

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญ

ประเทศไทยได้มีการพัฒนาอย่างต่อเนื่องมาโดยตลอดทั้งด้านการศึกษา ด้านสิ่งแวดล้อมและเทคโนโลยีทำให้จากเดิมระบบเศรษฐกิจที่ต้องพึ่งพิงในภาคการเกษตรเป็นหลักเปลี่ยนแปลงเป็นระบบเศรษฐกิจที่อิงกับภาคอุตสาหกรรมมากขึ้น ซึ่งจากการขยายตัวในภาคอุตสาหกรรมและการเพิ่มสูงขึ้นอย่างรวดเร็วของประชากรในประเทศทำให้ความต้องการพลังงานเพิ่มสูงขึ้นส่งผลให้ประเทศต้องพึ่งพาพลังงานปิโตรเลียมซึ่งเป็นทรัพยากรธรรมชาติในปริมาณเพิ่มมากขึ้น โดยใช้พลังงานปิโตรเลียมเป็นแหล่งพลังงานหลักในการผลิตไฟฟ้าและพลังงานความร้อนเพื่อให้พอเพียงกับความต้องการที่เพิ่มสูงขึ้น นอกจากภาคอุตสาหกรรมแล้วความต้องการด้านพลังงานทั้งในภาคเศรษฐกิจ สังคมรวมถึงการใช้งานในชีวิตประจำวันก็เพิ่มสูงขึ้นมากด้วยเช่นกัน จากในปี 2535 มีความต้องการใช้พลังงานไฟฟ้า 8,877 เมกะวัตต์ ขณะที่ในปี 2551 ความต้องการใช้พลังงานทางไฟฟ้าเพิ่มสูงขึ้นเป็น 22,568.20 เมกะวัตต์ (<http://www.egat.co.th>) พิจารณาได้จากประเทศไทยในการผลิตไฟฟ้าจะใช้เชื้อเพลิงก๊าซธรรมชาติเป็นหลัก รองมาคือ ถ่านหินและน้ำมัน ส่วนการผลิตไฟฟ้าจากแหล่งพลังงานอื่นๆ เช่นพลังงานน้ำ พลังงานแสงอาทิตย์ ลม ชีวมวล ยังคงเป็นส่วนที่น้อยเมื่อเทียบกับการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากปิโตรเลียม ปริมาณไฟฟ้าที่ผลิตได้ไม่เพียงพอกับความต้องการที่เพิ่มขึ้น ซึ่งนอกจากการใช้พลังงานไฟฟ้าที่เพิ่มสูงขึ้นแล้ว ปัจจุบันประเทศไทยต้องประสบปัญหาการเพิ่มขึ้นของราคาน้ำมัน อย่างต่อเนื่องเห็นได้จากปี 2539 ราคาน้ำมันลิตรละ 9.25 บาท แต่ในปี 2552 ราคาน้ำมันลิตรละ 33.54 บาท (<http://www.eppo.go.th>) และมีแนวโน้มที่จะราคาสูงขึ้นอีกในอนาคต เนื่องจากปัจจัยแวดล้อมมากมาย ได้แก่ ปริมาณสำรองของน้ำมันที่ลดลง และความไม่มั่นคงทางเศรษฐกิจ นอกจากนั้นแล้วเรายังต้องเผชิญกับปัญหามลพิษทางอากาศ และปัญหาโลกร้อน ทำให้ชีวิตความเป็นอยู่ของประชาชนไม่ราบรื่นและไม่มีความสุข

ความพยายามที่จะแก้ไขปัญหาดังกล่าวได้รับการกล่าวถึงอยู่บ่อยครั้งทั้งในแง่การเมือง และเศรษฐกิจ แนวทางในการแก้ไขปัญหามีการศึกษากันอย่างแพร่หลายได้แก่ การเปลี่ยนแปลงระบบกำเนิดพลังงานจากระบบการเผาไหม้เชื้อเพลิง ซึ่งใช้วัตถุดิบจากปิโตรเลียมเป็นทรัพยากรธรรมชาติที่หมดสิ้นได้ รวมถึงการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์ก่อให้เกิดมลพิษ และก๊าซพิษบางชนิดทำลายชั้นบรรยากาศโลก ทำให้อุณหภูมิในโลกสูงขึ้น หรือกล่าวอีกนัยหนึ่งคือปรากฏการณ์เรือนกระจก ให้เป็นระบบเซลล์ไฟฟ้าเคมี ที่เรียกว่าเซลล์เชื้อเพลิง (Fuel Cells) โดยหลักการทำงานแล้ว เซลล์เชื้อเพลิงต้องการเชื้อเพลิงคือก๊าซไฮโดรเจน (ซึ่งเป็นก๊าซที่มีปริมาณมากในโลก) และก๊าซออกซิเจน เซลล์เชื้อเพลิงจะเปลี่ยนพลังงานเคมีเป็นพลังงานไฟฟ้าได้ผลผลิตก็คือ กระแสไฟฟ้า ความร้อน และน้ำ ดังนั้นเซลล์เชื้อเพลิงถือว่าเป็นพลังงานสะอาด ไม่ก่อให้เกิดมลพิษ ลดปัญหาโลกร้อน และลดปริมาณการใช้น้ำมันดิบซึ่งสามารถแก้ปัญหาตามที่กล่าวข้างต้นได้ และยังทำให้เศรษฐกิจของประเทศเป็นไปในทิศทางที่ดีขึ้น เพราะไม่ต้องพึ่งน้ำมันดิบจากต่างชาติ

ก๊าซไฮโดรเจนที่ใช้กับเซลล์เชื้อเพลิงสามารถผลิตได้หลายวิธี ได้แก่ การทำปฏิกิริยาไพลโซซิส หรือ การทำปฏิกิริยา Gasification ของวัสดุที่มีเส้นใย เช่นขานอ้อย กากอ้อย เปลือกไม้, การทำ

