รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

ชัยทัศน์ ไพรินทร์และคณะ "ความร้อนและพลังงานจากชีวมวลธรรมชาติ" เอกสารการวิจัยมหาวิทยาลัยขอนแก่น, 2531

นักสิทธิ์ คูวัฒนชัย "การวิจัยเรื่องก๊าซชีวมวลที่มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์และสถานภาพปัจจุบันของเทคโนโลยีก๊าซชีวมวล" เอกสารวิชาการมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, 2531

สมพงษ์ ฉันทวรภาพ "พลังงานจากแกลบ" เอกสารประกอบการบรรยายเรื่องเทคโนโลยีและการพลังงานตามความต้องการของท้องถิ่น ณ.ศาลาประชาคมจังหวัดอุบลราชธานี, 2532

สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย "การใช้เทคโนโลยีการกลั่นสลายแกลบกับโรงสีข้าว" เอกสารทางวิชาการเพื่อการสาธิต, เมษายน 2527

ภาษาอังกฤษ

Begle, C., "Feasibility Study on Rice Husk Pyrolysis Technology for Rice Husk Conversion to Energy" West Sacramanto, California, U.S.A., 1976

Beenackers, A.A.M.C., and Briddgwater, A.V., "Pyrolysis and Gasification Technology" pp. 129-153, Elsevier Applied Science Publishers, 1987

Beckman, O., and Ostman, A., "Upgrading of Biomass Derived Oils" pp. 15-18, Canadian Chemical News, 1985

Coovattanachai, N., et al, "The feasibility of producer gas in electricity generation" pp. 71-87, Renewable Energy Review Journal, Vol. 4, No. 2, 1982

F.A.O. " Utilization of Agricultural Waste as Fuel for Producer Gas with Emphesis on Rice Husk" F.A.O. Bangkok, 1982

F.A.O/ESCAP "Charcoal Production and Technology " Regional Work shop, F.A.O., Rome, 1983

Kitani, O., and Hall, E.A., "Biomass Handbook" Gordon and Breach Science Publishers, 1989

Kaupp, A., "Gasification of Rice Hulls Theory and Praxis" German Appropriate Technology Exchange, 1984

Matthew, R.J., "Biomass for Energy" Biomass Handbook pp. 97-106, 1985.

Michael J.A., "Pyrolysis" Biomass Handbook, pp. 379-385, 1989

Manurung, R., "Gasification and Pyrolytic Conversion of Agricultural and Forestry Wastes" Renewable Energy Review Journal, Vol.3, No.2, 1981

Probestien, R.F., and Hicks, R.E., "Synthetic Fuels" McGraw Hill International Book Company, 1982

Philip, C.M., "Combustion" Biomass Handbook, pp. 371-378, 1989

Shimizu, H., et al., "Combustion Characteristics of Husk Charcoal" Energy Development in Japan, 1982

_____", et al., "Integrated Regional System of Thermal Utilization of Biomass Resources "Agricultural Mechanization in Asia, Africa and Latin America Vol.18, No.1, pp.65-71, 1987

_____", et al., "Direct Utilization of Biomass Resources an A Heat Source" Spey, pp. 107-112, 1987

Sakai, J., and Shibata, Y., "Alternative Gas-Fuel Producer for Driving Gasoline Engine (Part I), AMA, Shin-norinsha Company, pp. 51-61, 1982

Stout, B.A., and Hiller, E.A., "Biomass Energy A Monograph "Texas A&M Univerisity Press College Station, 1985

Soltes, E.J., "Pyrolysis of Wood Residues" A Route to Chemical and Energy Products for the Forest Products Industry, Tappi 63:75, 1980

_____", and T.J. Elder., "Thermal Degradation Routes to Chemical from Wood" Paper presented at Eighth World Forestry Congress, Jakata, Indonesia,1978

_____" , A.T. Willey, and S.C.K. Lin, "Biomass Pyrolysis" Towards and understanding of its versatility and potentials, Biotech. Bioeng Symp., 11:125:1981

