ห้องสมุดงานวิจัย สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ
250181

RSA5080010 รศ.ดร. นคร ทิพยาวงศ์

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

โครงการ: พลังงานหมุนเวียนจากการแปลงสภาพชีวมวลเชิงเคมีความร้อน

RENEWABLE ENERGY FROM THERMOCHEMICAL BIOMASS CONVERSION

โดย รศ. ดร. นคร ทิพยาวงศ์ และคณะ

ตุลาคม 2553

ห้องสมุดงานวิจัย สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ
250181
b00256393

สัญญาเลขที่ RSA5080010

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

โครงการ พลังงานหมุนเวียนจากการแปลงสภาพชีวมวลเชิงเคมีความร้อน
Renewable Energy from Thermochemical Biomass Conversion

คณะผู้วิจัย	**สังกัด**
รศ. ดร. นคร ทิพยาวงศ์	ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
นายธนศิษย์ วงศ์ศิริอำนวย	ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
นายภาสกร อินถาสาร	ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ห้องสมุดงานวิจัย

สนับสนุนโดยสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย

(ความเห็นในรายงานนี้เป็นของผู้วิจัย สกว. ไม่จำเป็นต้องเห็นด้วยเสมอไป)

กิตติกรรมประกาศ

ทางคณะผู้วิจัยใคร่ขอขอบคุณ สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย เป็นอย่างสูงที่ได้ให้การสนับสนุนทุนในการวิจัยในโครงการนี้

ขอขอบคุณ ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ และสถาบันวิจัยและพัฒนาพลังงานนครพิงค์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ที่ได้ให้การสนับสนุนในการทำวิจัยนี้

สุดท้าย ขอขอบคุณ ทุกๆ ท่านที่ยังเล็งเห็นถึงความสำคัญของการทำวิจัย

บทคัดย่อ

รหัสโครงการ: RSA5080010

ชื่อโครงการ: พลังงานหมุนเวียนจากการแปลงสภาพชีวมวลเชิงเคมีความร้อน

ชื่อนักวิจัย: รศ. ดร. นคร ทิพยาวงศ์ ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

ไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์: n.tippayawong@yahoo.com

ระยะเวลาโครงการ: 25 กรกฎาคม 2550 – 24 กรกฎาคม 2553

250181

การประยุกต์ใช้ชีวมวลเชิงพลังงานได้รับความสนใจมากในประเทศไทย การแก่งแย่งแข่งขันอุปทานชีวมวลระหว่างการใช้เป็นเชื้อเพลิงและเป็นอาหารทวีความรุนแรงขึ้นในปีที่ผ่านมาซึ่งนำไปสู่การแสวงหาแหล่งชีวมวลที่กินไม่ได้เป็นทางเลือกอื่นๆ เช่น เศษวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร และวัชพืช งานวิจัยนี้ได้ทำการประเมินคุณสมบัติของไมยราพยักษ์ในการเชื้อเพลิงโดยการแปลงสภาพทางความร้อน กระบวนการแปลงเป็นก๊าซ หรือ แกสซิฟิเคชั่น เป็นแนวทางหลักอันหนึ่งสำหรับชีวมวล ที่ผ่านมามีรายงานวิจัยการใช้ไมยราพเชิงพลังงานน้อยมาก เมื่อเทียบกับพืชอื่นๆ จากผลการวิจัยพบว่า วัชพืชชนิดนี้สลายตัวทางความร้อนได้ที่อุณหภูมิต่ำกว่า และมีพลังงานกระตุ้นสูงกว่าพืชอื่นๆ ซึ่งสามารถใช้เป็นข้อมูลสำคัญในการนำไปจำลองแบบกระบวนการ ออกแบบ ปฏิบัติการ และการใช้ประโยชน์เชิงพลังงานด้วยกระบวนการแกสซิฟิเคชั่น หรือการเผาไหม้ได้

ปกติแล้ว กระบวนการแกสซิฟิเคชั่นมีข้อจำกัดที่คุณภาพของก๊าซเชื้อเพลิงที่ได้ซึ่งมีปริมาณน้ำมันดินสูง นำไปสู่ปัญหาในการนำมาใช้ การกำจัดน้ำมันดินอาจทำได้โดยการแตกตัวด้วยพลาสม่า พลาสม่าจากไกลด์อาร์คช่วยให้มีสารอนุมูลที่มีพลังงานมากและไวต่อปฏิกิริยากว่าพลาสม่าแบบไม่ร้อนอื่นๆ ซึ่งช่วยให้เกิดปฏิกิริยาเคมีที่มีประสิทธิภาพสูง เทคโนโลยี พลาสม่านี้มีศักยภาพสูงในการนำมาใช้ในการกำจัดน้ำมันดินได้ งานนี้ได้นำเสนอการกำจัดน้ำมันดินด้วยพลาสม่าที่การใส่พลังงานค่อนข้างต่ำและกำจัดน้ำมันดินได้ดี

คำหลัก: ชีวมวล ไมยราพยักษ์ การแตกตัวด้วยพลาสม่า พลังงานหมุนเวียน น้ำมันดิน การแปลงสภาพเชิงความร้อน

Abstract

Project Code: RSA5080010

Project Title: Renewable energy from thermochemical biomass conversion

Investigator: Dr. Nakorn Tippayawong Department of Mechanical Engineering,
Faculty of Engineering, Chiang Mai University