ปฏิกิริยาปฏิรูปไอน้ำของสารประกอบไฮโดรคาร์บอน หรือ การทำปฏิกิริยาออกซิเดชันบางส่วนของ เปลือกไม้หรือสารประกอบไฮโดรคาร์บอน การผลิตจากจุลสาหร่าย เป็นต้น การนำก๊าซไฮโดรเจนที่ผลิต ได้จากวิธีการดังกล่าวไปใช้กับเซลล์เชื้อเพลิงโดยเฉพาะเซลล์เชื้อเพลิงชนิดเยื่อเมมเบรนแลกเปลี่ยนโปรตอน จะต้องเป็นก๊าซไฮโดรเจนที่มีความบริสุทธิ์ต่อก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์สูง เนื่องจากก๊าซคาร์บอนมอนอก-ไซด์เพียง 100 ส่วนในล้านส่วน (ร้อยละ 0.0001 โดยปริมาตร) ในก๊าซไฮโดรเจนทำให้ประสิทธิภาพของ เซลล์เชื้อเพลิงแบบเยื่อเมมเบรนลดลงมากกว่าร้อยละ 50 ซึ่งการพัฒนาวิธีการผลิตก๊าซไฮโดรเจน เพื่อทำ ให้ผลิตภัณฑ์ที่มีความบริสุทธิ์มากพอที่จะนำไปใช้กับเซลล์เชื้อเพลิงแบบเยื่อเมมเบรน จึงเป็นหัวข้อวิจัย ที่น่าสนใจศึกษา

ดังนั้นในแผนงานวิจัยจะมุ่งเน้นไปที่ขบวนการผลิตก๊าซไฮโดรเจน โดยแบ่งงานวิจัยออกเป็น 3 โครงการย่อย ในโครงการย่อยที่ 1 และ 2 เป็นการผลิตก๊าซไฮโดรเจนจากการปฏิรูปเมทานอลด้วยไอน้ำ ซึ่งถือ ว่าเป็นวิธีการผลิตไฮโดรเจนจาก สารประกอบไฮโดรคาร์บอนที่ให้ปริมาณก๊าซไฮโดรเจนสูงสุด การ เลือกใช้เมทานอลเนื่องมาจากเป็นสารประกอบไฮโดรคาร์บอนที่มีจำนวนคาร์บอนอะตอมต่ำสุด และอยู่ ในรูปของเหลว ทำให้ง่ายต่อการบรรจุลงในถัง จุดประสงค์หลักของโครงการย่อยที่ 1 และ 2 คือการ ค้นคว้าหาตัวเร่งปฏิกิริยาที่เหมาะสมในการเร่งปฏิกิริยาปฏิรูปเมทานอลด้วยไอน้ำ โดยควรให้ค่าการเลือก คาร์บอนมอนอกไซด์ต่ำ การศึกษาการสังเคราะห์ถ่านกัมมันต์จากวัสดุเหลือใช้เพื่อใช้เป็นตัวรองรับให้กับ ตัวเร่งปฏิกิริยา และในโครงการย่อยที่ 3 เป็นการใช่วิธีการตรึงเซลล์จุลสาหร่ายเพื่อผลิตก๊าซไฮโดรเจน จะ เป็นการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตก๊าซไฮโดรเจน ปริมาณก๊าซไฮโดรเจนที่ผลิตได้ และความ บริสุทธิ์ของก๊าซไฮโดรเจนที่ผลิตได้ จากนั้นผลการทดลองจากโครงการวิจัยย่อยทั้ง 3 จะถูกนำมาเปรียบ ในเชิงของปริมาณก๊าซที่ผลิตได้ และความบริสุทธิ์

1.2 วัตถุประสงค์หลักของแผนงานวิจัย

วัตถุประสงค์หลักของแผนงานวิจัยการใช้นาโนเทคโนโลยีในผลิตก๊าซไฮโดรเจนเพื่อใช้เป็นแหล่ง พลังงานทางเลือก และพลังงานสะอาด คือการผลิตก๊าซไฮโดรเจนจากวิธีการต่างกัน เพื่อนำไปใช้กับเซลล์ เชื้อเพลิงแบบเยื่อเมมเบรน โดยมีวัตถุประสงค์ย่อยของแต่ละโครงการดังนี้

1. พัฒนาตัวเร่งปฏิกิริยาคอมโพสิตออกไซด์ของโลหะทรานซิชัน เพื่อใช้ในการผลิตก๊าซ ไฮโดรเจนจากเมทานอลผ่านวิธีการปฏิรูปด้วยไอน้ำ โดยมีวัตถุประสงค์ย่อย คือ เพื่อศึกษาปริมาณและ สภาวะใน การเตรียมตัวเร่งปฏิกิริยา เพื่อให้ผลิตก๊าซไฮโดรเจนในปริมาณมาก โดยมีก๊าซ คาร์บอนมอนอกไซด์ในปริมาณน้อย รวมไปถึงการศึกษาเสถียรภาพของตัวเร่งปฏิกิริยา
2. ผลิตถ่านกัมมันต์จากวัสดุเหลือใช้ เพื่อนำถ่านกัมมันต์ที่ได้ไปใช้เป็นตัวรองรับให้กับตัวเร่ง ปฏิกิริยา เพื่อใช้ในการผลิตก๊าซไฮโดรเจน ทั้งนี้จะใช้ถ่านกัมมันต์ร่วมกับซีเรียม เซอร์โคเนียมออกไซด์
3. ผลิตก๊าซไฮโดรเจนจากสาหร่าย โดยใช้วิธีตรึงเซลล์จุลสาหร่าย วิธีนี้ช่วยยืดอายุของจุล สาหร่ายให้สามารถผลิตก๊าซไฮโดรเจนได้หลายครั้ง
4. สรุปผลการศึกษาการผลิตก๊าซไฮโดรเจนจากวิธีการปฏิรูปเมทานอลด้วยไอน้ำกับวิธีการ ผลิตจากสาหร่ายใน โครงการวิจัยชุดที่ 3 ทั้งเชิงปริมาณและคุณภาพ

