การศึกษาความเป็นไปได้เชิงเทคนิคในการแปรรูปขยะพลาสติกเป็นพลังงาน

TECHNICAL FEASIBILITY STUDY OF ENERGY RECOVERY FROM PLASTIC WASTES

โดย

นางสาวจิราภรณ์ คงจันทร์

นายฉัตรเทพ สายโสภา

นายพลาวุธ เมืองแมน

นายวรากร ลิ้มศิริ

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2558

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การศึกษาความเป็นไปได้เชิงเทคนิคในการแปรรูปขยะพลาสติกเป็นพลังงาน

TECHNICAL FEASIBILITY STUDY OF ENERGY RECOVERY FROM PLASTIC WASTES

โดย

นางสาวจิราภรณ์	คงจันทร์
นายฉัตรเทพ	สายโสภา
นายพลาวุธ	เมืองแมน
นายวรากร	ลิ้มศิริ

สขมู.....
เลขทะเบียน 144358
วัน.เดือน.ปี 24 พ.ย. 2559

b 12820453
i .....

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2558

TECHNICAL FEASIBILITY STUDY OF ENERGY RECOVERY FROM PLASTIC WASTES

JIRAPORN KONGCHAN
CHATTEP SAYSOPA
PALAWUT MUANGMAN
WARAKORN LIMSIRI

THIS PROJECT SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF THE REQUIREMENTS
FOR THE BACHELOR DEGREE IN ELECTRICAL ENGINEERING
DEPARTMENT OF ELECTRICAL ENGINEERING FACULTY OF ENGINEERING
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
2015

ปีการศึกษา 2558

การศึกษาความเป็นไปได้เชิงเทคนิคในการแปรรูปขยะพลาสติกเป็นพลังงาน

TECHNICAL FEASIBILITY STUDY OF ENERGY RECOVERY FROM PLASTIC WASTES

โดย

นางสาวจิราภรณ์ คงจันทร์

นายฉัตรเทพ สายโสภา

นายพลาวุธ เมืองแมน

นายวรากร ลิ้มศิริ

อาจารย์ที่ปรึกษา

ดร.ปิยะนาถ สมมณี

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2558

ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง การศึกษาความเป็นไปได้เชิงเทคนิคในการแปรรูปขยะพลาสติกเป็นพลังงาน

ผู้จัดทำ

1. นางสาวจิราภรณ์ คงจันทร์
2. นายฉัตรเทพ สายโสภา
3. นายพลาวุธ เมืองแมน
4. นายวรากร ลิ้มศิริ

ปิยะนาถ สมมณี ..... อาจารย์ที่ปรึกษา

(ดร.ปิยะนาถ สมมณี)

การศึกษาความเป็นไปได้เชิงเทคนิคในแปรรูปขยะพลาสติกเป็นพลังงาน

นางสาวจิราภรณ์ คงจันทร์
นายฉัตรเทพ สายโสภา
นายพลาวุธ เมืองแมน
นายวรากร ลิ้มศิริ
ดร.ปิยะนาถ สมมณี อาจารย์ที่ปรึกษา
ปีการศึกษา 2558

บทคัดย่อ

ขยะพลาสติกเป็นประเด็นสำคัญของการจัดการขยะมูลฝอยชุมชนในประเทศไทย โดยทั่วไปแล้วปริมาณสะสมของขยะพลาสติกคิดเป็นหนึ่งในห้าของขยะมูลฝอยชุมชนซึ่งเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องตามการเพิ่มจำนวนประชากรและการเติบโตของเศรษฐกิจ ตลอดจนการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมการบริโภค การศึกษานี้เสนอทางเลือกในการใช้เทคโนโลยีไพโรไลซิสเพื่อแปรรูปขยะพลาสติกเป็นพลังงาน และเพื่อลดผลกระทบเชิงลบจากการจัดการขยะมูลฝอยที่ไม่ถูกหลักวิชาการ เช่น การเทกองขยะแบบกลางแจ้ง การเผาขยะแบบกลางแจ้ง ข้อมูลที่ได้จากการศึกษาพบว่าในแต่ละวันการไพโรไลซิสสามารถเปลี่ยนขยะพลาสติกจำนวน 10 ตัน เป็นน้ำมันสังเคราะห์ประมาณ 6,000 ลิตร ซึ่งสามารถนำไปปรับปรุงคุณภาพได้เป็นน้ำมันดีเซล (ร้อยละ 50 โดยน้ำหนัก) แนฟทา (ร้อยละ 40 โดยน้ำหนัก) และน้ำมันก๊าด (ร้อยละ 10 โดยน้ำหนัก)

คำสำคัญ การศึกษาความเป็นไปได้ ขยะพลาสติก การแปรรูปขยะเป็นพลังงาน การไพโรไลซิส น้ำมันสังเคราะห์

Technical Feasibility Study of Energy Recovery from Plastic Wastes

Miss Jiraporn Kongchan
Mr. Chattep Saysopar
Mr. Palawut Muangman
Mr. Warakorn Limsiri
Dr. Piyanart Sommani Supervisor

Academic Year 2015

ABSTRACT

Plastic wastes have become one of the most concern issues in municipal solid waste management in Thailand. The quantity of plastic wastes are commonly accumulated as one-fifth of municipal solid wastes in which the amount have been generally increasing with the growth in population and economic development as well as the change in consumption patterns. In this work, pyrolysis technology has been proposed as an alternative approach to convert plastic wastes into energy and to minimize some negative effects possibly resulted from improper waste treatment, e.g., open dump and open burn. The data showed that pyrolysis can convert the daily throughput of 10 tonnes of plastic wastes to approximate 6,000 litres of synthetic oils which can be further refined to improve the oil quality to diesel (50 wt%), naphtha (40 wt%), and kerosene (10 wt%).

Keywords Feasibility study, plastic wastes, energy recovery from wastes, pyrolysis, synthetic oils

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ ประสบความสำเร็จเป็นอย่างดีจากคำแนะนำ คำปรึกษา ความช่วยเหลือ และความเอาใจใส่เป็นอย่างดีของ ดร. ปิยะนาถ สมมณี อาจารย์ที่ปรึกษา ที่ตรวจแก้ไข จนทำให้ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้มีความสมบูรณ์ คณะผู้จัดทำจึงขอขอบพระคุณอาจารย์เป็นอย่างสูง

คณะผู้จัดทำขอขอบพระคุณคณาจารย์ทุกท่านที่ได้ให้ความรู้ ดูแลเอาใจใส่ และอบรมวิชาความรู้ตลอดความเข้าใจในเนื้อหาของแต่ละวิชาจนทำให้สามารถประยุกต์ใช้ความรู้ความเข้าใจในการจัดทำปริญญานิพนธ์ฉบับนี้จนสำเร็จ

ขอขอบคุณสภาวิศวกรที่ได้ให้การสนับสนุนปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของ “การศึกษาความเป็นไปได้เชิงเทคนิคของโรงไฟฟ้าที่ใช้พลังงานจากขยะพลาสติก” ภายใต้โครงการศึกษาเพื่อการพัฒนาวิชาชีพวิศวกรรม งบประมาณประจำปี 2558

ขอขอบคุณบริษัท อีสเทิร์น เอเนอร์จี้ พลัส จำกัด และศูนย์เชื้อเพลิงและพลังงานจากชีวมวล ศูนย์สระบุรี โครงการพัฒนาที่ดินของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย จังหวัดสระบุรี ที่ให้การสนับสนุนข้อมูลการศึกษาตลอดจนการสาธิตกระบวนการทำงานของเครื่องปฏิกรณ์ไพโรไลซิส

ท้ายนี้คณะผู้จัดทำกราบขอบพระคุณบิดามารดาและครอบครัวที่ให้การดูแลเอาใจใส่และสนับสนุนทางการศึกษา ตลอดจนเป็นกำลังใจและที่ปรึกษาที่ดีมาโดยตลอด ประโยชน์อันใดที่เกิดจากปริญญานิพนธ์นี้ ขอมอบแด่บิดามารดา อาจารย์ที่เคารพทุกท่าน และผู้มีพระคุณที่ไม่ได้กล่าวนาม

คณะผู้จัดทำ

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	I
ABSTRACT	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญรูป	VII
สารบัญตาราง	VIII
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน	2
1.3 ขอบเขตการศึกษา	3
1.4 ขั้นตอนและวิธีการดำเนินงาน	3
1.5 แผนการดำเนินงาน	3
1.6 ประโยชน์ที่ได้รับ	4
บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	5
2.1 นโยบายการแปรรูปขยะเป็นพลังงานของรัฐบาล พลเอก ประยุทธ์ จันทร์โอชา นายกรัฐมนตรี	5
2.2 ขยะมูลฝอย	6
2.2.1 นิยามของขยะมูลฝอย	6
2.2.2 ประเภทของขยะมูลฝอย	6
2.2.3 การจัดการขยะมูลฝอย	6
2.2.4 การแปรรูปขยะมูลฝอยเป็นพลังงาน	7
2.3 พลาสติก	7
2.3.1 นิยามของพลาสติก	7
2.3.2 ประเภทของพลาสติก	8
2.4 ขยะพลาสติก	9
2.4.1 ปริมาณขยะพลาสติก	9
2.4.2 ชนิดของขยะพลาสติก	9
2.4.3 ผลกระทบจากขยะพลาสติก	10
2.4.4 การจัดการขยะพลาสติก	11
2.4.5 การแปรรูปขยะพลาสติกเป็นพลังงาน	11

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.5 การไพโรไลซิส	12
2.5.1 นิยามของการไพโรไลซิส	12
2.5.2 ปัจจัยที่มีผลต่อการไพโรไลซิส	13
2.5.3 ขั้นตอนของการไพโรไลซิส	13
2.5.4 ประเภทของการไพโรไลซิส	14
2.6 การผลิตน้ำมันสังเคราะห์ด้วยการไพโรไลซิส	14
2.6.1 การไพโรไลซิสขยะพลาสติก	15
2.6.2 เทคโนโลยีการไพโรไลซิสขยะพลาสติก	15
2.7 เครื่องปฏิกรณ์ไพโรไลซิส	16
2.7.1 ลักษณะการให้ความร้อนแก่เครื่องปฏิกรณ์ไพโรไลซิส	16
2.7.2 ประเภทของเครื่องปฏิกรณ์ไพโรไลซิส	16
2.8 โครงการแปรรูปขยะพลาสติกเป็นน้ำมันสังเคราะห์	27
2.9 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	28
บทที่ 3 วิธีดำเนินการศึกษา	30
3.1 การสืบค้นข้อมูล	30
3.1.1 ขยะพลาสติก	30
3.1.2 เทคโนโลยีเครื่องปฏิกรณ์ไพโรไลซิส	30
3.2 การสำรวจข้อมูลและประเมินศักยภาพของขยะพลาสติกที่มีในพื้นที่บริหารจัดการโครงการของบริษัท อีสเทิร์น เอเนอร์จี้ พลัส จำกัด	30
3.2.1 ขยะพลาสติกในพื้นที่ทำการศึกษา	31
3.2.2 การจัดการขยะพลาสติกในพื้นที่ทำการศึกษา	31
3.3 การแปรรูปขยะพลาสติกเป็นน้ำมันสังเคราะห์ด้วยการไพโรไลซิส	32
3.4 การประเมินผลกระทบเชิงบวกและลบของโครงการต่อสิ่งแวดล้อมเพื่อการยอมรับของประชาชนในพื้นที่และชุมชนใกล้เคียง	32
3.5 การเสนอแนะแนวทางตลอดจนมาตรการป้องกันและแก้ไขผลกระทบเชิงลบ	32
บทที่ 4 ผลการดำเนินการศึกษาและการวิเคราะห์ผล	33
4.1 การคาดการณ์ปริมาณขยะมูลฝอยชุมชนและขยะพลาสติก	33
4.1.1 ขยะมูลฝอยชุมชน	33
4.1.2 ขยะพลาสติก	34
4.2 การประเมินศักยภาพของขยะพลาสติกที่มีในพื้นที่บริหารจัดการโครงการของบริษัท อีสเทิร์น เอเนอร์จี้ พลัส จำกัด	34

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
4.2.1 พื้นที่ตั้งบ่อขยะมูลฝอยชุมชน	34
4.2.2 การคาดการณ์ปริมาณขยะพลาสติกในพื้นที่บ่อขยะมูลฝอยชุมชน	37
4.2.3 การคัดแยกขยะพลาสติก	39
4.3 การแปรรูปขยะพลาสติกเป็นน้ำมันสังเคราะห์ด้วยการไพโรไลซิส	40
4.4 การประเมินผลกระทบเชิงบวกและลบของโครงการต่อสิ่งแวดล้อมเพื่อการยอมรับของประชาชนในพื้นที่และชุมชนใกล้เคียง	41
4.5 การเสนอแนะแนวทางตลอดจนมาตรการป้องและแก้ไขผลกระทบเชิงลบ	48
บทที่ 5 สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ	51
5.1 สรุปผลการศึกษา	51
5.2 ข้อเสนอแนะ	52
บรรณานุกรม	53
ภาคผนวก บทความวิชาการ	56
ภาคผนวก ก บทความวิชาการ	57
ประวัติผู้เขียน	62

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 โครงสร้างของพอลิเมอร์ 3 ลักษณะ	8
2.2 ปริมาณขยะพลาสติกในประเทศไทย	9
2.3 เครื่องปฏิกรณ์ชนิดเบดคงที่แบบกึ่งต่อเนื่อง	17
2.4 เครื่องปฏิกรณ์ชนิดถังกวน	18
2.5 เครื่องปฏิกรณ์ชนิดอัดรีด	19
2.6 เครื่องปฏิกรณ์ชนิดท่อไหล	20
2.7 ลักษณะการไหลภายในเครื่องปฏิกรณ์ชนิดฟลูอิไดซ์	21
3.1 การผลิตน้ำมันสังเคราะห์จากขยะพลาสติกด้วยการไพโรไลซิส	31
4.1 การคาดการณ์ปริมาณขยะมูลฝอยชุมชนและขยะพลาสติกที่เกิดขึ้นในประเทศไทย โดยการวิเคราะห์สมการถดถอย	33
4.2 เขตตำบลแพรกษาใหม่	35
4.3 การคัดแยกขยะพลาสติกออกจากขยะมูลฝอยชุมชนในพื้นที่บ่อขยะที่ทำการศึกษา	39
4.4 การแปรรูปขยะพลาสติกเป็นน้ำมันสังเคราะห์ด้วยการไพโรไลซิส	41

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1.1 แผนการดำเนินงาน	4
2.1 ค่าความร้อนของขยะมูลฝอย พลาสติก และเชื้อเพลิงฟอสซิล	11
2.2 ประเภทของการไพโรไลซิส	14
2.3 ความแตกต่างของเครื่องปฏิกรณ์ไพโรไลซิสแต่ละประเภท	22
2.4 โครงการแปรรูปขยะพลาสติกเป็นน้ำมันสังเคราะห์	27
4.1 ปริมาณขยะพลาสติกที่คาดการณ์จากพื้นที่บ่อขยะที่ทำการศึกษา	38
4.2 การประเมินผลกระทบของโครงการศึกษาความเป็นไปได้เชิงเทคนิคของการแปรรูปขยะพลาสติกเป็นพลังงานในระยะก่อสร้างและดำเนินการ	42
4.3 แนวทางตลอดจนมาตรการป้องกันและแก้ไขผลกระทบเชิงลบของโครงการศึกษาความเป็นไปได้เชิงเทคนิคของการแปรรูปขยะพลาสติกเป็นพลังงานในระยะก่อสร้างและดำเนินการ	49

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา (กรมควบคุมมลพิษ. 2554, 2557, 2558; สำนักจัดการคุณภาพน้ำ. 2557; ศิริรัตน์ จิตการค้า. 2552; United Nations Environment Programme. 2009)

ปัญหาวิกฤตขยะเกิดจากการสะสมของปริมาณขยะมูลฝอยหรือขยะมูลฝอยชุมชน (Municipal Solid Wastes) ที่สูงขึ้นอย่างต่อเนื่องตามการเพิ่มขึ้นของจำนวนประชากร การขยายตัวทางเศรษฐกิจ และการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมการบริโภคอุปโภคของประชากร รวมถึงศักยภาพในการจัดการขยะมูลฝอยของประเทศไทยที่มีอย่างจำกัดจึงทำให้เกิดปัญหาด้านสิ่งแวดล้อม เช่น กลิ่น เชื้อโรค ฝุ่นละออง การปนเปื้อนของน้ำชะขยะในดิน แหล่งน้ำบนดิน และน้ำใต้ดิน รวมถึงการเกิดไฟไหม้บ่อขยะซึ่งส่งผลรุนแรงต่อชุมชนใกล้เคียง เทคโนโลยีการจัดการขยะมูลฝอยที่ใช้ในประเทศไทยทั้งประเภทที่ไม่ถูกหลักวิชาการ ได้แก่ การเทกองขยะแบบกลางแจ้ง (Open Dump) และการเผาขยะแบบกลางแจ้ง (Open Burn) และที่ถูกหลักวิชาการ ได้แก่ การฝังกลบอย่างถูกหลักสุขาภิบาล (Sanitary Landfill) และการเผาทำลาย (Incineration) ซึ่งเป็นวิธีที่นิยมมากแต่ประสบปัญหาเรื่องพื้นที่ฝังกลบและมลภาวะทางสิ่งแวดล้อมตามลำดับ ข้อมูลการสำรวจปริมาณขยะมูลฝอยชุมชนในปี 2557 ของกรมควบคุมมลพิษ พบว่ามีขยะมูลฝอยเกิดขึ้น 26.19 Mt/y ขยะมูลฝอยที่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้มีปริมาณ 4.82 Mt/y (18% ของปริมาณขยะทั้งหมด) และจัดการใน 3 ลักษณะ คือ การซื้อขายวัสดุรีไซเคิล (3.63 Mt/y หรือ 76%) การผลิตปุ๋ยหมักอินทรีย์และแก๊สชีวภาพ (1.07 Mt/y หรือ 22%) และการผลิตพลังงานในรูปแบบพลังงานไฟฟ้าและเชื้อเพลิงทดแทน (0.12 Mt/y หรือ 2%)

รัฐบาล พลเอก ประยุทธ์ จันทร์โอชา นายกรัฐมนตรี เล็งเห็นความสำคัญของปัญหาวิกฤตขยะดังกล่าว เนื่องจากการจัดการขยะอย่างไม่เหมาะสมและไม่เป็นไปตามหลักวิชาการจะส่งผลกระทบร้ายแรงต่อสิ่งแวดล้อม สังคม และเศรษฐกิจ จึงประกาศให้ "ขยะมูลฝอยเป็นวาระแห่งชาติ" เพื่อขับเคลื่อนให้หน่วยงานภาครัฐ เอกชน และประชาชน เข้ามามีส่วนร่วมและดำเนินการจัดการขยะมูลฝอยอย่างเหมาะสมและถูกหลักวิชาการ ส่วนหนึ่งของขั้นตอนดำเนินการใน Roadmap การจัดการขยะมูลฝอยและของเสียอันตราย กำหนดให้ “สร้างรูปแบบการจัดการขยะมูลฝอยและของเสียอันตรายที่เหมาะสม (ขยะมูลฝอยใหม่) โดยเน้นการลดและคัดแยกขยะมูลฝอยตั้งแต่ต้นทาง การจัดการขยะมูลฝอยแบบศูนย์รวม และการกำจัดโดยเทคโนโลยีแบบผสมผสานเน้นการแปรรูปเป็นพลังงานหรือทำให้เกิดประโยชน์สูงสุด” การแปรรูปขยะเป็นพลังงานนี้จึงเป็นแนวทางเลือกหนึ่งที่จะช่วยแก้ไขปัญหาการจัดการขยะมูลฝอยที่ไม่ถูกสุขลักษณะ ปัญหาสิ่งแวดล้อม และปัญหาวิกฤตพลังงาน

ขยะพลาสติก (Plastic Wastes) จัดเป็นขยะมูลฝอยหรือขยะมูลฝอยชุมชนประเภทขยะรีไซเคิล (Recyclable Wastes) หมายถึงขยะชนิดวัสดุเหลือใช้หรือบรรจุภัณฑ์ที่สามารถนำกลับมาใช้ประโยชน์ได้ ขยะพลาสติกเป็นขยะปิโตรเลียมที่มาจากการบริโภคและอุปโภคในระดับชุมชนและการใช้งานในระดับอุตสาหกรรม ปริมาณขยะพลาสติกในประเทศไทยเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วและต่อเนื่องเพราะสินค้าและบรรจุภัณฑ์ส่วนใหญ่ทำมาจากพลาสติกโดยเฉพาะบรรจุภัณฑ์อาหารและเครื่องดื่มประเภทใช้แล้วทิ้ง เนื่องจากพลาสติกมีน้ำหนักเบา ยืดหยุ่น และทนความร้อนได้ดี ตลอดจนพลาสติกมีหลายประเภทจึงสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้หลากหลาย การจัดการขยะพลาสติกที่ไม่สามารถย่อยสลายได้เองตามธรรมชาติด้วยวิธีการฝังกลบอย่างถูกหลักสุขาภิบาลหรือเผาทำลายมักก่อให้เกิดปัญหาด้านสิ่งแวดล้อมดังกล่าวข้างต้น ดังนั้นการจัดการขยะพลาสติกด้วยการรีไซเคิล (Recycle) จึงมีแนวโน้มที่สูงขึ้น เนื่องจากวิธีนี้ช่วยลดปัญหาสิ่งแวดล้อมด้วยการลดปริมาณขยะพลาสติกที่ไม่สามารถย่อยสลายได้ เป็นการใช้ทรัพยากรอย่างคุ้มค่า และเป็นการเพิ่มมูลค่าแก่ขยะพลาสติก เริ่มต้นดำเนินการโดยคัดแยกขยะพลาสติกที่สามารถนำไปรีไซเคิลได้และนำไปผ่านกระบวนการแปรสภาพเพื่อนำกลับมาใช้ประโยชน์ได้อีกครั้ง อย่างไรก็ตามการจัดการขยะพลาสติกด้วยการรีไซเคิลนี้ยังมีอัตราส่วนไม่มากนักเมื่อเทียบกับปริมาณขยะพลาสติกที่มีอยู่ในปัจจุบัน การแปรรูปขยะพลาสติกเป็นพลังงานด้วยเทคโนโลยีต่างๆ จึงเข้ามามีบทบาทมากขึ้นในแง่ของการแก้ไขปัญหาขยะพลาสติกที่ตกค้างสะสมอยู่เป็นจำนวนมากรวมถึงการแก้ไขปัญหาสิ่งแวดล้อมและปัญหาวิกฤตพลังงานด้วย เทคโนโลยีที่นิยมใช้สำหรับการแปรรูปขยะพลาสติกเป็นพลังงาน ได้แก่ การผลิตเชื้อเพลิงขยะ (Refuse Derived Fuels: RDFs) การผลิตน้ำมันสังเคราะห์ (Synthetic Oils) ด้วยการไพโรไลซิส (Pyrolysis) และการผลิตแก๊สเชื้อเพลิง (Gasification) เชื้อเพลิงทดแทนหรือเชื้อเพลิงทางเลือก (Alternative Fuels) เหล่านี้ สามารถใช้ทดแทนเชื้อเพลิงฟอสซิลในการผลิตพลังงานความร้อนและพลังงานไฟฟ้าได้เป็นการเพิ่มทางเลือกของแหล่งพลังงานทดแทน

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ศึกษาความเป็นไปได้ของการแปรรูปขยะพลาสติกเป็นพลังงานในรูปแบบของน้ำมันสังเคราะห์ด้วยการไพโรไลซิส สำหรับใช้เป็นเชื้อเพลิงทดแทนหรือเชื้อเพลิงทางเลือก ของบริษัท อีสเทิร์น เอเนอร์จี้ พลัส จำกัด การแปรรูปขยะพลาสติกเป็นพลังงานนี้จัดเป็นหนึ่งในแนวทางของการแก้ไขปัญหาขยะพลาสติกที่ตกค้างสะสมอยู่เป็นจำนวนมาก ตลอดจนเป็นการตอบสนองนโยบายของรัฐบาลด้านการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อม การเพิ่มความมั่นคงทางพลังงาน และการเพิ่มคุณภาพชีวิตให้แก่ชุมชนและสังคม

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน

1. เพื่อศึกษาความเป็นไปได้เชิงเทคนิคของการแปรรูปขยะพลาสติกเป็นน้ำมันสังเคราะห์
2. เพื่อประเมินผลกระทบเชิงบวกและลบของการแปรรูปขยะพลาสติกเป็นน้ำมันสังเคราะห์

1.3 ขอบเขตการศึกษา

1. ขยะพลาสติกที่ใช้เป็นวัตถุดิบสำหรับการแปรรูปเป็นพลังงาน ได้แก่ ขยะพลาสติกที่คัดแยกมาจากบ่อขยะมูลฝอยชุมชนและไม่สามารถนำกลับไปใช้ประโยชน์หรือรีไซเคิลได้
2. วิธีการแยกขยะพลาสติก ตลอดจนคุณภาพและปริมาณขยะที่ต้องใช้สำหรับการแปรรูปในพื้นที่บริหารจัดการโครงการของบริษัท อีสเทิร์น เอเนอร์จี้ พลัส จำกัด ตั้งอยู่ที่บริเวณบ่อขยะในเขตองค์การบริหารส่วนตำบลแพรกษาใหม่ จังหวัดสมุทรปราการ
3. เทคโนโลยีการแปรรูปขยะพลาสติกเป็นน้ำมันสังเคราะห์ด้วยการไพโรไลซิส โดยศึกษาจากเครื่องปฏิกรณ์ไพโรไลซิสต้นแบบ (Prototype) ของบริษัทที่สร้างขึ้น ณ ศูนย์เชื้อเพลิงและพลังงานจากชีวมวล ศูนย์สระบุรี โครงการพัฒนาที่ดินของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย จังหวัดสระบุรี

1.4 ขั้นตอนและวิธีการดำเนินงาน

1. กำหนดขอบเขตโครงงาน
2. สืบค้น สำรวจข้อมูล และประเมินศักยภาพของขยะพลาสติก
3. ศึกษาเทคโนโลยีการแปรรูปขยะพลาสติกเป็นพลังงาน
4. รวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูล
5. ประเมินผลกระทบเชิงบวกและลบของการแปรรูปขยะพลาสติกเป็นพลังงาน
6. เสนอแนวทางการป้องกันผลกระทบเชิงลบของแปรรูปขยะพลาสติกเป็นพลังงาน
7. สรุปผลและจัดทำรูปเล่มปริญญานิพนธ์ฉบับสมบูรณ์

1.5 แผนการดำเนินงาน

แผนการดำเนินงานของปริญญานิพนธ์เรื่องการศึกษาความเป็นไปได้เชิงเทคนิคในการแปรรูปขยะพลาสติกเป็นพลังงานแสดงดังตารางที่ 1.1

ตารางที่ 1.1 แผนการดำเนินงาน

ขั้นตอนการทำงาน	ปี พ.ศ. 2558					ปี พ.ศ. 2559			
	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.
1. กำหนดขอบเขตโครงงาน	◄----►								
	◄——►								
2. สืบค้น สำรวจข้อมูล และประเมินศักยภาพของขยะพลาสติก		◄----------►							
		◄——————►							
3. ศึกษาเทคโนโลยีการแปรรูปขยะพลาสติกเป็นพลังงาน		◄----------►							
		◄——————►							
4. รวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูล				◄----------►					
				◄——————►					
5. ประเมินผลกระทบเชิงบวกและลบของการแปรรูปขยะพลาสติกเป็นพลังงาน								◄----►	
								◄——►	
6. เสนอแนวทางการป้องกันผลกระทบเชิงลบของแปรรูปขยะพลาสติกเป็นพลังงาน								◄----►	
								◄——►	
7. สรุปผลและจัดทำรูปเล่มปริญญานิพนธ์ฉบับสมบูรณ์									◄----►
									◄——►

หมายเหตุ ◄------► คือ แผนการดำเนินงาน ◄——► คือ การดำเนินการจริง

1.6 ประโยชน์ที่ได้รับ

1. การลดปัญหาด้านสิ่งแวดล้อมของประเทศไทย
2. การสร้างแรงจูงใจในการจัดการขยะพลาสติกด้วยการแปรรูปเป็นพลังงาน
3. การขยายผลสู่การพัฒนาโรงไฟฟ้าจากพลังงานขยะ

บทที่ 2
ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 นโยบายการแปรรูปขยะเป็นพลังงานของรัฐบาล พลเอก ประยุทธ์ จันทร์โอชา นายกรัฐมนตรี

(คำแถลงนโยบายของคณะรัฐมนตรี พลเอก ประยุทธ์ จันทร์โอชา นายกรัฐมนตรี แถลงต่อสภานิติบัญญัติแห่งชาติ วันศุกร์ที่ 12 กันยายน 2557. 2557; กรมควบคุมมลพิษ. 2558)

