและหาค่าความชันได้ แสดงว่าอัตราการเกิดปฏิกิริยาของมีเทนมีความสัมพันธ์กับอันดับของความเข้มข้นของมีเทน

ตารางที่ 4.1 แสดงความเข้มข้นสารตั้งต้นที่อุณหภูมิ 923 เคลวิน ของการทดลองที่ A ถึง D

การทดลองที่	ความเข้มข้นสารตั้งต้น (โมล/ม^3)		
	มีเทน	ไอน้ำ	คาร์บอนไดออกไซด์
A	0.247	8.51	3.53
B	0.397	8.51	3.53
C	0.664	8.42	3.49
D	0.816	8.37	3.47

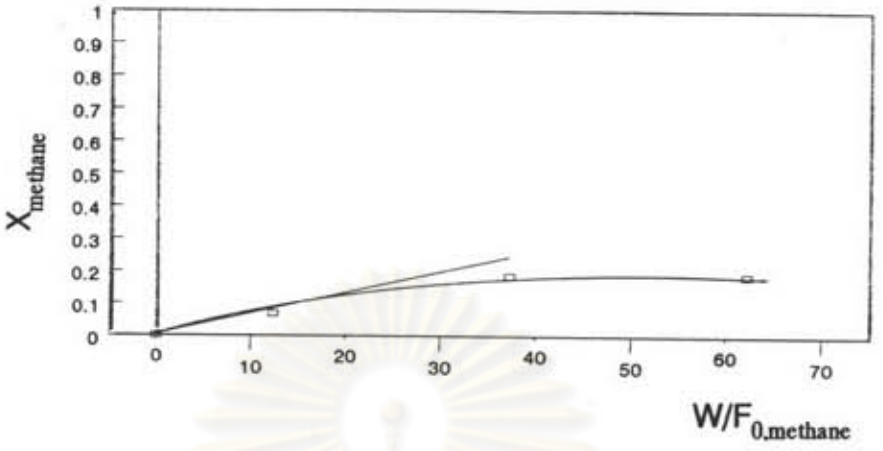
หมายเหตุ รายละเอียดแสดงในภาคผนวก ก ข และ ค

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

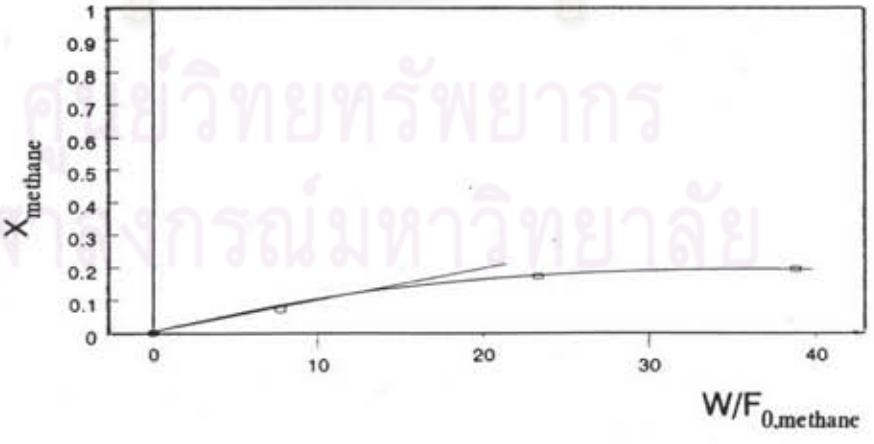
ตารางที่ 4.2 แสดงค่า $W/F_{o,methane}$ และ เศษส่วนการเปลี่ยนของมีเทน($X_{methane}$) ของการทดลองที่ A ถึง D

การทดลองที่	$W/F_{o,methane}$ (กก.วินาที/โมล)	สัดส่วนมีเทนต่อไนโตรเจน		เศษส่วนการเปลี่ยนแปลง ($X_{methane}$)
		สารตั้งต้น	ผลิตภัณฑ์	
A_1	12.4	0.323	0.301	0.068
A_2	37.3	0.323	0.246	0.185
A_3	62.2	0.323	0.246	0.185
B_1	7.76	0.680	0.630	0.074
B_2	23.3	0.735	0.606	0.175
B_3	38.8	0.735	0.590	0.197
C_1	4.56	1.077	0.999	0.072
C_2	13.7	1.077	0.860	0.201
C_3	22.8	1.077	0.819	0.240
C_4	32.0	1.077	0.735	0.317
D_1	3.71	1.511	1.403	0.071
D_2	11.1	1.511	1.216	0.195
D_3	18.6	1.511	1.130	0.252
D_4	26.0	1.511	1.027	0.320

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

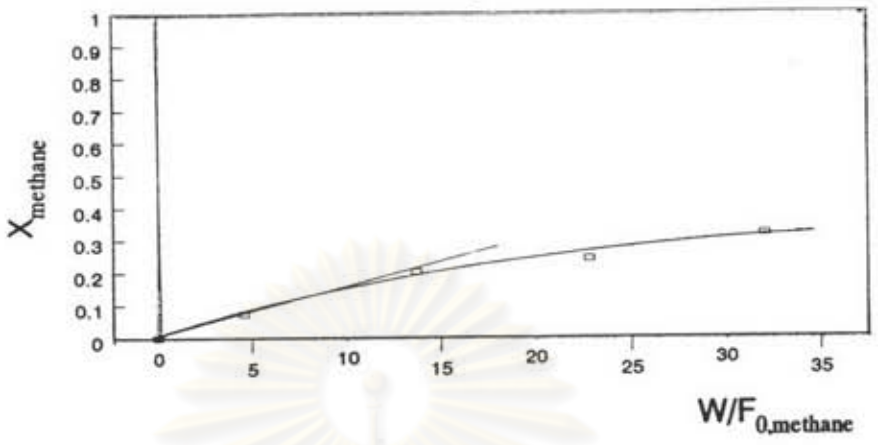


รูปที่ 4.1a กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง $W/F_{o,methane}$ กับ $X_{methane}$ เพื่อหาค่า $-r_{methane}$ ของการทดลองที่ A

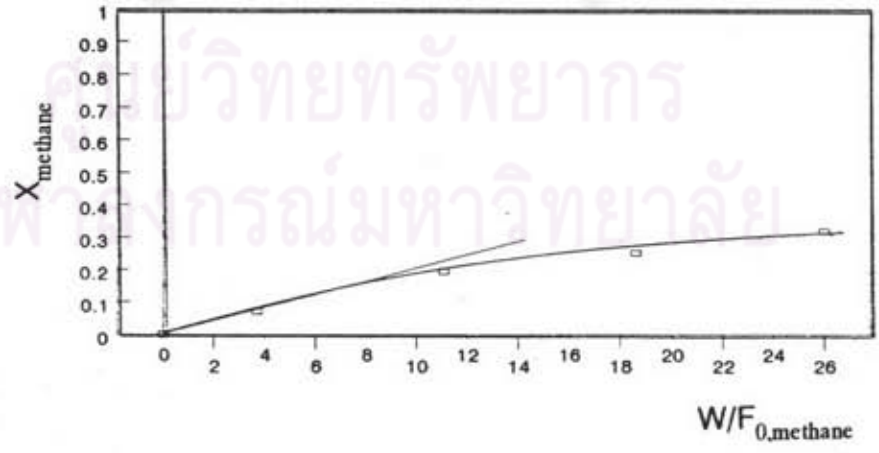


รูปที่ 4.1b กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง $W/F_{o,methane}$ กับ $X_{methane}$ เพื่อหาค่า $-r_{methane}$ ของการทดลอง B

