บทคัดย่อ

213718

โรงฟ้าชีวมวลขนาดเล็กสำหรับชุมชนขนาด 100 kW พัฒนาขึ้นโดยอาศัยเทคโนโลยี Downdraft Gasification ซึ่งเป็นกระบวนการทางอุณหเคมี ทำการเปลี่ยนองค์ประกอบ

---

[1] ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ประจำสาขาวิชาวิศวกรรมเกษตร/ หัวหน้าหน่วยปฏิบัติการวิศวกรรมพลังงาน และสิ่งแวดล้อม สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี 111 ต. สุรนารี อ. เมือง จ.นครราชสีมา 30000 โทรศัพท์ 044-224225 โทรสาร 044-224834 อีเมล์ arjharh@sut.ac.th

[2] นักวิชาการป่าไม้ 8ว สำนักวิจัยการอนุรักษ์ป่าไม้ สัตว์ป่าและ พันธุ์พืช กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่าและพันธุ์พืช กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม กรุงเทพฯ โทรศัพท์ 0-2579-0231 ต่อ 408 อีเมล์ chingchai.v@gmail.com

[3] ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ประจำสาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี 111 ต. สุรนารี อ. เมือง จ.นครราชสีมา 30000 โทรศัพท์ 0-4422-4468

[4] วิศวกร/นักวิจัย/นักศึกษาบัณฑิตศึกษา หน่วยปฏิบัติการวิศวกรรมพลังงานและสิ่งแวดล้อม สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี 111 ต. สุรนารี อ. เมือง จ.นครราชสีมา 30000 โทรศัพท์/ โทรสาร 0-4422-4834 อีเมล์ biomass@sut.ac.th

[5] วิศวกรการเกษตร 7วช.กลุ่มวิจัยวิศวกรรมหลังการเก็บเกี่ยว สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม โทรศัพท์ 0-2529-0663

[6] วิศวกรการเกษตร 6ว.กลุ่มวิจัยวิศวกรรมหลังการเก็บเกี่ยว สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม โทรศัพท์ 0-2529-0663

[7] อาจารย์ ประจำสาขาวิชาวิศวกรรมเกษตร สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี 111 ต. สุรนารี อ. เมือง จ.นครราชสีมา 30000 โทรศัพท์ 0-4422-4225

ไฮโดรคาร์บอน ที่มีอยู่ในเศษวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร (ชีวมวล) ให้เป็นแก๊สคาร์บอนมอนนอกไซด์ (CO) ไฮโดรเจน (H_2) และมีเทน (CH_4) จุดติดไฟง่าย สามารถนำไปใช้เป็นเชื้อเพลิงให้กับเครื่องยนต์เผาไหม้ภายในการผลิตกระแสไฟฟ้า โรงฟ้าชีวมวลขนาดเล็กฯ มีส่วนประกอบหลัก 3 ส่วนคือ 1) ชุดเตาผลิตแก๊สชีวมวล 2) ระบบทำความสะอาดแก๊สและ 3) อุปกรณ์ผลิตกระแสไฟฟ้า เป้าประสงค์ของการพัฒนาต้นแบบโรงไฟฟ้าชีวมวลขนาดเล็กสำหรับชุมชนนี้ เพื่อใช้เป็นต้นแบบในการศึกษาวิจัย เผยแพร่ ถ่ายทอดเทคโนโลยีการผลิตไฟฟ้าขนาดเล็กสู่ชุมชน สำหรับการศึกษา **ต้นแบบโรงไฟฟ้าชีวมวลขนาดเล็กสำหรับชุมชน ระยะที่ 2** นี้ จะแบ่งการวิจัยออกเป็น 6 ส่วนหลัก คือ -**ส่วนที่ 1**การศึกษาการเชื่อมโยงโรงไฟฟ้าชีวมวลเข้าสู่ระบบ จะเน้นการศึกษาที่เชื่อมการผลิตไฟฟ้าเข้าสู่ระบบ หรือ Power Grid เพื่อนำไปสู่ข้อยืนยันถึงการใช้งานได้จริงของโรงไฟฟ้าชีวมวลขนาดเล็กสำหรับชุมชน – **ส่วนที่ 2** การศึกษาและพัฒนาการเตรียมเชื้อเพลิงสำหรับโรงไฟฟ้าชีวมวลขนาดเล็กสำหรับชุมชน ได้แก่ กระบวนการลดขนาด การคัดแยก และการอบแห้ง เพื่อสามารถผลิตเชื้อเพลิงให้ได้ทั้งปริมาณและคุณภาพ – **ส่วนที่ 3** การศึกษารูปแบบการใช้ประโยชน์จากความร้อนเหลือทิ้งจากเครื่องยนต์ผลิตไฟฟ้า มาใช้ในการอบแห้งเชื้อเพลิงชีวมวล – **ส่วนที่ 4** การศึกษาแนวทางการใช้ประโยชน์จาก เถ้า/ถ่าน โรงไฟฟ้ามาผลิตถ่านอัดแท่งหรือถ่านกัมมันต์ โดยมุ่งเน้นการพัฒนาต้นแบบโรงงานการผลิตถ่านอัดแท่ง ศึกษาเทคนิคและกระบวนการการเพิ่มความสามารถในการดูดซับของขี้เถ้า/ถ่านโรงไฟฟ้าชีวมวลโดยการกระตุ้นด้วย CO_2 –**ส่วนที่ 5** การ Revise ผลตอบแทนทางเศรษฐกิจในการลงทุนโรงไฟฟ้าชีวมวลขนาดเล็กสำหรับชุมชน โดยพิจารณาการใช้ประโยชน์จาก By-product ร่วมด้วย **ส่วนที่ 6** การศึกษาผลผลิตมวลชีวภาพของไม้โตเร็ว 3 ชนิด ต่อเนื่อง จากการศึกษาในระยะที่ 1