ปัญหาวิกฤตขยะและปัญหาวิกฤตพลังงานเป็นปัญหาสำคัญของประเทศไทย รัฐบาล พลเอก ประยุทธ์ จันทร์โอชา นายกรัฐมนตรี จึงมีแนวคิดในการแปรรูปขยะเป็นพลังงานในการผลิตไฟฟ้า โดยให้การสนับสนุน Roadmap การจัดการขยะมูลฝอยและของเสียอันตรายควบคู่ไปกับการสนับสนุนการผลิต การใช้ การวิจัย และพัฒนาพลังงานทดแทน ดังระบุในคำแถลงนโยบายของคณะรัฐมนตรี พลเอก ประยุทธ์ จันทร์โอชา นายกรัฐมนตรี แถลงต่อสภานิติบัญญัติแห่งชาติ วันศุกร์ที่ 12 กันยายน 2557 คือ “๙.๕ เร่งรัดการควบคุมมลพิษทั้งทางอากาศ ขยะ และน้ำเสีย ที่เกิดจากการผลิตและบริโภค เพื่อสร้างคุณภาพสิ่งแวดล้อมที่ดีให้แก่ประชาชน โดยให้ความสำคัญในการเร่งรัดแก้ไขปัญหาการจัดการขยะเป็นลำดับแรก ส่งเสริมให้เกิดกลไกการคัดแยกขยะเพื่อนำกลับมาใช้ใหม่ให้มากที่สุด เร่งกำจัดขยะมูลฝอยตกค้างสะสมในสถานที่กำจัดขยะในพื้นที่วิกฤติ ซึ่งจะใช้ที่ดินของรัฐเป็นหลักในพื้นที่ใดที่สามารถจัดการขยะมูลฝอยโดยการแปรรูปเป็นพลังงานก็จะสนับสนุนให้ดำเนินการ ส่วนขยะอุตสาหกรรมนั้น จะวางระเบียบมาตรการการบริหารจัดการเป็นพิเศษ โดยกำหนดให้ทิ้งในบ่อขยะอุตสาหกรรมที่สร้างขึ้นอย่างถูกต้องตามมาตรฐานและให้แยกเป็นสัดส่วนจากบ่อขยะชุมชน สำหรับขยะของเสียอันตราย ขยะอิเล็กทรอนิกส์ และขยะติดเชื้อจะพัฒนาระบบกำกับติดตามตรวจสอบและเฝ้าระวังไม่ให้มีการลักลอบทิ้ง รวมทั้งจัดการสารเคมีโดยลดความเสี่ยงและอันตรายที่เกิดจากการรั่วไหลและการเกิดอุบัติเหตุ ให้ความสำคัญในการจัดการอย่างครบวงจร และใช้มาตรการทางกฎหมายและการบังคับใช้กฎหมายอย่างเด็ดขาดในระดับพื้นที่ จะเร่งแก้ไขปัญหาในพื้นที่มาบตาพุดซึ่งเป็นฐานอุตสาหกรรมหลักของประเทศอย่างต่อเนื่อง ครอบคลุมทุกมิติ ทั้งการลดและขจัดมลพิษ การฟื้นฟูทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม การดูแลคุณภาพชีวิตประชาชนที่ได้รับผลกระทบจากอุตสาหกรรม รวมทั้งการพัฒนาปรับปรุงขีดความสามารถโครงสร้างพื้นฐาน และการพัฒนาสู่เมืองอุตสาหกรรมเชิงนิเวศ”

นโยบายพลังงานทดแทนจากการแปรรูปขยะของรัฐบาล พลเอก ประยุทธ์ จันทร์โอชา นายกรัฐมนตรี เน้นที่การแปรรูปขยะเป็นแท่งเชื้อเพลิง (Refuse Derived Fuels: RDFs) หรือแก๊สชีวภาพ (Biogas) สำหรับใช้ในการผลิตไฟฟ้า

2.2 ขยะมูลฝอย (พระราชบัญญัติการสาธารณสุข (ฉบับที่ 2) พ.ศ. 2550. 2550; กรมควบคุมมลพิษ. 2551, 2554; ปิยะนาถ สมมณี และพิณเทพ เศรษฐโภคิน. 2556; ระเบียบสำนักนายกรัฐมนตรีว่าด้วยการจัดระบบบริหารจัดการขยะมูลฝอยของประเทศ พ.ศ. 2557. 2557)

2.2.1 นิยามของขยะมูลฝอย

ระเบียบสำนักนายกรัฐมนตรี ว่าด้วยการจัดระบบบริหารจัดการขยะมูลฝอยของประเทศ พ.ศ. 2557 ให้นิยามของ "ขยะมูลฝอย" คือ มูลฝอยตามกฎหมายว่าด้วยการสาธารณสุข และพระราชบัญญัติการสาธารณสุข (ฉบับที่ 2) พ.ศ. 2550 ให้นิยามความหมายมูลฝอย แทนพระราชบัญญัติการสาธารณสุข พ.ศ. 2535 ว่า "มูลฝอย" หมายถึง เศษกระดาษ เศษผ้า เศษอาหาร เศษสินค้า เศษวัตถุ ถุงพลาสติก ภาชนะที่ใส่อาหาร เถ้ามูลสัตว์ ซากสัตว์หรือสิ่งอื่นใด ที่เก็บกวาดจากถนน ตลาด ที่เลี้ยงสัตว์หรือที่อื่น และหมายความรวมถึงมูลฝอยติดเชื้อ มูลฝอยที่เป็นพิษหรืออันตรายจากชุมชนหรือครัวเรือน

2.2.2 ประเภทของขยะมูลฝอย

กรมควบคุมมลพิษ (2551) แบ่งประเภทขยะมูลฝอยหรือขยะมูลฝอยชุมชน (Municipal Solid Wastes) ตามลักษณะทางกายภาพหรือองค์ประกอบเป็น 4 ประเภท คือ

1. ขยะย่อยสลาย (Compostable Wastes) คือ ขยะชนิดวัสดุอินทรีย์หรือวัสดุที่เน่าเสียและย่อยสลายได้เร็ว สามารถนำมาหมักทำปุ๋ยได้ เช่น เศษของพืช ผัก ผลไม้ หรือซากสัตว์ แต่ไม่รวมถึงเศษหรือซากของพืช ผัก ผลไม้ หรือสัตว์ที่เกิดจากการทดลองในห้องปฏิบัติการ
2. ขยะรีไซเคิล (Recyclable Wastes) คือ ขยะชนิดวัสดุเหลือใช้หรือบรรจุภัณฑ์ที่สามารถนำกลับมาใช้ประโยชน์ได้ เช่น พลาสติก แก้ว กระดาษ โลหะ ยาง
3. ขยะอันตราย (Hazardous Wastes) คือ ขยะที่มีองค์ประกอบหรือปนเปื้อนวัตถุอันตรายชนิดต่างๆ ได้แก่ วัตถุระเบิด วัตถุไวไฟ วัตถุออกซิไดซ์ วัตถุมีพิษ วัตถุที่ทำให้เกิดโรค วัตถุกัมมันตรังสี วัตถุที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางพันธุกรรม วัตถุกัดกร่อน วัตถุที่ก่อให้เกิดการระคายเคือง วัตถุอย่างอื่นไม่ว่าจะเป็นเคมีภัณฑ์หรือสิ่งอื่นใดที่อาจทำให้เกิดอันตรายแก่บุคคล สัตว์ พืช สิ่งแวดล้อม หรือทรัพย์สิน เช่น ถ่านไฟฉาย ภาชนะบรรจุสารกำจัดศัตรูพืช
4. ขยะทั่วไป (General Wastes) คือ ขยะประเภทอื่นที่อยู่นอกจากขยะข้างต้นดังกล่าว หรือเป็นขยะที่ย่อยสลายยากและไม่คุ้มค่าสำหรับการนำกลับมาใช้ประโยชน์ เช่น ห่อพลาสติกใส่ขนม พลาสติกห่อลูกอม โฟมเปื้อนอาหาร

2.2.3 การจัดการขยะมูลฝอย

การจัดการขยะมูลฝอยที่มีประสิทธิภาพและเหมาะสม คือ การจัดการขยะมูลฝอยแบบผสมผสาน (Integrated Municipal Solid Waste Management) หมายถึง การดำเนินการจัดการขยะมูลฝอยตามลักษณะและสมบัติของขยะมูลฝอยโดยคำนึงถึงการจัดการและอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติและพลังงานอย่างยั่งยืน หลักการจัดการเริ่มตั้งแต่การดำเนินการที่แหล่งกำเนิด ได้แก่ การลดการเกิดขยะมูลฝอย (Reduction) การคัดแยก (Separation) การใช้ซ้ำ (Reuse)

การหมุนเวียนกลับมาใช้ใหม่ (Recycle) การแปรรูปขยะเป็นพลังงาน (Energy Recovery or Waste-to-energy) และการกำจัดเศษซากที่ถูกสุขลักษณะ (Disposal)

ปัจจุบันการบริหารจัดการขยะมูลฝอยด้วยการแปรรูปเป็นพลังงานกำลังเป็นที่นิยมในประเทศไทยเนื่องจากได้รับการสนับสนุนและได้รับการผลักดันในการดำเนินการจัดการจาก รัฐบาล พลเอก ประยุทธ์ จันทร์โอชา นายกรัฐมนตรี

2.2.4 การแปรรูปขยะมูลฝอยเป็นพลังงาน

การเลือกใช้เทคโนโลยีการแปรรูปขยะมูลฝอยเป็นพลังงานขึ้นกับลักษณะ สมบัติ และองค์ประกอบของขยะ ตลอดจนสภาพพื้นที่การแปรรูปขยะ ซึ่งแต่ละวิธีมีความเหมาะสม ข้อดี และข้อจำกัดที่แตกต่างกัน ปิยะนาถ สมมณี และพิณเทพ เศรษฐโภคิน (2556) สรุปเทคโนโลยีของการแปรรูปขยะมูลฝอยเป็นพลังงานไว้ 6 วิธี ดังนี้

1. เทคโนโลยีการเผา (Incineration)
2. เทคโนโลยีการผลิตเชื้อเพลิงขยะ (Refuse Derived Fuels : RDFs)
3. เทคโนโลยีการผลิตแก๊สชีวภาพโดยกระบวนการย่อยสลายแบบไร้ออกซิเจน (Biogas Production by Anaerobic Digestion)
4. เทคโนโลยีการผลิตน้ำมันสังเคราะห์จากขยะพลาสติก (Plastic Waste to Synthetic Oils)
5. เทคโนโลยีการผลิตแก๊สเชื้อเพลิง (Gasification)
6. เทคโนโลยีพลาสมาอาร์ก (Plasma Arc)

ตัวอย่างของการจัดการขยะมูลฝอยด้วยการแปรรูปเป็นพลังงานของประเทศไทยที่นิยมใช้ในปัจจุบัน เช่น การฝังกลบอย่างถูกหลักสุขาภิบาลที่มีการวางระบบถังหมักสำหรับการผลิตแก๊สชีวภาพ และการเผาซึ่งช่วยลดปริมาณขยะ ทำลายเชื้อโรค และได้แก๊สร้อน แต่ทั้งสองวิธีนี้มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม โดยเฉพาะวิธีการฝังกลบยังประสบปัญหาเรื่องพื้นที่ฝังกลบด้วย

2.3 พลาสติก (Scheirs J. and Kaminsky W. 2006)

2.3.1 นิยามของพลาสติก

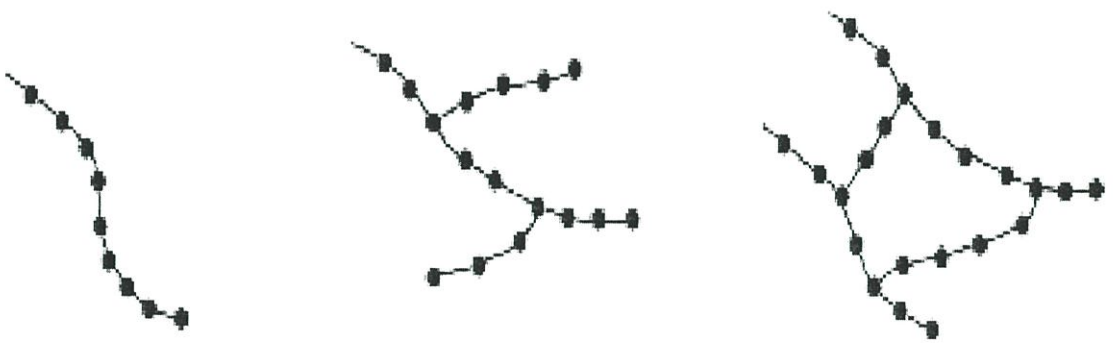
พลาสติก (Plastics) เป็นพอลิเมอร์สังเคราะห์ประเภทสารประกอบไฮโดรคาร์บอน พอลิเมอร์ (Polymer) เป็นสารประกอบอินทรีย์ที่โมเลกุลขนาดใหญ่และน้ำหนักโมเลกุลสูง ประกอบด้วยหน่วยซ้ำ (Repeating Unit) ที่เรียกว่ามอนอเมอร์ (Monomer) เชื่อมต่อกันด้วยปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชัน (Polymerization) พลาสติกจึงมีน้ำหนักโมเลกุลสูง วัตถุดิบสำคัญที่ใช้ในการสังเคราะห์พลาสติกคือ ผลิตภัณฑ์ปิโตรเลียม พลาสติกเป็นวัสดุพอลิเมอร์ที่สามารถขึ้นรูปและคงรูปเป็นผลิตภัณฑ์ได้หลายลักษณะตามที่ต้องการ

2.3.2 ประเภทของพลาสติก

การจำแนกประเภทของพลาสติกขึ้นกับเกณฑ์ที่ใช้ในการพิจารณา เช่น ตามลักษณะการนำไปประยุกต์ใช้งานเป็นพลาสติกโภคภัณฑ์ (Commodity Plastics) และพลาสติกเชิงวิศวกรรม (Engineering Plastics) หรือตามสมบัติทางกายภาพเป็นพลาสติกแข็ง (Rigid Plastics) และพลาสติกยืดหยุ่น (Flexible Plastics) หรือตามลักษณะโครงสร้างเป็นเทอร์มอพลาสติก (Thermoplastics) และเทอร์มอเซตติงพลาสติก (Thermosetting Plastics) ซึ่งเป็นเกณฑ์ที่นิยมใช้ดังนี้

1. เทอร์มอพลาสติกหรือหรือพลาสติกประเภทคืนรูป (Thermoplastics) มีโครงสร้างแบบเส้นหรือกิ่ง (Linear or Branched Chain Structure) ดังรูปที่ 2.1(ก) และ (ข) หลอมตัวด้วยความร้อนและแข็งตัวเมื่ออุณหภูมิต่ำลง พลาสติกชนิดนี้จึงสามารถนำกลับมาใช้ซ้ำได้อีกหรือ "รีไซเคิลได้" และมีราคาถูก ได้แก่ พอลิเอทิลีนความหนาแน่นต่ำ (Low-density Polyethylene: LDPE) พอลิเอทิลีนความหนาแน่นสูง (High-density Polyethylene: HDPE) พอลิโพรพิลีน (Polypropylene: PP) พอลิสไตรีน (Polystyrene: PS) พอลิไวนิลคลอไรด์ (Polyvinylchloride: PVC) พอลิเอทิลีนเทเรฟทาเลต (Polyethylene Terephthalate: PET)

2. เทอร์โมเซตติงพลาสติกหรือพลาสติกประเภทคงรูป (Thermosetting Plastics or Thermosets) มีโครงสร้างแบบร่างแห (Cross-linked Structure) ดังรูปที่ 2.1(ค) แข็งตัวด้วยความร้อน มีความคงรูปสูง สามารถขึ้นรูปเป็นผลิตภัณฑ์ได้หลายแบบ แต่เมื่อขึ้นรูปแล้วไม่สามารถหลอมเหลวได้อีก พลาสติกชนิดนี้จึงไม่สามารถนำกลับมาใช้ได้อีกหรือ "รีไซเคิลไม่ได้" ได้แก่ อีพอกซี (Epoxy) เมลามีน (Melamine) ยูเรีย (Urea) ฟีนอลิค (Phenolic) พอลิเอสเทอร์ไม่อิ่มตัว (Unsaturated Polyester)



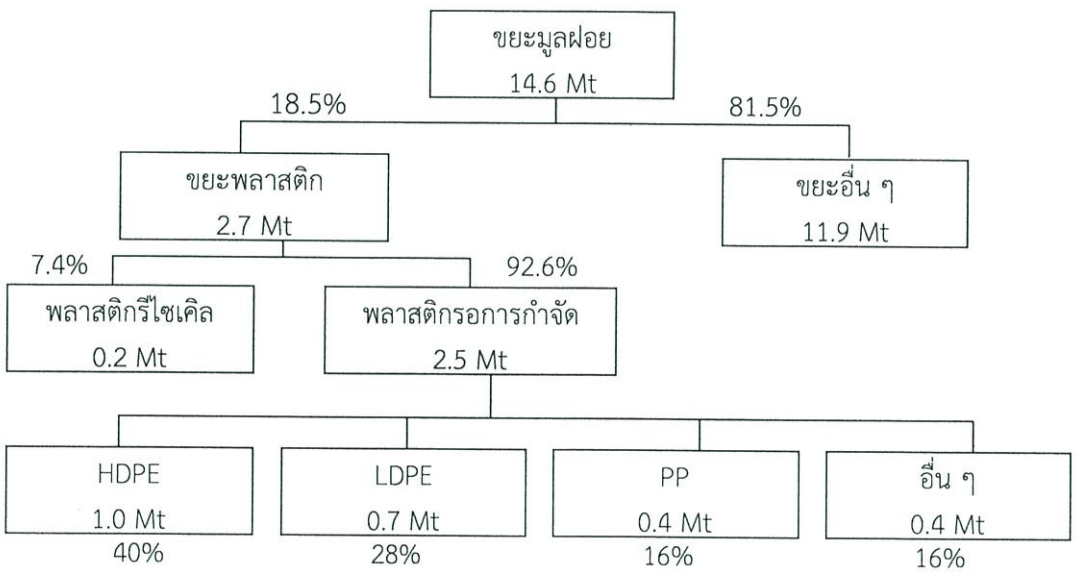
(ก) (ข) (ค)

รูปที่ 2.1 โครงสร้างของพอลิเมอร์ 3 ลักษณะ (ก) แบบเส้น (ข) แบบกิ่ง และ (ค) แบบร่างแห (Scheirs J. and Kaminsky W. 2006)

2.4 ขยะพลาสติก (กรมควบคุมมลพิษ. 2548, 2554; สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน. 2551; ศุลีพร แสงกระจ่าง และคณะ. 2556; สำนักข่าวแห่งชาติ. 2558; Scheirs J. and Kaminsky W. 2006; Panda AK. *et al.* 2010)

2.4.1 ปริมาณขยะพลาสติก

การใช้พลาสติกเป็นส่วนประกอบของสินค้าบริโภคและอุปโภคทั้งระดับชุมชนและระดับอุตสาหกรรมในประเทศไทย โดยเฉพาะบรรจุภัณฑ์อาหารและเครื่องดื่มประเภทใช้แล้วทิ้งมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องเพราะพลาสติกมีราคาถูก น้ำหนักเบา ยืดหยุ่น และทนความร้อนได้ ปริมาณการใช้งานพลาสติกที่เพิ่มขึ้นส่งผลให้เกิดขยะพลาสติกในปริมาณที่สูงขึ้น วารสารนโยบายพลังงานซึ่งตีพิมพ์ในปี พ.ศ. 2551 แสดงข้อมูลปริมาณขยะพลาสติกที่รอการกำจัดของประเทศไทยมีถึง 2.5 Mt ซึ่งส่วนใหญ่เป็นพลาสติกชนิดเทอร์มอพลาสติก (รูปที่ 2.2) สำนักข่าวแห่งชาติ กรมประชาสัมพันธ์ ในวันที่ 11 สิงหาคม 2558 รายงานคำกล่าวจากพลเอกดาว์พงษ์ รัตนสุวรรณ รัฐมนตรีว่าการกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ว่าปัจจุบันประเทศไทยมีปริมาณขยะพลาสติกและโฟมมากถึง 2.7 Mt แบ่งเป็นขยะถุงพลาสติก 2 Mt (80%) และขยะโฟม 0.7 Mt (20%) และพบว่าขยะพลาสติก 50% กำจัดไม่ถูกวิธี ค่าตัวเลขเหล่านี้แสดงถึงศักยภาพในการนำขยะพลาสติกกลับไปใช้ประโยชน์ในระดับที่สูง



รูปที่ 2.2 ปริมาณขยะพลาสติกในประเทศไทย (สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน. 2551)

2.4.2 ชนิดของขยะพลาสติก

ขยะพลาสติกที่พบส่วนใหญ่จากกองขยะมูลฝอยที่เกิดขึ้นในประเทศไทยมักเป็นพวกบรรจุภัณฑ์อาหารและเครื่องดื่มประเภทใช้แล้วทิ้งซึ่งส่วนใหญ่ผลิตจากเทอร์มอพลาสติกทั้ง 6 ชนิดซึ่งจัดเป็นพลาสติกกลุ่มพอลิโอเลฟิน (Polyolefin) คือ LDPE HDPE PP PS PVC และ PET ขยะพลาสติกบรรจุภัณฑ์เหล่านี้ ได้แก่

1. ถุงพลาสติกชนิดซอง (ถุงร้อน) มีทั้งแบบโปร่งใสซึ่งผลิตจาก PP และโปร่งแสงซึ่งผลิตจาก HDPE ใช้บรรจุอาหารสำหรับนำกลับบ้าน และมักถูกทิ้งทันทีหลังการใช้งานเนื่องจากมีเศษอาหารปนเปื้อนทำให้มีข้อจำกัดสำหรับนำกลับไปหลอมใช้ใหม่

2. ถุงหิ้ว (T-shirt Bag) มีทั้งแบบบางใสซึ่งผลิตจาก HDPE และแบบหนาทึบซึ่งผลิตจาก LDPE และถูกทิ้งเมื่อใช้ซ้ำจนสกปรก เก่า ฉีกขาด ทำให้มีข้อจำกัดสำหรับนำกลับไปหลอมใช้ใหม่

3. ถุงลามิเนต (Laminated Bag หรือ Multi-layer Bag) ผลิตจากวัสดุหลายชนิดซ้อนกันซึ่งแต่ละชนิดจะมีสมบัติแตกต่างกัน นิยมใช้บรรจุสินค้าอุปโภคบริโภค เช่น น้ำยาล้างจาน ขนมขบเคี้ยว เนื่องจากประกอบด้วยวัสดุหลายชนิดทำให้เป็นประเภทพลาสติกที่จัดการยากทำให้ไม่นำกลับมาใช้ใหม่

4. หลอดบีบลามิเนต (Laminated Collapsible Tube) ผลิตจากวัสดุหลายชนิดซ้อนกันซึ่งแต่ละชนิดจะมีสมบัติแตกต่างกัน นิยมใช้บรรจุสินค้าอุปโภคบริโภค เช่น ยาสีฟัน โฟมล้างหน้า เนื่องจากประกอบด้วยวัสดุหลายชนิดทำให้เป็นประเภทพลาสติกที่จัดการยากทำให้ไม่นำกลับมาใช้ใหม่

5. กล่องลามิเนต (Laminated Box) ผลิตจากวัสดุหลายชนิดซ้อนกันซึ่งแต่ละชนิดจะมีสมบัติแตกต่างกัน นิยมใช้บรรจุเครื่องดื่ม เช่น นมสด น้ำผลไม้กล่อง เนื่องจากประกอบด้วยวัสดุหลายชนิดทำให้เป็นประเภทพลาสติกที่จัดการยากทำให้ไม่นำกลับมาใช้ใหม่

6. กล่อง/ถาดโฟม ผลิตจาก PS นิยมใช้บรรจุอาหาร มักถูกทิ้งทันทีหลังใช้งาน

7. ขวดพลาสติก มักถูกรับซื้อเพื่อนำไปรีไซเคิลทำให้ไม่ค่อยพบในกองขยะมูลฝอย

2.4.3 ผลกระทบจากขยะพลาสติก

พลาสติกมีข้อจำกัด คือ ย่อยสลายยากหรือใช้เวลานานในการย่อยสลาย รวมถึงสารเติมแต่ง (Additives) ที่ใช้ปรุงแต่งสมบัติของพลาสติกบางชนิดมีอันตรายต่อสุขภาพและอนามัยของมนุษย์ ดังนั้นขยะพลาสติกที่สะสมตกค้างและเพิ่มปริมาณอย่างต่อเนื่องจึงส่งผลกระทบต่อทั้งสิ่งแวดล้อมตลอดจนสุขภาพและอนามัยของประชาชน แม้ว่าปัจจุบันจะมีนโยบายสนับสนุนและรณรงค์นโยบาย 3Rs (Reduction, Reuse, Recycle) ในประเทศไทยแล้วก็ตาม สาเหตุเนื่องจากปริมาณการนำขยะพลาสติกกลับมาใช้ใหม่มีน้อยมากเมื่อเทียบกับปริมาณขยะพลาสติกที่มีทั้งหมด (รูปที่ 2.2) นอกจากนี้การใช้พลาสติกซ้ำหลายครั้งจะลดคุณภาพ ความสวยงาม ความสะอาด และความปลอดภัยของพลาสติก รวมถึงวิธีการกำจัดพลาสติกที่ง่ายและสะดวก ได้แก่ การฝังกลบและการเผา ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมทั้งทางอากาศ น้ำ และดิน

ตัวอย่างของสารเติมแต่งในพลาสติกที่เป็นอันตรายต่อสุขภาพและอนามัยของมนุษย์จากการรายงานของ International Agency for Research on Cancer (IARC) เช่น

- ไวนิลคลอไรด์ (Vinyl Chloride) เป็นแก๊สไม่มีสีที่ความดันบรรยากาศ ส่วนใหญ่อยู่ในรูปของเหลว (Compressed Liquefied Gas) ใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตเม็ดพลาสติกชนิด PVC

สำหรับทำท่อน้ำ สายไฟฟ้า ของเด็กเล่นชนิดเป่าลม เฟอร์นิเจอร์ IARC จัดให้ไวนิลคลอไรด์เป็นสารก่อมะเร็งในกลุ่ม 1 เนื่องจากเป็นสาเหตุให้เกิดมะเร็งตับชนิด Angiosarcoma

- บิสฟีนอลเอ (Bisphenol A) ใช้ในการผลิตพลาสติกชนิดพอลิคาร์บอเนท (Polycarbonate) สำหรับทำขวดนมเด็กหรือขวดน้ำดื่มแบบใส สารนี้ทำหน้าที่คล้ายฮอร์โมนเอสโตรเจนจึงขัดขวางการทำงานของฮอร์โมนจากต่อมไร้ท่อ (Endocrine Disruption) IARC จัดให้บิสฟีนอลเอเป็นสารก่อมะเร็งในกลุ่ม 2B

2.4.4 การจัดการขยะพลาสติก

การจัดการขยะพลาสติกซึ่งใช้เวลานานในการย่อยสลายนั้นนิยมใช้วิธีการรีไซเคิล เนื่องจากช่วยเพิ่มมูลค่าแก่ขยะพลาสติก ใช้ทรัพยากรอย่างคุ้มค่า ตลอดจนลดปัญหาสิ่งแวดล้อมจากการลดปริมาณขยะพลาสติกที่ไม่สามารถย่อยสลายได้ อย่างไรก็ตามการรีไซเคิลขยะพลาสติกยังมีอัตราส่วนไม่มากเมื่อเทียบกับปริมาณขยะพลาสติกในปัจจุบัน การแปรรูปขยะพลาสติกเป็นพลังงานจึงมีบทบาทมากในแง่ของการจัดการขยะพลาสติกที่สะสมตกค้างและเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องเพื่อลดผลกระทบทางลบต่อสภาพแวดล้อมตลอดจนสุขภาพและอนามัยของมนุษย์ รวมถึงเพิ่มความหลากหลายของพลังงาน (Energy Diversity) และความมั่นคงทางพลังงาน (Energy Security) การแปรรูปขยะพลาสติกเป็นพลังงานจึงเป็นทางเลือกของการบริหารจัดการขยะให้เกิดประโยชน์สูงสุด การลดปริมาณขยะสะสมตกค้างที่หลุมฝังกลบซึ่งสามารถคืนพื้นที่เพื่อนำไปใช้ประโยชน์สาธารณะอย่างอื่นต่อไป

2.4.5 การแปรรูปขยะพลาสติกเป็นพลังงาน

พลาสติกเป็นพอลิเมอร์สังเคราะห์ประเภทสารประกอบไฮโดรคาร์บอนที่มีค่าความร้อน (Heating Value or Calorific Value) ใกล้เคียงเชื้อเพลิงฟอสซิลดังแสดงในตารางที่ 2.1 Panda AK. *et al* (2010) เปรียบเทียบค่าความร้อนของ PE ให้ค่าความร้อนเทียบเท่ากับน้ำมันเชื้อเพลิงและใกล้เคียงกับน้ำมันแก๊สโซลีน

ตารางที่ 2.1 ค่าความร้อนของขยะมูลฝอย พลาสติก และเชื้อเพลิงฟอสซิล (ดัดแปลงจาก Panda AK. *et al*. 2010)

เชื้อเพลิง	ค่าความร้อน	
	MJ/kg	kcal/kg
ขยะมูลฝอย	10	2,389
PE	43	10,271
พลาสติกผสม	30-40	7,166-9,554
แก๊สมีเทน	53	12,659
น้ำมันแก๊สโซลีน	46	10,987
น้ำมันเชื้อเพลิง	43	10,271
ถ่านหิน	30	7,166

การเลือกใช้เทคโนโลยีการแปรรูปขยะพลาสติกเป็นพลังงานขึ้นอยู่กับลักษณะสมบัติ และองค์ประกอบของขยะพลาสติกนั้นๆ โดยทั่วไปแบ่งเป็น 4 ลักษณะ คือ

1. การเผาไหม้โดยตรง (Direct Combustion)
2. การแปรรูปขยะพลาสติกเป็นเชื้อเพลิงขยะ (Refuse Derived Fuels : RDFs)
3. การแปรรูปขยะพลาสติกเป็นน้ำมันสังเคราะห์ (Pyrolysis)
4. การแปรรูปขยะพลาสติกเป็นแก๊สเชื้อเพลิง (Gasification)

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้จะกล่าวถึงการแปรรูปขยะพลาสติกเป็นน้ำมันสังเคราะห์ด้วยการไพโรไลซิสเท่านั้น เนื่องจากเป็นเทคโนโลยีที่ใช้อุณหภูมิไม่สูงมาก ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีคุณค่าและคุ้มค่าในเชิงเศรษฐศาสตร์ รวมถึงการไพโรไลซิสที่สามารถดำเนินการได้ภายใน 1 เครื่องปฏิกรณ์

2.5 การไพโรไลซิส (ศิริรัตน์ จิตการค้า. 2552; Scheirs J. and Kaminsky W. 2006; Panda AK. *et al.* 2010)

2.5.1 นิยามของการไพโรไลซิส

การไพโรไลซิส (Pyrolysis) เป็นกระบวนการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบทางเคมีของสารประกอบอินทรีย์ที่มีมวลโมเลกุลสูงและขนาดใหญ่ด้วยความร้อนประมาณ 400-600°C ในภาวะที่ปราศจากออกซิเจนหรือมีออกซิเจนปริมาณที่น้อยมาก บางครั้งจึงเรียกการไพโรไลซิสว่าการสลายด้วยความร้อน (Thermolysis) เพื่อแตกหรือสลายพันธะเคมีของโมเลกุลไฮโดรคาร์บอนที่มีสายโซ่พันธะเคมีขนาดยาวให้สั้นลง และได้ผลิตภัณฑ์ 3 ชนิด ตามสถานะ คือ