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.1c กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง $W/F_{o,methane}$ กับ $X_{methane}$ เพื่อหาค่า $-r_{methane}$ ของการทดลอง C

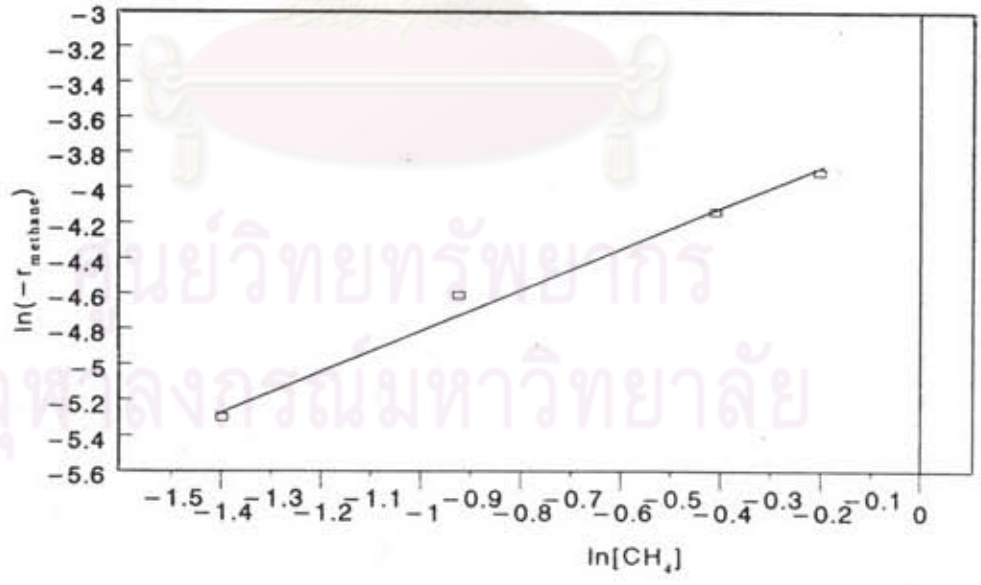


รูปที่ 4.1d กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง $W/F_{o,methane}$ กับ $X_{methane}$ เพื่อหาค่า $-r_{methane}$ ของการทดลอง D

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.3 แสดงอัตราการเกิดปฏิกิริยา เมื่อทำการทดลองเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นมีเทน และให้ความเข้มข้นของไอน้ำ คาร์บอนไดออกไซด์ มากเกินพอจนถือว่าคงที่

การทดลองที่	$[CH_4]$ (โมล/ม^3)	$-r_{methane}$ (โมล/กก.วินาที)	$\ln[CH_4]$	$\ln(-r_{methane})$
A	0.247	0.0055	-1.398	-5.298
B	0.397	0.010	-0.924	-4.605
C	0.664	0.016	-0.409	-4.133
D	0.816	0.020	-0.203	-3.912



รูปที่ 4.2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง $\ln[CH_4]$ กับ $\ln(-r_{methane})$ เพื่อหาอันดับของมีเทนได้ค่า "m" เท่ากับ 1.06

4.2 <u>การทดลองหาความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการเกิดปฏิกิริยาของมีเทนกับความเข้มข้นของมีเทน ไอน้ำและคาร์บอนไดออกไซด์</u>

สมมุติให้อัตราการเกิดปฏิกิริยาของมีเทนมีความสัมพันธ์กับอันดับของความเข้มข้นของมีเทน ไอน้ำ คาร์บอนไดออกไซด์ เขียนสมการอัตราการเกิดปฏิกิริยาของมีเทนได้เป็น

$$-r_{methane} = k[CH_4]^m[H_2O]^n[CO_2]^o$$

ทำการทดลองการรีฟอร์มมีเทน ไอน้ำ คาร์บอนไดออกไซด์ บนตัวเร่งปฏิกิริยานิกเกิล/อลูมินา ที่อุณหภูมิ 923 เคลวิน กำหนดให้ความเข้มข้นของ มีเทน ไอน้ำ คาร์บอนไดออกไซด์ แตกต่างกันไป โดยแต่ละชุดการทดลองจะมีการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักตัวเร่งปฏิกิริยา ข้อมูลและผลการทดลองแสดงได้ดังตารางที่ 4.4-4.6 จากผลการทดลองแต่ละชุดเมื่อนำค่าเศษส่วนน้ำหนักตัวเร่งปฏิกิริยาต่ออัตราการป้อนมีเทน($W/F_{o,methane}$)ไปเขียนกราฟกับเศษส่วนเปลี่ยนแปลงของมีเทนในก๊าซผลิตภัณฑ์($X_{methane}$) ในสมการ

$$X_{methane} = -r_{methane} \cdot W/F_{o,methane}$$

จะได้ความชันที่จุดเริ่มต้นเป็นอัตราการเกิดปฏิกิริยาของมีเทน ดังแสดงในรูปที่ 4.3a-4.3j และนำข้อมูลเหล่านี้ไปหาอันดับโดยวิธี Multiple linear regression

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.4 แสดงความเข้มข้นของสารตั้งต้น การทดลองที่ E ถึง M

การทดลองที่	ความเข้มข้นสารตั้งต้น(โมล/ม^3)ที่อุณหภูมิ 923 เคลวิน		
	มีเทน	ไอน้ำ	คาร์บอนไดออกไซด์
E	1.139	7.366	1.732
F	1.690	7.108	1.863
G	2.290	6.950	1.850
H	2.950	6.420	1.940
I	1.970	3.530	1.620
J	1.490	6.660	1.270
K	1.460	8.470	1.330
L	1.240	9.670	1.090
M	2.350	7.150	1.230

หมายเหตุ รายละเอียดอยู่ในภาคผนวก ก ข และ ค

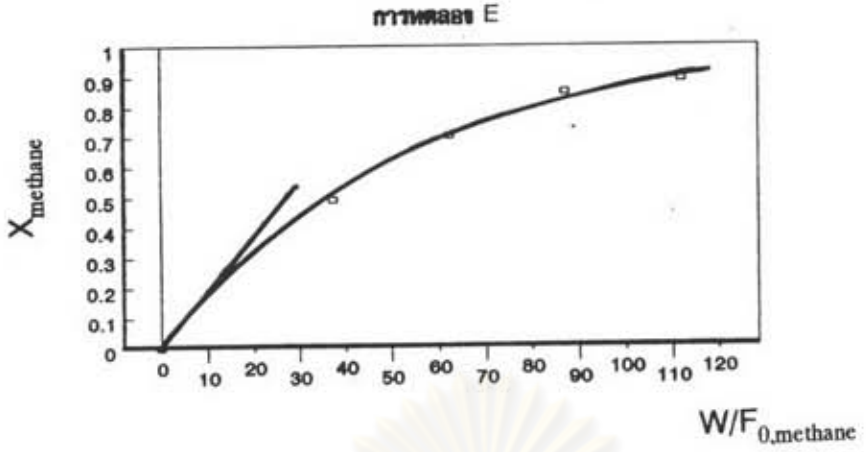
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