Toshizo, B., "Development Direction of Dryers" Technical Report, Inst. Agricultural Machiery, 1987

Takeru, S, and Mutsuo, K, "Heat Energy Industry" Kyoritsubuhan Kabu Company, 1985

Yamashita, R., "Drying" Biobmass Handbook, pp. 386-394, 1989

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

วิธีการคำนวณค่าความร้อนของก๊าซเชื้อเพลิง

ภาคผนวก ก1 วิธีการคำนวณค่าความร้อนของก๊าซเชื้อเพลิง

ตัวอย่างการคำนวณ ค่าความร้อนของก๊าซเชื้อเพลิงที่ได้จากปฏิกริยารีดักชั่นโดยให้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ในอัตรา 20 มล.ต่อนาที เพื่อทำปฏิกริยารีดักชั่น กับถ่านชี้เลื่อยอัด ที่อุณหภูมิ 700°ซ. ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบของก๊าซ โดยเครื่องวิเคราะห์ก๊าซ (Gas chromatograph) ที่ระยะเวลาเก็บกักถ่าน 30 นาที ได้ผลดังตารางที่ ก1

ตารางที่ ก1 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบของก๊าซ ที่ระยะเวลาเก็บกักถ่าน 30 นาที

องค์ประกอบของก๊าซ	เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร
Carbon monoxide, CO	36.03
Hydrogen, H_2	0.27
Methane, CH_4	7.20
Carbon dioxide, CO_2	43.97
Others	12.53

ค่าความร้อนของก๊าซเชื้อเพลิงสามารถคำนวณได้จากสมการดังนี้

$$CV = \Sigma C_i V_i / \Sigma V_i$$

โดยที่ CV คือ ค่าความร้อนรวมของก๊าซเชื้อเพลิง (คาลอรี่ต่อกรัม)

C_i คือ ค่าความร้อนของก๊าซมาตรฐานที่ stp. $C_i=C_1,C_2..C_n$
(ดูได้จากตารางที่ ก1)

V_i คือ เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตรของก๊าซจากผลการวิเคราะห์
$V_i = V_1,V_2,...,V_n$

ดังนั้น จากตารางที่ ก2 สามารถคำนวณค่าความร้อนของก๊าซที่วิเคราะห์ได้ในตารางที่ ก1 ดังนี้

CV = (2,388.915x0.3603)+(33,594.123x0.0027)+
(13,068.027x0.072)+(0x0.4397)+(0x0.1253)
= 1,892.33 คาลอรี่ต่อกรัม

ในทำนองเดียวกัน ผลวิเคราะห์ของก๊าซจากผลการทดลองอื่นๆ สามารถคำนวณค่าความร้อนได้ดังวิธีดังกล่าวข้างต้น ซึ่งแสดงผลการคำนวณบางส่วนในภาคผนวก ก3

ตารางที่ ก2 ค่าความร้อนของก๊าซมาตรฐานที่ stp.

ก๊าซ	ค่าความร้อนสูงสุด (kJ/Nm^3)	ค่าความร้อนต่ำสุด (kJ/Nm^3)
H_2	12.76	10.80
CO	12.64	12.64
CH_4	39.75	35.32
C_2H_2	58.03	56.06
C_2H_4	63.01	59.08
C_2H_6	69.63	63.76
C_3H_6	91.90	86.00
C_3H_8	99.10	91.27
C_4H_8	121.4	113.5
C_4H_{10}	158.5	118.7

ข้อมูลจาก : Takeru and Mutsuo, 1985

ตารางที่ ก3 ข้อมูลค่าความร้อนของก๊าซเชื้อเพลิงต่าง ๆ ที่ผลิตได้ที่อุณหภูมิทดลองต่าง ๆ

อุณหภูมิทดลอง 600°ซ.