1. ผลิตภัณฑ์แก๊ส (Gas Products) ได้จากองค์ประกอบไฮโดรคาร์บอนที่ระเหยได้ (Volatile) ผลิตภัณฑ์แก๊สที่ได้ประกอบด้วยแก๊สมีเทน (CH_4) จนถึงแก๊สโพรเพน (C_3H_8) ซึ่งเป็นแก๊สเชื้อเพลิง (Fuel Gases) ที่สามารถใช้ในการผลิตไฟฟ้าหรือใช้ในเครื่องยนต์ได้ อย่างไรก็ตามบางครั้งอาจได้แก๊สที่ส่งผลกระทบกับสิ่งแวดล้อม เช่น แก๊สไฮโดรเจนคลอไรด์ แก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์ แก๊สไนโตรเจนออกไซด์ วิธีที่ใช้กำจัดแก๊สเหล่านี้ เช่น การดูดซับด้วยตัวดูดซับ การทำปฏิกิริยาด้วยโลหะออกไซด์ ตัวดูดซับและโลหะออกไซด์ที่นิยมใช้กัน ได้แก่ แคลเซียมคาร์บอเนต เหล็กออกไซด์ โพแทสเซียมคาร์บอเนต และคาร์บอนกัมมันต์

2. ผลิตภัณฑ์ของเหลว (Liquid Products) ได้จากองค์ประกอบไฮโดรคาร์บอนที่ควบแน่นได้และกลายเป็นของเหลวที่มีคุณลักษณะทั่วไปคล้ายน้ำมันที่มีส่วนผสมของน้ำมันแก๊สโซลีน น้ำมันก๊าด น้ำมันดีเซล น้ำมันเตา และน้ำมันหนัก ผลิตภัณฑ์ของเหลวเหล่านี้เรียกว่า น้ำมันไพโรไลซิส (Pyrolysis Oils) อาจมีชื่อเรียกอื่นๆ เช่น น้ำมันสังเคราะห์ (Synthetic Oils) หรือน้ำมันเชื้อเพลิง (Liquid Fuels) ผลิตภัณฑ์ส่วนนี้เป็นผลิตภัณฑ์ที่ต้องการจากการไพโรไลซิสมากที่สุด

3. ผลิตภัณฑ์ของแข็ง (Solid Products) ได้จากองค์ประกอบไฮโดรคาร์บอนที่ระเหยไม่ได้ ของแข็งที่ได้จากกระบวนการ คือ ถ่าน (Char) เป็นผงคาร์บอนที่มีโมเลกุลขนาดเล็กที่เกิดจากปฏิกิริยาแตกตัวของพอลิเมอร์

2.5.2 ปัจจัยที่มีผลต่อการไพโรไลซิส

ปัจจัยที่มีผลต่อการไพโรไลซิสซึ่งส่งผลต่อการกระจายตัวของผลิตภัณฑ์ (Product Distribution) การเกิดผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพและมีผลได้ (Yield) ในปริมาณสูง และไม่ก่อให้เกิดผลพลอยได้ (Byproduct) ที่ไม่ต้องการ ได้แก่

1. วัตถุดิบป้อน (Feedstocks) เช่น ขนาด ชนิด องค์ประกอบทางเคมีของวัตถุดิบ
2. ภาวะที่ใช้ในการไพโรไลซิส (Pyrolysis Conditions) เช่น อุณหภูมิทำปฏิกิริยา อัตราเร็วในการให้ความร้อน เวลาทำปฏิกิริยา ความดัน อุณหภูมิสุดท้าย ระบบป้อนวัตถุดิบ
3. ชนิดของเครื่องปฏิกรณ์ไพโรไลซิส (Reactor Types) จะส่งผลต่ออัตราเร็วในการให้ความร้อนและเวลาที่ใช้ในกระบวนการ

2.5.3 ขั้นตอนของการไพโรไลซิส

การไพโรไลซิสประกอบด้วย 2 ขั้นตอนหลัก คือ

1. การสลายตัวขององค์ประกอบที่ระเหยง่ายออกจากวัตถุดิบ (Devolatilization)
2. การแตกโมเลกุลขององค์ประกอบที่สามารถแตกโมเลกุลได้ในภาวะที่กำหนด โดยแตกเป็นโมเลกุลที่เล็กลงเรื่อยๆ ตามอุณหภูมิทำปฏิกิริยาหรือเวลาที่ให้ จนกระทั่งเกิดการแตกโมเลกุลที่สมบูรณ์ของวัตถุดิบ

เมื่อเริ่มต้นการไพโรไลซิส วัตถุดิบจะแตกโมเลกุลภายในเครื่องปฏิกรณ์ไพโรไลซิสและอยู่ในสถานะแก๊สทั้งหมด จากนั้นจะลดอุณหภูมิลงจนถึงอุณหภูมิปกติและได้ผลิตภัณฑ์ของเหลวจากการควบแน่น ดังนั้นกระบวนการไพโรไลซิสจึงต้องมีหน่วยลดอุณหภูมิและควบแน่นผลิตภัณฑ์ของเหลวเพื่อใช้แยกแก๊สและน้ำมันที่ได้จากการไพโรไลซิส ส่วนของแข็งที่เกิดขึ้นจะถูกแยกออกไปอย่างสมบูรณ์ในขั้นตอนการกลั่น ผลิตภัณฑ์ของเหลวที่ได้จะถูกนำไปกลั่นและปรับปรุงคุณภาพเพื่อให้เหมาะสมกับการใช้งานต่อไป บางกรณีอาจเติมแก๊สไฮโดรเจนหรือไอน้ำเข้าไปในการไพโรไลซิสเพื่อเปลี่ยนการกระจายตัวของผลิตภัณฑ์หรือเพิ่มความเสถียรของผลิตภัณฑ์ของเหลวที่เป็นน้ำมัน เนื่องจากไฮโดรเจนจะเข้าไปรบกวนการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันกับออกซิเจนที่มีในวัตถุดิบ ส่วนไอน้ำจะเข้าไปเป็นตัวกลางในการไพโรไลซิสและช่วยเพิ่มความดันทำให้วัตถุดิบกลายเป็นของไหลได้ง่าย และทำให้ถ่านที่ได้มีค่าพื้นที่ผิวที่สูงขึ้น (ในกรณีที่ต้องการผลิตเป็นคาร์บอนกัมมันต์หรือถ่านดูดซับ)

ภาวะที่ใช้ในการไพโรไลซิส เช่น อุณหภูมิและเวลาทำปฏิกิริยา ในแต่ละขั้นตอนจะแตกต่างกันขึ้นอยู่กับชนิดของวัตถุดิบ ดังนั้นการมีความรู้เกี่ยวกับวัตถุดิบที่ป้อนเข้ากระบวนการจึงมีความสำคัญมาก เนื่องจากจะทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพและมีผลได้ (Yield) ในปริมาณสูง และไม่เกิดผลพลอยได้ (Byproduct) ที่ไม่ต้องการ เช่น กรณีที่ให้ความร้อนหรือใช้เวลาทำปฏิกิริยามากเกินไป สารที่ได้จากการแตกตัวของวัตถุดิบจะกลับมารวมตัวกันเป็นผลิตภัณฑ์ที่ไม่ต้องการที่มีโมเลกุลขนาดใหญ่หรือเป็นของแข็งข้นเหนียว (Tar) หรือถ่านโค้ก (Coke) ติดอุปกรณ์ซึ่งทำให้ต้องหยุดการผลิตชั่วคราวเพื่อซ่อมแซม

2.5.4 ประเภทของการไพโรไลซิส

การจำแนกประเภทของการไพโรไลซิสขึ้นกับเกณฑ์ที่ใช้ในการพิจารณา ตัวอย่างเช่น หากจำแนกโดยใช้เกณฑ์การพิจารณาเป็นอุณหภูมิทำปฏิกิริยาที่ความดันบรรยากาศ จะสามารถแบ่งการไพโรไลซิสออกเป็น 3 ประเภท คือ

1. การไพโรไลซิสแบบช้า (Slow Pyrolysis)
2. การไพโรไลซิสแบบเร็ว (Fast Pyrolysis)
3. การไพโรไลซิสแบบเร็วมาก (Flash Pyrolysis)

การไพโรไลซิสแบบเร็วสามารถผลิตน้ำมันสังเคราะห์ได้ในสัดส่วนมากที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับแบบอื่น ตารางที่ 2.2 แสดงภาวะทำปฏิกิริยาของการไพโรไลซิสแต่ละประเภท การไพโรไลซิสแบบเร็วมีบทบาทสำคัญในการใช้เป็นเทคโนโลยีสำหรับการแปรรูปขยะพลาสติกเป็นพลังงานในรูปแบบน้ำมันสังเคราะห์ ดังนั้นการวิจัย การศึกษา และการค้นคว้าเกี่ยวกับการใช้น้ำมันสังเคราะห์สำหรับประยุกต์ใช้งานได้จริงในเชิงพาณิชย์จึงเริ่มเป็นที่แพร่หลายในปัจจุบัน

ตารางที่ 2.2 ประเภทของการไพโรไลซิส

ประเภท	อุณหภูมิทำปฏิกิริยา (°C)	อัตราเร็วในการให้ความร้อน (°C/min)	เวลาทำปฏิกิริยา	ผลิตภัณฑ์หลัก
แบบช้า	<400	<10	5-30 min	ถ่าน
แบบเร็ว	400-600	10-100	2-3 sec	ของเหลว
แบบเร็วมาก	>600	>100	<2 sec	แก๊ส

นอกจากนี้เกณฑ์การจำแนกการไพโรไลซิสที่นิยมใช้ คือ การจำแนกตามการใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาซึ่งแบ่งออกเป็น 2 ประเภทหลัก คือ การแตกตัวด้วยความร้อนในภาวะที่ปราศจากออกซิเจน (Thermal Cracking) และการแตกตัวด้วยตัวเร่งปฏิกิริยา (Catalytic Pyrolysis) รายละเอียดระบุในหัวข้อ 2.6.2

2.6 การผลิตน้ำมันสังเคราะห์ด้วยการไพโรไลซิส (ศิริรัตน์ จิตการค้า. 2552; Scheirs J. and Kaminsky W. 2006; Panda AK. *et al.* 2010)

วัตถุดิบสำหรับการไพโรไลซิสเพื่อแปรรูปเป็นพลังงานนิยมใช้ขยะพลาสติกหรือขยะปิโตรเคมี เนื่องจากขยะเหล่านี้มีองค์ประกอบเป็นสารไฮโดรคาร์บอนในปริมาณสูง แต่ไม่นิยมใช้ชีวมวล (Biomass) เนื่องจากชีวมวลมีข้อจำกัด คือ 1) ชีวมวลมีออกซิเจนเป็นองค์ประกอบในปริมาณสูงแต่การไพโรไลซิสไม่ต้องการออกซิเจน เพราะอาจทำให้ผลิตภัณฑ์ไฮโดรคาร์บอน (น้ำมัน) ที่ได้ผสมรวมกับสารประกอบออกซิเจนเนท (Oxygenates) เช่น อัลดีไฮน์ คีโตน เอสเทอร์ อีเธอร์ กรด ซึ่งอาจ

ลดคุณภาพของน้ำมัน และ 2) ชีวมวลมีน้ำเป็นองค์ประกอบในปริมาณสูง ทำให้ต้องควบคุมปริมาณน้ำที่เข้าเครื่องปฏิกรณ์ไพโรไลซิส ดังนั้นจึงมักจะใช้ชีวมวลเป็นวัตถุดิบในการผลิตแก๊สเชื้อเพลิง

2.6.1 การไพโรไลซิสขยะพลาสติก

การกระจายตัวและผลได้ของผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการไพโรไลซิสขยะพลาสติกจะขึ้นอยู่กับชนิดของพลาสติกซึ่งเป็นวัตถุดิบป้อน โดยทั่วไปน้ำมันสังเคราะห์จากขยะพลาสติกมักผลิตจากเทอร์โมพลาสติกกลุ่มพอลิโอเลฟิน เช่น PE PP PS ซึ่งจะได้ผลได้มากกว่า 80 wt% โดยขึ้นกับอุณภูมิทำปฏิกิริยาด้วย น้ำมันสังเคราะห์ที่ได้ประกอบด้วย น้ำมันแกโซลีน น้ำมันก๊าด น้ำมันดีเซล น้ำมันเตา และน้ำมันหนัก และได้แก๊สที่มีองค์ประกอบคล้ายแก๊สธรรมชาติแต่มีอัตราส่วนขององค์ประกอบที่แตกต่างออกไป โดยทั่วไปพบว่าขยะพลาสติกที่เหมาะสำหรับใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตน้ำมันสังเคราะห์ คือ พลาสติกชนิด PE PP และ PS เนื่องจากมีสารประกอบคาร์บอน ไฮโดรเจน แต่ไม่มีคลอรีน ซัลเฟอร์ ซึ่งเป็นสารที่ก่อให้เกิดมลพิษต่อสิ่งแวดล้อมหลังการเผาไหม้ น้ำมันสังเคราะห์ที่ได้จากการไพโรไลซิส PP เป็นน้ำมันที่มีคุณภาพดีกว่าน้ำมันจากการไพโรไลซิส PS และ PE ตามลำดับ

2.6.2 เทคโนโลยีการไพโรไลซิสขยะพลาสติก

เทคโนโลยีการไพโรไลซิสขยะพลาสติกเป็นน้ำมันสังเคราะห์จำแนกตามปฏิกิริยาการไพโรไลซิสแบ่งเป็น 2 ประเภท ดังต่อไปนี้

1. การแตกตัวด้วยความร้อนในภาวะที่ปราศจากออกซิเจน (Thermal Cracking) เป็นปฏิกิริยาประเภทดูดความร้อน (Endothermic Process) การไพโรไลซิสขยะพลาสติกกลุ่มพอลิโอเลฟินต้องการอุณหภูมิทำปฏิกิริยาอย่างน้อย 350-500 °C และชนิดของพลาสติกที่นิยมนำมาศึกษา เช่น PE, PS, PP ผลิตภัณฑ์ที่ได้ส่วนใหญ่เป็นสารประกอบไฮโดรคาร์บอนที่มีจุดเดือดกว้างและได้ผลิตภัณฑ์ประเภทน้ำมันในปริมาณต่ำ การเพิ่มอุณหภูมิอาจเพิ่มปริมาณผลิตภัณฑ์น้ำมัน แต่ในบางครั้งอาจได้แก๊สไฮโดรคาร์บอนขนาดเล็กจำนวนมากรวมถึงถ่านโค้ก เนื่องจากความร้อนจะส่งผลต่อการแตกตัวของพันธะคาร์บอน-คาร์บอนอย่างรุนแรง ทำให้ได้โมเลกุลที่มีขนาดเล็กลง ในขณะที่ปฏิกิริยายังดำเนินต่อไปโมเลกุลที่มีขนาดเล็กลงนั้นก็จะแตกตัวจากความร้อนได้เป็นแก๊สไฮโดรคาร์บอนขนาดเล็กจำนวนมาก ดังนั้นข้อจำกัดของการไพโรไลซิสที่ใช้ความร้อนเพียงอย่างเดียว คือ ไม่สามารถควบคุมได้ทั้งคุณภาพและปริมาณของผลิตภัณฑ์โดยเฉพาะผลิตภัณฑ์ของเหลว ผลิตภัณฑ์ของเหลวที่ได้เป็นพวกน้ำมันแกโซลีนที่มีค่าออกเทนต่ำ น้ำมันก๊าด และน้ำมันดีเซลที่มีจุดเยือกแข็งต่ำและมีค่าซีเทนต่ำ ส่วนผลิตภัณฑ์แก๊สที่ได้จะต้องผ่านการทำให้บริสุทธิ์ก่อนนำไปใช้เป็นเชื้อเพลิง

2. การแตกตัวด้วยตัวเร่งปฏิกิริยา (Catalytic Cracking) เมื่อเปรียบเทียบกับการแตกตัวด้วยความร้อนในภาวะที่ปราศจากออกซิเจน ตัวเร่งปฏิกิริยาจะลดอุณหภูมิและเวลาทำปฏิกิริยาอย่างมีนัยสำคัญ ทำให้เพิ่มค่าการแปลงผัน (Conversion) ของปฏิกิริยาการแตกโมเลกุลตลอดจนเพิ่มการกระจายตัวและผลได้ของผลิตภัณฑ์ที่ได้ โดยเฉพาะน้ำมันแกโซลีน เนื่องจากตัวเร่งปฏิกิริยาจะลดพลังงานกระตุ้นในการแตกพันธะคาร์บอน-คาร์บอนภายในโมเลกุลไฮโดรคาร์บอนทำให้เกิดปฏิกิริยาเฉพาะทาง เช่น ปฏิกิริยาการเคลื่อนย้ายสายโซ่โมเลกุลไฮโดรคาร์บอน (Chain Scission)

ปฏิกิริยาการถ่ายโอนไฮโดรเจน (Hydrogen Transfer) และกระบวนการควบแน่น (Condensation) ภายใต้อุณหภูมิและความดันคงที่ เมื่อแตกตัวด้วยความร้อนจนถึงภาวะคงตัว (Steady State) ตัวเร่งปฏิกิริยาจะทำหน้าที่แตกพันธะคาร์บอน-คาร์บอนให้มีขนาดเหมาะสมและเป็นตัวเพิ่มพันธะไอโซเมอไรเซชั่น (Isomerization) และไอโซเมอริกไฮโดรคาร์บอน (Isomeric Hydrocarbon) ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีน้ำหนักและโครงสร้างโมเลกุลที่แน่นอนแต่จะมักขึ้นกับชนิดของตัวเร่งปฏิกิริยาที่ใช้ ตัวอย่างของตัวเร่งปฏิกิริยาที่มีประสิทธิภาพและใช้อย่างแพร่หลายในวงการอุตสาหกรรมปิโตรเลียมและปิโตรเคมี เช่น ซิลิกา-อะลูมินา (Silica-Alumina) อย่างไรก็ตามการให้ความร้อนสูงอย่างต่อเนื่องอาจทำให้เกิดถ่านโค้กซึ่งถ้ามีปริมาณมากขึ้นอาจเกิดการสะสมที่ผิวของตัวเร่งปฏิกิริยาทำให้ตัวเร่งปฏิกิริยาเสื่อมสภาพได้ในที่สุด

2.7 เครื่องปฏิกรณ์ไพโรไลซิส (ศิริรัตน์ จิตการค้า. 2552)

ปัจจัยที่มีผลต่อการเลือกใช้เครื่องปฏิกรณ์ไพโรไลซิสสำหรับแปรรูปขยะพลาสติกเป็นพลังงาน คือ ชนิดและองค์ประกอบของขยะพลาสติก

2.7.1 ลักษณะการให้ความร้อนแก่เครื่องปฏิกรณ์ไพโรไลซิส

เครื่องปฏิกรณ์ไพโรไลซิสอาจมีลักษณะการให้ความร้อนแก่เครื่องปฏิกรณ์มากกว่า 1 ลักษณะ ลักษณะการให้ความร้อนแก่เครื่องปฏิกรณ์มีรายละเอียดดังนี้

1. การให้ความร้อนในปริมาณหนึ่งที่ทำให้วัตถุดิบบางส่วนแตกตัวและคายความร้อนเพื่อให้ความร้อนแก่วัตถุดิบส่วนที่เหลือสำหรับใช้ในการแตกตัวต่อเนื่องภายในเครื่องปฏิกรณ์เดียวกัน

2. การให้ความร้อนโดยตรงจากแก๊สร้อนที่ได้จากการเผาไหม้ และ/หรือการแตกตัวของวัตถุดิบในลักษณะต่างๆ จากเครื่องปฏิกรณ์อื่นๆ มาที่เครื่องปฏิกรณ์หลัก

3. การให้ความร้อนโดยตรงโดยผ่านตัวกลางเฉื่อยที่ร้อนซึ่งป้อนเข้าสู่เครื่องปฏิกรณ์หลัก เช่น การป้อนแก๊สเฉื่อยร้อนหรือทรายร้อนเข้าสู่เครื่องปฏิกรณ์หลักร่วมกับวัตถุดิบ

4. การให้ความร้อนผ่านผนังของเครื่องปฏิกรณ์หลักที่บรรจุวัตถุดิบ และให้ความร้อนถ่ายเทสู่วัตถุดิบผ่านผนังเครื่องปฏิกรณ์

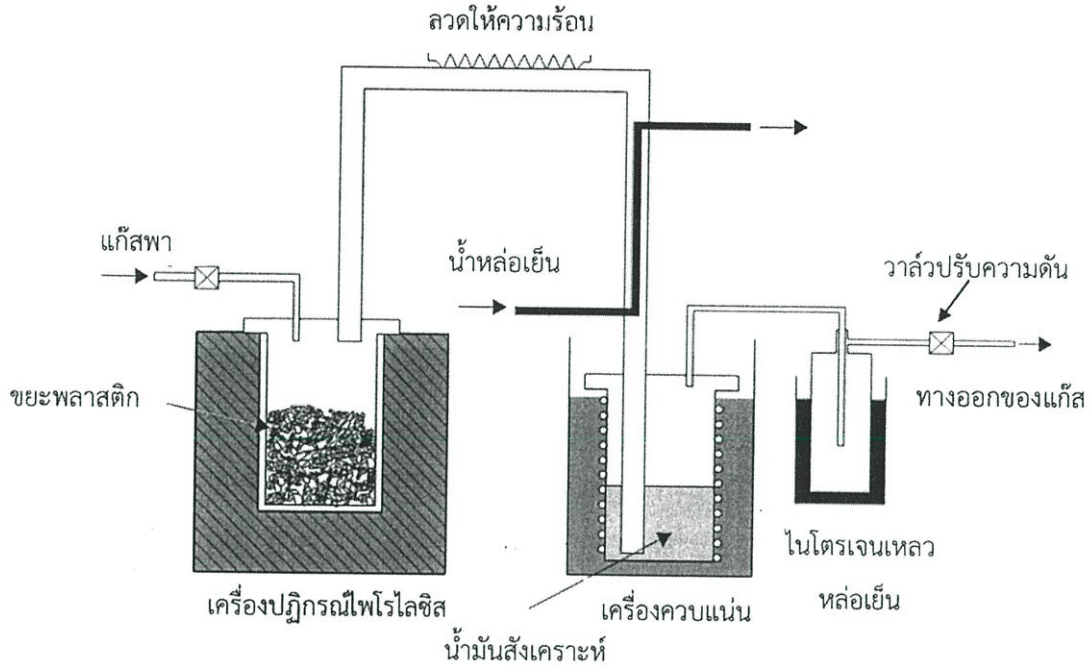
2.7.2 ประเภทของเครื่องปฏิกรณ์ไพโรไลซิส

เครื่องปฏิกรณ์ไพโรไลซิสสามารถแบ่งออกเป็น 5 ชนิด ตามลักษณะขององค์ประกอบและการทำงานของเครื่องปฏิกรณ์ ดังนี้

1. เครื่องปฏิกรณ์ชนิดเบดคงที่ (Fixed-bed Reactors) ถูกออกแบบให้บรรจุวัตถุดิบแบบคงที่และไม่เคลื่อนที่ระหว่างการให้ความร้อน จนกระทั่งวัตถุดิบแตกตัวหมดภายในเครื่องปฏิกรณ์ (รูปที่ 2.3) ผลิตภัณฑ์ที่เป็นของไหลจะไหลออกจากเครื่องปฏิกรณ์ด้วยแก๊สพา (Carrier Gases) ที่เป็นแก๊สเฉื่อยด้วยความดันภายในหรือด้วยการดูดออกโดยปั๊มสุญญากาศ เครื่องปฏิกรณ์ชนิดเบดคงที่เป็นแบบที่ง่ายที่สุดจึงนิยมใช้มากในระดับห้องปฏิบัติการและมีการใช้บ้างในระดับการผลิต แต่

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

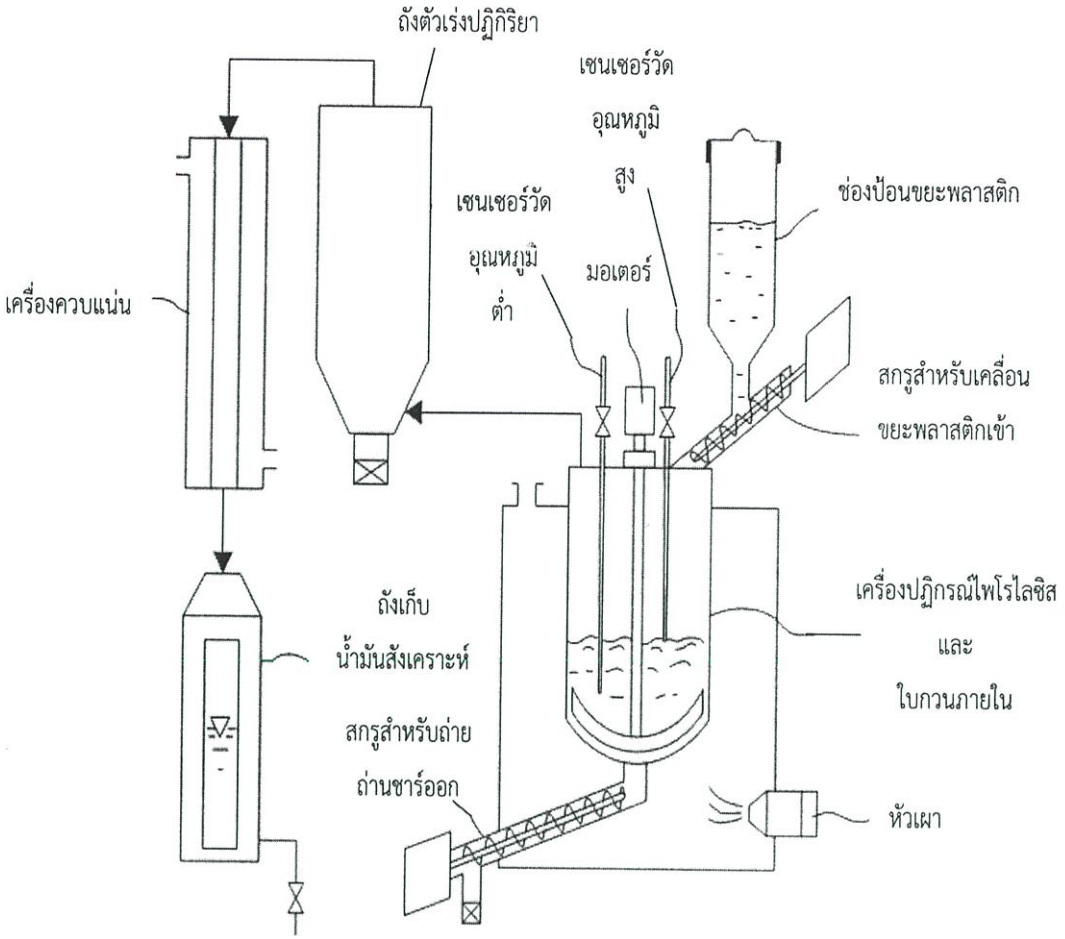
มีข้อจำกัดคือต้องเปิดฝาของเครื่องปฏิกรณ์ทุกครั้งหลังจากปฏิบัติการเสร็จสิ้นเพื่อเอาผลผลิตที่เป็นของแข็งออกจากเครื่องปฏิกรณ์และป้อนวัตถุดิบชุดใหม่ลงไป (Batch System) ดังนั้นการทำงานจึงเป็นแบบกึ่งต่อเนื่องหรือไม่ต่อเนื่องเท่านั้น (Semi-continuous Batch or Batch Reactor System)



รูปที่ 2.3 เครื่องปฏิกรณ์ชนิดเบดคงที่แบบกึ่งต่อเนื่อง
(ดัดแปลงจาก Scheirs J. and Kaminsky W. 2006)

2. เครื่องปฏิกรณ์ชนิดถังกวน (Continuous Stirred Tank Reactors) มีลักษณะคล้ายเครื่องปฏิกรณ์ชนิดเบดคงที่ แต่มีความต่างกันตรงที่เครื่องปฏิกรณ์ชนิดนี้มีระบบการป้อนเข้าวัตถุดิบด้วยเครื่องป้อนแบบสกรูซึ่งมีข้อดีคือสามารถป้อนวัตถุดิบได้ทีละน้อย (เมื่อเทียบกับขนาดของปฏิกรณ์) รวดเร็ว และอย่างต่อเนื่อง ทำให้วัตถุดิบแตกตัวได้ทันทีที่เข้าถึงเครื่องปฏิกรณ์ และเมื่อรวมกับระบบการกวนวัตถุดิบด้วยใบกวนที่อยู่ด้านในของเครื่องปฏิกรณ์เพื่อให้เกิดการเคลื่อนตัวของวัตถุดิบและเพิ่มการถ่ายเทความร้อน ทำให้วัตถุดิบแตกตัวได้อย่างรวดเร็วมากขึ้น และเกิดผลิตภัณฑ์ได้อย่างรวดเร็วและต่อเนื่องมากขึ้น (รูปที่ 2.4) สำหรับการออกแบบและเลือกใช้ใบกวนต้องให้จัดการให้เหมาะสมกับลักษณะและชนิดของวัตถุดิบ เนื่องจากจะส่งผลต่อการผลิตผลิตภัณฑ์ที่ต้องการรวมถึงการกำจัดผลิตภัณฑ์ของแข็งออกจากเครื่องปฏิกรณ์ ผลิตภัณฑ์ที่เป็นของไหลจะไหลออกจากเครื่องปฏิกรณ์ด้วยการพาของแก๊สเฉื่อยด้วยความดันภายในหรือด้วยการดูดออกโดยปั๊มสุญญากาศ เช่นเดียวกับเครื่องปฏิกรณ์ชนิดเบดคงที่ สำหรับการใช้งานในระดับการผลิตก็มีการใช้เครื่องปฏิกรณ์ชนิดนี้

144358



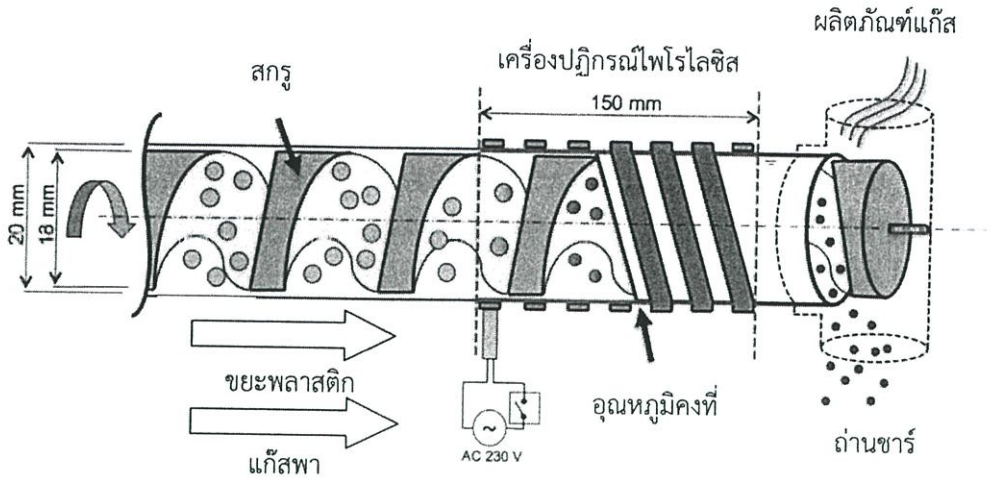
รูปที่ 2.4 เครื่องปฏิกรณ์ชนิดถังกวน (ดัดแปลงจาก Scheirs J. and Kaminsky W. 2006)