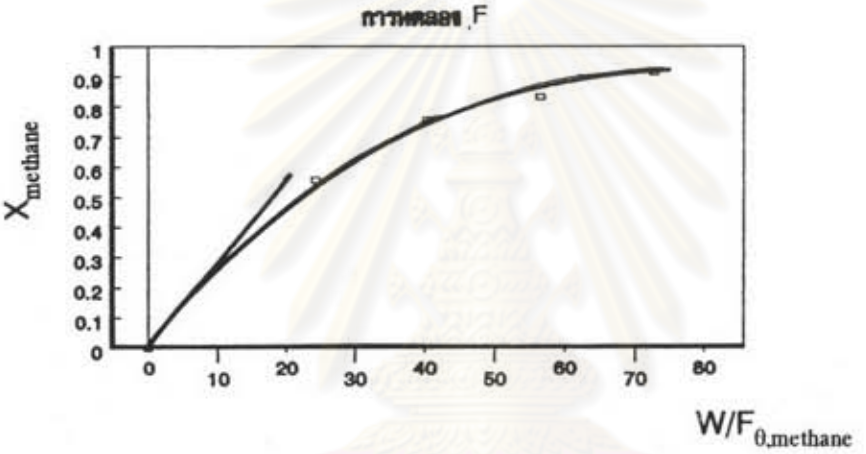
ตารางที่ 4.5 แสดงค่า $W/F_{o,methane}$ และเศษส่วนการเปลี่ยนของมีเทน($X_{methane}$) การทดลองที่ E ถึง M

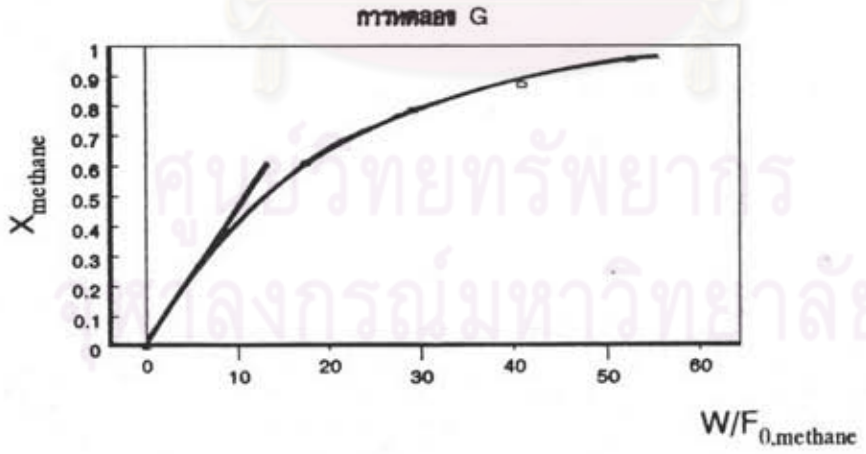
การทดลองที่	$W/F_{o,methane}$ (กก.วินาที/โมล)	สัดส่วนมีเทนต่อไนโตรเจน		เศษส่วนการเปลี่ยนแปลง ($X_{methane}$)
		สารตั้งต้น	ผลิตภัณฑ์	
E_1	37.31	0.385	0.196	0.491
E_2	62.19	0.385	0.115	0.701
E_3	87.06	0.385	0.058	0.849
E_4	111.94	0.385	0.043	0.888
F_1	24.30	0.666	0.296	0.556
F_2	40.50	0.666	0.162	0.757
F_3	56.70	0.666	0.111	0.838
F_4	72.90	0.666	0.057	0.914
G_1	17.50	1.082	0.423	0.609
G_2	29.16	1.082	0.231	0.786
G_3	40.83	1.082	0.139	0.871
G_4	52.49	1.082	0.048	0.956
H_1	12.50	1.563	0.641	0.590
H_2	20.83	1.563	0.350	0.776
H_3	29.17	1.563	0.270	0.827
H_4	37.50	1.563	0	1
I_1	24.30	0.323	0.173	0.464
I_2	40.50	0.323	0.145	0.551
I_3	56.70	0.323	0.126	0.610
I_4	72.90	0.323	0.099	0.693

ตารางที่ 4.5(ต่อ) แสดงค่า $W/F_{o,methane}$ และเศษส่วนการเปลี่ยนของมีเทน($X_{methane}$) ของการทดลอง E ถึง M

การทดลองที่	$W/F_{o,methane}$ (กก.วินาที/โมล)	สัดส่วนมีเทนต่อไนโตรเจน		เศษส่วนการเปลี่ยนแปลง ($X_{methane}$)
		สารตั้งต้น	ผลิตภัณฑ์	
J_1	24.30	0.394	0.204	0.482
J_2	40.50	0.394	0.165	0.581
J_3	56.70	0.394	0.139	0.647
J_4	72.90	0.394	0.100	0.746
K_1	24.30	0.747	0.423	0.434
K_2	40.50	0.747	0.310	0.585
K_3	56.70	0.747	0.278	0.628
K_4	72.90	0.747	0.160	0.786
L_1	24.30	1.025	0.471	0.540
L_2	40.50	1.025	0.290	0.717
L_3	56.70	1.025	0.268	0.739
L_4	72.90	1.025	0.171	0.833
M_1	17.50	0.925	0.393	0.587
M_2	29.16	0.925	0.310	0.674
M_3	40.83	0.925	0.242	0.746
M_4	52.49	0.925	0.190	0.800

