การศึกษาความเป็นไปได้เบื้องต้นในการผลิตก๊าซเชื้อเพลิงจากถ่านหินเพื่ออุตสาหกรรมเซรามิกในจังหวัดลำปาง

นายสรอรรถ ศรีสุข

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมทรัพยากรธรณี ภาควิชาวิศวกรรมเหมืองแร่และปิโตรเลียม
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2556
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทคัดย่อและแฟ้มข้อมูลฉบับเต็มของวิทยานิพนธ์ตั้งแต่ปีการศึกษา 2554 ที่ให้บริการในคลังปัญญาจุฬาฯ (CUIR)
เป็นแฟ้มข้อมูลของนิสิตเจ้าของวิทยานิพนธ์ ที่ส่งผ่านทางบัณฑิตวิทยาลัย
The abstract and full text of theses from the academic year 2011 in Chulalongkorn University Intellectual Repository (CUIR)
are the thesis authors' files submitted through the University Graduate School.

PRE-FEASIBILITY STUDY OF COAL GASIFICATION FOR CERAMIC INDUSTRY IN LAMPANG

Mr. Soraat Srisuk

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Engineering Program in Georesources Engineering
Department of Mining and Petroleum Engineering
Faculty of Engineering
Chulalongkorn University
Academic Year 2013

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การศึกษาความเป็นไปได้เบื้องต้นในการผลิตก๊าซเชื้อเพลิงจากถ่านหินเพื่ออุตสาหกรรมเซรามิกในจังหวัดลำปาง
โดย	นายสรอรรถ ศรีสุข
สาขาวิชา	วิศวกรรมทรัพยากรธรณี
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	อาจารย์ ดร. ฐิติศักดิ์ บุญปราโมทย์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

.....คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์

(ศาสตราจารย์ ดร. บัณฑิต เอื้ออาภรณ์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร. ดาวัลย์ วิวรรธนะเดช)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(อาจารย์ ดร. ฐิติศักดิ์ บุญปราโมทย์)

.....กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุรพล ภู่วิจิตร)

.....กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย

(ดร. ทรงวุฒิ อาทิตย์ทอง)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สรอรรถ ศรีสุข : การศึกษาความเป็นไปได้เบื้องต้นในการผลิตก๊าซเชื้อเพลิงจากถ่านหินเพื่ออุตสาหกรรมเซรามิกในจังหวัดลำปาง. (PRE-FEASIBILITY STUDY OF COAL GASIFICATION FOR CERAMIC INDUSTRY IN LAMPANG) อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: อ. ดร. ฐิติศักดิ์ บุญปราโมทย์, 60 หน้า.

ถ่านหินเป็นแหล่งพลังงานฟอสซิลที่มีปริมาณสำรองมากกว่าเชื้อเพลิงประเภทอื่น เช่น ก๊าซธรรมชาติและปิโตรเลียม อีกทั้งยังมีราคาไม่ค่อยผันผวนและราคาต่อค่าหน่วยความร้อนถูกกว่าเชื้อเพลิงชนิดอื่น จากข้อดีข้างต้น งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความเป็นไปได้เบื้องต้นในการใช้ก๊าซเชื้อเพลิงจากถ่านหินนำเข้าเกรดบิทูมินัส (ถ่านหินอินโดนีเซีย) มาทดแทนการใช้ก๊าซแอลพีจีสำหรับเป็นเชื้อเพลิงในการผลิตเซรามิกในจังหวัดลำปาง โดยจำลองกระบวนการเกิดก๊าซเชื้อเพลิงจากถ่านหินด้วยโปรแกรม ASPEN Plus ได้ปริมาณก๊าซเชื้อเพลิงที่เกิดขึ้นทั้งสิ้น 5,439.20 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 1,185.40 องศาเซลเซียส จากอัตราการป้อนถ่านหินจำนวน 550 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ดังนั้น ต้องใช้ถ่านหินจำนวนประมาณ 5.39 กิโลกรัมในการผลิตก๊าซเชื้อเพลิงให้ได้ค่าความร้อนเท่ากับก๊าซแอลพีจีที่ค่ามีความร้อนประมาณ 11,800 กิโลแคลอรีต่อกิโลกรัม โดยให้ราคาถ่านหินนำเข้าจากประเทศอินโดนีเซียและราคาจำหน่ายก๊าซแอลพีจีสำหรับภาคอุตสาหกรรม ณ เดือนเมษายน พ.ศ. 2557 อยู่ที่ราคาประมาณ 3,000 บาทต่อตัน (รวมค่าขนส่งถึงจังหวัดลำปาง) และ 30.13 บาทต่อกิโลกรัม ตามลำดับ จะได้ต้นทุนของการใช้ก๊าซเชื้อเพลิงจากถ่านหินมีค่าเท่ากับ 16.18 บาทต่อกิโลกรัม หรือต่ำกว่าราคาก๊าซแอลพีจีประมาณ 1.86 เท่า คิดเป็นร้อยละ 53.70 ของราคาก๊าซแอลพีจี

ผลการศึกษาพบว่า จะสามารถลดต้นทุนค่าเชื้อเพลิงได้ประมาณปีละ 13.79 ล้านบาท สำหรับปริมาณความต้องการใช้เชื้อเพลิง 3,000 กิโลกรัมต่อวัน ดังนั้น เมื่อนำข้อมูลที่ได้มาสร้างแบบจำลองทางการเงินเพื่อวิเคราะห์ต้นทุนและผลตอบแทนในการใช้ก๊าซเชื้อเพลิงจากถ่านหินผลิตเซรามิก จะได้อัตราผลตอบแทนภายในโครงการอยู่ที่ร้อยละ 14.88 และมูลค่าปัจจุบันของผลตอบแทนสุทธิของโครงการโดยกำหนดที่อัตราดอกเบี้ยร้อยละ 8 อยู่ที่ประมาณ 9.44 ล้านบาท ซึ่งจะสามารถคืนทุนได้ในระยะเวลา 5.902 ปี (ประมาณ 5 ปี 10 เดือน 24 วัน) โดยประเมินอายุโครงการ 10 ปี

ดังนั้น จากผลการศึกษาจึงสามารถสรุปได้ว่า มีความเป็นไปได้ในการใช้ถ่านหินนำเข้าจากประเทศอินโดนีเซีย มาผลิตเป็นก๊าซเชื้อเพลิงเพื่อใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกในจังหวัดลำปาง

ภาควิชา วิศวกรรมเหมืองแร่และปิโตรเลียม ลายมือชื่อนิสิต .....

สาขาวิชา วิศวกรรมทรัพยากรธรณี ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก .....

ปีการศึกษา 2556

5370355021 : MAJOR GEORESOURCES ENGINEERING
KEYWORDS: COAL / GASIFICATION / CERAMIC / LIQUEFIED PETROLEUM GAS (LPG)

SORAAT SRISUK: PRE-FEASIBILITY STUDY OF COAL GASIFICATION FOR CERAMIC INDUSTRY IN LAMPANG. ADVISOR: THITISAK BOONPRAMOTE, Ph.D., 60 pp.

Coal is fossil fuel which is abundant reserves more than other fuel such as natural gas and petroleum. It has a steady and low price that advantage to consider for improving the fuel system in industry. This research has an objective to study on pre-feasibility of coal gasification from imported Indonesian bituminous coal (Coal) for substituting Liquefied Petroleum Gas (LPG) which is used in ceramic industry in Lampang province. This research uses a software called “ASPEN Plus” to create the model for analysis moving-bed gasification process. The feed rate of coal is around 550 kilograms per hour that can produced the syngas around 5,439.20 kilograms per hour with temperature 1,185.40 Celsius degree. The comparison between LPG and syngas from coal gasification at the same heating value is introduced. It has to use coal 5.39 kilograms for produce the syngas fuel. At the spot price on April 2014, imported coal from Indonesia is around 3,000 baht per tones (including transportation cost to Lampang) while LPG price for industry production is 30.13 baht per kilogram. Thus, the cost of syngas fuel is 16.18 baht per kilogram or lowers than LPG around 1.86 times. (around 53.70%)

The result is mentioned, it can save the fuel cost around 13.79 million baht per year at the rate of fuel consumption 3,000 kilograms per day. Hence the financial analyzing model has shown the outcomes of both cost and profit advantages by using coal gasification system for ceramic industry. The result reveals that the internal rate of return is 14.88% and the net present value at 8% discount rate is 9.44 million baht that can payback the investment in 5.902 years. (About 5 years 10 months, and 24 days) which had estimated overview project in 10 years.

Finally as the result above, using coal gasification for substituting LPG which is used in ceramic industry in Lampang province is possible.

Department:	Mining and Petroleum Engineering	Student's Signature	.....
		Advisor's Signature	.....
Field of Study:	Georesources Engineering		
Academic Year:	2013		

กิตติกรรมประกาศ

การทำวิทยานิพนธ์เรื่อง “การศึกษาความเป็นไปได้เบื้องต้นในการผลิตก๊าซเชื้อเพลิงจากถ่านหินเพื่ออุตสาหกรรมเซรามิกในจังหวัดลำปาง” ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความอนุเคราะห์จากหลายฝ่าย

ข้าพเจ้า ขอกราบขอบพระคุณอาจารย์ ดร.ฐิติศักดิ์ บุญปราโมทย์ หัวหน้าภาควิชาวิศวกรรมเหมืองแร่และปิโตรเลียม อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่ได้เสียสละเวลาให้คำปรึกษาในการแก้ไขปัญหาต่างๆ ตลอดจนให้คำแนะนำและแนวคิดต่างๆที่เป็นประโยชน์ต่องานวิจัยมาโดยตลอด ข้าพเจ้ารู้สึกซาบซึ้งเป็นอย่างยิ่งและขอกราบขอบพระคุณท่านอาจารย์อย่างสูงมา ณ โอกาสนี้ รวมทั้งขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงในความเมตตาของรองศาสตราจารย์ ดร. ภิญโญ มีชำนะ และคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ซึ่งประกอบด้วย รองศาสตราจารย์ ดร.ดาวัลย์ วิวรรธนะเดช ประธานกรรมการ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุรพล ภู่วิจิตร รวมถึง ดร.ทรงวุฒิ อาทิตย์ทอง กรรมการผู้ทรงคุณวุฒิภายนอก ที่ช่วยให้คำแนะนำและเพิ่มเติมเนื้อหาวิทยานิพนธ์ให้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น ตลอดจนขอขอบพระคุณบุคลากรสายสนับสนุนในภาควิชาวิศวกรรมเหมืองแร่และปิโตรเลียมทุกท่าน โดยเฉพาะคุณสิริลักษณ์ แสงละออ ที่ช่วยอำนวยความสะดวก ให้คำปรึกษาแนะนำที่เป็นประโยชน์ในด้านเอกสารและการติดต่อประสานงาน ทำให้การสอบวิทยานิพนธ์ครั้งนี้สำเร็จลุล่วงตามเป้าหมาย

ขอขอบพระคุณ คุณสิงห์คำ อายะชู วิศวกรชำนาญการ ศูนย์พัฒนาอุตสาหกรรมเซรามิก ลำปาง ที่ให้ความอนุเคราะห์ข้อมูล รวมถึงให้คำแนะนำที่เกี่ยวข้องสำหรับการศึกษาวิจัยนี้เป็นอย่างดียิ่ง

ขอขอบพระคุณ บิดา และมารดาของข้าพเจ้า ที่ให้ความรัก ความห่วงใย และมอบกำลังใจที่สำคัญให้เสมอมา รวมถึงให้การสนับสนุนในทุกๆด้านเป็นอย่างดี โดยเฉพาะด้านการศึกษาจนสามารถสำเร็จได้ดังเจตนารมณ์ที่หวังไว้

สุดท้ายนี้ขอขอบคุณเพื่อนๆ รวมถึงรุ่นพี่และรุ่นน้อง ทุกคน ที่ให้ความกรุณาช่วยเหลือ เป็นกำลังใจและให้คำแนะนำด้วยดีมาโดยตลอด

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ

กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ

สารบัญ ..... ช

สารบัญตาราง ..... ฎ

สารบัญรูป ..... ฎ

บทที่ 1 บทนำ 1

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย 3

1.3 ขอบเขตของการวิจัย 4

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 4

บทที่ 2 แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง 5

2.1 ถ่านหิน 5

2.1.1 ประเภทของถ่านหิน 5

2.1.2 ถ่านหินในเชิงการค้า 7

2.1.3 เทคโนโลยีถ่านหินสะอาดด้วยการแปรสภาพถ่านหินให้กลายเป็นก๊าซ 7

2.1.3.1 กระบวนการแปรสภาพถ่านหินให้กลายเป็นก๊าซ 7

2.1.3.2 เครื่องเตาปฏิกรณ์ 8

2.1.3.3 ระบบทำความสะอาดก๊าซเชื้อเพลิง 10

2.1.3.4 การเปรียบเทียบคุณลักษณะโดยทั่วไปของเครื่องเตาปฏิกรณ์ 11

2.1.4 การนำเข้าถ่านหินในประเทศไทย 12

2.1.4.1 ปริมาณ ราคา และคุณลักษณะของถ่านหินนำเข้า 15

2.1.4.2 กระบวนการขนถ่ายถ่านหินนำเข้า 17

2.2 อุตสาหกรรมเซรามิกในจังหวัดลำปาง 19

2.2.1 ผลิตภัณฑ์เซรามิก 19

2.2.2 ประเภทของผลิตภัณฑ์เซรามิก 19

2.2.3 กระบวนการผลิตเซรามิก 20

หน้า

2.2.3.1 การเผาผลิตภัณฑ์เซรามิก 22
2.2.3.2 เตาที่ใช้เผาเซรามิก 22
2.2.3.3 เทคนิคการเผาผลิตภัณฑ์เซรามิกด้วยก๊าซ 24
2.2.3.4 บรรยากาศที่ใช้เผาเซรามิก 24
2.2.4 การเจริญเติบโตและสถานการณ์อุตสาหกรรมเซรามิกในจังหวัดลำปาง 25
2.3 การวิเคราะห์ความเป็นไปได้ของโครงการ 27
2.3.1 การกำหนดผลตอบแทนและต้นทุนของโครงการ 27
2.3.2 การประเมินโครงการ 27
2.3.2.1 การวิเคราะห์ทางด้านการเงิน 27
2.3.2.2 การวิเคราะห์ความไหวตัวของโครงการ 29
2.3.3 การตัดสินใจลงทุน 29
2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 30
บทที่ 3 การวิเคราะห์ต้นทุนและผลตอบแทน 34
3.1 ระเบียบวิธีศึกษา 34
3.1.1 การกำหนดตัวแปรที่มีผลต่อการประเมินโครงการ 35
3.1.2 การประเมินกระแสเงินสดของโครงการ 35
3.1.3 การวิเคราะห์ทางการเงิน 35
3.2 การกำหนดตัวแปรที่มีผลต่อการประเมินโครงการ 36
3.2.1 การคัดเลือกเชื้อเพลิงที่ใช้ในการศึกษา 36
3.2.1.1 ถ่านหิน 36
3.2.1.2 ก๊าซแอลพีจี 37
3.2.2 การคัดเลือกเทคโนโลยีที่ใช้ในการผลิตก๊าซเชื้อเพลิงจากถ่านหิน 38
3.2.3 การคำนวณหาต้นทุนการผลิตก๊าซเชื้อเพลิงจากถ่านหิน 38
3.2.4 ผลจากการเปลี่ยนมาใช้ก๊าซเชื้อเพลิงจากถ่านหิน 40
3.2.5 ค่าใช้จ่ายในการลงทุน 41
3.2.6 ค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน 42
3.3 การประเมินกระแสเงินสดของโครงการ 42

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

หน้า

บทที่ 4 ผลการศึกษา 44
4.1 ผลวิเคราะห์ทางด้านการเงิน 44
4.1.1 มูลค่าปัจจุบันของผลตอบแทนสุทธิ (NPV) 44
4.1.2 อัตราผลตอบแทนภายในโครงการ (IRR) 44
4.1.3 ระยะเวลาคืนทุน (PB) 45
4.2 ผลการวิเคราะห์ความไหวตัวต่อการเปลี่ยนแปลง 45
บทที่ 5 สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ 49
5.1 สรุปผลการศึกษาการวิเคราะห์ทางด้านการเงิน 49
5.2 สรุปผลการศึกษาการวิเคราะห์ความไหวตัวต่อการเปลี่ยนแปลง 49
5.2.1 สรุปผลการศึกษาการวิเคราะห์ความไหวตัวต่อการเปลี่ยนแปลงของปริมาณถ่านหินที่ต้องการใช้ 49
5.2.2 สรุปผลการศึกษาการวิเคราะห์ความไหวตัวต่อการเปลี่ยนแปลงของมูลค่าการลงทุน . 50
5.2.3 สรุปผลการศึกษาการวิเคราะห์ความไหวตัวต่อการเปลี่ยนแปลงของสัดส่วนเงินกู้ต่อเงินลงทุนทั้งหมด 50
5.2.4 สรุปผลการศึกษาการวิเคราะห์ความไหวตัวต่อการเปลี่ยนแปลงของราคาถ่านหินนำเข้าจากประเทศอินโดนีเซีย 50
5.2.5 สรุปผลการศึกษาการวิเคราะห์ความไหวตัวต่อการเปลี่ยนแปลงของราคาก๊าซแอลพีจีในภาคอุตสาหกรรม 51
5.3 ข้อเสนอแนะ 51
รายการอ้างอิง 52
ภาคผนวก ก สูตรที่ใช้ในการคำนวณทางเศรษฐศาสตร์ 55
ภาคผนวก ข ข้อมูลที่ใช้ในการคำนวณ 56
ภาคผนวก ค การคำนวณการเกิดก๊าซเชื้อเพลิง 59
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์ 60

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 2.1 แสดงประเภทของก๊าซที่เกิดจากกระบวนการแปรสภาพถ่านหินให้กลายเป็นก๊าซ 8
ตารางที่ 2.2 แสดงคุณลักษณะโดยทั่วไปของเครื่องเตาปฏิกรณ์ 11
ตารางที่ 2.3 แสดงคุณสมบัติถ่านหินของผู้จำหน่ายถ่านหินนำเข้าของไทย 13
ตารางที่ 2.4 แสดงดัชนีราคาถ่านหินนำเข้าที่ใช้อ้างอิงสำหรับการซื้อขายถ่านหิน 15
ตารางที่ 2.5 แสดงข้อมูลการนำเข้าถ่านหินของไทยในปี 2553 16
ตารางที่ 2.6 แสดงการจำแนกจำนวนโรงงานเซรามิกที่ขนาดโรงงานต่างกันของจังหวัดลำปาง 20
ตารางที่ 2.7 แสดงคุณลักษณะของเนื้อดินเมื่อโดนเผาที่อุณหภูมิต่างๆ 24
ตารางที่ 3.1 แสดงคุณสมบัติถ่านหินนำเข้าจากประเทศอินโดนีเซีย 36
ตารางที่ 3.2 แสดงผลคำนวณจากแบบจำลองการเกิดก๊าซจากถ่านหิน 39
ตารางที่ 3.3 แสดงผลจากการเปลี่ยนมาใช้ก๊าซเชื้อเพลิงจากถ่านหินทดแทนก๊าซแอลพีจี 41
ตารางที่ 3.4 แสดงค่าใช้จ่ายการลงทุนในก่อสร้างระบบผลิตก๊าซเชื้อเพลิงจากถ่านหิน 41
ตารางที่ 3.5แสดงค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานต่อปีของโครงการ 42
ตารางที่ 3.6 แสดงกระแสเงินสดสุทธิรายปีของโครงการ 43
ตารางที่ 4.1 แสดงผลตอบแทนทางการเงินของโครงการ 44
ตารางที่ 4.2 แสดงผลการวิเคราะห์ความไหวตัวของตัวแปรที่สำคัญ 46
ตารางที่ 4.3 แสดงตัวแปรที่มีผลกระทบต่อการลงทุนในโครงการ 47
ตารางที่ ข.1 ค่าใช้จ่ายในการลงทุน 56
ตารางที่ ข.2 ค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานต่อปี 56
ตารางที่ ข.3 ค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน เงินกู้ ดอกเบี้ยเงินกู้และภาษีในแต่ละปีของโครงการ 57
ตารางที่ ข.4 กระแสเงินสดรับที่เกิดขึ้น 57
ตารางที่ ข.5 กระแสเงินสดสุทธิรายปีของโครงการที่อัตราดอกเบี้ยเงินกู้ระยะยาวร้อยละ 8 ต่อปี 58
ตารางที่ ค.1 ผลการคำนวณจากแบบจำลอง 59

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารบัญรูป

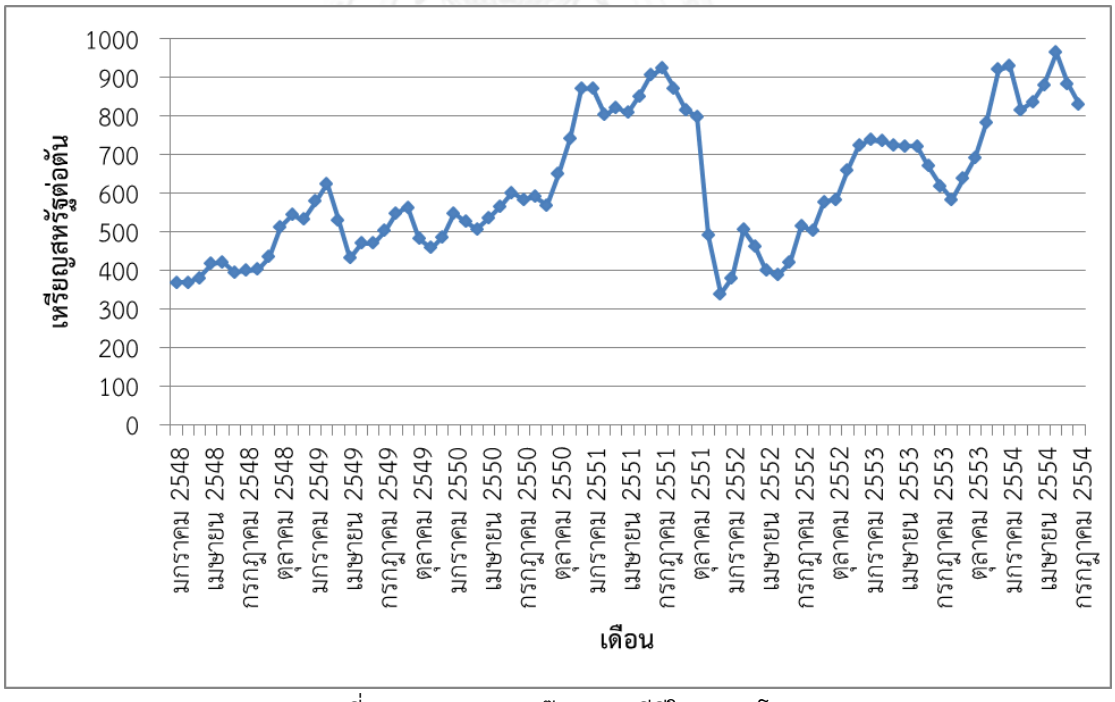
หน้า

รูปที่ 1.1 แสดงราคาก๊าซแอลพีจีในตลาดโลก 1
รูปที่ 1.2 แสดงราคาก๊าซแอลพีจีในภาคอุตสาหกรรมของประเทศไทย 2
รูปที่ 1.3 แสดงกระบวนการแปรสภาพถ่านหินให้กลายเป็นก๊าซ 3
รูปที่ 2.1 แสดงการสะสมตัวของซากพืชจนกลายเป็นถ่านหิน 5
รูปที่ 2.2 แสดงลักษณะของถ่านหิน 6
รูปที่ 2.3 แสดงลักษณะของเครื่องเตาปฏิกรณ์ผลิตก๊าซแบบ Moving Bed หรือ Fixed Bed 9
รูปที่ 2.4 แสดงลักษณะของเครื่องเตาปฏิกรณ์ผลิตก๊าซแบบ Fluidized Bed 9
รูปที่ 2.5 แสดงลักษณะของเครื่องเตาปฏิกรณ์ผลิตก๊าซแบบ Entrained Bed 10
รูปที่ 2.6 แสดงลักษณะของเครื่อง Air Cyclone และ Scrubber 11
รูปที่ 2.7 แสดงสัดส่วนการใช้ถ่านหินนำเข้าของไทย ปี 2553 14
รูปที่ 2.8 แสดง Indonesian Coal Index (ICI) ในช่วงเดือน เมษายน 2556 – มีนาคม 2557 16
รูปที่ 2.9 แสดงกระบวนการขนถ่ายถ่านหินนำเข้าของไทยในปี 2553 18
รูปที่ 2.10 แสดงกระบวนการผลิตเซรามิก 21
รูปที่ 2.11 แสดงลักษณะของเตาเผาแบบไม่ต่อเนื่อง 23
รูปที่ 2.12 แสดงลักษณะของเตาเผาแบบต่อเนื่อง 23
รูปที่ 2.13 แสดงลักษณะของเตาเผาแบบหมุน 23
รูปที่ 2.14 แสดงอัตราการไหลของกระบวนการแปรสภาพให้กลายเป็นก๊าซของถ่านหินแบบ Fluidized Bed 32
รูปที่ 2.15 แสดงอัตราการไหลของไอน้ำ 32
รูปที่ 2.16 แสดงการเปรียบเทียบส่วนประกอบของก๊าซเชื้อเพลิงกับอัตราการไหลของออกซิเจน 32
รูปที่ 3.1 แสดงวิธีการดำเนินการศึกษา 34
รูปที่ 3.2 แสดงราคาถ่านหินนำเข้าเฉลี่ยของประเทศไทย 37
รูปที่ 3.3 แสดงแบบจำลองการเกิดก๊าซจากถ่านหินด้วยโปรแกรม ASPEN Plus 38
รูปที่ 4.1 แสดงมูลค่าปัจจุบันสุทธิของโครงการเมื่อเปรียบเทียบกับอัตราคิดลด 45
รูปที่ 4.2 แสดงผลการวิเคราะห์ความไหวตัวเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงของราคาถ่านหินนำเข้า 47
รูปที่ 4.3 แสดงผลการวิเคราะห์ความไหวตัวเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงของราคาก๊าซแอลพีจี สำหรับการใช้งานในภาคอุตสาหกรรม 48

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

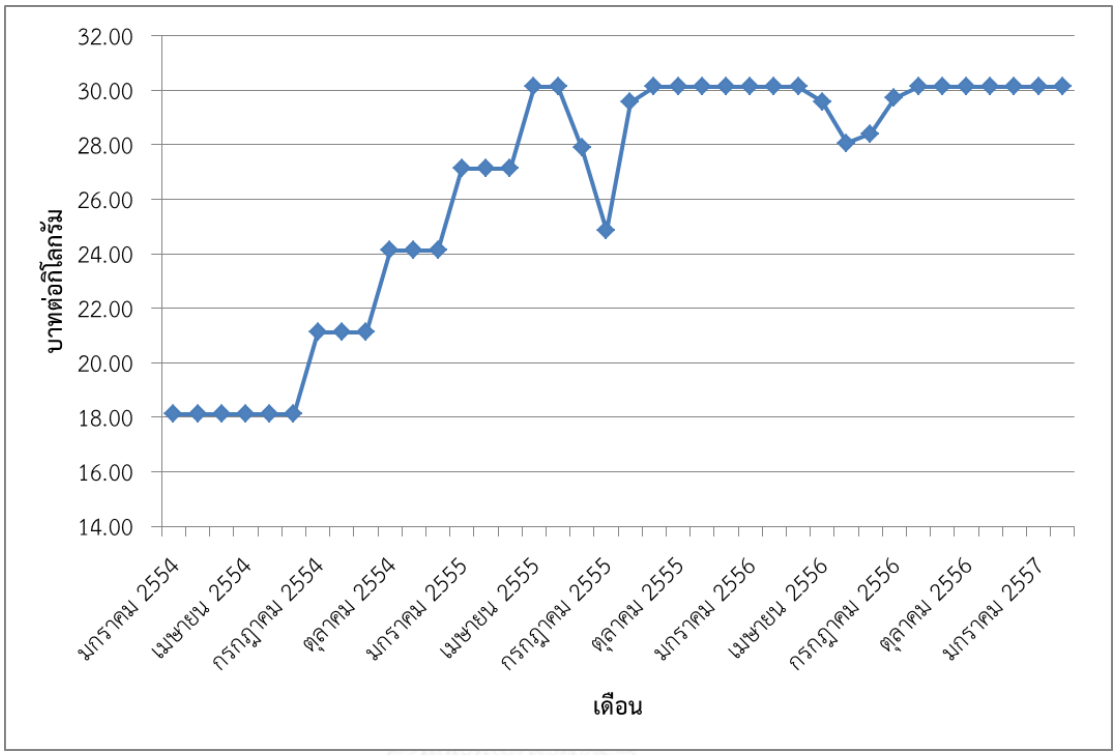
อุตสาหกรรมเซรามิกในประเทศไทยที่ผ่านมา โดยเฉพาะในจังหวัดลำปางนับว่าเป็นอุตสาหกรรมที่มีการขยายตัวอย่างรวดเร็ว เนื่องจากมีความต้องการที่เพิ่มขึ้นอย่างมากจากตลาดในประเทศและต่างประเทศ ทำให้มีการลงทุนผลิตเพื่อตอบสนองความต้องการมากขึ้น ดังนั้นอุตสาหกรรมเซรามิกยังมีแนวโน้มด้านการลงทุนค่อนข้างดี และยังสามารถพัฒนาการส่งออกได้อีกมาก ภาคอุตสาหกรรมจึงต้องมีการปรับเปลี่ยนรูปแบบการเผาจากที่เคยใช้เตามังกร (เตาเผายาวปัจจุบันเรียกกันว่าเตาอุโมงค์) ซึ่งเผาได้ปริมาณน้อย เปลี่ยนเป็นการใช้เตาเผาแบบต่อเนื่อง (Continuous kiln) เพื่อที่จะเผาให้ได้ในปริมาณมากขึ้น โดยในการเผาเซรามิกนั้น มีรูปแบบการใช้เชื้อเพลิงอยู่หลายประเภท สำหรับจังหวัดลำปางนิยมใช้ก๊าซแอลพีจีเป็นเชื้อเพลิงหลักในการเผา เนื่องจากให้ค่าความร้อนสูง จัดหาและจัดเก็บได้ง่าย ทำให้สะดวกต่อการใช้งาน ซึ่งผลจากการที่ราคาก๊าซแอลพีจีในตลาดโลกมีแนวโน้มปรับตัวเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง ดังแสดงในรูปที่ 1.1 ประกอบกับการอ่อนตัวลงของค่าเงินบาท และนโยบายการลอยตัวราคาก๊าซแอลพีจีของรัฐบาล มีผลทำให้ต้นทุนการผลิตเซรามิกโดยใช้ก๊าซแอลพีจีมีเป็นเชื้อเพลิงแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นตามไปด้วย



รูปที่ 1.1 แสดงราคาก๊าซแอลพีจีในตลาดโลก

(กระทรวงพลังงาน, 2557)

สำหรับราคาจำหน่ายก๊าซแอลพีจีที่ใช้ในปัจจุบันนั้น เป็นไปตามมติคณะกรรมการนโยบายพลังงานแห่งชาติ ครั้งที่ 2/2556 (ครั้งที่ 145) เมื่อวันที่ 16 กรกฎาคม 2556 ให้ราคาก๊าซแอลพีจีที่ใช้ในภาคอุตสาหกรรมอยู่ที่ 30.13 บาทต่อกิโลกรัม โดยยังคงให้ตรึงราคานี้ต่อไป หลังจากที่มีการปรับตัวเพิ่มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่องในระยะ 3 ปีที่ผ่านมา ดังแสดงในรูปที่ 1.2



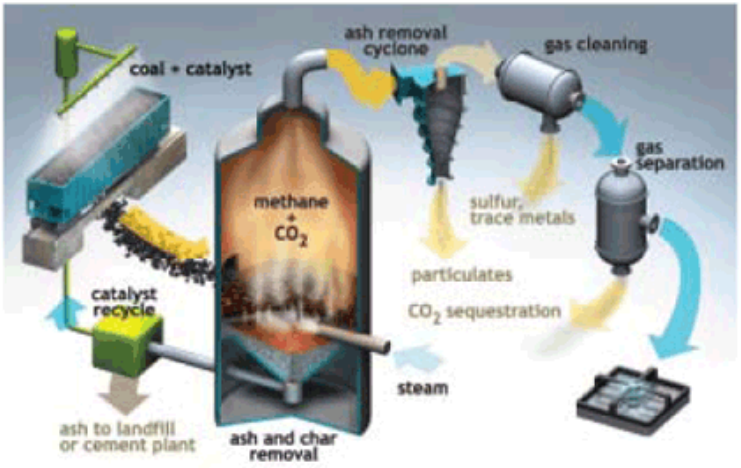
รูปที่ 1.2 แสดงราคาก๊าซแอลพีจีในภาคอุตสาหกรรมของประเทศไทย
(สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน, 2557)

จากข้อมูลการให้สัมภาษณ์ของนายวงศ์ชัย ศรีไทย อุปนายกสมาคมเซรามิก ลำปาง เมื่อวันที่ 20 มีนาคม พ.ศ. 2555 เปิดเผยว่า ผลจากการปรับขึ้นราคาจำหน่ายก๊าซแอลพีจีของภาคอุตสาหกรรมในปัจจุบันมีผลกระทบให้ต้นทุนพลังงานในการผลิตเซรามิกในจังหวัดลำปางมีค่าประมาณร้อยละ 50 ของมูลค่าการผลิตทั้งหมด ซึ่งเป็นต้นทุนที่ค่อนข้างสูง ดังนั้น หากสามารถหาแหล่งพลังงานเชื้อเพลิงชนิดอื่นที่มีราคาต่ำกว่ามาใช้ทดแทน ก็จะสามารถลดต้นทุนในการผลิตลงได้และช่วยเพิ่มโอกาสในการแข่งขันในตลาดโลกได้อีกด้วย

ถ่านหินถือเป็นหนึ่งในแหล่งพลังงานที่มีความสำคัญมาตั้งแต่ในอดีตจนถึงปัจจุบัน โดยอุตสาหกรรมถ่านหินได้ถูกพัฒนาทั้งด้านเทคโนโลยีและปรับปรุงคุณภาพกันมาอย่างต่อเนื่อง เนื่องจากมีราคาถูกและการเปลี่ยนแปลงของราคาค่อนข้างต่ำ ตลอดจนสามารถจัดหาได้ค่อนข้างแน่นอน เพราะมีแหล่งผลิตและจำหน่ายกระจายอยู่ตามภูมิภาคต่างๆ ทั่วโลก ทำให้มีการนำมาใช้กันอย่างแพร่หลายในประเทศที่เป็นผู้นำทางด้านเศรษฐกิจและอุตสาหกรรม เช่น สหรัฐอเมริกา ญี่ปุ่น จีน ตลอดจนกลุ่มประเทศในทวีปยุโรป เป็นต้น

สำหรับประเทศไทย แม้จะมีปริมาณสำรองถ่านหินอยู่มากกว่า 2,000 ล้านตัน แต่ถ่านหินส่วนใหญ่มีคุณภาพต่ำ คือ ลิกไนต์ (Lignite) จนถึงซับบิทูมินัส (Sub-bituminous) โดยถ่านหินส่วน

ใหญ่มักถูกใช้ในการผลิตกระแสไฟฟ้าและอุตสาหกรรมปูนซีเมนต์ หรือใช้เป็นเชื้อเพลิงในการต้ม (Boiler) ซึ่งอาจเป็นสาเหตุให้เกิดปัญหามลภาวะขึ้น หากปราศจากการดูแลและควบคุมที่ดี ภายหลังจึงได้มีการพัฒนาเทคโนโลยีถ่านหินสะอาดขึ้น เพื่อกำจัดมลพิษจากการใช้ถ่านหินเป็นเชื้อเพลิง ตลอดจนเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพในการใช้ประโยชน์จากถ่านหินให้สูงขึ้นอีกด้วย โดยหนึ่งในนั้นคือ เทคโนโลยีถ่านหินสะอาดโดยการแปรสภาพถ่านหินให้เป็นก๊าซเชื้อเพลิง ซึ่งสามารถนำมาใช้ทดแทนก๊าซแอลพีจีได้



รูปที่ 1.3 แสดงกระบวนการแปรสภาพถ่านหินให้กลายเป็นก๊าซ
("Coal Gasification Process," 2010)

สำหรับการศึกษานี้จึงเป็นการรวบรวมข้อมูลทางด้านเทคโนโลยีและราคา แล้วนำข้อมูลที่ได้มาสร้างแบบจำลองทางการเงิน เพื่อประกอบการตัดสินใจในการวิเคราะห์มูลค่าและความคุ้มค่าในการลงทุนในเชิงเศรษฐศาสตร์ เพื่อให้ทราบถึง การลงทุนในกระบวนการแปรสภาพถ่านหินให้กลายเป็นก๊าซเชื้อเพลิงเพื่อใช้ทดแทนการใช้ก๊าซแอลพีจีนั้น เหมาะสมสำหรับการนำไปใช้งานและมีความคุ้มค่าต่อการลงทุนหรือไม่เป็นสำคัญ อีกทั้งเพื่อเป็นข้อมูลประกอบในการพิจารณาตัดสินใจลงทุนสำหรับผู้ที่สนใจต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการนำก๊าซเชื้อเพลิงจากถ่านหินมาทดแทนการใช้ก๊าซแอลพีจีเพื่อเป็นเชื้อเพลิงในการผลิตเซรามิกในจังหวัดลำปาง ด้วยเทคนิคการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์สำหรับเป็นข้อมูลประกอบการตัดสินใจในการลงทุนสำหรับผู้ที่สนใจ

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

1) ศึกษาต้นทุนทางพลังงานของโรงงานเซรามิกที่ใช้ก๊าซแอลพีจีเป็นเชื้อเพลิงในการเผาเซรามิก
2) ศึกษาต้นทุนทางพลังงานในการนำก๊าซเชื้อเพลิงจากถ่านหินมาใช้เป็นเชื้อเพลิงในการเผาเซรามิก
3) ศึกษาความเป็นไปได้เชิงเศรษฐศาสตร์ในการนำก๊าซเชื้อเพลิงจากถ่านหินมาใช้ทดแทนก๊าซแอลพีจีในอุตสาหกรรมเซรามิกที่จังหวัดลำปาง

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1) ทราบถึงต้นทุนทางพลังงานจากการใช้ก๊าซแอลพีจีเป็นเชื้อเพลิงของการผลิตเซรามิกในจังหวัดลำปาง
2) ทราบถึงความเป็นไปได้ในการนำก๊าซเชื้อเพลิงจากถ่านหินมาทดแทนการใช้ก๊าซแอลพีจีเป็นเชื้อเพลิงในการผลิตเซรามิกในจังหวัดลำปาง
3) ผลจากการศึกษาสามารถนำไปใช้อ้างอิงเพื่อประกอบการการพิจารณาตัดสินใจในการลงทุนสำหรับผู้ที่สนใจในด้านการใช้ก๊าซเชื้อเพลิงจากถ่านหิน

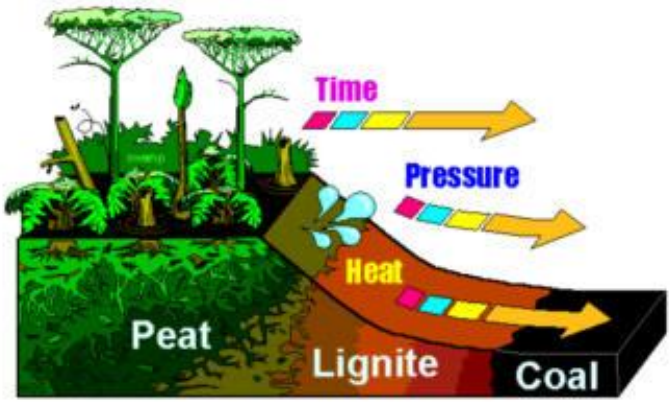
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 2
แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

ในบทนี้จะกล่าวถึงทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับถ่านหินและเทคโนโลยีถ่านหินสะอาดด้วยการแปรสภาพถ่านหินให้กลายเป็นก๊าซ (Gasification) การเผาผลิตภัณฑ์เซรามิกด้วยก๊าซแอลพีจีและสถานการณ์ของอุตสาหกรรมเซรามิกในจังหวัดลำปาง รวมถึงงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ดังนี้

2.1 ถ่านหิน

ในธรรมชาติ ซากพืชและสาหร่ายที่ทับถมกันในทะเลสาบหรือหนองน้ำที่มีสภาพเป็นน้ำจืดหรือน้ำกร่อยนั้นจะถูกย่อยสลายโดยปฏิกิริยาเคมี แต่บางครั้งการเปลี่ยนแปลงตามธรรมชาติทำให้กระบวนการย่อยสลายหยุดชะงักลง เมื่อเกิดภาวะน้ำขังนิ่งและแบคทีเรียที่ทำให้เกิดกระบวนการย่อยสลายตายลงเนื่องจากขาดออกซิเจน ซากพืชจะเกิดการทับถมกันมากขึ้นและเมื่อมีการทรุดตัวของแผ่นดิน หรือระดับน้ำในบริเวณนั้นสูงขึ้น ซากพืชจะจมลงใต้ระดับน้ำ แล้วถูกปิดทับด้วยตะกอนหินดินทรายที่ถูกพัดพามากับน้ำ เกิดเป็นวัฏจักรของการสะสมตัวของชั้นถ่านหิน ต่อมาเมื่อตะกอนมีปริมาณมากขึ้น ซากพืชเหล่านั้นจะถูกบีบอัดโดยน้ำหนักของตะกอนที่ปิดทับอยู่ อีกทั้งได้รับอิทธิพลของความร้อนที่เพิ่มขึ้นจากการทับถมตัวของตะกอนที่ปิดทับหรือการเคลื่อนไหวของเปลือกโลก ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางเคมีจากซากพืชเหล่านั้นกลายเป็นถ่านหินชนิดต่างๆ ซึ่งขึ้นกับสภาพความร้อนและคุณสมบัติของซากพืช



รูปที่ 2.1 แสดงการสะสมตัวของซากพืชจนกลายเป็นถ่านหิน
(ครูบุญรอด วงษ์สวาท, 2008)

2.1.1 ประเภทของถ่านหิน

การจำแนกประเภทของถ่านหินนั้น มีอยู่ด้วยกันหลายระบบและแตกต่างกันตามจุดประสงค์ของการใช้งาน สำหรับระบบที่นิยมใช้กันมากในปัจจุบันได้แก่ ระบบของสมาคมทดสอบและวัสดุแห่งสหรัฐอเมริกา (American Society for Testing and Materials, ASTM) ซึ่งเป็นระบบการจำแนก

ถ่านหินตามลำดับชั้น (Rank) โดยสามารถจำแนกถ่านหินได้เป็น 4 ลำดับชั้น เรียงจากประเภทที่มีปริมาณธาตุคาร์บอนมากที่สุดไปน้อยที่สุดตามลำดับ ดังนี้

1) ถ่านหินแอนทราไซต์ (Anthracite)จัดเป็นถ่านหินที่มีคุณภาพดีที่สุด มีสีดำเป็นเงามัน มีความวาวสูง มีปริมาณคาร์บอนตั้งแต่ร้อยละ 90 ขึ้นไป ถ่านหินประเภทนี้มีปริมาณความชื้นต่ำมาก และมีค่าความร้อนสูงที่สุด จุดไฟติดยากและมีควันน้อย มีค่าขี้เถ้าต่ำ มักใช้เป็นเชื้อเพลิงเพื่อให้ความร้อนภายในบ้าน อุตสาหกรรมแก้ว และอุตสาหกรรมเคมี

2) ถ่านหินบิทูมินัส (Bituminous) เป็นถ่านหินเนื้อแน่น มีลักษณะแข็ง ประกอบด้วยชั้นถ่านหินสีดำสนิทที่มีลักษณะเป็นมันวาว มีปริมาณคาร์บอนร้อยละ 80-90 และมีความชื้นประมาณร้อยละ 2-7 ถ่านหินประเภทนี้สามารถแบ่งย่อยได้เป็น 3 กลุ่มตามความสามารถในการระเหย คือกลุ่มที่มีความสามารถในการระเหยสูง กลาง และต่ำ ซึ่งถ่านหินบิทูมินัสเหมาะสำหรับใช้ในการถลุงโลหะ หรืออาจใช้เป็นเชื้อเพลิงผลิตกระแสไฟฟ้า ขึ้นอยู่กับปริมาณคาร์บอนและความสามารถในการระเหย

3) ถ่านหินซับบิทูมินัส (Sub-bituminous) มีสีน้ำตาลเข้มจนถึงดำ เนื้อถ่านหินมีความอ่อนตัวคล้ายขี้ผึ้ง ไม่แข็งมาก มีปริมาณคาร์บอนร้อยละ 71-77 และมีความชื้นประมาณร้อยละ 10-20 ถ่านหินประเภทนี้มักใช้เป็นเชื้อเพลิงในการผลิตกระแสไฟฟ้า หรือใช้ในอุตสาหกรรมต่างๆ

4) ถ่านหินลิกไนต์ (Lignite) เป็นถ่านหินที่มีซากพืชเหลือปรากฏให้เห็นเล็กน้อย มีสีน้ำตาลเข้มจนถึงดำ มีปริมาณคาร์บอนค่อนข้างต่ำ และมีความชื้นสูงถึงร้อยละ 30-70 ส่วนใหญ่ถูกใช้เป็นเชื้อเพลิงในการผลิตกระแสไฟฟ้า อตุสาหกรรมปูนซีเมนต์ และอุตสาหกรรมที่ใช้หม้อต้มต่างๆ ซึ่งจัดเป็นถ่านหินคุณภาพต่ำ

(ก) (ข)

(ค) (ง)

รูปที่ 2.2 แสดงลักษณะของถ่านหิน (ก) ลิกไนท์ (ข) ซับบิสทูมินัส (ค) บิทูมินัส (ง) แอนทราไซด์ (ครูบุญรอด วงษ์สวาท, 2008)

2.1.2 ถ่านหินในเชิงการค้า

แบ่งออกเป็น 2 กลุ่มใหญ่ๆ คือ ถ่านหินคุณภาพสูงที่มีความแข็งสูง (Hard coal) เนื่องจากมีปริมาณส่วนประกอบของคาร์บอนสูง ได้แก่ แอนทราไซต์และบิทูมินัส ส่วนอีกกลุ่มหนึ่ง คือ ถ่านหินคุณภาพต่ำ (Low rank coal) ได้แก่ ซับบิทูมินัสและลิกไนต์

โดยถ่านหินคุณภาพสูง มักถูกใช้ในอุตสาหกรรมที่ต้องการความร้อนสูง เช่น อุตสาหกรรมถลุงเหล็ก ทำให้ถูกเรียกว่า ถ่านหินเกรดโลหะกรรม (Metallurgical coal) ซึ่งสามารถนำไปปรับปรุงเพิ่มคุณภาพให้เป็นถ่านโค้ก (Coking coal) ต่อไปได้ ส่วนถ่านหินคุณภาพต่ำมักถูกใช้เป็นเชื้อเพลิงในอุตสาหกรรมที่ใช้หม้อน้ำ (Boiler) เพื่อผลิตไอน้ำ จึงถูกเรียกว่า ถ่านหินเกรดความร้อน (Thermal coal) หรือถ่านหินเกรดหม้อไอน้ำ (Steam coal)

โดยถ่านหินทั้ง 2 กลุ่มดังกล่าวอาจเรียงลำดับตามค่าความร้อน (Calorific Value) จากมากไปหาน้อยได้ ดังนี้

1) แอนทราไซต์ มีค่าความร้อนประมาณ 6,800-7,000 กิโลแคลอรี่ต่อกิโลกรัม
2) บิทูมินัส มีค่าความร้อนระหว่าง 6,000-6,700 กิโลแคลอรี่ต่อกิโลกรัม
3) ซับบิทูมินัส มีค่าความร้อนประมาณ 5,000-6,000 กิโลแคลอรี่ต่อกิโลกรัม
4) ลิกไนต์ มีค่าความร้อนประมาณ 4,000-5,000 กิโลแคลอรี่ต่อกิโลกรัม

โดยลิกไนต์ เป็นถ่านหินที่มีคุณภาพต่ำที่สุดในทางการค้า มีค่าความร้อนเพียง 4,000-5,000 กิโลแคลอรี่ต่อกิโลกรัมเท่านั้น เนื่องจากมีสิ่งเจือปนและค่าความชื้นสูงกว่าถ่านหินประเภทอื่น ทำให้ไม่คุ้มค่าต่อการขนส่งระยะทางไกล จึงไม่ถูกใช้ในการค้าขายถ่านหินระหว่างประเทศ

2.1.3 เทคโนโลยีถ่านหินสะอาดด้วยการแปรสภาพถ่านหินให้กลายเป็นก๊าซ

กระบวนการแปรสภาพให้กลายเป็นก๊าซเป็นการทำให้เชื้อเพลิงแข็ง เช่น ถ่านหิน กลายเป็นก๊าซโดยการสันดาปแบบไม่สมบูรณ์ ทำได้โดยการทำให้เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชั่นของเชื้อเพลิงแข็งกับอากาศ (หรือออกซิเจน) บางส่วน ผลิตภัณฑ์ของการแปรสภาพให้กลายเป็นก๊าซส่วนใหญ่ประกอบด้วย ก๊าซไฮโดรเจน (H_2) ก๊าซคาร์บอนมอนออกไซด์ (CO) ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ก๊าซมีเทน (CH_4) และสารประกอบไฮโดรคาร์บอนอื่นๆ นอกจากนี้ยังมีสารประกอบบางตัวที่จัดว่าเป็นสารปนเปื้อนอีกเล็กน้อย ได้แก่ น้ำมันทาร์ ไฮโดรเจนซัลไฟด์ และแอมโมเนีย เป็นต้น จะเห็นว่า ก๊าซที่เกิดขึ้นส่วนใหญ่จะเป็นก๊าซ CO และ H_2 เรียกว่า ก๊าซเชื้อเพลิง (Fuel Gas) หรือ Synthetic Gas หรือ Syn Gas

2.1.3.1 กระบวนการแปรสภาพถ่านหินให้กลายเป็นก๊าซ

มีปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นสามารถแบ่งออกได้เป็นขั้นตอนหลัก 2 ขั้น ดังนี้

<u>ขั้นตอนที่ 1</u> การเกิด Devolatilization (Pyrolysis, Thermal Decomposition)

Coal + Heat (400-1,200 $^{\circ}$C) --> Coke (Char) + Liquids (Tar) + Gases

ขั้นตอนที่ 2 การเกิด Gasification (Char Combustion)

Coal + Gasifying Agent (Steam) + Heat (700-1,400 $^{\circ}$C) --> Gases (H_2, CO, ...) + Minerals (Ash)

ชนิดของคาร์บอนในถ่านหิน พื้นที่ผิวของถ่านหินและอนินทรีย์สารในถ่านหินเป็นปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดก๊าซจากกระบวนการแปรสภาพให้กลายเป็นก๊าซ และจากการศึกษาพบว่า มีสารบางตัว เช่น แอลคาไลเอิร์ทสามารถเร่งปฏิกิริยาการเปลี่ยนแปลงให้มีอัตราที่เพิ่มขึ้นได้

เทคโนโลยีการแปรรูปถ่านหินให้เป็นก๊าซในปัจจุบันมีหลายประเภท สามารถแบ่งออกตามผลผลิตที่แตกต่างกันได้ 3 แบบ คือ Low, Medium และ High Btu Gas โดยมีการใช้ประโยชน์ของก๊าซทั้ง 3 ประเภทแตกต่างกันออกไป ดังตารางที่ 2.1

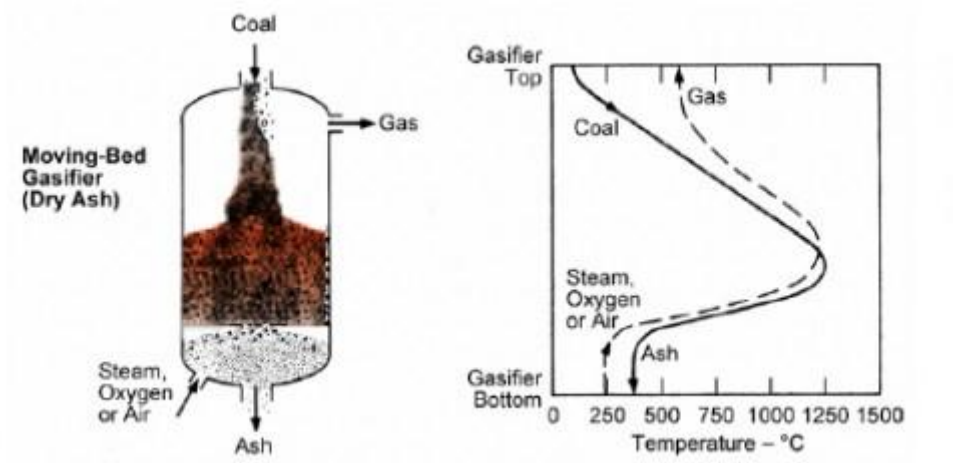
ตารางที่ 2.1 แสดงประเภทของก๊าซที่เกิดจากกระบวนการแปรสภาพถ่านหินให้กลายเป็นก๊าซ

ประเภท	ค่าความร้อน (kcal/Nm^3)	การใช้ประโยชน์
Low – Btu Gas	859.41 – 1,241.37	เชื้อเพลิง
Medium – Btu Gas	2,864.70 – 3,819.60	เชื้อเพลิงและวัตถุเคมีภัณฑ์
High – Btu Gas	>9,071.55	เคมีภัณฑ์และใช้แทนก๊าซธรรมชาติ

2.1.3.2 เครื่องเตาปฏิกรณ์

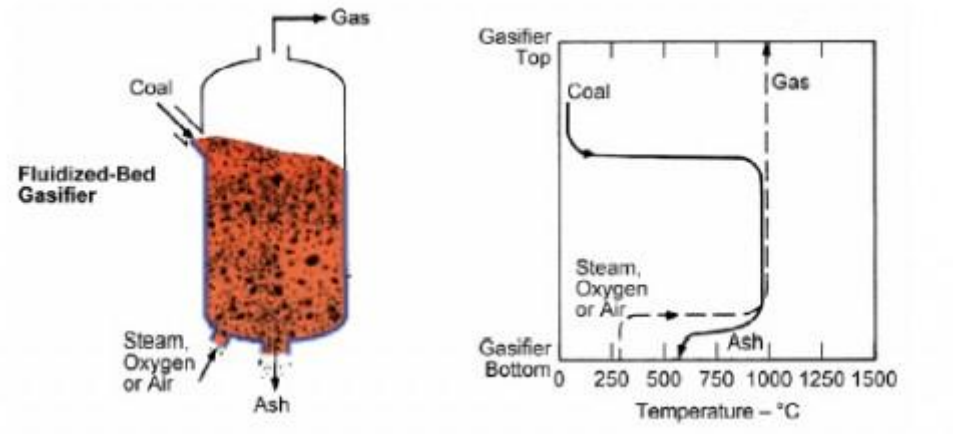
เครื่องเตาปฏิกรณ์ผลิตก๊าซมีรูปแบบแตกต่างกันออกไป ขึ้นอยู่กับระบบที่เลือกใช้และเทคนิคการออกแบบให้เหมาะสมกับสภาพการใช้งาน ดังนี้

1) ระบบ Moving Bed หรือ Fixed Bed เป็นระบบที่มีการใช้โดยทั่วไป มีการทดลองค้นคว้าวิจัยกันอย่างกว้างขวางในอดีต ซึ่งถ้านำมาพัฒนาในด้านการออกแบบให้สอดคล้องกับลักษณะสมบัติของถ่านหินและอุตสาหกรรมแล้ว ก็จะเป็นระบบที่สามารถนำมาใช้ผลิตก๊าซเชื้อเพลิงเพื่ออุตสาหกรรมขนาดเล็กและกลางได้ โดยทั่วไปจะแบ่งเป็นแบบ Down Draft, Up Draft และ Cross Draft ตามลักษณะของการป้อนวัตถุดิบ, ป้อนอากาศ, การนำเถ้าถ่านและก๊าซเชื้อเพลิงออกจากระบบ ซึ่งเป็นรูปแบบเฉพาะของระบบนี้ แต่ปัจจุบันมีการใช้น้อยลง โดยเฉพาะอย่างยิ่งการใช้ในระบบการเผาไหม้ถ่านหินเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า เนื่องจากมีความยุ่งยากในการนำเถ้าถ่านออกจากระบบ และปัญหาในการควบคุมปฏิกิริยาเคมีให้เกิดในโซนต่างๆ โดยกระบวนการในเครื่องเตาปฏิกรณ์มีปฏิกิริยาเคมีเกิดช้ามาก ไม่เหมาะในการควบคุมปฏิกิริยาเคมีแบบอัตโนมัติ แต่มีข้อดี คือ ขนาดของถ่านหินที่ป้อนระบบ ไม่จำเป็นต้องบดย่อยให้มีขนาดเล็กมากและสม่ำเสมอ ทำให้ประหยัดค่าใช้จ่ายในการเตรียมวัตถุดิบในบางส่วนลงได้



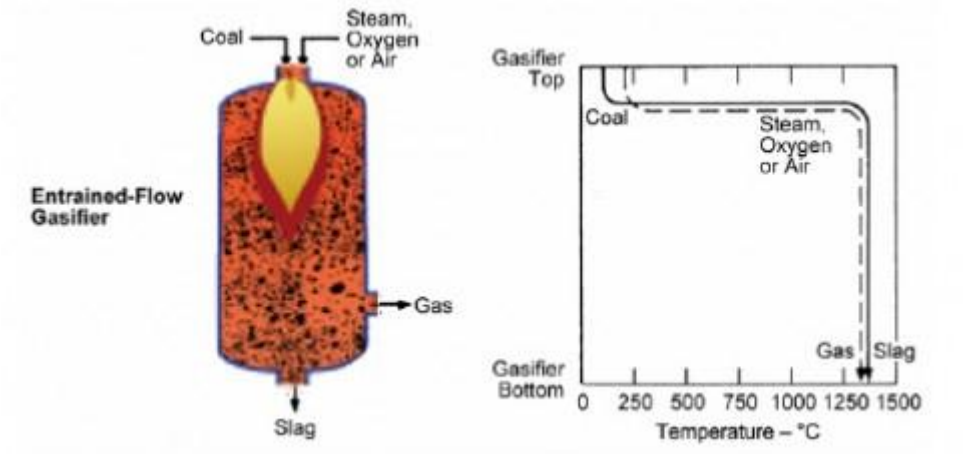
รูปที่ 2.3 แสดงลักษณะของเครื่องเตาปฏิกรณ์ผลิตก๊าซแบบ Moving Bed หรือ Fixed Bed (EnergyThai, 2009)

2) ระบบ Fluidized Bed เป็นระบบที่มีการนำมาประยุกต์ใช้กับกระบวนการต่างๆ เป็นจำนวนมาก มีประสิทธิภาพดีทั้งในด้านการถ่ายเทความร้อน การถ่ายเทมวลสาร และการทำปฏิกิริยา ในปัจจุบันมีผู้นำไปใช้ในระบบปฏิบัติการหลายระบบในกระบวนการผลิตของอุตสาหกรรมต่างๆ เช่น การดูดซึม (Absorption) การดูดซับ (Adsorption) การอบแห้ง (Drying) การเผาไหม้ (Combustion or Incineration) และการหมัก (Fermentation) เป็นต้น ข้อดีของระบบนี้ คือ มีการผสมกันระหว่างของไหลและอนุภาคภายในเบดอย่างสม่ำเสมอและทั่วถึง ทำให้เกิดการถ่ายเทมวลสารและความร้อนได้อย่างดี ส่งผลให้ระบบมีประสิทธิภาพสูงขึ้น อีกทั้งความสม่ำเสมอของอุณหภูมิและการผสมกันภายในเบด ทำให้การเกิดปฏิกิริยาภายในเบดเป็นไปอย่างรวดเร็ว อุณหภูมิในการเกิดปฏิกิริยาจึงต่ำลง ส่งผลให้ประสิทธิภาพเท่าเดิมหรือมากขึ้น จากคุณสมบัติข้อนี้จะทำให้ลดการเกิดออกไซด์ของไนโตรเจน (NO_x) ที่มีผลต่อสิ่งแวดล้อมได้ จึงทำให้มีความนิยมที่นำเอาระบบนี้มาใช้ในการผลิตก๊าซจากถ่านหินกันอย่างกว้างขวาง



รูปที่ 2.4 แสดงลักษณะของเครื่องเตาปฏิกรณ์ผลิตก๊าซแบบ Fluidized Bed (EnergyThai, 2009)

3) ระบบ Entrained Bed เป็นระบบที่มีการใช้กันมานาน มีประสิทธิภาพสูงที่สุด ควบคุมการทำงานง่ายกว่าระบบ Fixed Bed โดยการป้อนถ่านหิน อากาศและออกซิเจนจะป้อนไปพร้อมกันและเป็นไปในทิศทางเดียวกัน คือ ป้อนจากด้านบนลงมาด้านล่าง โดยถ่านหินที่ใช้ต้องมีขนาดเล็กมากจนเป็นผง ทำให้ระบบนี้มีค่าใช้จ่ายในการเตรียมวัตถุดิบสูงมากเมื่อเทียบกับระบบอื่น ส่วนก๊าซที่ออกมาจะมีอุณหภูมิประมาณ 1,260 – 1,540 องศาเซลเซียส

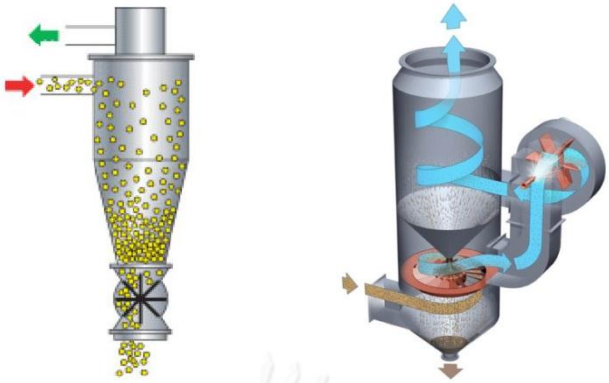


รูปที่ 2.5 แสดงลักษณะของเครื่องเตาปฏิกรณ์ผลิตก๊าซแบบ Entrained Bed (EnergyThai, 2009)

2.1.3.3 ระบบทำความสะอาดก๊าซเชื้อเพลิง

ก๊าซเชื้อเพลิงที่ได้จากเครื่องเตาปฏิกรณ์จะมีอุณหภูมิสูงและมีคุณสมบัติเป็นเชื้อเพลิงได้ดี แต่มีสิ่งเจือปนต่างๆ เป็นจำนวนมาก เช่น ทาร์ (Tar) และอนุภาคมวลสารที่มีขนาดเล็ก (Particulate) เป็นต้น โดยปริมาณของสิ่งเจือปนมีมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับระบบที่เลือกใช้ ดังนั้นจึงต้องมีระบบที่ใช้ทำความสะอาดก๊าซเชื้อเพลิงที่ได้ โดยที่สำคัญมีดังนี้

1) ระบบกำจัดเถ้าลอย (Fly Ash) และทาร์ (Tar) นิยมใช้ Air Cyclone ในการกำจัดเถ้าลอยมากกว่าใช้ถุงกรอง (Filter Bag) ลักษณะของ Air Cyclone ควรแยกออกเป็น 2 ชุด คือ Air Cyclone ชุดที่ 1 ทำหน้าที่แยก Particulate ออกจากก๊าซและนำกลับเข้าสู่คอลัมน์ทั้งหมด ส่วน Air Cyclone ชุดที่ 2 จะทำหน้าที่แยกอนุภาคที่ผ่านมาจาก Air Cyclone ชุดที่ 1 และไอที่เป็นละอองของทาร์ (Tar) ออกก่อนป้อนเข้าสู่ระบบทำความสะอาดก๊าซเจือปน (H_2S) การกำจัดเถ้าลอยที่มีประสิทธิภาพสูงอีกวิธีหนึ่ง คือ การใช้ Scrubber ซึ่งนอกจากจะสามารถจับเถ้าลอยได้แล้ว ยังทำให้ก๊าซเย็นตัวลงอย่างรวดเร็ว ทำให้สามารถแยกทาร์ (Tar) ออกจากก๊าซร้อนได้ดีกว่าใช้ Air Cyclone



(ก) (ข)

รูปที่ 2.6 แสดงลักษณะของเครื่อง Air Cyclone ("Cyclone Separator,") และ Scrubber (Thompson)

2) ระบบทำความสะอาดก๊าซเจือปน เนื่องจากก๊าซที่ผลิตได้จากถ่านหินจะมีของเสียและสิ่งเจือปนเป็นจำนวนมาก การกำจัดหรือลดปริมาณสิ่งเจือปนเหล่านี้ จึงต้องพิจารณาถึงสภาพแวดล้อมการใช้งานและรูปแบบการนำไปใช้ประโยชน์เป็นหลัก รวมทั้งขึ้นกับแต่ละกรณี เช่น ถ้านำก๊าซไปใช้เป็นเชื้อเพลิงเพื่อผลิตความร้อนต้องมีปริมาณ H_2S ไม่เกิน 20 กรัม/100 Scf เป็นต้น

2.1.3.4 การเปรียบเทียบคุณลักษณะโดยทั่วไปของเครื่องเตาปฏิกรณ์

จากคุณสมบัติที่กล่าวมาข้างต้น สามารถสรุปคุณลักษณะทั่วไปของเครื่องเตาปฏิกรณ์ได้ ดังนี้

ตารางที่ 2.2 แสดงคุณลักษณะโดยทั่วไปของเครื่องเตาปฏิกรณ์ทั้ง 3 ประเภท

เครื่องเตาปฏิกรณ์	คุณลักษณะ
1. Moving-Bed หรือ Fixed-Bed	1) อุณหภูมิใน Chamber 400-600 °C 2) ต้องการ Oxidant น้อย 3) ก้อนเชื้อเพลิงขนาด 0.5-5 เซนติเมตร 4) Residence Time 15-60 นาที 5) การแปรสภาพคาร์บอนสูงถึง 99% 6) มีข้อจำกัดกับถ่านหินที่เป็นผงหรือมีแนวโน้มที่จะแตกตัวเป็นผงขณะอยู่ในกระบวนการ 7) เหมาะกับการนำไปประยุกต์ในอุตสาหกรรมผลิตสารเคมี เนื่องจากใน Syngas มีสารประกอบไฮโดรคาร์บอนและทาร์ 8) ไม่เหมาะกับการใช้งานที่มีการผลิตก๊าซ H_2 ร่วมด้วย (H_2 co-production)
2. Fluidized-Bed	1) อุณหภูมิใน Chamber 800-1,050 °C 2) ต้องการ Oxidant ปานกลาง

เครื่องเตาปฏิกรณ์	คุณลักษณะ
	3) ขนาดอนุภาคเชื้อเพลิงเล็กกว่า 5 มิลลิเมตร 4) Residence Time 10-100 วินาที 5) เถ้าจากกระบวนการอยู่ในรูปที่แห้งหรือจับกันเป็นก้อน (Dry or Agglomerate Ash) 6) การแปรสภาพคาร์บอนสูงถึง 98% 7) เหมาะกับถ่านหินที่ทำปฏิกิริยาได้ไว (High Reactive) เช่น ลิกไนต์และชีวมวล 8) เหมาะกับถ่านหินที่มีปริมาณเถ้ามากและมีจุดหลอมเหลวของเถ้าสูง 9) เหมาะกับโรงไฟฟ้าระบบ IGCC ขนาดเล็กถึงปานกลาง
3. Entrained-Flow	1) อุณหภูมิใน Chamber 1,000-1,600 °C 2) ต้องการ Oxidant มาก 3) ใช้กับเชื้อเพลิงบดมีขนาดเล็กกว่า 100 ไมครอน 4) Residence Time 1-5 วินาที 5) เถ้าจากกระบวนการอยู่ในรูปหลอมเหลว (Molten Slag) 6) เกิดสารประกอบไฮโดรคาร์บอนหรือทาร์น้อยมาก 7) การแปรสภาพคาร์บอนสูงถึง 99% 8) ไม่เหมาะกับถ่านหินที่มีจุดหลอมเหลวของเถ้าสูงหรือมีปริมาณเถ้าสูง (>25%) 9) เหมาะกับโรงไฟฟ้าระบบ IGCC ขนาดใหญ่

ในการศึกษานี้เลือกใช้เครื่องเตาปฏิกรณ์ประเภท Moving-Bed เนื่องจากมีราคาถูกที่สุดและมีประสิทธิภาพในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ เหมาะแก่การใช้งานสำหรับอุตสาหกรรมเซรามิกในจังหวัดลำปางที่ส่วนใหญ่เป็นโรงงานขนาดเล็กถึงขนาดกลาง อีกทั้งในปัจจุบันมีการใช้งานเครื่องเตาปฏิกรณ์ประเภทนี้อยู่แล้วในจังหวัดลำปาง แต่เป็นการใช้ชีวมวลเป็นเชื้อเพลิง ซึ่งจะทำให้ผู้ประกอบการในพื้นที่มีความคุ้นเคยและเข้าใจระบบการทำงานเป็นอย่างดี

2.1.4 การนำเข้าถ่านหินในประเทศไทย

ถ่านหินที่พบส่วนใหญ่ในประเทศไทย คือ ถ่านหินคุณภาพต่ำประเภทลิกไนต์และซับบิทูมินัสที่มีค่าความร้อนและคุณภาพต่ำ ทำให้ไม่เหมาะแก่การใช้งานในภาคอุตสาหกรรม ในขณะที่ปัจจุบันประเทศไทยมีความต้องการใช้ถ่านหินมากกว่าปริมาณถ่านหินที่ผลิตได้ในประเทศ โดยเฉพาะอย่างยิ่ง

ในภาคอุตสาหกรรม ซึ่งต้องการใช้ถ่านหินที่มีค่าความร้อนสูงและมีมลภาวะต่ำ จึงจำเป็นต้องมีการนำเข้าถ่านหินจากต่างประเทศเป็นจำนวนมาก โดยประเทศไทยมีการนำเข้าถ่านหินประมาณ 17 ล้านตัน ในช่วงปี พ.ศ. 2556 ที่ผ่านมา ซึ่งส่วนใหญ่เป็นถ่านหินประเภทซับบิทูมินัสและบิทูมินัส สำหรับใช้เป็นเชื้อเพลิงในอุตสาหกรรมปูนซีเมนต์ อุตสาหกรรมผลิตกระแสไฟฟ้า และอุตสาหกรรมที่ใช้พลังงานความร้อนผลิตไอน้ำในกระบวนการผลิต เช่น อุตสาหกรรมกระดาษ อุตสาหกรรมอาหาร อุตสาหกรรมสิ่งทอ เป็นต้น โดยคุณภาพของถ่านหินที่ไทยนำเข้าส่วนใหญ่จะมีค่าความร้อนสูง มีปริมาณกำมะถันน้อยกว่าถ่านหินที่ผลิตได้ภายในประเทศ ดังแสดงในตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.3 แสดงคุณสมบัติถ่านหินของผู้จำหน่ายถ่านหินนำเข้าของไทย (กรมอุตสาหกรรมพื้นฐานและการเหมืองแร่, 2554)

	SCT	BANPU		AGE	LANNA	UMS
	Steam Coal	ถ่านหินอินโดนีเซีย	ถ่านหินออสเตรเลีย	บิทูมินัส	บิทูมินัส	ซับบิทูมินัส - บิทูมินัส
ค่าความร้อนรวม (AD) (kcal/kg)	5,800 - 6,000	5,300 – 6,900	6,700	5,500 - 6,000	5,400	5,000-6,000
ความชื้นรวม (%)	10-26	12-19	9	25 - 30	38	20
ปริมาณขี้เถ้า (%)	3-12	5-6	16	5 - 9	5	n.a.
คาร์บอนคงที่ (%)	>41	37-48	50.5	39 - 40	36-38	n.a.
กำมะถัน (%)	0.2-1	0.15-1.8	0.65	0.3 - 1	<1	0.1-1.5

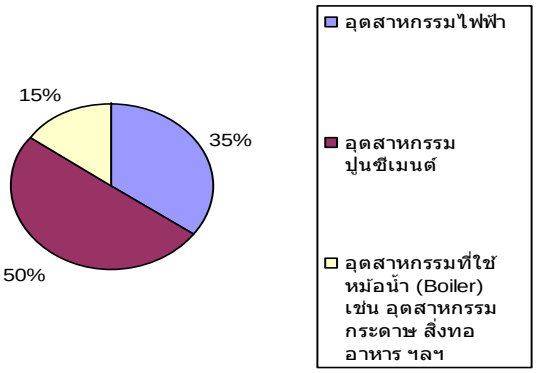
ถ่านหินนำเข้าโดยทั่วไปมีขนาดต่ำกว่า 50 มิลลิเมตร ซึ่งเป็นขนาดมาตรฐานที่มีการซื้อขายระหว่างประเทศ โดยโรงงานอุตสาหกรรมขนาดใหญ่สามารถนำไปใช้เป็นเชื้อเพลิงได้เลย แต่สำหรับอุตสาหกรรมขนาดเล็กที่มีหม้อไอน้ำขนาดเล็ก จะต้องผ่านกระบวนการคัดขนาดให้เหมาะสมกับคุณสมบัติของหม้อไอน้ำก่อนที่จะนำถ่านหินไปใช้ ซึ่งโดยทั่วไปจะต้องควบคุมคุณสมบัติ เช่น ค่าความร้อนและปริมาณกำมะถันให้เหมาะสม เพื่อให้การเผาไหม้ของถ่านหินเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพและไม่ก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมเกินกว่ามาตรฐานด้านสิ่งแวดล้อมตามที่กฎหมายกำหนด ทั้งนี้การควบคุมคุณสมบัติดังกล่าวสามารถทำได้ด้วยการนำถ่านหินจากหลายแหล่งมาผสมกัน (Blend) และทดสอบคุณสมบัติในห้องปฏิบัติการ ซึ่งผู้ใช้ในอุตสาหกรรมขนาดใหญ่มักจะดำเนินการเอง

ถ่านหินที่นำเข้าในประเทศไทยจะถูกใช้เป็นเชื้อเพลิงในอุตสาหกรรมต่างๆ ในสัดส่วน ที่แสดงในรูปที่ 2.7 ดังนี้

- อุตสาหกรรมปูนซีเมนต์ นับเป็นกลุ่มผู้ใช้ถ่านหินกลุ่มใหญ่ที่สุดของภาคเอกชนในประเทศไทย โดยมีสัดส่วนการใช้ประมาณร้อยละ 50 ของถ่านหินนำเข้า โดยผู้ใช้ในกลุ่มนี้มีจำนวนไม่มาก แต่เนื่องจากแต่ละรายจะมีความต้องการใช้ถ่านหินในในกระบวนการผลิตปูนซีเมนต์ปริมาณมาก

- อุตสาหกรรมผลิตกระแสไฟฟ้าภายใต้โครงการผู้ผลิตไฟฟ้าอิสระ (IPP) และผู้ผลิตไฟฟ้าขนาดเล็ก (SPP) ซึ่งใช้ถ่านหินในการผลิตกระแสไฟฟ้ามีปริมาณการใช้ที่สม่ำเสมอตลอดปี โดยใช้เป็นเชื้อเพลิงในหม้อไอน้ำสำหรับการผลิตกระแสไฟฟ้า มีสัดส่วนการใช้ถ่านหินประมาณร้อยละ 35

- อุตสาหกรรมผลิตไอน้ำและอื่นๆ มีการใช้ถ่านหินเป็นเชื้อเพลิงให้ความร้อนในหม้อ ไอน้ำขนาดใหญ่ ได้แก่ อุตสาหกรรมกระดาษ ปิโตรเคมี และสิ่งทอ เป็นต้น ส่วนอุตสาหกรรมอื่นนอกจากนี้ใช้ถ่านหินเป็นเชื้อเพลิงให้ความร้อนในหม้อไอน้ำขนาดเล็กหรือใช้เป็นเชื้อเพลิงในการเผา อบ และต้มในกระบวนการผลิต ซึ่งส่วนใหญ่จะเป็นโรงงานขนาดเล็ก เช่น โรงงานผลิตกระดาษและเยื่อกระดาษขนาดเล็ก อุตสาหกรรมเคมีและอาหาร เป็นต้น ผู้ใช้ถ่านหินในกลุ่มนี้จะเป็นผู้ใช้รายย่อยที่มีปริมาณการใช้ต่อรายไม่มากนักแต่มีจำนวนผู้ใช้มากและต้องการถ่านหินที่มีคุณลักษณะเฉพาะกว่า 2 กลุ่มแรก โดยมีสัดส่วนการใช้ถ่านหินนำเข้าประมาณร้อยละ 15



รูปที่ 2.7 แสดงสัดส่วนการใช้ถ่านหินนำเข้าของไทย ปี 2553
(กรมอุตสาหกรรมพื้นฐานและการเหมืองแร่, 2554)

สำหรับการนำเข้าถ่านหินในประเทศไทย มีผู้ประกอบการประมาณ 20 ราย สามารถแบ่งออกเป็น 3 กลุ่ม ดังนี้

1) ผู้ประกอบการรายใหญ่ เช่น บริษัท บ้านปู จำกัด (มหาชน) (BANPU) บริษัท ค้าสากลซิเมนต์ไทย จำกัด (SCT) และบริษัท ลานนารีซอร์สเซส จำกัด (มหาชน) (LANNA) ผู้ประกอบการในกลุ่มนี้มีเงินลงทุนสูง มีการเข้าร่วมลงทุนกับเหมืองถ่านหินในต่างประเทศ ทำให้มีความมั่นคงในด้านปริมาณสำรองถ่านหิน กลุ่มลูกค้าส่วนใหญ่จะเป็นโรงงานปูนซีเมนต์หรือโรงไฟฟ้าที่ใช้ถ่านหินเป็นเชื้อเพลิง ทั้งนี้ การแข่งขันในตลาดนี้มีไม่มากนัก เนื่องจากผู้ใช้มีศักยภาพในการนำเข้าถ่านหินจากต่างประเทศโดยตรง อีกทั้งผู้ประกอบการบางรายจำหน่ายถ่านหินให้แก่บริษัทในเครือเป็นหลัก เช่น LANNA ขายถ่านหินส่วนใหญ่ให้แก่ บริษัท ปูนซีเมนต์นครหลวง จำกัด (มหาชน) และ SCT ขายถ่านหินส่วนใหญ่ให้แก่ บริษัท ปูนซิเมนต์ไทย จำกัด (จำกัด) เป็นต้น

2) ผู้ประกอบการขนาดกลางและเล็ก เช่น บริษัท ยูนิค ไมนิ่ง เซอร์วิสเซส จำกัด (มหาชน) (UMS) บริษัท เอเชียกรีน เอ็นเนอร์จี จำกัด (มหาชน) (AGE) บริษัท เอ็นเนอร์ยี่ เอิร์ธ จำกัด (มหาชน) (EARTH) และบริษัท ไทยแค็ปปิตอล คอร์ปอเรชั่น จำกัด (มหาชน) (TCC) เป็นต้น ผู้ประกอบการในกลุ่มนี้ส่วนใหญ่จะไม่มีการร่วมทุนกับเหมืองถ่านหินในต่างประเทศ จะมีลักษณะการทำธุรกิจแบบผู้จัดจำหน่าย (Trading Company) ทำให้มีปัญหาเรื่องความไม่แน่นอนในการส่งมอบและความสม่ำเสมอของคุณภาพถ่านหิน โดยอาศัยความสัมพันธ์ระหว่างผู้ประกอบการกับเจ้าของเหมืองถ่านหินและ

ลูกค้าเป็นหลัก โดยมีกลุ่มลูกค้าเป็นโรงงานอุตสาหกรรมขนาดกลางและเล็ก ซึ่งสภาพตลาดมีการแข่งขันมากกว่ากลุ่มที่ลูกค้าเป็นโรงงานอุตสาหกรรมขนาดใหญ่

3) ผู้ค้ารายใหญ่ในต่างประเทศ จะส่งถ่านหินเข้ามาจำหน่ายในประเทศไทยในลักษณะเป็นครั้งละปริมาณมาก โดยบรรทุกมาเป็นลำเรือขนาดใหญ่ ซึ่งจะส่งมอบถ่านหินทั้งลำเรือให้กับผู้ซื้อในคราวเดียว ผู้ค้าถ่านหินดังกล่าว ได้แก่ Rio Tinto, Glencore, Noble Energy, Eastern Energy และ Phenix Commodity เป็นต้น

สำหรับการซื้อถ่านหินจากผู้ประกอบการเหมืองถ่านหินในต่างประเทศ ส่วนใหญ่จะซื้อขายโดยใช้ราคาหน้าเหมืองเป็นหลัก โดยราคาถ่านหินที่นำเข้าจากต่างประเทศของผู้ซื้อแต่ละรายจะไม่แตกต่างกันมากนัก เนื่องจากราคาจำหน่ายถ่านหินในต่างประเทศจะเป็นราคาอ้างอิง เช่น ประเทศอินโดนีเซียจะมี Indonesian Coal Index (ICI) ซึ่งเป็นราคามาตรฐานในการซื้อขายถ่านหินของอินโดนีเซียที่มีค่าความร้อนรวม (AD) 6,500 5,800 5,000 และ 4,200 กิโลแคลอรี่ต่อกิโลกรัม ตามลำดับ

โดยดัชนีราคาถ่านหินนำเข้า (Coal Price Index) ที่ใช้อ้างอิงสำหรับการซื้อขายถ่านหินของตลาดภูมิภาคเอเชียที่สำคัญที่ใช้ในการซื้อขายรูปแบบต่างๆ ได้แก่

ตารางที่ 2.4 แสดงดัชนีราคาถ่านหินนำเข้าที่ใช้อ้างอิงสำหรับการซื้อขายถ่านหิน (กรมอุตสาหกรรมพื้นฐานและการเหมืองแร่, 2554)

Index	Newcastle Export Index (NEX)	ACR Asia Index	JPU Reference
รูปแบบการซื้อ-ขาย	Spot	Long–Term contract, Spot	Long-Term contract
ชนิดของถ่านหิน	Thermal	Thermal	Thermal
ค่าความร้อน	6,700 kcl/kg (GAD)	ไม่ระบุค่าความร้อน	6,700 kcl/kg (GAD)
การกำหนดราคา	FOB Price	FOB Price	FOB Price
แหล่งถ่านหิน	ออสเตรเลีย	ออสเตรเลีย	ออสเตรเลีย
ท่าเรือส่งออก	Newcastle-Australia	ออสเตรเลีย	ออสเตรเลีย
ลูกค้า	กลุ่มลูกค้าในเอเชีย	ประเทศญี่ปุ่น เกาหลีใต้ ไต้หวัน และฮ่องกง	ประเทศญี่ปุ่น
แหล่งข้อมูล	www.coalportal.com	www.coalportal.com	Australian Coal Report
ประกาศ	รายสัปดาห์	รายเดือน	รายปี

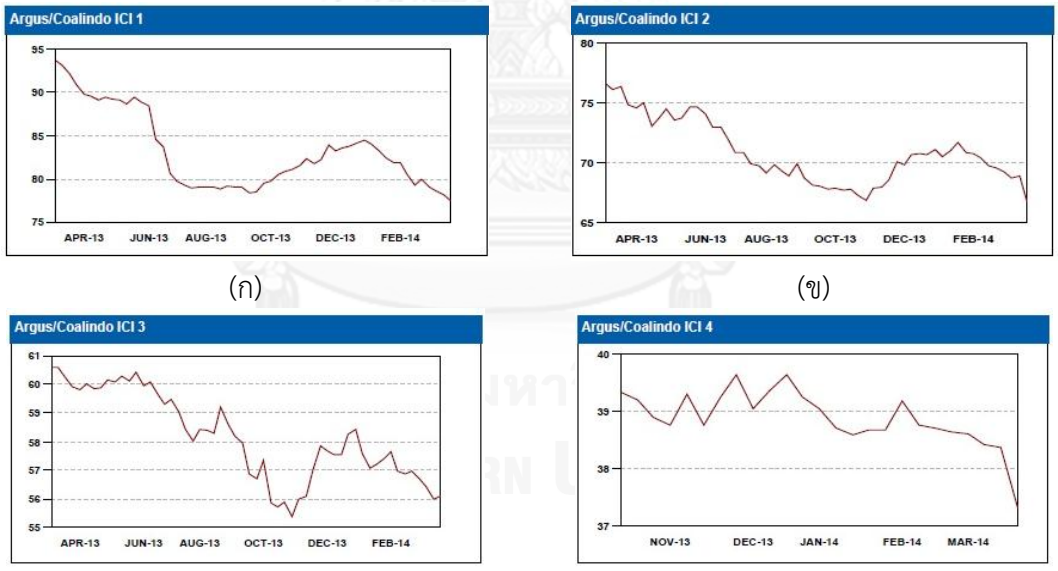
2.1.4.1 ปริมาณ ราคา และคุณลักษณะของถ่านหินนำเข้า

ในปี 2553 ประเทศไทยนำเข้าถ่านหินคิดเป็นมูลค่าประมาณ 36,375 ล้านบาท โดยประเภทของถ่านหินที่ไทยนำเข้ามากที่สุด คือ ถ่านหินซับบิทูมินัสมูลค่าประมาณ 19,302 ล้านบาท ที่ราคา 1,977 บาทต่อตัน มีแหล่งนำเข้าหลัก คือ ประเทศอินโดนีเซีย คิดเป็นสัดส่วนร้อยละ 88 สำหรับถ่าน

หินบิทูมินัสไทยนำเข้ามูลค่าประมาณ 15,548 ล้านบาท ที่ราคาประมาณ 2,349 บาทต่อตัน และถ่านหินนำเข้าที่มีราคาสูงที่สุด คือ แอนทราไซต์ ซึ่งมีราคาประมาณ 4,187 บาทต่อตัน รายละเอียดตามตารางที่ 2.5 ซึ่งในขณะนั้นราคาถ่านหินมีราคาต่ำ แต่ก็ได้มีการปรับตัวสูงขึ้นตามความต้องการใช้งานในตลาดโลก แต่ในช่วงปีที่ผ่านมาจนถึงปัจจุบัน ราคาถ่านหินของประเทศอินโดนีเซียมีแนวโน้มปรับตัวต่ำลงอย่างต่อเนื่อง ซึ่งในปัจจุบันราคาถ่านหินซับบิทูมินัสนำเข้าเฉลี่ยอยู่ที่ประมาณ 2,270 บาทต่อตัน ดังรายละเอียดตามรูปที่ 2.8

ตารางที่ 2.5 แสดงข้อมูลการนำเข้าถ่านหินของไทยในปี 2553 (จรินทร์ ชลไพศาล, 2553)

ประเภทของถ่านหิน	ปริมาณ (ตัน)	มูลค่า (ล้านบาท)	ราคา CIF (บาทต่อตัน)	แหล่งนำเข้า (%)
แอนทราไซต์	367,817	1,540	4,187	อินโดนีเซีย (57.1) เวียดนาม (40.8)
บิทูมินัส	6,619,710	15,548	2,349	อินโดนีเซีย (56.6) ออสเตรเลีย (34.6)
ซับบิทูมินัส	9,761,028	19,302	1,977	อินโดนีเซีย (88.1)



(ก) (ข)

(ค) (ง)

รูปที่ 2.8 แสดง Indonesian Coal Index (ICI) ในช่วงเดือน เมษายน 2556 – มีนาคม 2557

(ก) คือถ่านหินที่มีค่าความร้อนประมาณ 6,500 – 6,200 กิโลแคลอรี

(ข) คือถ่านหินที่มีค่าความร้อนประมาณ 5,800 – 5,500 กิโลแคลอรี

(ค) คือถ่านหินที่มีค่าความร้อนประมาณ 5,000 – 4,600 กิโลแคลอรี

(ง) คือถ่านหินที่มีค่าความร้อนประมาณ 4,200 – 3,800 กิโลแคลอรี

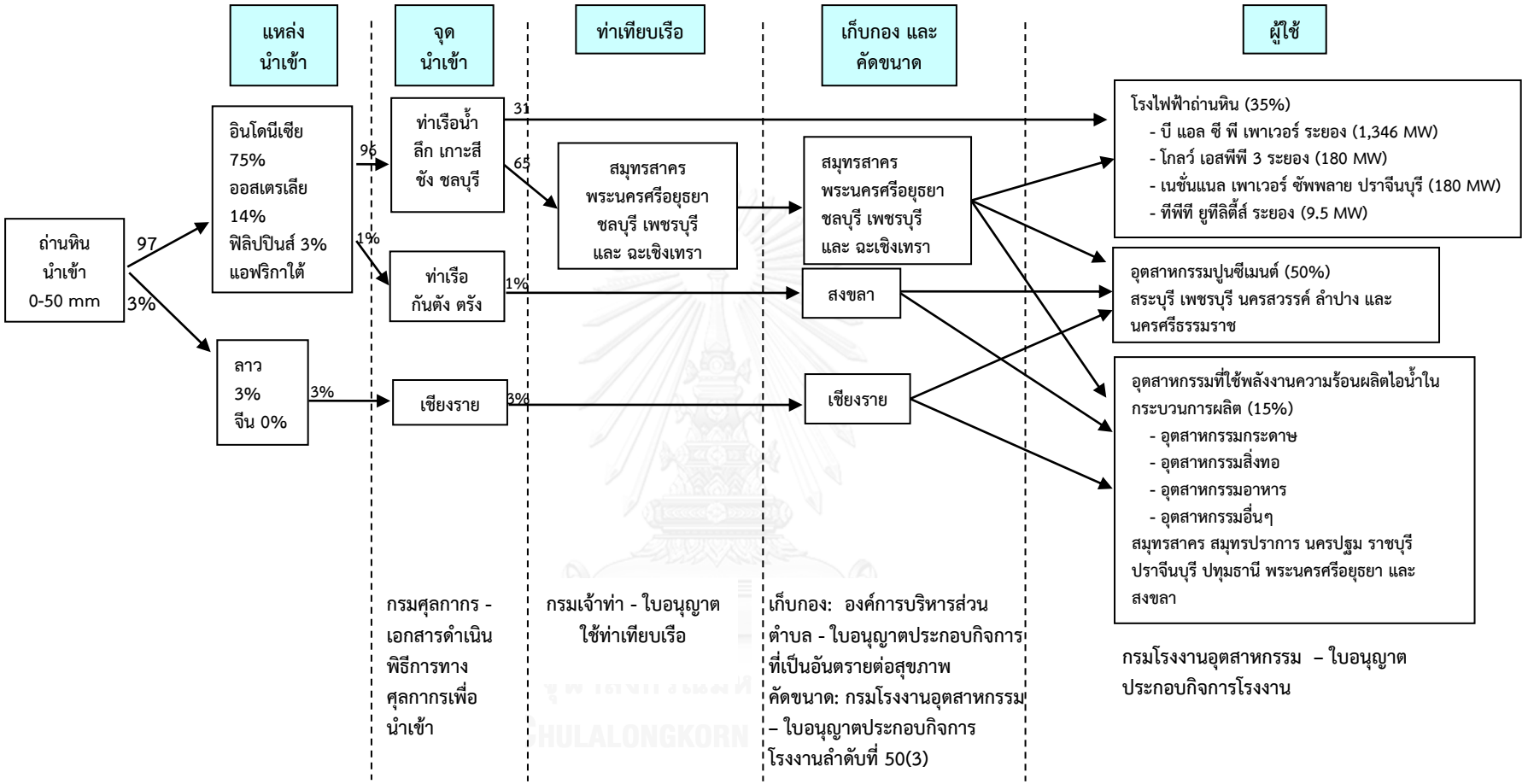
(Media, 2014)

2.1.4.2 กระบวนการขนถ่ายถ่านหินนำเข้า

ปริมาณการนำเข้าถ่านหินร้อยละ 75 ของไทย ส่วนใหญ่นำเข้ามาจากประเทศอินโดนีเซีย ในการขนส่ง มีการขนส่งปริมาณมากจะใช้เรือขนสินค้าขนาดใหญ่ (Vessel) ซึ่งสามารถบรรทุกได้ประมาณ 10,000 – 100,000 ตันต่อลำต่อเที่ยว และจะใช้เรือลำเลียงขนาดใหญ่ (Barge) ในการขนส่งปริมาณที่ไม่มาก ซึ่งมีขนาดระวางบรรทุกสินค้าได้ประมาณ 8,000 – 10,000 ตันต่อลำต่อเที่ยว โดยส่วนใหญ่จะไปขนถ่ายสินค้าลงเรือลำเลียงขนาดเล็ก (Lighter หรือเรือโป๊ะ) ที่ท่าเรือน้ำลึกที่เกาะสีชัง จังหวัดชลบุรี แล้วส่งต่อไปยังจุดกองเก็บและโรงคัดขนาดบริเวณจังหวัดสมุทรสาคร พระนครศรีอยุธยา ชลบุรี เพชรบุรี ฉะเชิงเทรา และมีบางส่วนที่ขนจากเกาะสีชังตรงไปยังท่าเรือของผู้ใช้โดยตรง เช่น ท่าเรือของโรงไฟฟ้าบริเวณจังหวัดระยอง เป็นต้น นอกจากนี้ยังมีการนำเข้าถ่านหินบางส่วนมาทางท่าเรือกันตัง จังหวัดตรังสำหรับใช้ในพื้นที่บริเวณทางใต้ของประเทศ และนำเข้าถ่านหินบางส่วนจากประเทศลาว โดยขนส่งเข้ามาทางจังหวัดเชียงราย

จุดกองเก็บและโรงคัดขนาด ของถ่านหินนำเข้าส่วนใหญ่อยู่บริเวณจังหวัดสมุทรสาคร พระนครศรีอยุธยา ชลบุรี เพชรบุรี และฉะเชิงเทรา ซึ่งจะถูกจำหน่ายไปให้แก่ลูกค้าในบริเวณใกล้เคียง คือ โรงงานอุตสาหกรรมปูนซีเมนต์บริเวณจังหวัดสระบุรี เพชรบุรี นครสวรรค์ ลำปาง และนครศรีธรรมราช โรงงานอุตสาหกรรมผลิตไฟฟ้าบริเวณจังหวัดระยองและปราจีนบุรี รวมทั้งโรงงานอุตสาหกรรมที่ใช้พลังงานความร้อนผลิตไอน้ำในกระบวนการผลิต เช่น อุตสาหกรรมกระดาษ อุตสาหกรรมสิ่งทอ อุตสาหกรรมอาหาร ซึ่งตั้งอยู่บริเวณจังหวัดสมุทรสาคร สมุทรปราการ นครปฐม ราชบุรี ปราจีนบุรี ปทุมธานี และพระนครศรีอยุธยา เป็นต้น

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



รูปที่ 2.9 แสดงกระบวนการขนถ่ายถ่านหินนำเข้าของไทยในปี 2553

(จรินทร์ ชลไพศาล, 2554)

ทั้งนี้ ในการตัดสินใจซื้อถ่านหินจากต่างประเทศ ผู้จัดจำหน่ายจะตกลงราคากับผู้ใช้ที่เป็นลูกค้าก่อนที่จะตัดสินใจนำเข้า เนื่องจากราคาถ่านหินและค่าขนส่งทางเรือมีความผันผวนค่อนข้างมาก ขึ้นอยู่กับอุปสงค์และอุปทานในช่วงเวลานั้น ประกอบกับถ่านหินมีคุณสมบัติลุกไหม้ได้ด้วยตนเอง (Spontaneous combustion) ง่ายจึงมีต้นทุนในการเก็บรักษาค่อนข้างสูง สำหรับราคาขายถ่านหินในประเทศขึ้นอยู่กับการเจรจา ตกลงระหว่างผู้จัดจำหน่ายกับผู้ใช้ซึ่งอาจเป็นได้ทั้งราคาส่งออก (FOB) หรือราคานำเข้าซึ่งรวมค่าประกันภัยและค่าขนส่ง (CIF) หรือราคาที่ส่งถึงโรงงานของผู้ใช้ เป็นต้น

2.2 อุตสาหกรรมเซรามิกในจังหวัดลำปาง

2.2.1 ผลิตภัณฑ์เซรามิก

ศูนย์พัฒนาอุตสาหกรรม กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม ได้ให้ความหมายของเซรามิก ไว้ว่า เซรามิก ก็คือ ชิ้นงานหรือของอะไรก็ตามที่ทำด้วยดินทั้งหมด หรือใช้ดินเป็นส่วนประกอบบางส่วน นำมาปั้นหรือขึ้นรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆ เช่นปั้นเป็นรูปสัตว์ นำมาขึ้นรูปเป็นเครื่องมือ เครื่องใช้ สิ่งของ รวมถึงพวกเครื่องประดับ จากนั้นทิ้งให้แห้งแล้วเผาที่อุณหภูมิความร้อนสูงเพียงพอที่จะทำให้ชิ้นงาน หรือ ผลิตภัณฑ์เหล่านั้นมีความแข็งแรงคงทนไม่แตกหักง่าย” ซึ่งการทำเซรามิกแบบนี้ได้ถูกผลิตอย่างต่อเนื่องตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน มากกว่าพันปีมาแล้ว และนิยมเรียกว่าผลิตภัณฑ์เซรามิกประเภทนี้ว่า เซรามิกแบบดั้งเดิม (Conventional Ceramics) ต่อมาเทคโนโลยีการผลิตสูงขึ้น ความรู้ด้านผลิตภัณฑ์เซรามิกมีมากขึ้น วัตถุดิบที่ใช้อาจไม่ใช่ดินเพียงอย่างเดียว แต่อาจหมายรวมถึงผลิตภัณฑ์ที่ผลิตด้วย สารอนินทรีย์ จำพวกแร่ธาตุต่าง ๆ พวกอโลหะ หรือนำวัตถุดิบหลาย ๆ อย่างมาผสมกันก็ได้ ดังนั้นคำจำกัดความผลิตภัณฑ์เซรามิกในปัจจุบันก็คือ ผลิตภัณฑ์อะไรก็ตามที่ผลิตหรือทำจากวัสดุที่ผ่านระบวนการให้ความร้อน และรวมไปถึงพวก แก้ว ซีเมนต์ เราเรียกผลิตภัณฑ์เซรามิกเหล่านี้ว่าผลิตภัณฑ์เซรามิกสมัยใหม่ (New Ceramics) (กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม, 2554)

อุตสาหกรรมเซรามิกในจังหวัดลำปาง ได้มีการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง โดยใช้ดินขาวเป็นวัตถุดิบที่สำคัญของการผลิต มีการพัฒนาผลิตภัณฑ์ให้มีหลากหลายประเภทตามประเภทการใช้งานและความต้องการของตลาด ดังนั้นในการศึกษานี้จึงมุ่งให้คำจำกัดความของเซรามิกไปในส่วนของผลิตภัณฑ์ “เครื่องปั้นดินเผา” ที่ใช้ดินเป็นส่วนประกอบบางส่วน นำมาปั้นหรือขึ้นรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆ จากนั้นทิ้งให้แห้ง แล้วเผาที่อุณหภูมิความร้อนสูง เพื่อความแกร่งของผลิตภัณฑ์เหล่านั้น ตามคำจำกัดความของเซรามิกแบบดังเดิม ดังได้กล่าวข้างต้น

2.2.2 ประเภทของผลิตภัณฑ์เซรามิก

ในการจำแนกผลิตภัณฑ์เซรามิกนั้น สามารถจำแนกตามประโยชน์การนำไปใช้งาน และคุณสมบัติทางด้านกายภาพและเคมี ของผลิตภัณฑ์ ซึ่งเราสามารถแบ่งผลิตภัณฑ์เซรามิก ได้ดังนี้

1) แบ่งตามลักษณะทางด้านกายภาพ

- เซรามิกที่มีความพรุนตัวสูง หรือ เอิร์ทเท่นแวร์เซรามิก
- เซรามิกที่มีความพรุนตัวต่ำ หรือ สโตนแวร์เซรามิก

- เซรามิกที่ไม่มีความพรุนตัว มีความขาวพิเศษ และโปร่งแสง หรือ เซรามิกชนิดพอร์ซเลน และโบนไช่น่า ฯลฯ

2) แบ่งตามลักษณะของการนำไปใช้งาน

- กระเบื้องปูพื้น (Floor Tile) บุผนัง (Wall Tile) และโมเสค (Mosaic)
- เครื่องสุขภัณฑ์ (Sanitary)
- เครื่องใช้บนโต๊ะอาหาร (Tableware)
- ของชำร่วยและเครื่องประดับ (Souvenir and Decorative items)
- ลูกถ้วยไฟฟ้า (Insulator)

สำหรับในพื้นที่จังหวัดลำปาง อุตสาหกรรมผลิตเครื่องปั้นดินเผาหรือเซรามิก มีจำนวนโรงงานมากถึง 249 โรงงาน ในปี พ.ศ. 2551 (วงศ์ชัย ศรีไทย, 2555) โดยผลิตภัณฑ์ที่ผลิตนั้นมีรูปแบบตามประเภทการใช้งานที่หลากหลาย เช่น ภาชนะ ของตกแต่งบ้าน ของชำร่วย ไปจนถึงลูกถ้วยไฟฟ้า ซึ่งนับว่าจังหวัดลำปางเป็นแหล่งผลิตเซรามิกที่สำคัญของประเทศ

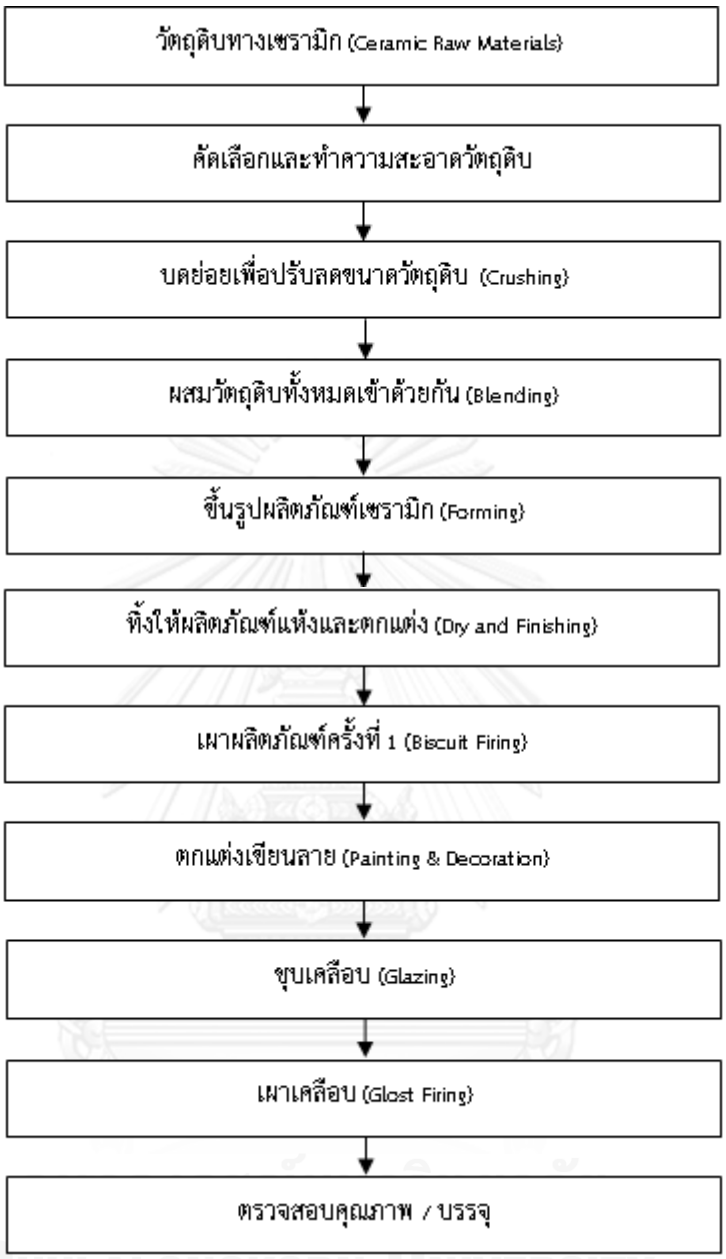
ตารางที่ 2.6 แสดงการจำแนกจำนวนโรงงานเซรามิกที่ขนาดโรงงานต่างกันของจังหวัดลำปาง (วงศ์ชัย ศรีไทย, 2555)

ขนาดโรงงาน	จำนวนโรงงาน	สัดส่วน (%)
โรงงานขนาดเล็ก (เครื่องยนต์ไม่เกิน 20 แรงม้า)	136	54.62
โรงงานขนาดกลาง (เครื่องยนต์ 20 - 50 แรงม้า)	70	28.11
โรงงานขนาดใหญ่ (เครื่องยนต์ 50 แรงม้าขึ้นไป)	44	17.27
รวมทั้งสิ้น	249	100

2.2.3 กระบวนการผลิตเซรามิก

กระบวนการผลิตเซรามิกนั้น หากแบ่งเป็นขั้นตอนโดยเริ่มต้นจนสิ้นสุดการผลิตคือตรวจสอบคุณภาพผลิตภัณฑ์และการบรรจุ โดยประกอบด้วย 11 ขั้นตอนดังนี้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



รูปที่ 2.10 แสดงกระบวนการผลิตเซรามิก

(กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม, 2557)

ในการศึกษานี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อศึกษาความเป็นไปได้เบื้องต้นในการใช้ก๊าซเชื้อเพลิงจากถ่านหิน มาทดแทนการใช้ก๊าซแอลพีจีในการเผาเซรามิก ซึ่งจะมีความเกี่ยวข้องโดยตรงกับกระบวนการผลิตในขั้นตอนการเผาเป็นหลัก ซึ่งมีเนื้อหาที่เกี่ยวข้องดังนี้

2.2.3.1 การเผาผลิตภัณฑ์เซรามิก

การเผาผลิตภัณฑ์เซรามิก คือ การเพิ่มอุณหภูมิให้แก่ผลิตภัณฑ์เซรามิกภายในเตาเผา ภายใต้บรรยากาศที่ต้องการ เพื่อให้ผลิตภัณฑ์เซรามิกมีคุณสมบัติที่ดีขึ้น โดยการเผาผลิตภัณฑ์เซรามิกมีอยู่ 3 แบบ ดังนี้

1) การเผาดิบ (Biscuit Firing) คือ การเผาครั้งที่ 1 จะช่วยลดปริมาณน้ำในชิ้นงาน เป็นการเผาไล่ความชื้นและสารอินทรีย์ ก่อนที่จะนำไปชุบเคลือบ สามารถเผาที่อุณหภูมิต่ำหรือสูงก็ได้ เผาโดยการให้ความร้อน ในปริมาณการเพิ่มความร้อนทีละน้อย การเผาบิสกิตอาจใช้ได้ ทั้งเตาฟืน เตาน้ำมัน และ เตาแก๊ส ซึ่งการเผาต้องให้ระยะเวลาในการเผาเป็นไปอย่างช้าๆบรรยากาศของการเผาดิบ คือ บรรยากาศออกซิเดชั่น (Oxidation Firing) โดยการเผาบรรยากาศนี้เพื่อเปลี่ยนเหล็กออกไซด์ในชิ้นงานให้อยู่ในรูปสารประกอบของเฟอร์ริกออกไซด์ (Fe_2O_3)

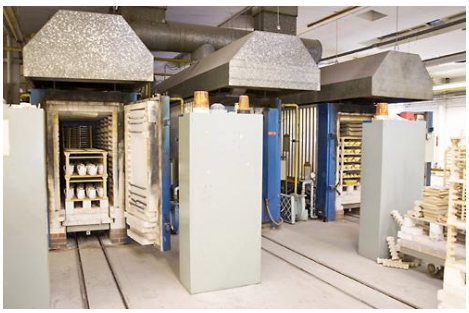
2) การเผาเคลือบ (Glost Firing) คือ เป็นการเผาผลิตภัณฑ์บิสกิตที่ผ่านการชุบเคลือบแล้ว วัตถุประสงค์ของการเผาเพื่อให้น้ำเคลือบหลอมละลายเป็นเนื้อเดียวกับชิ้นงาน ทำให้ชิ้นงานมีผิวเรียบและไม่ดูดซึมน้ำ การเผาเคลือบจะเผาที่อุณหภูมิเท่าใด ภายในบรรยากาศใดนั้นขึ้นอยู่กับชนิดของผลิตภัณฑ์และน้ำเคลือบที่ใช้ ภายหลังจากเผาเคลือบแล้วควรปล่อยเตาทิ้งไว้ประมาณ 24 ชั่วโมง ก่อนนำชิ้นงานออกจากเตา

3) การเผาตกแต่ง (Decoration Firing) คือ การเผาชิ้นงานที่ต้องการตกแต่งเป็นพิเศษ โดยชิ้นงานที่เผาเคลือบแล้วจะตกแต่งด้วยสีหรือติดรูปลอก (Decal) ที่ทำขึ้นสำหรับตกแต่งสีโดยเฉพาะ โดยแต่งสีหรือติดรูปลอกลงไปบนภาชนะที่เคลือบแล้วนำไปเผา เพื่อให้สิ่งตกแต่งติดทนกับชิ้นงาน เรียกว่า การตกแต่งบนเคลือบ (Over Glaze Decoration) อุณหภูมิที่ใช้เผาตกแต่งบนเคลือบประมาณ 650 ถึง 850 องศาเซลเซียส ขึ้นอยู่กับชนิดของสี (Pigment) หรือประเภทวัตถุดิบที่นำมาทำสีว่าจะสุกตัวที่อุณหภูมิใด

2.2.3.2 เตาที่ใช้เผาเซรามิก

ในขั้นตอนการเผา เตาเผาถือเป็นปัจจัยสำคัญที่จะส่งผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ และปริมาณการใช้พลังงาน ดังนั้นการพิจารณาเลือกขนาดของส่วนประกอบต่างๆ ของเตาเผา เป็นสิ่งที่มีความสำคัญต่อการใช้ การควบคุมพลังงาน และการวิเคราะห์เพื่อการประเมินมูลค่าพลังงานอีกด้วย เตาเผาที่ใช้กันในอุตสาหกรรมโดยทั่วไป จำแนกตามหลักการพื้นฐานของการทำงานได้เป็น 3 ประเภท ดังนี้

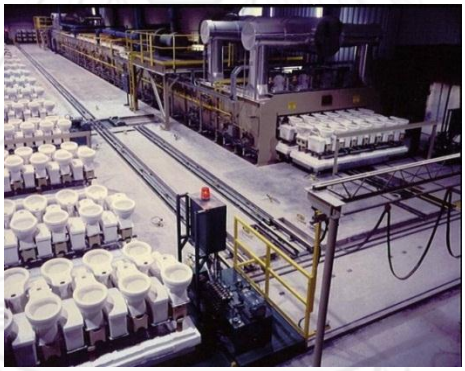
1) เตาเผาแบบไม่ต่อเนื่อง (Batch Type Kiln) หลักการทำงานของเตาประเภทนี้มีหลายชนิด เช่น ชนิดตัวเตาเผายึดอยู่กับที่, เตาเผาชนิดที่ยกตัวเตาขึ้นลงได้ และตัวเตาเผาชนิดอยู่กับที่ส่วนประตูเตาสามารถยกขึ้นลงได้ ที่นิยมใช้กันมากมีขนาดตั้งแต่ 0.5 - 50 ลูกบาศก์เมตร เตาเผาประเภทนี้ไม่เหมาะกับการนำมาใช้เผาผลิตภัณฑ์เซรามิกที่มีชั้นคุณภาพสูง และต้องการผลิตงานในปริมาณมากๆ ส่วนใหญ่นิยมใช้ในอุตสาหกรรมขนาดกลางหรือเล็ก และใช้ในงานเผาทดลอง



รูปที่ 2.11 แสดงลักษณะของเตาเผาแบบไม่ต่อเนื่อง

(WEDGWOOD, 2012)

2) เตาเผาแบบต่อเนื่อง (Continuous Kiln) หลักการทำงานของเตาเผาประเภทนี้ มักออกแบบตัวเตาเผาเป็นอุโมงค์ จึงเรียกเตาลักษณะนี้ว่า เตาเผาอุโมงค์ โดยให้ผลิตภัณฑ์วางเรียงบนรถเตาและรถเตาเคลื่อนผ่านไปในอุโมงค์เตาที่มีระดับอุณหภูมิค่อยๆ เพิ่มขึ้นจนไปถึงจุดสูงสุดและหลังจากนั้นระดับอุณหภูมิจะลดต่ำลง มีข้อดี คือ อุณหภูมิภายในเตาเผาค่อนข้างสม่ำเสมอและคงที่ จึงเหมาะที่จะใช้เผาผลิตภัณฑ์ที่ต้องการชั้นคุณภาพสูงและปริมาณมาก



รูปที่ 2.12 แสดงลักษณะของเตาเผาแบบต่อเนื่อง

(Dressler.)

3) เตาเผาแบบหมุน (Rotary Kiln) มีหลักการทำงาน คือ ตัวเตาเผาสามารถหมุนได้ เหมาะกับการเผาวัสดุที่เป็นเม็ด ได้แก่ ซีเมนต์และดินขาว มักใช้ในอุตสาหกรรมผลิตปูนซีเมนต์เป็นหลัก

รูปที่ 2.13 แสดงลักษณะของเตาเผาแบบหมุน

(Technologys, 2014)

2.2.3.3 เทคนิคการเผาผลิตภัณฑ์เซรามิกด้วยก๊าซ

การเผาในทางเซรามิก คือ การเพิ่มอุณหภูมิให้แก่ผลิตภัณฑ์ในเตาภายใต้บรรยากาศที่เหมาะสม เพื่อเปลี่ยนสภาพดินให้กลายเป็นถาวรวัตถุที่มีความแข็งแกร่งเหมือนหิน ช่วยให้ผลิตภัณฑ์เกิดความคงทนถาวรและสวยงาม โดยมีขั้นตอนและเทคนิคการเผาที่ต้องการให้ผลิตภัณฑ์สุกตัวและมีความสม่ำเสมอเมื่อออกจากเตาเผา ขั้นตอนเหล่านี้สามารถแบ่งตามช่วงอุณหภูมิที่ใช้ ดังนี้

ตารางที่ 2.7 แสดงคุณลักษณะของเนื้อดินเมื่อโดนเผาที่อุณหภูมิต่างๆ

ผลิตภัณฑ์เซรามิกส์เมื่อโดนเผาผ่านความร้อนในอุณหภูมิต่างๆ	
100-200 ℃	น้ำที่อยู่รอบๆ อนูดินระเหยกลายเป็นไอออกจากรูเตาเผา ถ้าเผาเร็วเกินไป ไอน้ำระเหยออกไม่ทันผลิตภัณฑ์จะระเบิดในเตา
450 ℃	น้ำในสูตรเคมีของดินเริ่มระเหย $Al_2O_3.2SiO_2.2H_2O$
230-573 ℃	ผลึกของซิลิกาหรือควอทซ์ เกิดการเปลี่ยนแปลงรูปผลึกทำให้ดินเกิดการขยายตัวอย่างรวดเร็ว ถ้าเผาเร็วในช่วงนี้ผลิตภัณฑ์จะระเบิดในเตาเผา
500-600 ℃	น้ำที่เป็นส่วนประกอบทางเคมีของดินถูกเผาหมดไป ดินเริ่มเปลี่ยนสภาพเป็นหิน อินทรีย์สารในดินถูกเผาไหม้
900-950 ℃	เศษกากเถ้าถ่านของอินทรีย์สาร (Carbon) ในเนื้อดินถูกเผาไหม้หมดไป หินปูนสลายตัวทำให้เกิดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์
980 ℃	ดินเปลี่ยนโครงสร้าง เริ่มเกิดการหดตัว จากการหลอมละลายรวมตัวของวัตถุดิบ
1,050-1,100 ℃	เฟลด์สปาร์ในเนื้อดินเริ่มหลอมละลาย เกิดโครงสร้างรูปเข็มประสานกันจากผลึกมัลไลท์ในเนื้อดิน ช่วยให้ดินมีความแข็งแกร่ง และการหดตัวเป็นไปอย่างต่อเนื่อง
1,200 ℃	ผลึกมัลไลท์มีมากขึ้น ดินหลอมละลายปิดรูพรุน เนื้อดินแน่นมีความแข็งแกร่งเพิ่มขึ้น
1,250 ℃	เนื้อดินและน้ำเคลือบสุกตัวหลอมละลาย (Sintering) โครงสร้างของผลึกดินเปลี่ยนเป็นแก้ว 60% มัลไลท์ 21% และควอทซ์ 19%

2.2.3.4 บรรยากาศที่ใช้เผาเซรามิก

บรรยากาศที่ใช้เผาเซรามิก ในช่วงอุณหภูมิการเผาดังกล่าว จะกำหนดบรรยากาศโดยทั่วไปเป็น 3 บรรยากาศ คือ

1) ช่วงอุณหภูมิเริ่มต้นจนถึง 950 องศาเซลเซียส เป็นการเผาด้วยบรรยากาศที่เป็นออกซิเดชั่น (Oxidation Firing) ที่ความดันน้อยกว่า 1 บรรยากาศ เนื่องจากการเผาช่วงนี้ต้องการไล่สารระเหยทั้งหมดและทำให้พร้อมที่จะเกิดปฏิกิริยาเคมีของดินผสมและเคลือบ

2) ช่วงอุณหภูมิตั้งแต่ 950 – 1250 องศาเซลเซียส เป็นการเผาด้วยบรรยากาศเป็นรีดักชั่น (Reduction Firing) ที่ความดันมากกว่า 1 บรรยากาศ เพื่อให้ผลิตภัณฑ์ เซรามิกมีสีเคลือบตามที่ต้องการและอาจมีวัตถุประสงค์ให้ดินผสมขาวขึ้น การเผาในช่วงอุณหภูมินี้อาจเผาเป็นบรรยากาศออกซิเดชั่นต่อเนื่องจากปฏิกิริยาข้างต้นได้เช่นกัน ถือว่าในช่วงอุณหภูมิ 950 องศาเซลเซียส เป็นการเริ่มต้นปฏิกิริยาเคมีและปฏิกิริยาจะถึงจุดสมบูรณ์ที่อุณหภูมิ 1250 องศาเซลเซียส รวมถึงการสุกตัวอย่างสมบูรณ์ของดินผสมและดินเคลือบด้วย

3) การเผาด้วยบรรยากาศเป็นกลาง (Neutral Firing) นิยมเผากันในช่วงสุดท้าย เพราะจะทำให้ผิวเคลือบเกิดความใสและรักษาความเป็นสภาพของสีได้ดี ซึ่งจะใช้บรรยากาศเป็นกลาง โดยแช่ไฟ (Soaking) ในตอนช่วงท้ายของอุณหภูมิสูงสุดของการเผา

การเผาเซรามิกในจังหวัดลำปางก็มีการพัฒนาวิธีการในการผลิตเรื่อยมาเช่นกัน จากเดิมที่เคยปั้นด้วยมือก็เปลี่ยนมาใช้เครื่องจิ๊กเกอร์ จนถึงการใช้เครื่องปั้นอัตโนมัติในปัจจุบัน โดยนิยมใช้เตาเผาแบบไม่ต่อเนื่อง (Batch Type Kiln) เนื่องจากโรงงานส่วนใหญ่เป็นโรงงานขนาดเล็กจนถึงขนาดกลาง ทำให้ไม่มีศักยภาพเพียงพอในการผลิตเซรามิกในปริมาณมาก อีกทั้งในปัจจุบัน ได้รับผลกระทบจากนโยบายค่าแรงขั้นต่ำ 300 บาท ทำให้โรงงานต้องรับภาระค่าใช้จ่ายที่สูงขึ้น ซึ่งส่งผลกระทบต่อต้นทุนการผลิตโดยตรง และโรงงานเซรามิกส่วนใหญ่ใช้ก๊าซแอลพีจีเป็นเชื้อเพลิงหลัก เนื่องจากจัดหาและเก็บรักษาง่าย ให้ค่าความร้อนสูงและไม่มีมลพิษ แต่ก็มีข้อเสียที่สำคัญที่สุดในด้านของราคาก๊าซ-แอลพีจีที่มีการปรับตัวสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง จนส่งผลให้โรงงานบางแห่งต้องปิดกิจการลง ทำให้ผู้ประกอบการขาดศักยภาพในการแข่งขันในตลาด ทั้งที่จากเดิมผลผลิตที่ได้ เช่น ถ้วยชาม ของตกแต่งบ้าน สามารถส่งขายได้ทั้งภายในประเทศ จนถึงส่งออกไปขายทั่วโลก

2.2.4 การเจริญเติบโตและสถานการณ์อุตสาหกรรมเซรามิกในจังหวัดลำปาง

จากสภาพเศรษฐกิจและความต้องการของตลาดที่มีการเปลี่ยนแปลงระหว่างปี พ .ศ.2510-2512 กรมวิทยาศาสตร์ ได้ให้ความสนใจเซรามิกในจังหวัดลำปางมากขึ้น ทำให้เกิดการสนับสนุนอุตสาหกรรมขนาดย่อม แนะนำให้เกิดการลงทุน การจัดการสัมมนาพร้อมทั้งส่งเสริมให้ดูงานในต่างประเทศ เพื่อดูการพัฒนาของเซรามิก ให้กว้างขวางมากขึ้น และเกิดการการก่อตั้งชมรมและเตาเผาแบบใช้ก๊าซขึ้น โดยใช้ชื่อว่า “ชมรมเครื่องปั้นดินเผาลำปาง” ซึ่งมีจำนวนสมาชิกครั้งแรก 18 โรงงาน ตามจำนวนที่มีอยู่ในขณะนั้น

ต่อมาในปี พ.ศ. 2519 เริ่มมีการนำเตาเผาเซรามิกโดยใช้ก๊าซแบบชัตเติ้ล (Shuttle Kiln) มาใช้ และเป็นที่นิยมแพร่หลาย ในปี พ.ศ. 2526 ชมรมเครื่องปั้นดินเผาลำปางจึงได้เป็นผู้จัดซื้อก๊าซให้แก่สมาชิก เนื่องจากโรงงานเซรามิกเริ่มใช้ก๊าซมากขึ้น โดยจัดซื้อในราคาที่ถูกลงถึง 10% ด้วยวิธีการลงหุ้นร่วมกัน ทำให้ปริมาณการซื้อก๊าซผ่านชมรมมีปริมาณมาก จึงได้ก๊าซในราคาที่ถูกลง ซึ่งขณะนั้นมีปริมาณความต้องการใช้ถึงอาทิตย์ละมากกว่า 2,000 ถัง (ขนาด 48 กิโลกรัม) นอกจากนี้ทางชมรมยังจัดซื้อปูนปลาสเตอร์ที่ใช้ทำแม่พิมพ์ให้แก่สมาชิกในราคาถูกลงอีกด้วย

ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2530 เป็นต้นมา อุตสาหกรรมเซรามิกในจังหวัดลำปางก็เริ่มเติบโตขึ้นอย่างรวดเร็ว ประกอบกับเศรษฐกิจของประเทศมีการเจริญเติบโตสูงมาก มีโรงงานเซรามิกจดทะเบียน

เพิ่มขึ้นถึงปีละ 20-40 โรง มีผลิตภัณฑ์รูปแบบหลากหลายขึ้น ทั้งผลิตภัณฑ์ประเภทพอร์ซเลน สโตน-แวร์ เอิร์ทเทิร์นแวร์ และโดโลไมต์ สินค้ามีทั้งประเภทถ้วยชาม ของประดับตกแต่งบ้าน ลูกกรงแก้ว ลูกถ้วยไฟฟ้า สุขภัณฑ์ และกระเบื้องเคลือบ มีการปรับปรุงเทคนิคการผลิตพร้อมทั้งใช้เครื่องมือเครื่องจักรที่ทันสมัย เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิต และขยายตลาดส่งออกไปยังต่างประเทศ ซึ่งมีการแข่งขันทางการค้ารุนแรงขึ้นทั้งทางด้านคุณภาพและราคา

จากการที่จังหวัดลำปางเป็นแหล่งดินขาวและดินดำ ซึ่งเป็นวัตถุดิบสำคัญสำหรับการผลิตเซรามิก และแรงงานในพื้นที่มีความสามารถในเชิงหัตถกรรม ทำให้ลำปางเป็นแหล่งโรงงานเซรามิกที่มีจำนวนมากที่สุดในประเทศ จากข้อมูลของกรมโรงงานอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม (พ.ศ. 2543) พบว่าในจำนวนโรงงานเซรามิกทั้งหมดประมาณ 637 โรงงาน เป็นโรงงานที่ตั้งอยู่ในจังหวัดลำปางประมาณ 220 โรงงาน (ทั้งนี้ไม่รวมโรงงานผลิต และไม่รวมโรงงานเซรามิกประเภทที่ 1) ซึ่งโรงงานส่วนใหญ่จะเป็นโรงงานขนาดกลางและขนาดย่อม (SMEs)

ศูนย์พัฒนาอุตสาหกรรมเครื่องเคลือบดินเผา สำนักงานพัฒนาอุตสาหกรรมรายสาขา กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม ซึ่งตั้งอยู่ที่จังหวัดลำปาง ได้ทำการสำรวจและสอบถามผู้ประกอบการโดยตรง ในปี 2544 พบว่า มีจำนวนโรงงานทั้งสิ้น 180 โรงงาน (ไม่รวมโรงงานแบบครอบครัว) ตั้งกระจายอยู่หลายอำเภอ โดยประมาณร้อยละ 70 ตั้งอยู่ในอำเภอเกาะคา ทั้งนี้มีโรงงานที่ผลิตเพื่อการส่งออกเพิ่มขึ้นจากปี 2541 ถึงปี 2543 ถึง 1 เท่าตัว ซึ่งการส่งออกนี้มีทั้งส่งออกโดยผู้ประกอบการเอง และที่ส่งออกผ่านตัวแทนจำหน่าย และสัดส่วนการส่งออกของแต่ละโรงก็มีตั้งแต่ 10% จนถึงเกือบ 100% ของยอดจำหน่าย

อย่างไรก็ดี จากยอดส่งออกผลิตภัณฑ์เซรามิกรวมของประเทศในปี 2543 จำนวน 15,100 ล้านบาท อัตราส่วนการส่งออกของจังหวัดลำปางจึงอยู่ในราว 20% ของยอดการส่งออกของประเทศ

ตัวเลขการส่งออกหมวดเซรามิกของประเทศไทย อยู่ใน 50 อันดับแรกของประเทศ ถือว่ามีปริมาณไม่มากนัก แต่ถ้าเปรียบเทียบกับยอดนำเข้าเพียง 3,838 ล้านบาท ในปี 2543 ก็ถือได้ว่าเซรามิกเป็นหมวดสินค้าส่งออกที่ได้เปรียบดุลการค้าอยู่มาก ซึ่งยังเป็นสินค้าที่ส่วนใหญ่ใช้วัตถุดิบในประเทศและมีการจ้างแรงงานจำนวนมาก จนรัฐบาลให้ความสำคัญของอุตสาหกรรมเซรามิกว่าเป็นอุตสาหกรรม 1 ใน 10 สาขาอุตสาหกรรมที่มีความสำคัญต่อการพัฒนาเศรษฐกิจของประเทศไทย และหากดูอัตราการส่งออกจะพบว่ามีการขยายตัวร้อยละ 12 ต่อปี ในรอบ 8 ปีที่ผ่านมา และเฉพาะจังหวัดลำปางมีการขยายตัวถึงร้อยละ 15 ต่อปี ในรอบ 8 ปีที่ผ่านมา จึงเป็นภาพรวมที่น่าสนใจยิ่ง

ปัญหาและอุปสรรคสำคัญสำหรับอุตสาหกรรมเซรามิกในจังหวัดลำปาง คือ ต้นทุนการผลิตที่สูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง เนื่องจากอุตสาหกรรมเซรามิกเป็นอุตสาหกรรมที่ต้องอาศัยแรงงานมาก อุตสาหกรรมเซรามิกในประเทศพัฒนาแล้วจึงเริ่มย้ายฐานการผลิตของตนไปแสวงหาฐานการผลิตใหม่ในประเทศกำลังพัฒนา ซึ่งปัจจุบันต้นทุนด้านแรงงานของไทยในอุตสาหกรรมนี้มีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง อีกทั้งนโยบายค่าแรงขั้นต่ำ 300 บาท ยิ่งทำให้ค่าแรงในการผลิตสูงขึ้นอีกมาก ทำให้ประเทศที่พัฒนาแล้วย้ายฐานการผลิตไปยังประเทศคู่แข่ง เช่น จีน อินโดนีเซีย มาเลเซีย และเวียดนาม ซึ่งทำให้การแข่งขันทวีความรุนแรงมากขึ้น (กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม, 2557) นอกจากนี้ค่า

ต้นทุนเชื้อเพลิงที่ปรับสูงขึ้นตามราคาก๊าซแอลพีจีนับเป็นอีกปัญหาหนึ่งที่จะส่งผลต่ออุตสาหกรรมการผลิตเซรามิกในจังหวัดลำปาง

2.3 การวิเคราะห์ความเป็นไปได้ของโครงการ

จากข้อมูลด้านเทคโนโลยีและการคัดเลือกอุปกรณ์ที่ใช้ในการผลิตก๊าซเชื้อเพลิงที่นำเสนอไปแล้วนั้น ในขั้นต่อไปจะเป็นการวิเคราะห์ด้านการเงินของโครงการ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์ต้นทุนและผลตอบแทนทางการเงินของโครงการ รวมถึงความสามารถในการทำกำไรของโครงการ เพื่อประกอบการตัดสินใจในการลงทุน เป็นหลักสำคัญในการศึกษาครั้งนี้ โดยมีรายละเอียดการศึกษาวิเคราะห์ 3 ขั้นตอน ดังนี้

2.3.1 การกำหนดผลตอบแทนและต้นทุนของโครงการ

การกำหนดผลตอบแทนและต้นทุน จำเป็นต้องมีการแจงรายละเอียดที่มาของผลตอบแทนของโครงการว่าได้มาอย่างไร และมีความเป็นไปได้มากน้อยเพียงใด ส่วนรายละเอียดด้านการลงทุนประกอบด้วย ต้นทุนการดำเนินโครงการ (Explicit cost) และต้นทุนแฝงที่เกิดจากการดำเนินงาน (Implicit cost) โดยต้องมีการประเมินค่าใช้จ่าย และการประเมินมูลค่าของต้นทุนในทางเศรษฐศาสตร์ เพื่อให้เกิดประสิทธิภาพในการประเมินโครงการ

2.3.2 การประเมินโครงการ

การประเมินโครงการเป็นการวิเคราะห์ต้นทุน หรือค่าใช้จ่ายของโครงการ หรือเงินลงทุนและผลตอบแทนทางการเงินของโครงการ โดยมีจุดมุ่งหมายเพื่อวิเคราะห์ว่าโครงการที่ทำการศึกษามีความเป็นไปได้ในการลงทุนหรือไม่ กล่าวคือ โครงการดังกล่าวควรที่จะให้ผลตอบแทนที่สูงกว่าเงินลงทุนหรือผลตอบแทนคุ้มค่ากับเงินลงทุนที่เสียโอกาสไป ซึ่งอยู่ในรูปอัตราคิดลด โดยจะวิเคราะห์ด้านต่างๆ ดังนี้

2.3.2.1 การวิเคราะห์ทางด้านการเงิน

ในการศึกษานี้ใช้เครื่องมือในการวิเคราะห์ผลตอบแทนทางด้านการเงินของการลงทุน 4 แบบ ดังนี้

1) การคาดคะเนกระแสการไหลเวียนเงินสดของโครงการ (Cash flow)

การคาดคะเนกระแสการไหลเวียนเงินสดของโครงการ เป็นการจัดทำเพื่อคาดการณ์เงินสดรับและจ่ายของโครงการ ซึ่งจะทำให้ทราบว่า ถึงธุรกิจมีเงินสดหมุนเวียนในการบริหารโครงการแต่ละช่วงมากน้อยเพียงใด หรือเพียงพอหรือไม่ จำนวนเงินหมุนเวียนที่เพียงพอต่อความต้องการในการดำเนินงานมีจำนวนเท่าใด หรือแม้กระทั่งกรณีที่ธุรกิจขาดเงินทุนหมุนเวียน จะสามารถหาแหล่งเงินทุนได้จากแหล่งใด การคาดการณ์หรือคาดคะเนงบการเงินต่างๆ จะประกอบด้วยกระแสรายรับ

กระแสรายจ่าย และกระแสเงินสดสุทธิ (Net cash flow) ซึ่งสามารถหาได้จากกระแสเงินสดรับหักด้วยกระแสเงินสดจ่าย เป็นต้น เพื่อนำไปสู่การวิเคราะห์ด้านต่างๆ ต่อไป

2) มูลค่าปัจจุบันของผลตอบแทนสุทธิของโครงการ (Net present value)

มูลค่าปัจจุบันของผลตอบแทนสุทธิของโครงการใดก็ตาม คือผลรวมของค่าปัจจุบันของกระแสเงินสดสุทธิในแต่ละปี ตลอดอายุโครงการ หรือคือผลต่างระหว่างมูลค่าปัจจุบันรวมของกระแสเงินสดรับสุทธิทั้งโครงการ กับมูลค่าปัจจุบันของเงินลงทุน โดยใช้อัตราส่วนลดหรืออัตราดอกเบี้ยที่กำหนด ซึ่งสามารถเขียนในรูปสมการทางคณิตศาสตร์ได้ดังนี้

$$\text{NPV} = \sum_{t=1}^{n} \frac{B_t}{(1+i)^t} - \left(\sum_{t=1}^{n} \frac{C_t}{(1+i)^t} + C_0 \right) \quad (1)$$

โดย NPV = Net Present Value

Bt = ผลตอบแทนในปีที่ t (t = 1, 2, 3,..., n)

Ct = ต้นทุนในปีที่ t (t = 1, 2, 3,..., n)

C0 = ต้นทุนปีเริ่มแรก

I = อัตราดอกเบี้ย หรือ อัตราส่วนคิดลด (Discount rate)

3) อัตราผลตอบแทนภายในโครงการ (Internal rate of return)

อัตราผลตอบแทนภายในโครงการ หมายถึง อัตราผลการตอบแทนที่ทำให้มูลค่าปัจจุบันรวมของกระแสเงินสดรับสุทธิเท่ากับมูลค่าปัจจุบันของเงินลงทุน โดยการหาค่าอัตราคิดลด (Discount rate) ที่ส่งผลให้มูลค่าปัจจุบันรวมของกระแสเงินสดรับสุทธิและมูลค่าปัจจุบันของเงินลงทุน หักล้างกันมีค่าเท่ากับศูนย์ ซึ่งสามารถเขียนในรูปสมการทางคณิตศาสตร์ได้ดังนี้

$$\text{IRR หรือ } r \text{ ที่ทำให้} \sum_{t=1}^{n} \frac{B_t}{(1+r)^t} - \left(\sum_{t=1}^{n} \frac{C_t}{(1+r)^t} + C_0 \right) = 0 \quad (2)$$

โดย B_t = ผลตอบแทนในปีที่ t (t = 1, 2, 3,..., n)

C_t = ต้นทุนในปีที่ t (t = 1, 2, 3,..., n)

C_0 = ต้นทุนปีเริ่มแรก

r = อัตราผลตอบแทนภายในโครงการ (IRR)

4) ระยะเวลาคืนทุน (Payback Period)

ระยะเวลาคืนทุน หมายถึง ระยะเวลาที่ผลตอบแทนสุทธิของโครงการมีค่าเท่ากับมูลค่าการลงทุนในโครงการนั้น โดยการพิจารณาจากจำนวนปีที่จะได้รับผลตอบแทนคุ้มกับเงินลงทุน ซึ่งวิธีนี้ใช้กันมากในวงการธุรกิจโดยเฉพาะในกรณีที่โครงการมีความเสี่ยงสูง เป็นโครงการที่ผลิตภัณฑ์มีความ

นิยมหรือมีความจำเป็นในระยะสั้น มีความผันผวนในอุปสงค์ค่อนข้างเร็วและมาก เป็นผลิตภัณฑ์ที่สามารถลอกเลียนแบบได้ง่าย รวดเร็ว และไม่มีการคุ้มครอง หรือมีปริมาณวัตถุดิบน้อยและจำกัด เป็นต้น

2.3.2.2 การวิเคราะห์ความไหวตัวของโครงการ

การวิเคราะห์ความไหวตัวของโครงการ เป็นการวิเคราะห์ผลกระทบต่อผลตอบแทนสุทธิของโครงการจากการเปลี่ยนแปลงของปัจจัยต่างๆ เพื่อประเมินสถานการณ์ หรือทิศทางในอนาคต โดยประเด็นสำคัญคือการเปลี่ยนแปลงปัจจัยด้านต้นทุนของโครงการ ได้แก่ ความผันผวนของต้นทุนรวม ความผันผวนของราคา และความผันผวนของอัตราดอกเบี้ยเงินกู้หรืออัตราคิดลด ซึ่งการเปลี่ยนแปลงของปัจจัยดังกล่าวอาจเกิดขึ้นเฉพาะปัจจัยใดปัจจัยหนึ่ง หรืออาจเกิดขึ้นพร้อมๆ กันได้ ซึ่งจะก่อให้เกิดผลกระทบต่อผลตอบแทนสุทธิของโครงการ

อย่างไรก็ตาม ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิเคราะห์ความไหวตัวของโครงการ ช่วยให้ผู้ประเมินโครงการหรือผู้ตัดสินใจในการลงทุนทราบถึงตัวแปรที่อาจก่อให้เกิดความผันแปรต่อผลตอบแทนสุทธิของโครงการ เพื่อใช้ประกอบในการประเมินโครงการได้อย่างมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น และทุกครั้งที่ตัดสินใจควรพิจารณาว่าผลตอบแทนหรือผลประโยชน์ที่ได้รับ คุ้มค่าพอที่จะชดเชยความเสี่ยงที่อาจเกิดขึ้นจากการตัดสินใจดังกล่าวหรือไม่ หรือตัดสินใจจากอัตราผลตอบแทนพึงที่จะได้รับภายใต้ความเสี่ยงที่รับผิดชอบได้

2.3.3 การตัดสินใจลงทุน

การตัดสินใจในการลงทุน หมายถึง การตัดสินใจเลือกโครงการลงทุนว่าควรลงทุนในโครงการใด จึงจะทำให้ได้ผลตอบแทนตามที่ต้องการ โดยใช้เกณฑ์ในการตัดสินใจทางการลงทุนที่คำนึงถึงค่าเสียโอกาส (Opportunity cost) ได้แก่ มูลค่าปัจจุบันสุทธิของผลตอบแทน (NPV) อัตราผลตอบแทนภายในโครงการ (IRR) และระยะเวลาคืนทุน (PB) ตามรายละเอียดที่ได้กล่าวในข้างต้น ซึ่งจะทำให้ผู้วิเคราะห์โครงการลงมุนตัดสินใจได้ว่าควรลงทุนในโครงการนั้นหรือไม่ โดยพิจารณาจาก

1) มูลค่าปัจจุบันของผลตอบแทนสุทธิของโครงการ (NPV) มีค่ามากกว่าศูนย์ หรือมีค่าเป็นบวก จะแสดงว่าการลงทุนในโครงการนั้นได้ผลตอบแทนคุ้มค่า เนื่องจากผลตอบแทนแก่เจ้าหนี้ระยะยาวคืออัตราดอกเบี้ยที่มีอัตราคงที่ ดังนั้น NPV ส่วนที่เป็นบวกของโครงการ จึงตกเป็นผลตอบแทนของเจ้าของ หรือการลงทุนในโครงการที่ NPV เป็นศูนย์ ส่วนของเจ้าของจะไม่เพิ่มขึ้น แต่การที่ธุรกิจมีโครงการลงทุนเพิ่มจะมีผลทำให้ขนาดของธุรกิจขยายตัวขึ้น

2) อัตราผลตอบแทนภายในโครงการ (IRR) คืออัตราผลตอบแทนจากการลงทุนในโครงการนั้น โดยถ้าอัตราผลตอบแทนของโครงการสูงกว่าอัตราผลตอบแทนที่ต้องการหรือต้นทุนของเงินทุน ก็ควรลงทุน แต่ถ้าค่าน้อยกว่า ก็ควรปฏิเสธการลงทุนนั้น

3) ระยะเวลาคืนทุน (PB) ใช้หลักการที่ว่าโครงการมีระยะเวลานานเท่าไรในการให้ผลตอบแทนเท่ากับจำนวนเงินลงทุน เพราะยิ่งโครงการคืนทุนเร็วเท่าใดก็เป็นการดีและมีโอกาสที่จะเสี่ยงต่อการขาดทุนในอนาคตน้อยลง และผู้ลงทุนยังสามารถที่จะนำเงินทุนที่ถอนคืนออกมาไปลงทุนหาผลประโยชน์ในกิจการอื่นต่อไป ดังนั้น เพื่อความไม่ประมาท ผู้ลงทุนและผู้สนับสนุนทางการเงินจึงมักจะพิจารณาเลือกโครงการที่ให้ผลตอบแทนคืนเร็วในระยะสั้น

2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในประเทศอินเดียมีอุตสาหกรรมที่ใช้ความร้อนสูงและมีอุตสาหกรรมภาคการผลิตอาหารจำนวนมาก ส่งผลให้มีความต้องการใช้ปิโตรเลียมสูง แต่มีข้อจำกัดแหล่งพลังงานและราคาพลังงาน ประกอบกับมีผลผลิตเหลือใช้จากการเกษตรสูงถึง 320 ล้านตันต่อปี พบว่ามีเศษวัสดุทางการเกษตร เช่น ตอซังข้าว ใบอ้อย ข้าวสาลี ประมาณ 100 ล้านตันต่อปี จะถูกเผาทำลายในไร่นา คณะผู้วิจัยเห็นว่าวัสดุเหลือใช้เหล่านี้สามารถเปลี่ยนเป็นก๊าซเชื้อเพลิงสำหรับการเผาไหม้ได้ จึงมีแนวคิดในการนำเศษวัสดุเหล่านี้มาใช้เป็นก๊าซเชื้อเพลิง (Producer gas)

Jorapur R. และ Rajvanshi A. K. (Jorapur & K., 1997) ได้ศึกษาการประยุกต์ใช้ใบอ้อยหรือชานอ้อยมาทำเป็นก๊าซสำหรับการใช้ในอุตสาหกรรม (Sugarcane leaf – bagasse gasifiers for industrial heating applications) โดยมีการพัฒนาระบบแก๊สซิฟิเคชั่นในระดับอุตสาหกรรม ที่ใช้วัสดุชีวมวลที่มีความหนาแน่นต่ำ เช่น ใบอ้อย ชานอ้อย และหญ้าหวาน มาเป็นเชื้อเพลิง โดยวัสดุชีวมวลที่นำมาใช้ในการวิจัย มีค่าความร้อน 3.5-5 MJ/h ประกอบด้วย คาร์บอนมอนนอกไซด์ 25%vol. ไฮโดรเจน 15-20 %vol. สำหรับระบบแก๊สซิฟิเคชั่นในระดับอุตสาหกรรมที่ใช้ในการวิจัยนี้ (พัฒนามาจากระดับทดลองในระดับ Bench scale จากการวิจัยก่อนหน้า) มีค่าความร้อนขาออกเท่ากับ 1080 MJ/h ประกอบด้วย

1) reactor เป็นแบบ downdraft และ open-top มีเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 75 เซนติเมตร สูง 1.25 เมตร ออกแบบสำหรับสามารถใช้งานได้ 7500 ชั่วโมงต่อปี และทนความร้อนระดับ IS8 grade

2) ระบบก๊าซเป็นระบบ completely dry dust collection ที่มีตัวดักจับ/ตัวตกตะกอนและเถ้าหยาบที่อุณหภูมิสูง และมี Cyclone separator ประสิทธิภาพสูง โดยมีการดักจับ char-ash ทุก 45 นาที ซึ่ง char-ash เหล่านี้จะมีค่าความร้อน 18.9 MJ/kg สามารถอัดเป็นเชื้อเพลิงหรือใช้เป็น soil conditioner ได้

3) biomass feeding system

4) อุปกรณ์และระบบควบคุมใช้ Programmable Logic Controller (PLC)- base control system ซึ่งสามารถควบคุมอัตราการกำจัดชีวมวลและขี้เถ้าได้ทั้งหมด นอกจากนี้ยังช่วยดำเนินการในส่วนการติดตามดูอุณหภูมิที่จุดวิกฤตต่างๆ ในระบบ

ในการวิจัย มีการดำเนินการระบบแก๊สซิฟิเคชั่นโดยใช้ใบอ้อย ชานอ้อย และทั้งสองส่วน เป็นเชื้อเพลิงในอัตราส่วนต่างๆ ระยะเวลามากกว่า 700 ชั่วโมง ค่าความร้อนขาออกอยู่ระหว่าง 288-1080 MJ/h HHV gas 3.56-4.82 MJ/h ระบบทำให้เกิด char ประมาณ 24 %wt. ของเชื้อเพลิงตั้งต้น เมื่อคิดอัตราการใช้ชีวมวลระหว่าง 55-72 kg/h (ขึ้นอยู่กับ furnace loading) เทียบกับการใช้น้ำมันดีเซลที่ 18.75 ลิตรต่อชั่วโมง คิดเป็น 3.84 กิโลกรัมแห้งของชีวมวล เท่ากับ การใช้น้ำมันดีเซล 1 ลิตร เมื่อมีการคำนวณต้นทุนการการดำเนินการที่ 675 MJ/h พบว่ามีความคุ้มทุนถ้าราคาชีวมวลน้อยกว่า 35.48 USD/ตัน (น้ำหนักแห้ง) และเมื่อดำเนินการที่ 1080 MJ/h ยังคงมีความคุ้มทุนอยู่แม้ว่าราคาชีวมวลอยู่ที่ 43.55 USD/ตัน (น้ำหนักแห้ง) (คำนวณที่ราคา LDO เท่ากับ 0.24 USD/L อัตราแลกเปลี่ยน 1 USD = 31 Rs)

Nayak R. และ Mewada R.K. (Rajul & Mewada, 2011) กล่าวว่ากระบวนการแก๊สซิฟิเคชั่นมีความสำคัญในการเปลี่ยนถ่านหินหรือเชื้อเพลิงแข็งเป็นก๊าซเชื้อเพลิงในกระบวนการเผาไหม้โดยตรง ตลอดจนเป็นก๊าซวัตถุดิบในการผลิตเชื้อเพลิงและสารเคมี แก๊สซิฟิเคชั่น ประกอบด้วย ก๊าซออกซิเจน น้ำ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และไฮโดรเจน ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการเผาไหม้ คือ ก๊าซมีเทนและออกซิเจนผสมไฮโดรเจน ใช้เป็นก๊าซเชื้อเพลิงหรือวัตถุดิบตั้งต้นในกระบวนการเคมี ถ่านหินในกระบวนการแก๊สซิฟิเคชั่น ข้อดีของ Fluidized Bed คือ มีการถ่ายเทความร้อนได้สูงและง่ายสำหรับเชื้อเพลิงแข็ง มีความสามารถรองรับระบบขนาดกลางและขนาดใหญ่ งานวิจัยนี้ จะนำเสนอภาพรวมของระบบแก๊สซิฟิเคชั่นเชื้อเพลิงถ่านหิน โดยใช้แบบจำลอง ASPEN Plus ซึ่งมีตัวแปรเหมือนสัดส่วนการผลิตไอน้ำจากถ่านหินและผลกระทบจากอัตราการไหลของออกซิเจนในการผลิตก๊าซเชื้อเพลิง

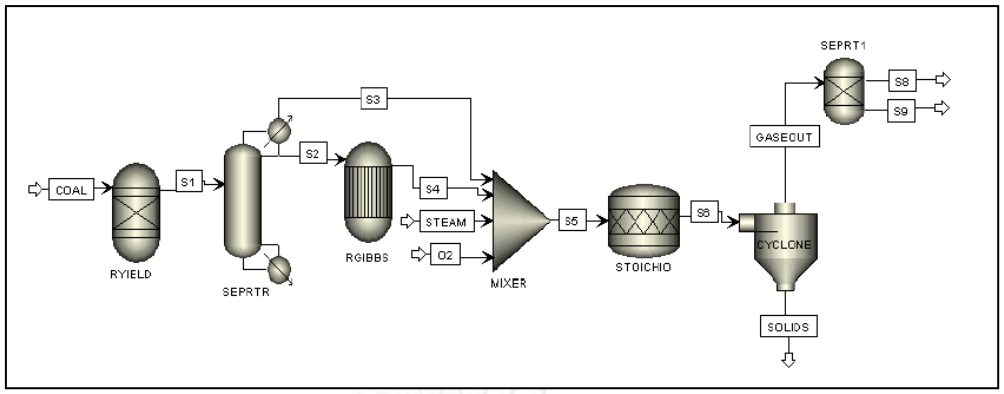
ข้อดีของงระบบแก๊สซิฟิเคชั่น คือ

- สามารถเปลี่ยนสัดส่วนของอากาศในห้องเผาไหม้ได้ ซึ่งจะช่วยในการควบคุมอุณหภูมิในการเผาไหม้ด้านล่าง
- มีการเปลี่ยนแปลงและปั่นป่วนในระบบ ซึ่งจะทำให้เกิดการผสมผสานของเชื้อเพลิงและอากาศได้ดี
- รูปแบบการรักษาของอุณหภูมิและหลีกเลี่ยงปัญหาการเกิดตะกรันในเครื่องปฏิกรณ์
- มีการปรับปรุงการถ่ายเทมวลสารและความร้อนจากเชื้อเพลิง
- มีค่าความร้อนของเชื้อเพลิงสูง
- ลดการใช้เชื้อเพลิง

ข้อเสียของระบบแก๊สซิฟิเคชั่น คือ

- สภาวะของการออกซิไดซ์ต้องทำให้ออกซิเจนเป็นฟองอากาศ ซึ่งจะเป็นการลดประสิทธิภาพของระบบ
- เกิดการสูญเสียจากการมีวัตถุปนเปื้อนเข้าระบบ

ในงานวิจัยนี้ ได้เลือกใช้กระบวนการแก๊สซิฟิเคชั่นในการผลิตก๊าซเชื้อเพลิง แสดงอัตราการไหลของกระบวนการแก๊สซิฟิเคชั่นแบบ Fluidized Bed เชื้อเพลิงถ่านหิน แสดงดังรูปที่ 2.14 และอัตราการไหลของไอน้ำแสดงดังรูปที่ 2.15



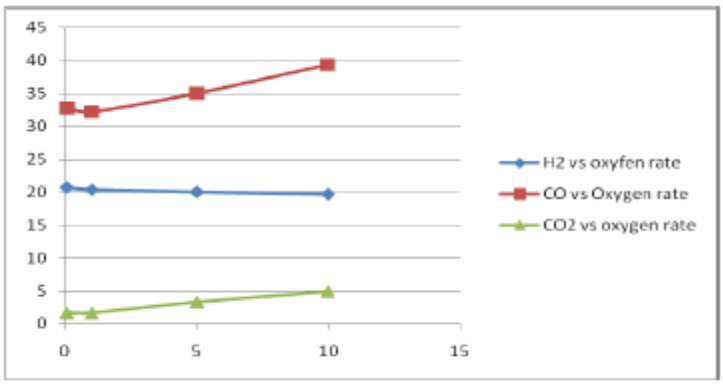
รูปที่ 2.14 แสดงอัตราการไหลของกระบวนการแปรสภาพให้กลายเป็นก๊าซของถ่านหินแบบ Fluidized Bed

Table 4 Stream Flow rates results

Stream	S1	S2	S3	S4	S5
Components Mass flow rate(kg/sec)					
H_2O	0.012	0.012		<0.001	0.002
N_2	0.003	0.003		0.003	0.003
O2	0.003	0.003			0.003
S	0.003	0.003		Trace	Trace
H_2	0.012	0.009	0.003	0.01	0.013
Cl_2	0.003	0.003		Trace	Trace
C	0.018	0.018			
Ash	0.006	0.006			
CO				0.023	0.023

รูปที่ 2.15 แสดงอัตราการไหลของไอน้ำ

ผลการวิเคราะห์จากโปรแกรม ASPEN Plus ผลกระทบจากอัตราการไหลของออกซิเจนในการผลิตก๊าซเชื้อเพลิง ประกอบด้วย การเปรียบเทียบระหว่างสัดส่วนองค์ประกอบของก๊าซ H_2, CO และ CO_2 กับอัตราการไหลของออกซิเจน แสดงดังรูปที่ 2.16



รูปที่ 2.16 แสดงการเปรียบเทียบส่วนประกอบของก๊าซเชื้อเพลิงกับอัตราการไหลของออกซิเจน

จากรูปที่ 2.16 แสดงให้เห็นว่า ผลกระทบจากออกซิเจนในการผลิตก๊าซเชื้อเพลิง ส่วนประกอบของ H_2 จะลดลง ซึ่งจะมีความเบี่ยงเบนเล็กน้อย ในส่วนของ CO และ CO_2 มีความสัมพันธ์กับอัตราการไหลของออกซิเจนมีปริมาณมากขึ้น ปริมาณ CO และ CO_2 จะมากขึ้นตาม แต่สัดส่วนในการผลิตไอน้ำและถ่านหิน และตัวแปรทั้งหมดยังคงที่ ทั้งนี้ แสดงให้เห็นว่า การควบคุมค่าตัวแปรหลัก คือ อัตราการไหลของออกซิเจนได้ในระดับที่เหมาะสมกับประเภทเชื้อเพลิงจะทำให้ลดปัญหาของสัดส่วนก๊าซเชื้อเพลิงได้

Kulkarni M. และ Ganguli R. (Mandar & Rajive, 2012) กล่าวว่า งานวิจัยนี้เป็นการจำลองระบบแก๊สซิฟิเคชั่นแบบ Moving bed โดยใช้ถ่านหินซับบิทูมินัสศักดิ์ต่ำ (low rank Usibelli coal) จากอลาสก้า กระบวนการทั้งหมดเกิดขึ้นในระบบแก๊สซิฟิเคชั่นแบบ Moving bed มีกระบวนการ drying, devolatilization, gasification และ combustion โดยใช้แบบจำลองจากโปรแกรม Aspen plus ช่วยทำนายผลของการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรต่างๆ เช่น ความดัน ปริมาณออกซิเจน อัตราส่วนของไอน้ำ ที่มีผลต่อองค์ประกอบของก๊าซ ผลที่ได้จากแบบจำลองถูกนำไปเปรียบเทียบกับผลการทดลองจริงพบว่าองค์ประกอบของก๊าซที่ได้จากแบบจำลอง เป็นไปในทางเดียวกัน โดยการแปลงคาร์บอน (carbon conversion) จะเพิ่มขึ้นเมื่อมีการเพิ่มอัตราส่วนระหว่างออกซิเจนและถ่าน และจะลดลงเมื่อเพิ่มอัตราส่วนระหว่างไอน้ำและถ่าน ซึ่งอัตราส่วนทั้งสองมีผลต่อองค์ประกอบของก๊าซเชื้อเพลิง ที่ผลิตขึ้น ในขณะที่ความดันไม่ได้มีผลมากนัก โดย Non-slagging moving bed gasifier อาจมีข้อจำกัดที่อัตราส่วนของ ออกซิเจนและถ่าน ที่ 0.26 โดยมีการทำงานที่อุณหภูมิต่ำกว่าอุณหภูมิการหลอมเหลวของเถ้า ในขณะที่ Slagging moving bed gasifier ไม่มีข้อจำกัดเรื่องอุณหภูมิในการทำงาน โดยอาจมีประสิทธิภาพในการแปลงคาร์บอน (carbon conversion) สูงถึง 99.5% ที่อัตราส่วนของออกซิเจนและถ่าน ที่ 0.33

ถึงแม้ว่าระบบแก๊สซิฟิเคชั่นเป็นเทคโนโลยที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมและมีประสิทธิภาพ แต่การวิจัยโดยใช้เทคโนโลยีนี้มีข้อจำกัดอย่างมากสำหรับถ่านหินจากอลาสก้า โดยเทคโนโลยีระบบแก๊สซิฟิเคชั่นแบบ Moving bed ในการศึกษานี้เหมาะกับถ่านหินศักดิ์ต่ำ โดยจำกัดการใช้ปริมาณออกซิเจนได้ เพราะมีราคาแพง ซึ่งแบบจำลองนี้ ศึกษาผลของอัตราส่วน ไอน้ำต่อถ่านหิน และออกซิเจนต่อถ่านหิน และความดัน ที่มีต่อองค์ประกอบของก๊าซ และประสิทธิภาพของการแปลงคาร์บอนพบว่า อัตราส่วนไอน้ำต่อถ่านหิน และอัตราส่วนออกซิเจนต่อถ่านหินเป็นปัจจัยหลักในการควบคุมองค์ประกอบของก๊าซ และประสิทธิภาพของการแปลงคาร์บอน โดยการเพิ่มอัตราส่วนออกซิเจนต่อถ่านหิน ส่งผลให้มีการเพิ่มประสิทธิภาพของการแปลงคาร์บอน อย่างมีนัยสำคัญ โดยอัตรส่วนออกซิเจนต่อถ่านหิน ที่ 0.33 ได้ประสิทธิภาพการแปลงคาร์บอนสูงสุดที่ 99.5% (การเพิ่มความดัน กลับทำให้ก๊าซเชื้อเพลิงลดลงแต่ก็ไม่ได้มีนัยสำคัญ) ซึ่งผลการศึกษาที่ได้เป็นประโยชน์ในการออกแบบระบบแก๊สซิฟิเคชั่นแบบ Moving bed ขนาดกลาง ถึงขนาดใหญ่โดยใช้ถ่านหิน Usibelli ได้ต่อไป

บทที่ 3
การวิเคราะห์ต้นทุนและผลตอบแทน

การศึกษานี้มีวัตุประสงค์เพื่อให้ทราบถึงต้นทุนและผลตอบแทนที่ได้จากการใช้เทคโนโลยีถ่านหินสะอาดด้วยการแปรสภาพถ่านหินให้กลายเป็นก๊าซเชื้อเพลิง สำหรับนำไปใช้ทดแทนก๊าซแอลพีจีในการอุตสาหกรรมเซรามิกที่จังหวัดลำปาง และเป็นแนวทางในการตัดสินใจลงทุน เนื่องจากการลงทุนในกิจการใดก็ตามในปัจจุบัน ต้องการเงินลงทุนที่สูง ประกอบกับมีปัจจัยหลายด้านที่เกี่ยวข้อง ทำให้การตัดสินใจลงทุนดังกล่าวยากที่จะประสบผลสำเร็จ หากไม่มีการวางแผนและการวิเคราะห์ล่วงหน้า ดังนั้นวิธีที่ช่วยเพิ่มความมั่นใจในการลงทุนและลดความเสี่ยงลงได้ ควรต้องศึกษาความเป็นไปได้ของโครงการ

สำหรับการศึกษาความเป็นไปได้ของโครงการ จะใช้การวิเคราะห์ทางการเงินเป็นหลัก ซึ่งสามารถนำมาใช้ได้กับการวิเคราะห์โครงการผลิตก๊าซเชื้อเพลิงจากถ่านหินเพื่ออุตสาหกรรมเซรามิกในจังหวัดลำปางในครั้งนี้ โดยจะขอนำเสนอข้อมูลพื้นฐานเบื้องต้นให้แก่ผู้ที่สนใจ เพื่อให้เห็นภาพรวมของการวิเคราะห์การลงทุนและประเด็นข้อควรพิจารณาในด้านต่างๆ โดยสรุปได้ดังนี้

รูปที่ 3.1 แสดงวิธีการดำเนินการศึกษา

3.1 ระเบียบวิธีศึกษา

ข้อมูลต่างๆ ในการศึกษานี้เป็นทั้งข้อมูลปฐมภูมิ ที่เก็บรวบรวมจากการสัมภาษณ์ผู้ประกอบการ และเจ้าหน้าที่ที่เกี่ยวข้องกับอุตสาหกรรมเซรามิกในจังหวัดลำปาง รวมทั้งเป็นข้อมูลอ้างอิงจากผลการศึกษาวิจัยในงานก่อนหน้านี้ และข้อมูลความเป็นจริงในปัจจุบัน ดังนั้น การที่จะให้ทราบถึงผลตอบแทนทางการเงิน จึงต้องวิเคราะห์หรือกำหนดตัวแปรทางด้านผลตอบแทนและต้นทุน

ให้ชัดเจน และครบถ้วน ประกอบด้วยประมาณการรายได้ แผนการลงทุน แล้วจึงนำมาประเมินค่าเสื่อมราคาและต้นทุนของโครงการ เพื่อให้ผลที่ได้ออกมาคลาดเคลื่อนน้อยที่สุด ซึ่งการศึกษาดังกล่าวนี้ จำเป็นต้องอาศัยการวิเคราะห์ทางการเงินเข้ามาช่วย โดยมีขั้นตอนดังนี้

3.1.1 การกำหนดตัวแปรที่มีผลต่อการประเมินโครงการ

แบ่งได้เป็น 3 ประเภท ดังนี้

1) ด้านการคัดเลือกคุณสมบัติทางเทคนิคที่เหมาะสม ได้แก่
   - การคัดเลือกเชื้อเพลิงที่ใช้ในการศึกษา
   - การคัดเลือกเทคโนโลยีที่ใช้ในการผลิตก๊าซเชื้อเพลิงจากถ่านหิน
   - การคำนวณหาต้นทุนการผลิตก๊าซเชื้อเพลิงจากถ่านหิน
2) ด้านผลตอบแทน ได้แก่
   - ผลกำไรจากการเปลี่ยนมาใช้ก๊าซเชื้อเพลิงจากถ่านหิน
3) ด้านต้นทุน ได้แก่
   - ค่าใช้จ่ายในการลงทุน
   - ค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน

3.1.2 การประเมินกระแสเงินสดของโครงการ

การประเมินกระแสเงินสดของโครงการ โดยนำข้อมูลจากตัวแปรหมดที่ได้มานั้น มาดำเนินการคำนวณการไหลของเงินสด โดยกำหนดให้โครงการนี้มีอายุ 10 ปี ทำให้ทราบถึงผลกำไรหรือขาดทุน และกระแสเงินสดสุทธิในแต่ละปี

3.1.3 การวิเคราะห์ทางการเงิน

การวิเคราะห์ทางการเงิน โดยเมื่อทราบถึงผลกำไรขาดทุนในแต่ละปีแล้ว จึงนำข้อมูลที่ได้มาดำเนินการวิเคราะห์ทางการเงินด้วยเครื่องมือต่างๆ ดังนี้

1) มูลค่าปัจจุบันของผลตอบแทนสุทธิของโครงการ (Net present value : NPV)
2) อัตราผลตอบแทนภายในโครงการ (Internal rate of return : IRR)
3) ระยะเวลาคืนทุน (Payback period : PB)
4) การวิเคราะห์ความไหวตัวของโครงการ (Sensitivity analysis)

3.2 การกำหนดตัวแปรที่มีผลต่อการประเมินโครงการ

3.2.1 การคัดเลือกเชื้อเพลิงที่ใช้ในการศึกษา

3.2.1.1 ถ่านหิน

พิจารณาตัวแปร 2 ด้านดังนี้

1) ประเภทถ่านหิน

แหล่งแร่ถ่านหินในประเทศไทยส่วนใหญ่มีที่ตั้งอยู่ในเขตจังหวัดภาคเหนือ เช่น เชียงใหม่ พะเยา ลำปางและลำพูน โดยส่วนใหญ่เป็นแหล่งขนาดเล็กกระจายตัวอยู่ตามที่ต่างๆ ซึ่งคุณภาพของถ่านหินที่พบในประเทศส่วนใหญ่ จัดอยู่ในประเภทลิกไนต์และซับบิทูมินัสที่มีปริมาณเถ้าและความชื้นสูง และมีปริมาณค่าความร้อนไม่สูงมากนัก ประกอบกับภาพลักษณ์ของถ่านหินต่อประชาชนทั่วไปนั้นเป็นไปในแง่ลบเพราะปัญหามลพิษที่เกิดจากการทำเหมืองและมลพิษจากโรงไฟฟ้าถ่านหินลิกไนต์แม่เมาะในอดีตที่ผ่านมา ทำให้ยากต่อการลงทุนทำเหมืองถ่านหิน เพื่อป้อนเข้าสู่ระบบ

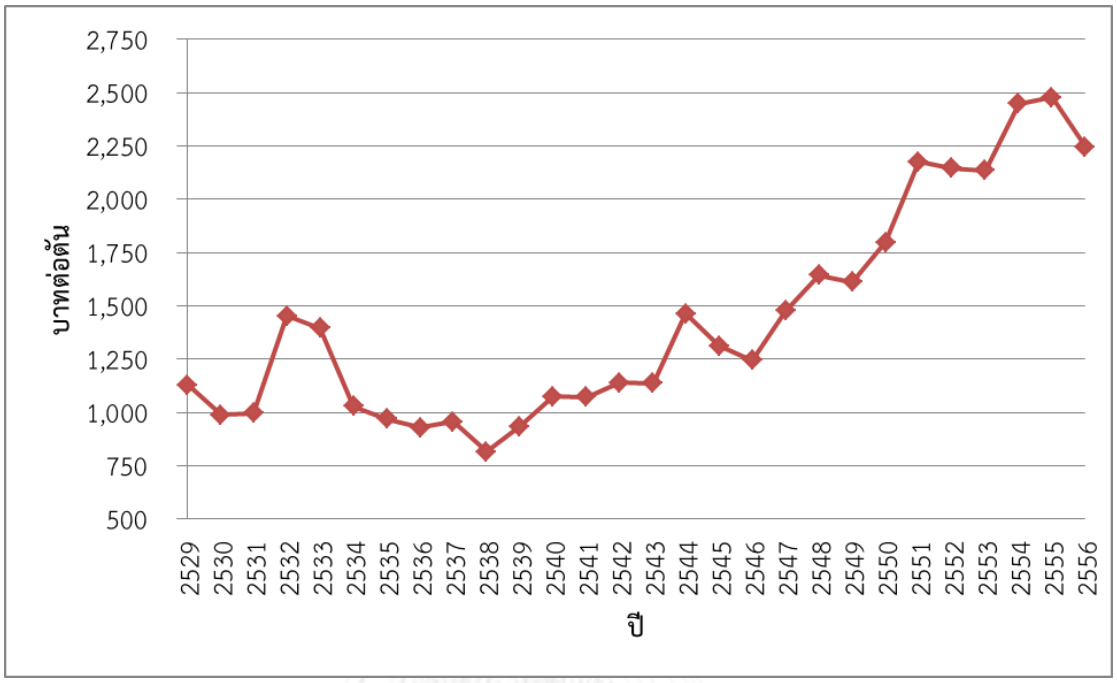
ดังนั้น ในการศึกษานี้จึงมุ่งเน้นในการใช้ถ่านหินนำเข้าเพื่อเป็นเชื้อเพลิงในการผลิตก๊าซจากถ่านหิน โดยเลือกถ่านหินนำเข้าจากประเทศอินโดนีเซีย เนื่องจากมีคุณภาพดี ให้ค่าความร้อนสูง ปริมาณเถ้าและความชื้นต่ำกว่าถ่านหินในประเทศไทย ตลอดจนระยะทางในการขนส่งใกล้กว่าถ่านหินจากแหล่งอื่นที่มีการค้าขายในตลาดสากล โดยมีคุณสมบัติของถ่านหินดังนี้

ตารางที่ 3.1 แสดงคุณสมบัติถ่านหินนำเข้าจากประเทศอินโดนีเซีย (UNEP, 2006)

คุณสมบัติ	ถ่านหินจากประเทศอินโดนีเซีย
ค่าความร้อน (Gross Calorific Value)	5,500 kcal/kg
ค่าความชื้น (Moisture)	9.43 %
ปริมาณเถ้า (Ash)	13.99 %
ปริมาณสารระเหย (Volatile matter)	29.79 %
ปริมาณคาร์บอนคงที่ (Fixed carbon)	46.79 %
ปริมาณคาร์บอน (Carbon)	58.96 %
ปริมาณไฮโดรเจน (Hydrogen)	4.16 %
ปริมาณไนโตรเจน (Nitrogen)	1.02 %
ปริมาณซัลเฟอร์ (Sulphur)	0.56 %
ปริมาณออกซิเจน (Oxygen)	11.88 %

จากข้อมูลของสำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน กระทรวงพลังงาน พบว่าราคาของถ่านหินนำเข้าตั้งแต่ปี พ.ศ. 2529 จนถึงปัจจุบัน มีการปรับตัวสูงขึ้นในอัตราที่ต่ำ ดังรายละเอียดตามรูปที่ 3.2 โดยเป็นไปตามกลไลของราคาตลาดโลก ทั้งนี้ราคาถ่านหินเฉลี่ยตลอดปีเมื่อปี พ.ศ. 2556 อยู่ที่ราคา 2,244.61 บาทต่อตัน ดังนั้นในการศึกษานี้จึงใช้ราคาถ่านหินนำเข้าเฉลี่ย 6 ปีย้อนหลังที่ราคา

2,270 บาทต่อตัน (เนื่องจากมีแนวโน้มของราคาแกว่งตัวในวงแคบ) เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการวิเคราะห์โครงการ



รูปที่ 3.2 แสดงราคาถ่านหินนำเข้าเฉลี่ยของประเทศไทย

(กระทรวงพลังงาน, 2557)

2) การขนส่งถ่านหินไปจังหวัดลำปาง

เนื่องจากในการศึกษานี้ เลือกใช้ถ่านหินนำเข้าจากประเทศอินโดนีเซียมาเป็นเชื้อเพลิงในการผลิตก๊าซเชื้อเพลิงจากถ่านหิน โดยถ่านหินนำเข้าของไทยส่วนใหญ่ประมาณร้อยละ นำเข้ามาจาก 75 ประเทศอินโดนีเซียขนส่งมาทางเรือขนสินค้าขนาดใหญ่ แล้วไปขนถ่ายสินค้าลงเรือลำเลียงขนาดเล็กหรือเรือโป๊ะ ที่ท่าเรือน้ำลึกที่เกาะสีชัง จังหวัดชลบุรี แล้วส่งต่อไปยังจุดกองเก็บและโรงคัดขนาดบริเวณจังหวัดสมุทรสาคร พระนครศรีอยุธยา เป็นต้น

การขนส่งถ่านหินนำเข้าจากประเทศอินโดนีเซียมายังจังหวัดลำปางนั้น จะใช้รถบรรทุกพ่วงขนถ่านหินจากพื้นที่จุดเก็บกองที่จังหวัดพระนครศรีอยุธยาเนื่องจากเป็นจุดที่อยู่ใกล้ที่สุด ซึ่งมีระยะทางจากจังหวัดลำปางประมาณ 500 กิโลเมตร โดยมีค่าใช้จ่ายในการขนประมาณเที่ยวละ 700 – 750 บาทต่อตัน (จากการสอบถามผู้ประกอบการขนส่งที่จังหวัดลำปาง)

3.2.1.2 ก๊าซแอลพีจี

สำหรับราคาก๊าซแอลพีจีที่นำมาใช้ในการวิเคราะห์โครงการ ถือเอาราคาในตลาดปัจจุบันที่จำหน่ายสำหรับการใช้ในภาคอุตสาหกรรมที่ราคา 30.13 บาทต่อกิโลกรัม ซึ่งตามมติคณะกรรมการนโยบายพลังงานแห่งชาติครั้งล่าสุด (ครั้งที่ 145) เมื่อวันที่ 16 กรกฎาคม 2556 มีมติให้ตรึงราคาก๊าซแอลพีจีสำหรับภาคอุตสาหกรรมอยู่ที่ราคา 30.13 บาทต่อกิโลกรัม

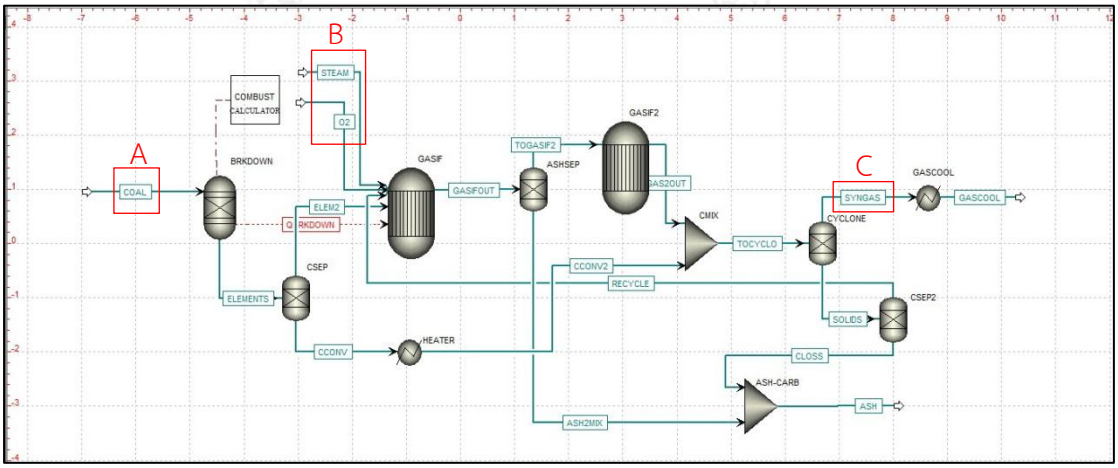
3.2.2 การคัดเลือกเทคโนโลยีที่ใช้ในการผลิตก๊าซเชื้อเพลิงจากถ่านหิน

การพิจารณาระบบผลิตก๊าซเชื้อเพลิงเพื่อมาใช้งานนั้น ประเด็นสำคัญคือการเลือกเตาปฏิกรณ์ให้เหมาะสมกับชนิดเชื้อเพลิง สำหรับเชื้อเพลิงประเภทถ่านหินนั้น มีคุณสมบัติที่สำคัญต่อการคัดเลือก คือ ค่าความร้อน ปริมาณเถ้า ค่าความชื้น และความว่องไวในการเกิดปฏิกิริยา

จากคุณสมบัติของถ่านหินนำเข้าจากประเทศอินโดนีเซียที่เลือกใช้นั้น สามารถนำมาใช้ร่วมกับเครื่องเตาปฏิกรณ์ได้ทั้ง 3 ชนิด คือ Moving-Bed, Fluidized-Bed และ Entrained-Flow เนื่องจากมีค่าความร้อนสูง มีปริมาณเถ้าและค่าความชื้นต่ำ โดยในการศึกษานี้เลือกเครื่องเตาปฏิกรณ์แบบ Moving-Bed เนื่องจากระบบการทำงานไม่ซับซ้อน มีต้นทุนราคาเครื่องจักรที่ต่ำที่สุดเมื่อเทียบกับเครื่องเตาปฏิกรณ์ชนิดอื่น อีกทั้งเป็นการประหยัดค่าใช้จ่ายในการเตรียมวัตถุดิบเพื่อป้อนเข้าเครื่องเตาปฏิกรณ์ ซึ่งเหมาะสมในการใช้งานสำหรับกลุ่มโรงงานเซรามิกในลำปาง เพราะส่วนใหญ่เป็นโรงงานขนาดเล็กจนถึงโรงงานขนาดกลางเป็นหลัก ซึ่งมีเงินทุนจำกัด ทั้งนี้ การนำก๊าซเชื้อเพลิงที่ผลิตได้ไปใช้งานสำหรับอุตสาหกรรมเซรามิกนั้น จะต้องมีค่าใช้จ่ายสำหรับระบบการกำจัดทาร์และก๊าซเจือปนออกจากก๊าซเชื้อเพลิงก่อน มิเช่นนั้นจะมีผลต่อชิ้นงานในการเผาเซรามิกได้

3.2.3 การคำนวณหาต้นทุนการผลิตก๊าซเชื้อเพลิงจากถ่านหิน

การศึกษานี้ได้รับความอนุเคราะห์โปรแกรม ASPEN Plus จากภาควิชาเคมีเทคนิค คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย สำหรับใช้ในการจำลองกระบวนการเกิดก๊าซเชื้อเพลิงจากถ่านหิน ทำให้ทราบถึงปริมาณและคุณสมบัติต่างๆ ของก๊าซเชื้อเพลิงที่ผลิตได้ เพื่อนำไปใช้ในการคำนวนหาปริมาณถ่านหินที่ต้องการใช้ต่อไป โดยมีแบบจำลองดังรายละเอียดตามรูปที่ 3.3



รูปที่ 3.3 แสดงแบบจำลองการเกิดก๊าซจากถ่านหินด้วยโปรแกรม ASPEN Plus

จากรูปที่ 3.3 แสดงการจำลองกระบวนการเกิดก๊าซเชื้อเพลิงจากถ่านหิน โดยทำการกำหนดอัตราการป้อนถ่านหินและคุณลักษณะของถ่านหินที่จุด A จากนั้น เข้าสู่กระบวนการเกิดปฏิกิริยาก๊าซเชื้อเพลิง โดยมีการกำหนดอัตราการป้อนไอน้ำและก๊าซออกซิเจนเพื่อช่วยในการเกิดปฏิกิริยาที่

จุด B เข้าไปในระบบด้วย ซึ่งก๊าซเชื้อเพลิงที่ได้มานั้น จะผ่านระบบทำความสะอาดก๊าซเชื้อเพลิง แล้วจึงได้เป็นก๊าซเชื้อเพลิงที่นำมาใช้ในการศึกษาต่อไปที่จุด C

ทั้งนี้ การหาต้นทุนการผลิตก๊าซเชื้อเพลิงจากถ่านหินนั้น จำเป็นต้องตั้งสมมติฐานขึ้นมา เพื่อใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการคำนวณ ดังนี้

1) สมมติฐานเรื่องทั่วไป

จากการรวบรวมข้อมูลและสอบถามเจ้าหน้าที่ของศูนย์พัฒนาอุตสาหกรรมเซรามิก และสมาคมเครื่องปั้นดินเผาลำปางพบว่า โรงงานเซรามิกในจังหวัดลำปางส่วนใหญ่เป็นโรงงานเซรามิกขนาดเล็กจนถึงขนาดกลาง กระจายตัวอยู่ในอำเภอเมืองลำปางและอำเภอเกาะคา เป็นส่วนใหญ่ มีปริมาณการใช้ก๊าซแอลพีจีต่อวันตั้งแต่ 100 – 5,000 กิโลกรัมต่อโรงงาน ดังนั้นในการศึกษานี้จึงเลือกศึกษาในกรณีที่มีปริมาณการใช้ก๊าซแอลพีจี 3,000 กิโลกรัมต่อวัน และกำหนดให้จำนวนวันทำงานต่อปีเท่ากับ 330 วัน

2) สมมติฐานทางเทคนิค

จากปริมาณการใช้ก๊าซแอลพีจีและคุณสมบัติของถ่านหินตามที่ได้กล่าวมาแล้วนั้น ทำให้สามารถกำหนดขนาดของเตาปฏิกรณ์ที่จะต้องสามารถผลิตก๊าซเชื้อเพลิงให้ได้เฉลี่ย 3,000 กิโลกรัมต่อวัน ดังนั้นมีปริมาณการป้อนถ่านหิน 550 กิโลกรัมต่อชั่วโมง โดยมีจำนวนชั่วโมงทำงานประมาณ 12 ชั่วโมงต่อวัน

ดังนั้น จากสมมติฐานในข้างต้น จะได้ผลการจำลองการเกิดก๊าซเชื้อเพลิงจากถ่านหินโดยใช้โปรแกรม ASPEN Plus ดังแสดงตามตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.2 แสดงผลจากแบบจำลองการเกิดก๊าซเชื้อเพลิงจากถ่านหิน

คุณสมบัติของก๊าซเชื้อเพลิงที่เกิดขึ้น	ถ่านหินนำเข้าจากประเทศอินโดนีเซีย
อุณหภูมิ (Temperature)	1,185.40 $^{\circ}$C
ความดัน (Pressure)	7.9 bar
ปริมาณก๊าซที่เกิดขึ้น (Total flow)	5,439.20 kg/hr
Gas LHV	221.29 kcal/kg

จากตารางที่ 3.2 ทำให้ทราบว่าปริมาณการถ่านหินจำนวน 550 กิโลกรัมต่อชั่วโมง จะผลิตก๊าซเชื้อเพลิงได้ 5,439.20 กิโลกรัมต่อชั่วโมง หรือคิดเป็นถ่านหินปริมาณ 1 กิโลกรัม จะผลิตก๊าซเชื้อเพลิงได้ 9.89 กิโลกรัม เมื่อพิจารณาค่าความร้อน (LHV) ของก๊าซเชื้อเพลิงที่ได้ 221.29 กิโลแคลอรีต่อกิโลกรัม ดังนั้น ถ่านหินปริมาณ 1 กิโลกรัม จะสามารถผลิตก๊าซเชื้อเพลิงที่มีค่าความร้อนเท่ากับ 2,188.44 กิโลแคลอรี

ขณะที่ค่าความร้อนของก๊าซแอลพีจีมีมาตรฐานอยู่ที่ระหว่าง 11,700 - 11,900 กิโลแคลอรีต่อกิโลกรัม ดังนั้นจึงเลือกใช้ค่า 11,800 กิโลแคลอรีต่อกิโลกรัม ซึ่งหากจะให้ได้ค่าความร้อนที่เท่ากันจะต้องใช้ถ่านหินจำนวน 5.39 กิโลกรัมมาผลิตเป็นก๊าซเชื้อเพลิง

3) การประเมินค่าใช้จ่าย

จากข้อมูลที่กล่าวมา ให้ราคาปัจจุบันของถ่านหินนำเข้าจากประเทศอินโดนีเซียรวมค่าขนส่งถึงจังหวัดลำปางอยู่ที่ 3,000 บาทต่อตัน หรือ 3.00 บาทต่อกิโลกรัม จำแนกเป็นค่าถ่านหินราคา 2,270 บาทต่อตัน และค่าขนส่งจากท่าเรือที่จังหวัดพระนครศรีอยุธยามาจังหวัดลำปางอยู่ที่ 730 บาทต่อตัน ในขณะที่ราคาจำหน่ายของก๊าซแอลพีจีสำหรับผู้ใช้ในภาคอุตสาหกรรมในปัจจุบัน (เดือน เม.ย. 2557) อยู่ที่ราคา 30.13 บาทต่อกิโลกรัม

ดังนั้น การเปรียบเทียบต้นทุนของก๊าซเชื้อเพลิงจากถ่านหิน (คิดเฉพาะต้นทุนเชื้อเพลิง) กับก๊าซแอลพีจีได้ดังนี้

ถ่านหิน 5.39 กก. x 3.00 บาทต่อกิโลกรัม	=	แอลพีจี 1 กก. x 30.13 บาทต่อกิโลกรัม
ก๊าซจากถ่านหิน 16.18 บาทต่อกิโลกรัม	=	แอลพีจี 30.13 บาทต่อกิโลกรัม

สรุปได้ว่า ราคาต้นทุนของก๊าซเชื้อเพลิงจากถ่านหินมีค่าเท่ากับ 16.18 บาทต่อกิโลกรัม หรือราคาก๊าซแอลพีจีสูงกว่าราคาก๊าซเชื้อเพลิงจากถ่านหินอยู่ที่ 1.86 เท่า (คิดเป็นร้อยละ 53.70)

3.2.4 ผลจากการเปลี่ยนมาใช้ก๊าซเชื้อเพลิงจากถ่านหิน

จากการศึกษาและสมมติฐานที่กล่าวมานั้น จะได้ต้นทุนของก๊าซเชื้อเพลิงจากถ่านหินเมื่อเทียบกับก๊าซแอลพีจีที่ค่าความร้อนเท่ากันเท่ากับ 16.18 บาทต่อกิโลกรัม โดยราคาจำหน่ายสำหรับผู้ใช้ในภาคอุตสาหกรรมในปัจจุบัน (สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน, 2557) ของก๊าซแอลพีจีอยู่ที่ 30.13 บาทต่อกิโลกรัม จะเห็นได้ว่าต้นทุนก๊าซเชื้อเพลิงจากถ่านหินต่ำกว่าราคาก๊าซแอลพีจี โดยปริมาณถ่านหินที่ต้องการใช้สำหรับผลิตก๊าซเชื้อเพลิงที่มีความต้องการใช้ต่อวันอยู่ที่ 3,000 กิโลกรัม มีปริมาณเท่ากับ 16,200 กิโลกรัม ดังนั้น หากผู้ประกอบการปรับเปลี่ยนมาใช้ก๊าซเชื้อเพลิงจากถ่านหิน ก็จะสามารถลดต้นทุนค่าเชื้อเพลิงได้ประมาณปีละ 13.79 ล้านบาท คิดเป็นร้อยละ 46.23 ต่อปี ซึ่งรายละเอียดสรุปได้ดังนี้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 3.3 แสดงผลจากการเปลี่ยนมาใช้ก๊าซเชื้อเพลิงจากถ่านหินทดแทนก๊าซแอลพีจี

รายการ	หน่วย	จำนวนหน่วย	ค่าใช้จ่ายต่อหน่วย	เป็นเงิน (ล้านบาท)	หมายเหตุ
1 การใช้แอลพีจี					
1.1 การใช้ต่อวัน	กิโลกรัม	3,000			
1.2 การใช้ต่อปี	กิโลกรัม	990,000	30.13	29.83	330 วัน
2 การใช้ถ่านหินผลิตก๊าซ					
2.1 ต้นทุนถ่านหินต่อวัน	กิโลกรัม	16,200			
2.2 ต้นทุนถ่านหินต่อปี	กิโลกรัม	5,346,000	3.00	16.04	330 วัน
ดังนั้นใน 1 ปีสามารถลดต้นทุนค่าเชื้อเพลิงได้				**13.79**	
คิดเป็นร้อยละ				**46.23**	

3.2.5 ค่าใช้จ่ายในการลงทุน

ประมาณการเงินลงทุนการก่อสร้างและติดตั้งเครื่องเตาปฏิกรณ์ผลิตก๊าซเชื้อเพลิงจากถ่านหินที่นำมาใช้ในการศึกษานั้น อ้างอิงจากรายงานฉบับสมบูรณ์เรื่องโครงการจัดทำแผนการพัฒนาแหล่งแร่ถ่านหินของประเทศไทย (โดยใช้เทคโนโลยีถ่านหินสะอาดที่เหมาะสม, 2552) โดยคิดอัตราเงินเฟ้อจนถึงปัจจุบันที่ร้อยละ 15 (สำนักดัชนีเศรษฐกิจการค้า, 2557) สรุปได้ดังตารางที่ 3.4

ตารางที่ 3.4 แสดงค่าใช้จ่ายการลงทุนในก่อสร้างระบบผลิตก๊าซเชื้อเพลิงจากถ่านหิน ("Beijing Research Institute of Coal Chemistry," 2551)

รายการ	งบประมาณ (บาท)
1. ค่าที่ดิน	1,000,000
2. ค่าก่อสร้างอาคาร	2,830,000
3. ค่าระบบขนถ่ายและป้อนถ่านหิน	3,450,000
4. ค่าเครื่องเตาปฏิกรณ์	6,900,000
5. ค่าระบบทำความสะอาดก๊าซเชื้อเพลิง	2,760,000
6. ค่าระบบกำจัดเถ้าลอยและน้ำมันทาร์	1,150,000
7. ค่าระบบไฟฟ้าและเครื่องกล	2,760,000
8. ค่าแรงติดตั้งอุปกรณ์	2,300,000
9. ค่าระบบบริหารจัดการ	1,200,000
10. เงินทุนหมุนเวียน	2,500,000
11. เงินสำรองฉุกเฉิน	1,150,000
รวมจำนวนทั้งสิ้น	28,000,000

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

3.2.6 ค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน

เป็นค่าใช้จ่ายในการดำเนินการต่อปีของโครงการ ซึ่งในการคำนวณจะมีการเปลี่ยนแปลงค่าใช้จ่ายแต่ละปี และให้เป็นไปตามอัตราเงินเฟ้อร้อยละ 5 ต่อปี สำหรับค่าเสื่อมราคาคิดด้วยวิธีเส้นตรง

ตารางที่ 3.5แสดงค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานต่อปีของโครงการ

รายการ	งบประมาณ (บาท)
1. ค่าสาธารณูปโภคและบำรุงรักษาระบบ	600,000
2. ค่าเก็บกองแร่และดูแลรักษาถ่านหิน	1,200,000
3. ค่าใช้จ่ายด้านสังคมและชีวอนามัย	500,000
4. ค่าใช้จ่ายก่อนดำเนินงาน	115,000
5. ค่าเสื่อมราคาต่อปี	1,815,200
6. ค่าแรง 10 คน (คิดอัตราเงินเฟ้อร้อยละ 5 ต่อปี)	2,100,000
รวมจำนวนทั้งสิ้น	6,435,200

3.3 การประเมินกระแสเงินสดของโครงการ

จากตารางที่ 3.4 และ ตารางที่ 3.5 สามารถนำมาคำนวณหากระแสเงินสดสุทธิรายปีได้ผลตามตารางที่ 3.6 โดยเกิดจากการนำกระแสเงินสดรับรายปีที่เกิดขึ้นหักออกจากค่าใช้จ่ายในการลงทุนและค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน ภายใต้เงื่อนไขดังนี้

1) ราคาถ่านหินเท่ากับ 3,000 บาทต่อตัน และราคาก๊าซแอลพีจีเท่ากับ 30.13 บาทต่อกิโลกรัม ตลอดอายุโครงการ 10 ปี
2) สัดส่วนเงินกู้ต่อเงินลงทุนเท่ากับร้อยละ 50 โดยอัตราดอกเบี้ยเงินกู้เท่ากับร้อยละ 8 และอัตราภาษีเท่ากับร้อยละ 30

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 3.6 แสดงกระแสเงินสดสุทธิรายปีของโครงการ

ปีที่ดำเนินโครงการ	กระแสเงินสดสุทธิรายปี (บาท)
0	(28,000,000)
1	(22,505,390)
2	(17,009,555)
3	(11,516,354)
4	(6,029,838)
5	(554,262)
6	4,905,908
7	10,345,980
8	15,761,030
9	21,145,888
10	28,245,123
รวมจำนวนทั้งสิ้น	22,788,530

ทั้งนี้ กระแสเงินสดรับรายปีที่เกิดขึ้น เกิดจากค่าเชื้อเพลิงที่ประหยัดได้เนื่องจากการเปลี่ยนมาใช้ก๊าซเชื้อเพลิงจากถ่านหินแทนการใช้ก๊าซแอลพีจี หักออกด้วยค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน เงินกู้ดอกเบี้ยเงินกู้และภาษี ดังรายละเอียดแสดงในภาคผนวก ข

สำหรับกระแสเงินสดสุทธิรายปี เกิดจากการนำกระแสเงินสดรับที่เกิดขึ้นในแต่ละปี หักออกจากค่าใช้จ่ายในการลงทุน ซึ่งผลที่ได้ สามารถนำไปคำนวณหามูลค่าปัจจุบันของผลตอบแทนสุทธิ (Net present value : NPV) อัตราผลตอบแทนภายในโครงการ (Internal rate of return : IRR) และระยะเวลาคืนทุน (Payback period : PB) ต่อไป

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 4
ผลการศึกษา

จากการวิเคราะห์ต้นทุน และผลตอบแทนของการลงทุนในการผลิตก๊าซเชื้อเพลิงจากถ่านหินนำเข้าประเทศอินโดนีเซียในบทที่ 3 เมื่อนำมาคำนวณเพื่อหาเกณฑ์ความเหมาะสม และความเป็นไปได้ในการตัดสินใจลงทุนดำเนินการ โดยใช้อัตราดอกเบี้ยหรืออัตราคิดลดเท่ากับร้อยละ 8 จะได้ผลการศึกษาเป็น 2 ส่วน ดังนี้

4.1 ผลวิเคราะห์ทางด้านการเงิน

ในส่วนนี้จะเป็นผลของการวิเคราะห์กระแสเงินสดสุทธิรายปีของโครงการ เพื่อนำมาคำนวณหามูลค่าปัจจุบันของผลตอบแทนสุทธิ (Net present value : NPV) อัตราผลตอบแทนภายในโครงการ (Internal rate of return : IRR) และระยะเวลาคืนทุน (Payback period : PB) ซึ่งได้ผลตามตารางที่ 4.1 ดังนี้

ตารางที่ 4.1 แสดงผลตอบแทนทางการเงินของโครงการ

รายการ	ผลการศึกษา
1. มูลค่าปัจจุบันของผลตอบแทนสุทธิ (NPV)	9.44 ล้านบาท
2. อัตราผลตอบแทนภายในโครงการ (IRR)	14.88%
3. ระยะเวลาคืนทุน (PB)	5 ปี 10 เดือน 24 วัน

หมายเหตุ: รายละเอียดการคำนวณดูได้จากภาคผนวก ก และ ข

ผลจากตารางที่ 4.1 สามารถวิเคราะห์ได้ดังนี้

4.1.1 มูลค่าปัจจุบันของผลตอบแทนสุทธิ (NPV)

มูลค่าปัจจุบันของผลตอบแทนสุทธิ (NPV) คือการคำนวณหาผลรวมมูลค่าปัจจุบันของผลตอบแทนสุทธิโครงการ เพื่อใช้เป็นเกณฑ์ในการวัดว่าจะให้ผลตอบแทนคุ้มค่าหรือไม่ ซึ่งผู้ลงทุนจะยอมรับโครงการลงทุนเมื่อ NPV มีค่ามากกว่าหรือเท่ากับศูนย์ โดยจากการคำนวณหา NPV ของโครงการนี้มีค่าเท่ากับ 9.44 ล้านบาท ซึ่งมีค่ามากกว่าศูนย์ แสดงว่าการลงทุนในโครงการนี้ให้ผลตอบแทนที่คุ้มค่าต่อการลงทุน

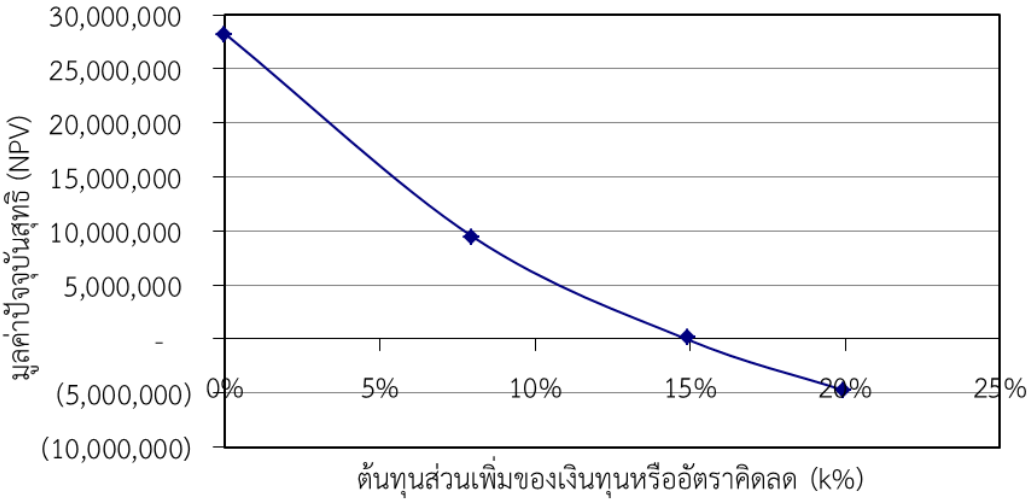
4.1.2 อัตราผลตอบแทนภายในโครงการ (IRR)

อัตราผลตอบแทนภายในโครงการ (IRR) คืออัตราผลการตอบแทนที่ทำให้มูลค่าปัจจุบันของกระแสผลตอบแทนเท่ากับมูลค่าปัจจุบันของต้นทุน หรืออัตราที่ทำให้ค่า NPV เท่ากับศูนย์ ซึ่งผู้ลงทุนจะยอมรับโครงการลงทุนเมื่อ IRR มีค่ามากกว่าอัตราคิดลดหรือดอกเบี้ยเงินกู้ โดยจากการคำนวณหา IRR ของโครงการนี้มีค่าเท่ากับร้อยละ 14.88 เมื่อนำมาเทียบกับอัตราคิดลดที่กำหนดไว้คือร้อยละ 8 นั้น แสดงว่าการลงทุนในโครงการนี้ให้ผลตอบแทนมากกว่า จึงคุ้มค่าต่อการลงทุน

4.1.3 ระยะเวลาคืนทุน (PB)

ระยะเวลาคืนทุน (PB) คือ ระยะเวลาที่ผลตอบแทนสุทธิของโครงการมีค่าเท่ากับมูลค่าการลงทุนในโครงการนั้น โดยการพิจารณาระยะเวลาจำนวนปีที่จะได้รับผลตอบแทนคุ้มกับเงินลงทุน ซึ่งผู้ลงทุนจะยอมรับโครงการเมื่อ PB ให้ผลตอบแทนคืนในระยะสั้นที่สุด เพราะมีโอกาสที่จะเสี่ยงต่อการขาดทุนในอนาคตน้อยลง และผู้ลงทุนยังสามารถที่จะนำเงินทุนที่ถอนคืนออกมาไปลงทุนหาผลประโยชน์ในกิจการอื่นต่อไป โดยจากการคำนวณหา PB ของโครงการนี้มีค่าเท่ากับ 5 ปี 10 เดือน 24 วัน จากอายุโครงการที่ประเมินไว้ทั้งสิ้น 10 ปี แสดงว่าการลงทุนในโครงการนี้คุ้มค่าต่อการลงทุน

จากข้อมูลที่กล่าวมาทั้งหมดนั้น สามารถนำมาแสดงผลมูลค่าปัจจุบันสุทธิของโครงการเมื่อเปรียบเทียบกับอัตราคิดลดได้ดังรูปที่ 4.1



รูปที่ 4.1 แสดงมูลค่าปัจจุบันสุทธิของโครงการเมื่อเปรียบเทียบกับอัตราคิดลด

4.2 ผลการวิเคราะห์ความไหวตัวต่อการเปลี่ยนแปลง

การวิเคราะห์ความไหวตัวต่อการเปลี่ยนแปลงของโครงการเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรที่เกี่ยวข้อง เป็นการวิเคราะห์เพื่อลดความเสี่ยง หรือลดขอบเขตของความไม่แน่นอนจากการเปลี่ยนแปลงของผลตอบแทน ซึ่งส่งผลต่อการตัดสินใจในการลงทุนนั้น โดยทำให้ทราบว่าต้นทุนที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงรายรับและรายจ่ายที่เกิดจากการดำเนินงาน สามารถเปลี่ยนแปลงได้มากน้อยเพียงใด จึงจะทำให้การดำเนินงานของโครงการเป็นไปตามเกณฑ์ของการตัดสินใจลงทุน

ในกรณีนี้ ได้ทำการวิเคราะห์ความไหวตัวต่อการเปลี่ยนแปลงที่มีผลต่อต้นทุนของโครงการในด้านต่างๆ มีผลทำให้ผลตอบแทนของโครงการมีการเปลี่ยนแปลงไป ซึ่งได้ผลตามตารางที่ 2.2 ดังนี้

ตารางที่ 4.2 แสดงผลการวิเคราะห์ความไหวตัวของตัวแปรที่สำคัญ

ตัวแปรที่เปลี่ยนไปจากกรณีพื้นฐาน	%	ค่าตัวแปร	กระแสเงินสดรับต่อปี (ล้านบาท)	IRR (%)	NPV@8% (ล้านบาท)	Payback (ปี)
กรณีพื้นฐาน			**13.79**	**14.88**	**9.44**	**5.90**
1. ปริมาณถ่านหินที่ต้องการ (พื้นฐานคือ 16,200 กิโลกรัมต่อวัน)	-10	14,580	15.39 (ร้อยละ 11.63)	19.92 (ร้อยละ 33.87)	16.97 (ร้อยละ 79.78)	4.77 (ร้อยละ -19.15)
	+10	17,820	12.19 (ร้อยละ -11.63)	9.46 (ร้อยละ -36.42)	1.91 (ร้อยละ -79.78)	6.58 (ร้อยละ 11.53)
2. มูลค่าการลงทุน (พื้นฐานคือ 28.00 ล้านบาท)	-10	25.20	13.79 (ร้อยละ 0)	17.27 (ร้อยละ 16.06)	11.65 (ร้อยละ 23.40)	4.35 (ร้อยละ -26.27)
	+10	30.80	13.79 (ร้อยละ 0)	12.86 (ร้อยละ -13.58)	7.23 (ร้อยละ -23.40)	5.46 (ร้อยละ -7.46)
3. สัดส่วนเงินกู้ต่อเงินลงทุนทั้งหมด (พื้นฐานคือ 50%)	-10	40	13.79 (ร้อยละ 0)	16.26 (ร้อยละ 9.27)	11.40 (ร้อยละ 20.76)	4.18 (ร้อยละ -29.15)
	+10	60	13.79 (ร้อยละ 0)	13.48 (ร้อยละ -9.41)	7.48 (ร้อยละ -20.76)	5.58 (ร้อยละ -5.42)

จากผลการวิเคราะห์ความไหวตัวต่อการเปลี่ยนแปลงของโครงการนี้ มีประเด็นที่สำคัญสรุปได้ ดังนี้

1) ตัวแปรที่มีผลกระทบต่อกระแสเงินสดรับต่อปีมากที่สุด คือ ปริมาณถ่านหินที่ต้องการใช้ในการผลิตก๊าซเชื้อเพลิง

2) ตัวแปรที่มีผลกระทบต่ออัตราผลตอบแทนภายในโครงการ (IRR) มากที่สุด คือ ปริมาณถ่านหินที่ต้องการใช้ในการผลิตก๊าซเชื้อเพลิง รองลงไปเป็นมูลค่าการลงทุน และสัดส่วนเงินกู้ต่อเงินลงทุน ตามลำดับ

3) ตัวแปรที่มีผลกระทบต่อมูลค่าปัจจุบันของผลตอบแทนสุทธิที่อัตราคิดลดร้อยละ 8 (NPV@8%) มากที่สุด คือ ปริมาณถ่านหินที่ต้องการใช้ในการผลิตก๊าซเชื้อเพลิง รองลงไปเป็นมูลค่าการลงทุน และสัดส่วนเงินกู้ต่อเงินลงทุน ตามลำดับ

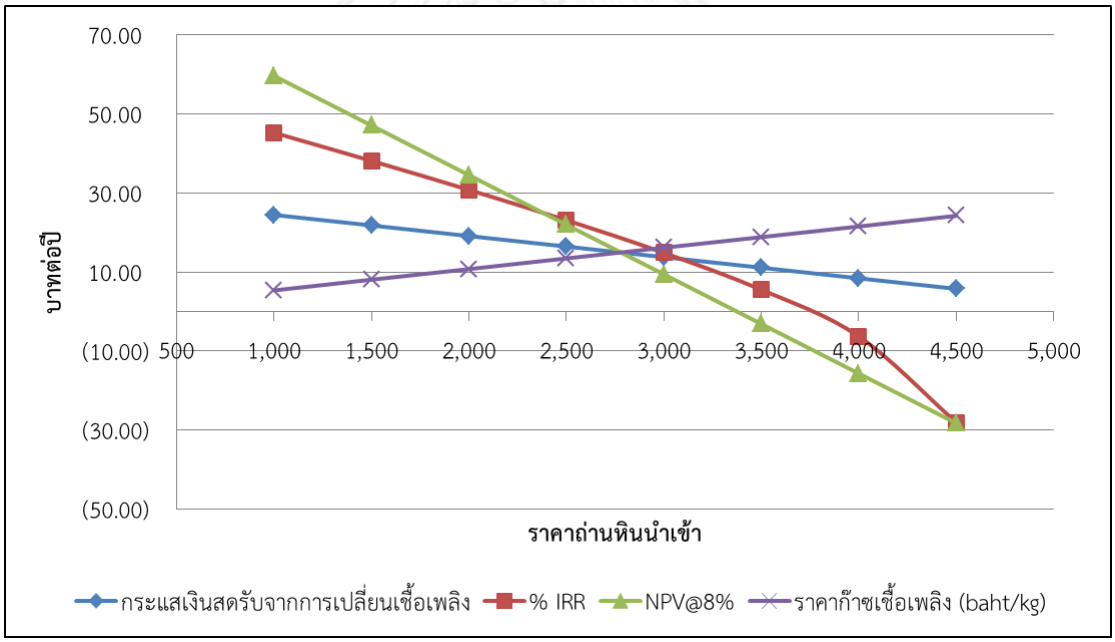
4) ตัวแปรที่มีผลต่อระยะเวลาคืนทุน คือ สัดส่วนเงินกู้ต่อเงินลงทุน รองลงไปเป็นปริมาณถ่านหินที่ต้องการใช้ในการผลิตก๊าซเชื้อเพลิง และมูลค่าการลงทุน ตามลำดับ โดยการเปลี่ยนแปลงในเชิงลบของตัวแปรเหล่านี้ จะมีผลกระทบต่อระยะเวลาคืนทุนมากกว่าการเปลี่ยนแปลงในเชิงบวก

โดยสรุปแล้วตัวแปรที่มีผลกระทบต่อการลงทุนในโครงการมากที่สุด คือ ปริมาณถ่านหินที่ต้องการใช้ในการผลิตก๊าซเชื้อเพลิง เนื่องจากมีผลกระทบโดยตรงต่อความแตกต่างของราคาค่าเชื้อเพลิงที่ใช้ในการผลิต ซึ่งนำมาคิดเป็นกระแสเงินสดรับจากการลงทุน รองลงไปเป็นมูลค่าการลงทุน และสัดส่วนเงินกู้ต่อเงินลงทุน ตามลำดับ โดยสรุปได้ตามตารางที่ 2.3 ดังนี้

ตารางที่ 4.3 แสดงตัวแปรที่มีผลกระทบต่อการลงทุนในโครงการ

ตัวแปร	ต่ำสุด	กรณีพื้นฐาน	สูงสุด	ตัวแปรที่มีผลกระทบ
กระแสเงินสดรับต่อปี (ล้านบาท)	12.18	13.79	15.39	ปริมาณถ่านหินที่ต้องการใช้
IRR (%)	9.46	14.88	19.92	ปริมาณถ่านหินที่ต้องการใช้
NPV@8% (ล้านบาท)	1.90	9.44	16.97	ปริมาณถ่านหินที่ต้องการใช้
Payback (ปี)	4.18	5.90	6.58	สัดส่วนเงินกู้ต่อเงินลงทุน

เนื่องจากปริมาณถ่านหินที่ต้องการใช้ในการผลิตก๊าซเชื้อเพลิงเป็นตัวแปรที่มีผลกระทบสูงสุดต่อความเป็นไปได้ในการลงทุน ดังนั้น จึงได้ทำการศึกษาความไหวตัวต่อการเปลี่ยนแปลงของโครงการเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงของราคาถ่านหินนำเข้าจากประเทศอินโดนีเซีย โดยวิเคราะห์ราคาถ่านหินที่มีการเปลี่ยนแปลงตั้งแต่ราคา 1,000 – 4,500 บาทต่อตัน เปรียบเทียบกับกระแสเงินสดรับจากการเปลี่ยนมาใช้ก๊าซเชื้อเพลิงจากถ่านหิน อัตราผลตอบแทนการลงทุน (IRR) มูลค่าปัจจุบันสุทธิของโครงการ (NPV@8%) และราคาของก๊าซเชื้อเพลิง ดังแสดงในรูปที่ 4.2

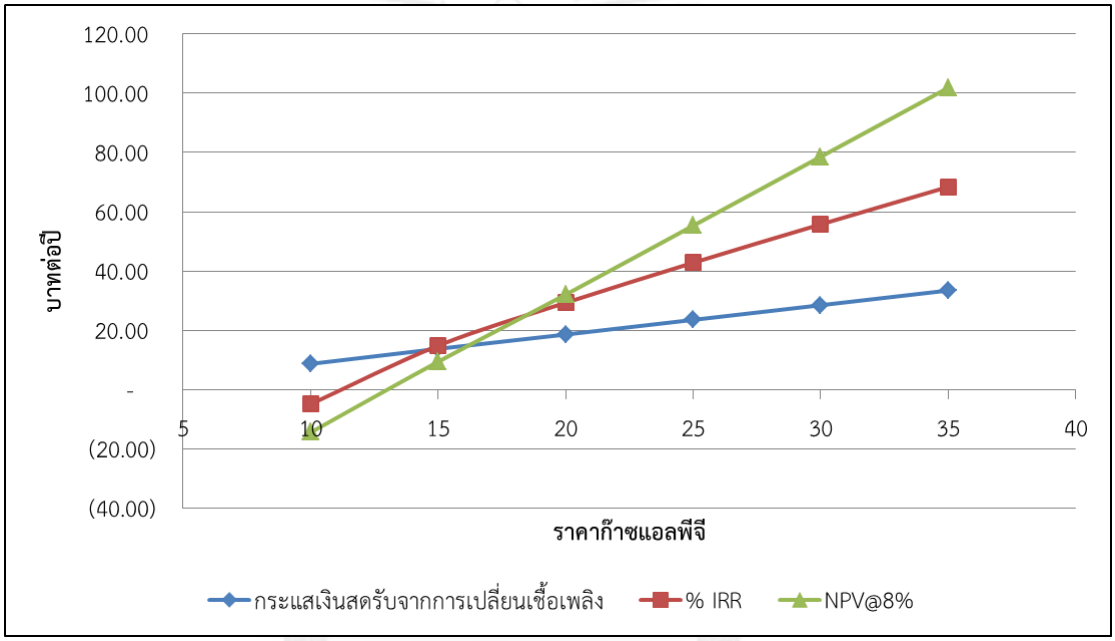


รูปที่ 4.2 แสดงผลการวิเคราะห์ความไหวตัวเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงของราคาถ่านหินนำเข้า

จากผลการวิเคราะห์ความไหวตัวของโครงการ เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงของราคาถ่านหินนำเข้าจากประเทศอินโดนีเซียนั้น พบว่า ราคาถ่านหินนำเข้าจะสามารถปรับตัวสูงขึ้นได้ไม่เกินราคา 3,500 บาทต่อตัน (ราคารวมค่าขนส่งถึงจังหวัดลำปางแล้ว) เนื่องจากอัตราผลตอบแทนภายในโครงการควรมีค่าเท่ากับอัตราดอกเบี้ยเงินกู้ในปัจจุบัน (Minimum lending rate) ร้อยละ 8 ซึ่งที่ราคาถ่านหินนำเข้าประมาณ 3,300 บาทต่อตัน จะได้อัตราผลตอบแทนภายในโครงการเท่ากับร้อยละ 9.46

จากรูปที่ 4.2 เมื่อราคาถ่านหินนำเข้าปรับตัวสูงขึ้นเกินกว่า 4,500 บาทต่อตัน จะทำให้ไม่สามารถคำนวณหาอัตราผลตอบแทนภายในโครงการได้ เนื่องจากมูลค่าผลตอบแทนสุทธิของโครงการติดลบ ทำให้ไม่สามารถลงทุนในโครงการนี้ได้

สำหรับการวิเคราะห์ความไหวตัวของโครงการเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงของราคาก๊าซแอลพีจีสำหรับการใช้งานในภาคอุตสาหกรรมนั้น พบว่า เมื่อราคาก๊าซแอลพีจีมีการปรับตัวสูงขึ้น ก็จะทำให้การลงทุนในโครงการนี้มีผลกำไรเพิ่มมากขึ้นตามไปด้วย ในทางกลับกัน ราคาก๊าซแอลพีจีสามารถปรับตัวลดลงได้จนถึงราคาประมาณ 28.50 บาทต่อกิโลกรัม ซึ่งจะได้อัตราผลตอบแทนภายในโครงการเท่ากับร้อยละ 9.42 โดยถ้าราคาก๊าซแอลพีจีมีการปรับตัวลงต่ำกว่านี้จะทำให้โครงการไม่คุ้มค่าแก่การลงทุน และไม่มีความเป็นไปได้ทางเศรษฐศาสตร์ ดังแสดงในรูปที่ 4.3



รูปที่ 4.3 แสดงผลการวิเคราะห์ความไหวตัวเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงของราคาก๊าซแอลพีจี สำหรับการใช้งานในภาคอุตสาหกรรม

จากรูปที่ 4.3 เมื่อราคาก๊าซแอลพีจีต่ำกว่า 5 บาทต่อกิโลกรัม จะไม่สามารถคำนวณหาอัตราผลตอบแทนภายในโครงการได้ เนื่องจากมูลค่าผลตอบแทนสุทธิของโครงการติดลบ ซึ่งไม่สามารถลงทุนในโครงการนี้ได้

บทที่ 5
สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ

การศึกษานี้เป็นการศึกษาความเป็นไปได้เบื้องต้นในการใช้ก๊าซเชื้อเพลิงจากถ่านหินมาทดแทนก๊าซแอลพีจีเพื่ออุตสาหกรรมเซรามิกในจังหวัดลำปาง โดยศึกษาและเก็บข้อมูลด้านเทคนิคและการเงินจากผู้ประกอบการ เจ้าหน้าที่ที่เกี่ยวข้อง งานวิจัย และรายงานต่างๆ โดยมีรูปแบบเป็นการตั้งโรงงานผลิตก๊าซเชื้อเพลิงจากถ่านหินนำเข้าจากประเทศอินโดนีเซีย มีค่าใช้จ่ายในการลงทุนประมาณ 28 ล้านบาท เมื่อทำการวิเคราะห์ให้ทราบถึงผลตอบแทนการลงทุนของโครงการนั้น โดยคำนวณจากอายุโครงการเป็นระยะเวลา 10 ปี ใช้อัตราคิดลดอ้างอิงกับอัตราดอกเบี้ยเงินกู้ระยะยาวของธนาคารพาณิชย์ทั่วไปในอัตราดอกเบี้ยสำหรับลูกค้ารายย่อยชั้นดี (Minimum retail rate) ปัจจุบันอยู่ที่ประมาณร้อยละ 8 พบว่า เมื่อได้นำข้อมูลด้านต้นทุนและผลตอบแทนมาทำการวิเคราะห์หาค่าตามทฤษฎี สามารถสรุปผล ได้ดังนี้

5.1 สรุปผลการศึกษาการวิเคราะห์ทางด้านการเงิน

พบว่า มูลค่าปัจจุบันของผลตอบแทนสุทธิ (NPV) มีค่าเท่ากับ 9.44 ล้านบาท ซึ่งมีค่ามากกว่าศูนย์ แสดงว่าการลงทุนในโครงการนี้ให้ผลตอบแทนที่คุ้มค่าต่อการลงทุน

อัตราผลตอบแทนภายในโครงการ (IRR) มีค่าเท่ากับร้อยละ 14.88 เมื่อนำมาเทียบกับอัตราคิดลดที่กำหนดไว้คือร้อยละ 8 แสดงว่าการลงทุนในโครงการนี้ให้ผลตอบแทนมากกว่า จึงคุ้มค่าต่อการลงทุน

ระยะเวลาคืนทุน (PB) มีค่าเท่ากับ 5 ปี 10 เดือน 24 วัน จากอายุโครงการที่ประเมินไว้ทั้งสิ้น 10 ปี แสดงว่าการลงทุนในโครงการนี้คุ้มค่าต่อการลงทุน

จึงสรุปได้ว่า โครงการผลิตก๊าซเชื้อเพลิงจากถ่านหินนำเข้าของประเทศอินโดนีเซีย มาทดแทนก๊าซแอลพีจีเพื่อใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกในจังหวัดลำปางนั้น เป็นโครงการที่คุ้มค่าต่อการลงทุน และมีความเป็นไปได้ในทางเศรษฐศาสตร์ที่อัตราคิดลดร้อยละ 8

5.2 สรุปผลการศึกษาการวิเคราะห์ความไหวตัวต่อการเปลี่ยนแปลง

การศึกษาความไหวตัวต่อการเปลี่ยนแปลงของโครงการนั้น ได้กำหนดปัจจัยที่มีผลต่อความเปลี่ยนแปลงไว้ 3 ปัจจัย คือ มูลค่าปัจจุบันของผลตอบแทนสุทธิ (NPV) อัตราผลตอบแทนภายในโครงการ (IRR) และระยะเวลาคืนทุน (PB) ซึ่งสรุปผลการศึกษาได้ดังนี้

5.2.1 สรุปผลการศึกษาการวิเคราะห์ความไหวตัวต่อการเปลี่ยนแปลงของปริมาณถ่านหินที่ต้องการใช้

ในการการวิเคราะห์ความไหวตัวต่อการเปลี่ยนแปลงของปริมาณถ่านหินที่ต้องการใช้ภายใต้อัตราคิดลดร้อยละ 8 โดยกำหนดให้ปริมาณถ่านหินที่ต้องการใช้มีการเพิ่มขึ้นและลดลงร้อยละ 10 พบว่า จะส่งผลให้มูลค่าปัจจุบันของผลตอบแทนสุทธิ (NPV) อัตราผลตอบแทนภายในโครงการ (IRR)

และระยะเวลาคืนทุน (PB) ของโครงการมีการเปลี่ยนแปลง ทั้งนี้ แม้มีการเปลี่ยนแปลงดังกล่าว แต่โครงการก็ยังคงมีความคุ้มค่าต่อการลงทุนและมีความเป็นไปได้ทางเศรษฐศาสตร์ เนื่องจากมูลค่าปัจจุบันของผลตอบแทนสุทธิ (NPV) มีค่ามากกว่าศูนย์ และอัตราผลตอบแทนภายในโครงการ (IRR) มีค่ามากกว่าอัตราคิดลดที่กำหนดไว้คือร้อยละ 8

5.2.2 สรุปผลการศึกษาการวิเคราะห์ความไหวตัวต่อการเปลี่ยนแปลงของมูลค่าการลงทุน

ในการการวิเคราะห์ความไหวตัวต่อการเปลี่ยนแปลงของมูลค่าการลงทุนภายใต้อัตราคิดลดร้อยละ 8 โดยกำหนดให้มูลค่าการลงทุนมีการเพิ่มขึ้นและลดลงร้อยละ 10 พบว่า จะส่งผลให้มูลค่าปัจจุบันของผลตอบแทนสุทธิ (NPV) อัตราผลตอบแทนภายในโครงการ (IRR) และระยะเวลาคืนทุน (PB) ของโครงการมีการเปลี่ยนแปลง ทั้งนี้ แม้มีการเปลี่ยนแปลงดังกล่าว แต่โครงการก็ยังคงมีความคุ้มค่าต่อการลงทุนและมีความเป็นไปได้ทางเศรษฐศาสตร์ เนื่องจากมูลค่าปัจจุบันของผลตอบแทนสุทธิ (NPV) มีค่ามากกว่าศูนย์ และอัตราผลตอบแทนภายในโครงการ (IRR) มีค่ามากกว่าอัตราคิดลดที่กำหนดไว้คือร้อยละ 8

5.2.3 สรุปผลการศึกษาการวิเคราะห์ความไหวตัวต่อการเปลี่ยนแปลงของสัดส่วนเงินกู้ต่อเงินลงทุนทั้งหมด

ในการการวิเคราะห์ความไหวตัวต่อการเปลี่ยนแปลงของสัดส่วนเงินกู้ต่อเงินลงทุนทั้งหมดภายใต้อัตราคิดลดร้อยละ 8 โดยกำหนดให้สัดส่วนเงินกู้ต่อเงินลงทุนทั้งหมดมีการเพิ่มขึ้นและลดลงร้อยละ 10 พบว่า จะส่งผลให้มูลค่าปัจจุบันของผลตอบแทนสุทธิ (NPV) อัตราผลตอบแทนภายในโครงการ (IRR) และระยะเวลาคืนทุน (PB) ของโครงการมีการเปลี่ยนแปลง ทั้งนี้ แม้มีการเปลี่ยนแปลงดังกล่าว แต่โครงการก็ยังคงมีความคุ้มค่าต่อการลงทุนและมีความเป็นไปได้ทางเศรษฐศาสตร์ เนื่องจากมูลค่าปัจจุบันของผลตอบแทนสุทธิ (NPV) มีค่ามากกว่าศูนย์ และอัตราผลตอบแทนภายในโครงการ (IRR) มีค่ามากกว่าอัตราคิดลดที่กำหนดไว้คือร้อยละ 8

ดังนั้นจึงสรุปได้ว่า เมื่อมีการเพิ่มขึ้นและลดลงร้อยละ 10 ของตัวแปรที่สำคัญดังกล่าว แต่โครงการก็ยังคงมีความคุ้มค่าต่อการลงทุนและมีความเป็นไปได้ทางเศรษฐศาสตร์ โดยตัวแปรที่ส่งผลกระทบต่อโครงการมากที่สุดคือ ปริมาณถ่านหินที่ต้องการใช้ในการผลิตก๊าซเชื้อเพลิง

5.2.4 สรุปผลการศึกษาการวิเคราะห์ความไหวตัวต่อการเปลี่ยนแปลงของราคาถ่านหินนำเข้าจากประเทศอินโดนีเซีย

พบว่า ราคาถ่านหินนำเข้าจะสามารถปรับตัวสูงขึ้นได้ไม่เกินราคา 3,300 บาทต่อตัน (ราคารวมค่าขนส่งถึงจังหวัดลำปางแล้ว) โดยอัตราผลตอบแทนภายในโครงการควรมีค่ามากกว่าหรือเท่ากับอัตราดอกเบี้ยเงินกู้ในปัจจุบัน (Minimum lending rate) ที่อัตราร้อยละ 8 ซึ่งที่ราคาถ่านหินนำเข้าประมาณ 3,300 บาทต่อตัน จะได้อัตราผลตอบแทนภายในโครงการเท่ากับร้อยละ 9.46 ทำให้โครงการนี้ยังคงมีความคุ้มค่าและมีความเป็นไปได้ในทางเศรษฐศาสตร์

5.2.5 สรุปผลการศึกษาการวิเคราะห์ความไหวตัวต่อการเปลี่ยนแปลงของราคาก๊าซแอลพีจีในภาคอุตสาหกรรม

พบว่า เมื่อราคาก๊าซแอลพีจีมีการปรับตัวสูงขึ้น ก็จะทำให้การลงทุนในโครงการนี้มีผลกำไรเพิ่มมากขึ้นตามไปด้วย ในทางกลับกัน ราคาก๊าซแอลพีจีสามารถปรับตัวลดลงได้ไม่ต่ำกว่าราคา 28.50 บาทต่อกิโลกรัม ซึ่งที่ราคานี้จะทำให้ได้อัตราผลตอบแทนภายในโครงการมีค่าเท่ากับร้อยละ 9.42 โดยอัตราผลตอบแทนภายในโครงการควรมีค่ามากกว่าหรือเท่ากับอัตราดอกเบี้ยเงินกู้ในปัจจุบัน (Minimum lending rate) ที่อัตราร้อยละ 8 ดังนั้น ถ้าราคาก๊าซแอลพีจีมีการปรับตัวลงต่ำกว่านี้จะทำให้โครงการไม่มีความคุ้มค่าในการลงทุน และไม่มีความเป็นไปได้ทางเศรษฐศาสตร์

5.3 ข้อเสนอแนะ

ในการศึกษาความเป็นไปได้ในการนำก๊าซเชื้อเพลิงจากถ่านหินมาทดแทนการใช้ก๊าซแอลพีจี ซึ่งเป็นเชื้อเพลิงหลักในการผลิตเซรามิกในจังหวัดลำปางนี้ จะพบว่าให้ผลตอบแทนอยู่ในเกณฑ์ที่คุ้มค่าแก่การลงทุน โดยยังสามารถทำการศึกษาวิจัยต่อไปได้อีก ซึ่งการศึกษาในครั้งต่อไปอาจจะเพิ่มกรณีศึกษาในด้านอื่นๆ เช่น กรณีความเป็นไปได้ในการจัดตั้งศูนย์กลางการผลิตก๊าซเชื้อเพลิงจากถ่านหินเพื่อจ่ายให้กับโรงงานเซรามิกทั่วไปในจังหวัดลำปาง หรือกรณีความเป็นไปได้ในการใช้ถ่านหินนำเข้าจากแหล่งแร่ถ่านหินในประเทศพม่าหรือประเทศลาว ซึ่งมีราคาถูกกว่าถ่านหินนำเข้าจากประเทศอินโดนีเซีย อีกทั้งมีค่าขนส่งที่ถูกกว่ามาก เพื่อเป็นการเพิ่มเติมข้อมูลให้หลากหลาย รอบด้านและครอบคลุมมากยิ่งขึ้น สำหรับใช้เป็นข้อมูลในการประกอบการตัดสินใจลงทุนต่อไป

นอกจากนั้น ยังสามารถพัฒนางานศึกษาวิจัยต่อไปได้อีก โดยทำการศึกษาในกรณีที่ใช้ระบบผลิตก๊าซเชื้อเพลิงจากถ่านหินในระบบอื่น เพื่อนำมาเปรียบเทียบประสิทธิภาพ มูลค่าการลงทุน อัตราผลตอบแทนและมูลค่าปัจจุบันสุทธิของโครงการ หรือ การศึกษาในกรณีตั้งโรงงานผลิตก๊าซเชื้อเพลิงจากถ่านหินในบริเวณที่ใกล้กับจุดขนถ่ายถ่านหิน เช่น ตั้งโรงงานในบริเวณจังหวัดสมุทรสงครามหรือจังหวัดพระนครศรีอยุธยา เป็นต้น แล้วจึงทำการขนส่งก๊าซเชื้อเพลิงที่ได้ ไปใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกในจังหวัดลำปางต่อไป

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

รายการอ้างอิง

Beijing Research Institute of Coal Chemistry. (2551).

Coal Gasification Process. (2010). from http://gasificationwoodboilers.blogspot.com/2010/10/coal-gasification-process.html

Cyclone Separator. from http://www.che.iitb.ac.in/online/labfacility/cyclone-separator

Dressler., S. Whiteware. Retrieved 29 เมษายน, 2557, from http://www.swindelldressler.com/whiteware.asp

EnergyThai. (2009). IGCC-Integrated Gasification Combined Cycle กับถ่านหินเกรดต่ำ ตอนที่ 3/4. Retrieved 29 เมษายน, 2557, from http://www.energythai.com/2009/igcc-integrated-gasification-combined-cycle-%E0%B8%81%E0%B8%B1%E0%B8%9A%E0%B8%96%E0%B9%88%E0%B8%B2%E0%B8%99%E0%B8%AB%E0%B8%B4%E0%B8%99%E0%B9%80%E0%B8%81%E0%B8%A3%E0%B8%94%E0%B8%95%E0%B9%88%E0%B8%B3-3/

Jorapur, R., & K., R. A. (1997). Sugarcane leaf – bagasse gasifiers for industrial heating applications.

Mandar, K., & Rajive, G. (2012). Moving bed gasification of low rank Alaska coal. *Journal of Combustion, 2012*.

Media, A. (2014). Argus/Coalindo Indonesian Coal Index Report. from http://www.argusmedia.com/Coal/Argus-Coalindo-Indonesian-Coal-Index-Report

Rajul, N., & Mewada, R. K. (2011). Simulation of coal gasification process using ASPEN Plus. *Institute of technology, Nirma university*.

Technologys, F. (2014). Rotary Kiln System.

Thompson, J. Dynamic Scrubber. from http://www.jt-techart.com/113-Dynamic-Scrubber.php

UNEP. (2006). 2557, from http://www.energyefficiencyasia.org/

WEDGWOOD. (2012). JAMES BIRKI ELECTRIC GLOST INTERMITTENT KILN.

กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม, ศูนย์พัฒนาอุตสาหกรรมเซรามิก) .2554). สถานการณ์อุตสาหกรรมเซรามิกของประเทศไทย .Retrieved 8 พฤศภาคม, 2556, from http://ceramiccenter.dip.go.th/

กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม, ศูนย์พัฒนาอุตสาหกรรมเซรามิก) .2557). กว่าจะมาเป็นเซรามิก .Retrieved 8 พฤศภาคม, 2556, from http://ceramiccenter.dip.go.th/

กรมอุตสาหกรรมพื้นฐานและการเหมืองแร่) .2554). การรวบรวมข้อมูลของกรมอุตสาหกรรมพื้นฐานและการเหมืองแร่.

กระทรวงพลังงาน, สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน) .2557). ข้อมูลพลังงาน .Retrieved 15 มีนาคม, 2557, from http://www.eppo.go.th/

ครูบุญรอด วงษ์สวาท) .2008). ประเภทของถ่านหิน .from http://www.promma.ac.th/main/chemistry/boonrawd_site/kind_of_caol.htm

จรินทร์ ชลไพศาล) .2554). สถานการณ์ถ่านหินนำเข้าปี 2553 และแนวโน้มปี 2554. กลุ่มวิเคราะห์สถานการณ์เศรษฐกิจ สำนักเศรษฐกิจและความร่วมมือระหว่างประเทศ กรมอุตสาหกรรมพื้นฐานและการเหมืองแร่.

วงศ์ชัย ศรีไทย, อุปนายกสมาคมเครื่องปั้นดินเผาจังหวัดลำปาง) .2555). สัมภาษณ์ .Retrieved 25 มีนาคม, 2555, from http://www.matichon.co.th/news_detail.php?newsid=1332210437&grpid=03&catid=03

สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน, กระทรวงพลังงาน) .2557). สถิติพลังงาน .Retrieved 29 เมษายน, 2557, from http://www.eppo.go.th/info/index-statistics.html

สำนักดัชนีเศรษฐกิจการค้า, กระทรวงพาณิชย์) .2552). รายงานฉบับสมบูรณ์ เรื่อง โครงการจัดทำแผนการพัฒนาแหล่งแร่ถ่านหินของประเทศไทย โดยคิด (โดยใช้เทคโนโลยีถ่านหินสะอาดที่เหมาะสม) ถึงปัจจุบันที่ร้อยละอัตราเงินเฟ้อจน15.

สำนักดัชนีเศรษฐกิจการค้า, กระทรวงพาณิชย์) .2557). ดัชนีราคาผู้บริโภคทั่วไปและดัชนีราคาผู้บริโภคพื้นฐานของประเทศ .Retrieved 29 เมษายน, 2557, from http://www.indexpr.moc.go.th/price_present/cpi/data/index_47.asp?list_month=03&list_year=2557&list_region=country

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก ก
สูตรที่ใช้ในการคำนวณทางเศรษฐศาสตร์

1. มูลค่าปัจจุบันของผลตอบแทนสุทธิของโครงการ (Net Present Value : NPV)

$$\text{NPV} = \sum_{t=1}^{n} \frac{B_t}{(1+i)^t} - \left(\sum_{t=1}^{n} \frac{C_t}{(1+i)^t} + C_0 \right) \quad (3)$$

โดย NPV = Net Present Value
B_t = ผลตอบแทนในปีที่ t (t = 1, 2, 3,..., n)
C_t = ต้นทุนในปีที่ t (t = 1, 2, 3,..., n)
C_0 = ต้นทุนปีเริ่มแรก
i = อัตราดอกเบี้ย หรือ อัตราส่วนคิดลด (Discount rate)

2. อัตราผลตอบแทนภายในโครงการ (Internal Rate of Return : IRR)

$$\text{IRR หรือ } r \text{ ที่ทำให้} \sum_{t=1}^{n} \frac{B_t}{(1+r)^t} - \left(\sum_{t=1}^{n} \frac{C_t}{(1+r)^t} + C_0 \right) = 0 \quad (4)$$

โดย B_t = ผลตอบแทนในปีที่ t (t = 1, 2, 3,..., n)
C_t = ต้นทุนในปีที่ t (t = 1, 2, 3,..., n)
C_0 = ต้นทุนปีเริ่มแรก
r = อัตราผลตอบแทนภายในโครงการ (IRR)

3. ระยะเวลาคืนทุนคิดลด (Discounted Payback Period : DPB)

$$DPB = \frac{\text{กระแสเงินสดจ่ายลงทุน}}{\text{กระแสเงินสดสุทธิรายปี}} \quad (5)$$

โดย DPB = จำนวนปีที่กระแสเงินสดรับคิดลดของโครงการเท่ากับเงินลงทุนเริ่มแรก หรือระยะเวลาที่กระแสเงินสดคิดลดสะสมของโครงการมีค่าเท่ากับศูนย์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก ข
ข้อมูลที่ใช้ในการคำนวณ

ตารางที่ ข.1 ค่าใช้จ่ายในการลงทุน

รายการ	งบประมาณ (บาท)
1. ค่าที่ดิน	1,000,000
2. ค่าก่อสร้างอาคาร	2,830,000
3. ค่าระบบขนถ่ายและป้อนถ่านหิน	3,450,000
4. ค่าเครื่องเตาปฏิกรณ์	6,900,000
5. ค่าระบบทำความสะอาดก๊าซเชื้อเพลิง	2,760,000
6. ค่าระบบกำจัดเถ้าลอยและน้ำมันทาร์	1,150,000
7. ค่าระบบไฟฟ้าและเครื่องกล	2,760,000
8. ค่าแรงติดตั้งอุปกรณ์	2,300,000
9. ค่าระบบบริหารจัดการ	1,200,000
9. เงินทุนหมุนเวียน	2,500,000
10. เงินสำรองฉุกเฉิน	1,150,000
รวมจำนวนทั้งสิ้น	28,000,000

หมายเหตุ : อ้างอิงจากรายงานฉบับสมบูรณ์ เรื่อง โครงการจัดทำแผนการพัฒนาแหล่งแร่ถ่านหินของประเทศไทย (สำนักดัชนีเศรษฐกิจการค้า, 2552) โดยคิดอัตราเงินเฟ้อจนถึงปัจจุบันที่ร้อยละ 15 (สำนักดัชนีเศรษฐกิจการค้า, 2557)

ตารางที่ ข.2 ค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานต่อปี

รายการ	งบประมาณ (บาท)
1. ค่าสาธารณูปโภคและบำรุงรักษาระบบ	600,000
2. ค่าเก็บกองแร่และดูแลรักษาถ่านหิน	1,200,000
3. ค่าใช้จ่ายด้านสังคมและชีวอนามัย	500,000
4. ค่าใช้จ่ายก่อนดำเนินงาน	115,000
5. ค่าเสื่อมราคาต่อปี	1,815,200
6. ค่าแรง 10 คน (คิดอัตราเงินเฟ้อร้อยละ 5 ต่อปี)	2,100,000
รวมจำนวนทั้งสิ้น	6,435,200

หมายเหตุ : ค่าเสื่อมราคาคิดโดยวิธีเส้นตรง

ตารางที่ ข.3 ค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน เงินกู้ ดอกเบี้ยเงินกู้และภาษีในแต่ละปีของโครงการ

ปีที่ดำเนินโครงการ	ค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน (บาท)	ดอกเบี้ยพร้อมเงินต้น (บาท)	ภาษี (บาท)
1	6,435,200	2,520,000	906,090
2	6,545,450	2,408,000	906,615
3	6,661,213	2,296,000	905,486
4	6,782,763	2,184,000	902,621
5	6,910,391	2,072,000	897,933
6	7,044,401	1,960,000	891,330
7	7,185,111	1,848,000	882,717
8	7,332,856	1,736,000	871,993
9	7,487,989	1,624,000	859,053
10	7,650,879	1,512,000	1,593,786
รวมจำนวนทั้งสิ้น	70,036,253	20,160,000	9,617,624

ตารางที่ ข.4 กระแสเงินสดรับที่เกิดขึ้น

ปีที่ดำเนินโครงการ	กระแสเงินสดรับที่เกิดขึ้น (บาท)
1	3,929,410
2	3,930,635
3	3,928,001
4	3,921,316
5	3,910,376
6	3,894,969
7	3,874,872
8	3,849,850
9	3,819,658
10	5,534,035
รวมจำนวนทั้งสิ้น	40,593,123

หมายเหตุ : คิดที่อัตราส่วนของเงินกู้ต่อเงินลงทุน คือ 50 : 50
คิดอัตราภาษีที่ร้อยละ 30

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ ข.5 กระแสเงินสดสุทธิรายปีของโครงการที่อัตราดอกเบี้ยเงินกู้ระยะยาวร้อยละ 8 ต่อปี

ปีที่ดำเนินโครงการ	กระแสเงินสดสุทธิรายปี (บาท)
0	(28,000,000)
1	(22,505,390)
2	(17,009,555)
3	(11,516,354)
4	(6,029,838)
5	(554,262)
6	4,905,908
7	10,345,980
8	15,761,030
9	21,145,888
10	28,245,123
รวมจำนวนทั้งสิ้น	22,788,530

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก ค
การคำนวณการเกิดก๊าซเชื้อเพลิง

คำนวณโดยใช้แบบจำลองการแปรสภาพจากถ่านหินเป็นก๊าซเชื้อเพลิงด้วยโปรแกรม ASPEN Plus โดยนำผลจากแบบจำลอง มาศึกษาและเปรียบเทียบกับรายงานฉบับสมบูรณ์ เรื่อง โครงการจัดทำแผนการพัฒนาแหล่งแร่ถ่านหินของประเทศไทย (โดยใช้เทคโนโลยีถ่านหินสะอาดที่เหมาะสม) โดยเปรียบเทียบที่คุณสมบัติของถ่าน และสภาพการเกิดปฏิกิริยาเดียวกัน ได้ผลดังนี้

ตารางที่ ค.1 ผลการคำนวณจากแบบจำลอง

ตัวแปร	ผลการศึกษาจากรายงาน	ผลการศึกษาจากแบบจำลอง	ร้อยละความคาดเคลื่อน
อุณหภูมิ ($^{\circ}$C)	942	958	1.69
ความดัน (bar)	8	7.9	1.25
ปริมาณก๊าซที่เกิดขึ้น (kg/hr)	35,650	33,998	4.63
Gas LHV (kcal/kg)	725.20	709.54	2.16

ผลการคำนวณจากแบบจำลองที่ได้สรุปได้ว่า แบบจำลองที่ใช้ในการศึกษานี้ มีความใกล้เคียงกับผลจากการศึกษาในรายงาน เนื่องจากมีอัตราร้อยละของความคลาดเคลื่อนที่ต่ำ (ไม่เกินร้อยละ 5)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

ผู้เขียนวิทยานิพนธ์: นายสรอรรถ ศรีสุข

วัน เดือน ปีเกิด: 15 กรกฎาคม 2528

ที่อยู่ที่ติดต่อได้ : บ้านเลขที่ 397/21 ซอยจรัญสนิทวงศ์ 17 ถนนจรัญสนิทวงศ์ แขวงวัดท่าพระ เขตบางกอกใหญ่ กรุงเทพมหานคร 10600

อีเมล์ : soraat.s@hotmail.com

ประวัติการศึกษา

ประถมศึกษา : โรงเรียนอนุบาลลำปาง

มัธยมศึกษา : โรงเรียนบุญวาทย์วิทยาลัย

ปริญญาตรี : วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

ปัจจุบัน : ศึกษาต่อในหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมทรัพยากรธรณี ภาควิชาเหมืองแร่และปิโตรเลียม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ประวัติการทำงาน

2551 – 2553 : วิศวกรควบคุมงานระบบ บริษัท ไทย ทาเคนาคา สากลก่อสร้าง จำกัด

ปัจจุบัน : เจ้าหน้าที่ทั่วไป ฝ่ายบริหารกองทุนพัฒนาไฟฟ้า สำนักงานคณะกรรมการกำกับกิจการพลังงาน