

บทที่ 1



บทนำ

ปัจจุบันมนุษย์ใช้พลังงานจากแหล่งพลังงานฟอสซิล (fossil energy resources) เป็นส่วนใหญ่ ได้แก่ ถ่านหิน น้ำมัน ก๊าซธรรมชาติ และหินน้ำมัน เป็นต้น ปัญหาใหญ่อันหนึ่งที่เกิดขึ้นก็คือ การไม่สมดุลกันระหว่างแหล่งพลังงานกับการใช้งาน กล่าวคือ แหล่งพลังงานฟอสซิลที่มีมากกว่า 75% อยู่ในรูปของถ่านหิน (ตารางที่ 1.1) แต่การบริโภคใช้มีเพียง 20-30% ของการใช้เชื้อเพลิงปรมาณูทั้งหมด (รูปที่ 1.1) ในขณะที่น้ำมันและก๊าซธรรมชาติมีปริมาณน้อยเพียงสิบกว่าเปอร์เซ็นต์ของเชื้อเพลิงปรมาณูทั้งหมด แต่มีการใช้มากถึงกว่า 70% (6,53)

ลี (Lee) (1982) (53) ได้เสนอความคิดเห็นถึงความไม่เหมาะสมของแหล่งพลังงานที่มีมาก แต่นำมาใช้ประโยชน์น้อย ในขณะที่เดียวกันแหล่งพลังงานที่มีอยู่น้อยกลับนำมาใช้ประโยชน์มากกว่า นอกจากนี้ยังมีความไม่เหมาะสมของที่ตั้งและที่ไ้ของแหล่งพลังงาน ดังตารางที่ 1.2 จะเห็นว่า ที่ตั้งของแหล่งพลังงานฟอสซิลต่างๆ มักจะอยู่ในถิ่นประเทศที่กำลังพัฒนาและด้อยพัฒนา ขณะเดียวกันประเทศที่พัฒนาแล้ว เช่น ประเทศในยุโรป, ญี่ปุ่น และสหรัฐอเมริกา กลับมีแหล่งพลังงานเหล่านี้น้อยกว่า

การเกิดวิกฤตการณ์น้ำมันในปี ค.ศ. 1973 ทำให้หลายประเทศสนใจการใช้พลังงานอย่างจริงจัง โดยตั้งอยู่บนพื้นฐานการช่วยตนเองและการประหยัดพลังงานให้มากที่สุด โดยเฉพาะการเพิ่มการสำรวจแหล่งพลังงานเชื้อเพลิงแข็งที่คนมีอยู่ เช่น ถ่านหิน หินน้ำมัน และเชื้อเพลิงนิวเคลียร์ และพลังงานที่สามารถสร้างขึ้นเองได้ เช่น พลังงานจากไม้และเศษเหลือทิ้งจากการเกษตร รวมทั้งการพัฒนาวิธีการใช้และการแปลงรูป เชื้อเพลิงแข็ง เหล่านี้ให้มีประสิทธิภาพมากที่สุด ในระหว่างที่มนุษย์ยังไม่สามารถหาแหล่งพลังงานดาวรออย่างอื่นที่สามารถใช้งานได้ยาวนาน

1.1 การแปลงรูปถ่านหิน

ถึงแม้ถ่านหินจะเป็นแหล่งพลังงานที่มีมากที่สุดในโลก แต่การใช้งานในวงการอุตสาหกรรม ปัจจุบันไม่เป็นการสะดวกนัก เมื่อเปรียบเทียบกับการใช้ น้ำมันและก๊าซธรรมชาติ เมื่อเปรียบ

เทียบระหว่างถ่านหินกับน้ำมัน จะพบว่า น้ำมันมีความหนาแน่นต่ำกว่าถ่านหินแต่จะให้พลังงานสูงกว่า (หน่วยคาลอรีต่อน้ำหนัก), สามารถกำจัดมลพิษที่เกิดจากน้ำมันได้ง่ายกว่า และการขนส่งผ่านท่อหรือถังเก็บมีราคาถูกและมีประสิทธิภาพมากกว่า จึงไม่เป็นที่น่าสงสัยที่จะมีการแปลงรูปถ่านหินไปเป็นน้ำมันและก๊าซมากขึ้นในปัจจุบัน (11)