3. เครื่องปฏิกรณ์ชนิดอัดรีด (Extruder Reactors) แบ่งออกเป็น 2 แบบ คือ

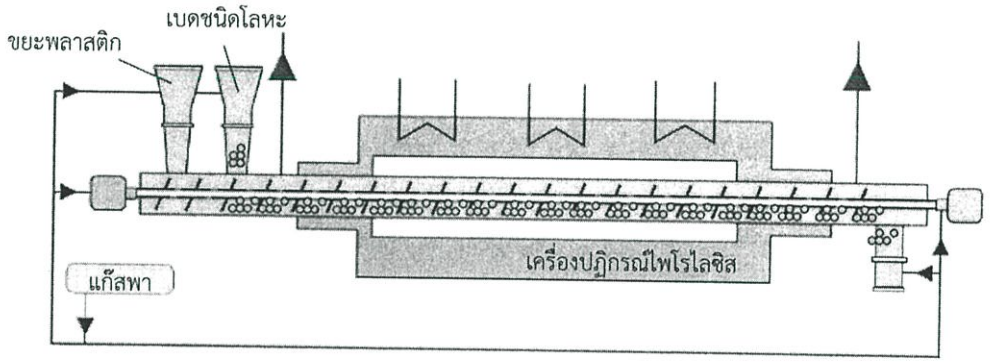
3.1 เครื่องปฏิกรณ์ชนิดอัดรีดแบบสกรู (Screw Extruder Reactors) วัตถุดิบจะถูกกวนด้วยสกรูหรืออุปกรณ์ที่คล้ายสกรูซึ่งอยู่ด้านในเครื่องปฏิกรณ์ระหว่างการให้ความร้อน (รูปที่ 2.5 (ก)) เพื่อให้เกิดการถ่ายเทความร้อนไปสู่วัตถุดิบได้อย่างสม่ำเสมอ ในขณะที่วัตถุดิบเคลื่อนที่ไปตามสกรู ความเร็วในการหมุนของสกรูต้องพอดีกับการแตกตัวหมดของวัตถุดิบเมื่อวัตถุดิบเคลื่อนที่ถึงด้านท้ายของเครื่องปฏิกรณ์ซึ่งมีทางออกของผลิตภัณฑ์ที่เป็นของไหลและของแข็ง

3.2 เครื่องปฏิกรณ์ชนิดอัดรีดแบบเตาหมุน (Rotary Kiln Reactors) มีลักษณะคล้ายชนิดอัดรีด แต่มีความต่างกันตรงที่เครื่องปฏิกรณ์ชนิดเตาหมุนมีการหมุนเครื่องปฏิกรณ์ตามแนวรัศมีของเครื่อง โดยใช้มอเตอร์ที่มีแกนขับเคลื่อนร่วมกันระหว่างเครื่องปฏิกรณ์และสกรูร่วมกับการใช้สกรูในการเคลื่อนตัวของวัตถุดิบผ่านตามแนวแกนของเครื่อง (รูปที่ 2.5 (ข))

(ก)



(ข)

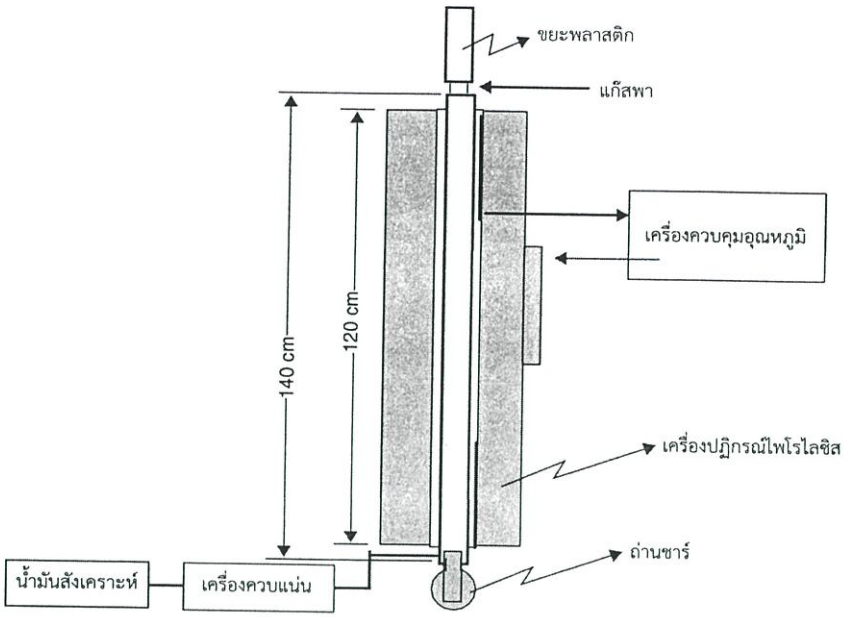


รูปที่ 2.5 เครื่องปฏิกรณ์ชนิดอัดรีด

(ก) เครื่องปฏิกรณ์ชนิดอัดรีดแบบสกรู และ (ข) เครื่องปฏิกรณ์ชนิดอัดรีดแบบเตาหมุน

((ก) และ (ข) ดัดแปลงจาก R.I.M.S. Maximino. 2013 และ Scheirs J. and Kaminsky W. 2006 ตามลำดับ)

4. เครื่องปฏิกรณ์ชนิดท่อไหล (Flow Reactors) ถูกออกแบบให้วัตถุดิบเคลื่อนที่หรือไหลตามแนวแกนปฏิกรณ์ระหว่างการแตกตัวด้วยความร้อน (รูปที่ 2.6) วัตถุดิบต้องแตกตัวอย่างสมบูรณ์เมื่อเคลื่อนที่ถึงทางออกของเครื่องปฏิกรณ์ ผลิตภัณฑ์ที่เป็นของไหลจะไหลออกจากเครื่องปฏิกรณ์ด้วยการพาของแก๊สเฉื่อยด้วยความดันภายในหรือด้วยการดูดออกโดยปั๊มสุญญากาศ เช่นเดียวกับเครื่องปฏิกรณ์ชนิดเบดคงที่

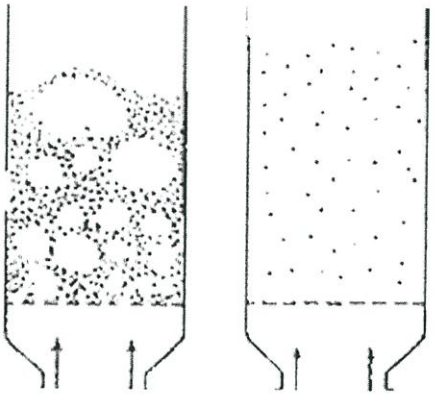


รูปที่ 2.6 เครื่องปฏิกรณ์ชนิดท่อไหล (ดัดแปลงจาก Scheirs J. and Kaminsky W. 2006)

5. เครื่องปฏิกรณ์ชนิดฟลูอิไดซ์ (Fluidized-bed Reactors) ถูกออกแบบให้วัตถุดิบเคลื่อนที่แบบปั่นป่วน (Turbulent) (รูปที่ 2.7) จนกระทั่งวัตถุดิบแตกตัวหมดภายในเครื่องปฏิกรณ์ กล่าวคือวัตถุดิบจะถูกลดขนาดเพื่อให้เคลื่อนที่แบบปั่นป่วนได้อย่างอิสระโดยไม่ใช้พลังงานในการทำให้ปั่นป่วนมากเกินไป และป้อนเข้าเครื่องปฏิกรณ์ตามปริมาณที่กำหนดแบบกึ่งต่อเนื่อง จากนั้นวัตถุดิบจะเคลื่อนตัวแบบปั่นป่วนด้วยแก๊สพา (ระบบการปั่นป่วนของแก๊ส-ของแข็ง) จนกระทั่งวัตถุดิบแตกตัวหมดภายในเครื่องปฏิกรณ์แล้วจึงป้อนเข้าวัตถุดิบอีกครั้งหนึ่ง การทำงานจึงเป็นแบบต่อเนื่อง เครื่องปฏิกรณ์ชนิดฟลูอิไดซ์สามารถแบ่งตามลักษณะการเคลื่อนตัวของวัตถุดิบในเครื่องปฏิกรณ์

5.1 เครื่องปฏิกรณ์ชนิดฟลูอิไดซ์แบบฟองแก๊ส (Bubbling Fluidized-bed Reactors) หลักการทำงาน คือ แก๊สพาทำให้วัตถุดิบ (และ/หรือ ตัวเร่งปฏิกิริยา) เกิดการไหลแบบปั่นป่วนตามการเคลื่อนที่ของฟองแก๊สที่ป้อนเข้าสู่เครื่องปฏิกรณ์ (รูปที่ 2.7 (ก))

5.2 เครื่องปฏิกรณ์ชนิดฟลูอิไดซ์แบบไหลเวียน (Circulating Fluidized-bed Reactors) หลักการทำงานคล้ายกับแบบฟองแก๊สคือใช้แก๊สเป็นตัวพา กล่าวคือแก๊สพาทำให้วัตถุดิบ (และ/หรือ ตัวเร่งปฏิกิริยา) ไหลเวียนในปฏิกรณ์แบบปั่นป่วน (รูปที่ 2.7 (ข)) แต่แตกต่างตรงที่แบบไหลเวียน มีการไหลเวียนของวัฏภาคของแข็ง (ตัวเร่งปฏิกิริยา) “ไหลเวียน” (Circulating) มีลักษณะสำคัญ 2 ประการ คือ การแยกเอาวัฏภาคที่เป็นของแข็งออกจากเครื่องปฏิกรณ์ และการหมุนเวียนเอาของแข็งกลับไปใช้ใหม่ในระบบ



รูปที่ 2.7 ลักษณะการไหลภายในเครื่องปฏิกรณ์ชนิดฟลูอิไดซ์
(ก) แบบฟองแก๊ส และ (ข) แบบไหลเวียน
(ดัดแปลงจาก http://www.outotec.com/en/About-us/Our-technologies/Fluidized-bed/)

การไพโรไลซิสมักใช้กับขยะปิโตรเคมี ได้แก่ ขยะพลาสติกและยางที่อาจมาจากชุมชนหรือจากอุตสาหกรรม ศิริรัตน์ จิตการค้า (2552) สรุปลักษณะการให้ความร้อนและลักษณะการทำงานของเครื่องปฏิกรณ์แต่ละชนิดไว้ในตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.3 ความแตกต่างของเครื่องปฏิกรณ์ไพโรไลซิสแต่ละประเภท (ดัดแปลงจากศิริรัตน์ จิตการค้า. 2552)

เครื่องปฏิกรณ์ไพโรไลซิส	เบดคงที่	ฟลูอิไดซ์แบบฟองแก๊ส	ฟลูอิไดซ์แบบไหลเวียน	อัดรีดแบบสกรู	อัดรีดแบบเตาหมุน	แบบเตาหลอม
การกระจายตัวของอุณหภูมิในเครื่องปฏิกรณ์	การกระจายตัวไม่สม่ำเสมอ อาจเกิดจุดใดจุดหนึ่งที่ร้อนมากกว่าจุดอื่นในเครื่องปฏิกรณ์	การกระจายตัวตามแนวแกนค่อนข้างคงที่ ส่วนแนวรัศมีค่อนข้างไม่คงที่	การกระจายตัวตามการไหลของวัตถุดิบขึ้นกับความเร็วการไหลของวัตถุดิบ	ควรตั้งอุณหภูมิ 2 ช่วง คือ <150°C เพื่อกำจัดสารระเหยง่าย และ >250°C เพื่อกำจัดแก๊สของกรดเกลือ	การกระจายตัวตามแนวแกนและเชิงมุมของการหมุนไม่ค่อยดี ทำให้เกิดจุดอับที่ความร้อนสะสมและยากต่อการควบคุม	การกระจายตัวไม่ดีอย่างมาก ยากต่อการควบคุม
ช่วงอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการใช้งาน	400-800°C	500-850°C	700-850°C	200-520°C	450-800°C	300-480°C
การถ่ายเทความร้อน	การถ่ายเทความร้อนไม่ดี ต้องการพื้นที่มากในการถ่ายเทความร้อน	การถ่ายเทความร้อนดีมาก เนื่องจากมีการไหลเวียนของวัตถุดิบที่กระจายความร้อนไปด้วยขณะเคลื่อนไหว	การถ่ายเทความร้อนดีมาก โดยเฉพาะตามแนวแกนเครื่องปฏิกรณ์	การสลายตัวของวัตถุดิบเนื่องจากแรงเฉือนของสกรูและความร้อนอาจเกิดขึ้นได้	การถ่ายเทความร้อนไม่ดี อาจจะต้องใช้ท่อที่ยาวเป็นพิเศษ	การถ่ายเทความร้อนไม่ดี

เครื่องปฏิกรณ์ไพโรไลซิส	เบดคงที่	ฟลูอิไดซ์แบบฟองแก๊ส	ฟลูอิไดซ์แบบไหลเวียน	อัดรีดแบบสกรู	อัดรีดแบบเตาหมุน	แบบเตาหลอม
ขนาดวัตถุดิบที่ต้องการ	ค่อนข้างใหญ่	ขนาดเฉลี่ยประมาณ 0.08-3 mm ขณะวัตถุดิบเคลื่อนตัวอาจขัดสีกันเองจนแตกเป็นผงและอุดตันเครื่องปฏิกรณ์ได้	เป็นผงและมีขนาดค่อนข้างเล็ก โดยเฉลี่ยประมาณ 0.05-0.5 mm ถ้าเป็นขยะพลาสติก ขนาดไม่ควรเกิน 10 cm	ควรจะมีขนาดเหมาะสมกับสกรู	ขนาดใดก็ได้	ขนาดของวัตถุดิบควรจะไม่เกิน 1 cm^3 และความหนาแน่นของวัตถุดิบในเครื่องปฏิกรณ์ควรจะมากกว่า 300 kg/m^3
เวลาในเครื่องปฏิกรณ์	-	เวลาของวัตถุดิบประมาณหลายนาทีถึงหลายชั่วโมง แต่เวลาของแก๊สที่ใช้ไม่สูงกว่า 2 m/s	เวลาของวัตถุดิบใน 1 รอบของการไหลวนประมาณ 2-3 s แต่เวลาของแก๊สที่ใช้ไม่สูงกว่า 3-15 m/s	-	ประมาณ 1-2 h	ประมาณ 20 min
การแตกตัวของวัตถุดิบ	แตกตัวอย่างมาก โดยเฉพาะเวลาที่มีการไหลของแก๊สผ่านเครื่องปฏิกรณ์	การแตกตัวขึ้นกับการผสมกันของวัตถุดิบและแก๊สที่ใช้ ซึ่งโดยทั่วไปจะดีไม่เท่าเครื่องปฏิกรณ์อื่นๆ	มีความเป็นไปได้ที่จะแตกตัวได้ดี	โดยทั่วไปใช้ในการเตรียมวัตถุดิบเท่านั้น จึงมีการแตกตัวของวัตถุดิบไม่ค่อยดี	มีความเป็นไปได้ที่จะแตกตัวได้ดี	มีการแตกตัวได้มากกว่า 90%

เครื่องปฏิกรณ์ไพโรไลซิส	เบดคงที่	ฟลูอิไดซ์แบบฟองแก๊ส	ฟลูอิไดซ์แบบไหลเวียน	อัดรีดแบบสกรู	อัดรีดแบบเตาหมุน	แบบเตาหลอม
ความยืดหยุ่นของกระบวนการ	ค่อนข้างจำกัด ถ้ามีการเปลี่ยนแปลงสภาวะของกระบวนการอาจทำให้ต้องออกแบบเครื่องปฏิกรณ์ใหม่	ดีมาก ใช้ได้ในช่วงอุณหภูมิที่กว้าง ร่วมกับตัวเร่งปฏิกิริยาหรือไม่ก็ได้ และใช้ได้กับขยะหลายประเภท	ดีมาก ใช้ได้กับลักษณะการไหลขึ้นเรื่อยๆ ตามเครื่องปฏิกรณ์หรือเร็วๆ โดยขึ้นกับความเร็วของแก๊สที่ใช้และความเร็วของการไหลเวียนของวัตถุดิบ	ทำให้วัตถุดิบมีความเป็นเนื้อเดียวกันมากขึ้น หรือใช้ฆ่าเชื้อในวัตถุดิบ หรือใช้เตรียมวัตถุดิบให้มีขนาดเหมาะสมกับการใช้งานเครื่องปฏิกรณ์อื่นๆ และการขนส่ง	ค่อนข้างจำกัด	จำกัด
การไพโรไลซิสแบบไม่ใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา	ไม่เหมาะกับกระบวนการแบบต่อเนื่อง	เหมาะกับกระบวนการแบบต่อเนื่อง ทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่สม่ำเสมอ	เหมาะกับกระบวนการแบบต่อเนื่อง	ไม่ใช้ในกรณีนี้	ใช้กันทั่วไป เหมาะกับวัตถุดิบที่สามารถหลอมและรวมตัวกันได้	เหมาะกับวัตถุดิบที่สามารถหลอมและรวมตัวกันได้
การไพโรไลซิสร่วมกับตัวเร่งปฏิกิริยา	ใช้ได้กับเฉพาะตัวเร่งปฏิกิริยาที่เสื่อมสภาพได้ยาก	ใช้ได้ดีมาก สามารถใช้ได้กับกระบวนการขนาดใหญ่	การขัดสีของตัวเร่งปฏิกิริยาค่อนข้างสูงทำให้ตัวเร่งปฏิกิริยาเสื่อมสภาพได้ง่าย	การแตกตัวของวัตถุดิบขึ้นกับตัวเร่งปฏิกิริยาหรือสารที่มีสมบัติคล้ายตัวเร่งปฏิกิริยาที่มีอยู่ในวัตถุดิบอยู่แล้ว	ไม่ใช้ในกรณีนี้	ไม่ใช้ในกรณีนี้

เครื่องปฏิกรณ์ไพโรไลซิส	เบดคงที่	ฟลูอิไดซ์แบบฟองแก๊ส	ฟลูอิไดซ์แบบไหลเวียน	อัดรีดแบบสกรู	อัดรีดแบบเตาหมุน	แบบเตาหลอม
คุณค่าของผลิตภัณฑ์	คุณภาพใกล้เคียงกับน้ำมันเบนซิน น้ำมันก๊าดและดีเซล	คุณค่าสูง โดยเฉพาะในกระบวนการที่ผลิตมอนอเมอร์และการไพโรไลซิสด้วยอุณหภูมิสูง	มีคุณค่าสูงเมื่อพิจารณาความยืดหยุ่นที่ค่อนข้างสูง	ช่วยให้วัตถุดิบที่มีความหลากหลายนั้นกลายเป็นเนื้อเดียวกันมากขึ้น	ค่อนข้างต่ำ เนื่องจากการกระจายตัวของอุณหภูมิในเครื่องปฏิกรณ์ไม่ทั่วถึง ทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีความหลากหลายและไม่คงที่	ปริมาณผลิตภัณฑ์ที่เป็นของเหลวขึ้นอยู่กับวัตถุดิบ อุณหภูมิ และเวลาในเครื่องปฏิกรณ์อย่างมาก ดังนั้นต้องทำให้บริสุทธิ์ก่อน ซึ่งคุณภาพจะด้อยกว่าที่ได้จากเครื่องปฏิกรณ์ชนิดฟลูอิไดซ์
ปัญหาในการขยายขนาดการผลิต	ปัญหาของการกระจายตัวของอุณหภูมิที่ไม่ดีทำให้จำกัดการขยายขนาดการผลิต	การขยายขนาดควรผ่านการขยายในระดับต้นแบบเสียก่อนเพื่อประเมินปัญหาที่อาจจะเกิดขึ้น	การขยายขนาดควรผ่านการขยายในระดับต้นแบบเสียก่อนเพื่อประเมินปัญหาที่อาจจะเกิดขึ้น	มีการทดลองการขยายขนาดของสกรู แต่ถ้าใหญ่มากยังไม่มีข้อมูล	ข้อมูลเกี่ยวกับการขยายขนาดไม่ชัดเจน	ไม่มีข้อมูล

เครื่องปฏิกรณ์ไพโรไลซิส	เบดคงที่	ฟลูอิไดซ์แบบฟองแก๊ส	ฟลูอิไดซ์แบบไหลเวียน	อัดรีดแบบสกรู	อัดรีดแบบเตาหมุน	แบบเตาหลอม
ราคาของเทคโนโลยี	ราคาสูงกรณีที่ใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา และมีความเสี่ยงต่อการเสื่อมของตัวเร่งปฏิกิริยาที่สูง	ปานกลาง ใช้กับโรงงานผลิตขนาดเล็กได้ ทำให้เทคโนโลยีค่อนข้างถูกใช้อย่างกว้างขวาง และค่าซ่อมบำรุงต่ำ	Capital Costs ค่อนข้างสูงกว่าแบบฟองแก๊ส แต่มีความสะดวกในการขยายขนาดการผลิตมากกว่า	Capital Costs และค่าการผลิตขึ้นอยู่กับขนาดและชนิดของสกรู	มูลค่าการลงทุนอยู่ในระดับปานกลาง แต่ค่าซ่อมบำรุงสูงซึ่งเกิดจากอุปกรณ์ที่เคลื่อนที่ได้ในระบบ รวมถึงการสึกหรอของผนังด้านใน	การขยายขนาดแบบเต็มรูปแบบจะต้องไม่ต่ำกว่า 300,000 ตันต่อปี ค่า Capital Costs อยู่ในระดับต่ำแต่ค่าการผลิตค่อนข้างสูงกว่ามูลค่าของน้ำมันที่ได้ และค่าซ่อมบำรุงค่อนข้างสูง

2.8 โครงการแปรรูปขยะพลาสติกเป็นน้ำมันสังเคราะห์ (ธัญญ์พิชชา เอกบุศย์ และคณะ. 2557)

ปัจจุบันหน่วยงานในภาครัฐและเอกชนของประเทศไทยเริ่มให้ความสนใจในการศึกษาและวิจัยการแปรรูปขยะพลาสติกเป็นน้ำมันสังเคราะห์ด้วยการไพโรไลซิส ธัญญ์พิชชา เอกบุศย์ และคณะ (2557) รวบรวมโครงการผลิตน้ำมันสังเคราะห์จากขยะพลาสติกโดยกลุ่มผู้ประกอบการภาครัฐและเอกชนดังตารางที่ 2.4 ซึ่งสามารถรับวัตถุดิบป้อนได้ 0.8-16 t/d และได้ผลผลิตน้ำมันสังเคราะห์ 200-10,400 L/d

ตารางที่ 2.4 โครงการแปรรูปขยะพลาสติกเป็นน้ำมันสังเคราะห์ (ธัญญ์พิชชา เอกบุศย์ และคณะ. 2557)

การแปรรูปขยะพลาสติกเป็นน้ำมันสังเคราะห์	วัตถุดิบป้อน (t/d)	ผลผลิต (L/d)
1. ผู้ประกอบการภาคเอกชนร่วมกับโครงการส่งเสริมการแปรรูปขยะพลาสติกเป็นน้ำมัน		
บริษัท เมืองสะอาด จำกัด โครงการส่งเสริมการแปรรูปขยะพลาสติกเป็นน้ำมัน เทศบาลนครพิษณุโลก จังหวัดพิษณุโลก	16	10,400
บริษัท เมืองสะอาด จำกัด โครงการส่งเสริมการแปรรูปขยะพลาสติกเป็นน้ำมัน เทศบาลเมืองวารินชำราบ จังหวัดอุบลราชธานี	10	6,000
บริษัท ศรีเบญจลักษ์ จำกัด โครงการส่งเสริมการแปรรูปขยะพลาสติกเป็นน้ำมัน เทศบาลนครขอนแก่น จังหวัดขอนแก่น	6	4,500
บริษัท ซิงเกิ้ลพอยท์เอ็นเนอร์ยี่แอนด์เอ็นไวรอนเมนท์ จำกัด โครงการส่งเสริมการแปรรูปขยะพลาสติกเป็นน้ำมัน เทศบาลเมืองระยอง จังหวัดระยอง	6	4,500
บริษัท ซิงเกิ้ลพอยท์เอ็นเนอร์ยี่แอนด์เอ็นไวรอนเมนท์ จำกัด โครงการส่งเสริมการแปรรูปขยะพลาสติกเป็นน้ำมัน เทศบาลเมืองหัวหิน จังหวัดประจวบคีรีขันธ์	6	4,500
2. ผู้ประกอบการภาคเอกชน		
บริษัท ทีพีไอโพลีน จำกัด (มหาชน) อำเภอแก่งคอย จังหวัดสระบุรี	15	9,000
บริษัท เทอร์ม เอ็นจิเนียริ่ง จำกัด	5	4,600
บริษัท พร้อมมาก จำกัด	5	3,000
บริษัท ซีแซดพัฒนา จำกัด อำเภอกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม	5	2,500
โรงแรมคำแสดริเวอร์แควรีสอร์ทแอนด์สปา จังหวัดกาญจนบุรี	0.8	200

2.9 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จุไรรัตน์ ระงับพิศม์ และคณะ. 2543 ศึกษาการแตกตัวของพลาสติกด้วยความร้อน ได้แก่ HDPE ผสมกับ PP และ HDPE ผสมกับ PS ในเครื่องปฏิกรณ์แบบกึ่งต่อเนื่องภายใต้บรรยากาศของแก๊สไนโตรเจน ที่อัตราส่วนของ HDPE ต่อ PP 80 : 20, 60 : 40, 40 : 60 และ 20 : 80 wt% และ HDPE ต่อ PS 80 : 20, 60 : 40, 40 : 60 และ 20 : 80 wt% อุณหภูมิทำปฏิกิริยา 340-500°C อัตราการเพิ่มอุณหภูมิ 20°C/min พบว่าที่อุณหภูมิ 340-500°C เมื่อ HDPE ต่อ PP 40 : 60 wt% ได้ผลิตภัณฑ์เหลว แก๊ส และของแข็ง 70.19, 29.26 และ 0.55 wt% ตามลำดับ และได้ผลิตภัณฑ์เหลวสูงสุด 48.99 wt% ที่อุณหภูมิ 460°C ในกรณีของ HDPE ต่อ PS 80 : 20 wt% อุณหภูมิ 340-500°C ได้ผลิตภัณฑ์เหลว แก๊ส และของแข็ง 79.69, 19.84 และ 0.47 wt% ตามลำดับ และได้ผลิตภัณฑ์เหลวสูงสุด 44.60 wt% ที่อุณหภูมิ 460°C

กรวิกา วงษ์ผาบ และคณะ. 2553 ศึกษาการแตกตัวของพลาสติกที่ใช้แล้วชนิด PP และ HDPE ด้วยความร้อนร่วมกับ USY ซีโอไลต์ที่ผ่านการใช้งานแล้วจากโรงกลั่นน้ำมันในเครื่องปฏิกรณ์แบบกะ ภายใต้บรรยากาศของแก๊สไฮโดรเจน 1 bar ตัวแปรที่ศึกษา ได้แก่ อัตราส่วนของ USY ซีโอไลต์ต่อพลาสติกที่ใช้แล้ว 1 และ 5 wt% (0.2 และ 1 g ของ USY ซีโอไลต์ต่อพลาสติกที่ใช้แล้ว 20 g) อุณหภูมิทำปฏิกิริยา 380, 400 และ 420°C เวลาทำปฏิกิริยา 30 45 และ 60 min พบว่าที่อัตราส่วนของ USY ซีโอไลต์ต่อ PP ใช้แล้ว 5 wt% อุณหภูมิ 400°C และเวลา 30 min ได้ผลิตภัณฑ์เหลว 69.81 wt% (ประกอบด้วยแนฟทา 47.59 เคโรซีน 5.26 แก๊สออยล์เบา 13.74 แก๊สออยล์หนัก 0.51 และกากน้ำมันหนัก 2.70 wt%) แก๊ส 20.33 wt% และของแข็ง 9.86 wt% สำหรับการแตกตัวของ HDPE ใช้แล้วที่ภาวะการทดลองเดียวกันได้ผลิตภัณฑ์เหลว 22 wt% แก๊ส 12 wt% และของแข็ง 66 wt% ผลิตภัณฑ์เหลวที่ได้น้อยกว่าในกรณีของ PP ใช้แล้วค่อนข้างมาก เนื่องจาก HDPE มีพันธะที่แข็งแรง การแตกตัวเป็นผลิตภัณฑ์เหลวต้องใช้อุณหภูมิค่อนข้างสูง

Grieken RV., *et al* (2001) ศึกษาการแตกตัวของพลาสติก LDPE ด้วยความร้อนและด้วยความร้อนร่วมกับตัวเร่งปฏิกิริยา n-HZSM-5, HY zeolites, amorphous silica-alumina, activated carbon และ MCM-41 ในเครื่องปฏิกรณ์แบบกะ ที่อุณหภูมิทำปฏิกิริยา 380, 400 และ 420°C และเวลาทำปฏิกิริยา 0-360 min ภายใต้บรรยากาศของแก๊สไนโตรเจน พบว่าตัวเร่งปฏิกิริยา MCM-41 ที่อุณหภูมิ 420°C และเวลา 30 min ได้ผลิตภัณฑ์เหลวสูงสุด 45 wt% แก๊ส และของแข็ง 15 และ 40 wt% ตามลำดับ

Angyal A., *et al* (2009) ศึกษาการแตกตัวของพลาสติก PE ใช้แล้วด้วยความร้อนร่วมกับตัวเร่งปฏิกิริยา FCC และ HZSM-5 ในเครื่องปฏิกรณ์ต่อเนื่องแบบท่อ ที่อัตราส่วนของตัวเร่งปฏิกิริยา FCC และ HZSM-5 ต่อวัตถุดิบ 5 และ 2 wt% ตามลำดับ อุณหภูมิทำปฏิกิริยา 545°C และเวลาทำปฏิกิริยา 20 min พบว่าความสามารถในการแตกโมเลกุลของตัวเร่งปฏิกิริยา