การศึกษาการเชื่อมโยงโรงไฟฟ้าชีวมวลเข้าสู่ระบบ มีขั้นตอนการศึกษา คือ 1) ทำการศึกษา เงื่อนไข ระเบียบ กฎเกณฑ์ และข้อบังคับของการเชื่อมโยงเข้าสู่ระบบ 2) ก่อสร้างส่วนควบคุมการเชื่อมโยง 3) ทดสอบประสิทธิภาพ เสถียรภาพ และการตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงโหลดของโรงไฟฟ้าชีวมวล ผลการศึกษาพบว่าการเชื่อมโยงไฟฟ้าเข้าสู่ระบบ หรือ Power Grid ที่กำลังงานไฟฟ้าของโหลดที่ไม่คงที่แปรตามเวลา หรือโหลดแบบพลวัต (Dynamic Load) พบว่า ชีวมวลทั้ง 3 ชนิด คือ ไม้กระถินยักษ์ ซังข้าวโพด และเหง้ามันสำปะหลัง มีเสถียรภาพ และการตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงในโหลดของโรงไฟฟ้าชีวมวลใกล้เคียงกัน

การศึกษาและพัฒนาการเตรียมเชื้อเพลิงสำหรับโรงไฟฟ้าชีวมวลขนาดเล็กสำหรับชุมชน มีขั้นตอนการศึกษา คือ 1) ศึกษาพารามิเตอร์และพฤติกรรมทางวิศวกรรมของการสับย่อย และการอบแห้งเชื้อเพลิงชีวมวล 2) พัฒนาต้นแบบโรงงานเตรียมเชื้อเพลิง อันประกอบด้วย การสับ/ย่อย การคัดแยก และการอบแห้ง เป้าหมายความต้องการเชื้อเพลิงชีวมวลอย่างน้อยวันละ 3 ตัน เพื่อ

รองรับกับความต้องการของโรงไฟฟ้าชีวมวลขนาด 100 kW 3) วิเคราะห์ต้นทุนในการผลิตเชื้อเพลิงสำหรับใช้ในโรงไฟฟ้าชีวมวลขนาดเล็กสำหรับชุมชน ผลการศึกษาพบว่า - **เครื่องสับ** กำลังการผลิตเฉลี่ย 3 ตันต่อชั่วโมง สมรรถนะของเครื่องต่อการสับ/ย่อย เหง้ามันสำปะหลัง เฉลี่ยเท่ากับ 1.59 ตัน/ชั่วโมง ในส่วนของไม้กระถินยักษ์อยู่ในช่วง 1.23-1.82 ตัน/ชั่วโมง มีต้นทุนการผลิตในช่วง 120-166 บาทต่อตัน – **เครื่องคัดแยกและทำความสะอาด** มีสมรรถนะ 3 ตันต่อชั่วโมง ซึ่งมีต้นทุนในการผลิตเท่ากับ 36 บาท/ตัน – **เครื่องอบ** มี 2 เครื่อง 1) เครื่องอบแห้งโรตารี (Rotary Dryer) และ 2) เครื่องอบแห้งแบบกะบะ ทั้งนี้ เครื่องอบ Rotary Dryer ขนาดใหญ่จะมีต้นทุนสูงมาก ส่วนเครื่องอบแห้งแบบกะบะโดยใช้กับไม้สับ จะลดเหลือเพียง 2-5 ชั่วโมง ปริมาณที่อบได้ต่อชั่วโมงมีค่าเท่ากับ 130 กิโลกรัมต่อชั่วโมง หรือ 3120 กิโลกรัมต่อวัน ซึ่งเพียงพอปริมาณการใช้เชื้อเพลิงต่อวันของโรงไฟฟ้าชีวมวล เหมาะสมที่จะนำมาใช้จริง โดยต้นทุนในการผลิตเอยู่ในช่วง 122-130 บาท/ตัน

การศึกษารูปแบบการใช้ประโยชน์จากความร้อนเหลือทิ้งจากเครื่องยนต์ผลิตไฟฟ้า มาใช้ในการอบแห้งเชื้อเพลิงชีวมวล มีขั้นตอนการศึกษา คือ 1) ศึกษาประสิทธิภาพของระบบผลิตไฟฟ้าร่วมกับพลังงานความร้อนจากแก๊สโปรดิวเซอร์ เพื่อหาค่าพลังงานความร้อนเหลือทิ้งที่สามารถนำกลับมาใช้ประโยชน์ในการอบแห้งเชื้อเพลิงชีวมวล 2) ศึกษาการอบแห้งเชื้อเพลิงชีวมวลโดยใช้ความร้อนเหลือทิ้งจากเครื่องยนต์ผลิตไฟฟ้า ผลการศึกษาพบว่า การนำเอาความร้อนเหลือทิ้งมาใช้ประโยชน์ทำให้ประสิทธิภาพการใช้พลังงานเพิ่มขึ้นเป็น 39.74 % ซึ่งเพิ่มขึ้นถึง 18.28 % ประสิทธิภาพรวมเครื่องอบแห้งพบว่าระยะเวลาในการอบแห้งเชื้อเพลิงชีวมวลจนได้ความชื้นตามที่ต้องการขึ้นอยู่กับความชื้นเริ่มต้นของเชื้อเพลิงชีวมวล สำหรับอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะ (SEC) ของการอบไม้กระถินยักษ์สับ และเหง้ามันสำปะหลังสับมีค่าอยู่ระหว่าง 3.7-3.97 MJ/kg_{H_2O} และค่าประสิทธิภาพรวมการอบแห้ง (η_t) มีค่าประมาณ 63.36-67.94% หรือ เฉลี่ย เท่ากับ 66.3% การประเมินประสิทธิภาพระบบผลิตไฟฟ้าร่วมกับพลังงานความร้อนประสิทธิภาพรวมของระบบ (η_{all}) สภาวะการทำงานที่ 80 kW เป็นสภาวะที่เหมาะสมสำหรับการผลิตไฟฟ้าเพื่อใช้ประโยชน์เนื่องจากมีอัตราการใช้เชื้อเพลิงจำเพาะต่ำที่สุด โดยการผลิตพลังงานไฟฟ้าได้ 1 หน่วย (kWh) จะใช้เชื้อเพลิงชีวมวล 1.34 กิโลกรัม (15%MC) มีประสิทธิภาพการเปลี่ยนเชื้อเพลิงชีวมวลเป็นพลังงานไฟฟ้า ($\eta_{electrical}$) และประสิทธิภาพของการเปลี่ยนแก๊สชีวมวลเป็นไฟฟ้า (η_{engine}) สูงกว่าทุกสภาวะ คือ 17.31% และ 21.46% ตามลำดับ ทั้งนี้ เมื่อพิจารณาประสิทธิภาพรวมของระบบ (η_{all}) ในกรณีที่นำความร้อนเหลือทิ้งจากเครื่องยนต์ผลิตไฟฟ้า และค่าพลังงานที่คงเหลือในเถ้า/ถ่าน มาพิจารณา ร่วมด้วย เห็นได้ชัดเจนว่า ประสิทธิภาพรวมของระบบมีค่าเพิ่มสูงถึง 46.45%