ก๊าซเชื้อเพลิง	ระยะเวลาเก็บกักก่าน (นาที)						
(คาลอรี่ต่อ ลบ.ม)	5	15	30	45	60	75	90
H_2	4.877	4.572	1.219	1.829	0.914	1.219	0.914
CO	339.10	391.64	155.51	216.81	142.83	156.41	123.20
CH_4	427.32	268.74	38.93	60.77	26.59	31.34	21.84
รวม	771.30	664.95	195.66	279.41	170.33	188.97	145.95

อุณหภูมิทดลอง 700°ซ.

H_2	24.081	8.230	4.877	4.572	4.572	2.439	1.219
CO	1,348.55	1,128.42	667.93	610.26	508.20	428.48	310.72
CH_4	2,017.89	516.58	116.80	97.81	60.77	35.13	17.09
รวม	3,090.52	1,653.23	789.61	712.64	573.54	466.05	329.03

อุณหภูมิทดลอง 800°ซ.

H_2	27.739	8.230	4.877	3.658	1.524	2.439	2.743
CO	2,206.11	1,981.45	1,558.11	1,474.77	1,389.92	1,264.91	1,382.07
CH_4	885.97	159.33	37.98	21.84	-	-	-
รวม	3,119.82	2,149.21	1,600.97	1,500.27	1,391.44	1,267.35	1,384.81

ตารางที่ ก4 ข้อมูลค่าความร้อนของก๊าซเชื้อเพลิงต่าง ๆ ที่ผลิตได้ที่อัตราให้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ต่างๆ โดยใช้ถ่านชี้เลื่อยอัดเป็นวัสดุทดสอบ ที่อุณหภูมิ 700°ซ.

อัตราการให้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 20 มล.ต่อนาที

ก๊าซเชื้อเพลิง	ระยะเวลาเก็บกักถ่าน (นาที)						
(คาลอรี่ต่อ ลบ.ม)	5	15	30	45	60	75	90
H_2	35.66	9.75	8.23	8.23	8.84	3.35	2.13
CO	1,106.98	1,184.58	1,087.96	1,090.07	869.94	596.37	488.57
CH_4	3,207.73	1,802.33	683.71	592.55	360.85	150.99	59.82
รวม	4,350.37	2,996.66	1,779.9	1,690.85	1,239.63	750.71	550.52

อัตราการให้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 40 มล.ต่อนาที

H_2	26.22	10.36	5.79	5.18	3.96	2.74	0.61
CO	1,210.25	1,239.24	900.44	782.68	690.58	565.87	202.92
CH_4	2,631.32	773.92	179.47	158.58	96.86	55.08	8.55
รวม	3,867.79	2,023.52	1,085.7	946.44	791.4	623.69	212.08

อัตราการให้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 60 มล.ต่อนาที

H_2	24.08	8.23	4.88	4.57	4.57	2.44	1.22
CO	1,348.55	1,128.42	667.93	610.93	508.20	428.48	310.72
CH_4	2,017.89	516.58	116.80	97.81	60.77	35.13	17.09
รวม	3,390.52	1,653.23	789.61	573.54	573.54	466.05	329.03

อัตราการให้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 80 มล.ต่อนาที

H_2	29.48	6.40	3.26	2.74	2.44	2.13	1.52
CO	2,206.11	1,981.45	1,558.11	1,474.77	1,389.92	1,264.91	1,382.07
CH_4	885.97	159.53	37.98	21.84	-	-	-
รวม	3,121.59	2,147.38	1,599.35	1,498.99	1,392.36	1,267.04	1,383.59

ตารางที่ ก5 ข้อมูลค่าความร้อนของก๊าซเชื้อเพลิงต่าง ๆ ที่ผลิตได้ที่อัตราให้ไอน้ำต่าง ๆ โดยใช้ถ่านแกลบเป็นวัสดุทดสอบ ที่อุณหภูมิ 700°ซ. อัตราให้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์คงที่ 60 มล.ต่อนาที