E-mail address: n.tippayawong@yahoo.com

Project period: 25 July 2007 – 24 July 2010

250181

Biomass for energy application has gained increasing interests in Thailand. Competition between biomass supply for fuel or for food applications has been intensified in the recent years. This concern has resulted in growing interests in alternative, non-edible biomass resources. Non-plantation biomass resources such as agricultural residues and weeds such as giant sensitive plants are viewed to have great potential as useful bioenergy. In this work, its properties as fuel via thermal conversion have been assessed. Gasification is the main conversion route for biomass energy utilization that generates a gaseous fuel. To our knowledge, there is very few published report on its utilization for energy. In comparison with other biomass sources, such as wood samples, agro-residues and fast growing energy crop, it was very interesting to find that the weed appeared to decompose at lower temperature but with much higher apparent activation energy. This information is very useful in subsequent modeling, design, operation, and utilization for energy via gasification or combustion.

Deployment of gasification is usually limited by the fuel gas quality where specially a high concentration of tars can cause operational problems. Treatment of tar may be achieved using plasma cracking method. Gliding arc plasma is able to produce energetic radical species, more active than non-thermal plasmas. It offers high energy efficiency and selectivity for chemical reactions. This technology appears to have great potential in removing tar from biomass gasification. In this work, cracking of light tar in gliding arc plasma at atmospheric pressure was demonstrated. Significant destruction of tar was achieved at relatively low power input. The findings indicated that the gliding arc plasma has great potential to be applied as an alternative tool to destruct gaseous tar and other gaseous toxic compounds.

Keywords: Biomass, Mimosa, Plasma cracking, Renewable energy, Tar, Thermal conversion

บทสรุปผู้บริหาร

1. **ชื่อโครงการ**

(ภาษาไทย) พลังงานหมุนเวียนจากการแปลงสภาพชีวมวลเชิงเคมีความร้อน

(ภาษาอังกฤษ) Renewable energy from thermochemical biomass conversion

2. **ผู้ดำเนินการวิจัย**

ชื่อ-นามสกุล นคร ทิพยาวงศ์ Nakorn Tippayawong

สถานที่ทำงาน ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

โทรศัพท์ 0-5394-4146 โทรสาร 0-5394-4145

e-mail: n.tippayawong@yahoo.com

3. **ระยะเวลาดำเนินการ**

3 ปี ระหว่างวันที่ 25 กรกฎาคม พ.ศ. 2550 ถึงวันที่ 24 กรกฎาคม พ.ศ. 2553

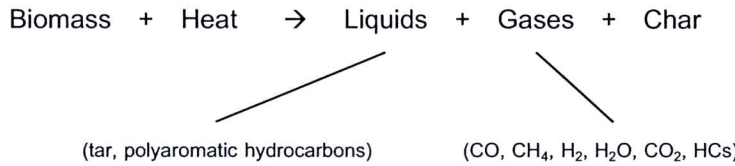
4. **ความสำคัญและที่มาของปัญหาที่ทำการวิจัย**

4.1 เหตุผลที่เลือกทำวิจัยในหัวข้อที่เสนอ

ในปัจจุบัน ประเทศไทยมีความต้องการใช้พลังงานและผลิตภัณฑ์จากเชื้อเพลิงฟอสซิลในปริมาณที่สูง มีการนำเข้าน้ำมันดิบและเคมีภัณฑ์มากในแต่ละปี เมื่อราคาน้ำมันปิโตรเลียมปรับตัวสูงขึ้นจึงส่งผลกระทบโดยตรงต่อภาวะของเศรษฐกิจโดยรวมและมีผลต่อความมั่นคงด้านพลังงานของประเทศ วิธีการบรรเทาหรือช่วยแก้ไขปัญหาดังกล่าวแนวทางหนึ่ง คือ การพัฒนาพลังงานทดแทนที่มีศักยภาพขึ้นภายในประเทศ โดยเฉพาะอย่างยิ่ง การใช้ประโยชน์เชิงพลังงานจากชีวมวลซึ่งเป็นแหล่งพลังงานเพื่อการพัฒนาที่ยั่งยืน เนื่องจากประเทศไทยมีสภาพภูมิอากาศและภูมิประเทศที่เหมาะสมในการเจริญเติบโตของพันธุ์พืชต่างๆ ซึ่งทำให้การเกษตรกรรมและอุตสาหกรรมเกษตรเป็นพื้นฐานที่สำคัญในภาคเศรษฐกิจของประเทศ ผลผลิตส่วนใหญ่ได้จากภาคการเกษตร ได้แก่ ข้าว อ้อย มันสำปะหลัง และปาล์ม เป็นต้น ดังนั้นจึงมีเศษวัสดุเหลือใช้หรือชีวมวลที่เกิดขึ้นหลังจากการเก็บเกี่ยวจำนวนมาก ได้แก่ แกลบ ฟางข้าว ชานอ้อย ไม้ฟืน เหง้ามันสำปะหลัง กากและกะลามะพร้าว ซังข้าวโพด และกากปาล์ม เป็นต้น รวมถึงเศษวัสดุจากกระบวนการผลิตอื่นๆที่เกี่ยวข้อง เช่น ขี้เลื่อย เศษไม้ ขยะ และ มูลสัตว์ ซึ่งเศษวัสดุเหล่านี้มีประโยชน์สามารถนำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงในการผลิตพลังงานได้ จากการสำรวจศึกษาของกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน พบว่า ศักยภาพของพลังงานที่ได้จากเศษวัสดุเหลือใช้หรือชีวมวลมีมากกว่า 16% ของปริมาณการบริโภคพลังงานทั้งหมดของประเทศ