1.3 ทฤษฎี สมมติฐาน และ/หรือ กรอบแนวความคิดของแผนงานวิจัย

กรอบแนวความคิดของแผนการวิจัยนี้เริ่มต้นจากปัญหาการขาดแคลนพลังงาน นำไปสู่การ ค้นคว้าแหล่งพลังงานอื่นทดแทน ในรูปของก๊าซไฮโดรเจน และการใช้เซลล์เชื้อเพลิงในการเปลี่ยนเชื้อเพลิง ในรูปของพลังงานไฟฟ้าโดยไม่ผ่านการเผาไหม้ ทำให้ไม่เกิดก๊าซพิษที่เป็นมลพิษกับอากาศ และลดปัญหา

โลกร้อน ในการผลิตก๊าซไฮโดรเจนสามารถผลิตได้จากหลายกระบวนการ กระบวนการที่เป็นที่นิยมคือการปฏิรูปสารประกอบไฮโดรคาร์บอน เช่น มีเทน เมทานอล หรือ เอทานอล เป็นต้น ด้วยไอน้ำ (Hydrocarbon Reforming) สำหรับวิธีการอื่นๆ เช่น การใช้ปฏิกิริยาออกซิเดชันบางส่วนของสารประกอบไฮโดรคาร์บอน (Partial Oxidation) การใช้วิธี Autothermal ซึ่งปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นในเครื่องปฏิกรณ์จะเป็นแบบการปฏิรูปด้วยไอน้ำและปฏิกิริยา ออกซิเดชันบางส่วนควบคู่กัน การใช้ปฏิกิริยา gasification กับสารประกอบอินทรีย์เช่น เปลือกไม้ ชานอ้อย เป็นต้น หรือ การทำไพโรไลซิส (Pyrolysis) สารที่มีองค์ประกอบของไฮโดรเจน รวมถึงก๊าซไฮโดรเจนที่ผลิตจากจุลสาหร่าย ในการผลิตก๊าซไฮโดรเจนจากสารประกอบไฮโดรคาร์บอน มักจะมีก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ปะปนมาด้วยเสมอในปริมาณที่แตกต่างกันประมาณร้อยละ 0.5-2.0 โดยปริมาตร (หลังจากผ่านปฏิกิริยาชิฟของน้ำเพื่อเพิ่ม ปริมาณก๊าซไฮโดรเจน) ซึ่งก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ในปริมาณเพียง 100 ส่วนในล้านส่วน ทำให้ประสิทธิภาพในการผลิตพลังงานไฟฟ้าของเซลล์เชื้อเพลิงแบบเมมเบรนลดลงมากกว่าร้อยละ 50

ดังนั้นเนื้อหาของแผนการวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นที่การผลิตก๊าซไฮโดรเจนจากการปฏิรูปเมทานอลด้วยไอน้ำ และการผลิตก๊าซไฮโดรเจนจากจุลสาหร่าย โดยคำนึงถึงปริมาณและความบริสุทธิ์ของก๊าซไฮโดรเจนที่ได้ แผนงานวิจัยมีความสำคัญที่สามารถนำผลการทดลองที่ได้ประยุกต์ใช้กับการผลิตก๊าซไฮโดรเจนเพื่อใช้กับเซลล์เชื้อเพลิงแบบเยื่อเมมเบรนในการผลิตกระแสไฟฟ้า

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. แนวทางการวิจัยพลังงานทดแทนที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม ลดปัญหามลพิษทางอากาศ และแก้ไขปัญหาโลกร้อน
2. เป็นการเริ่มงานวิจัยทางด้านเซลล์เชื้อเพลิงในมหาวิทยาลัยบูรพา ซึ่งเป็นมหาวิทยาลัยชั้นนำในด้านการวิจัยในภาคตะวันออก จะทำให้เป็นศูนย์กลางงานวิจัยทางด้านพลังงานต่อไป
3. การผลิตนักวิจัยรุ่นใหม่ที่มีจิตสำนึกในเรื่องของการใช้พลังงานอย่างคุ้มค่า และ การปลูกฝังในเรื่องความรับผิดชอบต่อสิ่งแวดล้อมที่เกิดจากการดำเนินงานวิจัย
4. บทความวิจัยสำหรับเผยแพร่ในที่ประชุมวิชาการ และวารสารวิชาการ อย่างน้อย 2 บทความ
5. ผลงานวิจัยใช้เป็นข้อมูลสำหรับการพัฒนาเซลล์เชื้อเพลิงเพื่อเป็นพลังงานทดแทน ให้กับหน่วยงานทางด้านพลังงานของประเทศไทย
6. สามารถนำเครื่องมือ/ครุภัณฑ์ในภาควิชาวิศวกรรมเคมี มาใช้ประโยชน์ในงานวิจัย

1.5 ระเบียบวิธีดำเนินการวิจัย

การดำเนินการทั้ง 3 โครงการย่อย มีรายละเอียดโดยคร่าวๆ ดังนี้

โครงการวิจัยที่ 1 จะแบ่งวิธีการดำเนินงานวิจัยเป็น 3 หัวข้อ ได้แก่ การเตรียมตัวเร่งปฏิกิริยากลุ่มแพลทินัม โดยตัวรองรับที่ใช้อลูมิเนียมออกไซด์ที่มีการเติมสารซีเรียออกไซด์ เซอร์โคเนียมออกไซด์ และซิงค์ออกไซด์ ในการเตรียมจะเริ่มที่การเตรียมตัวรองรับ ด้วยวิธีตกตะกอนร่วม และเติมโลหะด้วยวิธีอิมเพรเนชันหรือ วิธีฝังเคลือบ กำหนดให้ปริมาณซีเรียออกไซด์และเซอร์โคเนียมออกไซด์คงที่ ที่ร้อยละ 32 และ 8 โดยน้ำหนักตามลำดับ ส่วนที่เหลือของตัวรองรับเป็นร้อยละ 60 โดยน้ำหนัก ประกอบด้วยซิงค์ออกไซด์และอลูมิเนียมออกไซด์ โดยปริมาณของโลหะออกไซด์ทั้งสองจะเป็นตัวแปรศึกษา เมื่อเตรียมตัวเร่งปฏิกิริยาได้แล้ว ขั้นตอนที่สอง เป็นการวิเคราะห์คุณสมบัติเฉพาะ ได้แก่ ขนาดผลึก และโครงสร้างของผลึก วิเคราะห์ด้วยเครื่องเอ็กซ์เรย์ดิฟแฟรคชัน, พื้นที่ผิวจำเพาะและขนาดรูพรุนเฉลี่ย วิเคราะห์ด้วย

