

## บทที่ 4 ผลการทดลอง

ในบทนี้จะกล่าวถึงผลการทดลอง ดังต่อไปนี้

### 4.1 ผลการทดลองวิเคราะห์คุณสมบัติของถ่านหินคุณภาพต่ำ

คือการวิเคราะห์คุณสมบัติของถ่านหินคุณภาพต่ำตามมาตรฐาน ASTM D3173 – 3175 เพื่อหาปริมาณความชื้น ปริมาณเถ้า ปริมาณสารระเหย และปริมาณคาร์บอนคงตัว ซึ่งได้ผลการวิเคราะห์ดังนี้

ตารางที่ 4.1 ผลการทดลองวิเคราะห์คุณสมบัติของถ่านหินคุณภาพต่ำแบบประมาณ (Proximate Analysis)

รายการวิเคราะห์	ค่าร้อยละของแต่ละธาตุ
ปริมาณความชื้น (Moisture)	21.80 %
ปริมาณสารระเหย (Volatile Matter)	42.32 %
ปริมาณคาร์บอนคงตัว(Fixed Carbon)	16.32 %
ปริมาณเถ้า(Ash)	19.56 %
ปริมาณค่าความร้อนของถ่านหินคุณภาพต่ำ(Heating Value)	3627 kcal/kg

ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติของถ่านหินคุณภาพต่ำแบบละเอียดหรือแบบแยกธาตุ (Ultimate Analysis)

การวิเคราะห์แบบละเอียด (Ultimate Analysis) คือการวิเคราะห์คุณสมบัติของถ่านหินคุณภาพต่ำเพื่อหาปริมาณไฮโดรเจน (H) ปริมาณคาร์บอน(C) ปริมาณออกซิเจน (O) ปริมาณไนโตรเจน (N) และปริมาณซัลเฟอร์(S) ซึ่งได้ผลการวิเคราะห์ดังนี้

ตารางที่ 4.2 ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติของถ่านหินคุณภาพต่ำแบบละเอียดหรือแบบแยกธาตุ (Ultimate Analysis)

รายการวิเคราะห์	ค่าร้อยละของแต่ละธาตุ
ปริมาณไฮโดรเจน (H)	4.66 %
ปริมาณคาร์บอน(C)	40.48 %
ปริมาณออกซิเจน (O)	9.54 %
ปริมาณไนโตรเจน(N)	1.3 %
ปริมาณซัลเฟอร์(S)	2.48 %
ความชื้น	21.8 %
เถ้า	19.56 %

## 4.2 ผลการวัดก๊าซเชื้อเพลิงที่ผลิตได้

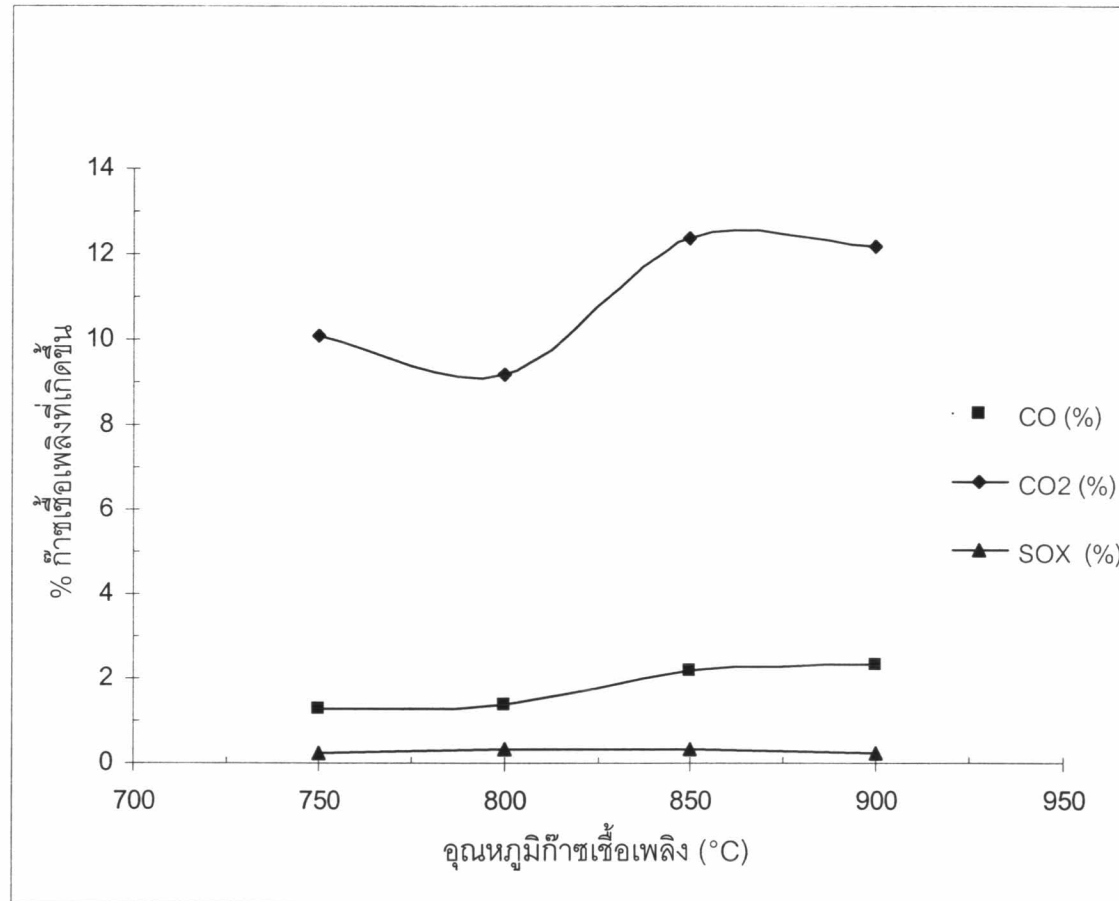
### 4.2.1 ผลการวัดค่าก๊าซเชื้อเพลิงที่ผลิตได้ ของการใช้ถ่านหินคุณภาพต่ำขนาด น้อยกว่า 0.85 mm.

อัตราการป้อนเชื้อเพลิง 11 kg/hr

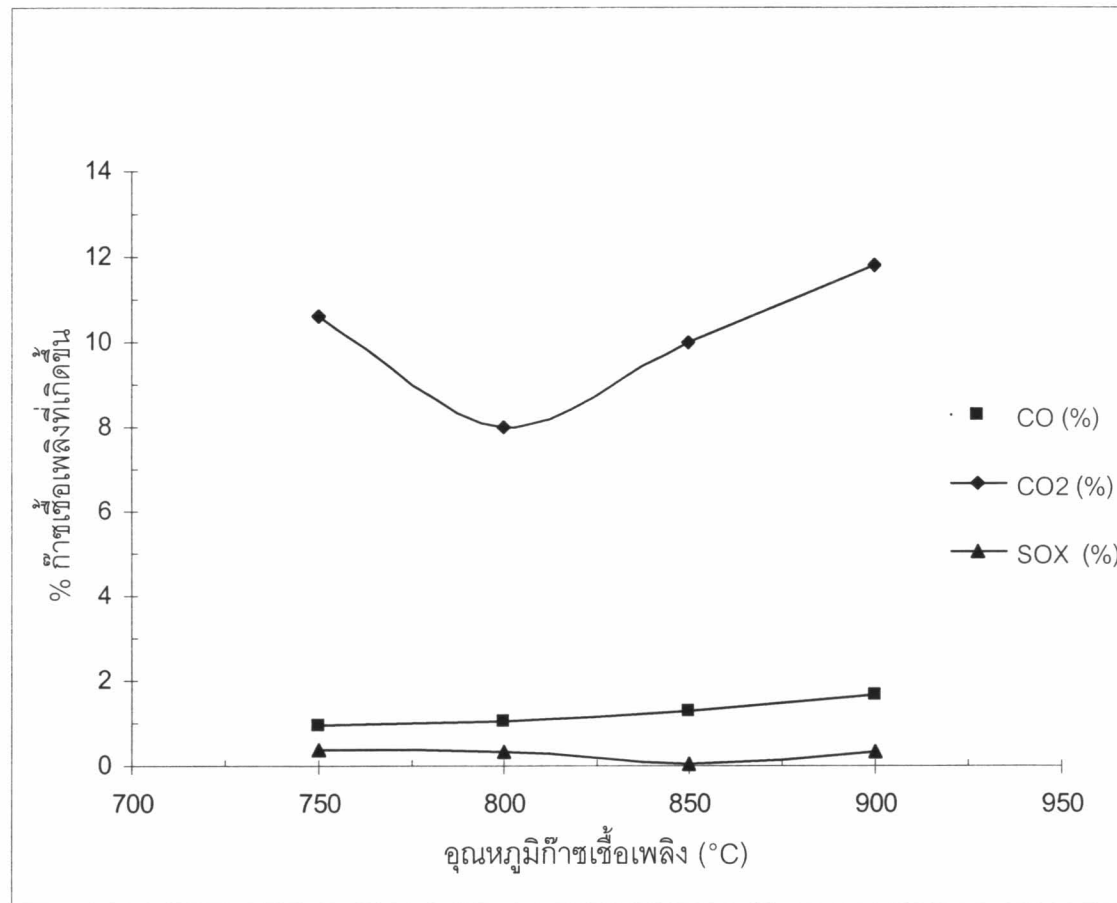
ความดันที่เบด 101.3 kPa

ตารางที่ 4.3 ผลการวัดค่าก๊าซเชื้อเพลิงที่ผลิตได้ ของการใช้ถ่านหินคุณภาพต่ำขนาด น้อยกว่า 0.85 mm.