213718

การศึกษาแนวทางการใช้ประโยชน์จาก เถ้า/ถ่าน โรงไฟฟ้ามาผลิตถ่านอัดแท่งหรือถ่านกัมมันต์ มีขั้นตอนการศึกษา คือ 1) การศึกษาแนวทางการพัฒนากระบวนการผลิตถ่านอัดแท่ง การหาประสิทธิภาพการผลิตถ่านอัดแท่ง และการประเมินต้นทุน 2) ศึกษาเทคนิคและกระบวนการการเพิ่มความสามารถในการดูดซับของขี้เถ้า/ถ่านโรงไฟฟ้าชีวมวลโดยการกระตุ้นด้วย CO_2 ผลการศึกษาพบว่า –**การพัฒนากระบวนการผลิตถ่านอัดแท่ง** การศึกษาการผลิตถ่านอัดแท่ง ส่วนผสมตัวประสานที่เหมาะสม 4-5% ทำให้ถ่านอัดแท่งมีผิวเรียบและความแข็งแรงดีมาก สามารถพัฒนาเป็นโรงงานต้นแบบขนาด 1 ตัน /วัน เมื่อทำการวิเคราะห์ต้นทุนผลตอบแทน พบว่า การลงทุนเครื่องจักรในกระบวนการอัดแท่ง 1,200,000 บาท โดยเถ้า/ถ่าน ที่เกิดจากโรงไฟฟ้าชีวมวลขนาดเล็ก ขนาด 100 กิโลวัตต์ จะสามารถผลิตถ่านอัดแท่งได้ปีละ 69.49 ตัน ในการผลิตพลังงานไฟฟ้าได้ 1 หน่วย จะได้ผลตอบแทนหรือมูลค่าจากถ่านอัดแท่งสูงถึง 0.64 บาท สามารถคืนทุนได้ภายใน 2.7 ปี -**การพัฒนากระบวนการผลิตถ่านกัมมันต์** ผลการทดลองในห้องปฏิบัติการ พบว่าร้อยละผลผลิตและสมบัติความพรุนของถ่านกัมมันต์ที่ผลิตจากขี้เถ้า/ถ่านโรงไฟฟ้าชีวมวลทั้ง 10 ชนิด มีค่าระหว่าง 72 – 96% มีค่าพื้นที่ผิวอยู่ในช่วง 522 – 842 m^2/g ปริมาตรรูพรุนรวมเท่ากับ 0.29 – 0.47 cm^3/g ทั้งนี้ พบว่าถ่านกัมมันต์ที่ผลิตได้คุณภาพที่ใกล้เคียงกับงานวิจัยอื่น ๆ ในส่วนของการทดลองในระดับต้นแบบ จากการศึกษาการผลิตถ่านกัมมันต์โดยใช้วัตถุดิบ 3 ชนิด พบว่าสภาวะที่เหมาะสมที่สุดของ การเตรียมถ่านกัมมันต์จากไม้กระถินยักษ์ ซังข้าวโพด และ เหง้ามันสำประหลัง คือที่สภาวะอัตราการไหลของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ 70 L/min, 50 L/min และ 12 L/min ตามลำดับ โดยควบคุมอัตราการไหลของแก๊สในระบบ 210 m^3/h และใช้เวลาในการกระตุ้น 210นาที

การ Revise ผลตอบแทนทางเศรษฐกิจในการลงทุนโรงไฟฟ้าชีวมวล ขนาด 100 kW โดยพิจารณาการใช้ประโยชน์จาก By-product ร่วมด้วย มีขั้นตอนการศึกษา คือ 1) ประเมินต้นทุนการผลิตไฟฟ้าโดยใช้ ต้นทุนวัตถุดิบที่จากกระบวนการเตรียมเชื้อเพลิงแบบใหม่ แต่กำหนดต้นทุนการเดินระบบ (O&M) เท่าเดิม คือ 1.59 บาท/หน่วย 2) พิจารณาการใช้ประโยชน์จาก By-product คือ ความร้อนเหลือทิ้งจากเครื่องยนต์ผลิตไฟฟ้า และเถ้า/ถ่านที่เกิดขึ้นจากกระบวนการผลิต ร่วมด้วย ผลการศึกษาพบว่า การเตรียมเชื้อเพลิงไม้กระถินยักษ์แบบใหม่จะมีต้นทุนวัตถุดิบต่ำลงเล็กน้อยคือ 1.66 บาท/kWh และ ซังข้าวโพด มีต้นทุนวัตถุดิบมีสูงขึ้นเล็กน้อย คือ 1.69 บาท/kWh และในส่วนเหง้ามันสำปะหลัง พบว่า ต้นทุนวัตถุดิบมีค่าสูงสุด 2.36 บาท/kWh ต้นทุนวัตถุดิบจะยังมีค่าสูง แต่นั้นเป็นวัตถุดิบที่ผ่านกระบวนการเตรียม เพื่อให้เป็นเชื้อเพลิงที่มีความเหมาะสมและพร้อมใช้สำหรับโรงไฟฟ้าชีวมวล ทั้งขนาด ความชื้น และการทำความสะอาดคัดแยกสิ่งเจือปน ต้นทุนการผลิตไฟฟ้าจากไม้กระถินยักษ์ ในระยะที่ 2 เท่ากับ 3.25 บาท/หน่วย โดยจำแนกเป็นต้นทุนวัตถุดิบอยู่ที่ 1.66 บาท/หน่วย ต้นทุนการเดินระบบ (O&M) อยู่ที่ 1.59 บาท/หน่วย ยังจำเป็นต้องมีการ

213718

สนับสนุนมากขึ้น ทั้งนี้ ยังมีผลตอบแทนที่สามารถนำมาชดเชยได้ เพราะในการผลิตพลังงานไฟฟ้าได้ 1 หน่วย จะได้ผลตอบแทนหรือมูลค่าจากถ่านอัดแท่งสูงถึง 0.64 บาท

การศึกษาผลผลิตมวลชีวภาพของไม้โตเร็ว 3 ชนิด (ต่อเนื่อง) เพื่อศึกษาและติดตามผลผลิตมวลชีวภาพของไม้โตเร็วจากการศึกษาในระยะที่ 1 ซึ่งจากการศึกษาในช่วง 2 ปีแรกของโครงการทำให้รับทราบข้อมูลที่มีประโยชน์มากมายในด้านการจัดการ เช่น ทราบว่าในพื้นที่บริเวณนี้สามารถปลูกไม้กระถินเทพาและไม้ยูคาลิปตัส ได้ผลดีและให้ผลผลิตสูงใกล้เคียงกัน ซึ่งได้ผลดีกว่าการปลูกไม้กระถินยักษ์ที่มีแหล่งเมล็ดพันธุ์มาจากจังหวัดเชียงใหม่ ระยะปลูกของไม้กระถินเทพาควรมีความกว้างมากกว่านี้เนื่องจากใน 2 ปีแรก ต้นไม้มีการแก่งแย่งกันสูงมากเมื่อปลูกในระยะปลูก 1.8 X 0.8 m ทำให้ต้นไม้ตายไปเกือบครึ่งดังนั้นควรใช้ระยะปลูก 2 X 2 ส่วนไม้ยูคาลิปตัสจะมีรากเป็นจำนวนมากใต้ดินและมีเปอร์เซ็นต์การรอดตายสูงเนื่องจากมีเรือนยอดค่อนข้างโปร่ง และเมื่อได้มีการตัดฟันไม้มาใช้ประโยชน์เมื่ออายุประมาณ 2 ปี แล้วจะมีอัตราการแตกหน่อให้ผลผลิตอย่างไร จะต้องมีการศึกษาต่อไป

***คำสำคัญ** : ชีวมวล โรงไฟฟ้าชีวมวล แก๊สซิฟิเคชั่น ไม้โตเร็ว การเตรียมเชื้อเพลิง ความร้อนเหลือทิ้ง*

Abstract

213718

A small-scale biomass power plant for rural communities with maximum electrical output of 100 kW was developed by using downdraft gasification technology, which is one of thermo-chemical processes. Hydrocarbon compositions in agricultural residues (Biomass) are converted to combustible gases namely, carbon monoxide (CO), hydrogen (H_2) and methane (CH_4), which can be supplied to an engine for electricity production. The power plant is mainly composed of three parts which are 1) biomass reactor, 2) gas cleaning system and 3) electricity generation system. The purpose of this biomass power plant development was to use as a prototype for study, technology dissemination and transfer to rural communities. For the second-phase study of the biomass power plant, the research was divided into six principal parts including – Part 1 a study on the connection of electricity generated from biomass gasification power plant to power grid system. This part focused on the electrical connection to the power grid system in order to assure the applicability of a small-scale biomass power plant for rural communities. – Part 2 a study on biomass feedstock preparation for a small-scale biomass power plant which included processes of size reduction, separation and drying so as to produce a suitable biomass feedstock both in terms of quantity and quality. – Part 3 a study on waste heat utilization

from an engine-generation set. The heat was used to reduce moisture of biomass feedstock. – Part 4 a study on utilization approaches of ash/charcoal produced from the power plant by means of making briquettes and activated carbon. This study aimed to develop the prototype of charcoal-briquetting plant and to find techniques and processes of increasing the adsorption ability of ash/charcoal by CO_2-induced approach. – Part 5 the revision of economic investment of a small-scale biomass power plant for rural communities in which utilization of by-products was taken into account. – Part 6 a study on biomass production from fast-growing trees. This part is a continued report from the first phase study.

The study of electrical connection to power grid system consisted of 1) studying conditions, rules, criteria and regulations of power grid connection, 2) setting up connection control system, 3) testing the efficiency, stability and load-changed response of electricity of the power plant. The results showed that the electrical connection to power grid of different biomasses which are Giant Leucaena, corn cop and cassava rhizome produces stable electricity even if electrical demand load is unstable or dynamic. In addition, the load-changed response of these biomasses was almost identical.

The study and development of fuel feedstock preparation for a small-scale biomass power plant for rural communities are composed of 1) investigating important engineering parameters and behaviors of biomass size reduction and drying processes, 2) developing a biomass fuel feedstock pilot plant including biomass cutting/chipping, separating and drying processes in which a 3-ton/day of biomass fuel is demanded by a 100 kW biomass gasification power plant, 3) analyzing the cost of biomass feedstock preparation for the biomass gasification power plant. The study showed that – **Size reduction machine** can produce cassava rhizome and Giant Leucaena chips with the rates of 1.59 ton/hr and 1.23-1.82 ton/hr, respectively. The production cost was around 120-166 Baht/ton. – **Separation and cleaning machine** had a capability of producing 3 ton/hr and the production cost of 36 Baht/ton was found. – **Dryer,** a small rotary dryer was tested by using hot air temperature in the range of 100-130 $^{\circ}$C. The result showed that it spent 2.5-4.5 hrs reducing moisture content to 15% for both cassava rhizome and Giant Leucaena chips. However, if this type of dryer was scaled up in order to meet the demand of the gasification power plant, the investment cost would be unaffordable. The solving approach of this problem is the use of bin dryers which can decrease drying time to 2-5 hours if drying

temperatures about 125-135 °C are procured. The capability of this dryer was found to be 130 kg/hr or 3,120 kg/day which is adequate to the demand of the 100 kW biomass gasification power plant. The production cost was about 122-130 Baht/ton.