เครื่อง Autosorption 1 C และปริมาณองค์ประกอบ วิเคราะห์ด้วยเครื่อง EDX ในส่วนของขั้นตอนสุดท้าย คือการนำตัวเร่งปฏิกิริยาที่ได้ไปทดสอบความสามารถในการเร่งปฏิกิริยาปฏิรูปเมทานอลด้วยไอน้ำ เพื่อใช้ในการผลิตก๊าซไฮโดรเจน รายละเอียดขั้นตอนการทดลองสามารถดูได้ในบทที่ 2

โครงการวิจัยที่ 2 เป็นการเตรียมถ่านกัมมันต์เพื่อใช้เป็นตัวรองรับให้กับตัวเร่งปฏิกิริยาแพลทินัมเพื่อใช้ในปฏิกิริยาปฏิรูปเมทานอลด้วยไอน้ำ ทั้งนี้ต้องมีการศึกษาปัจจัยต่างๆที่เกี่ยวข้องกับขนาดรูพรุน ปริมาตรรูพรุน และพื้นที่ผิวจำเพาะของถ่านกัมมันต์ที่ได้ โดยถ่านกัมมันต์เตรียมจากเปลือกมังคุด ในขั้นตอนของการเตรียมจะศึกษาปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อขนาดรูพรุน ได้แก่ การปรับสภาพเปลือกมังคุดก่อนนำไปกระตุ้น โดยเปรียบเทียบระหว่างการปรับสภาพด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์และไม่ปรับสภาพ จากนั้นเปลือกมังคุดที่ได้จากทั้งสองวิธีจะถูกนำไปทำให้เป็นถ่านกัมมันต์ผ่านวิธีการกระตุ้น 2 วิธี ได้แก่การกระตุ้นด้วยไอน้ำ และการกระตุ้นเชิงเคมีด้วยสารละลายโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ โดยขั้นตอนโดยละเอียดสามารถดูได้ในบทที่ 3

ถ่านกัมมันต์ที่เตรียมได้จากการทดลองถูกนำไปวิเคราะห์คุณสมบัติโดยประมาณ ซึ่งได้แก่ ความชื้น, สารระเหย, คาร์บอนคงตัว และเถ้า โดยใช้วิธีตามมาตรฐาน ASTM E871-82, ASTM E872-82, และ D1102-84, ศึกษาพฤติกรรมการสลายตัวทางความร้อนของถ่านกัมมันต์ ด้วยเครื่อง Thermo-gravimetric Analysis, ค่าพื้นที่ผิวจำเพาะเพื่อแสดงคุณสมบัติของถ่านกัมมันต์ ใช้วิธีการ Brunauer-Emmett-Teller (BET) โดยใช้ก๊าซไนโตรเจนเป็นก๊าซในการดูดซับ, วิเคราะห์พื้นผิวโดยใช้ลำแสงอิเล็กตรอนด้วยเครื่อง Scanning Electron Microscope เพื่อศึกษาลักษณะพื้นผิว, และตรวจสอบและศึกษาเกี่ยวกับโมเลกุลของสาร สำหรับศึกษาโครงสร้างของสารอินทรีย์ หาหมู่ฟังก์ชัน และหาสารที่ปนเปื้อน ด้วยเทคนิค Fourier transform infrared (FTIR) spectroscopy

โครงการวิจัยที่ 3 การผลิตก๊าซไฮโดรเจนจากจุลสาหร่ายที่ถูกตรึงเซลล์ให้มีขนาดระดับนาโน โดยวิธีการทดลองจะเริ่มต้นด้วยการคัดเลือกสายพันธุ์สาหร่าย และทดสอบหาสภาวะที่เหมาะสมที่สามารถผลิตมวลและผลิตก๊าซรวมได้สูงสุด ซึ่งจะทำการศึกษาสาหร่าย 2 สายพันธุ์ คือ Amphora และ Spirulina เพื่อทดสอบหาสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตมวลและก๊าซไฮโดรเจนสูงสุดจากสาหร่าย และทำการเปรียบเทียบอัตราการผลิตก๊าซไฮโดรเจนและอัตราการผลิตมวลจากสาหร่ายทั้งสองสายพันธุ์ ทำการคัดเลือกสายพันธุ์สาหร่าย 1 สายพันธุ์ที่มีความสามารถผลิตมวลและก๊าซรวมได้สูงสุดในสภาวะที่เหมาะสม ตัวแปรศึกษาได้แก่ สภาวะความเป็นกรด-เบส เมื่อได้ผลการทดลองแล้ว จะเลือกสาหร่ายเพียง 1 สายพันธุ์ เพื่อทดลองเลี้ยงด้วยการตรึงเซลล์ โดยศึกษาปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อความแข็งแรงของเม็ดตรึง และการเจริญและการอยู่รอดของเซลล์จุลสาหร่ายภายในเม็ดตรึง ปัจจัยที่ศึกษาได้แก่ ปริมาณที่เหมาะสมระหว่างสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ และสารละลายสตรอนเทียมคลอไรด์ที่ใช้ในการฟอร์มตัวเป็นเม็ด, สภาวะที่เหมาะสมสำหรับการตรึงเซลล์ด้วยอัลจิเนท เช่น ความเข้มข้นของสารละลายอัลจิเนท ปริมาณของจุลสาหร่าย, ระยะเวลาที่เหมาะสมในการฟอร์มตัวของอัลจิเนท และการตรึงเซลล์ด้วยอัลจิเนทโดยมีการเคลือบด้วยโคโตซาน เป็นต้น ขั้นตอนการดำเนินงานสามารถดูได้ในบทที่ 4