อุณหภูมิ อากาศ (°C)	อุณหภูมิ กระเปาะ เปียก (°C)	อุณหภูมิ ก๊าซ เชื้อเพลิง (°C)	อัตราการ ป้อนอากาศ m/s	CO		CO <sub>2</sub>	SO <sub>x</sub>		O <sub>2</sub>	NO		NO <sub>2</sub>	
				ppm	%	%	ppm	%	%	ppm	%	ppm	%
33.4	26.5	750	2.05	12,672.0	1.267	10.1	2,536.0	0.254	0.6	4	0.0004	2	0.0002
34	26.4	800	2.05	14,043.0	1.404	9.2	3,125.0	0.313	0.2	6	0.0006	2	0.0002
32.8	26.6	850	2.05	21,956.0	2.196	12.4	3,210.0	0.321	2.6	5	0.0005	2	0.0002
33	26	900	2.05	23,317.0	2.332	12.2	2,451.0	0.245	3.6	2	0.0002	1	0.0001
33.6	26.4	750	2.75	9,487.0	0.949	10.6	3,785.0	0.379	0.8	3	0.0003	1	0.0001
33.4	26.7	800	2.75	10,342.0	1.034	8	3,568.0	0.357	1.4	2	0.0002	1	0.0001
34	26.6	850	2.75	12,787.0	1.279	10	358.0	0.036	0	5	0.0005	1	0.0001
32.8	26.2	900	2.75	16,873.0	1.687	11.8	3,216.0	0.322	1.2	3	0.0003	2	0.0002



รูปที่ 4.1 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง % ของแก๊สเชื้อเพลิงที่ผลิตได้กับอุณหภูมิของแก๊สเชื้อเพลิง ของถ่านหินคุณภาพต่ำ ขนาด น้อยกว่า 0.85 mm. ที่อัตราการป้อนอากาศ 2.05 m/s



รูปที่ 4.2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง % ของก๊าซเชื้อเพลิงที่ผลิตได้กับอุณหภูมิก๊าซเชื้อเพลิง ของถ่านคุณภาพต่ำ ขนาดน้อยกว่า 0.85 mm. ที่อัตราการป้อนอากาศ 2.75 m/s

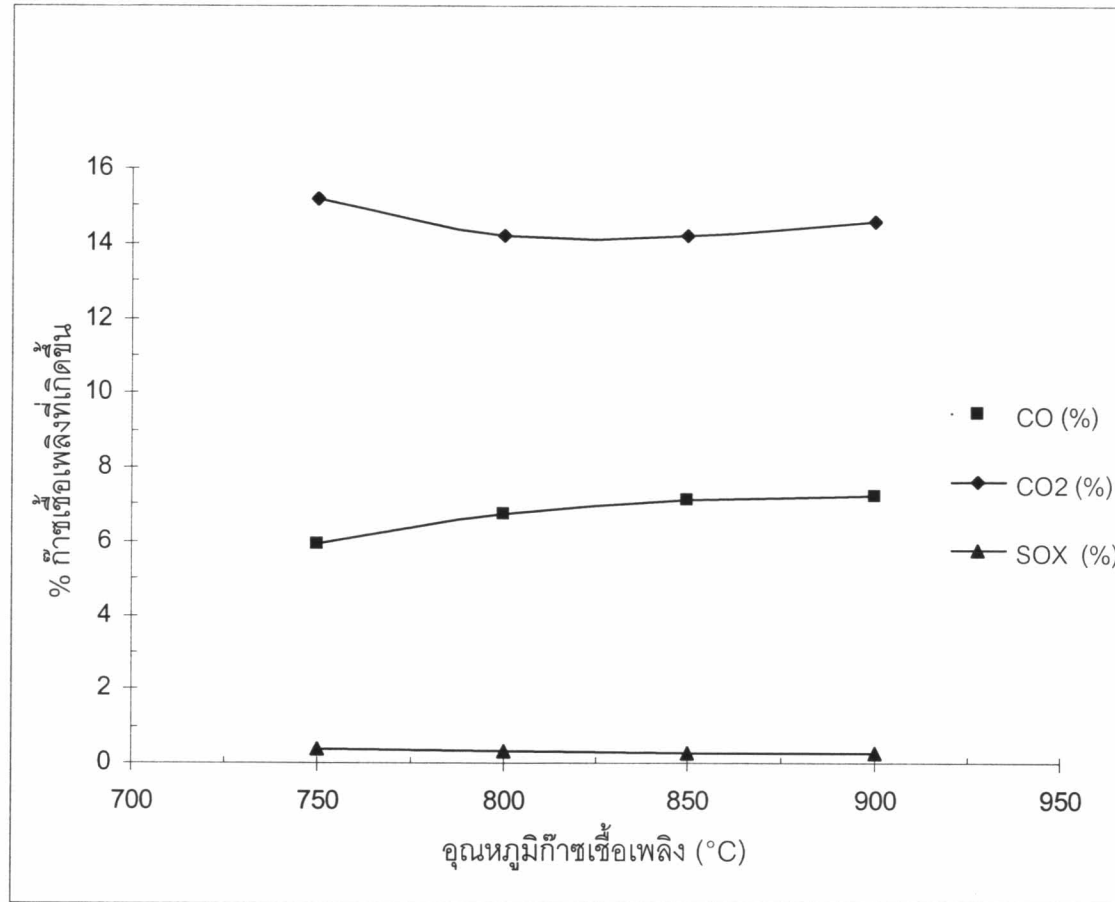
4.2.2 ผลการวัดค่าก๊าซเชื้อเพลิงที่ผลิตได้ ของการใช้ถ่านหินคุณภาพต่ำขนาด 0.85 - 1.18 mm.