การแปลงรูปถ่านหินให้เป็นน้ำมัน เรียกว่า การทำลิควิแฟกชันถ่านหิน (coal liquefaction) มีสองวิธี (10,11,14,80) ดังรูปที่ 1.2 วิธีการแรกคือ การทำลิควิแฟกชันโดยตรง (Direct coal liquefaction) โดยการเติมไฮโดรเจนให้กับถ่านหินที่กำลังแตกสลายด้วยความร้อน ที่อุณหภูมิ 700-900^oฟ, ความดัน 2,000-3,000 ปอนด์ต่อตารางนิ้วเกจ และช่วงเวลาที่เกิดปฏิกิริยา (resident time) 30-60 นาที วิธีการที่สอง คือ การทำลิควิแฟกชันโดยอ้อม (Indirect coal liquefaction) กระบวนการแปลงรูปนี้มีสองแนวทาง โดยเริ่มจากการผลิตก๊าซสังเคราะห์จากถ่านหิน (coal gasification) โดยให้ไอน้ำและก๊าซออกซิเจนก๊าซที่ได้ประกอบด้วยก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ และก๊าซไฮโดรเจน ก๊าซที่ได้จะผ่านเข้าขบวนการทำก๊าซให้บริสุทธิ์ แนวทางแรก ก๊าซสังเคราะห์จะถูกเปลี่ยนให้เป็นเมทานอล (Methanol) แล้วจึงเปลี่ยนเมทานอลให้เป็นน้ำมันหรือของเหลวอื่นๆ โดยใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา แนวทางที่สอง คือ การเปลี่ยนก๊าซสังเคราะห์ให้เป็นน้ำมันโดยตรงโดยใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา เรียกว่า การสังเคราะห์แบบฟิสเชอร์-โทรป (Fischer-Tropsch Synthesis)

1.2 การสังเคราะห์แบบฟิสเชอร์-โทรป

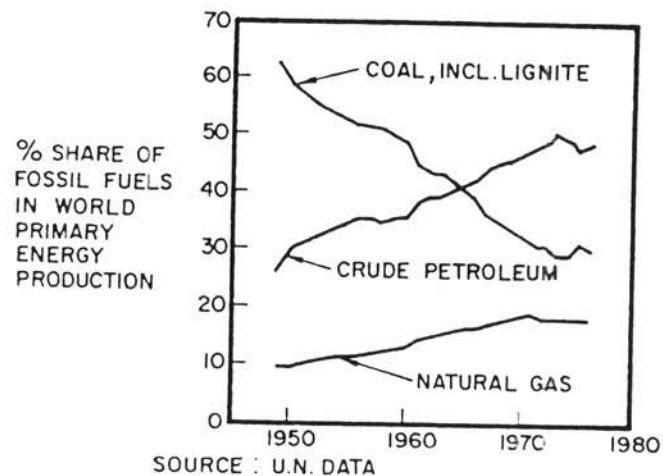
ในปี ค.ศ. 1923 ฟราน ฟิสเชอร์ และ ฮานส์ โทรป (Franz Fischer and Hans Tropsch) ได้ทำการทดลองสังเคราะห์ไฮโดรคาร์บอนเหลว โดยใช้ก๊าซไฮโดรเจนและก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ ผ่านลงบนตัวเร่งปฏิกิริยาเหล็กอัลคาไลน์ (alkalized iron) ที่ความดัน 100-150 บรรยากาศและอุณหภูมิ 400-450^oซ เรียกผลิตภัณฑ์ที่ได้ว่า ซินทอล (Synthol) (74)

การสังเคราะห์แบบฟิสเชอร์-โทรป เป็นการแปลงรูปถ่านหินโดยอ้อมวิธีหนึ่ง (รูปที่ 1.2) เริ่มจากการผลิตก๊าซสังเคราะห์จากถ่านหิน ก๊าซสังเคราะห์ที่ได้จะถูกทำให้บริสุทธิ์ โดยแยกเอาก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์, ก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ และ ก๊าซแอมโมเนียออกไป รวมทั้งก๊าซไนโตรเจนบางส่วนด้วย จากนั้นจึงผ่านเข้าสู่กระบวนการสังเคราะห์โดยใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา ผลิตภัณฑ์ที่ได้จะนำไปกลั่นแยก และผ่านกระบวนการต่างๆ นำไปใช้ประโยชน์ต่อไป

ตารางที่ 1.1 แหล่งพลังงานฟอสซิลของโลก(๑)

	Proved & Currently Recoverable		Estim. Total Remaining Recoverable	
	10^9 tce	%	10^9 tce	%
Natural Gas	94	9	320	5
Natural Gas Liquids	10	1	34	1
Crude Oil	125	12	392	6
Syncrude(Oil Shale and Tar Sands)	77	8	592	9
Coal	717	<u>70</u>	51.41	<u>79</u>
		100		100

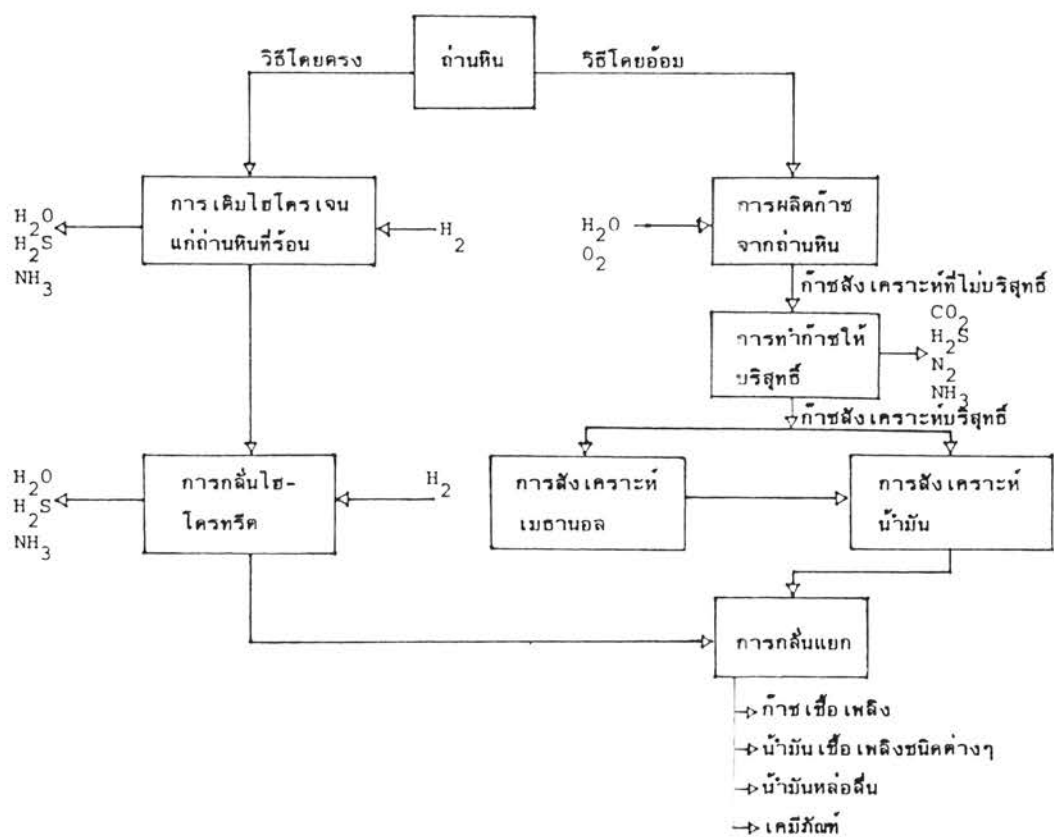
One Metric Ton of Coal Equivalent (tce) = 22.778×10^6 Btu = 7×10^6 kcal



รูปที่ 1.1 การใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลของโลก(๑)

ตารางที่ 1.2 ที่ตั้งของแหล่งพลังงานฟอสซิลชนิดต่างๆ บนโลก (6)

	<u>Natural Gas</u>	<u>Crude Oil</u>	<u>Syncrude</u>	<u>Coal</u>
Africa	10.0	8.5	5.8	1.8
North America	17.2	10.7	45.6	24.7
Latin America	6.5	10.5	20.1	0.2
Europe (Excl. U.S.S.R.)	5.3	4.5	6.0	6.3
Asia (Excl. U.S.S.R.)	31.6	53.7	7.3	13.3
U.S.S.R.	23.5	10.0	14.5	47.4
Oceania	<u>5.9</u>	<u>2.1</u>	<u>0.7</u>	<u>6.3</u>
Total	100.0	100.0	100.0	100.0
Middle East Only	22.3	42.5		



รูปที่ 1.2 แนวทางการแปลงรูปถ่านหินให้เป็นน้ำมัน

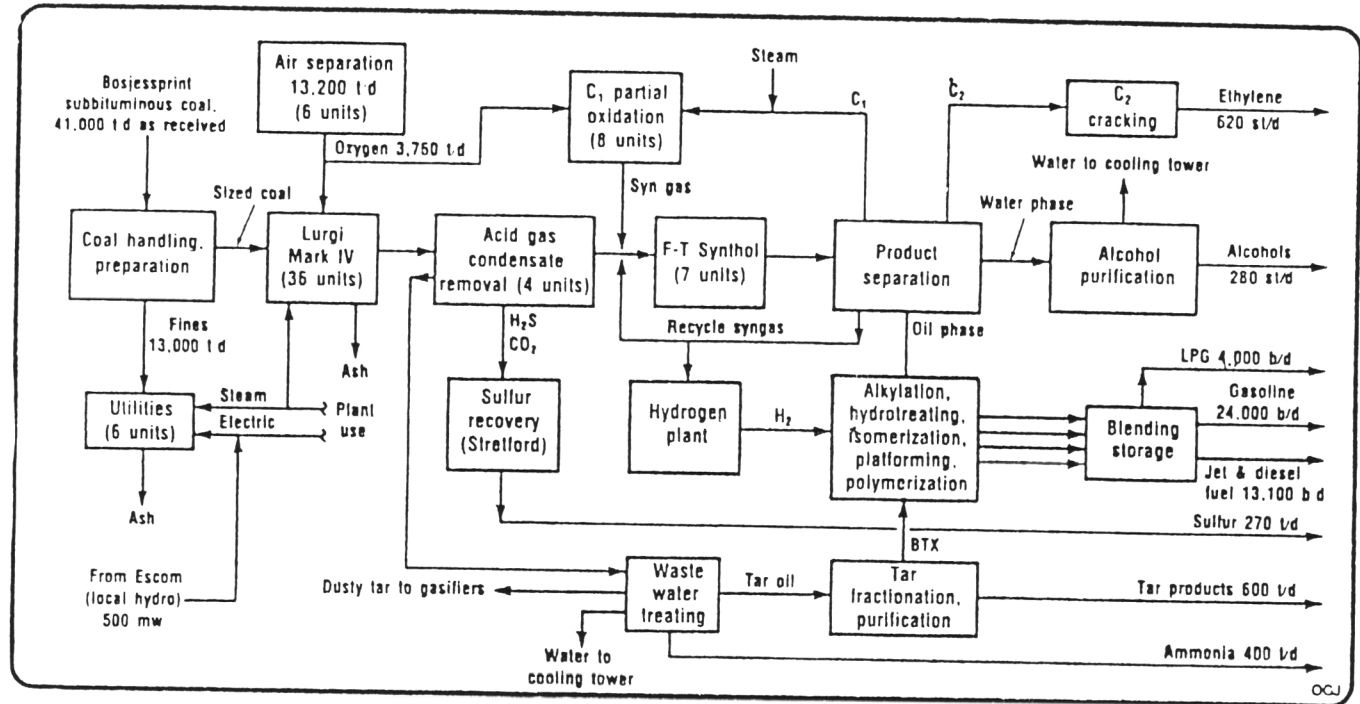
ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากกระบวนการสังเคราะห์นี้ ประกอบด้วย ไฮโดรคาร์บอนทั้งชนิดของแข็ง ของเหลวและก๊าซ, สารประกอบพวกออกซีจีเนต (oxygenated compounds), ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำ ไฮโดรคาร์บอนที่ได้ส่วนใหญ่เป็นประเภทพาราฟิน (paraffins) และ โอลิฟิน (Olefins) ที่เป็นโซ่ตรง (straight chain) มีส่วนน้อยที่มีกิ่ง (branched chain) และ อะโรเมติก (aromatics) สารประกอบออกซีจีเนต ส่วนใหญ่เป็นอัลกอฮอล์ ส่วนที่เหลือเป็นอัลดีไฮด์, คีโตน, กรด และเอสเทอร์ การกระจายของผลิตภัณฑ์ (product distribution) เหล่านี้ขึ้นอยู่กับชนิดของตัวเร่งปฏิกิริยา, ชนิดของเตาปฏิกรณ์เคมี และสภาวะการปฏิบัติการ ได้แก่ ความดัน, อุณหภูมิ, อัตราส่วนระหว่างก๊าซไฮโดรเจนกับก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ ในก๊าซสังเคราะห์ และ ความเร็วของก๊าซ เป็นต้น ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการสังเคราะห์นอกจากจะเป็นน้ำมันเชื้อเพลิงและก๊าซแล้ว ยังมีผลิตภัณฑ์ข้างเคียงที่สามารถนำไปเป็นสารตั้งต้นของกระบวนการผลิตเคมีภัณฑ์ชนิดอื่นๆ ค่อยไปได้อีกมาก

ปัจจุบันโรงงานขนาดใหญ่ที่ผลิตน้ำมันเชื้อเพลิงและเคมีภัณฑ์จากถ่านหิน ด้วยกระบวนการนี้มีชื่อว่าโรงงานซาซอล (Sasol) ในประเทศแอฟริกาใต้ (ดังรูปที่ 1.3) มีกำลังผลิตน้ำมันเชื้อเพลิงชนิดต่างๆกว่า 50,000 บาเรลต่อวัน และเคมีภัณฑ์ชนิดต่างๆ กว่า 2,000 ตันต่อวัน (80) จุดประสงค์ของโรงงานนี้เพื่อผลิตน้ำมันเชื้อเพลิงและเคมีภัณฑ์ชนิดต่างๆ ให้เพียงพอับความต้องการในประเทศ และเพื่อทดแทนการนำเข้าน้ำมันดิบของประเทศแอฟริกาใต้

การสังเคราะห์แอมบิสเซอร์-โทรป ได้มีการพัฒนาเป็นลำดับ จนกระทั่งหยุดไปช่วงหนึ่ง เนื่องจากน้ำมันและก๊าซธรรมชาติมีราคาถูกกว่ามาก จนกระทั่งเกิดวิกฤตการณ์ด้านน้ำมัน ในปี ค.ศ. 1973 การวิจัยการสังเคราะห์แอมบิสเซอร์-โทรป จึงเริ่มต้นขึ้นอีกครั้ง โดยปัจจุบันเน้นหนักในด้านการพัฒนาตัวเร่งปฏิกิริยาใหม่ๆ ให้มีความว่องไว (activity) และ คุณสมบัติเลือกผลิต (selectivity) มากขึ้น และการพัฒนาด้านเตาปฏิกรณ์เคมีให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น (23) เตาปฏิกรณ์เคมีที่ได้มีการศึกษามากเป็นแบบเบดนิ่ง (Fixed bed reactor) และแบบฟลูอิดไรซ์เบด (Fluidized bed reactor) มีการนำเตาปฏิกรณ์เคมีทั้งสองแบบไปใช้ในระดับอุตสาหกรรมที่โรงงานซาซอล อย่างไรก็ตาม เตาปฏิกรณ์เคมีทั้งสองแบบก็ยังมีข้อจำกัดอยู่มาก โดยเฉพาะในเรื่องการระบายความร้อนที่เกิดจากปฏิกิริยาการสังเคราะห์ เตาปฏิกรณ์เคมีแบบสเลอร์รีเป็นเตาปฏิกรณ์ที่มีประสิทธิภาพดี ในการระบายความร้อนและมีข้อดีอีกหลายประการ จึงเป็นเตาที่ได้รับความนิยมและมีการศึกษาในรายละเอียดอย่างมากในปัจจุบัน

1.3 วัตถุประสงค์ของวิทยานิพนธ์

เพื่อศึกษากระบวนการสังเคราะห์แบบฟิสเชอร์-โทรป ในเตาปฏิกรณ์เคมีแบบสเลอร์รี โดยเลือกใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาเหล็ก และก๊าซสังเคราะห์ที่มีอัตราส่วนของก๊าซไฮโดรเจนต่อก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ ($H_2:CO$) = 1:1 ทำการสังเคราะห์ที่ความดัน 10 และ 20 บรรยากาศ ศึกษาผลของความดัน, อุณหภูมิ และ ความเร็วเชิงสเปซ (space velocity) ที่มีผลต่อการสังเคราะห์



รูปที่ 1.3 แผนผังการผลิตน้ำมันและ เคมีภัณฑ์ของโรงงานซาซอล (80)