1.6 ผลการดำเนินงาน

โครงการวิจัยที่ 1 เป็นการพัฒนาตัวเร่งปฏิกิริยากลุ่มแพลทินัม โดยการนำซิงค์ออกไซด์มาใช้ร่วมกับตัวเร่งปฏิกิริยาแพลทินัมบนตัวรองรับประเภทโลหะผสมซีเรียออกไซด์ เซอร์โคเนียมออกไซด์และอลูมิเนียมออกไซด์ เพื่อใช้ในปฏิกิริยาปฏิรูปเมทานอลด้วยไอน้ำ พบว่าช่วยให้การเร่งปฏิกิริยาเกิดได้ดี

ทั้งนี้ผลการเร่งปฏิกิริยาขึ้นอยู่กับปริมาณซิงค์ออกไซด์ที่ใช้ นำไปสู่คุณสมบัติทางกายภาพได้แก่ ขนาดผลึกของโลหะ ค่าขนาดรูพรุน และพื้นที่ผิวจำเพาะ โดยจากการศึกษาปริมาณซิงค์ออกไซด์ต่ออลูมิเนียมออกไซด์ พบว่าที่อัตราส่วนร้อยละโดยน้ำหนักของซิงค์ออกไซด์และอลูมิเนียมออกไซด์เป็น 50:50 ให้พื้นที่ผิวจำเพาะสูงกว่าตัวเร่งปฏิกิริยาอื่นโดยมีพื้นที่ผิวจำเพาะสูงสุดคือ 220.2 ตารางเมตรต่อกรัม และยังพบว่าปริมาณซิงค์ออกไซด์ในตัวเร่งปฏิกิริยาแพลทินัมร่วมกับซิงค์ออกไซด์บนตัวรองรับประเภทโลหะผสมซีเรียมออกไซด์ เซอร์โคเนียมออกไซด์และอลูมิเนียมออกไซด์ ส่งผลกระทบต่อปริมาณพื้นที่ผิวจำเพาะของตัวเร่งปฏิกิริยา เมื่อปริมาณของซิงค์ออกไซด์มากขึ้น จะทำให้พื้นที่ผิวจำเพาะของตัวเร่งปฏิกิริยาลดลง ซึ่งสอดคล้องกับการเพิ่มขึ้นของขนาดผลึกของตัวเร่งปฏิกิริยา นอกจากนี้การเตรียมสารประกอบโลหะออกไซด์ผสมระหว่างซิงค์ออกไซด์ ซีเรียมออกไซด์ เซอร์โคเนียมออกไซด์ ด้วยวิธีตกตะกอนร่วมจะทำให้ได้สารประกอบโลหะออกไซด์ผสมมีรูปแบบโครงสร้างผลึกดังนี้ ซิงค์ออกไซด์มีรูปแบบโครงสร้างผลึกแบบ Hexagonal โลหะออกไซด์ผสมซีเรียมเซอร์โคเนียมมีรูปแบบโครงสร้างผลึกแบบ Cubic

เมื่อนำตัวเร่งปฏิกิริยาที่เตรียมได้ไปทดสอบการเร่งปฏิกิริยา พบว่าตัวเร่งปฏิกิริยาแพลทินัมร่วมกับซิงค์ออกไซด์บนตัวรองรับประเภทโลหะผสมซีเรียมออกไซด์ เซอร์โคเนียมออกไซด์และอลูมิเนียมออกไซด์ที่อัตราส่วนร้อยละโดยน้ำหนักของซิงค์ออกไซด์และอลูมิเนียมออกไซด์ เป็นร้อยละ 10:90 มีค่าร้อยละการเปลี่ยนแปลงเมทานอลคอนเวอร์ชันสูงที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับอัตราส่วนอื่น โดยที่อุณหภูมิ 340 องศาเซลเซียส มีค่าร้อยละการเปลี่ยนแปลงเมทานอลคอนเวอร์ชันเท่ากับ 42.0 และมีค่าร้อยละการเลือกเกิดปฏิกิริยาของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ต่ำ เมื่อเทียบกับอัตราส่วนอื่น อีกทั้งการเพิ่มปริมาณของซิงค์ออกไซด์ในตัวเร่งปฏิกิริยาส่งผลให้ค่าการเลือกเกิดปฏิกิริยาของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สูงขึ้นในอัตราส่วนโดยน้ำหนักของซิงค์ออกไซด์และอลูมิเนียมออกไซด์ ในร้อยละ 10:90 ร้อยละ 20:80 ร้อยละ 30:70 และ ร้อยละ 40:60

ถึงแม้ว่าค่าร้อยละการเปลี่ยนแปลงเมทานอลคอนเวอร์ชันของตัวเร่งปฏิกิริยาทุกตัว ในช่วงอุณหภูมิที่ศึกษา พบว่ามีค่าร้อยละเมทานอลคอนเวอร์ชันมีค่าน้อยกว่าร้อยละ 50 สาเหตุที่ค่าร้อยละเมทานอลคอนเวอร์ชันมีค่าน้อย เป็นเพราะอัตราส่วนของเมทานอลต่อน้ำมีค่าสูงถึง 5: 1 เป็นการเกิดปฏิกิริยาในสถานะที่มีน้ำในปริมาณจำกัด (Limiting Reagent) จึงทำให้ปฏิกิริยาไม่สามารถเกิดได้อย่างสมบูรณ์ จากทฤษฎีสามารถคำนวณค่าเมทานอลคอนเวอร์ชันสูงสุดที่อัตราส่วนของเมทานอลต่อน้ำเป็น 5: 1 พบว่าได้ค่าเมทานอลคอนเวอร์ชันสูงสุด ประมาณร้อยละ 53.6 และจากการทดลองพบว่าตัวเร่งปฏิกิริยาที่อัตราส่วนร้อยละโดยน้ำหนักของซิงค์ออกไซด์และอลูมิเนียมออกไซด์ เป็น 10:90 มีความว่องไวในการเร่งปฏิกิริยาได้ดีที่สุด และเกิดค่าเมทานอลคอนเวอร์ชันสูงสุด คือ ร้อยละ 42.0 ที่อุณหภูมิ 340 องศาเซลเซียส เมื่อเปรียบเทียบกับค่าเมทานอลคอนเวอร์ชันสูงสุดจากทฤษฎีแล้ว ค่าเมทานอลคอนเวอร์ชันที่เกิดขึ้นในปฏิกิริยามีค่าที่สูง ดังนั้นจึงเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาที่ควรได้รับการศึกษาเพิ่มเติมต่อไป