อัตราการป้อนเชื้อเพลิง 11 kg/hr

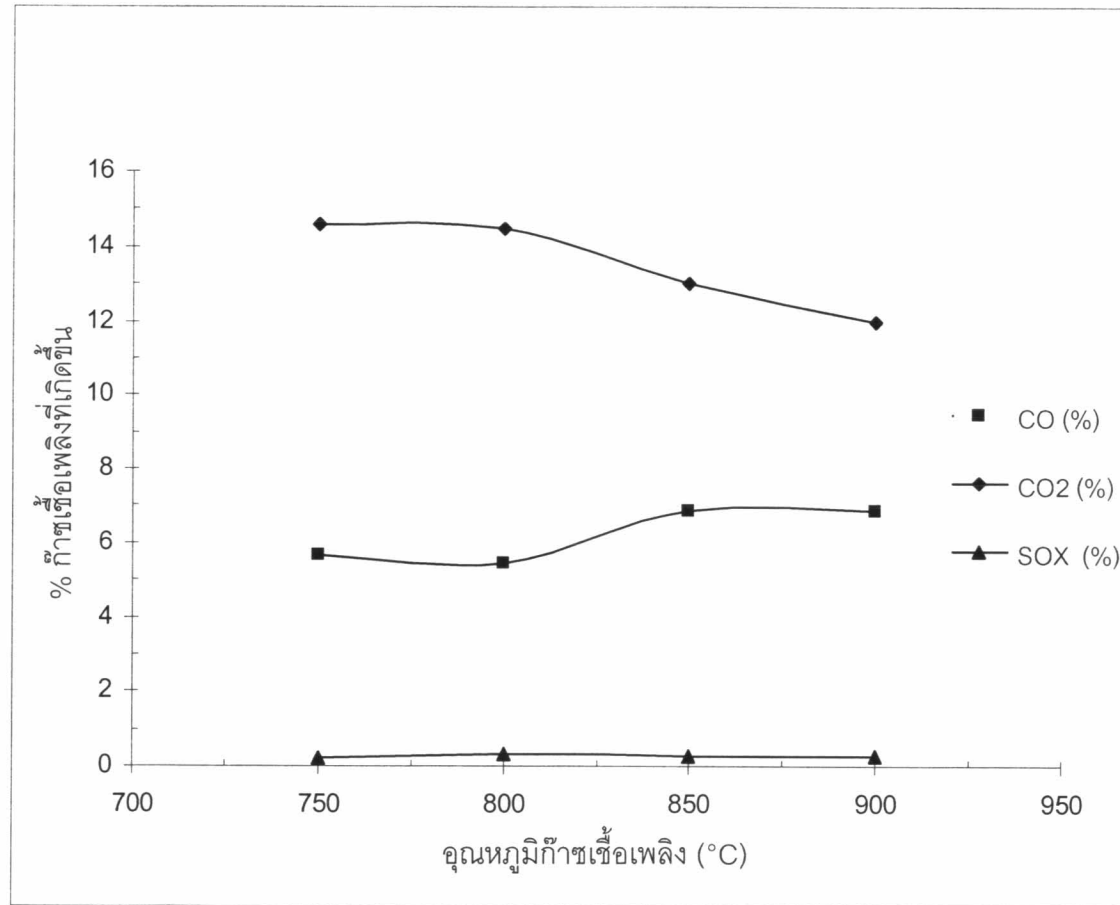
ความดันที่เบด 101.3 kPa

ตารางที่ 4.4 ผลการวัดค่าก๊าซเชื้อเพลิงที่ผลิตได้ ของการใช้ถ่านหินคุณภาพต่ำขนาด 0.85 - 1.18 mm.

อุณหภูมิ อากาศ (°C)	อุณหภูมิ กระเปาะ เปียก (°C)	อุณหภูมิ ก๊าซ เชื้อเพลิง (°C)	อัตราการ ป้อน อากาศ m/s	CO		CO <sub>2</sub> %	SO <sub>x</sub>		O <sub>2</sub> %	NO		NO <sub>2</sub>	
				ppm	%		ppm	%		ppm	%	ppm	%
34	26.3	750	2.05	59,452.0	5.945	15.2	3,658.0	0.366	2.6	6	0.0006	1	0.0001
32.8	26.1	800	2.05	67,392.0	6.739	14.2	3,210.0	0.321	5.2	5	0.0005	2	0.0002
33.6	26.4	850	2.05	71,236.0	7.124	14.2	2,810.0	0.281	1.6	6	0.0006	2	0.0002
34	26.6	900	2.05	72,429.0	7.243	14.6	2,541.0	0.254	1.2	8	0.0008	1	0.0001
33	26.5	750	2.75	56,721	5.672	14.6	2,368.0	0.237	0.2	7	0.0007	2	0.0002
32.6	26.2	800	2.75	54,594.0	5.459	14.5	2,689.0	0.321	1.2	5	0.0005	2	0.0002
32	26.3	850	2.75	68,393.0	6.839	13	2,536.0	0.281	3.2	6	0.0006	2	0.0002
33.8	26.6	900	2.75	68,658.0	6.866	12	2,451.0	0.254	2.4	8	0.0008	1	0.0001



รูปที่ 4.3 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง % ของก๊าซเชื้อเพลิงที่ผลิตได้กับอุณหภูมิก๊าซเชื้อเพลิง ของถ่านหินคุณภาพต่ำ ขนาด 0.85 - 1.18 mm. ที่อัตราการป้อนอากาศ 2.05 m/s



รูปที่ 4.4 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง % ของก๊าซเชื้อเพลิงที่ผลิตได้กับอุณหภูมิก๊าซเชื้อเพลิง ของถ่านหินคุณภาพต่ำ ขนาด 0.85 - 1.18 mm. ที่อัตราการป้อนอากาศ 2.75 m/s



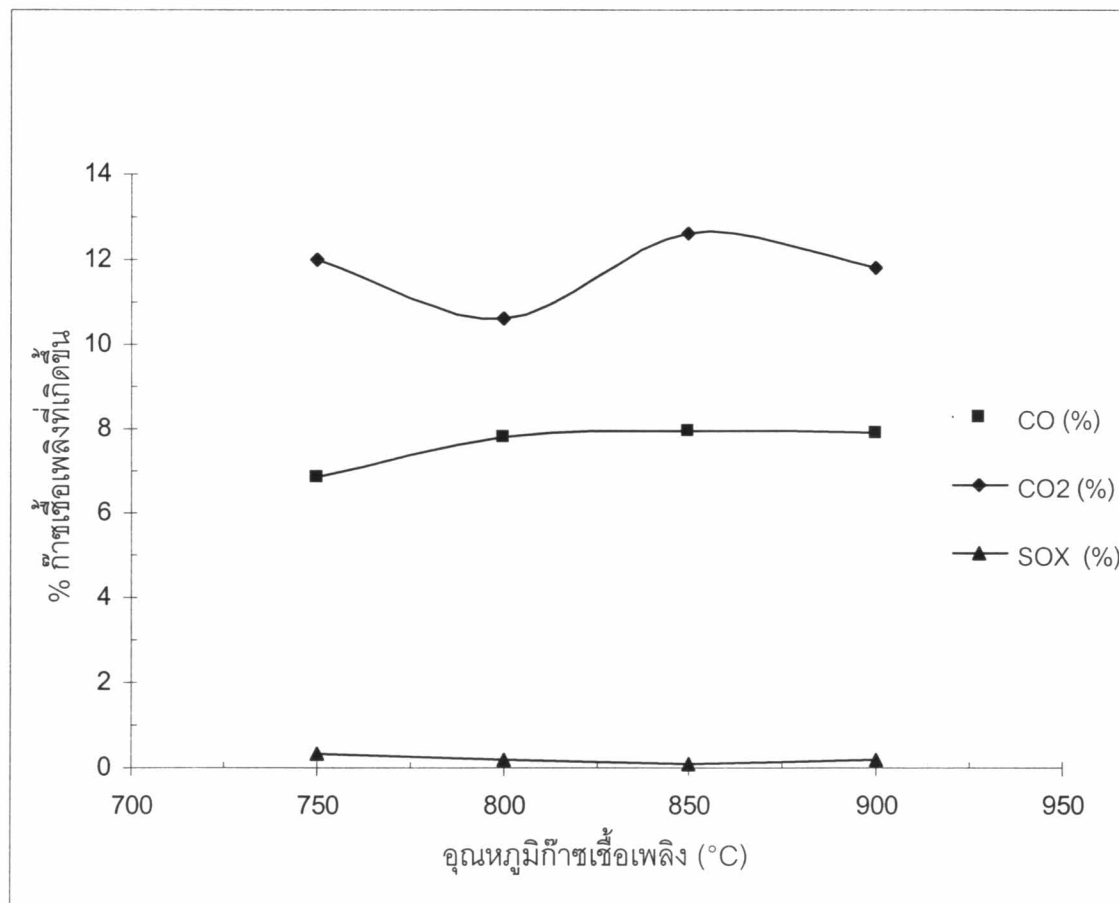
4.2.3 ผลการวัดค่าก๊าซเชื้อเพลิงที่ผลิตได้ ของการใช้ถ่านหินคุณภาพต่ำขนาด 1.18 – 2.26 mm.

