พลังงานทางเลือกแห่งอนาคต :ไดเมทิลอีเทอร์ (ดีเอ็มอี)

Alternative Energy for the Future : Dimethyl Ether(DME)

มนตรี ทองคำ
Montree Thongkam
สาขาวิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
กรุงเทพมหานคร

บทคัดย่อ

เป็นที่คาดการณ์ว่าปริมาณความต้องการการใช้พลังงานทั่วโลกจะเพิ่มขึ้นมาก และมลภาวะทางอากาศเป็นหนึ่งในปัญหาที่ก่อให้เกิดปัญหาสิ่งแวดล้อมทั่วทั้งโลกตามมา ในบทความนี้ได้กล่าวถึงเชื้อเพลิงทางเลือก ไดเมทิลอีเทอร์(ดีเอ็มอี) เป็นหนึ่งในเชื้อเพลิงสังเคราะห์ที่เป็นทางเลือกที่น่าสนใจ ไดเมทิลอีเทอร์เป็นพลังงานสะอาดที่ส่งผลกระทบกับสิ่งแวดล้อมน้อยและเป็นเชื้อเพลิงที่ปราศจากสารซัลเฟอร์ เขม่าผงต่างๆ และยังปล่อยแก๊สไนโตรเจนไดออกไซด์ออกมาน้อยเมื่อเทียบกับเชื้อเพลิงชนิดอื่นๆ ดังนั้นไดเมทิลอีเทอร์จึงเหมาะที่จะใช้เป็นเชื้อเพลิงสำหรับเครื่องยนต์ดีเซล

คำสำคัญ: พลังงานทางเลือก, ไดเมทิลอีเทอร์(ดีเอ็มอี)

Abstract

The long-term energy demand in the world is forecasted to be so large that energy supply and air pollution is one of the most serious environmental problems all over the world. Alternative fuel was reviewed in this article. Dimethyl ether (DME) is one of the most promising alternates of such synthetic fuels, which is a clean energy source of low environmental load and can be used as a sulfur free fuel for diesel engines without particulate formation and lower NO_2 emission in comparison with gas oil.

Keywords: alternative energy, dimethyl ether (DME)

1. บทนำ

เนื่องจากในปัจจุบันมีการใช้พลังงานเชื้อเพลิงจากปิโตรเลียมอย่างแพร่หลาย จึงส่งผลให้ปริมาณปิโตรเลียมลดลงอย่างรวดเร็วในอนาคตอันใกล้นี้ และการใช้พลังงานเชื้อเพลิงจากปิโตรเลียมยังจะก่อให้เกิดมลภาวะต่อสิ่งแวดล้อมอย่างมาก ซึ่งแก๊สไดเมทิลอีเทอร์เป็นแก๊สเชื้อเพลิงที่สามารถ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นำมาทดแทนการใช้น้ำมันดีเซลได้เป็นอย่างดี เพราะแก๊สไดเมทิลอีเทอร์เป็นพลังงานเชื้อเพลิงที่สะอาด ดังนั้นการสังเคราะห์แก๊สไดเมทิลอีเทอร์จึงเป็นทางเลือกหนึ่งของพลังงานทดแทนที่น่าสนใจ แก๊สไดเมทิลอีเทอร์สามารถสังเคราะห์จากแก๊สสังเคราะห์โดยใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาผสม เช่น ตัวเร่งปฏิกิริยาโลหะออกไซด์ผสมกับซีโอไลต์ โดยตัวเร่งปฏิกิริยาโลหะออกไซด์จะทำหน้าที่สังเคราะห์เมทานอลจากแก๊สสังเคราะห์ ส่วนซีโอไลต์ทำหน้าที่ดึงน้ำในเมทานอลออกทำให้ได้แก๊สไดเมทิลอีเทอร์ออกมาภายใต้ภาวะที่เหมาะสม