ลดลงอย่างมากหลังจากทำปฏิกิริยาครั้งแรก การแตกตัวครั้งแรกของตัวเร่งปฏิกิริยา FCC (พื้นที่ผิว 160 m^2/g และค่าความเป็นกรด 0.4 mmol NH_3/g) และ HZSM-5 (พื้นที่ผิว 269 m^2/g และค่าความเป็นกรด 0.8 mmol NH_3/g) ได้แนฟทา 22 และ 15 wt% ส่วนกลั่นกลาง 25 และ 25 wt% (มีโครงสร้างโอเลฟินส์เป็น Vinyl, Vinylene และ Vinylidene 40.1, 41.3 และ 18.6 wt% และ 55.6, 31.2 และ 13.2 wt% ตามลำดับ) แก๊ส 19 และ 20 wt% และกากน้ำมันหนักรวมโค้ก 34 และ 40 wt% ตามลำดับ การแตกตัวครั้งที่สองของตัวเร่งปฏิกิริยา FCC (พื้นที่ผิว 77 m^2/g และค่าความเป็นกรด 0.19 mmol NH_3/g) และ HZSM-5 (พื้นที่ผิว 25 m^2/g และค่าความเป็นกรด 0.11 mmol NH_3/g) ได้แนฟทา 13 และ 10 wt% ส่วนกลั่นกลาง 18 และ 19 wt% (มีโครงสร้างโอเลฟินส์เป็น Vinyl, Vinylene และ Vinylidene 66.8, 19.7 และ 13.5 wt% และ 76.8, 13.2 และ 10.0 wt% ตามลำดับ) แก๊ส 20 และ 13 wt% และกากน้ำมันหนักรวมโค้ก 49 และ 58 wt% ตามลำดับ การฟื้นคืนสภาพของตัวเร่งปฏิกิริยา (Regeneration) หลังจากใช้ทำปฏิกิริยาสามครั้งได้แนฟทาและส่วนกลั่นกลางเพิ่มขึ้นเพียง 2-3% และ Vinylene และ Vinylidene จากตัวเร่งปฏิกิริยา FCC และ HZSM-5 เพิ่มขึ้นอีก 50 และ 25% ตามลำดับ เมื่อเทียบกับก่อนการฟื้นคืนสภาพ เนื่องจากมีสารประกอบอนินทรีย์ที่เป็นสารเติมแต่งในพอลิเมอร์ตกค้างบนพื้นผิวของตัวเร่งปฏิกิริยา และไม่สามารถฟื้นคืนสภาพได้เหมือนโค้ก ตัวเร่งปฏิกิริยาจึงเสื่อมสภาพอย่างถาวร

บทที่ 3
วิธีดำเนินการศึกษา

การศึกษาความเป็นไปได้เชิงเทคนิคของการแปรรูปขยะพลาสติกเป็นพลังงานในปริญญานิพนธ์นี้ เป็นส่วนหนึ่งของโครงการศึกษาความเป็นไปได้เชิงเทคนิคของโรงไฟฟ้าที่ใช้พลังงานจากขยะพลาสติก (Technical Feasibility Study of an Electrical Power Plant from Plastic Wastes) ภายใต้การสนับสนุนจากสภาวิศวกร ประเภททุนสนับสนุนโครงการศึกษาเพื่อการพัฒนาวิชาชีพวิศวกรรม 2558 โครงการนี้เป็นความร่วมมือกับบริษัท อีสเทิร์น เอเนอร์จี้ พลัส จำกัด และมีวิธีดำเนินการศึกษา 5 ขั้นตอน คือ

3.1 การสืบค้นข้อมูล

3.1.1 ขยะพลาสติก

สืบค้นแหล่งข้อมูลทุติยภูมิด้านปริมาณและคุณภาพของขยะพลาสติก การจัดการขยะพลาสติก และการแปรรูปขยะพลาสติกเป็นน้ำมันสังเคราะห์ จากเว็บไซต์ของกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมและกระทรวงพลังงานตามลำดับ รวมถึงเว็บไซต์อื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง รวมถึงสืบค้นแหล่งข้อมูลดังกล่าวจากหนังสือตลอดจนบทความวิชาการและบทความวิจัย

3.1.2 เทคโนโลยีเครื่องปฏิกรณ์ไพโรไลซิส

สืบค้นแหล่งข้อมูลทุติยภูมิด้านเทคโนโลยีเครื่องปฏิกรณ์ไพโรไลซิสจากหนังสือตลอดจนบทความวิชาการและบทความวิจัยเกี่ยวกับการแปรรูปพลาสติกเป็นพลังงาน ตลอดจนเว็บไซต์ของหน่วยงานรัฐและหน่วยงานเอกชน

3.2 การสำรวจข้อมูลและประเมินศักยภาพของขยะพลาสติกที่มีในพื้นที่บริหารจัดการโครงการของบริษัท อีสเทิร์น เอเนอร์จี้ พลัส จำกัด

พื้นที่ทำการศึกษาความเป็นไปได้เชิงเทคนิคของการแปรรูปขยะพลาสติกเป็นพลังงานอยู่ในพื้นที่บริหารจัดการโครงการของบริษัท อีสเทิร์น เอเนอร์จี้ พลัส จำกัด ซึ่งตั้งอยู่ที่บริเวณบ่อขยะในเขตองค์การบริหารส่วนตำบลแพรกษาใหม่ จังหวัดสมุทรปราการ

การเก็บรวบรวมข้อมูลทำใน 2 ลักษณะ คือ

1. การเก็บรวบรวมข้อมูลปฐมภูมิ โดยสัมภาษณ์ผู้ที่เกี่ยวข้อง
2. การเก็บรวบรวมข้อมูลทุติยภูมิ โดยเก็บรวบรวมจากเอกสารต่างๆ เช่น รายงานของหน่วยงานภาครัฐและหน่วยงานท้องถิ่น บทความวิชาการ บทความวิจัย ตลอดจนเว็บไซต์ของหน่วยงานภาครัฐและหน่วยงานเอกชน

ข้อมูลที่ใช้สำหรับประเมินศักยภาพของการแปรรูปขยะพลาสติกเป็นน้ำมันสังเคราะห์ในพื้นที่ทำการศึกษา ได้แก่

3.2.1 ขยะพลาสติกในพื้นที่ทำการศึกษา

สำรวจข้อมูลและประเมินศักยภาพขยะพลาสติกเชิงปริมาณและคุณภาพ เช่น

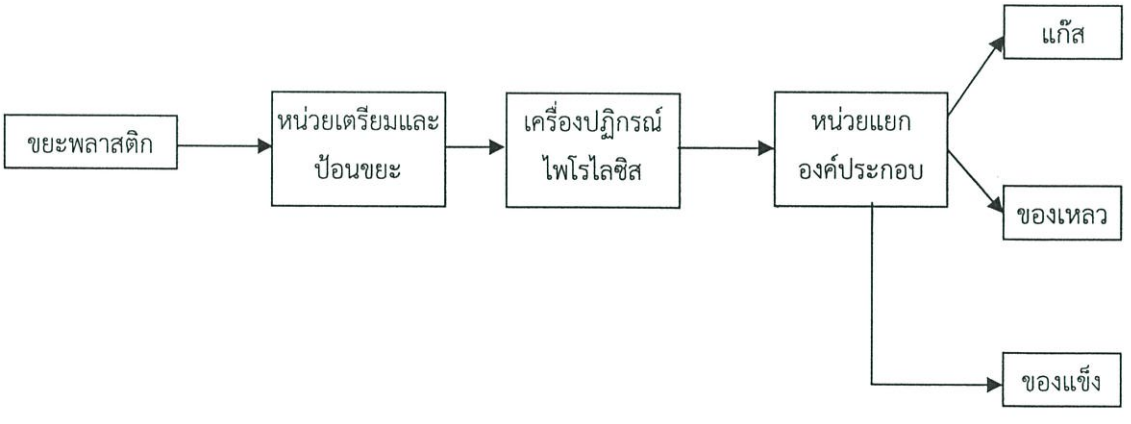
- ปริมาณและชนิดของขยะพลาสติกที่ได้รับในแต่ละวัน
- อายุของขยะพลาสติกที่นำมาใช้งาน
- ร้อยละของน้ำหนักแห้งของขยะพลาสติก
- ปริมาณขยะพลาสติกที่ใช้ในการแปรรูปเป็นน้ำมันสังเคราะห์ต่อปี

3.2.2 การจัดการขยะพลาสติกในพื้นที่ทำการศึกษา

สำรวจข้อมูลและประเมินการจัดการขยะพลาสติกในพื้นที่ทำการศึกษา เช่น

- ราคาซื้อขายขยะพลาสติกที่นำมาใช้ในการแปรรูปเป็นน้ำมันสังเคราะห์
- วิธีการ เทคนิค และประสิทธิภาพแยกขยะพลาสติก
- การเก็บรวบรวมการขนส่งขยะพลาสติกสู่พื้นที่การแปรรูป

การจัดการขยะพลาสติกในพื้นที่ทำการศึกษาเพื่อแปรรูปเป็นพลังงาน (รูปที่ 3.1) ประกอบด้วยขั้นตอนหลัก คือ การเตรียมขยะพลาสติก การป้อนขยะพลาสติก การไพโรไลซิสขยะพลาสติก และการแยกองค์ประกอบตามสถานะออกเป็น ของเหลว (น้ำมันสังเคราะห์หรือน้ำมันไพโรไลซิส) แก๊สเชื้อเพลิง และของแข็ง (ถ่านชาร์)



รูปที่ 3.1 การผลิตน้ำมันสังเคราะห์จากขยะพลาสติกด้วยการไพโรไลซิส

3.3 การแปรรูปขยะพลาสติกเป็นน้ำมันสังเคราะห์ด้วยการไพโรไลซิส

ศึกษาการแปรรูปขยะพลาสติกเป็นน้ำมันสังเคราะห์ด้วยเทคโนโลยีเครื่องปฏิกรณ์ไพโรไลซิสต้นแบบ (Prototype) ของบริษัท อีสเทิร์น เอเนอร์จี้ พลัส จำกัด ที่สร้างขึ้น ณ ศูนย์เชื้อเพลิงและพลังงานจากชีวมวล ศูนย์สระบุรี โครงการพัฒนาที่ดินของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย จังหวัดสระบุรี

3.4 การประเมินผลกระทบเชิงบวกและลบของโครงการต่อสิ่งแวดล้อมเพื่อการยอมรับของประชาชนในพื้นที่และชุมชนใกล้เคียง

การประเมินผลกระทบเชิงบวกและลบของการแปรรูปขยะพลาสติกเป็นน้ำมันสังเคราะห์ต่อสิ่งแวดล้อม เศรษฐกิจ และสังคม โดยอ้างอิงเกณฑ์การประเมินจาก “แนวทางการจัดทำรายงานการวิเคราะห์ผลกระทบสิ่งแวดล้อมสำหรับโครงการโรงไฟฟ้าพลังความร้อน”ของสำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม (2557) โดยครอบคลุมการประเมินผลกระทบต่อทรัพยากรและคุณค่าสิ่งแวดล้อม 4 ด้าน ซึ่งอาจเกิดขึ้นจากกิจกรรมการดำเนินโครงการทั้งในระยะก่อสร้างและระยะดำเนินการ ได้แก่

1. ทรัพยากรกายภาพ (Physical Resources)
2. ทรัพยากรชีวภาพ (Biological Resources)
3. คุณค่าการใช้ประโยชน์ของมนุษย์ (Human Use Values)
4. คุณค่าต่อคุณภาพชีวิต (Quality of Life)

3.5 การเสนอแนะแนวทางตลอดจนมาตรการป้องกันและแก้ไขผลกระทบเชิงลบ

การเสนอแนะแนวทางตลอดจนมาตรการป้องกันและแก้ไขผลกระทบเชิงลบที่อาจจะเกิดขึ้นจากกิจกรรมการดำเนินโครงการทั้งในระยะก่อสร้างและระยะดำเนินการของการศึกษาความเป็นไปได้เชิงเทคนิคในแปรรูปขยะพลาสติกเป็นพลังงานต่อสิ่งแวดล้อมใช้หลักพิจารณาจากผลการประเมินผลกระทบเชิงลบของโครงการต่อสิ่งแวดล้อม เศรษฐกิจ และสังคมตามข้อ 3.4 ทั้งนี้แนวทางตลอดจนมาตรการดังกล่าวควรยึดแนวปฏิบัติให้ได้มาตรฐานหรือเป็นไปตามกฎหมายที่เกี่ยวข้องได้กำหนดไว้

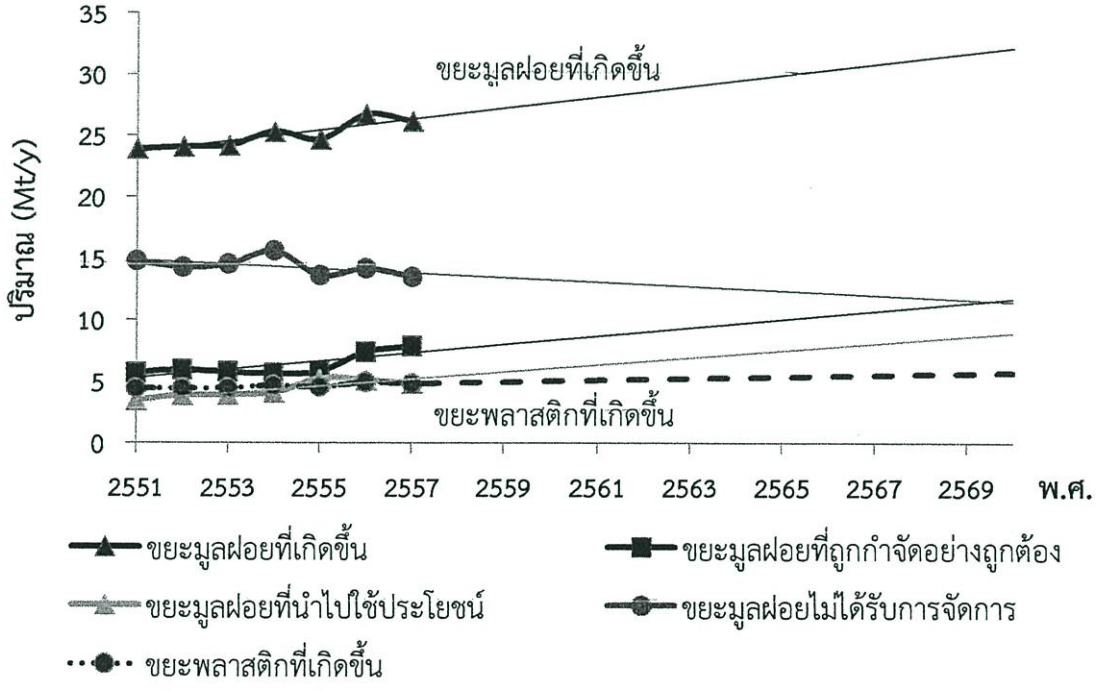
บทที่ 4
ผลการดำเนินการศึกษาและการวิเคราะห์ผล

การศึกษาความเป็นไปได้เชิงเทคนิคของการแปรรูปขยะพลาสติกเป็นพลังงานในปริญญานิพนธ์นี้ กำหนดประเภทของขยะพลาสติกที่ใช้ในการศึกษา คือ ขยะพลาสติกที่คัดแยกจากบ่อขยะมูลฝอยชุมชนในเขตองค์การบริหารส่วนตำบลแพรกษาใหม่ จังหวัดสมุทรปราการ ซึ่งบริหารจัดการโดยบริษัท อีสเทิร์น เอเนอร์จี้ พลัส จำกัด ขยะพลาสติกเหล่านี้เป็นขยะที่ไม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ หมดสภาพการนำกลับไปรีไซเคิล รวมถึงนำไปรีไซเคิลไม่ได้

4.1 การคาดการณ์ปริมาณขยะมูลฝอยชุมชนและขยะพลาสติก

4.1.1 ขยะมูลฝอยชุมชน

ข้อมูลปริมาณขยะมูลฝอยชุมชนจากกรมควบคุมมลพิษ (2558) แสดงให้เห็นว่าขยะมูลฝอยมีปริมาณเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องตั้งแต่ปี พ.ศ. 2551 ถึง พ.ศ. 2557 และเมื่อวิเคราะห์ข้อมูลเหล่านี้ด้วยวิธีการวิเคราะห์สมการถดถอยเพื่อคาดการณ์ปริมาณขยะมูลฝอยในช่วง 10 ปีข้างหน้า พบว่าในแต่ละปีขยะมูลฝอยมีปริมาณเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง โดยในปี พ.ศ. 2570 จะมีปริมาณขยะมูลฝอยเกิดขึ้น 31.09 Mt (รูปที่ 4.1)



รูปที่ 4.1 การคาดการณ์ปริมาณขยะมูลฝอยชุมชนและขยะพลาสติกที่เกิดขึ้นในประเทศไทยโดยการวิเคราะห์สมการถดถอย

4.1.2 ขยะพลาสติก

ปริมาณขยะพลาสติกคิดเป็น 18.5% หรือประมาณหนึ่งในห้าของขยะมูลฝอยชุมชน (สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน. 2551) และพบว่ามีปริมาณพลาสติกที่รอการกำจัดเนื่องจากเสื่อมคุณภาพหรือไม่สามารถรีไซเคิลได้ 92.6% โดยส่วนใหญ่ขยะพลาสติกที่พบจากกองขยะมูลฝอยที่เกิดขึ้นในประเทศไทยมักเป็นพวกบรรจุภัณฑ์อาหารและเครื่องดื่มประเภทใช้แล้วทิ้งซึ่งส่วนใหญ่ผลิตจากเทอร์มอพลาสติกกลุ่มพอลิโอเลฟิน (*Polyolefin*) คือ LDPE, HDPE และ PP (กรมควบคุมมลพิษ. 2548) ดังนั้นปริมาณขยะพลาสติกที่รอการกำจัดเท่ากับ 17.1% จากขยะมูลฝอยชุมชนที่เกิดขึ้นทั้งหมด เมื่อคาดการณ์ปริมาณขยะพลาสติกที่จะเกิดขึ้นในช่วง 10 ปีข้างหน้า โดยใช้สัดส่วนของปริมาณขยะพลาสติกข้างต้น (18.5%) พบว่าในแต่ละปีขยะพลาสติกมีปริมาณเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง โดยในปี พ.ศ. 2570 จะมีปริมาณขยะพลาสติกเกิดขึ้น 5.75 Mt (รูปที่ 4.1) ข้อมูลการคาดการณ์แนวโน้มปริมาณขยะพลาสติกเหล่านี้แสดงถึงศักยภาพของการนำขยะพลาสติกไปแปรรูปเป็นพลังงาน

4.2 การประเมินศักยภาพของขยะพลาสติกที่มีในพื้นที่บริหารจัดการโครงการของบริษัท อีสเทิร์น เอเนอร์จี้ พลัส จำกัด

พื้นที่ที่ใช้สำรวจข้อมูลและประเมินศักยภาพของขยะพลาสติกสำหรับการแปรรูปเป็นพลังงาน อยู่ในพื้นที่บริหารจัดการโครงการของบริษัท อีสเทิร์น เอเนอร์จี้ พลัส จำกัด ซึ่งตั้งอยู่ที่บริเวณบ่อขยะในเขตองค์การบริหารส่วนตำบลแพรกษาใหม่ จังหวัดสมุทรปราการ

4.2.1 พื้นที่ตั้งบ่อขยะมูลฝอยชุมชน

สภาพทั่วไปและข้อมูลพื้นฐานมีดังนี้ (องค์การบริหารส่วนตำบลแพรกษาใหม่. 2555)

1. สภาพโดยทั่วไป

1.1 ที่ตั้ง องค์การบริหารส่วนตำบลแพรกษาใหม่ ตั้งอยู่ที่ 555/5 หมู่ที่ 5 ซอยขจรวิทย์ ตำบลแพรกษาใหม่ อำเภอเมืองสมุทรปราการ จังหวัดสมุทรปราการ 10280

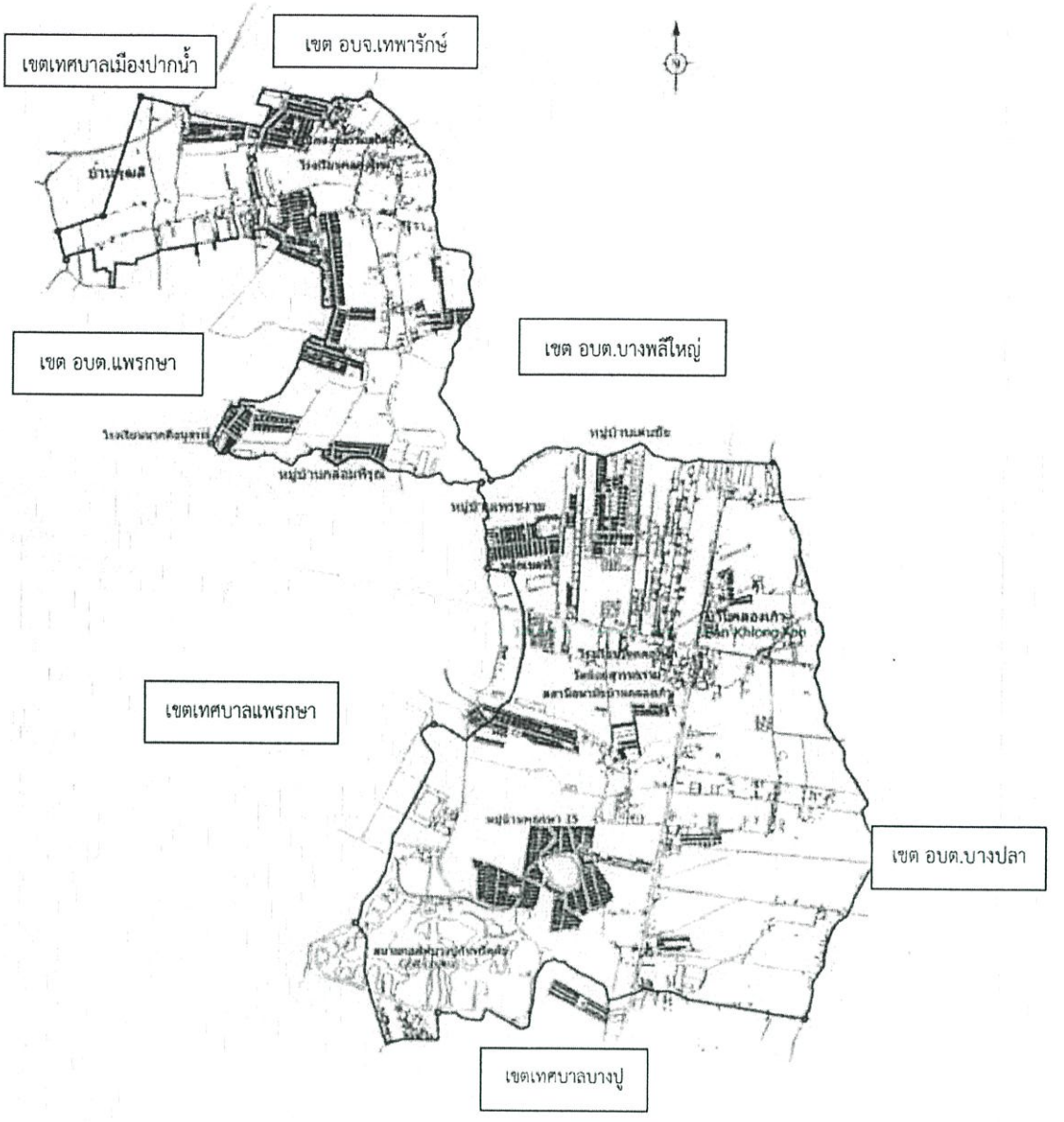
1.2 อาณาเขตติดต่อ องค์การบริหารส่วนตำบลแพรกษาใหม่ มีอาณาเขตติดต่อกับเขตอื่นดังรูปที่ 4.2 โดย

ทิศเหนือ ติดกับ องค์การบริหารส่วนตำบลเทพารักษ์ และเทศบาลเมืองปากน้ำสมุทรปราการ อำเภอเมืองสมุทรปราการ

ทิศใต้ ติดกับ องค์การบริหารส่วนตำบลแพรกษา เทศบาลตำบลแพรกษา และเทศบาลตำบลบางปู อำเภอเมืองสมุทรปราการ

ทิศตะวันออก ติดกับ องค์การบริหารส่วนตำบลบางพลีใหญ่และองค์การบริหารส่วนตำบลบางปลา อำเภอบางพลี

ทิศตะวันตก ติดกับ องค์การบริหารส่วนตำบลแพรกษาและเทศบาลตำบลแพรกษา อำเภอเมืองสมุทรปราการ



รูปที่ 4.2 เขตตำบลแพรกษาใหม่ (องค์การบริหารส่วนตำบลแพรกษาใหม่. 2555)

1.3 อาณาเขตตามกฎหมายลักษณะปกครองท้องที่ มีพื้นที่รวมทั้งสิ้น 20.32 ตารางกิโลเมตร หรือ 12,700 ไร่

1.4 ภูมิประเทศ พื้นที่ส่วนใหญ่เป็นที่ราบลุ่ม ไม่มีภูเขา มีลำคลองที่มีความสำคัญในการส่งน้ำ การระบายน้ำ การชลประทาน และการเพาะปลูกของเกษตรกร สภาพดินเป็นดินที่มีความอุดมสมบูรณ์จึงเหมาะสมแก่การเกษตรกรรม

1.5 ประชากร องค์การบริหารส่วนตำบลแพรกษาใหม่ มีประชากรรวมทั้งสิ้น 40,850 คน บ้านเรือน 19,563 หลังคาเรือน ความหนาแน่นเฉลี่ย 2,010.33 คน/ตารางกิโลเมตร อัตราการเพิ่มขึ้นของประชากรเฉลี่ย/ปี ร้อยละ 5.13 ทั้งนี้ไม่รวมประชากรแฝงเป็นจำนวนมากที่มีชื่ออยู่ในทะเบียนบ้าน (ข้อมูลปี พ.ศ. 2557)

2. โครงสร้างพื้นฐาน

2.1 การประปา องค์การบริหารส่วนตำบลแพรกษาใหม่ ใช้น้ำประปาของการประปานครหลวง จังหวัดสมุทรปราการ และมีน้ำประปาใช้ 18,524 ครัวเรือน

2.2 การไฟฟ้า องค์การบริหารส่วนตำบลแพรกษาใหม่ ใช้ไฟฟ้าของการไฟฟ้านครหลวง และมีไฟฟ้าใช้ 18,524 ครัวเรือน และไฟฟ้าสาธารณะ (ไฟฟ้าเสียงสว่าง) 102 จุด โดยครอบคลุมถนนหลัก 3 สาย

2.3 การใช้ที่ดิน องค์การบริหารส่วนตำบลแพรกษาใหม่ เป็นชุมชนเมืองกึ่งชนบท และมีพื้นที่รวมทั้งสิ้น 20.32 ตารางกิโลเมตร มีการใช้ที่ดินเต็มพื้นที่ ประชากรตั้งบ้านเรือนอยู่หนาแน่น ความหนาแน่นเฉลี่ย 1,912.25 คน/ตารางกิโลเมตร การใช้ที่ดินจะเป็นประเภทพาณิชยกรรมและที่อยู่อาศัยตามแนว ถนนสายหลัก ได้แก่ ถนนพุทธรักษา ถนนบางพลีตำหรุ มีโรงงานอุตสาหกรรมขนาดย่อม กลาง และใหญ่กระจายอยู่ในพื้นที่อุตสาหกรรมสำเร็จรูป การแปรรูปผลิตภัณฑ์โลหะพลาสติก เคมีภัณฑ์ร้านค้า ของเก่า เป็นต้น

2.4 เศรษฐกิจ ลักษณะหรือประเภทของการประกอบอาชีพของประชาชนในเขตองค์การบริหารส่วนตำบล ร้อยละ 10 ประกอบอาชีพเกษตรกรรม นอกนั้นประกอบอาชีพรับจ้าง รับราชการ พนักงาน โรงงานอุตสาหกรรม ประกอบอาชีพอิสระ ร้านขายของชำ ร้านอาหาร ร้านขายของเก่าและใหม่ อู่ซ่อมรถ หมู่บ้านจัดสรร คอนโดมิเนียม เป็นต้น รายได้เฉลี่ยของประชากร 44,000 บาท/คน/ปี

2.5 การเกษตรกรรม ลักษณะการประกอบเกษตรกรรมในท้องถิ่นจะเป็นการเลี้ยงปลา เลี้ยงกุ้ง ปลูกผัก เพาะเห็ด เป็นต้น

2.6 การอุตสาหกรรม ลักษณะการประกอบอุตสาหกรรมในท้องถิ่น จะเป็นประเภทผลิตภัณฑ์สินค้าสำเร็จรูป พลาสติก ยางรถ ค้าของเก่า โรงกลึง โรงงานผลิตรองเท้าและกิจการอื่นๆ ที่เข้าลักษณะโรงงาน 252 แห่ง

3. สิ่งแวดล้อมและทรัพยากรธรรมชาติ

3.1 แหล่งน้ำ องค์การบริหารส่วนตำบลแพรกษาใหม่ มีคลองรวมทั้งสิ้น 27 คลอง โดยแบ่งเป็นคลองใหญ่ 1 แห่ง และคลองขนาดเล็ก 26 แห่ง

3.2 การระบายน้ำ พื้นที่น้ำท่วมถึงคิดเป็นร้อยละ 1 ของพื้นที่ทั้งหมด และระยะเวลาเฉลี่ยที่น้ำท่วมขังนานที่สุด 1 วัน ประมาณช่วงเดือนตุลาคม แก้ไขโดยใช้เครื่องสูบน้ำทิ้ง

3.3 ขยะ ปริมาณขยะ 40 ตัน/วัน รถที่ใช้เก็บขยะ คือ รถขององค์การบริหารส่วนตำบลแพรกษาใหม่และบริษัทเอกชน โดยส่งให้บริษัท อีสเทิร์น เอเนอร์จี้ พลัส จำกัด ฝังกลบอย่างถูกสุขลักษณะ สถานที่กำจัดขยะตั้งอยู่ที่หมู่ที่ 5 ตำบลแพรกษาใหม่ อำเภอเมืองสมุทรปราการ จังหวัดสมุทรปราการ