อัตราการป้อนเชื้อเพลิง 11 kg/hr

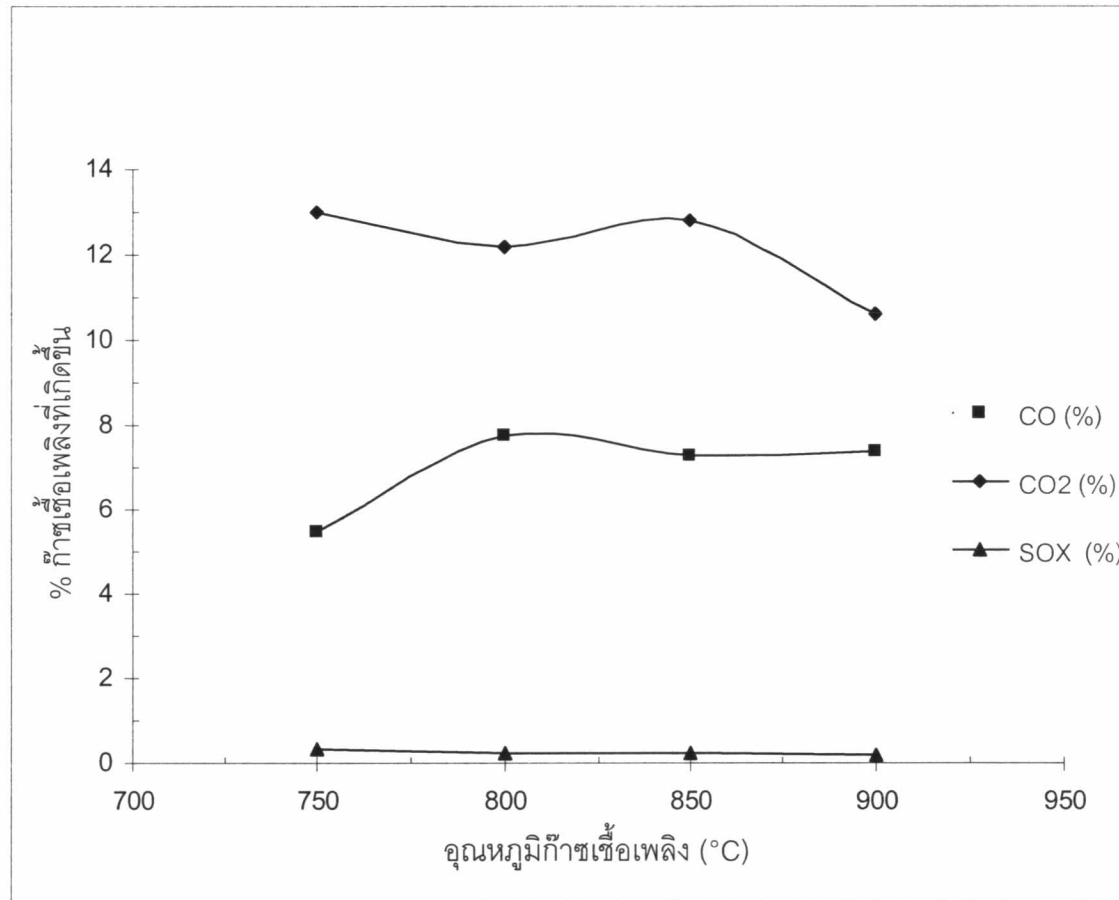
ความดันที่เบด 101.3 kPa

ตารางที่ 4.5 ผลการวัดค่าก๊าซเชื้อเพลิงที่ผลิตได้ ของการใช้ถ่านหินคุณภาพต่ำ ขนาด 1.18 – 2.36 mm.

อุณหภูมิ อากาศ (°C)	อุณหภูมิ กระเปาะ เปียก (°C)	อุณหภูมิก๊าซ เชื้อเพลิง (°C)	อัตราการ ป้อนอากาศ m/s	CO		CO <sub>2</sub>	SO <sub>x</sub>		O <sub>2</sub>	NO		NO <sub>2</sub>	
				ppm	%	%	ppm	%	%	ppm	%	ppm	%
32	26.4	750	2.05	68,393.0	6.839	12	3,141.0	0.314	1.2	4	0.0004	2	0.0002
32.5	26.7	800	2.05	78,297.0	7.830	10.6	1,857.0	0.186	0	3	0.0003	4	0.0004
32.8	26.5	850	2.05	79,419.0	7.942	12.6	1,191.0	0.119	0	2	0.0002	1	0.0001
33	26.6	900	2.05	79,281.0	7.928	11.8	2,002.0	0.200	0	6	0.0006	3	0.0003
32.6	26.4	750	2.75	54,707.0	5.471	13	3,478.0	0.348	3.2	4	0.0004	1	0.0001
32.4	26.2	800	2.75	77,618.0	7.762	12.2	2,262.0	0.226	0	5	0.0005	2	0.0002
32.6	26	850	2.75	72,633.0	7.263	12.8	2,450.0	0.245	0.7	5	0.0005	1	0.0001
33	26.5	900	2.75	73,633.0	7.363	10.6	2,020.0	0.202	0.6	4	0.0004	2	0.0002



รูปที่ 4.5 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง % ของก๊าซเชื้อเพลิงที่ผลิตได้กับอุณหภูมิก๊าซเชื้อเพลิง ของถ่านหินคุณภาพต่ำขนาด 1.18 – 2.36 mm. ที่อัตราการป้อนอากาศ 2.05 m/s



รูปที่ 4.6 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง % ของก๊าซเชื้อเพลิงที่ผลิตได้กับอุณหภูมิของก๊าซเชื้อเพลิง ของถ่านหินคุณภาพต่ำ ขนาด 1.18 – 2.36 mm. ที่อัตราการป้อนอากาศ 2.75 m/s

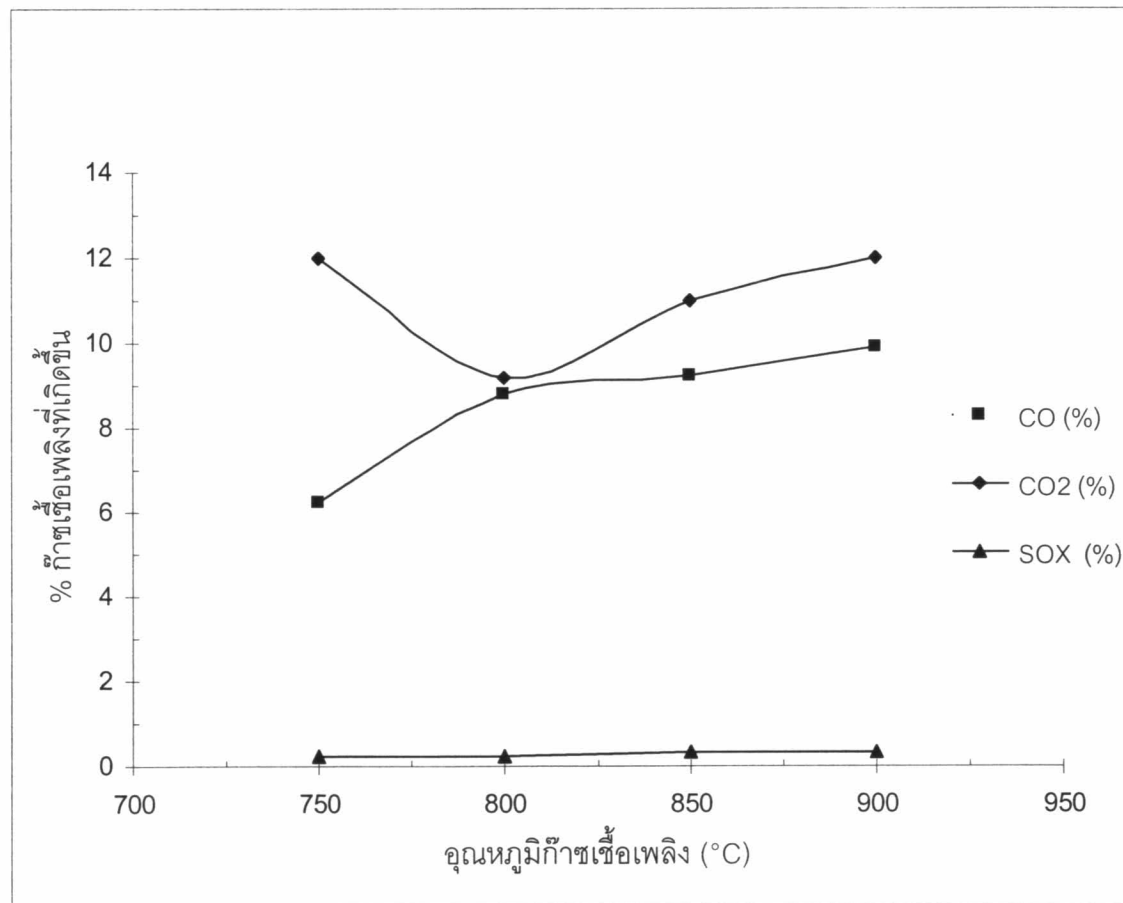
4.2.4 ผลการวัดค่าก๊าซเชื้อเพลิงที่ผลิตได้ ของการใช้ถ่านหินคุณภาพต่ำขนาด 2.36 – 3.5 mm.