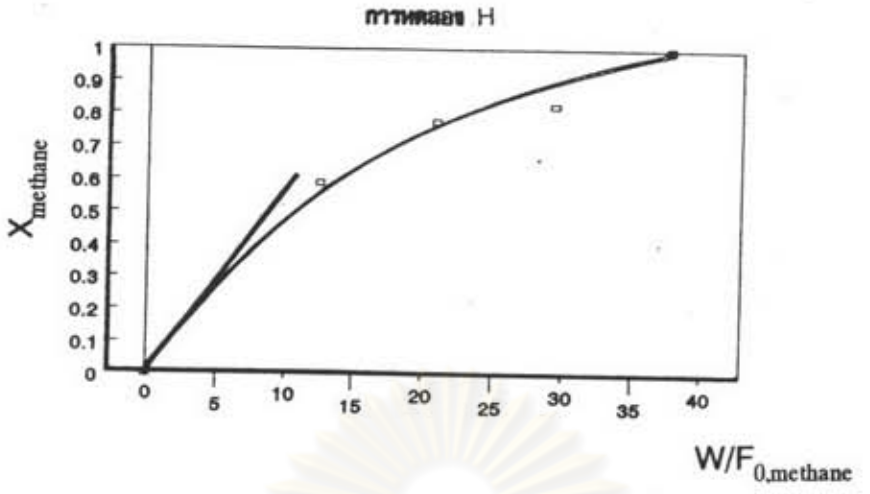


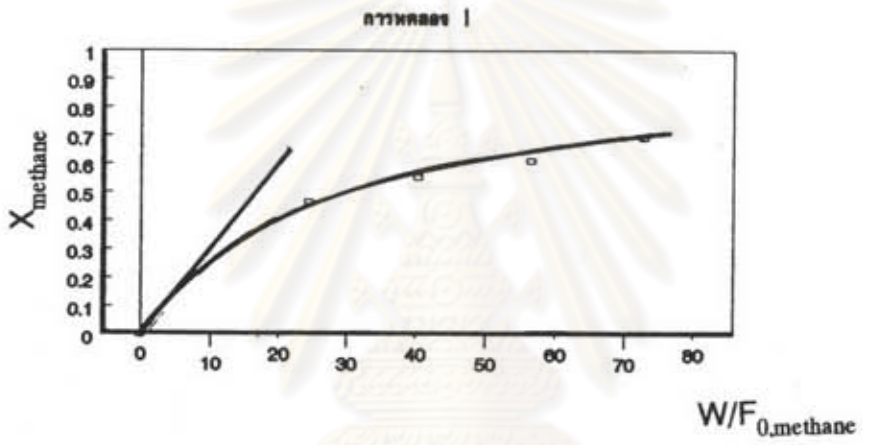


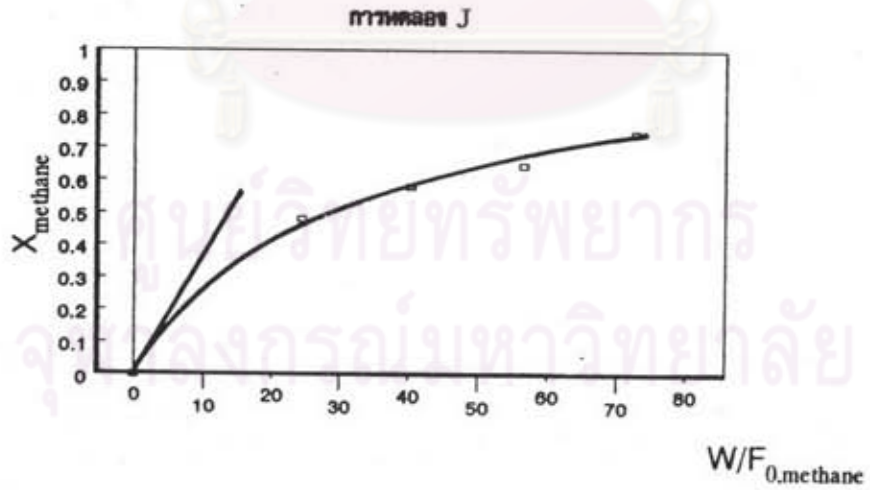


รูปที่ 4.3a-4.3c กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง $W/F_{o,methane}$ กับ $X_{methane}$ เพื่อหาค่า $-r_{methane}$ ที่ความเข้มข้นต่างๆ ของการทดลองที่ E ถึง G

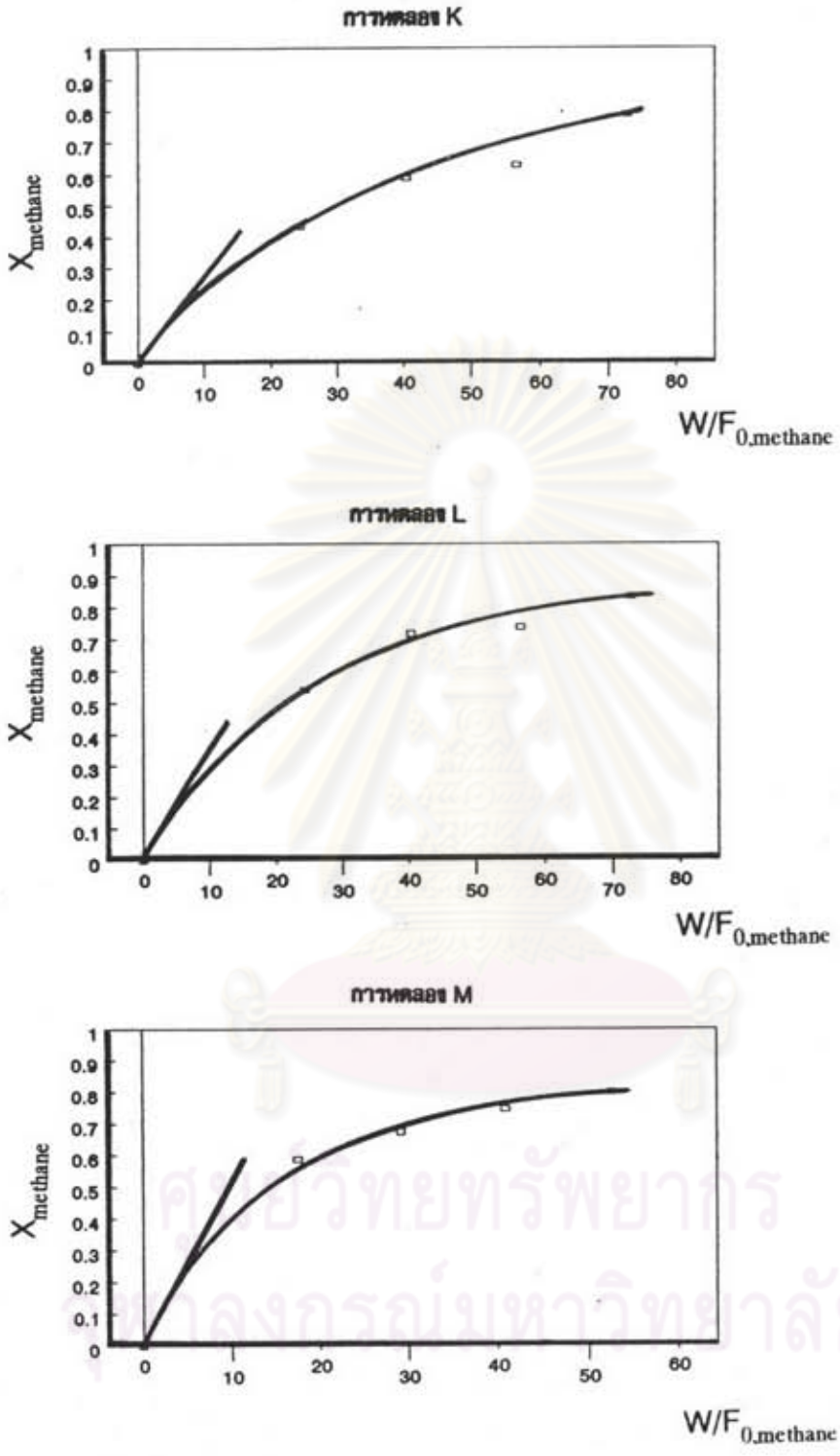
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย







รูปที่ 4.3d-4.3f กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง $W/F_{O,methane}$ กับ $X_{methane}$ เพื่อหาค่า $-r_{methane}$ ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ ของการทดลองที่ H ถึง J



รูปที่ 4.3g-4.3i กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง $W/F_{o,methane}$ กับ $X_{methane}$ เพื่อหาค่า $-r_{methane}$ ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ ของการทดลองที่ K ถึง M

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.6 แสดงความเข้มข้นที่ทำการทดลองและอัตราการเกิดปฏิกิริยาที่ได้

การทดลองที่	$[CH_4]$	$[H_2O]$	$[CO_2]$	$-r_{methane}$
E	1.139	7.366	1.732	0.018
F	1.690	7.108	1.863	0.027
G	2.290	6.950	1.850	0.036
H	2.950	6.420	1.940	0.050
I	1.970	3.530	1.620	0.030
J	1.490	6.660	1.270	0.038
K	1.460	8.470	1.330	0.040
L	1.240	9.670	1.090	0.046
M	2.350	7.150	1.230	0.060