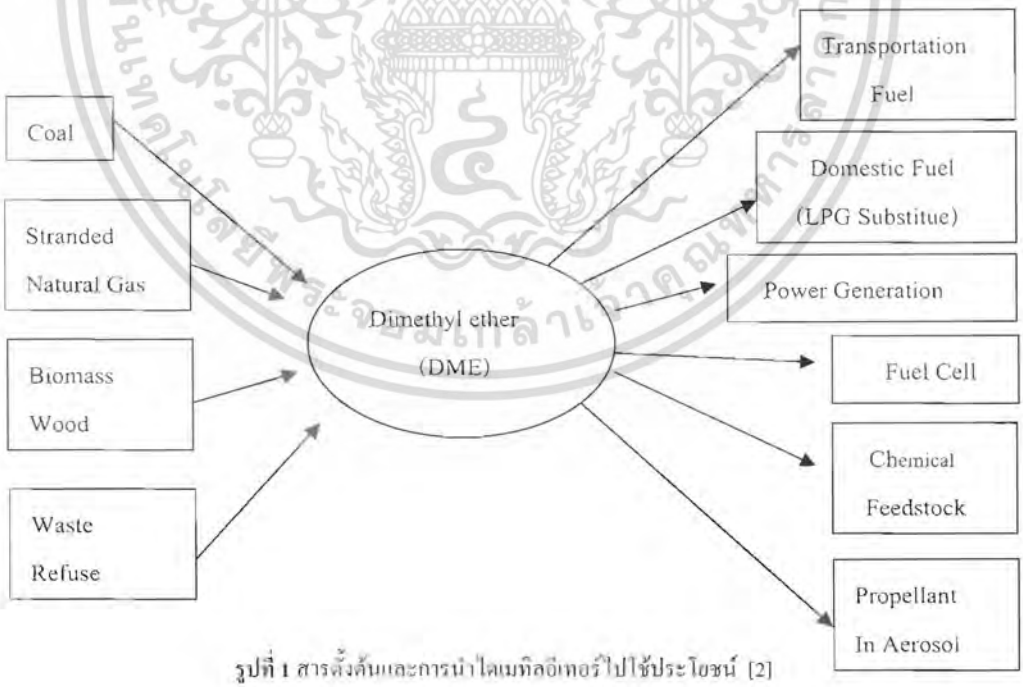
2. สมบัติทางกายภาพ และการประยุกต์ใช้งานของไดเมทิลอีเทอร์