อัตราการป้อนเชื้อเพลิง 11 kg/hr

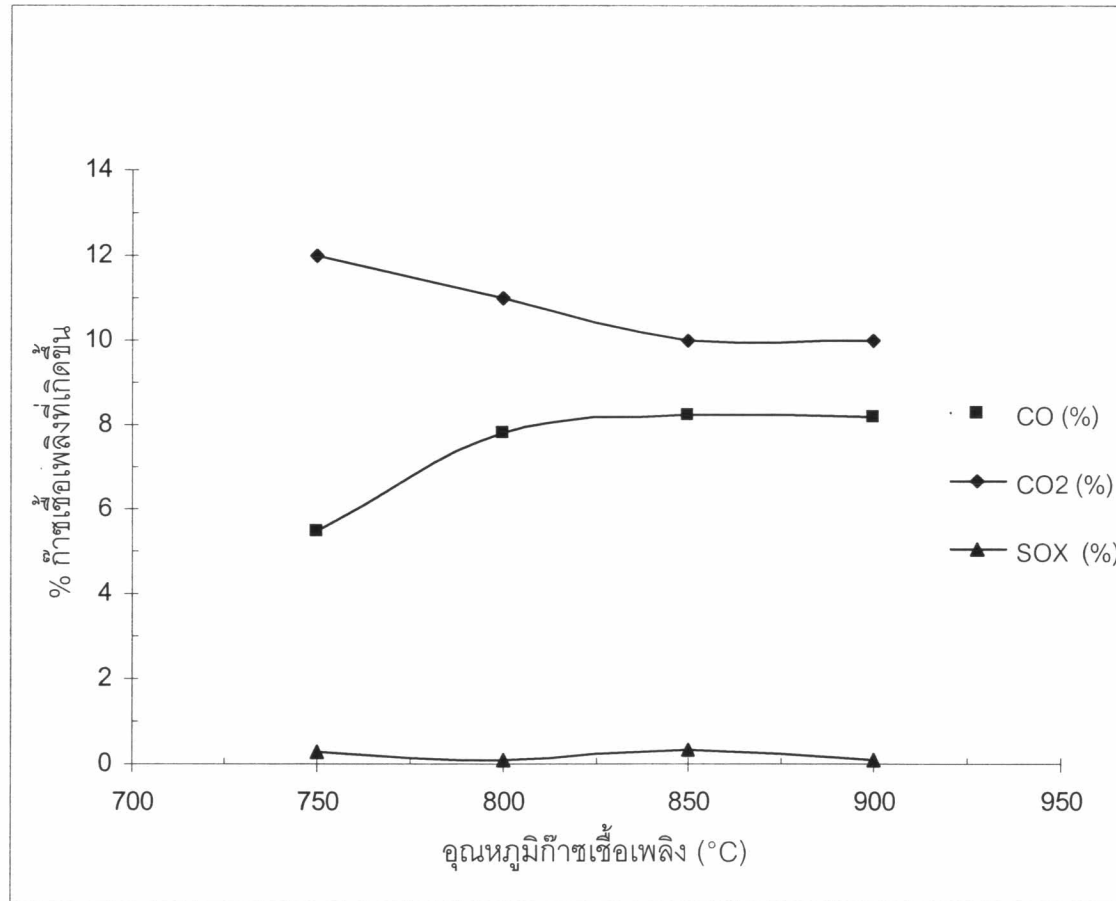
ความดันที่เบด 101.3 kPa

ตารางที่ 4.6 ผลการวัดค่าก๊าซเชื้อเพลิงที่ผลิตได้ ของการใช้ถ่านหินคุณภาพต่ำ ขนาด 2.36 – 3.5 mm.

อุณหภูมิ อากาศ (°C)	อุณหภูมิ กระเปาะ เปียก (°C)	อุณหภูมิ ก๊าซ เชื้อเพลิง (°C)	อัตราการ ป้อน อากาศ m/s	CO		CO <sub>2</sub>	SO <sub>x</sub>		O <sub>2</sub>	NO		NO <sub>2</sub>	
				ppm	%	%	ppm	%	%	ppm	%	ppm	%
32.5	26.4	750	1.2	62,441.0	6.244	12	2,548.0	0.255	2.2	6	0.0006	2	0.0002
32.8	26.5	800	1.2	88,213.0	8.821	9.2	2,496.0	0.250	1.2	6	0.0006	3	0.0003
32.4	26.3	850	1.2	92,566.0	9.257	11	3,256.0	0.326	0.4	4	0.0004	5	0.0005
33	26	900	1.2	98,924.0	9.892	12	3,258.0	0.326	0.5	5	0.0005	4	0.0004
32.3	26.7	750	1.2	54,550.0	5.455	12	2,641.0	0.264	1.4	8	0.0008	3	0.0003
32.4	26.5	800	1.2	78,145.0	7.815	11	1,177.0	0.118	2.2	5	0.0005	3	0.0003
33.6	26.6	850	1.2	82,562.0	8.256	10	3,210.0	0.321	2.1	6	0.0006	2	0.0002
33.4	26.3	900	1.2	82,000.0	8.200	10	1,180.0	0.118	2.4	5	0.0005	4	0.0004



รูปที่ 4.7 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง % ของแก๊สเชื้อเพลิงที่ผลิตได้กับอุณหภูมิแก๊สเชื้อเพลิง ของถ่านหินคุณภาพต่ำ ขนาด 2.36 – 3.5 mm. ที่อัตราการป้อนอากาศ 2.05 m/s



รูปที่ 4.8 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง % ของแก๊สเชื้อเพลิงที่ผลิตได้กับอุณหภูมิแก๊สเชื้อเพลิง ของถ่านหินคุณภาพต่ำ ขนาด 2.36 - 3.5 mm. ที่อัตราการป้อนอากาศ 2.75 m/s

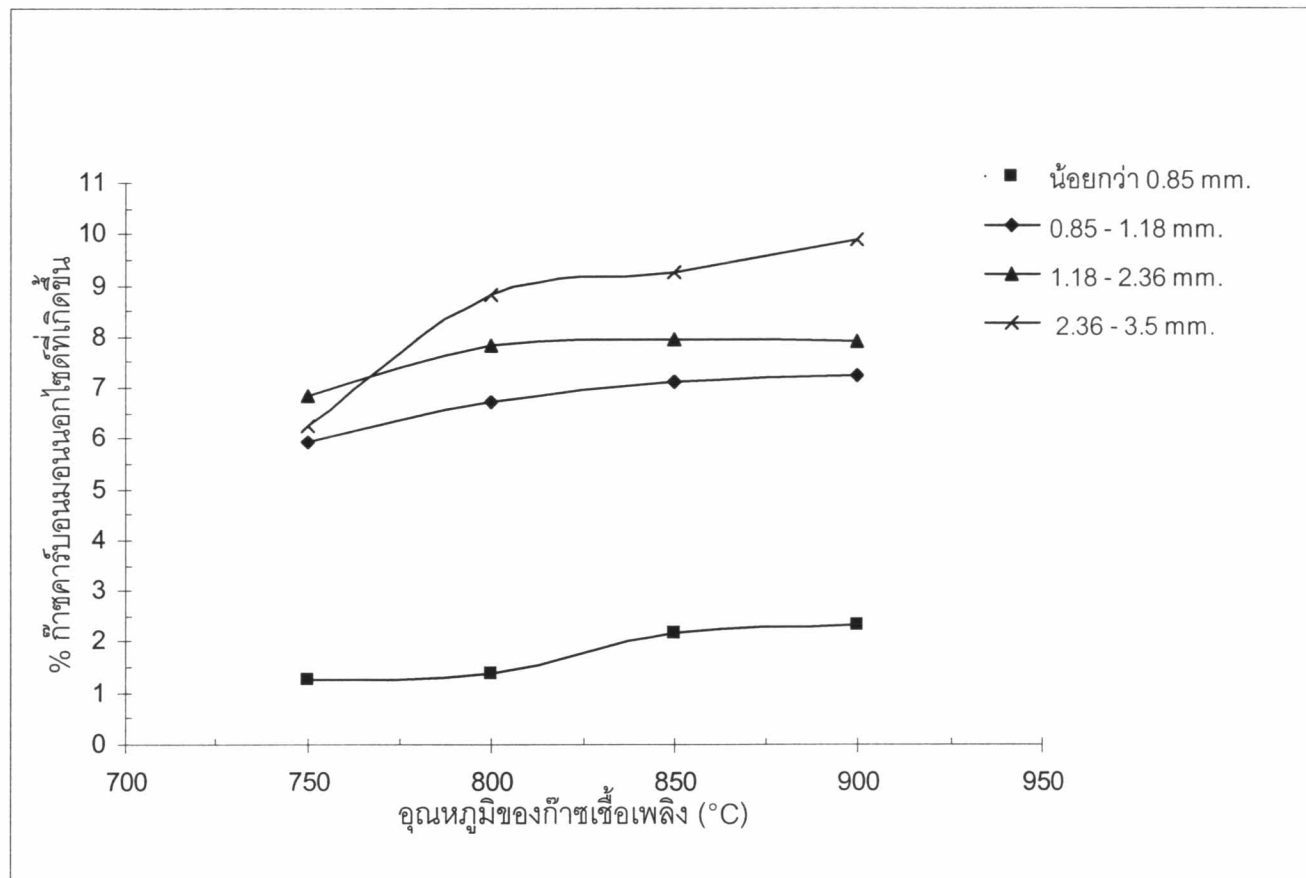
#### 4.3 การเปรียบเทียบระหว่างขนาดของถ่านหินคุณภาพต่ำต่อการเกิดก๊าซเชื้อเพลิงคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) กับอุณหภูมิของก๊าซเชื้อเพลิง

อัตราการป้อนเชื้อเพลิง 11 kg/hr

ความดันที่เบด 101.3 kPa

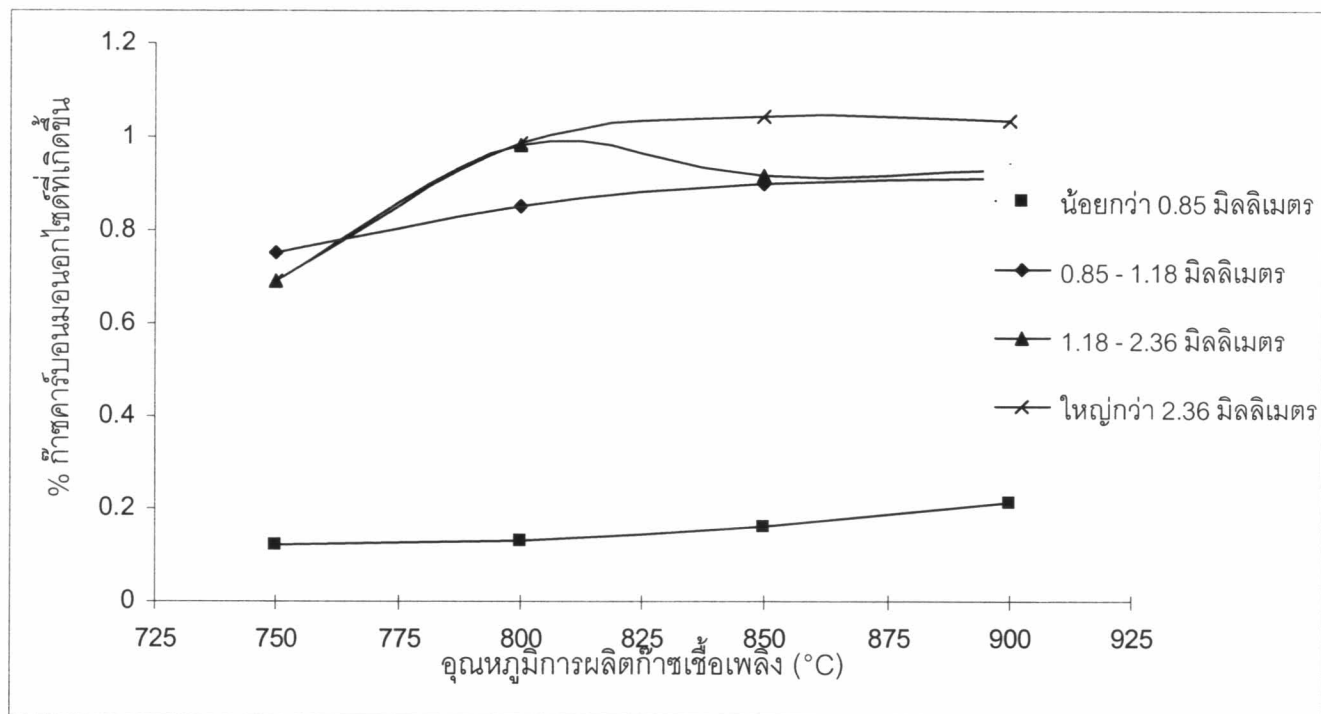
ตารางที่ 4.7 การเปรียบเทียบระหว่างขนาดของถ่านหินคุณภาพต่ำต่อการเกิดก๊าซเชื้อเพลิงคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) กับอุณหภูมิของก๊าซเชื้อเพลิง

อุณหภูมิก๊าซ เชื้อเพลิง (°C)	อัตราการ ป้อนอากาศ m/s	น้อยกว่า 0.85 mm. (%)	0.85 – 1.18 mm. (%)	1.18 – 2.36 mm. (%)	2.36 – 3.5 mm. (%)
750	2.05	1.267	5.945	6.839	6.244
800	2.05	1.404	6.739	7.830	8.821
850	2.05	2.196	7.124	7.942	9.257
900	2.05	2.332	7.243	7.928	9.892
750	2.75	0.949	5.672	5.471	5.455
800	2.75	1.034	5.459	7.762	7.815
850	2.75	1.279	6.839	7.263	8.256
900	2.75	1.687	6.866	7.363	8.200



รูปที่ 4.9 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างขนาดของถ่านหินคุณภาพต่ำต่อการเกิดก๊าซเชื้อเพลิงคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) กับอุณหภูมิของก๊าซเชื้อเพลิง ที่ อัตราการป้อนอากาศ 2.05 m/s





รูปที่ 4.10 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างขนาดของถ่านหินคุณภาพต่ำต่อการเกิดก๊าซเชื้อเพลิงคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) กับอุณหภูมิก๊าซเชื้อเพลิง ที่ อัตราการป้อนอากาศ 2.75 m/s

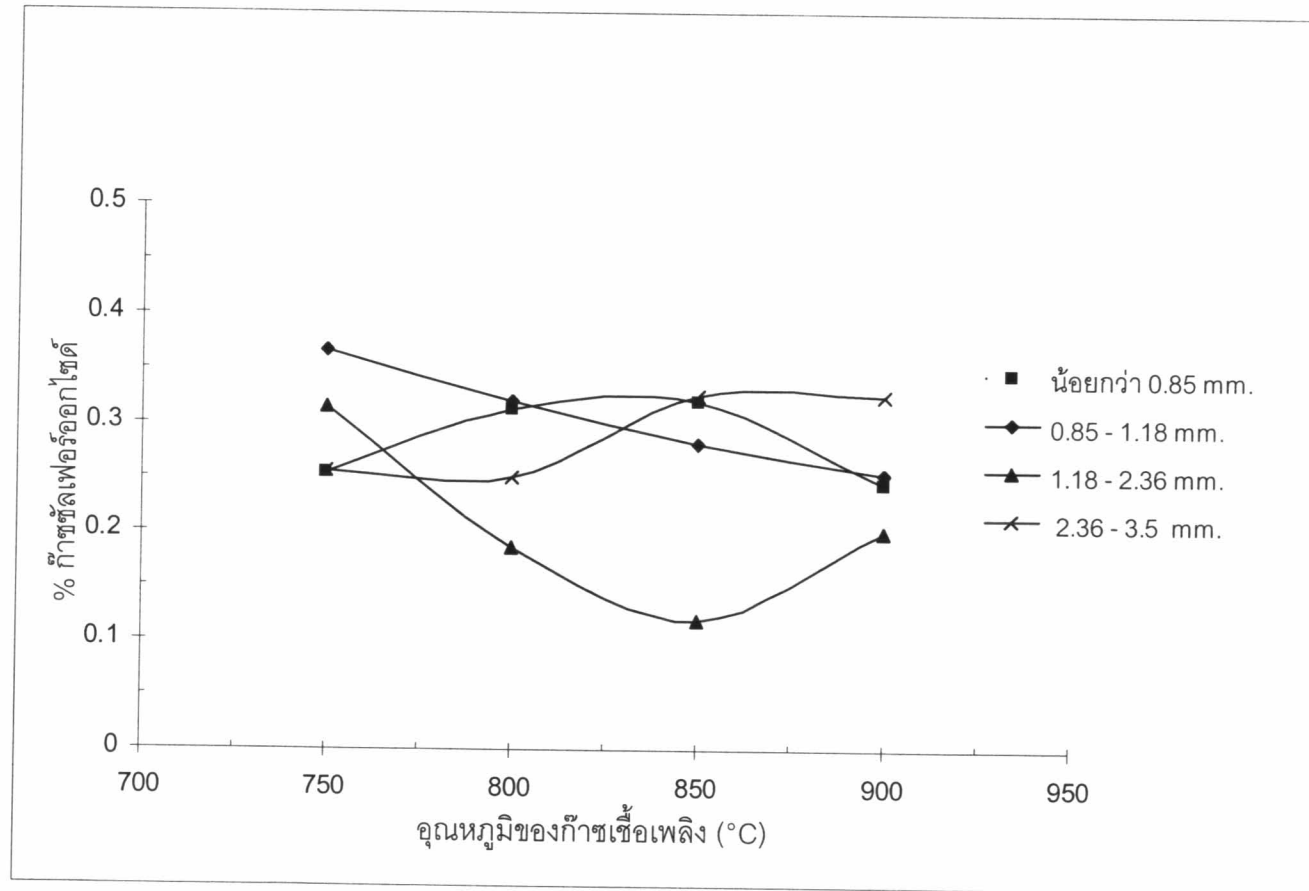
#### 4.4 การเปรียบเทียบระหว่างขนาดของถ่านหินคุณภาพต่ำต่อการเกิดก๊าซซัลเฟอร์ออกไซด์ กับอุณหภูมิของก๊าซเชื้อเพลิง

อัตราการป้อนเชื้อเพลิง 11 kg/hr

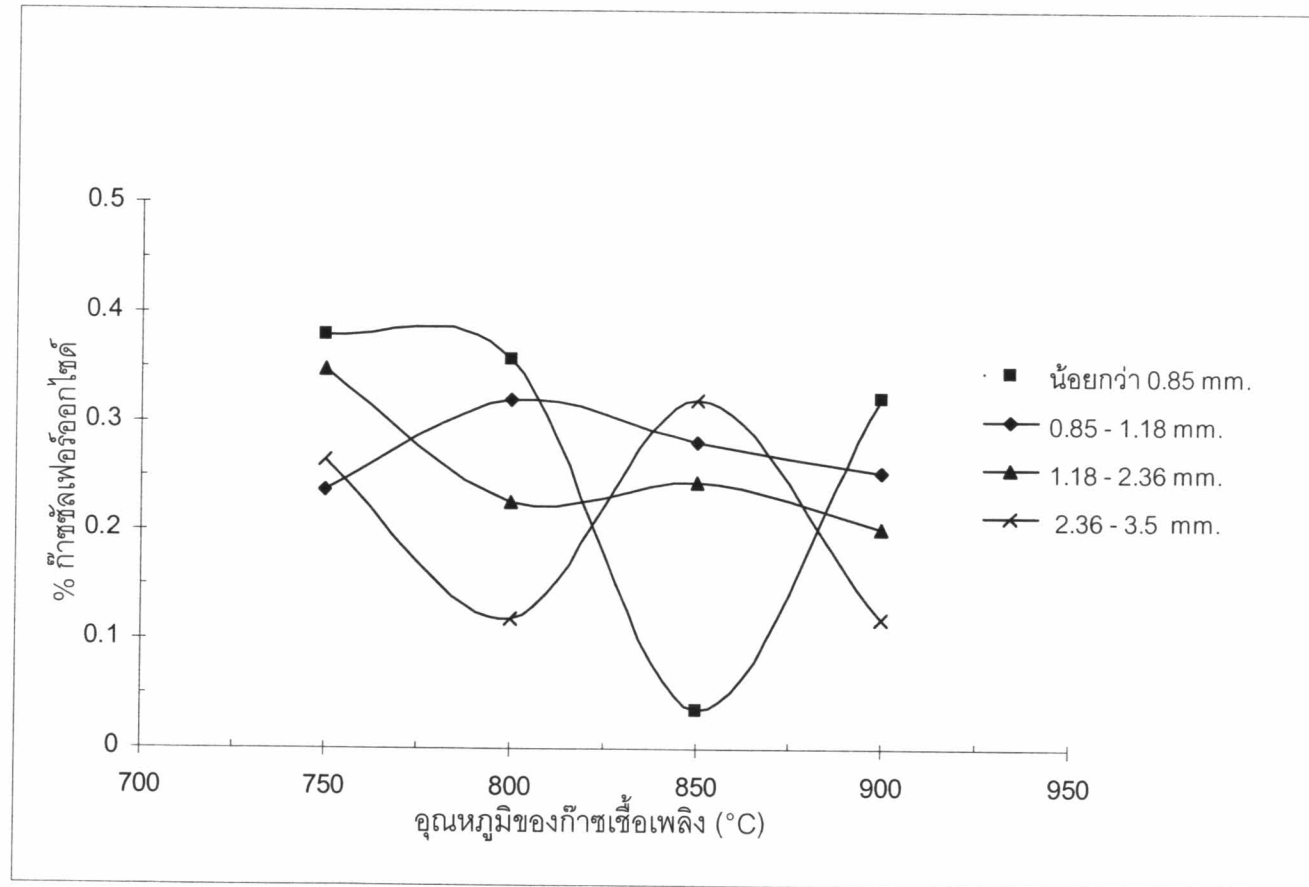
ความดันที่เบด 101.3 kPa

ตารางที่ 4.8 การเปรียบเทียบระหว่างขนาดของถ่านหินคุณภาพต่ำต่อการเกิดก๊าซซัลเฟอร์ออกไซด์ กับอุณหภูมิของก๊าซเชื้อเพลิง

อุณหภูมิก๊าซ เชื้อเพลิง (°C)	อัตราการ ป้อนอากาศ m/s	น้อยกว่า 0.85 mm. (%)	0.85 – 1.18 mm. (%)	1.18 – 2.36 mm. (%)	ใหญ่กว่า 2.36 mm. (%)
750	2.05	0.254	0.366	0.314	0.255
800	2.05	0.313	0.321	0.186	0.250
850	2.05	0.321	0.281	0.119	0.326
900	2.05	0.245	0.254	0.200	0.326
750	2.75	0.379	0.237	0.348	0.264
800	2.75	0.357	0.321	0.226	0.118
850	2.75	0.036	0.281	0.245	0.321
900	2.75	0.322	0.254	0.202	0.118



รูปที่ 4.11 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างขนาดของถ่านหินคุณภาพต่ำต่อการเกิดก๊าซซัลเฟอร์ออกไซด์  
กับอุณหภูมิของก๊าซเชื้อเพลิง ที่ อัตราการป้อนอากาศ 2.05 m/s

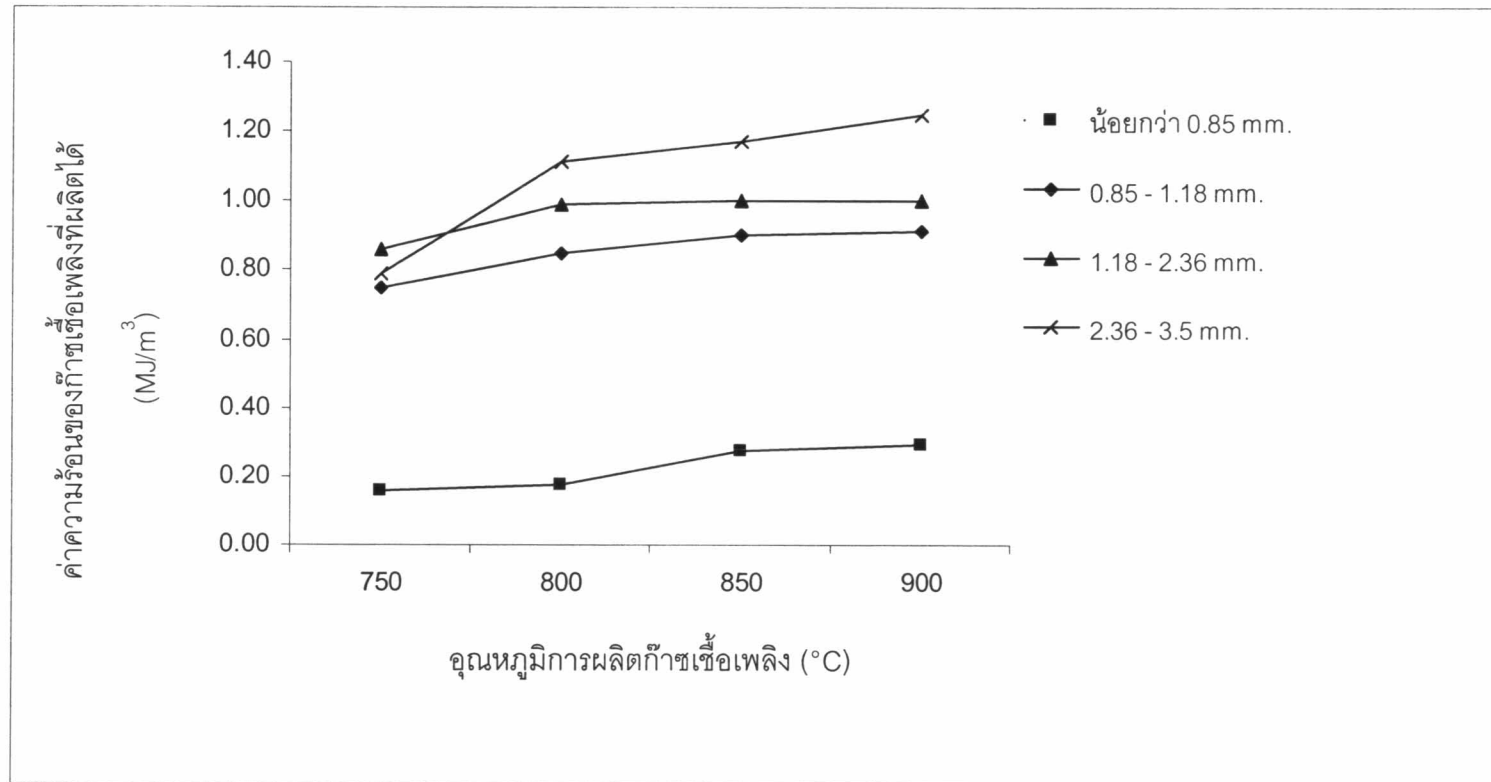


ที่ 4.12 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างขนาดของถ่านหินคุณภาพต่ำต่อการเกิดก๊าซ철เฟอร์ไรต์ กับอุณหภูมิก๊าซเชื้อเพลิง ที่ อัตราการป้อนอากาศ 2.75 m/s

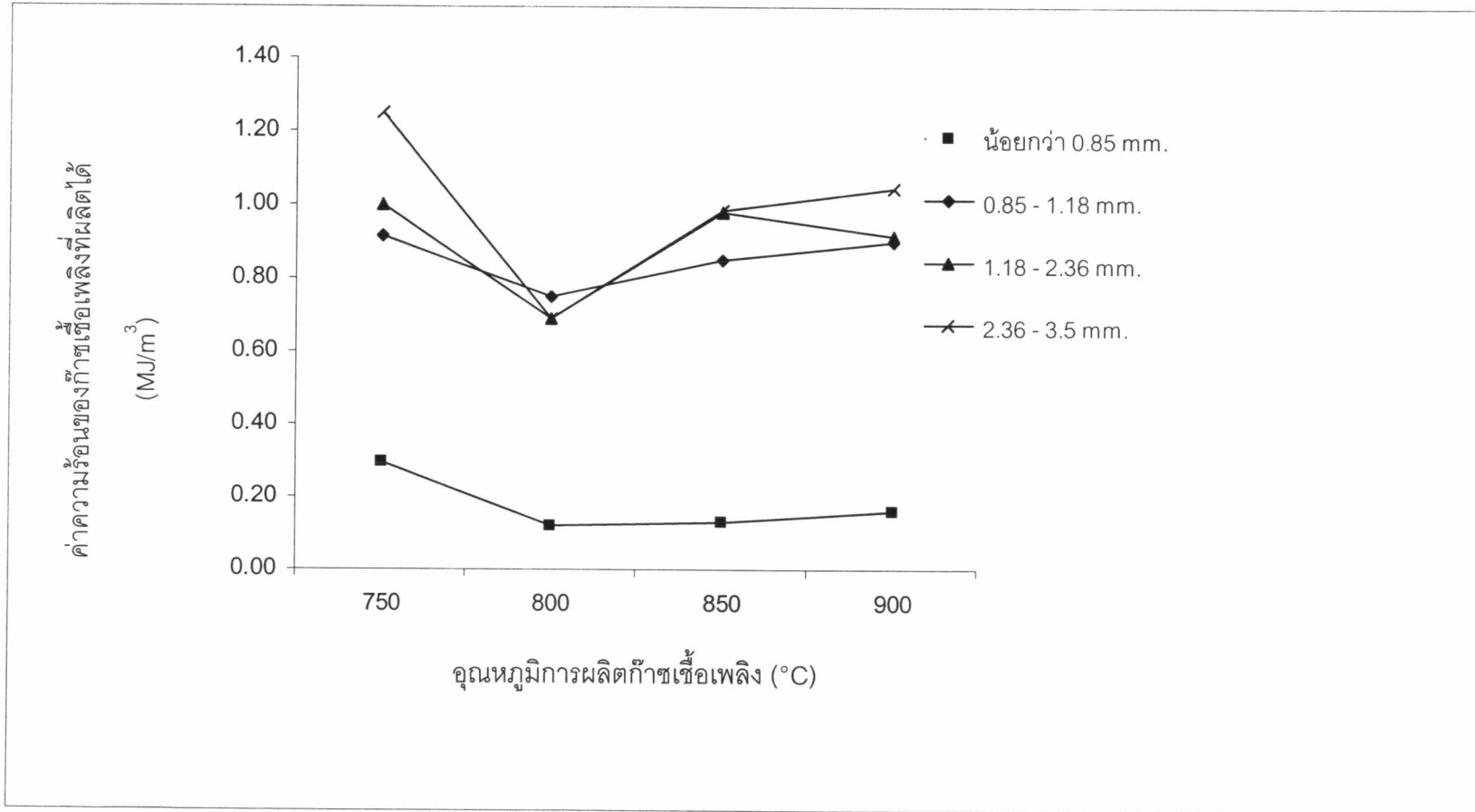
#### 4.5 ค่าความร้อนของเชื้อเพลิงที่ผลิตได้

ตารางที่ 4.9 การเปรียบเทียบระหว่างค่าความร้อนของเชื้อเพลิงที่ผลิตได้ กับอุณหภูมิของก๊าซผลิตเชื้อเพลิง

อุณหภูมิก๊าซ เชื้อเพลิง (°C)	อัตราการ ป้อน เชื้อเพลิง m/s	ค่าความร้อนของ ก๊าซเชื้อเพลิงของ ถ่านหินคุณภาพ ต่ำขนาดน้อย กว่า 0.85 mm. (MJ/m <sup>3</sup> )	ค่าความร้อน ของก๊าซ เชื้อเพลิงของ ถ่านหินคุณภาพ ต่ำขนาด 0.85 – 1.18 mm. (MJ/m <sup>3</sup> )	ค่าความร้อน ของก๊าซ เชื้อเพลิงของ ถ่านหินคุณภาพ ต่ำขนาด 1.18 – 2.36 mm. (MJ/m <sup>3</sup> )	ค่าความร้อนของ ก๊าซเชื้อเพลิงของ ถ่านหินคุณภาพ ต่ำขนาด 2.36- 3.5 mm. (MJ/m <sup>3</sup> )
750	2.05	0.160	0.751	0.864	0.789
800	2.05	0.177	0.851	0.989	1.114
850	2.05	0.277	0.900	1.003	1.169
900	2.05	0.294	0.915	1.001	1.250
750	2.75	0.120	0.751	0.691	0.689
800	2.75	0.131	0.851	0.980	0.987
850	2.75	0.161	0.900	0.917	1.043
900	2.75	0.213	0.915	0.930	1.035



รูปที่ 4.13 การเปรียบเทียบระหว่างค่าความร้อนของเชื้อเพลิงที่ผลิตได้ ของอัตราการป้อนอากาศ 2.05m/s กับอุณหภูมิของก๊าซผลิตเชื้อเพลิง



รูปที่ 4.14 การเปรียบเทียบระหว่างค่าความร้อนของเชื้อเพลิงที่ผลิตได้ ของอัตราการป้อนอากาศ 2.75 m/s กับอุณหภูมิของก๊าซผลิตเชื้อเพลิง