โครงการวิจัยที่ 2 เป็นการศึกษาวิธีเตรียมถ่านกัมมันต์จากเปลือกมังคุด เพื่อใช้เป็นตัวรองรับให้กับตัวเร่งปฏิกิริยาในโครงการวิจัยที่ 1 โดยใช้แทนอลูมิเนียมออกไซด์ จากการวิเคราะห์คุณสมบัติโดยประมาณของเปลือกมังคุด พบว่า มีค่าความชื้น 7.6%, เถ้า 3.8%, สารระเหย 70.2% และคาร์บอนคงตัว 18.4% จะเห็นได้ว่า เปลือกมังคุด มีปริมาณเถ้าต่ำที่สุด ซึ่งเป็นคุณสมบัติที่ดีของวัตถุดิบในการเตรียมถ่านกัมมันต์ จากการทดลองพบว่าการกระตุ้นทางกายภาพด้วยไอน้ำ ไอน้ำจะทำหน้าที่เป็นก๊าซออกซิไดซ์ ทำให้เกิดรูพรุนในโครงสร้างถ่านกัมมันต์ แต่สำหรับการกระตุ้นทางเคมี นอกจากจะมีน้ำเป็นก๊าซออกซิไดซ์แล้วยังจะมีสารเคมีที่เข้าไปทำปฏิกิริยากับโครงสร้างของถ่านกัมมันต์ จึงทำให้ได้ถ่านกัมมันต์ที่มีรูพรุนขนาดใหญ่กว่า การกระตุ้นทางกายภาพเพียงอย่างเดียว โดยการที่ถ่านกัมมันต์มีขนาดรูพรุนที่ใหญ่จะส่งผลทำให้พื้นที่ผิว

ของถ่านกัมมันต์ต่ำลง นอกจากนั้นแล้วยังพบอีกว่าการปรับสภาพวัตถุดิบก่อนการกระตุ้นส่งผลกระทบต่อโครงสร้างรูพรุนของถ่านกัมมันต์ โดยปรับสภาพวัตถุดิบสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ความเข้มข้น 0.5 โมลาร์ ที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง จะทำให้ผลได้ของถ่านกัมมันต์มีค่าลดลงมาก รูพรุนของถ่านกัมมันต์มีขนาดใหญ่ขึ้น ทำให้พื้นที่ผิวของถ่านกัมมันต์ลดลง แต่ถ่านกัมมันต์มีปริมาณรูพรุนเพิ่มขึ้น และปรับสภาพวัตถุดิบหลังการกระตุ้นด้วยกรดไนตริกความเข้มข้น 5 โมลาร์ จะทำให้ผลได้ของถ่านกัมมันต์มีค่าลดลงเล็กน้อย รูพรุนมีขนาดเล็กขึ้น แต่การปรับสภาพวัตถุดิบทั้งก่อน และหลังการกระตุ้น จะทำให้ขนาดรูพรุนใหญ่ นำไปสู่การลดลงของค่าพื้นที่ผิวจำเพาะ ดังนั้นจากผลการทดลองทำให้ทราบสถานะในการเตรียมถ่านกัมมันต์เพื่อให้ได้พื้นที่ผิวจำเพาะสูง คือการกระตุ้นด้วยไอน้ำ และปรับสภาพด้วยกรดไนตริกหลักจากการกระตุ้นด้วยไอน้ำ โดยถ่านกัมมันต์ที่ได้มีคุณสมบัติใกล้เคียงกับอลูมิเนียมออกไซด์ที่ใช้ในโครงการวิจัย 1

โครงการวิจัยที่ 3 การผลิตก๊าซไฮโดรเจนจากจุลสาหร่ายที่ถูกตรึงเซลล์ให้มีขนาดเล็ก ในงานวิจัยนี้จะเริ่มจากการคัดเลือกสายพันธุ์จุลสาหร่ายที่มีความสามารถในการผลิตก๊าซไฮโดรเจน และได้จุลสาหร่าย 2 สายพันธุ์ได้แก่ *Amphora* และ *Spirulina* นำไปทดสอบหาสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตมวลและก๊าซไฮโดรเจนสูงสุด และทำการเปรียบเทียบอัตราการผลิตก๊าซไฮโดรเจนและอัตราการผลิตมวลจากสาหร่ายพบว่าจุลสาหร่ายสายพันธุ์ *Spilurina* sp. มีอัตราการเพิ่มมวลชีวภาพได้ดีที่สุด และสามารถผลิตแก๊สรวมได้สูงที่ค่าความเป็นกรด-เบส 10 ดังนั้นจุลสาหร่ายสายพันธุ์ *Spilurina* sp. จึงถูกเลือกเพื่อนำไปตรึงเซลล์โดยศึกษาความเข้มข้นของตัวอัลจินท, ปริมาณเซลล์จุลสาหร่าย, เวลาที่ใช้ในการขึ้นรูป เนื่องจากปัจจัยเหล่านี้ล้วนส่งผลกระทบต่อความแข็งแรงของเม็ด อัตราการเจริญเติบโตหรือการอยู่รอดของเซลล์ โดยพบว่าสภาวะที่เหมาะสม คือ ความเข้มข้นของอัลจินท 4 เปอร์เซ็นต์ (w/v) หยดในสารละลายสตรอนเทียม 4 เปอร์เซ็นต์ (w/v) ปริมาณเซลล์ที่ใช้คือ 1.5 กรัม (แห้ง) ต่ออัลจินท 100 มิลลิลิตร และทำการแช่เม็ดอัลจินททิ้งไว้ในสารละลายสตรอนเทียมคลอไรด์เป็นเวลา 2 ชั่วโมง การเพิ่มความแข็งแรงให้กับเม็ดตรึงอัลจินท สามารถทำได้โดยการเคลือบด้วยไคโตซาน ความเข้มข้นของสารละลายไคโตซานมีผลต่อความแข็งแรงของเม็ดตรึงโดยการเคลือบเม็ดตรึงด้วยไคโตซานที่มีความเข้มข้นมากเกินไปจะส่งผลให้เม็ดตรึงไม่แข็งแรง หลุดลอกได้ง่าย ส่วนเม็ดตรึงที่เคลือบด้วยไคโตซานที่มีความเข้มข้นพอเหมาะนั้น จะมีผลให้เม็ดตรึงอัลจินทมีความแข็งแรงและมีอายุการใช้งานได้นานขึ้น อาจเป็นผลมาจากคุณสมบัติบางประการของไคโตซาน และ การทดลองยังพบว่าความเข้มแสงไฟมีผลต่ออัตราการเจริญและการรอดชีวิตของเซลล์ เนื่องจากที่ความเข้มแสงสูงเซลล์มีอัตราการเจริญที่เพิ่มขึ้นและการรอดชีวิตสูงกว่าที่ความเข้มแสงต่ำ ซึ่งสภาวะที่เหมาะสมคือ ใช้ ความเข้มข้นของอัลจินท 4 เปอร์เซ็นต์ (w/v) หยดให้เม็ดตรึงมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.5 มิลลิเมตร ในสารละลายสตรอนเทียม 4 เปอร์เซ็นต์ (w/v) ปริมาณเซลล์ที่ใช้คือ 1.5 กรัม (แห้ง) ต่ออัลจินท 100 มิลลิลิตร และทำการแช่เม็ดอัลจินททิ้งไว้ในสารละลายสตรอนเทียมคลอไรด์เป็นเวลา 2 ชั่วโมง จากนั้นเคลือบด้วยไคโตซานที่ความเข้มข้น 0.4 เปอร์เซ็นต์ และเลี้ยงที่ความเข้มแสง 6000 ลักซ์