ไดเมทิลอีเทอร์ หรือดีเอ็มอี (CH_3OCH_3) มีสถานะเป็นแก๊สที่อุณหภูมิห้อง เป็นแก๊สไม่มีสี ไม่มีกลิ่น มีสมบัติคล้ายโพรเพนและบิวเทนที่เป็นองค์ประกอบสำคัญของแก๊สปิโตรเลียมเหลว (Liquefied petroleum gas, LPG) และยังสามารถทำให้เป็นของเหลวได้ง่ายเมื่อถูกอัดภายใต้ความดันที่ไม่สูง ทำให้สามารถบรรจุแก๊สไดเมทิลอีเทอร์ลงถังบรรจุแก๊สแอลพีจีได้ ในอดีตที่ผ่านมาแก๊สไดเมทิลอีเทอร์ถูกใช้เป็นสารขับเคลื่อนในกระป๋องสเปรย์และสารทำความเย็นเพื่อทดแทนการใช้สารฟรีออนหรือสารประกอบไฮโดรคาร์บอน ปัจจุบันได้มีการนำไดเมทิลอีเทอร์มาใช้ทดแทนแก๊สแอลพีจีที่ใช้ในการหุงต้มตามบ้านเรือน โดยแก๊สไดเมทิลอีเทอร์มีค่าพลังงานความร้อนเท่ากับ 6,900 kcal/kg ซึ่งมีค่าต่ำกว่าบิวเทนและโพรเพนแต่สูงกว่าเมทานอล อีกทั้งแก๊สไดเมทิลอีเทอร์ยังมีค่าซีเทนสูงประมาณ 55-60 ซึ่งมีค่าสูงกว่าน้ำมันดีเซล (ค่าซีเทนประมาณ 40-55) โดยค่าซีเทนนี้เป็นตัวบ่งบอกถึงคุณภาพในการจุดระเบิดเมื่อเผาไหม้จะสามารถเผาไหม้ได้อย่างสมบูรณ์ ไม่เกิดเขม่า นอกจากนี้ยังปลดปล่อยแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์และออกไซด์ของไนโตรเจนต่ำกว่าเชื้อเพลิงทั่วไป และแก๊สไดเมทิลอีเทอร์ไม่มีส่วนประกอบของกำมะถันจึงไม่ก่อให้เกิดแก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่จะส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมเลย ซึ่งถือว่าแก๊สไดเมทิลอีเทอร์เป็นเชื้อเพลิงสะอาด สามารถนำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงในเครื่องยนต์ดีเซลในรถบรรทุกได้ และยังสามารถนำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงไบเซลล์เชื้อเพลิงได้อีกด้วย นอกจากนี้แก๊สไดเมทิลอีเทอร์เป็นสารประกอบอินทรีย์ที่ระเหยได้ง่ายที่ไม่เป็นเป็นพิษ ไม่เป็นสารก่อมะเร็ง ไม่เป็นอันตรายต่อร่างกายมนุษย์และสลายตัวได้เองในบรรยากาศส่งผลให้แก๊สไดเมทิลอีเทอร์ไม่ก่อให้เกิดภาวะโลกร้อนเหมือนแก๊สชนิดอื่น เช่น แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ แก๊สมีเทน และแก๊สอื่นๆ ที่ไม่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม อย่างไรก็ตามในอนาคตอันใกล้นี้แก๊สไดเมทิลอีเทอร์สามารถนำมาใช้เป็นแก๊สเชื้อเพลิงที่สามารถทดแทนการใช้แก๊สธรรมชาติเพื่อใช้ในการผลิตกระแสไฟฟ้าในเครื่องกังหันแก๊ส(Gas turbine) นำมาเป็นสารตั้งต้นในการผลิตสารเคมีต่างๆ และยังสามารถนำไปสังเคราะห์เป็นเชื้อเพลิงแก๊สโซลีนได้อีก สมบัติทางกายภาพของแก๊สไดเมทิลอีเทอร์เมื่อเปรียบเทียบกับเชื้อเพลิงชนิดอื่นๆ แสดงในตารางที่ 1 และรูปที่ 1 แสดงการนำแก๊สไดเมทิลอีเทอร์ไปประยุกต์ใช้งานต่างๆ และสารตั้งต้นที่ใช้สังเคราะห์แก๊สไดเมทิลอีเทอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 1 สมบัติของไดเมทิลอีเทอร์(ดีเอ็มอี)และเชื้อเพลิงชนิดต่างๆ [1]

	ดีเอ็มอี	แอลเอ็นจี	แอลพีจี	เมทานอล	น้ำมันดีเซล
	(CH_3OCH_3)	(as CH_4)	(as C_3H_8)	(CH_3OH)	(C_{10}-C_{20})
ความถ่วงจำเพาะ(20°C)	0.67	0.42	0.49	0.79	0.84
จุดเดือด (°C)	-25.1	-161.5	-42.1	64.6	180-370
ความดันไอ (atm, 25°C)	6.1	26	9.3	-	-
ค่าซีเทน	55-60	0	5	5	40-55
อุณหภูมิจุดติดไฟ (°C)	350	632	504	470	-
ปริมาณคาร์บอน (wt. %)	52.2	74	79	37.5	87
ปริมาณซัลเฟอร์ (ppm)	0	7~25	10~30	0	~250
ค่าพลังงานความร้อน (kcal/kg)	6,900	12,000	11,100	4,800	10,000



รูปที่ 1 สารตั้งต้นและการนำไดเมทิลอีเทอร์ไปใช้ประโยชน์ [2]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. กระบวนการสังเคราะห์ไดเมทิลอีเทอร์

กระบวนการสังเคราะห์ไดเมทิลอีเทอร์แบบดั้งเดิม(The Conventional two-step process) ดังแสดงในรูปที่ 2 ใช้เมทานอลเป็นสารตั้งต้นในการสังเคราะห์โดยทำปฏิกิริยาดึงน้ำออกหรือปฏิกิริยา ดีไฮเดรชัน (dehydration) ซึ่งเป็นกระบวนการ 2 ขั้นตอน หรือการสังเคราะห์ทางอ้อม คือ ขั้นตอนแรกเป็นการสังเคราะห์เมทานอล (Methanol synthesis) และขั้นตอนที่สอง นำเมทานอลมาผ่านปฏิกิริยาดีไฮเดรชัน(Methanol dehydration) ทำให้ได้แก๊สไดเมทิลอีเทอร์เป็นผลิตภัณฑ์ออกมา บนตัวเร่งปฏิกิริยาที่เป็นกรด เช่น แกมมาอะลูมินา, ซีโอไลท์ ในเครื่องปฏิกรณ์แบดนิ่ง (Fixed bed reactor) ที่อุณหภูมิ 280 องศาเซลเซียสโดยประมาณ ภายใต้ความดัน 20 บรรยากาศ เป็นต้น อย่างไรก็ตามค่าการเปลี่ยน (conversion) และค่าการเลือกเกิด (yield) ที่ได้ยังอยู่ในระดับต่ำ อีกทั้งต้นทุนการผลิตไดเมทิลอีเทอร์ยังขึ้นกับราคาของเมทานอลที่ยังมีราคาสูง

$$2CO + 4H_2 \rightarrow 2CH_3OH \quad : \Delta H^{\circ}_{298K} = -90.8 \text{ kJ/mol}$$

$$2CH_3OH \rightarrow CH_3OCH_3 + H_2O \quad : \Delta H^{\circ}_{298K} = -23.4 \text{ kJ/mol}$$

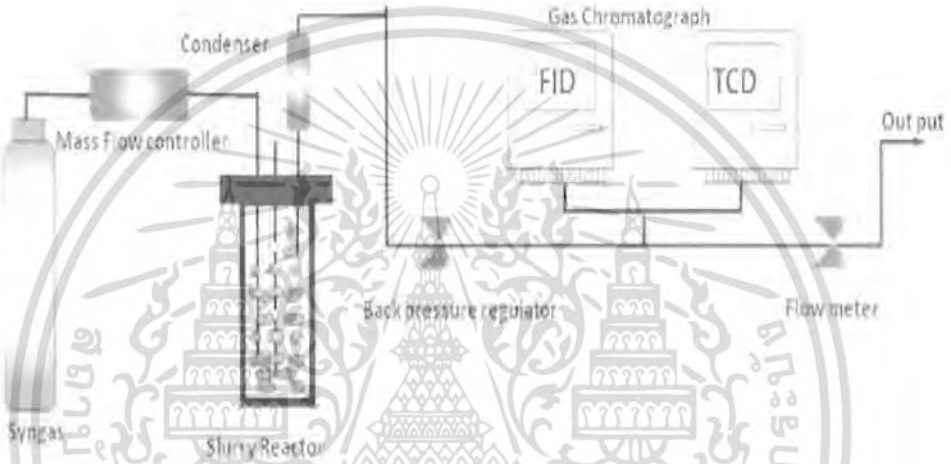
รูปที่ 2 กระบวนการสังเคราะห์ไดเมทิลอีเทอร์แบบดั้งเดิม และ กระบวนการสังเคราะห์ไดเมทิลอีเทอร์โดยตรงจากแก๊สสังเคราะห์ [3]

ดังนั้นการสังเคราะห์ไดเมทิลอีเทอร์เพื่อนำไปใช้เป็นพลังงานเชื้อเพลิงทดแทนในอนาคตนั้น ต้องก่อให้เกิดความคุ้มค่าต่อการลงทุนและสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้อย่างกว้างขวาง ปัจจุบันได้มีการพัฒนากระบวนการสังเคราะห์มาเป็นการสังเคราะห์ไดเมทิลอีเทอร์โดยตรงจากแก๊สสังเคราะห์ (Direct synthesis of dimethyl ether from syngas or the one-step process) ตามปฏิกิริยา ดังนี้

$$3CO + 3H_2 \rightarrow CH_3OCH_3 + CO_2 \quad : \Delta H^{\circ}_{298K} = -246.0 \text{ kJ/mol}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การสังเคราะห์ไดเมทิลอีเทอร์โดยวิธีนี้จะใช้แก๊สสังเคราะห์เป็นสารตั้งต้น โดยการผลิตแก๊สสังเคราะห์นั้นได้มาจากการนำถ่านหิน ชีวมวล หรือแก๊สธรรมชาติมาผ่านกระบวนการทางความร้อน และต่อมานำแก๊สสังเคราะห์ที่ได้นั้นผ่านเข้าเครื่องปฏิกรณ์แบบแขวนลอย (Slurry phase reactor) บนตัวเร่งปฏิกิริยาออกไซด์ของทองแดง สังกะสี และอะลูมิเนียม ที่อุณหภูมิ 260 องศาเซลเซียส ภายใต้ความดัน 30 บรรยากาศ จะได้ค่าการเปลี่ยนของแก๊สสังเคราะห์สูงถึงร้อยละ 40 และค่าการเลือกเกิดไดเมทิลอีเทอร์ที่ร้อยละ 90 ดังแสดงในรูปที่ 3



รูปที่ 3 แสดงกระบวนการสังเคราะห์ไดเมทิลอีเทอร์โดยตรงจากแก๊สสังเคราะห์ในเครื่องปฏิกรณ์แบบแขวนลอย [4-5]

โดยในกระบวนการสังเคราะห์แก๊สไดเมทิลอีเทอร์โดยตรงจากแก๊สสังเคราะห์นี้ จะเกิดปฏิกิริยาการสังเคราะห์เมทานอลและปฏิกิริยาดึงน้ำออกจากเมทานอล ขึ้นภายในขั้นตอนเดียวเท่านั้น ซึ่งจะช่วยลดต้นทุนการผลิตและเกิดความคุ้มค่าในการลงทุนระดับเชิงพาณิชย์กว่าเมื่อเทียบกับกระบวนการสังเคราะห์ไดเมทิลอีเทอร์แบบดั้งเดิม ทำให้สามารถรองรับการผลิตแก๊สไดเมทิลอีเทอร์ปริมาณมากได้ ในปัจจุบันการเทคโนโลยีการผลิตแก๊สไดเมทิลอีเทอร์นี้ได้ผ่านการทดลองในโรงงานต้นแบบต่างๆ จากประเทศต่างๆทั่วโลก เช่น ในประเทศญี่ปุ่น ได้ทำการสร้างโรงงานผลิตที่มีกำลังผลิตสูงถึง 100000 ตันต่อปี ประเทศอินเดียมีโครงการสร้างโรงงานที่มีกำลังผลิต 5000 เมกะตันต่อปี นอกจากนี้ในประเทศจีนมีโรงงานที่มีกำลังการผลิตแก๊สไดเมทิลอีเทอร์สูงถึง 8000 เมกะตันต่อปี ดังแสดงในรูปที่ 4 และในหลายประเทศทั่วโลกกำลังสร้างโรงงานที่ใช้เทคโนโลยีนี้สำหรับผลิตแก๊สไดเมทิลอีเทอร์เพื่อใช้เป็นพลังงานเทคแทนเพื่อใช้ในอนาคต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4 โรงงานผลิตไดเมทิลอีเทอร์จากแก๊สสังเคราะห์ที่ได้จากถ่านหิน ในประเทศจีนกำลังการผลิต 8000 เมตริกตันต่อปี [6-7]

4. สรุป

แก๊สไดเมทิลอีเทอร์เป็นแก๊สเชื้อเพลิงที่สังเคราะห์ได้โดยตรงจากแก๊สสังเคราะห์บนตัวเร่งปฏิกิริยาภายใต้ภาวะที่เหมาะสม และในปัจจุบันแก๊สไดเมทิลอีเทอร์เหมาะที่จะใช้เป็นพลังงานเชื้อเพลิงเพื่อนำมาทดแทนการใช้น้ำมันดีเซลในเครื่องยนต์สำหรับรถบรรทุกได้ดี เพราะแก๊สไดเมทิลอีเทอร์มีค่าซีเทนสูงประมาณ 55-60 ซึ่งมีค่าสูงกว่าน้ำมันดีเซล (ค่าซีเทนประมาณ 40-55) ทำให้สามารถเผาไหม้ได้อย่างสมบูรณ์ ไม่เกิดเขม่า และยังปลดปล่อยแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์และออกไซด์ของไนโตรเจนต่ำกว่าเชื้อเพลิงทั่วไป จึงเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม เมื่อเปรียบเทียบในทางเศรษฐศาสตร์ระหว่างการใช้แก๊สไดเมทิลอีเทอร์และน้ำมันดีเซล พบว่าแก๊สไดเมทิลอีเทอร์ยังคงมีต้นทุนที่สูงกว่าน้ำมันดีเซลอยู่มากเนื่องจากความยุ่งยากซับซ้อนในกระบวนการผลิตและต้นทุนของแก๊สสังเคราะห์ แต่หากพิจารณาเศรษฐศาสตร์ในเชิงคุณภาพชีวิตและสิ่งแวดล้อมร่วมด้วยแล้ว พบว่าการใช้แก๊สไดเมทิลอีเทอร์น่าจะมีราคาที่ถูกกว่าการใช้น้ำมันดีเซล ซึ่งในขณะนี้มีหลายประเทศกำลังให้ความสนใจอย่างมาก เช่น ญี่ปุ่น จีน อินเดีย และสหรัฐอเมริกา เป็นต้น ได้มีการพัฒนาตัวเร่งปฏิกิริยาและกระบวนการผลิต เพื่อช่วยลดต้นทุนการผลิตของแก๊สไดเมทิลอีเทอร์ลง แต่สำหรับในประเทศไทยนั้น แก๊สไดเมทิลอีเทอร์ยังไม่เป็นที่รู้จักแพร่หลายนัก หากได้รับการสนับสนุนเพื่อทำการวิจัยและพัฒนาการผลิตแก๊สไดเมทิลอีเทอร์และการทดสอบการใช้แก๊สไดเมทิลอีเทอร์เป็นเชื้อเพลิงในรถยนต์ดีเซลอย่างจริงจังแล้ว แก๊สไดเมทิลอีเทอร์จะเป็นพลังงานทางเลือกแห่งอนาคตที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมอย่างสมบูรณ์แบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

[1] Fleisch, T. "Move on dimethyl ether: case is building for DME as clean diesel fuel." **Diesel Prog. Engines Drives**, 1995(1): 42-45.

[2] Ohno, Y. Shikada, T., Ogawa, T., Ono, M., Mizuguchi, M. " New clean fuel from coal dimethyl ether." **American Chemical Society (ACS) Meeting**, Sanfrancisco, Apr 1997.

[3] Helge H.L. "Sythesis and New Applications of DME- a review of alternatives 8th NGCS." **IDA**, Natal, 2007.

[4] Lee, S., Gogate, M., Kulik, C. " A novel single-step dimethyl ether (DME) synthesis in a three-phase slurry reactor from CO-rich syngas." Chem. Eng. Sci. 47(1992): 3769-3776.

[5] Brown, D.M., Bhatt, B.L., Hsuing, T.H., Lewnard, J.J., Waller, F.J. " Novel technology for the synthesis of dimethyl ether from syngas." **Catal. Today**, 1991,8. 279-304.

[6] Mii, T. and Hirotani, K. "Economic evaluation of a jumbo DME plant." **WPC Asia Regional Meeting**, Shanghai, China, Sep 17-20, 2001.

[7] Zhou, R. " Coal-based DME as vehicle fuel has been in trial operation in china." **International DME Workshop**, Zou Benzhen XinAo Group, China, April 26, 2007.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้