วิธีการ Multiple linear regression

จากสมการ $$-r_{methane} = k[CH_4]^m.[H_2O]^n.[CO_2]^o$$

หรือ $$\ln(-r_{methane}) = \ln k + m\ln[CH_4] + n\ln[H_2O] + o\ln[CO_2]$$

เขียนรูปแบบอย่างง่ายได้เป็น

$$y = a_o + a_1X_1 + a_2X_2 + a_3X_3$$

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

โดย

$$y = \ln(-r_{methane})$$

$$a_o = \ln k$$

$$a_1 = m$$

$$a_2 = n$$

$$a_3 = o$$

$$X_1 = \ln[CH_4]$$

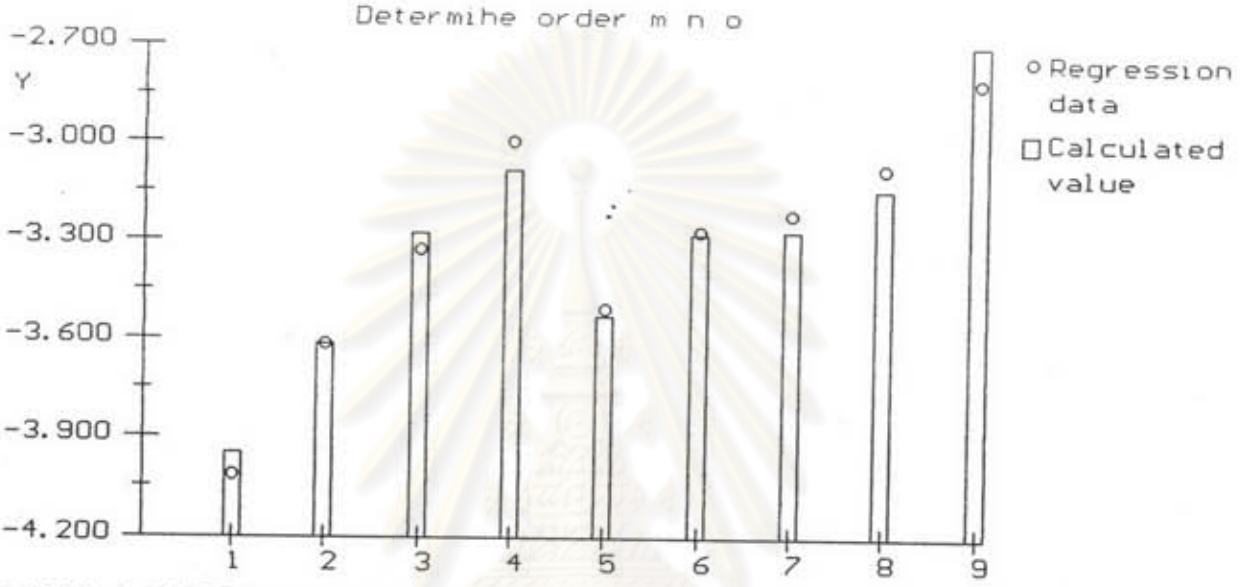
$$X_2 = \ln[H_2O]$$

$$X_3 = \ln[CO2]$$

ตารางที่ 4.7 แสดงค่า ln ของตารางที่ 4.6

การทดลองที่	$\ln[CH_4]$	$\ln[H_2O]$	$\ln[CO_2]$	$\ln(-r_{methane})$
E	0.130	1.997	0.549	-4.017
F	0.525	1.961	0.622	-3.612
G	0.829	1.939	0.615	-3.324
H	1.082	1.859	0.663	-2.996
I	0.678	1.261	0.482	-3.507
J	0.399	1.896	0.239	-3.270
K	0.378	2.137	0.285	-3.218
L	0.215	2.269	0.086	-3.079
M	0.854	1.967	0.207	-2.813

นำข้อมูลทั้งหมดในตารางที่ 4.6-4.7 เข้าโปรแกรม Multiple linear regression ชื่อ POLYMATH



Y = -4.14204 +1.11927 X1+0.385127 X2-1.31057 X3

variance = 0.0070102
6 positive residuals, 3 negative residuals

Variance/Covariance matrix for the linear correlation equation

	1	2	3	4
1	10.8165	-1.58979	-4.57339	-2.45379
2	-1.58979	1.63261	0.51309	-0.765858
3	-4.57339	0.51309	2.07244	0.726562
4	-2.45379	-0.765858	0.726562	3.58021

Param.	Value	0.95 confidence	0.95 conf. interval	lower limit	upper limit
1	-4.14204	0.275365	0.707964	-4.85001	-3.43408
2	1.11927	0.106981	0.275048	0.844222	1.39432
3	0.385127	0.120533	0.30989	0.075237	0.695017
4	-1.31057	0.158423	0.407306	-1.71788	-0.903267

รูปที่ 4.4 ผลที่ได้จากการเข้าโปรแกรม Multiple linear regression

และสามารถหาค่าต่าง ๆ ออกมา

ได้ดังนี้

$$y = -4.142 + 1.119X_1 + 0.385X_2 - 1.311X_3$$

หรือ $\ln(-r_{methane}) = -4.142 + 1.119\ln[CH_4] + 0.385\ln[H_2O] - 1.311\ln[CO_2]$

ดังนั้น

$$\ln k = -4.142$$

$$k = 0.0159$$

$$m = +1.119$$

$$n = +0.385$$

$$o = -1.311$$

จากผลการทดลองมีค่ากำลังสองของค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน(Variance)เท่ากับ 0.007 ซึ่งมีค่าใกล้ศูนย์มาก แสดงว่าสมการอัตราการเกิดปฏิกิริยาของมีเทน มีความสัมพันธ์กับอันดับของความเข้มข้นของมีเทน ไอน้ำ และคาร์บอนไดออกไซด์ เขียนได้เป็น

$$-r_{methane} = k[CH_4]^{1.119}.[H_2O]^{0.385}.[CO_2]^{-1.311}$$

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.3 การหาพลังงานกระตุ้น (EA) และแฟกเตอร์ความถี่ (k_o)

ทำการทดลองโดยทราบค่าความเข้มข้นของมีเทน ไอน้ำ และคาร์บอนไดออกไซด์ และเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิเป็น 823, 873, 923 และ 973 เคลวิน ผลการทดลองแสดงได้ดังตารางที่ 4.8 - 4.9 จากผลการทดลองเมื่อนำเศษส่วนน้ำหนักตัวเร่งปฏิกิริยาต่ออัตราการป้อนมีเทน($W/F_{o,methane}$)ไปเขียนกราฟกับเศษส่วนเปลี่ยนแปลงของมีเทนในก๊าซผลิตภัณฑ์ ($X_{methane}$)ในสมการ ($X_{methane} = -r_{methane} \cdot W/F_{o,methane}$) จะได้ความชันที่จุดเริ่มต้นเป็นตัวแทนอัตราการเกิดปฏิกิริยา ดังแสดงในรูปที่ 4.5a-4.5d และตารางที่ 4.10 และนำอัตราการเกิดปฏิกิริยา($-r_{methane}$) ที่ได้นี้มาคำนวณค่า k แล้วทำการเขียนกราฟระหว่าง lnk กับ 1/T ในสมการ($lnk = lnk_o - EA/RT$) ค่าความชันที่ได้เป็นค่า -EA/R เท่ากับ -7624 และจุดตัดแกนเป็นค่า lnk_0 เท่ากับ 4.011 เพราะฉะนั้นจะได้ค่า EA เท่ากับ 15,149 cal/mole และ k_0 เท่ากับ 55.23 $mol^{0.807}(m^3)^{0.193}.kg^{-1}.s^{-1}$ ดังแสดงในรูปที่ 4.5

