



# ไฮโดรเจน : เชื้อเพลิงสำหรับอนาคต

ศิริจันทร์ ทองประเสริฐ  
ภาควิชาเคมี สำนักวิทยาศาสตร์  
ราชภัฏบรบรัมย์  
มานิจ ทองประเสริฐ\*

## บทคัดย่อ

จากความจำกัดของเชื้อเพลิงฟอสซิลที่มีอยู่ รวมทั้งความต้องการเชื้อเพลิงที่เพิ่มขึ้นตลอดเวลา ทำให้เกิดปัญหาภาวะโลกร้อนนำไปสู่ความต้องการในการแสวงหาพลังงานสะอาด สำหรับการพัฒนายั่งยืนด้านสิ่งแวดล้อม โดยที่ยังสามารถตอบสนองต่อการผลิตต่างๆ ที่จำเป็นสำหรับมนุษย์ ไฮโดรเจนเป็นเชื้อเพลิงที่สามารถให้พลังงานสะอาดเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม แต่ก่อนที่ไฮโดรเจนจะมีบทบาทสำคัญในด้านพลังงานจำเป็นต้องมีการพัฒนาอุปกรณ์ในการผลิต การเก็บ และการขนส่งไฮโดรเจน

คำสำคัญ : ไฮโดรเจน, พลังงานสะอาด, เชื้อเพลิงทางเลือก

## ๑. ความนำ

ปัจจุบันการดำรงชีวิตของมนุษย์จำเป็นต้องพึ่งพาพลังงานในการผลิตสินค้าสำหรับอุปโภคและบริโภค การคมนาคมขนส่ง การประกอบธุรกิจ ฯลฯ พลังงานที่ใช้ส่วนใหญ่ได้จากเชื้อเพลิงฟอสซิล (fossil fuel) อันได้แก่ น้ำมัน แก๊สธรรมชาติ ถ่านหิน เชื้อเพลิงเหล่านี้นอกจากจะมีอยู่จำกัดแล้ว การ

เปลี่ยนรูปเชื้อเพลิงเหล่านี้ไปเป็นพลังงานยังปล่อยแก๊สเรือนกระจก ส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศของโลก

โดยที่คนเราต้องมีพลังงานเพื่อใช้ประโยชน์ทางด้านเศรษฐกิจและความสะดวกสบายในการดำรงชีพ การแสวงหาเชื้อเพลิงใหม่เพื่อทดแทนเชื้อเพลิงฟอสซิลที่กำลังจะหมดไปโดยไม่ปล่อยแก๊สเรือนกระจก

จึงเป็นสิ่งจำเป็น ไฮโดรเจนเป็นเชื้อเพลิงชนิดหนึ่งที่สามารถตอบสนองความต้องการพลังงานในอนาคตของมนุษย์ได้ แต่การผลิตและใช้งานไฮโดรเจนยังจำเป็นต้องมีการวิจัยและพัฒนาในด้านต่าง ๆ ก่อนจะสามารถนำมาใช้ในชีวิตประจำวันได้

\* คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



## ๒. การบริโภคพลังงานของโลก<sup>(๑)</sup>

จากการประเมินของ “International Energy Outlook 2006” (IEO 2006) โลกบริโภคพลังงานที่ซื้อขายในตลาดพลังงาน (marketed energy) ใน ค.ศ. ๒๐๐๓ เป็นปริมาณ ๔๒๑ quadrillion Btu (British thermal unit) หรือโดยประมาณ ๗๑,๕๗๐ ล้านบาร์เรลของน้ำมันดิบเทียบเท่า หรือโดยประมาณ ๙,๘๐๔ ล้านตันของน้ำมันดิบเทียบเท่า จากการประเมิน ความต้องการใช้พลังงานจะเพิ่มขึ้นเป็น ๕๖๓ quadrillion Btu ใน ค.ศ. ๒๐๑๕ และเป็น ๗๒๒ quadrillion Btu ใน พ.ศ. ๒๐๓๐ พลังงานหลักมาจากน้ำมัน แก๊สธรรมชาติ และถ่านหิน