1.7 สรุปผลการดำเนินงาน

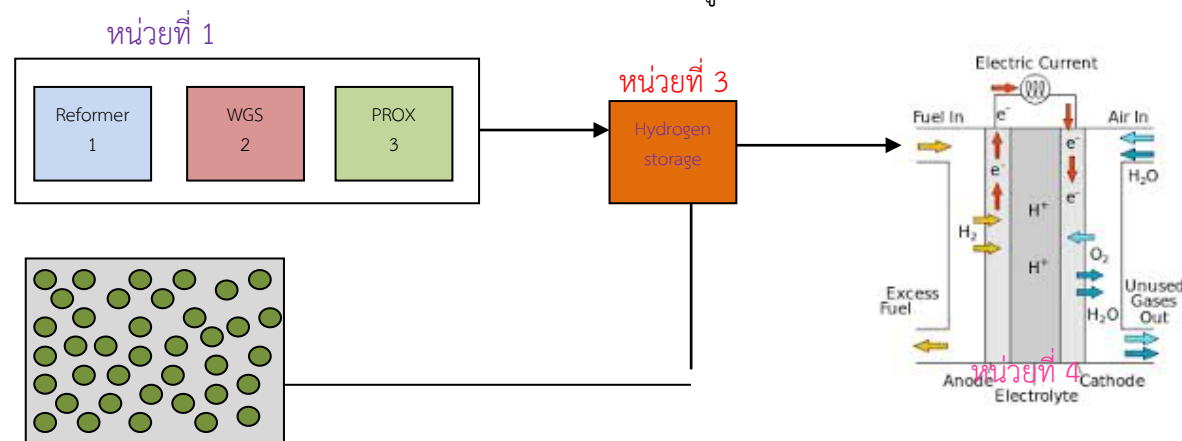
โครงการวิจัยที่ 1 สรุปผลการทดลองได้ว่า ตัวเร่งปฏิกิริยาที่อัตราส่วนร้อยละโดยน้ำหนักของซิงค์-ออกไซด์และอลูมิเนียมออกไซด์ เป็น 10:90 มีความว่องไวในการเร่งปฏิกิริยาได้ดีที่สุด และให้ค่าเมทานอลคอนเวอร์ชันสูงสุด คือ ร้อยละ 42.0 ที่อุณหภูมิ 340 องศาเซลเซียส เมื่อเปรียบเทียบกับค่าเมทานอลคอนเวอร์ชันสูงสุดจากทฤษฎีแล้ว ค่าเมทานอลคอนเวอร์ชันที่เกิดขึ้นในปฏิกิริยามีค่าที่สูง ตามสถานะที่ศึกษา สามารถผลิตก๊าซไฮโดรเจนได้ 0.34 ลิตรต่อชั่วโมง

โครงการวิจัยที่ 2 สรุปผลการทดลองได้ว่าสถานะในการเตรียมถ่านกัมมันต์เพื่อให้ได้พื้นผิวจำเพาะสูง คือการกระตุ้นด้วยไอน้ำ และปรับสภาพด้วยกรดไนตริกหลักจากการกระตุ้นด้วยไอน้ำ โดยถ่านกัมมันต์ที่ได้มีคุณสมบัติใกล้เคียงกับบอลูมิเนียมออกไซด์ที่ใช้ในโครงการวิจัย 1

โครงการวิจัยที่ 3 สรุปผลการทดลองได้ว่าสถานะที่เหมาะสมในการตรึงเซลล์จุลสาหร่ายกลุ่ม *Spirulina* เพื่อใช้ในการผลิตก๊าซไฮโดรเจน คือ ความเข้มข้นของอัลจินท 4 เปอร์เซ็นต์ (w/v) หยดให้เม็ดตรึงมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.5 มิลลิเมตร ในสารละลายสตรอนเทียม 4 เปอร์เซ็นต์ (w/v) ปริมาณเซลล์ที่ใช้คือ 1.5 กรัม (แห้ง) ต่ออัลจินท 100 มิลลิลิตร และทำการแช่เม็ดอัลจินททั้งไว้ในสารละลายสตรอนเทียมคลอไรด์เป็นเวลา 2 ชั่วโมง จากนั้นเคลือบด้วยไคโตซานที่ความเข้มข้น 0.4 เปอร์เซ็นต์ และเลี้ยงที่ความเข้มแสง 6000 ลักซ์ อัตราการผลิตก๊าซไฮโดรเจนของเซลล์สาหร่ายที่ถูกตรึงด้วยอัลจินท และอัลจินทเคลือบด้วยไคโตซาน อยู่ที่ 47.5 และ 31.6 ไมโครลิตรต่อชั่วโมงตามลำดับ