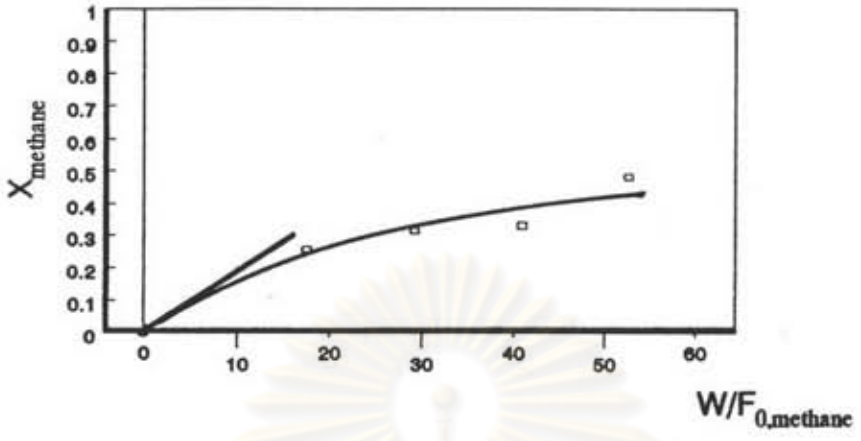
ตารางที่ 4.8 แสดงความเข้มข้นสารตั้งต้นของการทดลองที่ N ถึง Q

การทดลองที่	อุณหภูมิที่ทดลอง (เคลวิน)	ความเข้มข้นของสารตั้งต้น(โมล/ม^3) ที่อุณหภูมิ 923 เคลวิน		
		มีเทน	ไอน้ำ	คาร์บอนไดออกไซด์
N	823	2.501	7.590	1.544
O	873	2.357	7.155	1.455
P	923	2.230	6.767	1.377
Q	973	2.115	6.420	1.306

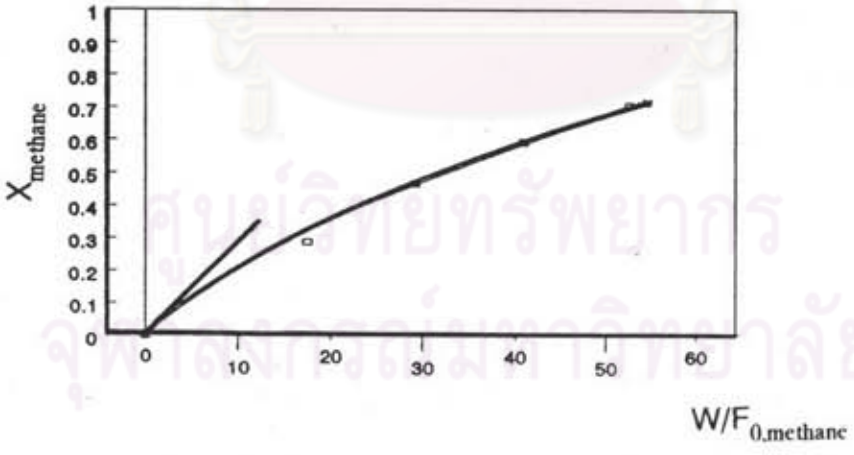
หมายเหตุ รายละเอียดแสดงในภาคผนวก ก ข และ ค

ตารางที่ 4.9 แสดงค่า $W/F_{o,methane}$ และเศษส่วนการเปลี่ยนของมีเทน($X_{methane}$) ของการทดลองที่ N ถึง Q

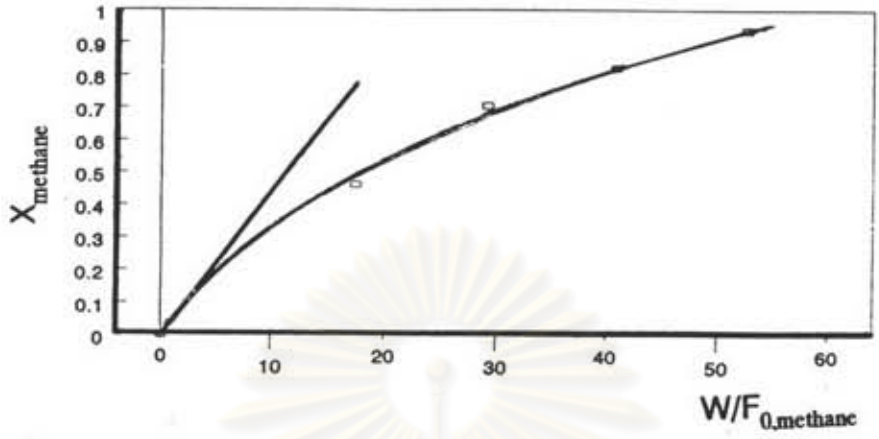
การทดลองที่	$W/F_{o,methane}$ (กก.วินาที/โมล)	สัดส่วนมีเทนต่อไนโตรเจน		เศษส่วนการเปลี่ยนแปลง ($X_{methane}$)
		สารตั้งต้น	ผลิตภัณฑ์	
N_1	17.54	0.787	0.586	0.256
N_2	29.24	0.787	0.540	0.315
N_3	40.94	0.787	0.527	0.331
N_4	52.63	0.787	0.409	0.481
O_1	17.54	0.787	0.560	0.289
O_2	29.24	0.787	0.420	0.467
O_3	40.94	0.787	0.385	0.563
O_4	52.63	0.787	0.320	0.708
P_1	17.54	0.787	0.423	0.462
P_2	29.24	0.787	0.231	0.706
P_3	40.94	0.787	0.139	0.823
P_4	52.63	0.787	0.048	0.939
Q_1	17.54	0.787	0.446	0.564
Q_2	29.24	0.787	0.290	0.759
Q_3	40.94	0.787	0.197	0.856
Q_4	52.63	0.787	0	1



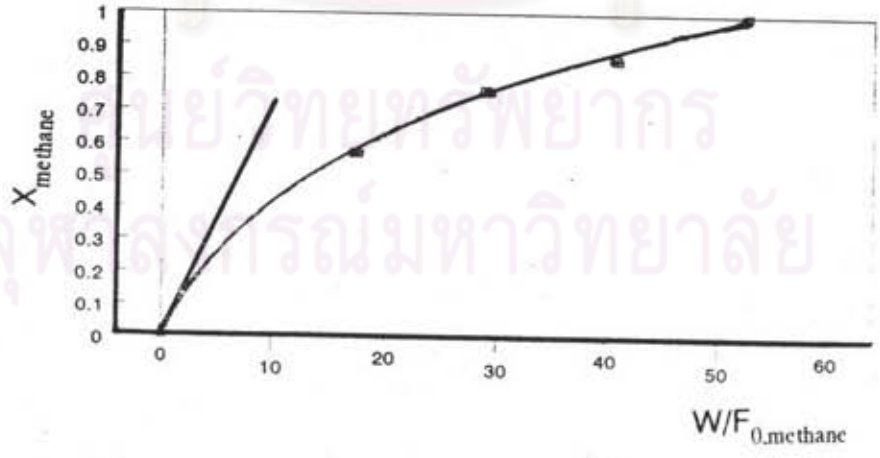
รูปที่ 4.5a กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง $W/F_{0,methane}$ กับ $X_{methane}$ เพื่อหาค่า $-r_{methane}$ ที่อุณหภูมิ 823 เคลวิน



รูปที่ 4.5b กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง $W/F_{0,methane}$ กับ $X_{methane}$ เพื่อหาค่า $-r_{methane}$ ที่อุณหภูมิ 873 เคลวิน



รูปที่ 4.5c กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง $W/F_{0,methane}$ กับ $X_{methane}$ เพื่อหาค่า $-r_{methane}$ ที่อุณหภูมิ 923 เคลวิน