The study of waste heat utilization form an engine-generator set used as a heat source for biomass drying included the following procedures; 1) investigate the efficiency of the combined-heat and power system from producer gas in order to know how much the heat amount can be recovered for biomass drying. 2) Study the biomass drying using such waste heat. The results indicated that the utilizing the waste heat was capable of increasing drying efficiency up to 39.74% which accounts for 18.28%. With respect to overview, drying time of required moisture content is dependent on the initial moisture content of biomass. The specific energy consumption (SEC) of Giant Leucaena and cassava rhizome was found in the range of 3.7-3.97 MJ/kgH_2O and the total efficiency showed values between 63.36-67.94% or 66.3% in average. The evaluation of combined heat and power showed the condition of 80 kW is the most suitable for use because of low energy consumption in which 1.34 kg of biomass (15%MC) can generate one electrical unit (kWh). Additionally, biomass-to-electricity conversion efficiency ($\eta_{electrical}$) and producer gas-to-electricity conversion efficiency (η_{engine}), which was 17.31% and 21.46%, respectively, are higher than those of any other conditions. When both efficiency from waste heat recovery and charcoal-possessing energy were taken into account, the overall efficiency (η_{all}) was increased up to 46.45%.

The study of utilization approaches of ash/charcoal produced from the power plant by means of making briquettes and activated carbon consists mainly of 1) studying development approaches of charcoal briquetting which included cost and charcoal production efficiency evaluation. 2) exploring techniques and processes that can increase the adsorbing ability of ash/charcoal produced from the power plant by inducing with CO_2. The study indicates as follows; – T**he development on charcoal-briquetting process,** the most appropriate condition of binder mixing is 4-5% resulting in producing smooth and strong surface of charcoal briquette which can be further developed for a charcoal-briquetting pilot plant with a capacity of 1 ton/day. For cost-benefit analysis, it was found that the 100 kW biomass gasification power plant can produce briquetting charcoal about 69.49 ton/year and every electrical output unit can generate monetary returns of 0.64 Baht. At this rate, if the investment in briquette machine is 1,200,000 Baht, the payback period will be 2.7 years. – **The development of activated carbon production process,** laboratory results of previous study showed that the percentage yields of activated

carbon resulting from the gasification of the ten different types of biomass were in the range of 72-96% and the porosity properties showed values between 522-842 m^2/g and 0.29-0.49 cm^3/g for their surface area and porosity volume, respectively. These qualities are almost similar to other studies. For the pilot scale, three different kinds of biomass including Giant Leucaena, corn cop and cassava rhizome were selected and tested. The study indicated that the suitable flow rate of introducing the CO_2 in descending order were 70 L/min, 50 L/min and 12 L/min, respectively with a controlled condition of 210 m^3/h producer gas flow rate and 210 min activated time.

The revision of economic investment of a small-scale biomass power plant for rural communities which included by-product values has the following procedures; 1) evaluate electrical production cost by using a new process of biomass fuel feedstock preparation but the operation and maintenance cost is still 1.59 Baht/unit, 2) take into account in by-products utilization which included waste heat from an engine-generator set and ash/coal produced from the power plant. It was found that the biomass fuel preparation cost was slightly decreased which are 1.66 Baht/kWh, 1.69 Baht/kWh and 2.36 Baht/kWh for Giant Leucaena, corn cop and cassava rhizome, respectively. Although the biomass feedstock preparation cost is high, it is still necessary for use in the biomass gasification power plant in terms of their size, moisture and consistency. The total cost of electricity production in the second phase study was 3.23 Baht/unit which can be separated into 1.66 Baht/unit for biomass fuel feedstock preparation and 1.59 Baht/unit for operation and maintenance cost (O&M). However, this high cost of electricity production can be made up by selling the briquetted charcoal which is presently worth up to 0.64 Baht/unit.

The objective of the study of biomass production from fast-growing trees (Continued) was to follow up the biomass production of fast-growing trees from the first phase study. The results from the first two year of project provided valuable information on their management. For instance, both Eucalyptus Camaldulensis and Acacia Mangium can be growth well in the study plot and provided high yield production of biomass. On the other hand, Giant Leucaena obtained from Chiangmai Province is the worst among them. For planting space, the study suggests that a spacing of 2 X 2 m. is advisable instead of 1.8 X 0.8 m. for Acacia Mangium because sunlight competition of narrow space resulted in one-half remaining of them. In case of Eucalyptus Camaldulensis, it is likely to grow straight and tall. Consequently, a great amount of root is produced and the survival rate is high. These fast-growing trees will be harvested when its age is about 2 years and the further report on the growth rate of sprout will be made.