1.8 งานที่ควรจะทำต่อไป

ผลงานวิจัยที่ได้จากแต่ละโครงการวิจัยย่อย แสดงให้เห็นถึงแนวโน้มในการผลิตก๊าซไฮโดรเจนในแต่ละโครงการย่อย อย่างไรก็ตามยังมีปัจจัยต่างๆที่ต้องศึกษาเพิ่มเติม สามารถดูได้ตามรายละเอียดในบทที่ 2-4 ในส่วนของแผนงานรวม งานที่สามารถทำต่อไปได้คือ การนำผลการทดลองของแต่ละโครงการย่อยมารวมกัน ออกแบบเป็นระบบการผลิตกระแสไฟฟ้า ดังแสดงในรูป 1.1



รูปที่ 1.1 แผนการรวมงานวิจัยเพื่อใช้ก๊าซไฮโดรเจนในการผลิตกระแสไฟฟ้าผ่านเซลล์เชื้อเพลิงแบบเยื่อเมมเบรนแลกเปลี่ยนโปรตอน

ในรูปที่ 1.1 แสดงแผนการดำเนินโครงการในปีที่ 2 และ 3 ต่อไป โดยเริ่มต้นที่หน่วยที่ 1 เป็นการผลิตก๊าซไฮโดรเจนด้วยวิธีการปฏิรูปเมธานอลด้วยไอน้ำ มีหน่วยย่อยได้แก่ส่วนของเครื่องปฏิกรณ์ที่เปลี่ยนเมธานอลให้เป็นก๊าซไฮโดรเจน (Reformer) เมื่อผ่านหน่วยนี้พบว่าปริมาณก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ประมาณร้อยละ 10-25 โดยปริมาตร จึงต้องมีการผ่านเครื่องปฏิกรณ์ที่ 2 ที่มีปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นคือปฏิกิริยาชิวด้วยน้ำ (Water gas shift reactor, WGS) เป็นการนำก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ทำปฏิกิริยากับน้ำ ได้ผลิตภัณฑ์เป็นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และก๊าซไฮโดรเจน ทำให้ได้เชื้อเพลิงในปริมาณเพิ่มขึ้น ขณะเดียวกันก็สามารถลดปริมาณก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ได้ อย่างไรก็ตามปฏิกิริยานี้เป็นปฏิกิริยาย้อนกลับได้ดังนั้นไม่สามารถกำจัดคาร์บอนมอนอกไซด์ได้ทั้งหมด จะมีก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์เหลือประมาณร้อยละ 0.5-1.0 โดยปริมาตร หน่วยย่อยสุดท้ายคือหน่วยที่ใช้ในการกำจัดก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ให้มีปริมาณน้อยๆ (ส่วนในล้านส่วน) โดยผ่านปฏิกิริยาการเผาไหม้ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (Preferential Oxidation Reactor, PROX) ก๊าซไฮโดรเจนที่ได้จะถูกเก็บไว้ในหน่วยที่ 3 และส่งต่อไปยังเซลล์เชื้อเพลิงเพื่อผลิต

กระแสไฟฟ้าในหน่วยที่ 4 ต่อไป โดยในขั้นต้นประมาณกระแสไฟฟ้าเพียงพอที่จะให้หลอดไฟทำงาน 1 หลอด

ในงานวิจัยนี้ศึกษาวิธีการผลิตก๊าซไฮโดรเจน 2 วิธี คือผ่านกระบวนการปฏิรูปด้วยไอน้ำ และผ่านจุลสาร่ายที่ถูกตรึง ดังนั้นในรูปที่ 1.1 จะเห็นว่ามี 2 หน่วยที่ใช้ในการผลิตก๊าซไฮโดรเจน ดังนี้ หน่วยที่ 1 ผลิตก๊าซไฮโดรเจนผ่านปฏิกิริยาปฏิรูปเชื้อเพลิงด้วยไอน้ำ ในงานวิจัยนี้เป็นการปฏิรูปเมธานอลด้วยไอน้ำ สภาวะที่ศึกษาจะผลิตก๊าซไฮโดรเจนได้ 0.34 ลิตรต่อชั่วโมง หน่วยที่ 2 เป็นการผลิตก๊าซไฮโดรเจนเซลล์สาร่ายที่ถูกตรึง โดยอัตราการผลิตก๊าซไฮโดรเจนของเซลล์สาร่ายที่ถูกตรึงด้วยอัลจินทและ อัลจินทเคลือบด้วยโคโคซาน อยู่ที่ 47.5 และ 31.6 ไมโครลิตรต่อชั่วโมงตามลำดับ นับว่าเป็นปริมาณน้อยมากเมื่อเปรียบเทียบกับหน่วยที่ 1 อย่างไรก็ตามการเพิ่มปริมาณสาร่ายจะทำให้ปริมาณการผลิตก๊าซไฮโดรเจนเพิ่มขึ้นด้วยเช่นกัน ซึ่งเป็นปัจจัยที่จะต้องศึกษาเพิ่มเติมในอนาคต ก๊าซไฮโดรเจนที่ได้จากทั้งสองหน่วยการผลิตจะนำไปเก็บไว้ที่หน่วยที่ 3 เพื่อใช้เป็นถังเก็บเชื้อเพลิงให้กับเซลล์เชื้อเพลิงแบบเยื่อเมมเบรนแลกเปลี่ยนโปรตอนต่อไป กระแสไฟฟ้าที่ผลิตได้จะถูกนำไปใช้งาน ปริมาณกระแสไฟฟ้าที่เหลือจากการใช้งานจะถูกเก็บไว้ที่ตัวเก็บกระแส