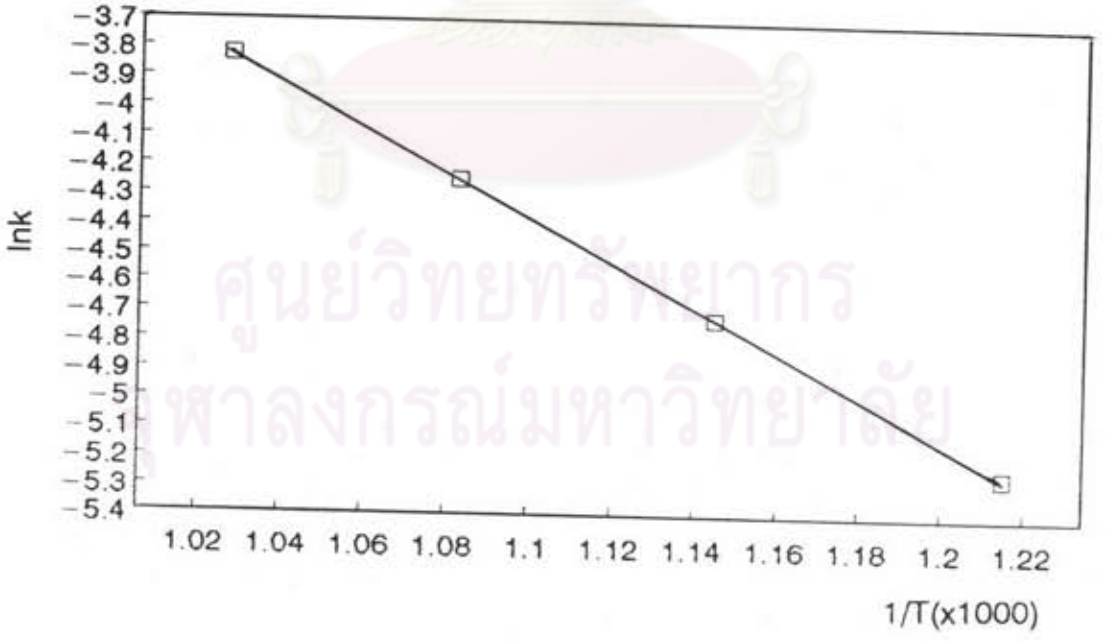


รูปที่ 4.5d กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง $W/F_{0,methane}$ กับ $X_{methane}$ เพื่อหาค่า $-r_{methane}$ ที่อุณหภูมิ 973 เคลวิน

ตารางที่ 4.10 แสดงอัตราการเกิดปฏิกิริยา ค่า k ที่ได้จากการคำนวณ เมื่อทำการทดลองเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ

การทดลองที่	THEMP. (เคลวิน)	$-r_{methane}$ (โมล/กก.วินาที)	k	ln k	1/T
N	823	0.018	$5.24X10^{-3}$	-5.251	$1.215x10^{-3}$
O	873	0.030	$8.92X10^{-3}$	-4.720	$1.145x10^{-3}$
P	923	0.048	$1.43X10^{-2}$	-4.247	$1.083x10^{-3}$
Q	973	0.073	$2.19X10^{-2}$	-3.823	$1.028x10^{-3}$

หมายเหตุ ค่า k คำนวณจากสมการ $-r_{methane} = k[CH_4]^{1.119}.[H_2O]^{0.385}.[CO_2]^{-1.311}$



รูปที่ 4.6 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง 1/T กับ ln k เพื่อหา EA และ k_0

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ค่าความชันที่ได้เป็นค่า $-EA/R$ เท่ากับ -7624 และจุดตัดแกนเป็นค่า $\ln k_0$ เท่ากับ 4.011 ดังนั้นจะได้ค่า EA เท่ากับ 15,149 cal/gmole และ k_0 เท่ากับ 55.23 $mol^{0.807}(m^3)^{0.193}.kg^{-1}.s^{-1}$ ดังแสดงในรูปที่ 4.5

สมการอัตราเร็วเขียนได้เป็น

$$-r_{CH_4} = 55.23 \exp^{-7624/T}.[CH_4]^{1.119}.[H_2O]^{0.385}.[CO_2]^{-1.311}$$

4.4 วิจารณ์ผลการทดลอง

การหาสมการอัตราการเกิดปฏิกิริยาโดยสมมุติให้อัตราการเกิดปฏิกิริยาของมีเทนมีความสัมพันธ์กับอันดับของความเข้มข้นของมีเทน และให้ความเข้มข้นของไอน้ำและคาร์บอนไดออกไซด์มากเกินพอจนถือว่าคงที่ โดยวิธีการไอโซเลต

จากสมการ $[\ln(-r_{methane}) = \ln K + m\ln[CH_4]]$

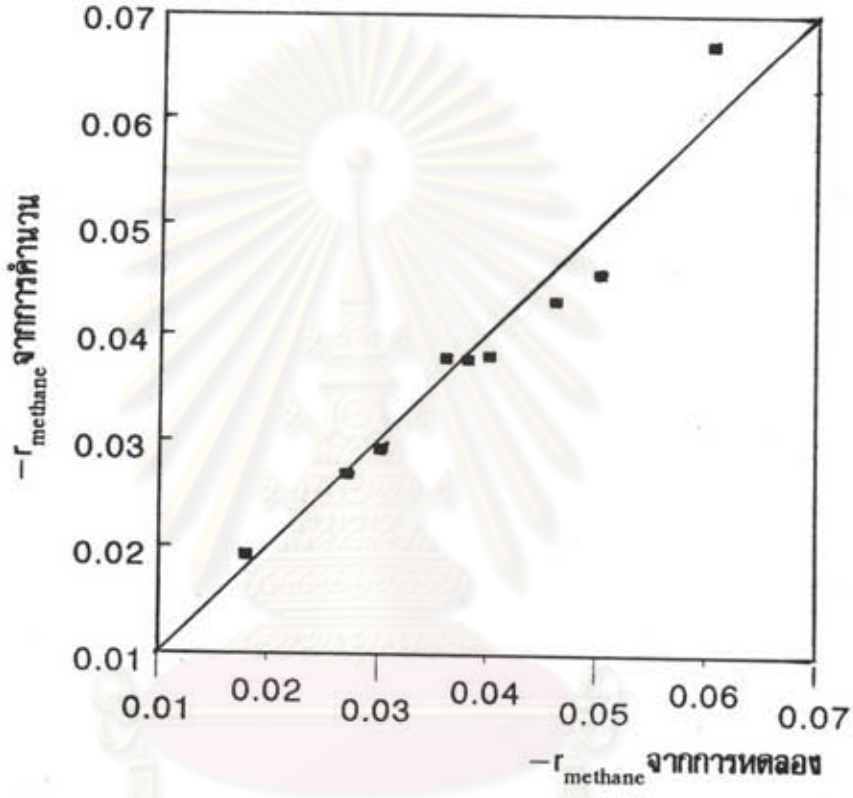
เขียนกราฟระหว่าง $\ln[CH_4]$ กับ $\ln(-r_{methane})$ ได้กราฟเป็นเส้นตรงหาความชันได้เท่ากับ 1.06 แสดงว่าสมการอัตราการเกิดปฏิกิริยาของมีเทนเป็นปฏิกิริยาอันดับ 1.06 ของความเข้มข้นของมีเทน

เปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างอัตราเร็วการเกิดปฏิกิริยาของมีเทนที่ได้จากการทดลองกับสมการได้จากวิธี multiple linear regression ซึ่งมีค่ากำลังสองของค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน(Variance) เข้าใกล้ศูนย์ แสดงว่าอัตราการเกิดปฏิกิริยาของมีเทนมีความสัมพันธ์กับอันดับของความเข้มข้นของมีเทน ไอน้ำและคาร์บอนไดออกไซด์

ตารางที่ 4.11 เปรียบเทียบอัตราเร็วการเกิดปฏิกิริยาของมีเทนที่ได้จากการทดลองกับสมการที่ ได้จากวิธี multiple linear regression

$-r_{methane}$ จากการทดลอง	$-r_{methane}$ จากการคำนวน
0.018	0.019
0.027	0.027
0.036	0.038
0.050	0.046
0.030	0.029
0.038	0.038
0.040	0.038
0.046	0.043
0.060	0.067

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.7 เปรียบเทียบอัตราเร็วการเกิดปฏิกิริยาของมีเทนที่ได้จากการทดลองกับสมการที่ได้จากวิธี multiple linear regression

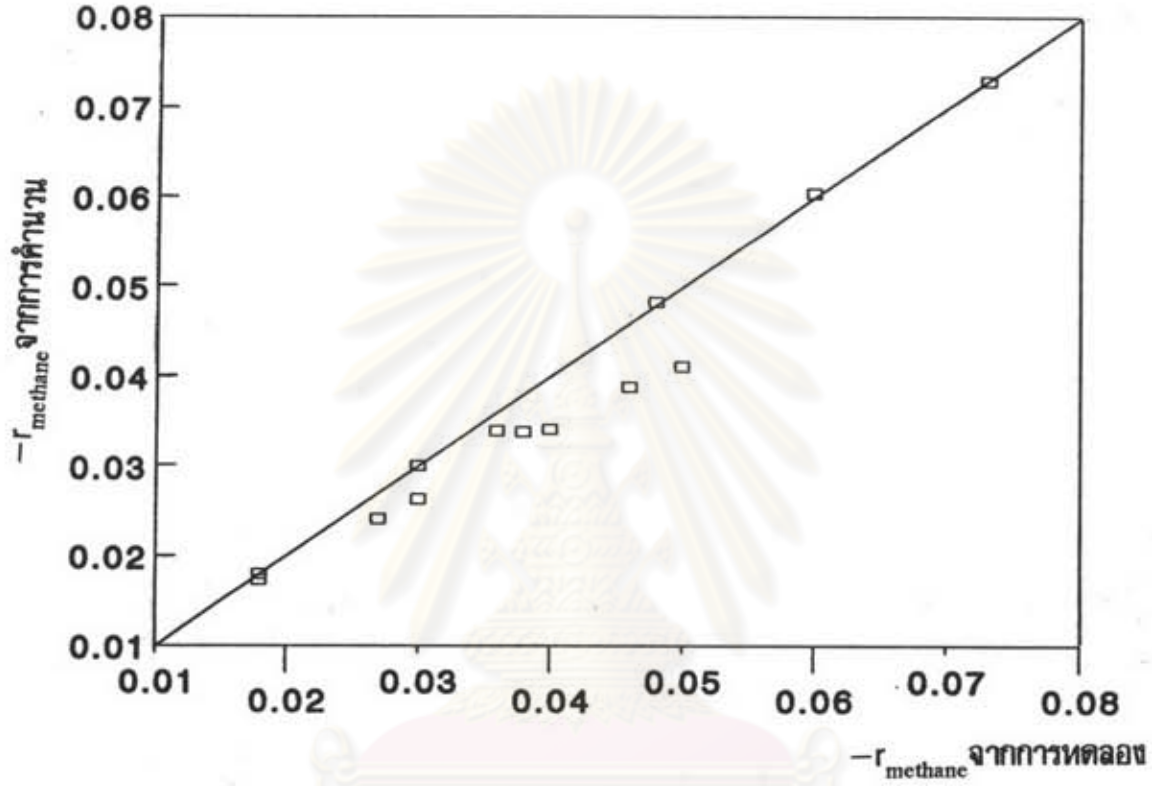
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.12 เปรียบเทียบอัตราเร็วการเกิดปฏิกิริยาของมีเทนที่ได้จากการทดลองกับอัตราการเกิดปฏิกิริยาที่คำนวณได้จากสมการ

$$-r_{CH_4} = k_0 . \exp^{-15149/RT} . [CH_4]^{1.119} . [H_2O]^{0.385} . [CO_2]^{-1.311}$$

การทดลองที่	ความเข้มข้น(mol/m³)			k_0	-EA/R	-EA	T (K)	P (atm)	m	n	o	$[CH_4]^m.[H_2O]^n.[CO_2]^o$	$k=k_0\exp^{-EA/RT}$	$-r_{methane}$ (mol.kg^{-1}.s^{-1}) จากการทดลอง	$-r_{methane}$ (mol.kg^{-1}.s^{-1}) คำนวณจากสูตร
	CH_4	H_2O	CO_2												
E	1.139	7.366	1.732	55.23	7624.00	15149.00	923	1.000	1.119	0.385	-1.311	1.215	0.0143	0.018	0.017
F	1.690	7.106	1.863	55.23	7624.00	15149.00	923	1.000	1.119	0.385	-1.311	1.693	0.0143	0.027	0.024
G	2.290	6.950	1.850	55.23	7624.00	15149.00	923	1.000	1.119	0.385	-1.311	2.380	0.0143	0.036	0.034
H	2.950	6.420	1.940	55.23	7624.00	15149.00	923	1.000	1.119	0.385	-1.311	2.880	0.0143	0.050	0.041
I	1.970	3.530	1.620	55.23	7624.00	15149.00	923	1.000	1.119	0.385	-1.311	1.844	0.0143	0.030	0.026
J	1.490	6.660	1.270	55.23	7624.00	15149.00	923	1.000	1.119	0.385	-1.311	2.370	0.0143	0.038	0.034
K	1.460	8.470	1.330	55.23	7624.00	15149.00	923	1.000	1.119	0.385	-1.311	2.392	0.0143	0.040	0.034
L	1.240	9.670	1.090	55.23	7624.00	15149.00	923	1.000	1.119	0.385	-1.311	2.722	0.0143	0.046	0.039
M	2.350	7.150	1.230	55.23	7624.00	15149.00	923	1.000	1.119	0.385	-1.311	4.229	0.0143	0.060	0.060
N	2.495	7.594	1.545	55.23	7624.00	15149.00	823	1.000	1.119	0.385	-1.311	3.433	0.0052	0.018	0.018
O	2.352	7.154	1.460	55.23	7624.00	15149.00	873	1.000	1.119	0.385	-1.311	3.382	0.0089	0.030	0.030
P	2.232	6.766	1.374	55.23	7624.00	15149.00	923	1.000	1.119	0.385	-1.311	3.380	0.0143	0.048	0.048
Q	2.116	6.417	1.305	55.23	7624.00	15149.00	973	1.000	1.119	0.385	-1.311	3.338	0.0218	0.073	0.073

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.7 เปรียบเทียบอัตราเร็วการเกิดปฏิกิริยาของมีเทนที่ได้จากการทดลองกับอัตราการเกิดปฏิกิริยาที่คำนวณได้จากสมการ

$$-r_{CH_4} = k_0 . \exp^{-15149/RT} . [CH_4]^{1.119} . [H_2O]^{0.385} . [CO_2]^{-1.311}$$

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย