เอกสารอ้างอิง

1 กรมโยธาธิการ เตาผลิตก๊าซเชื้อเพลิงประสิทธิภาพสูง เอกสารกรมโยธาธิการ กระทรวงมหาดไทย,2522

2 กองเกษตรวิศวกรรม แบบสำหรับสร้างเตาผลิตก๊าซจากถ่านไม้ เอกสารกองเกษตรกองเกษตรวิศวกรรม กระทรวงเกษตรและสหกรณ์,2523

3 อรุณ ชมชาญ พลังงานจากไม้ เอกสารเสนอต่อที่ประชุมสัมมนาเรื่องพลังงานเศรษฐกิจและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยมหิดล วันที่ 13-15 ธันวาคม 2521

4 ———— พลังงานจากไม้(2) : แนวการวิจัยและพัฒนาการแปรรูปและใช้พลังงานจากไม้ เอกสารกรมป่าไม้ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์,2522

5 อำนวย คอวณิช เศษไม้ในเมืองไทย เอกสารสมทบสาขาวนผลิตภัณฑ์ เสนอต่อที่ประชุมกรมป่าไม้ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์,2520

6 ———— เตาเผาถ่านเคลื่อนที่แบบมาร์ค 5 เอกสารองค์การอุตสาหกรรมป่าไม้,2520

7 Kaupp,A." Gasification of Rice Hull Theory and Praxis " German Appropriate Technology Exchange GATE,P.O.Box 5180,D-6236 Eschborn 1 ,Fed.Rep. at Germany 1983.

8 Georgakis,C.,Congalidis,J.and Lee,Y.Y. " Physical Interpretation of The Feasibility Region in The Combustion of Char by Use of Single and Double Film Theories " Ind.Eng.Chem.-Fundam.19,(1980) : 98-103

9 FAO Regional Office and The Pacific " Second Expert Consulation and Producer Gas Development in Asia and The Pacific Region " FAO Regional Office and The Pacific,Bangkok,Thailand,1983.

10 Breay,G.R. and Chittenden,S.E. " Producer Gas : Its Potential and Application in Developing Countries " Tropical Product Institute,1972.

11 Skov,N.A. and Papwarth,M.L. " The Pegasus Unit " Pegasus Publisher.Inc.,Olympia,Washington,1975.

12 Probstein,R.F. and Hicks,R.E. Synthetic Fuels 1 st ed.,International Student Edition,McGraw-Hill International Book Company,1982.

13 Kasaoka,S.,Sakata,Y.,Yamashita,H. and Nishino,T. " Effects of Catalysis and Composition of Inlet Gas on Gasification of Carbon and Coal " International and Chemical Engineering. 20(3),(1981):419-433.

14 Katta,S. and Kearins,D.L. " Study of Kinetics of Carbon Gasification Reactions " Ind.Eng.Chem.Fundam. 20,(1981):6-13.

15 Storch,H.H.,Golumbic,N. and Anderson,R.B. The Fischer-Tropsch and Related Synthesis Wiley,1951.

16 Reed,T.B. and Jantzen,D. " Generator Gas The Swedish Experience from 1939-1945 " Swedish Academy of Engineering,Translated by The Solar Energy Research Institute SERI,1979.

17 Arthayukti,W. " Biomass Gasification Workshop " Chulalongkorn University,Bangkok 10500,Thailand,1984.

oooooooooooo

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก การวิเคราะห์ก๊าซด้วยเครื่องก๊าซโครมาโตรกราฟฟี

ก.1 สภาวะการวิเคราะห์ด้วยเครื่องก๊าซโครมาโตรกราฟฟี

ก.2 การหาพื้นที่ใต้กราฟ

ภาคผนวก ข ตัวอย่างการคำนวนต่างๆ

ข.1 ตัวอย่างการคำนวนหาเปอร์เซนต์โมลของก๊าซต่างๆในก๊าซสัง เคราะห์จากพื้นที่ใต้กราฟที่หาได้

ข.2 ตัวอย่างการคำนวนหาค่าความชื้นในไม้

ข.3 ตัวอย่างการคำนวนหาค่าเปอร์เซนต์สารระเหยในไม้, เถ้าถ่านและถ่านคงตัว

ข.4 ตัวอย่างการคำนวนหาปริมาณก๊าซออกซิเจนที่ใช้เผาเทียบกับคาร์บอนในไม้ 1 โมล

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ก.1 สภาวะการวิเคราะห์ด้วยเครื่องก๊าซโครมาโตกราฟฟี

(Gas-Chromatography Analytical Conditions)

ก๊าซนำพา (Carrier Gas)	:	อาร์กอน (Argon)
ปริมาณก๊าซนำพา	:	0.5 ลบ.ซม. /วินาที
อุณหภูมิของคอลัมน์ (Column Temperature)	:	60 °C
อุณหภูมิการฉีดก๊าซ (Injector Temperature)	:	80 °C
ระบบตรวจวัด (Detector)	:	ระบบวัดสภาพการนำความร้อน (TCD)
ความว่องไวระบบตรวจวัด (Sensibility)	:	80 มิลลิแอมป์แปร์

	คอลัมน์ ก	คอลัมน์ ข
ชนิดคอลัมน์ :	MS-5A ขนาด -80+100 mesh	PORAPAK Q;ขนาด -80+100
ขนาดคอลัมน์ :	$\emptyset=\frac{1}{8}$ นิ้ว;ยาว 6 ฟุต	$\emptyset=\frac{1}{8}$ นิ้ว;ยาว 6 ฟุต
	ก๊าซที่สามารถทำการแยกได้ เรียงตามลำดับเวลา	
	ก๊าซไฮโดรเจน	ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์
	ก๊าซออกซิเจน	
	ก๊าซไนโตรเจน	
	ก๊าซมีเทน	
	ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์	

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

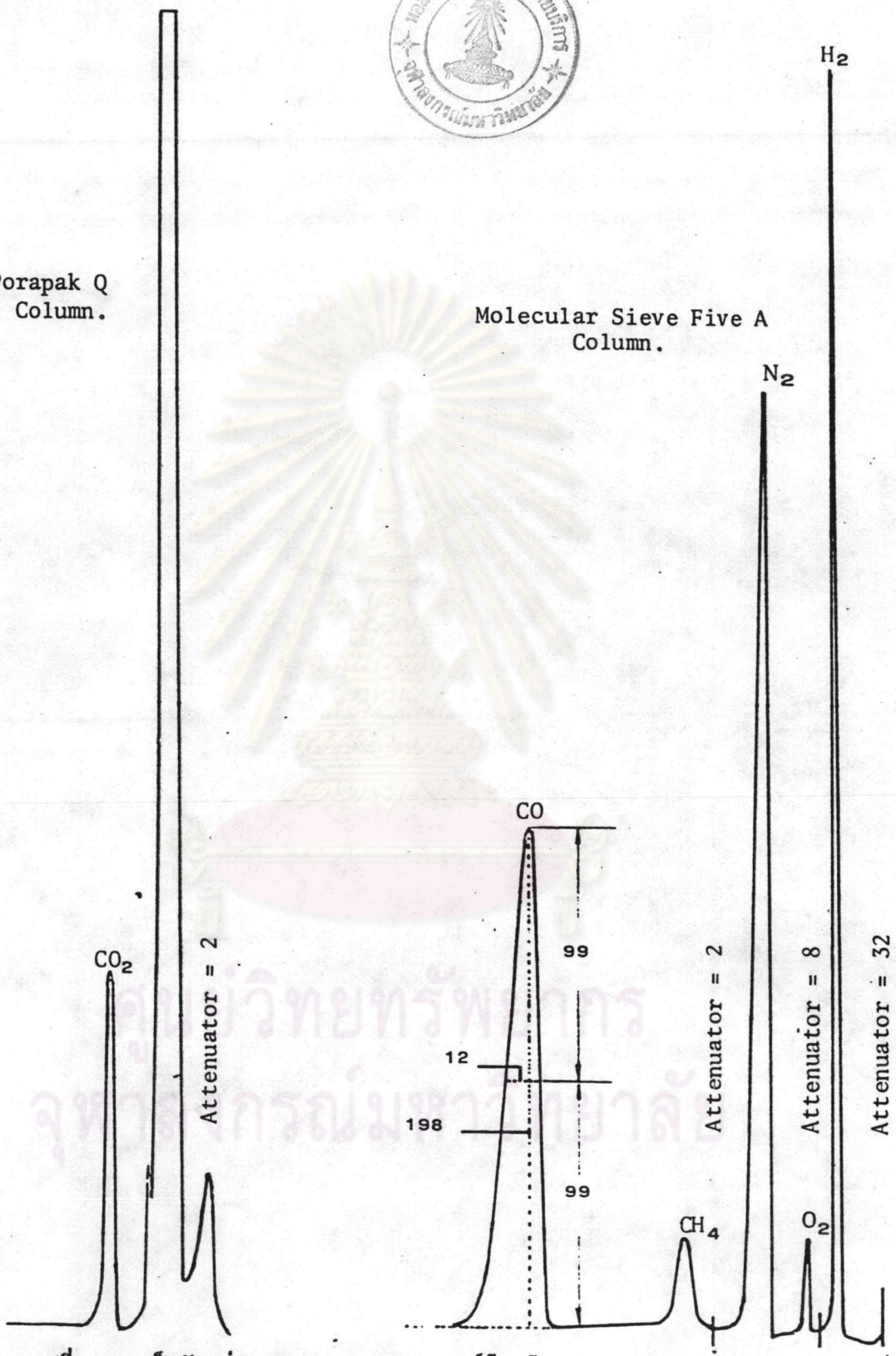
ก.2 การหาพื้นที่ใต้กราฟ (Peak area)