พืชอีกกลุ่มหนึ่งที่เรียกว่า ไม้โตเร็ว มีศักยภาพในการที่จะนำมาผลิตเป็นพลังงานได้ เนื่องจากไม้โตเร็วเป็นพืชที่สามารถเจริญเติบโตได้ดีในแทบทุกสภาพพื้นที่ ใช้น้ำน้อย สามารถเริ่มตัดใช้งานได้ ในระยะสั้น (3-5) ปี และให้ผลผลิตต่อพื้นที่สูง ดังนั้นจึงเหมาะสมที่จะนำมาผลิตเป็นเชื้อเพลิงทดแทนเชื้อเพลิงจากฟอสซิล ในพื้นที่ชนบท ไม้ในกลุ่มนี้เช่น ยูคาลิปตัส กระถินณรงค์ และ กระถินเทพา เป็นต้น ไม้โตเร็วชนิด กระถินเทพา จะสามารถตัดได้ประมาณเมื่อปลูกครบ 3 ปี โดยจะให้ผลผลิตประมาณ 11.5 ตัน/ไร่ โดยมีค่าความร้อนประมาณ 20 MJ/kg สำหรับไม้โตเร็วชนิดอื่นๆ ก็ให้ผลผลิตและค่าความร้อนที่ใกล้เคียงกัน ซึ่งการนำไม้โตเร็วไปใช้ประโยชน์ทางด้านเชื้อเพลิง ส่วนมากจะนิยมย่อยให้เป็นเศษไม้หรือเป็นผงเพื่อสะดวกในการป้อนเชื้อเพลิง ไม้ล้มลุกอื่นๆที่อาจจานำมาใช้ประโยชน์เชิงพลังงานได้ เช่น ไม้จำพวกวัชพืชที่ขึ้นเองตามธรรมชาติ เป็นต้น

เทคโนโลยีที่ใช้ในการผลิตพลังงานจากเชื้อเพลิงชีวมวล ส่วนใหญ่เป็นการเผาไหม้เชื้อเพลิงแบบสมบูรณ์เพื่อนำความร้อนที่เกิดขึ้นใช้ในการต้มน้ำให้มีความดันและอุณหภูมิสูงไปขับกังหันไอน้ำในการผลิตไฟฟ้า ซึ่งจะพบเห็นได้จากระบบของผู้ผลิตไฟฟ้ารายเล็ก หรือใช้เทคโนโลยีที่สามารถผลิตได้ทั้งไฟฟ้าและพลังงานความร้อนร่วมเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพให้สูงขึ้น ปัจจุบัน ในต่างประเทศได้มีการพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตไฟฟ้าในอีกรูปแบบหนึ่ง โดยอาศัยหลักการการเผาไหม้เชื้อเพลิงประเภทชีวมวลในที่จำกัดปริมาณอากาศด้วยการแปลงสภาพเชื้อเพลิงแข็งให้กลายเป็นก๊าซเชื้อเพลิง หรือการแปลงสภาพให้เป็นน้ำมันชีวภาพของเหลวก่อน ดังแสดงในสมการปฏิกิริยาเคมี ต่อไปนี้



จากนั้นจึงนำเชื้อเพลิงที่ผลิตได้ใช้โดยตรงในเครื่องยนต์เผาไหม้ภายในเพื่อผลิตไฟฟ้าแทนการใช้เชื้อเพลิงจากฟอสซิล ไม่ว่าจะเป็นรูปของก๊าซ หรือ ของเหลว โดยระบบได้รับการวิจัยพัฒนาให้มีขนาดตั้งแต่ 5 กิโลวัตต์ ถึง 1.2 เมกะวัตต์ มีประสิทธิภาพการผลิตก๊าซสูงถึงประมาณ 80 เปอร์เซ็นต์ และมีอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงประเภทชีวมวลอยู่ในระหว่าง 0.7 ถึง 1.2 กิโลกรัมต่อกิโลวัตต์-ชั่วโมง เทคโนโลยีนี้เป็นระบบที่สามารถปรับระดับขนาดให้เหมาะสมที่จะพัฒนาใช้ในอุตสาหกรรม หรือชุมชนที่มีเศษวัสดุเหลือใช้ประเภทชีวมวลได้ จึงควรมีการศึกษาความเหมาะสมด้านเทคโนโลยีเพื่อใช้เป็นต้นแบบสาธิต และส่งเสริมให้มีการใช้งานอย่างแพร่หลาย ซึ่งจะสามารถช่วยลดการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลที่ก่อให้เกิดปัญหาด้านสิ่งแวดล้อม และเป็นการช่วยอนุรักษ์พลังงานของประเทศอีกด้วย อย่างไรก็ตาม การผลิตพลังงานและเชื้อเพลิงด้วยระบบแกสซิฟิเคชั่น (gasification) และไพโรไลซิส (pyrolysis) ได้มีการศึกษาและนำมาใช้กับชีวมวลหลายชนิดในต่างประเทศ ซึ่งมีลักษณะแตกต่างออกไปจากที่หาได้ในประเทศ ซึ่งคุณสมบัติของชีวมวลตั้งต้นที่แตกต่างกันจะมีผลต่อผลิตภัณฑ์ที่ได้ ระบบเตาปฏิกรณ์มีทั้งเป็นแบบชั้นวัสดุนิ่ง (fixed bed) และแบบฟลูอิดไดซ์เบด (fluidized bed) ก๊าซตัวกลางแกสซิฟิเคชั่นและไพโรไลซิสส่วนมากใช้ อากาศ หรือ ก๊าซเฉื่อย อย่าง ไนโตรเจน มีการทดลองใช้ ออกซิเจน ไอน้ำ หรือ ก๊าซ

อื่นๆ ไม่แพร่หลายมากนัก นอกจากนี้ การนำตัวเร่งปฏิกิริยามาใช้ในการช่วยสร้างผลิตภัณฑ์ให้มีคุณภาพดีขึ้นยังมีค่อนข้างน้อยเนื่องจากมีราคาแพง แต่ยังมีตัวเร่งปฏิกิริยาโลหะออกไซด์บางจำพวกที่ทำงานได้และมีราคาไม่แพง ซึ่งผลรวมของประเด็นเหล่านี้ มีความสำคัญในการนำมาประยุกต์ใช้กับประเทศไทย ที่มีทรัพยากรชีวมวลมากมาย มีศักยภาพในการผลิตพลังงานชีวภาพ เพื่อใช้เป็นพลังงานทดแทน และลดการนำเข้าพลังงานจากต่างประเทศ การวิจัยและพัฒนากระบวนการผลิต และอุปกรณ์การแปรรูปเพื่อเพิ่มมูลค่าชีวมวลขึ้นภายในประเทศจึงเป็นสิ่งสำคัญในการพึ่งพาตนเองและความมั่นคงทางพลังงาน กระบวนการทางเคมีความร้อนเป็นเทคนิคการแปลงสภาพชีวมวลให้กลายเป็นเชื้อเพลิงทั้งในรูปก๊าซ ของเหลว และของแข็ง โดยการย่อยสลายทางเคมีของวัตถุดิบด้วยความร้อนสูง ได้เป็นพลังงานและเชื้อเพลิงที่สะดวกต่อการใช้ และมีปริมาณมลพิษน้อยลง องค์ความรู้สำหรับกระบวนการ ปัจจัยการทำงาน และวัสดุอุปกรณ์ของเทคโนโลยีดังกล่าว จะมีส่วนสำคัญในการพัฒนาระบบการผลิตพลังงานและเชื้อเพลิงจากชีวมวลขึ้นได้เองภายในประเทศ ในระดับขนาดที่ใหญ่มากขึ้นเหมาะกับอุตสาหกรรมชุมชนต่อไป

4.2 องค์ความรู้ใหม่ที่คาดว่าจะได้

กระบวนการ สภาวะ และปัจจัย ที่บ่งชี้ถึงผลต่อผลิตภัณฑ์จากการแปลงสภาพเชิงเคมีความร้อนของชีวมวลที่มีในประเทศ รวมถึงประสบการณ์ในการออกแบบ และใช้อุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องกับเทคโนโลยีนี้

4.3 ผลกระทบขององค์ความรู้ที่ได้ต่อความก้าวหน้าในเชิงวิชาการของสาขาที่ทำการวิจัย

ขยายองค์ความรู้ทางด้านการแปลงสภาพชีวมวลเชิงเคมีความร้อน ให้ครอบคลุมถึงชีวมวลที่มีศักยภาพในประเทศ ขยายวงผลการศึกษาให้รวมถึงผลกระทบโดยรวมของการใช้ระบบแบบชั้นวัสดุนิ่งและแบบฟลูอิดไดซ์เบด กับก๊าซตัวกลางในการแปลงสภาพชีวมวลอื่นๆ และกับชนิดของชั้นวัสดุที่มีความเฉื่อยหรือช่วยเร่งปฏิกิริยาได้ กว้างขวางยิ่งขึ้นไป

5. วัตถุประสงค์

เป้าหมายหลัก

5.1 เพื่อการพัฒนาเทคโนโลยี กระบวนการ และ อุปกรณ์สำหรับการผลิตพลังงานและเชื้อเพลิงจากชีวมวล

โดยมีวัตถุประสงค์ของโครงการ คือ

5.2 เพื่อออกแบบ สร้าง ทดสอบ และ พัฒนาระบบชุดทดลองการผลิตพลังงานและเชื้อเพลิงแบบชั้นวัสดุนิ่ง และแบบชั้นของไหลระดับห้องปฏิบัติการ สำหรับการวิจัยและพัฒนา

5.3 เพื่อศึกษาสภาวะและปัจจัยที่มีผลต่อการผลิตพลังงานและเชื้อเพลิงที่ต้องการจากการแปลงสภาพเชิงเคมีความร้อนของชีวมวลที่มีศักยภาพในประเทศ และการทำงานของระบบ

6. **ระเบียบวิธีวิจัย**

6.1 การศึกษา ค้นคว้า วิจัยเอกสารที่เกี่ยวข้อง

- ศึกษาทฤษฎี และเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับโครงการ
- ศึกษาปัจจัย และระบบการผลิตพลังงานและเชื้อเพลิงแบบแกสซิฟิเคชั่นและไพโรไลซิส ประเภทต่างๆ และชีวมวลในประเทศที่เหมาะสม (เศษไม้จากโรงเฟอร์นิเจอร์ ขยะแห้ง ไมยราพยักษ์ และอื่นๆ)