4.2.2 การคาดการณ์ปริมาณขยะพลาสติกในพื้นที่บ่อขยะมูลฝอยชุมชน

ข้อมูลเกี่ยวกับขยะพลาสติกที่มีอยู่ในพื้นที่บ่อขยะมูลฝอยชุมชนของเขตองค์การบริหารส่วนตำบลแพรกษาใหม่ จังหวัดสมุทรปราการ ซึ่งรวบรวมได้จากการสัมภาษณ์คุณคณพศ นิจสิริภัช ประธานเจ้าหน้าที่บริหาร บริษัท อีสเทิร์น เอเนอร์จี้ พลัส จำกัด สามารถสรุปได้ดังนี้

1. ขยะมูลฝอยชุมชนที่อยู่ในพื้นที่บริหารจัดการโครงการของบริษัทฯ เรียกว่า "ขยะจากบ่อขยะเก่า"

2. ขยะมูลฝอยชุมชนที่เกิดขึ้นใหม่ในแต่ละวันซึ่งรับมาจากจังหวัดสมุทรปราการ เรียกว่า "ขยะใหม่" ซึ่งจะมีพนักงานคัดแยกทำหน้าที่คัดแยกขยะที่รีไซเคิลได้เพื่อนำกลับไปขาย ขยะอินทรีย์นำกลับไปทำปุ๋ย ขยะส่วนที่เหลือจะถูกนำไปฝังกลบในบ่อขยะเก่า

3. ขยะมูลฝอยชุมชนในพื้นที่บริหารจัดการโครงการของบริษัทฯ ต้องมีการพลิกกองขยะกลับเพื่อลดปริมาณแก๊สชีวภาพที่อาจเกิดขึ้นและลดความเสี่ยงของการเกิดไฟไหม้ที่บ่อขยะ

4. ขยะพลาสติกที่หมดสภาพการนำไปรีไซเคิลและไม่สามารถนำกลับไปขายได้แล้วจะถูกคัดแยกและนำไปใช้ในการแปรรูปเป็นพลังงาน

ขยะจากบ่อขยะเก่าซึ่งบริหารจัดการโดยบริษัท อีสเทิร์น เอเนอร์จี้ พลัส จำกัด มีปริมาณคาดการณ์มากกว่า 5 Mt และถูกฝังกลบนานประมาณ 20 ปี บ่อขยะมีพื้นที่ประมาณ 159 ไร่ หรือ 254,400 m^2 และมีความลึกประมาณ 33 m โดยปกติแล้วปริมาณขยะในพื้นที่ศึกษาสามารถคำนวณได้จากปริมาตรบ่อขยะ (m^3) คูณกับความหนาแน่นขยะมูลฝอยชุมชนที่สุ่มตัวอย่างจากบ่อขยะ (t/m^3) แต่ถ้าหากไม่มีข้อมูลความหนาแน่นขยะมูลฝอยชุมชนที่สุ่มตัวอย่างจากบ่อขยะจะใช้ค่าเฉลี่ยของความหนาแน่นแทน ขยะมูลฝอยชุมชนในกลุ่มประเทศประชากรที่มีรายได้ระดับสูง กลาง และต่ำ (High-, Middle-, Low-income Countries) จะมีความหนาแน่นขยะ (Waste Density) ค่อนข้างต่ำไปจนสูง คือ 150, 300, และ 500 kg/m^3 ตามลำดับ (World Bank. 1999) ประเทศไทยจัดอยู่ในกลุ่มประเทศประชากรที่มีรายได้ระดับกลางและมีความหนาแน่นขยะในช่วง 200-300 kg/m^3 อย่างไรก็ตามความหนาแน่นของขยะมูลฝอยชุมชนในบ่อฝังกลบมักมีค่าที่สูงกว่าค่าความหนาแน่นที่อ้างอิงตามระดับรายได้ กรมควบคุมมลพิษ (มปป.) แสดงความหนาแน่นของขยะมูลฝอยชุมชนในบ่อฝังกลบที่พบโดยทั่วไปมีค่าประมาณ 500-600 kg/m^3 หรือ 0.5-0.6 t/m^3

การคาดการณ์ปริมาณขยะพลาสติกในบ่อขยะเก่าด้วยการคำนวณโดยใช้สัดส่วนข้างต้น (หรือ 17.1% ของขยะมูลฝอยชุมชนที่เกิดขึ้น) พบว่ามีขยะพลาสติกประมาณ 0.86 Mt เนื่องจากสัดส่วนเหล่านี้ใช้สำหรับขยะใหม่ (สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน. 2551) ดังนั้นปริมาณขยะพลาสติกในบ่อขยะเก่าน่าจะมีมากกว่า 0.86 Mt เพราะบ่อขยะเก่ามีอายุการฝังกลบ 20 ปี ทำให้ขยะอินทรีย์ที่มีอยู่ย่อยสลายไปหมดแล้ว ส่งผลให้สัดส่วนของขยะพลาสติกในบ่อขยะเก่ามีค่าเพิ่มขึ้น ค่าเหล่านี้แสดงถึงศักยภาพของการนำขยะพลาสติกจากบ่อขยะเก่าไปใช้

ตารางที่ 4.1 ปริมาณขยะพลาสติกที่คาดการณ์จากพื้นที่บ่อขยะที่ทำการศึกษา

ข้อมูล	ขยะเก่า		ขยะใหม่	
	ขยะมูลฝอยชุมชน	ขยะพลาสติก	ขยะมูลฝอยชุมชน	ขยะพลาสติก
1. แหล่งขยะ	บ่อขยะมูลฝอยชุมชน (บ่อขยะเก่า) ในพื้นที่บริหารจัดการโครงการของบริษัทฯ (1)	คัดแยกจาก (1)	ขยะมูลฝอยชุมชนที่รับจากจังหวัดสมุทรปราการ (2)	คัดแยกจาก (2)
2. ปริมาณขยะ	ปริมาณขยะเก่าตกค้างกว่า 5 Mt (ถูกฝังกลบในบ่อขยะที่มีพื้นที่ประมาณ 159 ไร่ หรือ 254,400 m^2 และมีความลึกประมาณ 33 m) เป็นเวลาประมาณ 20 ปี	คำนวณจากสัดส่วนของขยะพลาสติกในองค์ประกอบขยะ	ปริมาณขยะ 2,000 t/d จากเทศบาลจังหวัดสมุทรปราการ 2,000 t/d (ประมาณ 60% ของขยะในจังหวัดสมุทรปราการ)	คำนวณจากสัดส่วนของขยะพลาสติกในองค์ประกอบขยะ
3. องค์ประกอบของขยะ	-	17.1% หรือ 0.86 Mt	-	17.1%

หมายเหตุ 1. ไม่มีข้อมูลความหนาแน่นขยะมูลฝอยชุมชนที่สุ่มตัวอย่างจากบ่อขยะ จึงอ้างอิงข้อมูลจากกรมควบคุมมลพิษ (มปป.)

2. ส่วนใหญ่ขยะพลาสติกที่ได้จากขยะมูลฝอยชุมชนเป็นชนิด PE และ PP และอาจมี PS ปนเล็กน้อย

3. บริษัทฯ ทำหน้าที่การรับจ้างจัดการขยะ จึงไม่มีค่าใช้จ่ายในการรับซื้อ/เก็บรวบรวมขยะ

4. โครงการนี้ศึกษาเฉพาะขยะพลาสติกจากบ่อขยะเก่าเท่านั้น

4.2.3 การคัดแยกขยะพลาสติก

วิธีการคัดแยกขยะพลาสติกจากขยะมูลฝอยชุมชนในพื้นที่บ่อขยะมูลฝอยชุมชนของเขตองค์การบริหารส่วนตำบลแพรกษาใหม่ จังหวัดสมุทรปราการ ที่รวบรวมได้จากการสัมภาษณ์ คุณคณพศ นิจสิริภัช ประธานเจ้าหน้าที่บริหาร บริษัท อีสเทิร์น เอเนอร์จี้ พลัส จำกัด และคุณเอกชัย จันทร์วิภาค ผู้อำนวยการ บริษัท เอกสิทธิ์ ออโตเมชั่น เทคโนโลยี จำกัด สามารถสรุปได้ดังนี้

1. ขยะพลาสติกจะถูกคัดแยกจากบ่อขยะเก่าโดยไม่รวมปริมาณขยะชุมชนที่เกิดขึ้นในแต่ละวัน

2. การคัดแยกขยะพลาสติกมีจำนวนวันผลิตประมาณ 330 d/y (8 h/d)

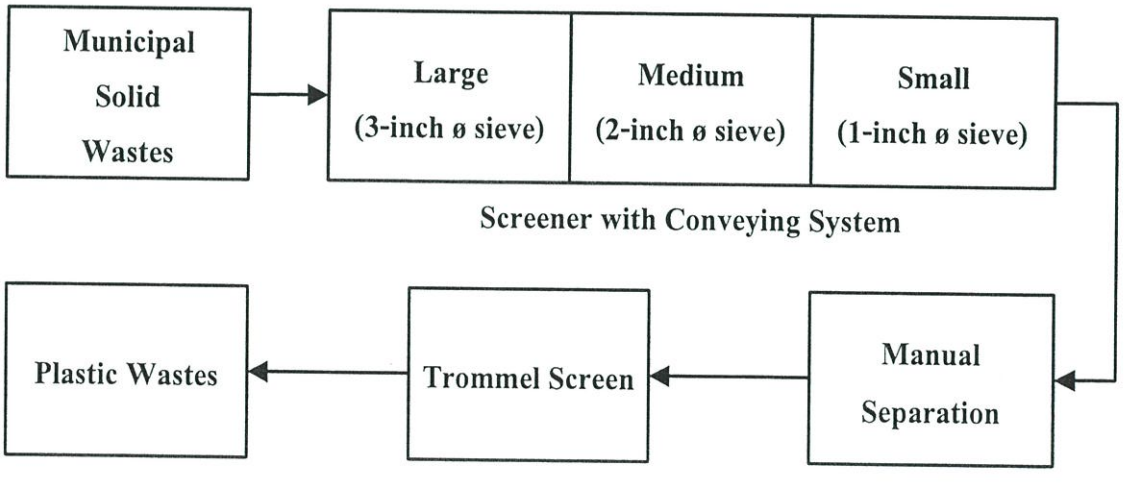
3. ขั้นตอนการคัดแยกขยะพลาสติกออกจากขยะมูลฝอยชุมชนในพื้นที่ที่ศึกษา (รูปที่ 4.3) ได้แก่

3.1 ขยะมูลฝอยชุมชนจะถูกขนส่งจากบ่อขยะมูลฝอยชุมชนเดิม (บ่อขยะเก่า) ไปยังระบบการคัดแยกด้วยรถตัก

3.2 ขยะมูลฝอยชุมชนที่มีขนาดเล็ก (เช่น เศษหิน เศษดิน เศษแก้ว เศษผ้า เศษไม้) จะถูกคัดแยกออกมาด้วยเครื่องจักรคัดแยกพร้อมระบบสายพาน (Screener with Conveying System) การคัดแยกใช้ตะแกรงที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3 ขนาด คือ 3, 2 และ 1 นิ้ว

3.3 ขยะมูลฝอยชุมชนที่มีขนาดใหญ่กว่าระบบการคัดแยกพร้อมระบบสายพานในข้อ 3.2 (เช่น ท่อนไม้ ขยะที่สามารถนำไปรีไซเคิลได้) จะถูกคัดแยกออกมาด้วยแรงงานคน (Manual Separation)

3.4 ขยะพลาสติกจะถูกคัดแยกด้วยเครื่องร่อนแยกขยะโดยการหมุนเหวี่ยง (Trommel Screen)



รูปที่ 4.3 การคัดแยกขยะพลาสติกออกจากขยะมูลฝอยชุมชนในพื้นที่บ่อขยะที่ทำการศึกษา

4. ขยะพลาสติกที่ผ่านการคัดแยกแล้วจะถูกบรรจุใส่ถุงเพื่อความสะดวกต่อการขนส่งด้วยรถบรรทุกและถูกนำไปแปรรูปเป็นน้ำมันสังเคราะห์ด้วยเครื่องปฏิกรณ์ไพโรไลซิสต้นแบบ (Prototype) ของบริษัทฯ ที่สร้างขึ้น ณ ศูนย์เชื้อเพลิงและพลังงานจากชีวมวล ศูนย์สระบุรี โครงการพัฒนาที่ดินของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย จังหวัดสระบุรี

4.3 การแปรรูปขยะพลาสติกเป็นน้ำมันสังเคราะห์ด้วยการไพโรไลซิส

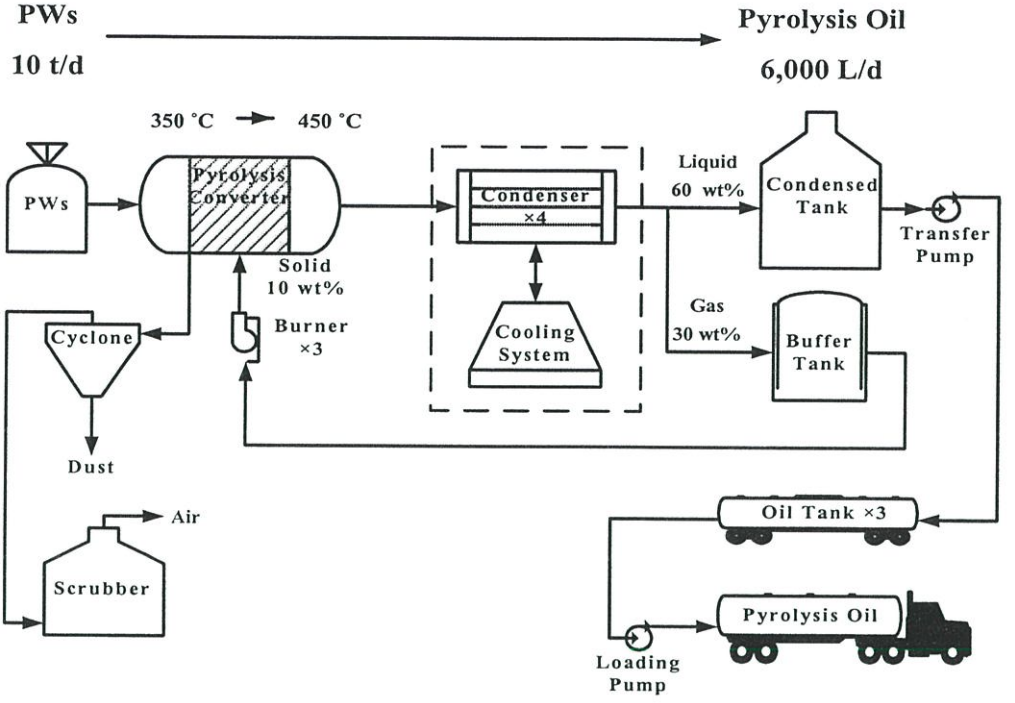
การแปรรูปขยะพลาสติกเป็นน้ำมันสังเคราะห์ด้วยเครื่องปฏิกรณ์ไพโรไลซิสต้นแบบ (Prototype) ของบริษัท อีสเทิร์น เอเนอร์จี้ พลัส จำกัด ที่สร้างขึ้น ณ ศูนย์เชื้อเพลิงและพลังงานจากชีวมวล ศูนย์สระบุรี โครงการพัฒนาที่ดินของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย จังหวัดสระบุรี ที่รวบรวมได้จากการสัมภาษณ์คุณเอกชัย จันทร์วิภาค ผู้อำนวยการ บริษัท เอกสิทธิ์ ออโตเมชั่น เทคโนโลยี จำกัด สามารถสรุปได้ดังนี้

1. ขยะพลาสติกที่ผ่านการคัดแยกโดยไม่มีการลดขนาดและไม่ผ่านการทำความสะอาดที่นำมาจากบ่อขยะในเขตองค์การบริหารส่วนตำบลแพรกษาใหม่ จังหวัดสมุทรปราการ จะถูกป้อนเข้าเครื่องปฏิกรณ์ไพโรไลซิสต้นแบบ โดยใช้อุณหภูมิทำงานประมาณ 350-450°C ภายในเครื่องปฏิกรณ์มีชุดใบพัด 9 ใบ ซึ่งถูกออกแบบเพิ่มเติมเพื่อเพิ่มการกระจายตัวของอุณหภูมิในเครื่องปฏิกรณ์และการถ่ายเทความร้อนให้แก่ขยะพลาสติก

2. ขยะพลาสติกจะแตกโมเลกุลภายในเครื่องปฏิกรณ์ไพโรไลซิสและอยู่ในสถานะแก๊สเกือบทั้งหมด จากนั้นแก๊สจะถูกควบแน่นโดยระบบควบแน่น โดยแก๊สบางส่วนที่สามารถควบแน่นได้จะกลายเป็นน้ำมันไพโรไลซิสหรือน้ำมันสังเคราะห์ (Pyrolysis Oils หรือ Synthetic Oils) และแก๊สที่เหลือที่ไม่สามารถควบแน่นได้จะกลายเป็นแก๊สเชื้อเพลิง กระบวนการแปรรูปขยะพลาสติกเป็นน้ำมันสังเคราะห์ด้วยการไพโรไลซิสและสัดส่วนผลิตผลเป็นน้ำมันสังเคราะห์ (60 wt%) แก๊สเชื้อเพลิง (30 wt%) และเชื้อเพลิงแข็ง (10 wt%) แสดงดังรูปที่ 4.4

3. ขยะพลาสติกประมาณ 10 t/d จะถูกเปลี่ยนเป็นน้ำมันสังเคราะห์จำนวน 6,000 L/d ที่มีค่าความร้อน (Heating Value) ประมาณ 10,000-11,000 kcal/kg ซึ่งโครงการจะจัดเก็บน้ำมันสังเคราะห์ไว้ในถังเก็บน้ำมัน (Tank Farm) เพื่อรอการนำไปขายหรือใช้เป็นน้ำมันเชื้อเพลิงสำหรับโครงการต่อไป สำหรับแก๊สเชื้อเพลิงที่สังเคราะห์ได้จะถูกนำไปใช้ทดแทนแก๊สหุงต้ม (Liquefied Petroleum Gas: LPG) ในกระบวนการให้ความร้อนของเครื่องปฏิกรณ์ไพโรไลซิส และผลิตภัณฑ์ของแข็งที่เกิดขึ้นจากกระบวนการจะถูกนำออกจากเครื่องปฏิกรณ์เมื่อเดินระบบครบทุก 20 วันและถูกนำกลับมาใช้เป็นเชื้อเพลิงแก่เครื่องปฏิกรณ์ควบคู่กับไม้

4. น้ำมันสังเคราะห์ที่ได้จากการไพโรไลซิสสามารถนำไปปรับปรุงคุณภาพได้เป็นน้ำมันดีเซล (50 wt%) แนฟทา (40 wt%) และน้ำมันก๊าด (10 wt%)



รูปที่ 4.4 การแปรรูปขยะพลาสติกเป็นน้ำมันสังเคราะห์ด้วยการไพโรไลซิส

4.4 การประเมินผลกระทบเชิงบวกและลบของโครงการต่อสิ่งแวดล้อมเพื่อการยอมรับของประชาชนในพื้นที่และชุมชนใกล้เคียง

การประเมินผลกระทบเชิงบวกและลบของการศึกษาความเป็นไปได้เชิงเทคนิคของการแปรรูปขยะพลาสติกเป็นพลังงานต่อสิ่งแวดล้อม จะพิจารณาจากกิจกรรมของการดำเนินโครงการทั้งในระยะก่อสร้างและระยะดำเนินการในพื้นที่บ่อขยะของพื้นที่ตำบลแพรกษาใหม่ อำเภอเมืองสมุทรปราการ จังหวัดสมุทรปราการ โดยอ้างอิงเกณฑ์การประเมินจาก “แนวทางการจัดทำรายงานการวิเคราะห์ผลกระทบสิ่งแวดล้อมสำหรับโครงการโรงไฟฟ้าพลังความร้อน”ของสำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม (2557) ซึ่งครอบคลุมการประเมินผลกระทบต่อทรัพยากรและคุณค่าสิ่งแวดล้อม 4 ด้าน ได้แก่ ทรัพยากรกายภาพ (Physical Resources) ทรัพยากรชีวภาพ (Biological Resources) คุณค่าการใช้ประโยชน์ของมนุษย์ (Human Use Values) และคุณค่าต่อคุณภาพชีวิต (Quality of Life)

การประเมินผลกระทบของโครงการต่อสิ่งแวดล้อม 4 ด้าน แสดงให้เห็นว่าการดำเนินโครงการก่อให้เกิดผลกระทบทั้งเชิงบวกและลบ (ตารางที่ 4.2) ผลกระทบเชิงลบที่มีต่อประชาชนในพื้นที่และชุมชนใกล้เคียงมักมีสาเหตุจากกิจกรรมของระยะดำเนินการหรือระยะการแปรรูปขยะพลาสติกเป็นพลังงานมากกว่ากิจกรรมของระยะก่อสร้างที่มักก่อให้เกิดผลกระทบแบบชั่วคราวกล่าวซึ่งมักเกิดในระยะเวลาอันสั้นและไม่รุนแรง ผลกระทบเชิงลบเหล่านี้สามารถป้องกันและแก้ไขได้หากมีมาตรการป้องกัน แก้ไข และติดตามตรวจสอบผลกระทบสิ่งแวดล้อม ที่เป็นไปตามหลักวิชาการและเกณฑ์มาตรฐานของกฎหมายที่เกี่ยวข้องได้กำหนดไว้

ตารางที่ 4.2 การประเมินผลกระทบของโครงการศึกษาความเป็นไปได้เชิงเทคนิคของการแปรรูปขยะพลาสติกเป็นพลังงานในระยะก่อสร้างและดำเนินการ

การประเมิน	ผลกระทบต่อโครงการ	
	ระยะก่อสร้าง	ระยะดำเนินการ
1. ทรัพยากรกายภาพ		
1) สภาพภูมิประเทศ	พื้นที่ตั้งโครงการแปรรูปขยะพลาสติกเป็นน้ำมันสังเคราะห์ด้วยการไพโรไลซิสอยู่ที่พื้นที่บ่อขยะในพื้นที่ตำบลแพรกษาใหม่ อำเภอเมืองสมุทรปราการ จังหวัดสมุทรปราการ ดังนั้นทั้งในช่วงการก่อสร้างและการดำเนินการจึงแทบไม่มีกิจกรรมใดที่ส่งผลกระทบต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิประเทศ เนื่องจากที่ตั้งโครงการเป็นพื้นที่เดิมที่ใช้เป็นสถานที่กำจัดขยะมูลฝอยอยู่แล้ว	
2) คุณภาพอากาศ	ผลกระทบเชิงลบต่อคุณภาพอากาศในระยะก่อสร้าง คือ ฝุ่นละอองและมลพิษที่เกิดจากกิจกรรมการก่อสร้างอาคาร การติดตั้งระบบการไพโรไลซิส การขนย้ายและติดตั้งเครื่องจักรและอุปกรณ์ภายในพื้นที่โครงการ เช่น - ฝุ่นละอองที่เกิดขึ้นระหว่างการก่อสร้างโดยเฉพาะงานดิน เช่น ควบคุมปริมาณฝุ่นละอองที่เกิดระหว่างการเสริมคันดินของบ่อขยะเก่าโดยการราดหรือฉีดพรมพื้นที่ก่อสร้างด้วยน้ำ จากข้อมูลของ U.S. EPA (1977) พบว่าการราดน้ำพื้นที่ก่อสร้าง 2 ครั้ง/วัน สามารถลดปริมาณฝุ่นละอองจากกิจกรรมดังกล่าวได้ 50% - ฝุ่นละอองที่เกิดขึ้นระหว่างการขนย้ายวัสดุอุปกรณ์ก่อสร้าง เช่น ระหว่างการก่อสร้างอาคารสำหรับระบบไพโรไลซิส ควรควบคุม	ผลกระทบเชิงลบต่อคุณภาพอากาศในระยะดำเนินการ คือ ฝุ่นละอองและมลพิษที่เกิดจากกิจกรรมการทำงานของเครื่องจักร เช่น รถตัก รถบรรทุก เครื่องปฏิกรณ์ไพโรไล เช่น - ฝุ่นละอองที่เกิดจากการรื้อขยะเพื่อคัดเลือกขยะพลาสติก ฝุ่นละอองอาจเกิดขึ้นระหว่างการรื้อขยะด้วยรถตักที่บ่อขยะ การขนย้ายขยะเก่าด้วยรถบรรทุกไปยังอาคารสำหรับระบบไพโรไลซิสเพื่อผลิตน้ำมันสังเคราะห์หรือแก๊สเชื้อเพลิง อย่างไรก็ตามกระบวนการดังกล่าวเกิดขึ้นห่างจากแนวเขตของโครงการ และบางกระบวนการเกิดขึ้นภายในโรงอาคาร จึงไม่มีผลกระทบต่อพื้นที่ชุมชนบริเวณใกล้เคียง - กลิ่นที่เกิดจากบ่อขยะ/การรื้อขยะที่บ่อขยะ การย่อยสลายของขยะอินทรีย์ที่มีปะปนในขยะมูลฝอยชุมชนนั้น ทำให้เกิดแก๊สชีวภาพ

การประเมิน	ผลกระทบต่อโครงการ	
	ระยะก่อสร้าง	ระยะดำเนินการ
	ให้ใช้ผ้าใบหรือพลาสติกคลุมรถบรรทุกในระหว่างการขนส่งเข้าสู่พื้นที่โครงการเพื่อลดปริมาณฝุ่น รวมถึงทำความสะอาดล้อรถบรรทุกที่ใช้ในการขนส่ง เพื่อป้องกันสิ่งแปดเปื้อนออกนอกโครงการจะช่วยกำจัดฝุ่นละอองได้ - มลพิษที่เกิดจากเครื่องจักรและอุปกรณ์ที่ใช้ในงานก่อสร้าง โดยทั่วไปมลพิษในลักษณะนี้มีไม่มาก พื้นที่โครงการมีบริเวณกว้างและส่วนใหญ่กิจกรรมก่อสร้างอยู่ห่างจากแนวเขตของโครงการ ทำให้เกิดผลกระทบน้อยมากต่อพื้นที่ชุมชนบริเวณใกล้เคียง	ซึ่งเป็นสาเหตุของกลิ่นไม่พึงประสงค์ อย่างไรก็ตามระหว่างการดำเนินการจะลดกลิ่นดังกล่าวโดยการราดน้ำหมักชีวภาพ 1 ครั้ง/วัน รวมทั้งมีการติดตั้งหัวเผาแก๊สชีวภาพเพื่อเผาทิ้ง - มลพิษที่เกิดจากระบบการไพโรไลซิส การไพโรไลซิสอาจก่อให้เกิดมลพิษทางอากาศ เช่น ฝุ่นละออง โลหะหนัก แก๊สพิษ บริษัทฯ จึงออกแบบเพิ่มเติมให้มีระบบควบคุมมลพิษทางอากาศ เช่น ไซโคลน สครับเบอร์ เพื่อกำจัดสารมลพิษดังกล่าวออกจากน้ำมันสังเคราะห์และแก๊สเชื้อเพลิงที่ได้ก่อนที่จะนำไปใช้เป็นเชื้อเพลิงสำหรับการผลิตไฟฟ้า
	สรุป – กิจกรรมระหว่างระยะก่อสร้างอาจส่งผลกระทบเชิงลบต่อคุณภาพอากาศในพื้นที่ข้างเคียง แต่สามารถควบคุมได้ถ้ามีมาตรการป้องกันและแก้ไขผลกระทบ	สรุป – กิจกรรมระหว่างระยะดำเนินการอาจส่งผลกระทบเชิงลบต่อคุณภาพอากาศในพื้นที่ข้างเคียง แต่สามารถควบคุมได้ถ้ามีการออกแบบระบบควบคุมมลพิษทางอากาศให้เป็นไปตามมาตรฐานวิศวกรรมและความปลอดภัย รวมถึงการใช้มาตรการป้องกันและแก้ไขผลกระทบสิ่งแวดล้อม
3) คุณภาพเสียง	ผลกระทบเชิงลบต่อคุณภาพเสียงในระยะก่อสร้าง คือ เสียงจากกิจกรรมการก่อสร้างอาคาร การติดตั้งระบบการไพโรไลซิส การขนย้ายและติดตั้งเครื่องจักรและอุปกรณ์ภายในพื้นที่โครงการ เช่น การ	ผลกระทบเชิงลบต่อคุณภาพเสียงในระยะดำเนินการ คือ เสียงจากกิจกรรมการทำงานของเครื่องจักร เช่น รถตัก รถบรรทุก เครื่องปฏิกรณ์ไพโรไลซิส เครื่องยนต์ดีเซล เครื่องยนต์แก๊ส

การประเมิน	ผลกระทบต่อโครงการ	
	ระยะก่อสร้าง	ระยะดำเนินการ
	ตอกเสาเข็มมีระดับเสียงประมาณ 92 dB (A) เสียงจากกิจกรรมดังกล่าวจะกระทบโดยตรงกับพนักงานในพื้นที่ปฏิบัติงานมากกว่าที่จะส่งผลกระทบต่อชุมชนในพื้นที่ข้างเคียง เนื่องจากพื้นที่โครงการมีบริเวณกว้างและตั้งห่างจากชุมชน เสียงที่เกิดขึ้นจึงแทบจะไม่มีผลกระทบต่อชุมชนในพื้นที่ข้างเคียง	เสียงจากกิจกรรมดังกล่าวจะกระทบโดยตรงกับพนักงานในพื้นที่ปฏิบัติงานมากกว่าที่จะส่งผลกระทบต่อชุมชนในพื้นที่ข้างเคียง เนื่องจากพื้นที่โครงการมีบริเวณกว้างและตั้งห่างจากชุมชน เสียงที่เกิดขึ้นจึงแทบจะไม่มีผลกระทบต่อชุมชนในพื้นที่ข้างเคียง
	สรุป – กิจกรรมระหว่างระยะก่อสร้างอาจส่งผลกระทบเชิงลบต่อคุณภาพเสียงในพื้นที่ข้างเคียง แต่สามารถควบคุมได้ถ้ามีมาตรการป้องกันและแก้ไขผลกระทบสิ่งแวดล้อม	สรุป – กิจกรรมระหว่างระยะดำเนินการอาจส่งผลกระทบเชิงลบต่อคุณภาพเสียงในพื้นที่ข้างเคียง แต่สามารถควบคุมได้ถ้ามีมาตรการป้องกันและแก้ไขผลกระทบสิ่งแวดล้อม
4) คุณภาพน้ำ	ผลกระทบเชิงลบต่อคุณภาพน้ำในระยะก่อสร้าง คือ การปนเปื้อนของน้ำเสียที่เกิดขึ้นจากกิจกรรมในระยะก่อสร้าง (เช่น น้ำเสียจากการใช้น้ำของแรงงาน น้ำเสียที่เกิดจากการฉีดน้ำเพื่อป้องกันฝุ่นละอองและการฉีดล้างล้อรถบรรทุก) สู่แหล่งน้ำใกล้เคียงซึ่งอาจทำให้แหล่งน้ำผิวดินขุ่นและอาจส่งผลต่อระบบนิเวศในน้ำ น้ำเสียจากกิจกรรมดังกล่าวจะเกิดขึ้นภายในระยะเวลาการก่อสร้างเท่านั้น จึงแทบจะไม่มีผลกระทบต่อชุมชนและระบบนิเวศในพื้นที่ข้างเคียง	ผลกระทบเชิงลบต่อคุณภาพน้ำในระยะดำเนินการ คือ การปนเปื้อนของน้ำเสียที่เกิดขึ้นจากกิจกรรมในระยะดำเนินการ เช่น น้ำชะขยะ น้ำเสียจากระบบควบคุมมลพิษทางอากาศของระบบการไพโรไลซิส น้ำเสียจากกิจกรรมดังกล่าวจะถูกบำบัดด้วยระบบบำบัดน้ำเสียที่ติดตั้งอยู่ภายในโครงการก่อนที่จะนำกลับมาใช้ใหม่ภายในพื้นที่โครงการ จึงกล่าวได้ว่าน้ำเสียที่เกิดขึ้นนี้จะไม่ส่งผลกระทบต่อชุมชนและระบบนิเวศในพื้นที่ข้างเคียง