ในการวัดหาพื้นที่ใต้กราฟ ใช้ไม้บรรทัดแบบย่อส่วนโดยใช้เสกล 1:2500 เมตรวัด โดยกำหนดว่าเลข 10 ในไม้บรรทัดมีค่าเท่ากับ 10 หน่วย จากรูปกราฟที่ 7.2 กราฟของ CO ความสูงของกราฟ 198 หน่วย และความกว้างของกราฟที่ครึ่งหนึ่งของความสูงของกราฟ 12 หน่วย คือมี พื้นที่ใต้กราฟ (Peak area) 198 X 12 ตารางหน่วย

ทั้งจากราฟที่ 7.1 และ 7.2 เป็นกราฟการวิเคราะห์ผลในชุดการทดลองที่ 3 คือ ใช้ไม้จนาด 1 ลูกบาศก์นิ้ว, ระยะจากแผ่นตะแกรงรองก้นถึงจุดวัดอุณหภูมิตรงคอคอด 10 เซนติเมตร เส้นผ่าศูนย์กลางคอคอด 14 เซนติเมตร อัตราการไหลของก๊าซ 31.5 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง

หาพื้นที่ใต้กราฟของ	CO =	2376	ตารางหน่วย
	CH_4 =	210	ตารางหน่วย
	H_2 =	856.8	ตารางหน่วย
	CO_2 =	351	ตารางหน่วย
	N_2 =	2133	ตารางหน่วย
	O_2 =	55.5	ตารางหน่วย

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ เป็นตัวอย่างกราฟจากการวิเคราะห์ก๊าซด้วย Gas Chromatograph ของการทดลองชุดที่ 3 อัตราการไหลของก๊าซ 31.5 ลบ.ม./ชม.