6.2 การเตรียมการเบื้องต้น

- ออกแบบระบบและการทดลองขั้นต้น
- จัดหาและเตรียมชีวมวลที่จะนำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงในการทดสอบ
- ทดสอบวิเคราะห์หาคุณสมบัติของชีวมวลที่มีผลต่อการผลิตพลังงานและเชื้อเพลิง

6.3 การออกแบบ สร้าง และทดสอบเตาปฏิกรณ์สำหรับการแปลงชีวมวลเชิงเคมีความร้อน

- ศึกษาวัสดุ อุปกรณ์ และเตาปฏิกรณ์สำหรับชีวมวลแบบชั้นวัสดุนิ่งและชั้นของไหล
- ศึกษาข้อมูลและทำการเลือกแบบอุปกรณ์ของระบบโดยรวมที่จะนำมาใช้ในการทดลอง
- ออกแบบระบบที่จะใช้ในการทดลอง
- ทำการสร้าง ประกอบ และติดตั้งเตาปฏิกรณ์และชุดทดสอบ
- ทดสอบการทำงานของเตาเบื้องต้น

6.4 การเตรียมการทดลอง และทดสอบระบบทั้งหมด

- จัดหาเครื่องมืออุปกรณ์ที่จำเป็นในการทดสอบ ตรวจวัด บันทึกและวิเคราะห์ผลระบบผลิตก๊าซเชื้อเพลิง เช่น เครื่องมือวัดและบันทึกอุณหภูมิ เครื่องวัดอัตราการไหลของก๊าซ เป็นต้น ให้พร้อมใช้งาน
- ติดตั้งเข้ากับระบบ
- ทดสอบเดินระบบทั้งหมด
- ทำการทดลองเก็บข้อมูลเบื้องต้น พร้อมทั้งศึกษาการทำงานของระบบเพื่อปรับปรุงแก้ไข

6.5 การศึกษาวิจัย ปัจจัยที่มีผลต่อกระบวนการผลิต ก๊าซ น้ำมันของเหลว และของแข็ง

- ทำการทดลองศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อกระบวนการในระดับห้องปฏิบัติการ โดยกำหนดตัวแปรที่จะทำการศึกษาคือ ชนิดของชีวมวลที่สนใจ อุณหภูมิ อัตราการให้ความร้อน ชนิดของก๊าซตัวกลาง ชนิดของวัสดุในชั้นเบดและตัวเร่งปฏิกิริยาที่ใช้
- บันทึกข้อมูลดิบ เก็บตัวอย่าง
- วิเคราะห์ตัวอย่าง หาองค์ประกอบทางเคมี และคุณสมบัติอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง
- วิเคราะห์และประมวลผลข้อมูลที่ได้จากการทดลอง
- ศึกษาแนวทางการนำพลังงานและเชื้อเพลิงไปใช้ประโยชน์

6.6 สรุปรายงานผล และเสนอแนะการขยายผลการวิจัย

7. ขอบเขตของการวิจัย

7.1 การแปลงสภาพเชิงเคมีความร้อน จะศึกษาเฉพาะเทคโนโลยีแกสซิฟิเคชั่นและไพโรไลซิส เท่านั้น

7.2 ระบบเตาปฏิกรณ์จะเป็นแบบชั้นวัสดุนิ่งและแบบชั้นของไหล ระดับขนาดสำหรับห้องปฏิบัติการ

7.3 ชนิดของชีวมวล จะพิจารณาชนิดที่มีศักยภาพหรือหาได้ในภาคเหนือเป็นหลัก

7.4 จะศึกษาถึงผลของตัวเร่งปฏิกิริยา อย่างน้อย 1 ชนิด

7.5 จะศึกษาถึงผลของก๊าซตัวกลาง อย่างน้อย 2 ชนิด

8. แผนการดำเนินงานตลอดโครงการ

กิจกรรม	กำหนดการ											
	ปีที่ 1				ปีที่ 2				ปีที่ 3			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
การศึกษา ค้นคว้า วิจัยเอกสารที่เกี่ยวข้อง												
การเตรียมการเบื้องต้น												
การออกแบบ และ สร้างเตาปฏิกรณ์												
การออกแบบ และ สร้างชุดทดสอบ												
การทดสอบเบื้องต้น และปรับปรุง												
การเตรียมการทดลอง												
การทดสอบการทำงานของระบบ												
การศึกษาวิจัย เก็บข้อมูล และตัวอย่าง												
การวิเคราะห์ส่วนประกอบ และคุณสมบัติ												
การวิเคราะห์และประมวลผลข้อมูล												
สรุปรายงานผล												

9. ผลงานที่ได้รับจากโครงการ

9.1 ผลงานตีพิมพ์ในวารสารวิชาการระดับนานาชาติ

- ✓ Wongsiriamnuay, T., Tippayawong, N. (2010) "Non-isothermal Pyrolysis Characteristics of Giant Sensitive Plants using Thermogravimetric Analysis", *Bioresource Technology*, 101(14), 5638-5644.
- ✓ Wongsiriamnuay, T., Tippayawong, N. (2010) "Thermogravimetric Analysis of Giant Sensitive Plants under Air Atmosphere", *Bioresource Technology*, 101(23), 9314-9320.
- ✓ Tippayawong, N., Inthasan, P. (2010) "Investigation of Light Tar Cracking in a Gliding Arc Plasma System", *International Journal of Chemical Reactor Engineering,* 8, A50.

9.2 ผลงานในการนำเสนอในที่ประชุมวิชาการ

- ✓ Wongsiriamnuay, T., Phantong, P., Phengpom, T., Tippayawong, N., (2008) "Renewable Energy from Thermal Gasification of a Giant Sensitive Plant (*Mimosa pigra* L.)", *5th International Conference on Combustion, Incineration/Pyrolysis & Emission Control,* December 16 – 19, Chiang Mai, Thailand.
- ✓ Thiha, S., Tippayawong, N., Wongsiriamnuay, T., Chaichana, C. (2009) "Catalytic Destruction of Biomass Tar by Dolomite in a Dual Packed Bed Reactor", *2nd International Conference on Green & Sustainable Innovation,* December 2 – 4, Chiang Rai, Thailand.
- ✓ Wongsiriamnuay, T., Tippayawong, N., (2010) "Gasification of Giant Sensitive Plants in a Fixed Bed Reactor", *23rd International Conference on Efficiency, Cost, Optimization, Simulation and Environmental Impact of Energy Systems,* June 14 – 17, Lausanne, Switzerland.

9.3 ผลงานอื่นๆ

- ✓ ชุดอุปกรณ์ทดสอบเตาปฏิกรณ์แบบชั้นวัสดุนิ่ง และแบบชั้นของไหล ระดับห้องปฏิบัติการสำหรับการวิจัยและพัฒนา
- ✓ องค์ความรู้ของเทคโนโลยีและกระบวนการผลิตพลังงานและเชื้อเพลิงจากชีวมวล
- ✓ นักวิจัยรุ่นใหม่ในรูปของบัณฑิตระดับปริญญาโท และปริญญาเอก
- ✓ รายงายวิจัยฉบับสมบูรณ์

10. งบประมาณ

รวม 1,190,000 บาท

รายการงบประมาณ	ปีที่ 1	ปีที่ 2	ปีที่ 3	รวมทั้งโครงการ
10.1 หมวดค่าตอบแทน				
ค่าตอบแทนผู้วิจัย (155,000.-บาทต่อเดือน)	180,000.-	180,000.-	180,000.-	540,000.-
10.2 หมวดค่าจ้าง				
ค่าจ้างสร้างและประกอบชุดทดสอบ	10,000.-	10,000.-		20,000.-
ค่าจ้างเก็บและเตรียมชีวมวล วัสดุทดสอบ	5,000.-	5,000.-	5,000.-	15,000.-
ค่าจ้างเก็บข้อมูล	-	5,000.-	5,000.-	10,000.-
10.3 หมวดค่าวัสดุ				
เชื้อเพลิงชีวมวล	5,000.-	10,000.-	10,000.-	25,000.-
วัสดุทนความร้อน	20,000.-	20,000.-	-	40,000.-
ฉนวนกันความร้อน	10,000.-	5,000.-	-	15,000.-

วัสดุประกอบการสร้างชุดทดสอบ	10,000.-	20,000.-	5,000-	35,000.-
สารเคมี	10,000.-	20,000.-	20,000.-	50,000.-
วัสดุประกอบการวัด เก็บตัวอย่างข้อมูล	10,000.-	15,000.-	15,000.-	40,000.-
วัสดุสำนักงาน	5,000.-	5,000.-	5,000.-	15,000.-
10.4 หมวดค่าใช้สอยและอื่น ๆ				
ค่าวิเคราะห์คุณสมบัติ และองค์ประกอบสาร	-	80,000.-	120,000.-	200,000.-
ค่าเตรียมพื้นที่ทดสอบ ซ่อมบำรุงอุปกรณ์	10,000.-	10,000.-	10,000.-	30,000.-
ค่าเอกสารอ้างอิงและการสืบค้น	20,000.-	-	-	20,000.-
ค่าติดต่อประสานงาน โทรศัพท์ ไปรษณีย์	5,000.-	5,000.-	5,000.-	15,000.-
10.5 หมวดค่าเดินทาง	10,000.-	10,000.-	10,000.-	30,000.-
10.6 หมวดค่าครุภัณฑ์	90,000.-	-	-	90,000.-
10.7 หมวดค่าบริหารโครงการ	-	-	-	-
รวม	400,000.-	400,000.-	390,000.-	1,190,000.-

สารบัญ

กิตติกรรมประกาศ 2
บทคัดย่อ 3
บทสรุปผู้บริหาร 5
สารบัญ 12
สารบัญตาราง 14
สารบัญภาพ 15
รายการสัญลักษณ์และอักษรย่อ 17

บทที่ 1 บทนำ
1.1 พลังงานชีวมวลและการแปลงสภาพเชิงเคมีความร้อน 18
1.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 22
1.2.1 การสลายตัวทางความร้อนของชีวมวล 22
1.2.2 กระบวนการแกสซิฟิเคชั่นในเตาชั้นวัสดุนิ่ง 24
1.2.3 กระบวนการแกสซิฟิเคชั่นในเตาชั้นของไหล 27
1.3 วัตถุประสงค์ของโครงการ 31

บทที่ 2 หลักการและทฤษฎี
2.1 ชีวมวล 32
2.2 กระบวนการแกสซิฟิเคชั่น 33
2.3 ปัจจัยที่มีผลต่อการผลิตก๊าซเชื้อเพลิง 37
2.4 ชนิดของเตาปฏิกรณ์ 39
2.4.1 เตาปฏิกรณ์แบบชั้นวัสดุนิ่ง 39
2.4.2 เตาปฏิกรณ์แบบชั้นของไหล 41
2.5 การกำจัดน้ำมันดิน 46

บทที่ 3 การวิเคราะห์สมบัติชีวมวล
3.1 การเตรียมวัสดุตัวอย่าง 50
3.2 การวิเคราะห์แบบประมาณ 50
3.2 การวิเคราะห์แบบแยกธาตุ 50
3.3 การวิเคราะห์ค่าความร้อน 51
3.4 การวิเคราะห์การสลายตัวทางความร้อน 51

บทที่ 4 อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

4.1 ชุดทดสอบแบบชั้นวัสดุนิ่ง 53

4.2 ชุดทดสอบแบบชั้นของไหล 55

4.3 ชุดทดสอบด้วยตัวเร่งปฏิกิริยา 60

4.4 ชุดทดสอบด้วยพลาสม่า 61

บทที่ 5 ผลการวิจัยและการวิจารณ์ผล

5.1 คุณสมบัติชีวมวล 67

5.2 ผลการสลายตัวทางความร้อนของชีวมวล 68

5.2.1 ในตัวกลางเฉื่อย 68

5.2.2 ในอากาศ 71

5.3 ผลการทดสอบกับเตาปฏิกรณ์แบบชั้นวัสดุนิ่งและชั้นของไหล 74

5.4 ผลการทดสอบกับตัวเร่งปฏิกิริยา 77

5.5 ผลการทดสอบกับพลาสม่า 79

5.5.1 การเกิดพลาสม่า 79

5.5.2 ค่าความเข้มข้นจากเครื่องจ่ายน้ำมันดินเบา 80

5.5.3 การทำลายน้ำมันดิน 81

บทที่ 6 สรุปผลและข้อเสนอแนะ

6.1 สรุปผล 83

6.2 ข้อเสนอแนะ 84

เอกสารอ้างอิง 85

ผลลัพธ์จากโครงการ 94

ภาคผนวก ผลงานที่ได้ตีพิมพ์เผยแพร่แล้ว 95

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ห้องสมุดงานวิจัย

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ
ห้องสมุดงานวิจัย
วันที่ 23 พ.ย. 2555
เลขทะเบียน 250181
เลขเรียกหนังสือ

สารบัญตาราง

ตาราง		หน้า
2.1	ตัวอย่างส่วนประกอบก๊าซเชื้อเพลิงชีวมวล	37
2.2	การเปรียบเทียบลักษณะพื้นฐานและการทำงานของเตาปฏิกรณ์	45
2.3	การเปรียบเทียบเตาแบบชั้นนิ่งกับเตาแบบชั้นของไหล	45
2.4	วิธีการกำจัดน้ำมันดิน	46
2.5	ประสิทธิภาพการดักฝุ่นละอองและน้ำมันดิน	48
4.1	ส่วนประกอบของเปลือกเม็ดมะม่วงหิมพานต์	60
5.1	ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติไมยราพยักษ์	67
5.2	ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติชีวมวลอื่นๆ ที่สนใจ	68
5.3	การเปรียบเทียบผลการสลายตัวทางความร้อนในไนโตรเจนของชีวมวลชนิดต่างๆ	70
5.4	การเปรียบเทียบผลการสลายตัวทางความร้อนในไนโตรเจนของชีวมวลชนิดต่างๆ	73

สารบัญภาพ

รูปที่		หน้า
1.1	ปฏิกิริยาการแปลงสภาพชีวมวลเชิงความร้อน	19
1.2	กระบวนการแปลงสภาพชีวมวลทางเคมีความร้อนพื้นฐาน และผลิตภัณฑ์หลัก	20
2.1	การผลิตก๊าซเชื้อเพลิงและการนำไปใช้ประโยชน์	34
2.2	ลักษณะของเตาปฏิกรณ์ผลิตก๊าซเชื้อเพลิงแบบก๊าซไหลขึ้น	40
2.3	ลักษณะของเตาปฏิกรณ์ผลิตก๊าซเชื้อเพลิงแบบก๊าซไหลลง	41
2.4	ลักษณะของเตาปฏิกรณ์ผลิตก๊าซเชื้อเพลิงแบบไหลขวาง	42
2.5	ลักษณะของเตาปฏิกรณ์แบบชั้นของไหล	43
2.6	ตัวอย่างเตาปฏิกรณ์แบบชั้นของไหลหมุนวน	44
4.1	ชุดทดสอบแบบชั้นวัสดุนิ่งระดับห้องปฏิบัติการ	53
4.2	แผนภูมิเตาปฏิกรณ์แบบชั้นวัสดุนิ่ง	54
4.3	ชุดทดสอบแบบชั้นของไหลระดับห้องปฏิบัติการ	56
4.4	เตาปฏิกรณ์แบบชั้นของไหล	57
4.5	ชุดควบคุมไฟฟ้าและอุณหภูมิ	57
4.6	ลักษณะไซโคลนที่ทำการออกแบบ	58
4.7	ชุดเก็บตัวอย่างก๊าซ	58
4.8	ลักษณะของเครื่อง GC และเครื่องพิมพ์ที่ใช้วิเคราะห์ก๊าซ	59
4.9	ก๊าซตัวอย่างและคอลัมน์ที่ใช้วิเคราะห์ก๊าซ	59
4.10	ชุดทดสอบตัวเร่งปฏิกิริยา	60
4.11	เตาปฏิกรณ์พลาสม่าแบบไกลด์อาร์ค	61
4.12	ชุดทดสอบด้วยพลาสม่า	62
4.13	วงจรไฟฟ้าของแหล่งจ่ายไฟฟ้าแรงสูงที่สามารถปรับค่าได้	63
4.14	แผนภาพอุปกรณ์ชุดเครื่องจ่ายน้ำมันดินเบา	63
5.1	ค่าการแปลงน้ำหนักของไมยราพยักษ์ตามอุณหภูมิ ภายใต้สภาวะตัวกลางเป็นไนโตรเจน ที่อัตราการให้ความร้อนต่างๆ	68
5.2	อัตราการสลายของไมยราพยักษ์ทางความร้อนตามอุณหภูมิ ภายใต้สภาวะตัวกลางเป็นไนโตรเจน ที่อัตราการให้ความร้อนต่างๆ	69

5.3	ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการสลายของไมยราพยักษ์ในไนโตรเจนกับอุณหภูมิที่ค่าการแปลงน้ำหนักต่างๆ	71
5.4	ค่าการแปลงน้ำหนักของไมยราพยักษ์ตามอุณหภูมิ ภายใต้สภาวะตัวกลางเป็นอากาศ ที่อัตราการให้ความร้อนต่างๆ	71
5.5	อัตราการสลายของไมยราพยักษ์ทางความร้อนตามอุณหภูมิ ภายใต้สภาวะตัวกลางเป็นอากาศ ที่อัตราการให้ความร้อนต่างๆ	72
5.6	ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการสลายของไมยราพยักษ์ในอากาศกับอุณหภูมิที่ค่าการแปลงน้ำหนักต่างๆ	74
5.7	ผลของอุณหภูมิปฏิกิริยาต่อผลผลิตจากกระบวนการแกสซิฟิเคชั่น	74
5.8	ผลของการผสมตัวเร่งปฏิกิริยากับชีวมวลต่อผลผลิตจากกระบวนการแกสซิฟิเคชั่น	75
5.9	ผลของอุณหภูมิปฏิกิริยาต่อปริมาณไฮโดรเจน และไฮโดรเจนต่อคาร์บอนมอนอกไซด์	76
5.10	ผลของการผสมตัวเร่งปฏิกิริยากับชีวมวลต่อปริมาณไฮโดรเจน และไฮโดรเจนต่อคาร์บอนมอนอกไซด์	76
5.11	การกระจายตัวของอุณหภูมิในช่องชั้นของไหล	77
5.12	การกระจายอุณหภูมิภายในชุดปฏิกรณ์ตัวเร่งปฏิกิริยาที่อุณหภูมิกำหนดต่างๆ	78
5.13	ประสิทธิภาพการกำจัดน้ำมันดินในก๊าซเชื้อเพลิงด้วยตัวเร่งปฏิกิริยาชนิดต่างๆ	78
5.14	ปริมาณน้ำมันดินในก๊าซเชื้อเพลิงหลังจากผ่านตัวเร่งปฏิกิริยาชนิดต่างๆมาแล้ว	79
5.15	เม็ดตัวเร่งปฏิกิริยาที่ผ่านการใช้มาแล้ว	79
5.16	การเปรียบเทียบสีของพลาสมาที่เกิดขึ้น (ก) อากาศ (ข) ไนโตรเจน	80
5.17	ความเข้มข้นของน้ำมันดินเบาจากเครื่องจ่าย	81
5.18	ประสิทธิภาพการทำลายน้ำมันดินเบาด้วยพลาสม่าที่ความเข้มข้นต่างๆ	81
5.19	ความเข้มข้นของน้ำมันดินเบาจากเครื่องจ่าย	82

รายการสัญลักษณ์และอักษรย่อ

ASTM	American Society for Testing and Materials
A	แฟคเตอร์ความถี่ในการชน
C	คาร์บอน
c_{in}	ปริมาณน้ำมันดินในก๊าซเชื้อเพลิงก่อนเข้าชุดทดสอบ
c_{out}	ปริมาณน้ำมันดินในก๊าซเชื้อเพลิงหลังออกชุดทดสอบ
E	พลังงานกระตุ้น
FC	คาร์บอนคงตัว
H	ไฮโดรเจน
HHV	ค่าความร้อนสูง
k	ค่าคงที่ปฏิกิริยาเคมีจลน์
N	ไนโตรเจน
n	ออร์เดอร์ของปฏิกิริยา
O	ออกซิเจน
R	ค่าคงที่ของก๊าซ
S	กำมะถัน
T	อุณหภูมิ
TGA	การวิเคราะห์แบบเทอร์โมกราวิเมตริก
t	เวลา
VM	สารระเหยได้
W	น้ำหนักของตัวอย่างชีวมวลในแต่ช่วงของการวิเคราะห์การสลายตัว
x	ประสิทธิภาพในการทำลายน้ำมันดิน
α	ค่าการแปลงมวลในการสลายตัวทางความร้อน