การประเมิน	ผลกระทบต่อโครงการ	
	ระยะก่อสร้าง	ระยะดำเนินการ
	สรุป – กิจกรรมระหว่างระยะก่อสร้างอาจส่งผลกระทบเชิงลบต่อคุณภาพน้ำในพื้นที่ข้างเคียง แต่สามารถควบคุมได้ถ้ามีมาตรการป้องกันและแก้ไขผลกระทบสิ่งแวดล้อม	สรุป – กิจกรรมระหว่างระยะดำเนินการส่งผลกระทบเชิงลบต่อคุณภาพน้ำในพื้นที่ข้างเคียง แต่สามารถควบคุมได้ถ้ามีการออกแบบระบบควบคุมมลพิษทางอากาศให้เป็นไปตามมาตรฐานวิศวกรรมและความปลอดภัย รวมถึงการใช้มาตรการป้องกันและแก้ไขผลกระทบสิ่งแวดล้อม
2. ทรัพยากรชีวภาพ		
1) สภาพนิเวศวิทยาทางบก	พื้นที่โครงการเป็นบ่อขยะเก่าในพื้นที่ตำบลแพรกษาใหม่ซึ่งมีบริเวณกว้างและมีการปลูกต้นไม้เป็นแนวขอบของพื้นที่อยู่แล้ว ดังนั้นจึงแทบจะไม่มีผลกระทบต่อสภาพนิเวศวิทยาทางบกทั้งในช่วงการก่อสร้างและการดำเนินการ	
2) สภาพนิเวศวิทยาทางน้ำ	ผลกระทบเชิงลบต่อสภาพนิเวศวิทยาทางน้ำในระยะก่อสร้าง คือ น้ำเสียจากกิจกรรมต่างๆ เช่น การใช้น้ำของแรงงาน การขุด การเจาะ หากกิจกรรมเหล่านี้อยู่ใกล้แหล่งน้ำจะมีผลต่อคุณภาพน้ำผิวดิน เช่น ความขุ่นของน้ำสูงขึ้น และส่งผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตในน้ำที่เคลื่อนที่ช้า เช่น แพลงก์ตอนพืช แพลงก์ตอนสัตว์ แต่ส่งผลกระทบต่ำต่อสัตว์เคลื่อนที่เร็ว เช่น ปลา น้ำเสียจากกิจกรรมดังกล่าวจะเกิดขึ้นภายในระยะเวลาการก่อสร้างเท่านั้น จึงแทบจะไม่มีผลกระทบต่อสภาพนิเวศวิทยาทางน้ำ	ผลกระทบเชิงลบต่อสภาพนิเวศวิทยาทางน้ำในระยะดำเนินการ คือ น้ำเสียจากกิจกรรมต่างๆ เช่น น้ำชะขยะ น้ำเสียจากระบบควบคุมมลพิษทางอากาศของระบบการไพโรไลซิส จะถูกบำบัดจนมีคุณภาพอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้งตามที่หน่วยงานราชการที่เกี่ยวข้องกำหนด และไม่มีการระบายออกสู่ภายนอกพื้นที่โครงการ ดังนั้นคาดว่าผลกระทบที่อาจเกิดขึ้นต่อสภาพนิเวศวิทยาทางน้ำจะอยู่ในระดับที่ต่ำ

การประเมิน	ผลกระทบต่อโครงการ	
	ระยะก่อสร้าง	ระยะดำเนินการ
	สรุป – กิจกรรมระหว่างระยะก่อสร้างอาจส่งผลกระทบเชิงลบต่อสภาพนิเวศวิทยาทางน้ำในพื้นที่ข้างเคียง แต่สามารถควบคุมได้ถ้ามีมาตรการป้องกันและแก้ไขผลกระทบสิ่งแวดล้อม	สรุป – กิจกรรมระหว่างระยะดำเนินการส่งผลกระทบเชิงลบต่อสภาพนิเวศวิทยาทางน้ำในพื้นที่ข้างเคียง แต่สามารถควบคุมได้ถ้ามีการออกแบบระบบควบคุมมลพิษทางน้ำให้เป็นไปตามมาตรฐานวิศวกรรมและความปลอดภัย รวมถึงการใช้มาตรการป้องกันและแก้ไขผลกระทบสิ่งแวดล้อม
3. คุณค่าการใช้ประโยชน์ของมนุษย์		
การคมนาคมขนส่ง	ผลกระทบเชิงลบต่อการคมนาคมขนส่งในระยะก่อสร้าง คือ ความคล่องตัวของการจราจรทั้งภายในและภายนอกโครงการ เนื่องจากต้องใช้รถบรรทุกขนาดใหญ่สำหรับขนส่งวัสดุก่อสร้าง เครื่องมือ เครื่องจักรอุปกรณ์ รวมถึงอาจมีการเกิดอุบัติเหตุจากการขนส่ง เสียงดัง ฝุ่นละอองจากรถบรรทุก หรือถนนชำรุด ปัญหาดังกล่าวเป็นเพียงผลกระทบระยะสั้นในช่วงระยะก่อสร้างและเป็นผลกระทบในระดับต่ำมาก	ผลกระทบเชิงลบต่อการคมนาคมขนส่งในระยะดำเนินการ คือ การใช้รถบรรทุกคอนเทนเนอร์ขนส่งขยะมูลฝอยเพื่อมากำจัดในพื้นที่โครงการ แต่ปัญหาดังกล่าวสามารถแก้ไขได้โดยเลี่ยงช่วงเวลาที่มีการจราจรหนาแน่น เช่น ช่วงเวลาเช้าและเย็น จึงคาดว่าจะไม่ทำให้เกิดการจราจรติดขัด
	สรุป – กิจกรรมระหว่างระยะก่อสร้างอาจส่งผลกระทบเชิงลบต่อการคมนาคมขนส่งในพื้นที่ข้างเคียง แต่สามารถควบคุมได้ถ้ามีมาตรการป้องกันและแก้ไขผลกระทบสิ่งแวดล้อม	สรุป – กิจกรรมระหว่างระยะดำเนินการอาจส่งผลกระทบเชิงลบต่อการคมนาคมขนส่งในพื้นที่ข้างเคียง แต่สามารถควบคุมได้ถ้ามีมาตรการป้องกันและแก้ไขผลกระทบสิ่งแวดล้อม

การประเมิน	ผลกระทบต่อโครงการ	
	ระยะก่อสร้าง	ระยะดำเนินการ
4. คุณค่าต่อคุณภาพชีวิต		
1) เศรษฐกิจและสังคม	ผลกระทบทางบวกต่อเศรษฐกิจในระยะก่อสร้าง คือ การจ้างงานจากแรงงานท้องถิ่น และอาจก่อให้เกิดผลกระทบต่อสังคมในลักษณะของการอพยพย้ายถิ่นแบบชั่วคราวของแรงงาน ดังนั้นจึงไม่ก่อให้เกิดผลกระทบต่อสภาพความเป็นอยู่และพฤติกรรมทางสังคมแต่อย่างใด	ผลกระทบทางบวกต่อเศรษฐกิจในระยะดำเนินการ คือ การจ้างงานจากแรงงานท้องถิ่น รวมถึงผลกระทบทางบวกต่อสังคมโดยอ้อม คือ การปรับปรุงมลพิษทางทัศนียภาพของพื้นที่บ่อขยะให้เป็นพื้นที่สีเขียว ทำให้พื้นที่ที่อยู่โดยรอบสถานที่ที่กำจัดมูลฝอยมีมูลค่าสูงขึ้น
	สรุป – กิจกรรมระหว่างระยะก่อสร้างไม่ก่อให้เกิดผลกระทบที่มีนัยสำคัญเชิงลบต่อเศรษฐกิจและสังคม	สรุป – กิจกรรมระหว่างระยะดำเนินการส่งผลกระทบเชิงบวกที่มีนัยสำคัญต่อเศรษฐกิจและสังคม
2) การสาธารณสุข	ผลกระทบเชิงลบต่อการสาธารณสุขที่อาจเกิดขึ้นเป็นผลกระทบต่อเนื่องจากทรัพยากรกายภาพ ทรัพยากรชีวภาพ และคุณค่าการใช้ประโยชน์ของมนุษย์ แต่สามารถควบคุมได้ถ้ามีมาตรการป้องกันและแก้ไขผลกระทบสิ่งแวดล้อม 3 ลำดับ ข้างต้น	
สรุป	การประเมินผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมทั้ง 4 ด้าน พบว่ามีทั้งผลกระทบเชิงบวกและลบ โดยสามารถกำหนดแนวทาง/มาตราการป้องกันและแก้ไขผลกระทบเชิงลบในระหว่างระยะการดำเนินงานและ/หรือการก่อสร้าง	

หมายเหตุ 1. ระยะก่อสร้างหรือระยะก่อนการติดตั้งระบบการผลิตพลังงาน มักก่อให้เกิดผลกระทบแบบชั่วคราวกล่าวคือเกิดในระยะเวลาอันสั้นและไม่รุนแรง

2. ระยะดำเนินการ มักก่อให้เกิดผลกระทบแบบถาวรจึงต้องกำหนดแนวทาง/มาตราการป้องกันและแก้ไขสาเหตุที่ทำให้เกิดผลกระทบดังกล่าว

4.5 การเสนอแนะแนวทางตลอดจนมาตรการป้องกันและแก้ไขผลกระทบเชิงลบ

แนวทางตลอดจนมาตรการป้องกันและแก้ไขผลกระทบเชิงลบซึ่งอาจจะเกิดขึ้นจากกิจกรรมการดำเนินโครงการทั้งในระยะก่อสร้างและระยะดำเนินการของการศึกษาความเป็นไปได้เชิงเทคนิคของการแปรรูปขยะพลาสติกเป็นพลังงานต่อสิ่งแวดล้อมนั้น ให้กำหนดตามผลได้จากการประเมินผลกระทบเชิงลบของโครงการข้อ 4.4 ดังแสดงในตารางที่ 4.3 โดยควรยึดแนวปฏิบัติให้ได้มาตรฐานหรือเป็นไปตามกฎหมายที่เกี่ยวข้องได้กำหนดไว้

ตารางที่ 4.3 แนวทางตลอดจนมาตรการป้องกันและแก้ไขผลกระทบเชิงลบของโครงการศึกษาความเป็นไปได้เชิงเทคนิคของการแปรรูปขยะพลาสติกเป็นพลังงานในระยะก่อสร้างและดำเนินการ

ลำดับการประเมิน	มาตรการป้องกันและแก้ไขผลกระทบเชิงลบ	
	ระยะก่อสร้าง	ระยะดำเนินการ
1. ทรัพยากรกายภาพ		
1) สภาพภูมิประเทศ	ไม่มี เนื่องจากที่ตั้งโครงการเป็นพื้นที่เดิมของสถานที่กำจัดขยะมูลฝอยอยู่แล้ว จึงไม่ส่งผลกระทบเชิงลบต่อสภาพภูมิประเทศ	
2) คุณภาพอากาศ	การควบคุมปริมาณฝุ่นละอองที่เกิดขึ้นจากการก่อสร้าง เช่น การฉีดพรมน้ำบริเวณสถานที่ก่อสร้าง 2 ครั้ง/วัน หรือการใช้ผ้าใบหรือพลาสติกคลุมรถบรรทุกให้มิดชิดระหว่างขนย้ายวัสดุ อุปกรณ์เครื่องจักร	- การลดกลิ่นไม่พึงประสงค์จากแก๊สชีวภาพที่เกิดขึ้นจากบ่อขยะ เช่น การราดน้ำหมักชีวภาพ 1 ครั้ง/วัน หรือการติดตั้งหัวเผาแก๊สชีวภาพเพื่อเผาทิ้ง - การควบคุมมลพิษที่เกิดจากการไพโรไลซิส เช่น ฝุ่นละออง น้ำมันดิน โลหะหนัก แก๊สพิษ โดยติดตั้งระบบไซโคลนเพื่อดักจับฝุ่นละออง ระบบดูดซับเพื่อดักจับโลหะหนัก ระบบสครับเบอร์เพื่อดักจับแก๊สพิษ
3) คุณภาพเสียง	- การป้องกันเสียงออกไปภายนอกโครงการ เช่น การปลูกแนวรั้วต้นไม้รอบโครงการเพื่อดูดซับเสียงที่เกิดขึ้นจากการขนย้ายและติดตั้งอุปกรณ์หรือเครื่องจักรเพียง - กิจกรรมที่ก่อให้เกิดเสียงดังให้ปฏิบัติงานเฉพาะเวลากลางวัน	การป้องกันเสียงออกไปภายนอกโครงการ เช่น การปลูกแนวรั้วต้นไม้รอบโครงการเพื่อดูดซับเสียงที่เกิดขึ้นจากการทำงานของเครื่องจักร เช่น รถตัก รถบรรทุก เครื่องปฏิกรณ์ไพโรไลซิส
4) คุณภาพน้ำ	ควบคุมการระบายน้ำเสียออกสู่ภายนอกพื้นที่โครงการ	ติดตั้งบ่อบำบัดน้ำเสียให้มีคุณภาพอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้งตามที่หน่วยงานราชการที่เกี่ยวข้องกำหนด ตรวจสอบมาตรฐานน้ำทิ้งอย่างสม่ำเสมอ และไม่มีการระบายออกสู่ภายนอกพื้นที่
2. ทรัพยากรชีวภาพ		
1) สภาพนิเวศวิทยาทางบก	ไม่มี เนื่องจากที่ตั้งโครงการเป็นพื้นที่เดิมของสถานที่กำจัดขยะมูลฝอยอยู่แล้ว จึงไม่ส่งผลกระทบเชิงลบต่อสภาพนิเวศวิทยาทางบก	

ลำดับการประเมิน	มาตรการป้องกันและแก้ไขผลกระทบเชิงลบ	
	ระยะก่อสร้าง	ระยะดำเนินการ
2) สภาพนิเวศวิทยาทางน้ำ	ควบคุมการระบายน้ำเสียออกสู่ภายนอกพื้นที่โครงการ	ติดตั้งบ่อบำบัดน้ำเสียให้มีคุณภาพอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้งตามที่หน่วยงานราชการที่เกี่ยวข้องกำหนด ตรวจสอบมาตรฐานน้ำทิ้งอย่างสม่ำเสมอ และไม่มีการระบายออกสู่ภายนอกพื้นที่
3. คุณค่าการใช้ประโยชน์ของมนุษย์		
การคมนาคมขนส่ง	การแจ้งวันเวลาขนส่งวัสดุ อุปกรณ์ เครื่องจักรล่วงหน้า เพื่อให้ลดความไม่คล่องตัวของการจราจรที่เกิดจากการใช้รถบรรทุกขนาดใหญ่	การใช้รถบรรทุกขนาดใหญ่โดยในช่วงเวลาที่มีการจราจรเบาบาง เพื่อให้เพิ่มความคล่องตัวของการจราจร
4. คุณค่าต่อคุณภาพชีวิต		
1) เศรษฐกิจและสังคม	ไม่มี เนื่องจากไม่มีผลกระทบเชิงลบต่อเศรษฐกิจและสังคม	
2) การสาธารณสุข	ไม่มี เนื่องจากไม่มีผลกระทบเชิงลบต่อสุขภาพของประชาชน	

หมายเหตุ 1. ระยะก่อสร้าง กำหนดให้สถานที่ดำเนินการ คือ บริเวณเขตก่อสร้าง ระยะเวลาดำเนินการ คือ ตลอดระยะก่อสร้าง และผู้รับผิดชอบ คือ ผู้รับเหมาก่อสร้างภายใต้การกำกับดูแลของบริษัท อีสเทิร์น เอเนอร์จี้ พลัส จำกัด

2. ระยะดำเนินการ กำหนดให้สถานที่ดำเนินการ คือ บริเวณระบบการแปรรูปขยะพลาสติกเป็นน้ำมันสังเคราะห์ด้วยการไพโรไลซิส ระยะเวลาดำเนินการ คือ ระยะดำเนินการ และผู้รับผิดชอบ คือ บริษัท อีสเทิร์น เอเนอร์จี้ พลัส จำกัด

บทที่ 5
สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการศึกษา

การศึกษาความเป็นไปได้เชิงเทคนิคของการแปรรูปขยะพลาสติกเป็นพลังงานในปริญญานิพนธ์นี้ เป็นส่วนหนึ่งของโครงการศึกษาความเป็นไปได้เชิงเทคนิคของโรงไฟฟ้าที่ใช้พลังงานจากขยะพลาสติก (Technical Feasibility Study of an Electrical Power Plant from Plastic Wastes) ภายใต้การสนุนจากสภาวิศวกร ประเภททุนสนับสนุนโครงการศึกษาเพื่อการพัฒนาวิชาชีพวิศวกรรม 2558 โครงการนี้เป็นความร่วมมือกับบริษัท อีสเทิร์น เอเนอร์จี้ พลัส จำกัด

1. ขยะพลาสติกที่ใช้ในการศึกษา คือ ขยะพลาสติกที่คัดแยกจากบ่อขยะมูลฝอยชุมชนในเขตองค์การบริหารส่วนตำบลแพรกษาใหม่ จังหวัดสมุทรปราการ ซึ่งบริหารจัดการโดยบริษัท อีสเทิร์น เอเนอร์จี้ พลัส จำกัด และเป็นขยะที่ไม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์หรือหมดสภาพการนำกลับไปรีไซเคิล และเมื่อใช้สมการถดถอยในการคาดการณ์ปริมาณขยะพลาสติกล่วงหน้าในระยะเวลา 10 ปี พบว่าขยะพลาสติกมีปริมาณเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องเป็นสัดส่วนตามปริมาณของขยะมูลฝอยชุมชนที่เพิ่มขึ้นตามการเพิ่มขึ้นของจำนวนประชากร การเติบโตของเศรษฐกิจ และการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมการบริโภค

2. คาดการณ์ว่ามีปริมาณขยะพลาสติกในพื้นที่บ่อขยะประมาณ 0.86 Mt และมีศักยภาพเพียงพอสำหรับการนำไปแปรรูปเป็นพลังงาน

3. ขยะพลาสติก 10 t/d สามารถแปรรูปเป็นน้ำมันสังเคราะห์ได้ 6,000 L/d (60 wt%) และมีค่าความร้อนประมาณ 10,000-11,000 kcal/kg

4. น้ำมันสังเคราะห์ที่ได้จากการไพโรไลซิสสามารถนำไปปรับปรุงคุณภาพได้เป็นน้ำมันดีเซล (50 wt%) แนฟทา (40 wt%) และน้ำมันก๊าด (10 wt%) โดยสามารถ ใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิงในการผลิตไฟฟ้าต่อไปในอนาคตได้

5. การแปรรูปขยะพลาสติกเป็นพลังงานด้วยการไพโรไลซิส ส่งผลกระทบเชิงลบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยกว่าการจัดการขยะแบบดั้งเดิมที่ไม่ถูกหลักวิชาการ เช่น การเทกองขยะแบบกลางแจ้ง การเผาขยะแบบกลางแจ้ง โดยเฉพาะถ้ามีการออกแบบระบบไพโรไลซิสพร้อมระบบควบคุมและบำบัดมลพิษ เช่น ไซโคลน สครับเบอร์ จะเป็นทางเลือกที่เหมาะสมกับการจัดการปัญหาขยะพลาสติกที่สะสมตกค้าง

5.2 ข้อเสนอแนะ

1. ควรศึกษาเกี่ยวกับตลาดสำหรับน้ำมันสังเคราะห์ที่แปรรูปมาจากขยะพลาสติก รวมถึงนโยบายสนับสนุนเพื่อสร้างแรงจูงใจ

2. ควรศึกษาการใช้น้ำมันสังเคราะห์ที่ได้จากการแปรรูปขยะพลาสติกในการผลิตไฟฟ้าของโรงไฟฟ้า รวมถึงติดตามผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่อาจจะเกิดขึ้น

3. ควรศึกษาความเป็นไปได้เชิงเศรษฐศาสตร์ในการสังเคราะห์น้ำมันไพโรไลซิสจากขยะพลาสติกในการผลิตแบบต่อเนื่องเชิงพาณิชย์ โดยการใช้เชื้อเพลิงแข็งและแก๊สเชื้อเพลิงที่เกิดจากปฏิกิริยาเป็นเชื้อเพลิงในการให้ความร้อน

บรรณานุกรม

กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. 2548. **รายงานหลักโครงการลดการใช้พลาสติกและโฟม.** [Online]: http://infofile.pcd.go.th/waste/project_pasaticRpt.pdf?CFID=1435600&CFTOKEN=51336261

กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. 2551. **คู่มือแนวทางการลด คัดแยกและใช้ประโยชน์ขยะมูลฝอย สำหรับอาสาสมัครพิทักษ์ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมหมู่บ้าน.** [Online]: http://infofile.pcd.go.th/waste/waste_reduce_volunteer.pdf?CFID=4126672&CFTOKEN=54785143

กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. 2554. **คู่มือการจัดการขยะมูลฝอยและเทคโนโลยีการแปรรูปขยะมูลฝอยให้เป็นพลังงานสำหรับท้องถิ่น.** [Online]: http://infofile.pcd.go.th/waste/WTEmanual.pdf?CFID=15322803&CFTOKEN=11464948

กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. 2557. **Roadmap การจัดการขยะมูลฝอยและของเสียอันตราย.** [Online]: http://infofile.pcd.go.th/waste/Roadmapbook.pdf?CFID=4126672&CFTOKEN=54785143

กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. 2558. **รายงานสถานการณ์มลพิษของประเทศไทย พ. ศ. 2557.** [Online]: http://infofile.pcd.go.th/mgt/pcdreport_Pollution2557.pdf?CFID=4126672&CFTOKEN=54785143

กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. มปป. **เอกสารการบรรยายเรื่องเทคโนโลยีในการจัดการขยะมูลฝอย.** [Online]: http://prachuapkhirikhan.mnre.go.th/download/pan59/Presentation%20technology%20new.pdf

กรวิกา วงษ์ผาบ กฤษณพล เสิกภูเขียว และกัญญาวีร์ อุ่นเสือ. 2553. **การแตกตัวของพลาสติกที่ใช้แล้วชนิดพอลิโพรพิลีนและพอลิเอทิลีนความหนาแน่นสูงด้วย USY ซีโอไลต์.** ปริญญานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

คำแถลงนโยบายของคณะรัฐมนตรี พลเอก ประยุทธ์ จันทร์โอชา นายกรัฐมนตรี แถลงต่อสภานิติบัญญัติแห่งชาติ วันศุกร์ที่ 12 กันยายน 2557. 12 กันยายน 2557. **ราชกิจจานุเบกษา.** เล่ม 131 ตอนพิเศษ 180 ง [Online]: http://www.ratchakitcha.soc.go.th/DATA/PDF/2557/E/180/1.PDF

จุไรรัตน์ ระงับพิศม์ ไพศาล นาคพิพัฒน์ และสันติ วัฒนานุสรณ์. 2543. ผลกระทบของพอลิโพรไพลีนและพอลิสไตรีนที่มีต่อการสลายตัวด้วยความร้อนของไฮเดนซิตี้พอลิเอทิลีน. **วิศวกรรมสาร มข;**27(3):21-39.

ธัญญ์พิชชา เอกบุศย์ ประเสริฐ เรียบร้อยเจริญ และวลัยรัตน์ อุตตมะปรากรม. 2557. การศึกษาศักยภาพการผลิตน้ำมันเชื้อเพลิงจากขยะพลาสติกในประเทศไทย. **วารสารวิจัยพลังงาน**; 11(1)38-49.

ปิยะนาถ สมมณี และพิณเทพ เศรษฐโภคิน. 2556. เทคโนโลยีการผลิตพลังงานจากขยะมูลฝอยชุมชน. **วารสารสมาคมวิศวกรรมเคมีและเคมีประยุกต์แห่งประเทศไทย**;3:100-105.

พระราชบัญญัติการสาธารณสุข (ฉบับที่ 2) พ.ศ. 2550. 27 มิถุนายน 2550. **ราชกิจจานุเบกษา.** เล่ม 124 ตอนที่ 28ก [Online]: http://www.ratchakitcha.soc.go.th/DATA/PDF/2550/A/028/1.PDF

ระเบียบสำนักนายกรัฐมนตรี ว่าด้วยการจัดระบบบริหารจัดการขยะมูลฝอยของประเทศ พ.ศ. 2557. 25 กันยายน 2557. **ราชกิจจานุเบกษา.** เล่ม 131 ตอนพิเศษ 189 ง [Online]: http://www.ratchakitcha.soc.go.th/DATA/PDF/2557/E/189/1.PDF

ศิริรัตน์ จิตการค้า. 2552. **จากขยะสู่น้ำมัน เทคโนโลยีผลิตพลังงานทางเลือกที่ดูแลสิ่งแวดล้อม.** กรุงเทพฯ : วิทยาลัยปิโตรเลียมและปิโตรเคมี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ศุลีพร แสงกระจ่าง ปัทมา พลอยสว่าง และปริณดา พรหมหิตาธร. 2556. ผลกระทบของพลาสติกต่อสุขภาพและสิ่งแวดล้อม. **วารสารพิษวิทยาไทย**;28:39-50. [Online]: http://www.thaitox.org/media/upload/file/Journal/2013-1/04aricle.pdf

สำนักข่าวแห่งชาติ กรมประชาสัมพันธ์. 2558. ประเทศไทยมีปริมาณขยะพลาสติกและโฟมมากถึง 2.7 ล้านตัน ซึ่งเป็นสาเหตุหนึ่งของภาวะโลกร้อน. [Online]: http://nwnt.prd.go.th/centerweb/News/NewsDetail?NT01_NewsID=TNICT5808110010002

สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. 2557. **แนวทางการจัดทำรายงานการวิเคราะห์ผลกระทบสิ่งแวดล้อมสำหรับโครงการโรงไฟฟ้าพลังความร้อน.** [Online]: http://www.onep.go.th/eia/images/6interest/eneegyupdate.pdf

สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน กระทรวงพลังงาน. 2551. แปลงขยะพลาสติกไร้ค่าเป็นน้ำมันทางออกวิกฤติพลังงาน. **วารสารนโยบายพลังงาน**;80:8-12.

สำนักจัดการคุณภาพน้ำ กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. 2557. **เปลี่ยน "ขยะพลาสติก" ให้เป็นน้ำมัน.** [Online]: http://wqm.pcd.go.th/water/images/agriculture/journal/2557/pyrolysis.pdf

องค์การบริหารส่วนตำบลแพรกษาใหม่. 2555. **แผนพัฒนาสามปี (พ.ศ. 2559-2561) ขององค์การบริหารส่วนตำบลแพรกษาใหม่.** [Online]: http://www.preakasamai.go.th/panpatanatongtin/panpatana3y/panpattana3y59-61(1).pdf

Angyal A., Miskolczi N., Bartha L. and Valkai I. 2009. Catalytic cracking of polyethylene waste in horizontal tube reactor. **Polymer Degradation Stability**;94:1678–1683.

Grieken RV., Serrano DP., Aguado J., Garcia R. and Rojo C. 2001. Thermal and catalytic cracking of polyethylene under mild conditions. **Journal of Analytical and Applied Pyrolysis;**58-59:127-142.

Maximino R.I.M.S. 2013. **Pyrolysis of Biomass Residues in a Screw Reactor.** Master of Science Degree in Mechanical Engineering, *Instituto Superior Técnico,* University of Lisbon. [Online]: https://fenix.tecnico.ulisboa.pt/downloadFile/395146017997/mestrado_ricardo.pdf

Outotec. 2016. **Fluidized Bed.** [Online]: http://www.outotec.com/en/About-us/Our-technologies/Fluidized-bed/

Panda AK., Singh RK., and Mishra DK. 2010. Thermolysis of waste plastics to liquid fuel: A suitable method for plastic waste management and manufacture of value added products-A world prospective. **Renewable and Sustainable Energy Reviews;**14(1)233-248.