ความต้องการการบริโภคน้ำมันของโลกจะเพิ่มขึ้นจากวันละ ๘๐ ล้านบาร์เรล เป็นวันละ ๘๘ ล้านบาร์เรล ใน ค.ศ. ๒๐๑๕ และวันละ ๑๑๘ ล้านบาร์เรล ใน ค.ศ. ๒๐๓๐ โดยที่ปริมาณสำรองของน้ำมันทั่วโลกประเมินไว้ที่ ๑,๒๙๓ พันล้านบาร์เรล หากใช้โดยเฉลี่ยที่วันละ ๑๐๐ ล้านบาร์เรล ปริมาณสำรองนี้จะใช้ได้ประมาณ ๓๕-๓๖ ปี ปริมาณสำรองร้อยละ ๖๑ อยู่ในประเทศต่าง ๆ ๕ ประเทศ คือ ซาอุดีอาระเบีย แคนาดา อิหร่าน อิรัก และคูเวต

ใน ค.ศ. ๒๐๐๓ มีการบริโภคแก๊สธรรมชาติ ๙๕ ล้านล้านลูกบาศก์ฟุต ใน ค.ศ. ๒๐๓๐ จะเพิ่มขึ้นเป็น ๑๘๒ ล้านล้านลูกบาศก์ฟุต ปริมาณสำรองประเมินไว้ที่ ๖,๑๑๒ ล้านล้าน

ลูกบาศก์ฟุต โดยร้อยละ ๕๘ กระจายอยู่ในประเทศต่าง ๆ ๓ ประเทศ คือ รัสเซีย อิหร่าน และกาตาร์ อัตราการผลิตจากปริมาณสำรอง (reserves-to-production) ประเมินไว้ที่ ๖๖.๗ ปี

ส่วนถ่านหิน ปริมาณสำรองประเมินไว้ที่ ๑,๐๐๑ พันล้านตัน โดยอัตราการบริโภคใน ค.ศ. ๒๐๐๓ อยู่ที่ ๕.๔ พันล้านตัน และน่าจะเพิ่มเป็น ๑๐.๖ พันล้านตันใน ค.ศ. ๒๐๓๐ จากปริมาณสำรองที่มีอยู่ ถ้าใช้ด้วยอัตราที่ใช้อยู่ในปัจจุบันจะใช้ไปได้ ๑๘๐ ปี ร้อยละ ๖๗ ของปริมาณสำรองที่มีอยู่ กระจายอยู่ในประเทศต่าง ๆ ๔ ประเทศ คือ สหรัฐอเมริกา รัสเซีย จีน และอินเดีย

จากปริมาณสำรองของเชื้อเพลิงฟอสซิล จะเห็นได้ว่าน้ำมันจะหมดไปเร็วที่สุด และเมื่อน้ำมันมีปริมาณน้อยลง ราคาที่เพิ่มขึ้นจะผลักดันให้อัตราการใช้แก๊สธรรมชาติ และถ่านหินเพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตาม เชื้อเพลิงฟอสซิลย่อมหมดไปในที่สุด การแสวงหาเชื้อเพลิงทดแทนจะต้องพิจารณาถึงลักษณะของความต้องใช้เชื้อเพลิงและประสิทธิภาพในการเปลี่ยนเชื้อเพลิงไปเป็นพลังงาน ความสะดวกในการใช้ ฯลฯ

## ๓. ทำไมต้องเป็นไฮโดรเจน

ในปัจจุบัน พลังงานที่บริโภคกันอยู่ประมาณร้อยละ ๘๘ ได้มาจากเชื้อเพลิงฟอสซิล เป็นผลให้เกิดความคุ้นเคยกับการใช้เชื้อเพลิง

ฟอสซิล รวมทั้งความสะดวกสบายในการใช้ ในขณะที่เชื้อเพลิงและพลังงานทดแทนอื่น ๆ เช่น มวลชีวภาพ (biomass) พลังงานแสงอาทิตย์ พลังงานลม ยังมีปัญหาในการนำมา โดยเฉพาะความสามารถในการควบคุมเพื่อให้ได้ปริมาณของเชื้อเพลิง/พลังงานเท่าที่ต้องการ สำหรับพลังงานนิวเคลียร์ นั้นยังมีปัญหาในความจำกัดของเชื้อเพลิงนิวเคลียร์และปัญหาเรื่องการกำจัดกากนิวเคลียร์ ส่วนไฮโดรเจนเป็นสารที่มีการผลิตเพื่อใช้งานในอุตสาหกรรมอยู่แล้ว นั่นคือถ้าจะนำไฮโดรเจนมาใช้เป็นเชื้อเพลิง จะสามารถควบคุมการผลิตให้ได้ปริมาณเท่าที่ต้องการ การนำไปใช้งานสำหรับผู้บริโภคปลายทาง (end user) อาจไม่มีความจำเป็นในการปรับเปลี่ยนพฤติกรรมที่คุ้นเคยกับการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิล

ไฮโดรเจนเป็นธาตุที่เบาที่สุด และมีมากที่สุดในจักรวาล ไฮโดรเจนเบากว่าอากาศ ๑๔ เท่า สภาพปกติเป็นแก๊ส ไม่มีสี ไม่มีกลิ่น ไม่มีรส และไม่เป็นพิษเมื่อเผาไหม้ร่วมกับออกซิเจนจะได้พลังงานและน้ำ ในด้านพลังงาน ประโยชน์ของไฮโดรเจนอาจสรุปได้ดังนี้<sup>(๒)</sup>

- สามารถใช้งานโดยไม่มีภาวะมลพิษ (non-pollution)
- อาจพัฒนาให้สามารถแข่งขันด้านราคาได้กับเบนซินหรือดีเซล
- ปลอดภัยกว่าเบนซิน ดีเซล หรือแก๊สธรรมชาติ



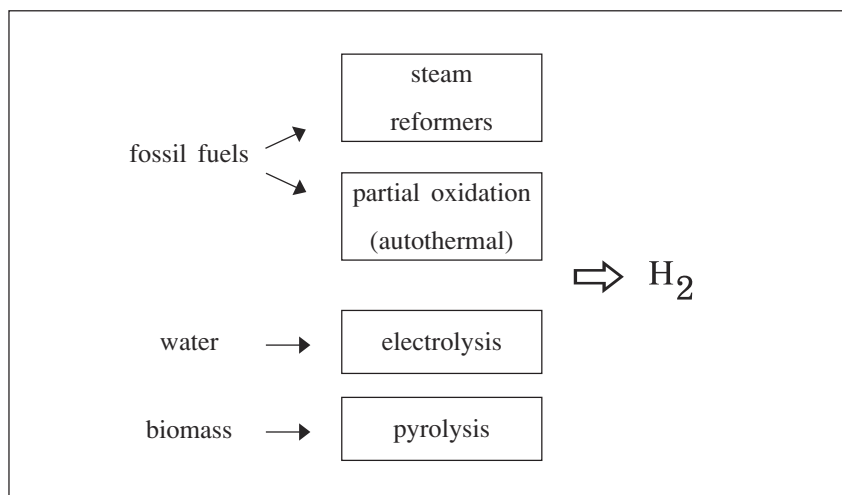
- สามารถลดการสูญเสียปริมาณสำรองของเชื้อเพลิงฟอสซิล
- สามารถผลิตในประเทศใด ๆ ก็ได้

ปัจจุบัน ในสหรัฐอเมริกามีการผลิตไฮโดรเจนปีละประมาณ ๙ ล้านตัน<sup>(๓)</sup> และทั่วโลกผลิตอยู่แล้วประมาณปีละ ๕๐ ล้านตัน เพื่อใช้ในกระบวนการผลิตแอมโมเนีย เมทานอล (methanol) น้ำมันเชื้อเพลิง น้ำมันสำหรับทำความร้อน เชื้อเพลิงจรวด รวมทั้งใช้ในการผลิตปุ๋ย กระจก โลหะ วิตามิน เครื่องสำอาง วงจรไฟฟ้า สบู่ น้ำมันหล่อลื่น ฯลฯ อย่างไรก็ตาม วัตถุดิบหลักที่ใช้ในการผลิตไฮโดรเจนในปัจจุบัน คือ แก๊สธรรมชาติ ซึ่งเป็นเชื้อเพลิงฟอสซิล ดังนั้น การที่จะผลิตไฮโดรเจนเป็นเชื้อเพลิงโดยที่ไม่พึ่งพาเชื้อเพลิงฟอสซิลและต้องผลิตได้ในราคาที่สามารแข่งขันกับเชื้อเพลิงฟอสซิลเมื่อถึงผู้ใช้ปลายทาง ยังต้องการวิจัยและพัฒนาในด้านต่าง ๆ ดังนี้

- การผลิต
  - การนำส่ง (delivery)
  - การเก็บ
  - การเปลี่ยนรูป
  - การใช้งานกับผู้ใช้ปลายทาง
- การผลิตไฮโดรเจน<sup>๓</sup>**

ไฮโดรเจนสามารถผลิตโดยกระบวนการทางความร้อน (electrolytic) การแยกสลายด้วยไฟฟ้า หรือ การแยกสลายด้วยแสง (photolytic) โดยใช้เชื้อเพลิงฟอสซิล มวล

ชีวภาพ หรือน้ำ เป็นวัตถุดิบ อาจใช้พลังงานหมุนเวียน (renewable) และ นิวเคลียร์ในการผลิตไฮโดรเจน โดยใช้วิธีการทางความร้อน หรือ electrolytic กับน้ำ รูปที่ ๑ แสดงทางเลือกในการผลิตไฮโดรเจน



รูปที่ ๑ ทางเลือกในการผลิตไฮโดรเจน

งานทั้ง ๒ ชนิดในช่วงที่ผลิตได้ไว้ในรูปของไฮโดรเจน ส่วนงานวิจัยและพัฒนาด้านมวลชีวภาพที่ดำเนินการอยู่คือ เทคโนโลยีการเปลี่ยนให้เป็นแก๊ส (gasification technology) ซึ่งเป็นเทคโนโลยีที่เปลี่ยนมวลชีวภาพให้เป็นแก๊สไฮโดรเจน ส่วนงานวิจัยและพัฒนาเพื่อผลิตไฮโดรเจนโดยอาศัยพลังงานนิวเคลียร์ ส่วนใหญ่จะใช้กระบวนการ thermo-chemical

**การนำส่ง<sup>๓</sup>**

ไฮโดรเจนที่ผลิตขึ้นใช้ในสหรัฐอเมริกาปัจจุบันเป็นผลผลิตขั้น ๓ สถานที่ที่ต้องการใช้ เช่น การผลิตเคมีภัณฑ์ หรือการ

ในปัจจุบันการผลิตไฮโดรเจนจากเชื้อเพลิงฟอสซิลเป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพในเชิงต้นทุนมากที่สุด การแยกน้ำด้วยไฟฟ้าอาจใช้ไฟฟ้าที่ได้จากพลังงานแสงอาทิตย์หรือพลังงานลมซึ่งจะเป็นการเก็บพลัง

เพิ่มเกรดเชื้อเพลิง มีเพียงร้อยละ ๑๗ ที่ผลิตขึ้นสำหรับจำหน่าย โดยการนำส่งไปยังผู้ใช้จะผ่านทางระบบท่อ (pipeline) หรือบรรจุใส่ถัง การนำส่งโดยผ่านระบบท่อจะเป็นวิธีการที่มีประสิทธิภาพที่สุด แต่ก็มีปัญหาเกี่ยวกับท่อที่ทำจากเหล็ก มักแตกหักจาก “hydrogen embrittlement” ซึ่งต้องมีการวิจัยและพัฒนาเพื่อแก้ไขต่อไป

**การเก็บ<sup>๓</sup>**

ไฮโดรเจนสามารถเก็บได้ในสถานะที่เป็นแก๊สหรือของเหลว หรือในลักษณะของสารประกอบทางเคมี โดยใช้เทคโนโลยีหลากหลายชนิด เทคโนโลยีที่นิยมใช้เป็นการเก็บ



ไฮโดรเจนในสภาพแก๊ส โดยบรรจุไว้ในถังที่ทนแรงอัด เพราะการบรรจุแก๊สไฮโดรเจนต้องอัดด้วยแรงดันสูง พัฒนาการด้านวัสดุศาสตร์ในปัจจุบันสามารถผลิตถังบรรจุแก๊สไฮโดรเจนโดยใช้วัสดุที่มีน้ำหนักเบาและทนแรงอัดได้สูง

ส่วนการเก็บไฮโดรเจนในลักษณะของเหลวต้องเก็บไฮโดรเจนในสภาวะเย็นเย็ดยิ่ง (cryogenic condition) และเนื่องจากอยู่ในสภาพของเหลว ถังบรรจุจะมีขนาดเล็กกว่ากรณีที่เกิดขึ้นเป็นแก๊ส แต่การทำให้เป็นของเหลวต้องการพลังงานไฟฟ้าสูงมาก โดยเฉลี่ยประมาณ ๑ ใน ๓ ของค่าพลังงานที่ได้จากไฮโดรเจน

การเก็บไฮโดรเจนในสภาพของแข็ง กระทำได้โดยการเปลี่ยนเป็นสารประกอบในโลหะไฮไดรด์ (metal hydride) ซึ่งอาจอยู่ในภาวะผันกลับได้ (reversibly) หรือผันกลับไม่ได้ (irreversibly) โดยเมื่อต้องการใช้ไฮโดรเจน การให้ความร้อนและความดันจะทำให้ไฮไดรด์ปล่อยไฮโดรเจนออกมา และโลหะจะกลับไปอยู่ในสภาพของโลหะผสมก่อนทำให้เป็นโลหะไฮไดรด์ ในกรณีที่น่าไฮโดรเจนออกจากไฮไดรด์ในภาวะผันกลับไม่ได้ โลหะไฮไดรด์จะทำปฏิกิริยาเคมีกับสารอย่างอื่น เช่น น้ำ ซึ่งทำให้ไฮไดรด์ปล่อยแก๊สไฮโดรเจนออก และหลังปฏิกิริยาเคมีจะไม่ได้โลหะผสมกลับมาในสภาพเดิม ขณะนี้ได้มีงานวิจัยที่จะเก็บ

ไฮโดรเจนโดยอาศัยคาร์บอนเป็นตัวดูดซับไว้แล้วปล่อยออกไฮโดรเจนที่ความร้อนและความดัน

### การเปลี่ยนรูป<sup>๖</sup>

การเปลี่ยนรูปไฮโดรเจนไปเป็นพลังงาน อาจกระทำได้โดยผ่านกระบวนการเผาไหม้ (combustion) ตามปกติ หรือโดยกระบวนการทางเคมีไฟฟ้าในเซลล์เชื้อเพลิง

การเผาไหม้ไฮโดรเจนไปเป็นพลังงานอาจกระทำได้เช่นเดียวกับกระบวนการเผาไหม้ของเบนซินหรือแก๊สธรรมชาติ เทคโนโลยีการเผาไหม้ไฮโดรเจนนี้มีใช้ในโครงการด้านอวกาศของ NASA และกระทรวงกลาโหมของสหรัฐอเมริกา เช่น ใช้ในเครื่องยนต์หลักของกระสวยอวกาศและเครื่องยนต์ของจรวด ปัจจุบันมีงานวิจัยและพัฒนาเครื่องยนต์เผาไหม้ภายในที่ใช้ไฮโดรเจนเป็นเชื้อเพลิง เช่น บริษัท Ford และ BMW ได้มีการพัฒนาเครื่องยนต์ “Hydrogen Internal Combustion Engine (H<sub>2</sub>-ICE)” สำหรับยานยนต์

การเปลี่ยนรูปจากไฮโดรเจนไปเป็นพลังงานโดยใช้เซลล์เชื้อเพลิงเป็นการใช้พลังงานเคมีของไฮโดรเจนในการผลิตไฟฟ้าและความร้อน เนื่องจากพลังงานที่ได้เป็นปฏิกิริยาทางเคมีไฟฟ้า (electrochemical reaction) ซึ่งมีประสิทธิภาพสูงกว่าการเผาไหม้ ปัจจุบันประสิทธิภาพของเซลล์เชื้อเพลิงอยู่ที่ร้อยละ ๔๐-๕๐ และสามารถเพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ ๘๐ เมื่อใช้ในระบบความร้อนร่วม

ไฟฟ้า (combined heat and power) หน้าที่ของเซลล์เชื้อเพลิงก็คือผลิตไฟฟ้าและความร้อนจากไฮโดรเจน เทคโนโลยีที่ใช้มีหลายแบบ แต่แบบที่ได้รับความสนใจในการพัฒนาสำหรับใช้กับระบบขนส่ง การผลิตไฟฟ้า ฯลฯ คือ เซลล์เชื้อเพลิง “Proton Exchange Membrane, (PEM)”

### ความปลอดภัย<sup>๗</sup>

ไฮโดรเจนมีจุดที่ลุกเป็นไฟได้เอง (auto ignition temperature) ที่ ๕๕๐ องศาเซลเซียส สูงกว่าเบนซินซึ่งอยู่ประมาณ ๒๒๘-๕๐๑ องศาเซลเซียส โดยที่ไฮโดรเจนเบากว่าอากาศมาก เมื่อมีการรั่วออกไฮโดรเจนจะกระจายตัวขึ้นไปในอากาศอย่างรวดเร็ว และเมื่อเกิดการไหม้ เปลวไฟจะขึ้นข้างบนและจะหมดไปอย่างรวดเร็ว ซึ่งต่างกับเบนซินและดีเซล ซึ่งไอของมันหนักกว่าอากาศจึงลุกไหม้อยู่นานกว่า นอกจากนั้น ไฮโดรเจนยังไม่เป็นพิษกับมนุษย์และสิ่งแวดล้อม ในขณะที่น้ำมันปิโตรเลียมทั้งหมดเป็นพิษแก่มนุษย์

ในอดีตเคยมีการใช้ไฮโดรเจนสำหรับการขนส่งทางอากาศ แต่เนื่องจากอุบัติเหตุที่เกิดขึ้นแก่อากาศยาน “Hindenburg” ที่รัฐนิวเจอร์ซีย์ สหรัฐอเมริกา เมื่อ ค.ศ. ๑๙๓๗ ทำให้ไม่มีการนำไฮโดรเจนไปใช้ประโยชน์ทางการขนส่งตั้งแต่นั้นมา ภายหลังได้มีการพิสูจน์พบว่า



- ไฮโดรเจนไม่ได้เป็นสาเหตุของไฟไหม้ที่ถุกบรรจุไฮโดรเจน (แก๊สที่ทำให้อากาศยานลอยตัว) ไฟที่เกิดขึ้นเกิดจากการจุดระเบิดของสารที่ใช้เคลือบถุกบรรจุ เนื่องจากใช้ส่วนผสมระหว่างเหล็กออกไซด์ดำและอะลูมิเนียมสะท้อนแสง เมื่อถูกฟ้าผ่าสั้ดงกล่าวจึงระเบิดขึ้น

- เมื่อไฮโดรเจนเกิดการลุกไหม้ระยะเวลาที่ไหม้ไฟ คือ ๖๐ วินาที ในขณะที่น้ำมันดีเซลที่เก็บไว้บนอากาศยานไหม้ไฟอยู่ ๑๐ ชั่วโมง

- ในผู้โดยสารทั้ง ๓๕ คน นั้นเสียชีวิต ๓๓ คน เนื่องจากการตกจากที่สูง มีเพียง ๒ คนที่ถูกไฟคลอกตาย

#### ๔. ความเป็นไปได้ในการเป็นเชื้อเพลิงทดแทน

ทางเทคนิค ไฮโดรเจนสามารถใช้เป็นเชื้อเพลิงทดแทนเชื้อเพลิงฟอสซิลได้ แต่การที่จะสามารถใช้ทดแทนได้จริงยังต้องขึ้นกับราคาของไฮโดรเจนและราคาของอุปกรณ์ในการเปลี่ยนไฮโดรเจนไปเป็นพลังงานเพื่อใช้ประโยชน์

ปัจจุบัน การผลิตไฮโดรเจนที่ถูที่สุดได้จากกระบวนการ “steam methane reforming” จากแก๊สธรรมชาติ ตารางที่ ๑ แสดงราคาประเมินของการผลิตไฮโดรเจนจากแก๊สธรรมชาติ เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงราคาของแก๊สธรรมชาติ และขนาดของโรงงานที่ผลิต

เกี่ยวกับราคาของไฮโดรเจนที่ผลิตได้ยังไม่รวมภาษีและอยู่ในสภาพแก๊สนั้น ถ้าจะทำให้ไฮโดรเจนเป็นของเหลวต้องเพิ่มค่าใช้จ่ายประมาณ ๑.๓-๓ เหรียญสหรัฐ/กิโลกรัม เมื่อรวมถึงค่าใช้จ่ายในการขนส่งภาษี ฯลฯ ราคาของไฮโดรเจนอาจสูงถึง ๗.๓ เหรียญสหรัฐ/กิโลกรัม โดยที่ ๑ กิโลกรัม อาจเทียบเท่า ๑ แกลลอนเบนซินเทียบเท่า (gasoline gallon equivalent, gge.) นั่นคือราคาไฮโดรเจนเป็น ๗.๓ เหรียญสหรัฐ/gge. ขณะที่ราคาของเบนซินในสหรัฐอเมริกาอยู่ที่ประมาณ ๓.๑๕ เหรียญสหรัฐ/gge. ราคานี้จึงไม่ดึงดูดใจให้ผู้ใช้หันไปใช้ แต่ราคานี้ในสหภาพยุโรป ไฮโดรเจนจะ

ตารางที่ ๑ แสดงราคาประเมินของการผลิตไฮโดรเจนจากแก๊สธรรมชาติ เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงราคาของแก๊สธรรมชาติและขนาดของโรงงานที่ผลิต

Bulk H <sub>2</sub> gas costs, 2004 USD			
NG price, \$/GJ	Plant size, tons/day	Plant Cost, \$	H <sub>2</sub> gas const, \$/kg
3.5	22	23 M	1.8
7.0	22	23 M	2.4
15.0	22	23 M	4.1
3.5	80	44 M	1.2
7.0	80	44 M	1.9
15.0	80	44 M	3.0
3.5	600	210 M	0.7
7.0	600	210 M	1.0
15.0	600	210 M	2.7

หมายเหตุ : GJ = Gigajoules



สามารถแข่งขันกับเบนซินได้ เพื่อช่วยให้มีการวิจัยและพัฒนาวิธีการผลิต การนำส่ง และการเก็บ ซึ่งจะช่วยลดราคาไฮโดรเจนลงมาแข่งขันได้ในตลาดสหรัฐอเมริกา กระทรวงพลังงานสหรัฐอเมริกา (Department

of Energy, DOE) ได้กำหนดเป้าหมายของราคาไฮโดรเจนที่มีการนำส่งโดยไม่รวมภาษี สำหรับ ค.ศ. ๒๐๑๕ ไว้ที่กิโลกรัมละ ๒-๓ เหรียญสหรัฐ/gge. (<http://www.eere.energy.gov>)

ตารางที่ ๒ แสดงปริมาณเทียบเท่าเชิงความร้อนขั้นต่ำ (lower heating value หรือ net calorific value) ของเชื้อเพลิงประเภทต่าง ๆ เทียบกับไฮโดรเจน (<http://www.pnl.gov>)

ตารางที่ ๒ ปริมาณเทียบเท่าเชิงความร้อนของเชื้อเพลิงประเภทต่าง ๆ เทียบกับไฮโดรเจน

	Hydrogen (kg)	Natural Gas (million cubic feet)	Crude Oil (barrel)	Conventional Gasoline (gallon)	Reformulated Gasoline (RFG) (gallon)	California RFG (gallon)	U.S. Conventional Diesel (gallon)	Low-Sulfur Diesel (gallon)
Hydrogen, 1 kg =	1	0.000117	0.0211	0.992	1.014	1.011	0.896	0.889
Natural Gas, 1 million cubic feet =	8538	1	180.5	8468	8653	8628	7653	7591
Crude Oil, 1 barrel =	47.30	0.00554	1	46.91	47.94	47.80	42.4	42.06
Conventional Gasoline, 1 gallon =	1.008	0.000118	0.0213	1	1.022	1.019	0.904	0.897
Reformulated Gasoline (RFG), 1 gallon =	0.987	0.000116	0.0209	0.979	1	0.997	0.884	0.877
California RFG, 1 gallon =	0.989	0.000116	0.0209	0.981	0.003	1	0.887	0.88
U.S., Conventional Diesel, 1 gallon =	1.116	0.000131	0.0236	1.106	1.131	1.127	1	0.992
Low - Sulfur Diesel, 1 gallon =	1.125	0.000132	0.0238	1.115	1.140	1.137	1.008	1

Note :

The following unit conversion factors are used in the calculations :

1 kg = 2.2046 lb

1 barrel = 42 gallons

Source :

The above table is based on values in the GREET Transportation Fuel Cycle Analysis Model

จากค่าในตารางที่ ๒ จะเห็นว่า ถ้าใช้ไฮโดรเจนเป็นเชื้อเพลิงทดแทนน้ำมันดิบที่วันละ ๑๐๐ ล้านบาร์เรล จะต้องผลิตไฮโดรเจนวันละ ๔,๗๓๐ ล้านกิโลกรัม หรือ ๑,๗๒๖,๔๕๐ ล้านกิโลกรัม/ปี (ประมาณ ๓๕ เท่าของปริมาณไฮโดรเจนที่ผลิตอยู่ในปัจจุบัน) ซึ่งถ้าทำนายการทดแทนที่ประมาณร้อยละ ๑๐ จะเห็นได้ว่า ที่ราคาไฮโดรเจน ๒ เหรียญสหรัฐ/กิโลกรัม

ธุรกิจนี้มีขนาด ๓-๔ แสนล้านเหรียญสหรัฐ/ปี บริษัทผู้ผลิตน้ำมันรายใหญ่อย่าง Shell, Chevron และ BP จึงสนใจในธุรกิจอย่างยิ่ง ขนาดธุรกิจที่ใหญ่ขนาดนี้จะช่วยผลักดันให้มีการวิจัยและพัฒนาให้มีการผลิตไฮโดรเจนที่ถูกลง รวมทั้งปริมาณน้ำมันที่จะมีน้อยลงไปเรื่อย ๆ ก็จะผลักดันให้ราคาน้ำมันสูงขึ้น จนกระทั่งไฮโดรเจนสามารถแข่งขันได้ สำหรับลูกค้าหลักก็คงจะได้แก่ ภาคการ

ขนส่ง ซึ่งเป็นผู้บริโภคหลักของน้ำมันจากการคาดการณ์ของทั้งผู้ผลิตยานยนต์และผู้ผลิตน้ำมัน มีความเป็นไปได้มากที่ไฮโดรเจนจะกลายเป็นเชื้อเพลิงสำหรับอนาคต

## ๕. สรุป

จากความจำเป็นที่ต้องแสวงหาเชื้อเพลิงใหม่มาใช้แทนเชื้อเพลิงฟอสซิลที่กำลังจะหมดไป ไฮโดรเจนเป็นเชื้อเพลิงที่มีการค้นพบและใช้



งานในด้านต่าง ๆ ในอุตสาหกรรม เทคโนโลยีทั้งด้านการผลิต การนำส่ง การเก็บ การเปลี่ยนรูปมีอยู่แล้ว และสามารถพัฒนาให้มีราคาที่ใช้สามารถยอมรับได้ รวมทั้งอาจควบคุมให้มีการนำไปใช้อย่างปลอดภัยจากการที่ประเทศอุตสาหกรรมอย่าง

สหรัฐอเมริกาได้ลงทุนกับเทคโนโลยีต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับไฮโดรเจน ทั้งการผลิต การนำส่ง การเก็บ การเปลี่ยนรูปและการใช้งาน ในอนาคตไฮโดรเจนน่าจะเป็นเชื้อเพลิงที่จะได้ใช้งานในชีวิตประจำวัน โดยเฉพาะในด้านการขนส่ง.

#### เอกสารอ้างอิง

๑. “International Energy Outlook 2006.”, Energy Information Administration, Department of Energy, U.S.A.
๒. “Hydrogen Facts”, <http://www.hydrogennow.org>.
๓. “A National Vision of American’s Transition to a Hydrogen Economy-To 2030 and Beyond”, Department of Energy, U.S.A., February 2002.
๔. Doty FD. “A Realistic Look at Hydrogen Price Projection”. <http://www.altenergyaction.org>.

#### Abstract

#### Hydrogen: Fuel for the Future

*Sirichan Thongprasert*

*Associate Fellow of the Academy of Science, The Royal Institute, Thailand*

*Manit Thongprasert*

*Faculty of Engineering, Chulalongkorn University, Bangkok, Thailand*

With fossil fuels in limited supply, the ever-increasing consumption of this commodity cause problems on global warming. An increasing supply of clean pollution free energy will be required for environmentally sustainable growth of world production to meet human needs. Hydrogen has great potential as an environmentally clean energy fuel. Before hydrogen can play a bigger energy role and become widely used, new facilities to make hydrogen, store it and move it will be needed.

*Key words:* hydrogen, clean energy, alternative fuel