อัตราการให้ไอน้ำ 10 มล.ต่อนาที

ก๊าซเชื้อเพลิงต่างๆ	ระยะเวลาเก็บตัวอย่าง (นาที)						
(คาลอรี่ต่อ ลบ.ม)	5	15	30	45	60	75	90
H_2	10.36	28.96	4.05	3.54	3.17	2.77	2.47
CO	1,475.07	1,304.43	1,168.28	844.43	768.58	791.31	706.52
CH_4	1,217.57	540.68	250.22	98.00	62.58	52.51	36.56
รวม	2,703	1,882.57	1,422.55	945.67	834.33	46.59	745.55

อัตราการให้ไอน้ำ 20 มล.ต่อนาที

H_2	14.97	4.69	3.96	3.51	3.17	2.68	2.71
CO	1,401.27	1,279.85	935.29	831.78	749.10	729.77	734.45
CH_4	1,014.17	374.71	140.35	98.76	63.34	50.71	44.82
รวม	2,430.41	1,659.25	1,079.6	934.15	815.61	783.16	781.98

อัตราการให้ไอน้ำ 40 มล.ต่อนาที

H_2	14.85	3.96	3.87	3.23	32.62	2.83	2.01
CO	1,314.06	1,081.16	969.44	764.53	690.52	701.93	416.04
CH_4	647.91	252.69	188.87	72.55	71.50	49.95	28.20
รวม	1,976.82	1,337.81	1,162.18	840.31	794.64	754.71	446.28

อัตราการให้ไอน้ำ 100 มล.ต่อนาที

H_2	15.0	4.42	-	-	-	-	-
CO	1,278.34	1,036.62	822.81	567.89	570.88	463.23	393.88
CH_4	674.40	531.68	468.72	300.74	242.91	128.48	165.04
รวม	1,967.74	1,572.72	1,291.53	868.63	813.796	591.71	558.92

ตารางที่ ก6 ข้อมูลค่าความร้อนของก๊าซเชื้อเพลิงต่าง ๆ ที่ผลิตได้จากการทดลองเปลี่ยนความหนาชั้นถ่านต่าง โดยใช้ถ่านชี้เลื่อยอัดเป็นวัสดุทดสอบ ที่อุณหภูมิ 700°ซ. อัตราการให้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์คงที่ 20 มล.ต่อนาที

ความหนาชั้นถ่าน 15 ซม.)

ก๊าซเชื้อเพลิงต่างๆ	ระยะเวลาเก็บก๊กถ่าน (นาที)						
(คาลอรี่ต่อ ลบ.ม)	5	15	30	45	60	75	90
H_2	25.91	9.75	4.57	6.71	3.96	4.27	3.66
CO	890.78	1,133.86	897.42	760.94	658.27	637.13	603.92
CH_4	2,246.74	1,279.10	305.77	207.96	183.27	171.88	98.76
รวม	3,163.43	2,422.71	1,207.76	975.61	845.5	813.28	706.31

ความหนาชั้นถ่าน 25 ซม.

H_2	74.99	15.55	8.54	5.79	3.66	2.44	2.44
CO	936.07	1,135.37	1,051.42	885.95	718.96	616.0	592.75
CH_4	2,302.76	1,502.26	414.02	247.84	168.08	102.56	94.01
รวม	3,313.82	2,653.18	1,473.98	1,139.58	890.7	721.0	689.2

ความหนาชั้นถ่าน 40 ซม.

H_2	35.03	9.96	8.45	8.76	9.06	3.62	2.11
CO	1,102.15	1,180.96	1,090.07	1,090.07	881.72	599.39	483.13
CH_4	3,228.62	1,813.72	695.10	617.24	396.93	178.52	84.51
รวม	4,365.8	3,004.64	1,793.62	1,716.07	1,287.71	781.53	569.75

ตารางที่ ก7 ข้อมูลเปรียบเทียบค่าความร้อนของก๊าซเชื้อเพลิงต่าง ๆ ที่ผลิตได้จากการให้ไอน้ำและไม่ให้ไอน้ำ โดยใช้ถ่านแกลบเป็นวัสดุทดสอบ ที่อุณหภูมิ 700°ซ. อัตราให้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 60 มล.ต่อนาที

กรณีไม่ให้ไอน้ำ (Without steam)

ก๊าซเชื้อเพลิงต่างๆ	ระยะเวลาเก็บถักถ่าน (นาที)						
(คาลอรี่ต่อ ลบ.ม)	5	15	30	45	60	75	90
H_2	25.61	9.45	5.79	5.49	5.49	3.05	1.22
CO	1,361.83	1,124.50	670.65	604.82	521.18	437.84	303.77
CH_4	2,037.83	505.18	113.0	92.11	68.37	26.59	10.45
รวม	3,425.27	1,639.13	789.44	702.42	595.04	467.48	315.44

กรณีให้ไอน้ำ (With steam) ในอัตรา 10 มล.ต่อนาที

H_2	10.36	28.96	4.05	3.54	3.17	2.77	2.47
CO	1,475.07	1,304.43	1,168.28	844.43	768.58	791.31	706.52
CH_4	1,217.57	548.68	250.22	98.0	62.58	52.51	36.56
รวม	2,703	1,882.07	1,422.55	905.97	834.33	846.59	745.55

ภาคผนวก ข.

ข้อมูลต่าง ๆ จากการทดลอง

ตารางที่ ข1. ข้อมูลปริมาณก๊าซเชื้อเพลิงต่าง ๆ ที่ผลิตได้ที่อุณหภูมิทดลองต่าง ๆ

อุณหภูมิทดลอง 600°ซ.

ก๊าซเชื้อเพลิง (%โดยปริมาตร)	ระยะเวลาเก็บตัวอย่าง (นาที) 5	15	30	45	60	75	90
H_2	0.16	0.15	0.04	0.06	0.03	0.04	0.03
CO	11.23	12.97	5.15	7.18	4.73	5.18	4.08
CH_4	4.52	2.83	0.41	0.64	0.28	0.33	0.23
รวม	15.91	15.95	5.6	7.88	5.04	5.55	4.34

อุณหภูมิทดลอง 700°ซ.

H_2	0.79	0.27	0.16	0.15	0.15	0.08	0.04
CO	44.66	37.37	22.12	20.21	16.83	14.19	10.29
CH_4	21.25	5.44	1.23	1.03	0.64	0.37	0.18
รวม	66.7	43.08	23.51	21.39	17.62	14.64	10.57

อุณหภูมิทดลอง 800°ซ.

H_2	0.91	0.27	0.16	0.12	0.05	0.08	0.09
CO	73.06	65.62	51.60	48.84	46.03	41.89	45.77
CH_4	9.33	1.68	0.40	0.23	-	-	-
รวม	83.3	67.57	52.16	49.19	46.08	41.97	45.86

ตารางที่ ข2 ข้อมูลปริมาณก๊าซต่าง ๆ ที่ผลิตได้ที่อัตราการให้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ต่าง ๆ โดยใช้ถ่านชี้เลื่อย อัดเป็นวัสดุทดสอบ ที่อุณหภูมิ 700°ซ.

อัตราการให้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 20 มล.ต่อนาที

ก๊าซต่าง ๆ	ระยะเวลาเก็บกักถ่าน (นาที)						
(%โดยปริมาตร)	5	15	30	45	60	75	90
H_2	1.17	0.32	0.27	0.27	0.29	0.11	0.07
Others	8.23	8.24	12.53	10.60	24.01	33.43	40.27
CO	36.66	39.23	36.03	36.10	28.81	19.75	16.18
CH_4	33.87	18.98	7.20	6.24	3.80	1.59	0.63
CO_2	20.17	33.23	43.97	46.80	43.09	45.12	42.83
รวม	71.61	58.53	43.5	42.61	32.9	21.45	16.88

อัตราการให้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 40 มล.ต่อนาที

H_2	0.86	0.34	0.19	0.17	0.13	0.09	0.02
Others	10.85	8.10	4.80	10.48	7.18	4.83	6.95
CO	40.08	41.04	29.82	25.92	22.87	18.74	6.72
CH_4	27.71	8.15	1.89	1.67	1.02	0.58	0.09
CO_2	20.50	42.36	63.31	61.75	68.80	75.75	86.23
รวม	68.65	49.53	31.9	27.76	25.20	19.41	6.83

อัตราการให้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 60 มล.ต่อนาที

H_2	0.79	0.27	0.16	0.15	0.15	0.08	0.04
Others	2.85	3.64	3.97	3.24	3.92	8.90	13.01
CO	44.66	37.37	22.12	20.21	16.83	14.19	10.29
CH_4	21.25	5.44	1.23	1.03	0.64	0.37	0.18
CO_2	30.45	53.28	72.53	75.37	78.46	76.46	76.48
รวม	66.7	43.08	23.51	21.39	17.62	14.64	10.51

อัตราการให้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 80 มล.ต่อนาที

H_2	0.967	0.21	0.107	0.09	0.08	0.07	0.05
Others	10.03	5.26	21.58	9.87	11.72	9.48	13.38
CO	33.91	32.47	17.00	15.80	13.91	13.67	10.375
CH_4	8.51	4.44	0.88	0.706	0.49	0.40	0.37
CO_2	46.59	57.62	60.42	73.53	73.81	76.40	75.825
รวม	43.39	37.12	17.99	15.876	14.48	14.14	10.80

ตารางที่ ข3 ข้อมูลปริมาณก๊าซต่าง ๆ ที่ผลิตได้ ที่อัตราให้ไอน้ำต่าง ๆ โดยใช้ถ่านแกลบเป็นวัสดุทดสอบ ที่อุณหภูมิ 700°ซ. อัตราให้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์คงที่ 60 มล.ต่อนาที

อัตราการให้ไอน้ำ 10 มล.ต่อนาที

ก๊าซต่าง ๆ (%โดยปริมาตร)	ระยะเวลาเก็บกักก๊าซ (นาที)						
	5	15	30	45	60	75	90
H_2	1.34	0.95	0.133	0.116	0.104	0.091	0.081
Others	10.932	7.353	5.104	4.622	4.617	4.383	4.394
CO	48.85	43.199	38.690	27.965	25.453	26.206	23.398
CH_4	12.822	5.778	2.635	1.032	0.659	0.553	0.385
CO_2	25.242	42.741	53.438	66.265	69.167	68.765	71.742
รวม	63.01	49.93	41.46	29.11	26.22	26.85	23.86

อัตราการให้ไอน้ำ 20 มล.ต่อนาที

H_2	0.491	0.154	0.130	0.115	0.104	0.088	0.089
Others	13.50	3.721	3.540	3.526	3.427	3.233	3.150
CO	46.406	42.385	30.974	27.546	24.808	24.168	24.323
CH_4	10.68	3.946	1.478	1.04	0.667	0.534	0.472
CO_2	28.927	49.793	68.878	67.773	70.994	71.977	71.965
รวม	37.58	46.49	32.58	28.70	25.58	24.79	24.88

อัตราการให้ไอน้ำ 40 มล.ต่อนาที

H_2	0.487	0.13	0.127	0.106	1.07	0.093	0.067
Others	8.232	4.086	3.677	3.515	4.583	3.425	3.899
CO	43.518	35.805	32.105	25.319	22.868	23.246	13.778
CH_4	6.823	2.661	1.989	0.764	0.753	0.526	0.297
CO_2	40.94	57.138	62.102	70.296	71.689	72.709	81.959
รวม	50.83	38.60	34.22	26.189	24.69	23.87	14.14

อัตราการให้ไอน้ำ 100 มล.ต่อนาที

H_2	0.492	0.145	-	-	-	-	-
Others	12.062	3.762	3.06	3.531	3.455	3.989	3.774
CO	42.335	34.33	27.249	18.807	18.906	15.341	13.044
CH_4	7.102	5.599	4.936	3.167	2.558	1.353	1.738
CO_2	38.01	56.164	64.04	73.916	74.51	79.184	81.114
รวม	49.93	40.07	32.19	21.97	21.46	16.694	14.78

ตารางที่ ข4 ข้อมูลปริมาณก๊าซเชื้อเพลิงต่าง ๆ ที่ผลิตได้จากการทดลองเปลี่ยนความหนาชั้นถ่านต่าง ๆ โดยใช้ถ่านชี้เลื่อยอัดเป็นวัสดุทดสอบ ที่อุณหภูมิ 700°ซ. ในอัตราการให้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์คงที่ 20 ต่อนาที

ความหนาชั้นถ่าน 15 ซม.

ก๊าซเชื้อเพลิงต่างๆ (%โดยปริมาตร)	ระยะเวลาเก็บกักถ่าน (นาที)						
	5	15	30	45	60	75	90
H_2	0.85	0.32	0.15	0.22	0.13	0.14	0.12
CO	29.5	37.55	29.72	25.20	21.8	21.1	20.0
CH_4	23.66	13.47	3.22	2.19	1.93	1.81	1.04
รวม	54.01	51.34	33.09	27.61	23.86	23.05	21.16

ความหนาชั้นถ่าน 25 ซม.

H_2	2.46	0.51	0.28	0.19	0.12	0.08	0.08
CO	31.0	37.60	34.82	29.34	23.81	20.40	19.63
CH_4	24.25	15.82	4.36	2.61	1.77	1.08	0.99
รวม	57.71	53.93	39.46	32.14	25.70	21.56	20.7

ความหนาชั้นถ่าน 40 ซม.

H_2	1.16	0.33	0.28	0.29	0.30	0.12	0.07
CO	36.50	39.11	36.10	36.10	29.2	19.85	16.0
CH_4	34.0	19.10	7.32	6.50	4.18	1.88	0.89
รวม	71.66	58.54	43.76	42.89	33.68	21.85	16.96

ตาราง ข5 ข้อมูลเปรียบเทียบปริมาณก๊าซเชื้อเพลิงต่าง ๆ ที่ผลิตได้ จากการให้ไอน้ำและไม่ให้ไอน้ำ โดยใช้ถ่านแกลบเป็นวัสดุทดสอบ ที่อุณหภูมิ 700°ซ. อัตราการให้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 60 มล.ต่อนาที กรณีไม่ให้ไอน้ำ (Without steam)

ก๊าซเชื้อเพลิงต่างๆ (%โดยปริมาตร)	ระยะเวลาเก็บกัก (นาที) 5	15	30	45	60	75	90
H_2	0.84	0.31	0.19	0.18	0.18	0.10	0.04
CO	45.10	37.24	22.21	20.03	17.26	14.50	10.06
CH_4	21.46	5.32	1.19	0.97	0.72	0.25	0.11
รวม	67.11	42.87	23.59	21.18	18.16	14.88	10.21

กรณีให้ไอน้ำ (With steam) ในอัตรา 10 มล.ต่อนาที

H_2	1.34	0.95	0.13	0.12	0.10	0.09	0.08
CO	48.85	43.20	38.69	27.97	25.45	26.21	23.40
CH_4	12.82	5.78	2.64	1.03	0.66	0.55	0.39
รวม	63.01	49.93	41.46	29.12	26.21	26.81	23.87

ประวัติผู้เขียน

นายสิทธิศักดิ์ อุปริวงศ์ เกิดเมื่อวันที่ 23 ธันวาคม พ.ศ. 2503 ที่จังหวัดอุบลราชธานี สำเร็จการศึกษาในระดับปริญญาตรี จากภาควิชาวิศวกรรมเกษตร (โยธา) คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น เมื่อปี พ.ศ.2526 และได้เข้าทำงานในบริษัทเอกชนเป็นเวลา 1 ปี ก่อนที่จะเข้ารับราชการ ณ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ตำแหน่งอาจารย์ ประจำภาควิชาเทคโนโลยีชีวภาพ คณะเทคโนโลยี จนกระทั่งถึงปัจจุบัน