Scheirs J. and Kaminsky W. 2006. **Feedstock Recycling and Pyrolysis of Waste Plastics: Converting Waste Plastics into Diesel and Other Fuels.** John Wiley & Sons Ltd., Chichester

United Nations Environment Programme (UNEP). 2009. **Converting Waste Plastics into a Resource: Compendium of Technologies.** [Online]: http://www.unep.org/ietc/Portals/136/Publications/Waste%20Management/WastePlasticsEST_Compendium.pdf

World Bank. 2009. **What a Waste: May 1999 Solid Waste Management in Asia.** [Online]: http://www.worldbank.org/urban/solid_wm/erm/CWG%20folder/uwp1.pdf

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก
บทความวิชาการ

การศึกษาความเป็นไปได้เชิงเทคนิคในการแปรรูปขยะพลาสติกเป็นพลังงาน

Technical Feasibility Study of Energy Recovery from Plastic Wastes

จิราภรณ์ คงจันทร์ ฉัตรเทพ สายโสภา พลาวุธ เมืองแมน และวรากร ลิ้มศิริ
ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
1 ซอย ฉลองกรุง 1 ลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร 10520 โทรศัพท์ 02-329-8000 ต่อ 3925 E-Mail: jirap_kongchan@hotmail.com

บทคัดย่อ

ขยะพลาสติกเป็นประเด็นสำคัญของการจัดการขยะมูลฝอยชุมชนในประเทศไทย โดยทั่วไปแล้วปริมาณสะสมของขยะพลาสติกคิดเป็นหนึ่งในห้าของขยะมูลฝอยชุมชนซึ่งเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องตามการเพิ่มจำนวนประชากรและการเติบโตของเศรษฐกิจ ตลอดจนการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมการบริโภค การศึกษานี้เสนอทางเลือกในการใช้เทคโนโลยีไพโรไลซิสเพื่อแปรรูปขยะพลาสติกเป็นพลังงานและเพื่อลดผลกระทบเชิงลบจากการจัดการขยะมูลฝอยที่ไม่ถูกหลักวิชาการ เช่น การเทกองขยะแบบกลางแจ้ง การเผาขยะแบบกลางแจ้ง ข้อมูลที่ได้จากการศึกษาพบว่าในแต่ละวันการไพโรไลซิสสามารถเปลี่ยนขยะพลาสติกจำนวน 10 ตัน เป็นน้ำมันสังเคราะห์ประมาณ 6,000 ลิตร ซึ่งสามารถนำไปปรับปรุงคุณภาพได้เป็นน้ำมันดีเซล (ร้อยละ 50 โดยน้ำหนัก) แนฟทา (ร้อยละ 40 โดยน้ำหนัก) และน้ำมันก๊าด (ร้อยละ 10 โดยน้ำหนัก)

คำสำคัญ: การศึกษาความเป็นไปได้ ขยะพลาสติก การแปรรูปขยะเป็นพลังงาน การไพโรไลซิส น้ำมันสังเคราะห์

Abstract

Plastic wastes have become one of the most concern issues in municipal solid waste management in Thailand. The quantity of plastic wastes are commonly accumulated as one-fifth of municipal solid wastes in which the amount have been generally increasing with the growth in population and economic development as well as the change in consumption patterns. In this work, pyrolysis technology has been proposed as an alternative approach to convert plastic wastes into energy and to minimize some negative effects possibly resulted from improper waste treatment, e.g., open dump and open burn. The data showed that pyrolysis can convert the daily throughput of 10 tonnes of plastic wastes to approximate 6,000 litres of synthetic oils which can be further refined to improve the oil quality to diesel (50 wt%), naphtha (40 wt%) and kerosene (10 wt%).

Keywords: Feasibility study, plastic wastes, energy recovery from wastes, pyrolysis, synthetic oils

1. บทนำ

ขยะมูลฝอยชุมชนที่เกิดขึ้นในปี พ.ศ. 2557 มีประมาณ 26.19 Mt หรือ 71,778t/d [1] ขยะพลาสติกซึ่งมีปริมาณหนึ่งในห้าของปริมาณขยะมูลฝอยชุมชน จะส่งผลกระทบอย่างรุนแรงต่อเศรษฐกิจ ความปลอดภัย สุขภาพ และสิ่งแวดแวดล้อม ถ้าได้รับการจัดการด้วยวิธีที่ไม่ถูกหลักวิชาการ เช่น การเทกองขยะแบบกลางแจ้ง (Open Dump) การเผาขยะแบบกลางแจ้ง (Open Burn) การจัดการขยะพลาสติกด้วยแนวทางการปฏิบัติที่เหมาะสม ได้แก่ การแปรรูปขยะพลาสติกเป็นพลังงาน (Waste-to-Energy Technology: WTE) โดยเฉพาะเทคโนโลยีไพโรไลซิส (Pyrolysis) [2] จึงเป็นทางเลือกที่น่าสนใจในการแก้ปัญหาขยะพลาสติกที่ตกค้างสะสมเป็นจำนวนมาก และยังเป็นการตอบสนองนโยบายของรัฐบาลด้านการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อม การเพิ่มความมั่นคงทางพลังงาน และการเพิ่มคุณภาพชีวิตให้แก่ชุมชนและสังคม ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ศึกษาความเป็นไปได้ของการแปรรูปขยะพลาสติกเป็นพลังงานในรูปแบบของน้ำมันสังเคราะห์ด้วยการไพโรไลซิส สำหรับใช้เป็นเชื้อเพลิงทดแทนหรือเชื้อเพลิงทางเลือกของบริษัท อีสเทิร์น เอเนอร์จี้ พลัส จำกัด

2. วิธีการศึกษา

2.1 การสืบค้นข้อมูล

1. ขยะพลาสติก สืบค้นแหล่งข้อมูลทุติยภูมิด้านปริมาณและคุณภาพของขยะพลาสติก การจัดการขยะพลาสติก และการแปรรูปขยะพลาสติกเป็นน้ำมันสังเคราะห์ จากเว็บไซต์ของกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมและกระทรวงพลังงานตามลำดับ รวมถึงเว็บไซต์อื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง รวมถึงสืบค้นแหล่งข้อมูลดังกล่าวจากหนังสือตลอดจนบทความวิชาการและบทความวิจัย

2. เทคโนโลยีเครื่องปฏิกรณ์ไพโรไลซิส สืบค้นแหล่งข้อมูลทุติยภูมิด้านเทคโนโลยีเครื่องปฏิกรณ์ไพโรไลซิสจากหนังสือตลอดจนบทความวิชาการและบทความวิจัยเกี่ยวกับการแปรรูปพลาสติกเป็นพลังงาน ตลอดจนเว็บไซต์ของหน่วยงานรัฐและหน่วยงานเอกชน

2.2 การสำรวจข้อมูลและประเมินศักยภาพของขยะพลาสติกที่มีในพื้นที่บริหารจัดการโครงการของบริษัท อีสเทิร์น เอเนอร์จี้ พลัส จำกัด

พื้นที่ทำการศึกษาความเป็นไปได้เชิงเทคนิคของการแปรรูปขยะพลาสติกเป็นพลังงานอยู่ในพื้นที่บริหารจัดการโครงการของบริษัท อีสเทิร์น เอเนอร์จี้ พลัส จำกัด ซึ่งตั้งอยู่ที่บริเวณบ่อขยะในเขตองค์การบริหารส่วนตำบลแพรกษาใหม่ จังหวัดสมุทรปราการ

การเก็บรวบรวมข้อมูลทำใน 2 ลักษณะ คือ

1. การเก็บรวบรวมข้อมูลปฐมภูมิ โดยสัมภาษณ์ผู้ที่เกี่ยวข้อง

2. การเก็บรวบรวมข้อมูลทุติยภูมิ โดยเก็บรวบรวมจากเอกสารต่างๆ เช่น รายงานของหน่วยงานภาครัฐและหน่วยงานท้องถิ่น บทความวิชาการ บทความวิจัย เว็บไซต์ของหน่วยงานภาครัฐและหน่วยงานเอกชน

ข้อมูลที่ใช้สำหรับประเมินศักยภาพของการแปรรูปขยะพลาสติกเป็นน้ำมันสังเคราะห์ในพื้นที่ทำการศึกษา ได้แก่

1. ขยะพลาสติก สำรวจข้อมูลและประเมินศักยภาพขยะพลาสติกเชิงคุณภาพและปริมาณ

2. การจัดการขยะพลาสติก สำรวจข้อมูลและประเมินการจัดการขยะพลาสติก

2.3 การแปรรูปขยะพลาสติกเป็นน้ำมันสังเคราะห์ด้วยการไพโรไลซิส

ศึกษาการแปรรูปขยะพลาสติกเป็นน้ำมันสังเคราะห์ด้วยเทคโนโลยีเครื่องปฏิกรณ์ไพโรไลซิสต้นแบบ (Prototype) ของบริษัท อีสเทิร์น เอเนอร์จี้ พลัส จำกัด ที่สร้างขึ้น ณ ศูนย์เชื้อเพลิงและพลังงานจากชีวมวล ศูนย์สระบุรี โครงการพัฒนาที่ดินของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย จังหวัดสระบุรี

2.4 การประเมินผลกระทบเชิงบวกและลบของโครงการต่อสิ่งแวดล้อมเพื่อการยอมรับของประชาชนในพื้นที่และชุมชนใกล้เคียง

การประเมินผลกระทบเชิงบวกและลบของการแปรรูปขยะพลาสติกเป็นน้ำมันสังเคราะห์ต่อสิ่งแวดล้อมเชิงบวกและลบต่อสิ่งแวดล้อม เศรษฐกิจ และสังคม ครอบคลุมการประเมินผลกระทบต่อทรัพยากรและคุณค่าสิ่งแวดล้อมทั้ง 4 ด้าน ซึ่งอาจเกิดขึ้นจากกิจกรรมการดำเนินโครงการทั้งในระยะก่อสร้างและระยะดำเนินการ ได้แก่

1. ทรัพยากรกายภาพ (Physical Resources)
2. ทรัพยากรชีวภาพ (Biological Resources)
3. คุณค่าการใช้ประโยชน์ของมนุษย์ (Human Use Values)
4. คุณค่าต่อคุณภาพชีวิต (Quality of Life)

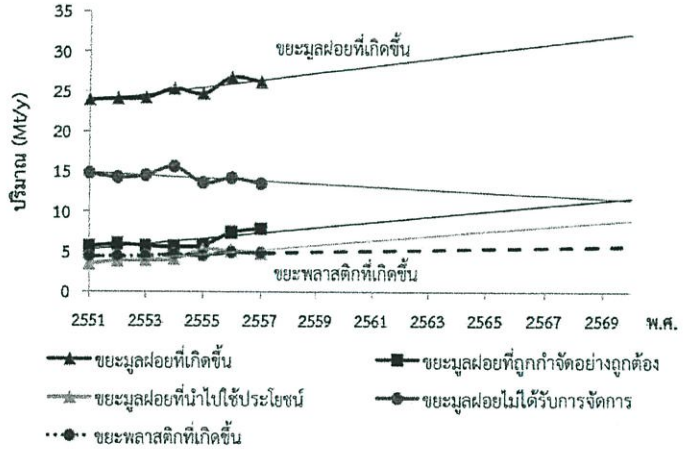
2.5 การเสนอแนะแนวทางตลอดจนมาตรการป้องกันและแก้ไขผลกระทบเชิงลบ

การเสนอแนะแนวทางตลอดจนมาตรการป้องกันและแก้ไขผลกระทบเชิงลบที่อาจจะเกิดขึ้นจากกิจกรรมการดำเนินโครงการทั้งในระยะก่อสร้างและระยะดำเนินการให้ยึดแนวปฏิบัติตามมาตรฐานหรือเป็นไปตามกฎหมายที่เกี่ยวข้องได้กำหนดไว้

3. ผลการดำเนินการศึกษาและการวิเคราะห์ผล

3.1 การคาดการณ์ปริมาณขยะมูลฝอยชุมชนและขยะพลาสติก

ขยะมูลฝอยมีปริมาณเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องตั้งแต่ปี พ.ศ. 2551 ถึง พ.ศ. 2557 [1] และเมื่อวิเคราะห์ข้อมูลเหล่านี้ด้วยวิธีการวิเคราะห์สมการถดถอยเพื่อคาดการณ์ปริมาณขยะมูลฝอยในช่วง 10 ปีข้างหน้า พบว่าในแต่ละปีขยะมูลฝอยมีปริมาณเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง (รูปที่ 3.1) โดยปกติแล้วขยะพลาสติกคิดเป็นร้อยละ 18.5 หรือประมาณหนึ่งในห้าของขยะมูลฝอยชุมชน [3] และมีปริมาณพลาสติกที่รอการกำจัดเนื่องจากเสื่อมคุณภาพหรือไม่สามารถรีไซเคิลได้ ร้อยละ 92.6 โดยส่วนใหญ่ขยะพลาสติกที่พบจากกองขยะมูลฝอยที่เกิดขึ้นในประเทศไทยมักเป็นพวกบรรจุภัณฑ์อาหารและเครื่องดื่มประเภทใช้แล้วทิ้ง เมื่อคำนวณปริมาณขยะพลาสติกที่รอการกำจัดได้ร้อยละ 17.1 จากนั้นทำการวิเคราะห์ข้อมูลขยะพลาสติกเหล่านี้ด้วยวิธีการวิเคราะห์สมการถดถอยเพื่อคาดการณ์ปริมาณขยะพลาสติกในช่วง 10 ปีข้างหน้า พบว่าในแต่ละปีขยะพลาสติกมีปริมาณเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องเช่นกัน (รูปที่ 3.1) ข้อมูลการคาดการณ์แนวโน้มปริมาณขยะพลาสติกที่ได้นี้แสดงถึงศักยภาพของการนำขยะพลาสติกไปแปรรูปเป็นพลังงาน



รูปที่ 3.1 การคาดการณ์ปริมาณขยะมูลฝอยชุมชนและขยะพลาสติกที่เกิดขึ้นในประเทศไทย โดยใช้วิธีการวิเคราะห์สมการถดถอย

3.2 การประเมินศักยภาพของขยะพลาสติกที่มีในพื้นที่บริหารจัดการโครงการของบริษัท อีสเทิร์น เอเนอร์จี้ พลัส จำกัด

พื้นที่ที่ใช้สำรวจข้อมูลและประเมินศักยภาพของขยะพลาสติกสำหรับการแปรรูปเป็นพลังงาน อยู่ในพื้นที่บริหารจัดการโครงการของบริษัท อีสเทิร์น เอเนอร์จี้ พลัส จำกัด ซึ่งตั้งอยู่ที่บริเวณบ่อขยะในเขตองค์การบริหารส่วนตำบลแพรกษาใหม่ จังหวัดสมุทรปราการ ปริมาณขยะพลาสติกในพื้นที่ศึกษาสามารถคำนวณได้จากปริมาตรบ่อขยะ (m^3) และความหนาแน่นขยะมูลฝอยชุมชนที่สุ่มตัวอย่างจากบ่อขยะ (t/m^3) แต่เนื่องจากไม่มีข้อมูลความหนาแน่นขยะมูลฝอยชุมชนที่สุ่มตัวอย่างจากบ่อขยะ จึงใช้ค่าเฉลี่ยของความหนาแน่นของกรมควบคุม

มลพิษ [4] เมื่อนำค่าความหนาแน่นไปคำนวณปริมาณขยะที่คาดการณ์ในบ่อขยะเก่าจะพบว่ามีประมาณ 4.2-5 Mt และปริมาณพลาสติกที่รอการกำจัดถึงร้อยละ 92.6 ของขยะพลาสติกทั้งหมด หรือคิดเป็นขยะพลาสติกที่มีศักยภาพสำหรับการแปรรูปเป็นพลังงานถึงร้อยละ 17.1 หรือคำนวณปริมาณขยะพลาสติกที่คาดการณ์จากพื้นที่บ่อขยะเก่า ประมาณ 0.72-0.86 Mt

3.3 การคัดแยกขยะพลาสติก

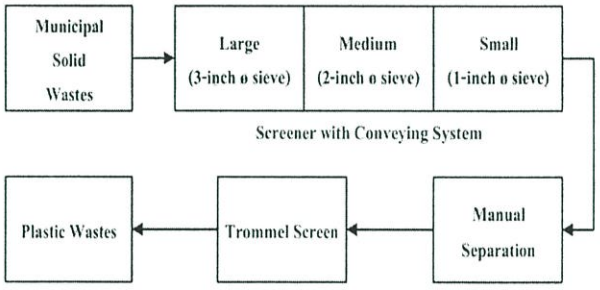
ขั้นตอนการคัดแยกขยะพลาสติกออกจากขยะมูลฝอยชุมชนในพื้นที่ที่ศึกษา (รูปที่ 3.2) ได้แก่

1. ขยะมูลฝอยชุมชนจะถูกขนส่งจากบ่อขยะมูลฝอยชุมชนเดิม (บ่อขยะเก่า) ไปยังระบบการคัดแยกด้วยรถตัก

2. ขยะมูลฝอยชุมชนที่มีขนาดเล็ก (เช่น เศษหิน เศษดิน เศษแก้ว เศษผ้า เศษไม้) จะถูกคัดแยกออกมาด้วยเครื่องจักรคัดแยกพร้อมระบบสายพาน (Screener with Conveying System) การคัดแยกใช้ตะแกรงที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3 ขนาด คือ 3, 2 และ 1 นิ้ว

3. ขยะมูลฝอยชุมชนที่มีขนาดใหญ่กว่าระบบการคัดแยกพร้อมระบบสายพานในข้อ 2. (เช่น ท่อนไม้ ขยะที่สามารถนำไปรีไซเคิลได้) จะถูกคัดแยกออกมาด้วยแรงงานคน (Manual Separation)

4. ขยะพลาสติกจะถูกคัดแยกด้วยเครื่องร่อนแยกขยะโดยการหมุนเหวี่ยง (Trommel Screen)

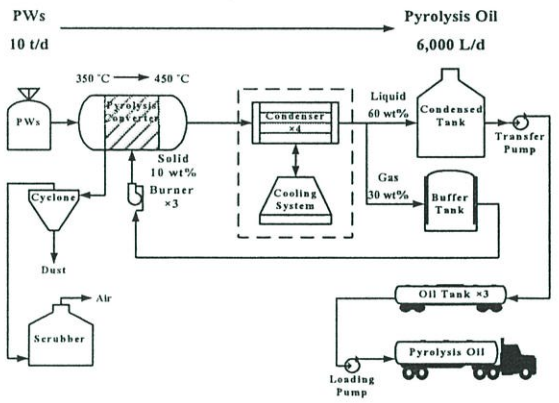


รูปที่ 3.2 การคัดแยกขยะพลาสติกออกจากขยะมูลฝอยชุมชนในพื้นที่บ่อขยะแพรกษาใหม่

3.4 การแปรรูปขยะพลาสติกเป็นน้ำมันสังเคราะห์ด้วยการไพโรไลซิส

การแปรรูปขยะพลาสติกเป็นน้ำมันสังเคราะห์ด้วยเครื่องปฏิกรณ์ไพโรไลซิสต้นแบบ (Prototype) ของบริษัท อีสเทิร์น เอเนอร์จี้ พลัส จำกัด ที่สร้างขึ้น ณ ศูนย์เชื้อเพลิงและพลังงานจากชีวมวล ศูนย์สระบุรี โครงการพัฒนาที่ดินของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย จังหวัดสระบุรี ที่รวบรวมได้จากการสัมภาษณ์คุณเอกชัย จันทร์วิภาค ผู้อำนวยการ บริษัท เอกสิทธิ์ ออโตเมชั่น เทคโนโลยี จำกัด เริ่มโดยการป้อนขยะพลาสติกที่ผ่านการคัดแยกโดยไม่ทำความสะอาดปริมาณเฉลี่ย 10 t/d เข้าเครื่องปฏิกรณ์ไพโรไลซิส (ระบบเตาให้ความร้อนเพื่อทำให้พลาสติกสลายตัวด้วยความร้อนในภาวะปราศจากออกซิเจน) ที่ใช้อุณหภูมิประมาณ 450°C ขยะพลาสติกจะแตกโมเลกุลภายในเครื่องปฏิกรณ์ไพโรไลซิสและอยู่ในสถานะแก๊สทั้งหมด จากนั้นจะลดอุณหภูมิจนถึงอุณหภูมิปกติเพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ของเหลวจากการควบแน่น ระบบควบแน่นจะใช้แยกของเหลวหรือน้ำมันที่ได้จากการไพโรไลซิส (Pyrolysis Oils หรือ Synthetic Oils) และแก๊สสังเคราะห์ (Synthetic Gases) ดังรูปที่ 3.3

ปริมาณขยะพลาสติกที่ป้อนเข้าเฉลี่ย 10 t/d จะได้น้ำมันสังเคราะห์จำนวน 6,000 L/d ที่มีค่าความร้อน (Heating Value) ประมาณ 10,000-11,000 kcal/kg ซึ่งสามารถนำไปปรับปรุงคุณภาพน้ำมันสังเคราะห์เพื่อให้สามารถนำไปใช้เป็นเชื้อเพลิงในการผลิตและจำหน่ายไฟฟ้าให้กับโครงการของบริษัทฯ ได้ ซึ่งโครงการจะจัดเก็บน้ำมันสังเคราะห์ที่ผ่านกระบวนการปรับปรุงคุณภาพไว้ในถังเก็บน้ำมัน (Tank Farm) เพื่อรอการนำไปใช้ผลิตไฟฟ้าหรือขายต่อไป สำหรับแก๊สสังเคราะห์ที่ได้จะถูกนำไปใช้ทดแทนแก๊สหุงต้ม (Liquefied Petroleum Gas: LPG) ในกระบวนการให้ความร้อนของเครื่องปฏิกรณ์ไพโรไลซิส ส่วนของแข็งที่เกิดขึ้นจะถูกนำออกจากเครื่องปฏิกรณ์เมื่อเดินระบบครบทุก 20 วัน และสามารถนำกลับไปใช้เป็นเชื้อเพลิงในกระบวนการให้ความร้อนของเครื่องปฏิกรณ์ไพโรไลซิส



รูปที่ 3.3 การแปรรูปขยะพลาสติกเป็นน้ำมันสังเคราะห์ด้วยการไพโรไลซิส

3.5 การประเมินผลกระทบเชิงบวกและลบของโครงการต่อสิ่งแวดล้อมเพื่อการยอมรับของประชาชนในพื้นที่และชุมชนใกล้เคียง

การประเมินผลกระทบของโครงการต่อสิ่งแวดล้อม 4 ด้าน ได้แก่ ทรัพยากรกายภาพ (Physical Resources) ทรัพยากรชีวภาพ (Biological Resources) คุณค่าการใช้ประโยชน์ของมนุษย์ (Human Use Values) และคุณค่าต่อคุณภาพชีวิต (Quality of Life) แสดงให้เห็นว่าเกิดผลกระทบทั้งเชิงบวกและลบ ผลกระทบเชิงลบที่มีนัยสำคัญมักมีสาเหตุจากกิจกรรมของระยะดำเนินการหรือระยะการแปรรูปขยะพลาสติกเป็นพลังงานมากกว่ากิจกรรมของระยะการก่อสร้างที่มักก่อให้เกิดผลกระทบแบบชั่วคราวกล่าวคือเกิดในระยะเวลาอันสั้นและไม่รุนแรง ดังนั้นแนวทางตลอดจนมาตรการป้องกันและแก้ไขผลกระทบเชิงลบควรยึดแนวปฏิบัติให้ได้มาตรฐานหรือเป็นไปตามกฎหมายที่เกี่ยวข้องได้กำหนดไว้

3.5 การประเมินผลกระทบเชิงบวกและลบของโครงการต่อสิ่งแวดล้อม เพื่อการยอมรับของประชาชนในพื้นที่และชุมชนใกล้เคียง

แนวทางตลอดจนมาตรการป้องกันและแก้ไขผลกระทบเชิงลบซึ่งอาจจะเกิดขึ้นจากกิจกรรมการดำเนินโครงการทั้งในระยะก่อสร้างและระยะดำเนินการของการศึกษาความเป็นไปได้เชิงเทคนิคของการแปรรูปขยะพลาสติกเป็นพลังงานต่อสิ่งแวดล้อมนั้น ให้กำหนดตามผลได้จากการประเมินผลกระทบเชิงลบของโครงการข้อ 3.4 โดยควรยึดแนวปฏิบัติให้ได้มาตรฐานหรือเป็นไปตามกฎหมายที่เกี่ยวข้องได้กำหนดไว้

4. สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ

4.1 สรุปผลการศึกษา

1. ขยะพลาสติกที่ใช้ในการศึกษา คือ ขยะพลาสติกที่คัดแยกจากบ่อขยะมูลฝอยชุมชนในเขตองค์การบริหารส่วนตำบลแพรกษาใหม่ จังหวัดสมุทรปราการ ซึ่งบริหารจัดการโดยบริษัท อีสเทิร์น เอเนอร์จี้ พลัส จำกัด และเป็นขยะที่ไม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์หรือหมดสภาพการนำกลับไปรีไซเคิล และเมื่อใช้สมการถดถอยคาดการณ์ปริมาณขยะพลาสติกล่วงหน้าในระยะเวลา 10 ปี พบว่าขยะพลาสติกมีปริมาณเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องประมาณร้อยละ 0.8 ตามปริมาณของขยะมูลฝอยชุมชนที่เพิ่มขึ้นตามจำนวนประชากร การเติบโตของเศรษฐกิจ และการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมการบริโภค

2. จากการคาดการณ์พบว่ามีปริมาณขยะพลาสติกในพื้นที่บ่อขยะประมาณ 0.72-0.86 Mt และมีศักยภาพเพียงพอสำหรับการนำไปแปรรูปเป็นพลังงาน

3. ขยะพลาสติก 10 t/d สามารถแปรรูปเป็นน้ำมันสังเคราะห์ได้ 6,000 L/d (60 wt%) และมีค่าความร้อนประมาณ 10,000-11,000 kcal/kg โดยน้ำมันสังเคราะห์นี้สามารถปรับปรุงสำหรับใช้เป็นเชื้อเพลิงในการผลิตไฟฟ้าต่อไป

4. การแปรรูปขยะพลาสติกเป็นพลังงานด้วยการไพโรไลซิสส่งผลกระทบเชิงลบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยกว่าการจัดการขยะแบบดั้งเดิมที่ไม่ถูกหลักวิชาการ เช่น การเทกองขยะแบบกลางแจ้ง การเผาขยะแบบกลางแจ้ง โดยเฉพาะถ้ามีการออกแบบระบบไพโรไลซิสพร้อมระบบควบคุมและบำบัดมลพิษ เช่น ไซโคลน สครับเบอร์ จะเป็นทางเลือกที่เหมาะสมกับการจัดการปัญหาขยะพลาสติกที่สะสมตกค้าง

4.2 ข้อเสนอแนะ

1. ควรศึกษาเกี่ยวกับตลาดสำหรับน้ำมันสังเคราะห์ที่แปรรูปจากขยะพลาสติกรวมถึงนโยบายสนับสนุนเพื่อสร้างแรงจูงใจ

2. ควรศึกษาการใช้น้ำมันสังเคราะห์ที่ได้จากการแปรรูปขยะพลาสติกในการผลิตไฟฟ้าของโรงไฟฟ้า รวมถึงติดตามผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่อาจจะเกิดขึ้น

3. ควรศึกษาความเป็นไปได้เชิงเศรษฐศาสตร์ในการสังเคราะห์น้ำมันไพโรไลซิสจากขยะพลาสติกในการผลิตแบบต่อเนื่องเชิงพาณิชย์โดยการใช้เชื้อเพลิงแข็งและแก๊สเชื้อเพลิงที่เกิดจากปฏิกิริยาเป็นเชื้อเพลิงในการให้ความร้อน

5. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณ ดร. ปิยะนาถ สมมณี อาจารย์ที่ปรึกษา ที่ตรวจแก้ไขจนทำให้ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้มีความสมบูรณ์ ขอขอบคุณสภาวิศวกรที่ได้ให้การสนับสนุนปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของ "การศึกษาความเป็นไปได้เชิงเทคนิคของโรงไฟฟ้าที่ใช้พลังงานจากขยะพลาสติก" ภายใต้โครงการศึกษาเพื่อการพัฒนาวิชาชีพวิศวกรรม งบประมาณประจำปี 2558 และขอขอบคุณบริษัท อีสเทิร์น เอเนอร์จี้ พลัส จำกัด และศูนย์เชื้อเพลิงและพลังงานจากชีวมวล ศูนย์สระบุรี โครงการพัฒนาที่ดินของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย จังหวัดสระบุรี ที่ให้การสนับสนุนข้อมูลการศึกษาตลอดจนการสาธิตกระบวนการทำงานของเครื่องปฏิกรณ์ไพโรไลซิส

เอกสารอ้างอิง

[1] กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. 2558. **รายงานสถานการณ์มลพิษของประเทศไทย พ.ศ. 2557.**

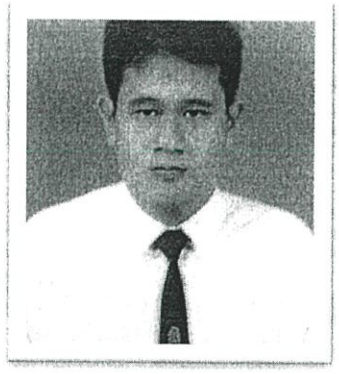
[2] J. Scheirs and W. Kaminsky. 2006. "Feedstock Recycling and Pyrolysis of Waste Plastics: Converting Waste Plastics into Diesel and Other Fuels. John Wiley & Sons Ltd., Chichester".

[3] สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน กระทรวงพลังงาน. 2551. **แปลงขยะพลาสติกไร้ค่าเป็นน้ำมัน ทางออกวิกฤติพลังงาน.** วารสารนโยบายพลังงาน;80:8-12.

[4] กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. มปป. **เอกสารการบรรยายเรื่องเทคโนโลยีในการจัดการขยะมูลฝอย.**

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-นามสกุล : นางสาวจิราภรณ์ คงจันทร์
วัน เดือน ปีเกิด : 16 กรกฎาคม 2536
ที่อยู่ : 10 หมู่บ้านเปรมวดี ซอย 19 แยก 6-2 ถ.บรมราชชนนี
แขวงศาลาธรรมสพน์ เขตทวีวัฒนา กทม. 10170
Email : jirap_kongchan@hotmail.com
โทรศัพท์ : 095-7239968



ชื่อ-นามสกุล : นายฉัตรเทพ สายโสภา
วัน เดือน ปีเกิด : 28 พฤษภาคม 2537
ที่อยู่ : 31/181 หมู่บ้านซิตี้โฮมวิลเลจ 2 หมู่ 1
ต.คลองสี่ อ.คลองหลวง จ.ปทุมธานี 12120
Email : chattepsaysopar@gmail.com
โทรศัพท์ : 083-7920396

ชื่อ-นามสกุล : นายพลาวุธ เมืองแมน
วัน เดือน ปีเกิด : 29 พฤษภาคม 2537
ที่อยู่ : 98/1 หมู่ 7 ซอย จตุโชติ 14 ถ.สุขาภิบาล 5
แขวงออเงิน เขตสายไหม กทม. 10220
Email : pa_la_wut@hotmail.com
โทรศัพท์ : 089-9262192

ชื่อ-นามสกุล : นายวรากร ลิ้มศิริ
วัน เดือน ปีเกิด : 9 มกราคม 2537
ที่อยู่ : 647 หมู่5 ซอย9 ถ.มิตรภาพหนองคาย
หมู่บ้านเทพธานี ต.จอหอ อ.ในเมือง จ.นครราชสีมา 30310
Email : warakorn456@hotmail.com
โทรศัพท์ : 082-0746938