ภาคผนวก ข. ตัวอย่างการคำนวณต่างๆ

ข. 1 การหา % โมลของก๊าซต่างๆ ในก๊าซสังเคราะห์จากพื้นที่ใต้กราฟที่หาได้

% ของก๊าซใดๆ = ค่าคงที่ประกอบของก๊าซนั้น x พท.ใต้กราฟของก๊าซนั้น

ค่าคงที่ประกอบของก๊าซ คือค่า % โมลของก๊าซต่อ พท.ใต้กราฟ 1 ตารางหน่วย โดยหาจาก ก๊าซมาตรฐานที่รู้ปริมาณต่างๆ เป็น % โมล แล้วนำไปฉีดวิเคราะห์ด้วย Gas Chromatography ที่เงื่อนไขที่เรากำหนด ซึ่งทุกการทดลองจะต้องฉีดทุกครั้ง ในการทดลองชุดที่ 3 นี้ หาค่าคงที่ประกอบ (k_f) ของแต่ละตัวไว้ดังนี้

k_f ของ CO = 7.64×10^{-3} % โมล/ตารางหน่วย

k_f ของ CH_4 = 7.91×10^{-3} "

k_f ของ H_2 = 0.011558 "

k_f ของ CO_2 = 0.0258 "

k_f ของ N_2 = 0.028063 "

k_f ของ O_2 = 0.02083 "

% โมลของ CO = $(7.64 \times 10^{-3})(2376)$ = 18.15

CH_4 = $(7.91 \times 10^{-3})(210)$ = 1.66

H_2 = (0.011558)(856.8) = 9.90

CO_2 = (0.0258)(351) = 9.06

N_2 = (0.028063)(2133) = 59.86

O_2 = (0.02083)(55.5) = 1.16

และเนื่องจาก % โมลรวม ได้ 99.79 ซึ่งไม่ถึง 100 % ต้องเฉลี่ยค่า % โมลใหม่

$$\% \text{ โมลของก๊าซ} = \frac{\% \text{ โมลของก๊าซเดิม}}{\% \text{ โมลรวมเดิม}}$$

% โมลของ CO = 18.19 CO_2 = 9.08

CH_4 = 1.66 N_2 = 60.00

H_2 = 9.92 O_2 = 1.15

ข. 2 ตัวอย่างการคำนวณหาค่าความชื้นของไม้เทียบกับไม้แห้งใช้ไม้ขนาด $(0.5)^3$ ลูกบาศก์นิ้ว

$$\% \text{ ความชื้น} = \frac{\text{น.น ไม้ก่อนอบแห้ง - น.น ไม้หลังอบแห้ง}}{\text{น.น ไม้หลังอบแห้ง}} \times 100$$

$$\% \text{ ความชื้นของไม้}(0.5)^3 \text{ลบ.น} = \frac{236.4 \text{ กรัม} - 195.7 \text{ กรัม}}{195.7 \text{ กรัม}} \times 100 = 20.8$$

ข. 3 ตัวอย่างการคำนวณหาค่า % สารระเหยในไม้ (Volatile matter) % เถ้าถ่าน (Ash) และ % คาร์บอนที่ได้ (Fixed Carbon) โดยใช้ไม้แห้งจากที่อบแห้งจาก ก. 4 ใส่ภาชนะเซรามิค สำหรับเผากลั่นทำลายแล้วใส่เข้าเตากลั่นทำลายที่อุณหภูมิที่อุณหภูมิ 780°ซ โดยใช้ N_2 เป็นก๊าซสำหรับไล่สารละเหยในไม้ ใช้เวลาในการกลั่นทำลายประมาณ 4 ชั่วโมง ลดอุณหภูมิที่กลั่นลงจนถึงอุณหภูมิห้อง แล้วจึงนำภาชนะเซรามิคนี้ไปชั่ง น.น จดค่าไว้ จากนั้นนำกลับมาเข้าเตาเผาใหม่ที่อุณหภูมิ 600°ซ ใช้อากาศเป็นตัวเผา จนเหลือแต่เถ้าถ่าน ใช้เวลาประมาณ 2 ชั่วโมง จากนั้นนำภาชนะเซรามิคนี้ไปชั่งอีกครั้งหนึ่ง จากการชั่ง น.น ต่างๆ ของภาชนะเซรามิคสำหรับไม้แห้งขนาด $(0.5)^3$ ลูกบาศก์นิ้ว เป็นดังนี้

ภาชนะ + ไม้แห้ง	=	58.2	กรัม
ภาชนะ + ถ่านที่เหลือจากการกลั่นทำลาย	=	40.7	กรัม
ภาชนะ + เถ้าถ่านที่เหลือจากการเผา	=	32.74	
ภาชนะ	=	32.5	กรัม

$$\% \text{ สารระเหยในไม้ - โดย น.น} = \frac{\text{น.น ไม้แห้ง - น.น ถ่านที่เหลือจากการกลั่นทำลาย}}{\text{น.น ไม้แห้ง}} \times 100$$

$$= \frac{58.2 - 40.7}{58.2 - 32.5} \times 100 = 68.09$$

$$\% \text{ เถ้าถ่านโดย น.น} = \frac{\text{น.น เถ้าถ่านที่เหลือจากการเผา}}{\text{น.น ไม้แห้ง}} \times 100$$

$$= \frac{32.74 - 32.5}{58.2 - 32.5} \times 100 = 0.93$$

$$\% \text{ คาร์บอนที่ได้} = 100 - \% \text{ สารระเหย} - \% \text{ เถ้าถ่าน}$$

$$= 100 - 68.09 - 0.93 = 30.98$$

ข. 4 ตัวอย่างการคำนวณหาปริมาณ O_2 ที่ใช้เมื่อเทียบกับ C 1 โมลในไม้ (CH_xO_y)

$$\text{จำนวนโมล } O_2 \text{ที่ใช้เทียบ C 1 โมล} = \frac{(\%N_2)(\frac{21}{79}) - (\%O_2)\text{ที่เหลือ}}{(\%CO) + (\%CO_2) + (\%CH_4)}$$

จากข้อมูลของ ข. 1 คือการทดลองชุดที่ 3 ที่อัตราการไหลของก๊าซ 31.5 ลบ.ม./ชม. จะได้

$$\text{จำนวนโมล } O_2 \text{ ที่ใช้เทียบ C 1 โมล} = \frac{60 \times \frac{21}{79} - 1.15}{18.19 + 1.66 + 90.8} = 0.669 \text{ โมล}$$

ข. 5 ตัวอย่างการคำนวณค่าเปอร์เซนต์โมล โดยไม่คิดปริมาณก๊าซออกซิเจน ในตารางที่ 6.19 จากชุดการทดลองที่ 1 ที่อัตราการไหล 40 ลบ.ม./ชม.

$V = \%CO + \%CH_4 + \%H_2 + \%CO_2 + (N_2$ เมื่อเทียบหัก O_2 ออกแล้ว)

$V = \%CO + \%CH_4 + \%H_2 + \%CO_2 + (\%N_2$เดิม $- \frac{79}{21}\%O_2$ที่เหลือ)

$$V = 16.23 + 1.27 + 8.91 + 8.93 + (63.29 - \frac{79}{21} \times 1.37) = 93.46$$

$$\%\text{Gasใหม่} = \frac{\%\text{Gasเดิม} \times 100}{V}$$

$$\%CO(\text{ใหม่}) = \frac{16.23 \times 100}{93.476} = 17.36$$

$$\%CH_4 = \frac{1.27 \times 100}{93.476} = 1.36$$

$$\%H_2 = \frac{8.91 \times 100}{93.476} = 9.53$$

$$\%CO_2 = \frac{8.93 \times 100}{93.476} = 9.55$$

$$\%N_2 = \frac{(63.29 - \frac{79}{21} \times 1.37) \times 100}{} = 62.19$$

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ประวัติการศึกษา

นายพิเชษฐ์ ขุมทรัพย์ เกิดวันที่ 13 พฤษภาคม พ.ศ.2500 ที่จังหวัดปราจีนบุรี สำเร็จการศึกษาปริญญาวิทยาศาสตร์บัณฑิต (สาขาเคมี) จากคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล พ.ศ.2522 เข้าศึกษาต่อในระดับปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปี พ.ศ.2523

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย