ไฮโดรเจน

เชื้อเพลิงสำหรับอนาคต

HYDROGEN The FUEL for the Future

น.อ.สมสุข ลีละบุตร
รองผู้อำนวยการกองวิชาฟิสิกส์และเคมี
ฝ่ายศึกษา โรงเรียนนายเรือ

สถานการณ์ของโลกที่เกิดขึ้นอย่างสอดคล้องกัน กำลังจะเตือนให้รู้ว่า แหล่งพลังงานต่าง ๆ กำลังจะถึงจุดวิกฤติ พลังงานอย่างหนึ่งที่น่าจับตามองได้แก่ ไฮโดรเจน พลังงานสะอาดที่เป็นพื้นฐานทางเศรษฐกิจในการผลิตกระแสไฟฟ้า ซึ่งอาจจะต้องใช้ต้นทุนที่สูงขึ้นในอนาคต

ในสหรัฐอเมริกา เชื้อเพลิงไฮโดรเจนเป็นเทคโนโลยีที่ใช้กันอย่างแพร่หลายในโครงการอวกาศขององค์การนาซา ซึ่งนับว่ามีคุณประโยชน์ต่อสหรัฐอเมริกาในอนาคตอันใกล้นี้

ก๊าซไฮโดรเจนเป็นก๊าซที่เล็กที่สุด เป็นธาตุที่พบในธรรมชาติในรูปของสารประกอบต่าง ๆ เช่น ก๊าซธรรมชาติ มีธานอล ถ่านหิน ชีวมวล และน้ำ ที่สามารถผลิตมาใช้ประโยชน์ภายในบ้าน ซึ่งช่วยให้สหรัฐอเมริกาลดการนำเข้าน้ำมันเชื้อเพลิงจากต่างประเทศได้เป็นอย่างดี

ก๊าซไฮโดรเจน เป็นพลังงานที่สามารถนำไปผลิตกระแสไฟฟ้า เป็นระบบพลังงานพื้นฐานอย่างยั่งยืนของโลกที่นำกลับมาใช้ใหม่ ก๊าซไฮโดรเจนสามารถทำได้อย่างปลอดภัยไม่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม และนำไปใช้ประโยชน์ได้หลายอย่าง เช่น ใช้กับเครื่องยนต์ทำให้ปราศจากมลพิษ ให้ความร้อนภายในบ้านและสำนักงาน รวมทั้งเป็นเชื้อเพลิงในเครื่องบิน

ความสนใจพลังงานไฮโดรเจนถูกกระตุ้น จากความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของโลก ไฮโดรเจนผลิตได้โดยเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ดูเหมือนจะเป็นรูปธรรมมากยิ่งขึ้น หลักการที่นำมาสร้างคือ เครื่องกำเนิดกระแสไฟฟ้าที่ได้จากพลังงานแสงอาทิตย์อย่างไม่มีขีดจำกัด สามารถ นำมาผลิตสิ่งต่าง ๆ ได้มากมาย ตัวอย่างเช่น ในด้านการขนส่ง โดยสามารถสะสมเชื้อเพลิงไว้ได้ง่าย ไม่เกิดมลพิษต่อสิ่งแวดล้อม

ต้นทุนการผลิตสูงเป็นอุปสรรคสำคัญปัจจัยหนึ่ง เป็นความท้าทายต่อวิศวกรและนักประดิษฐ์คิดค้นอย่างมากที่จะค้นคิดเทคนิคการผลิต เพื่อลดต้นทุนดังกล่าว

พลังงานที่นำมาใช้ไม่มีแหล่งทรัพยากรทางธรรมชาติโดยตรง ก๊าซไฮโดรเจนผลิตขึ้นโดยหลักการแยกธาตุของน้ำ หรือ การสกัดจากก๊าซธรรมชาติโดยผ่านขบวนการไอน้ำ ตลาดการค้าหลักสำหรับก๊าซไฮโดรเจนคือปิโตรเคมีและอุตสาหกรรมการผลิตปุ๋ย องค์การนาซา (The National Aeronautics and

Space Administration NAZA) ได้นำก๊าซไฮโดรเจนมาใช้ในกระสวยอวกาศ โดยเซลเชื้อเพลิงจะรวมก๊าซไฮโดรเจนและออกซิเจนเกิดเป็นน้ำและให้กระแสไฟฟ้า สำหรับให้ลูกเรือในยานอวกาศได้ดื่มกิน

ไฮโดรเจนจากน้ำ (Hydrogen From Water) โดยส่วนใหญ่จะใช้วิธีการ electrolysis แยกน้ำด้วยกระแสไฟฟ้าเกิดก๊าซไฮโดรเจนที่ขั้วแคทโทด (cathode) และก๊าซออกซิเจนที่ขั้วแอโนด (anode) ดังสมการ

ANODE (OXIDATION)

$$H_2O \rightarrow \frac{1}{2}O_2(g) + 2H^+ + 2e^-$$

CATHODE (REDUCTION)

$$2e^- + 2H_2O \rightarrow H_2(g) + 2OH^-$$

ซึ่งยังมีวิธีการอื่น ๆ ในการผลิตก๊าซไฮโดรเจน ดังเช่น

- Thermochemical water แยกโดยใช้สารเคมี เช่น โบรมีน หรือไอโอดีน โดยใช้ความร้อนแยกโมเลกุลของน้ำ
- Photolysis โมเลกุลของน้ำถูกแยกโดยแสง ซึ่งมีตัวเร่งคะตะไลส์ ปฏิกิริยามีลักษณะเหมือนการสังเคราะห์แสง (Photosynthesis)
- Biological and photo biological นอกจากจะแยกน้ำให้เกิดก๊าซไฮโดรเจนแล้ว ยังช่วยกำจัดมลพิษในน้ำด้วย

ความก้าวหน้าและโอกาส (Advantages and Opportunities)

มีความก้าวหน้าและโอกาสที่นำก๊าซไฮโดรเจนมาใช้เป็นเชื้อเพลิงเหมือนอย่างการใช้เชื้อเพลิงในอดีตที่ผ่านมา

ผลิตภัณฑ์ของไฮโดรเจนจากกระแสไฟฟ้าผ่านลงไปในน้ำหรือจากชีวมวล สามารถจะลดการนำเข้าของน้ำมันปิโตรเลียมได้ องค์กรพลังงานของสหรัฐอเมริกา (Department of Energy, DOE) ได้ตั้งเป้าหมายการใช้พลังงานไฮโดรเจน ๑๐% ของพลังงานทั้งหมด ในปี ค.ศ.๒๐๒๕ การนำเข้าน้ำมันจะลดลงประมาณครึ่งหนึ่ง

ไฮโดรเจนสามารถรวมกับก๊าซโซลีน อีธานอล เมธานอล หรือก๊าซธรรมชาติ โดยเติมไฮโดรเจนลงในก๊าซโซลีน ๕% อากาศจะผสมภายในห้องสันดาปสามารถลดไนโตรเจนออกไซด์ (NO_X) ลงประมาณ ๓๐% - ๔๐% เครื่องยนต์ที่ถูกปรับเปลี่ยนมาใช้ก๊าซไฮโดรเจนบริสุทธิ์ จะเกิดน้ำและจำนวนไนโตรเจนออกไซด์ (NO_X) เพียงเล็กน้อยที่เกิดจากการเผาไหม้

ในสหรัฐอเมริกา ปี ค.ศ.๑๙๙๘ รถยนต์นั่งที่ออกสู่ตลาด ที่ไม่ก่อให้เกิดมลพิษมีเพียง ๒% ของส่วนแบ่งการตลาดเป็นรถที่ขับเคลื่อนด้วยพลังงานไฟฟ้าโดยใช้เซลเชื้อเพลิงไฮโดรเจน (เป็นแบตเตอรี่ซึ่ง

เกิดปฏิกิริยาการรวมตัวของก๊าซไฮโดรเจนและก๊าซออกซิเจน และเกิดกระแสไฟฟ้าขึ้น) หรือพลังงานที่เกิดจากการสันดาปเชื้อเพลิงไฮโดรเจนในห้องเผาไหม้เครื่องยนต์

ก๊าซไฮโดรเจน สามารถผลิตจากแหล่งทรัพยากรได้หลายชนิดซึ่งอาจจะเป็นแนวทางใหม่ สำหรับเศรษฐกิจในอนาคต เนื่องจากสามารถนำพลังงานไฮโดรเจนไปใช้สร้างผลกำไรในด้านเกษตรกรรม อุตสาหกรรม การขนส่ง และการบริการต่าง ๆ ได้อย่างกว้างขวาง

เทคโนโลยีและเศรษฐกิจของก๊าซไฮโดรเจน (Technological and economic constrains of hydrogen)

ถ้าก๊าซไฮโดรเจนก่อให้เกิดผลดีต่อเศรษฐกิจ ทำไมเราจึงไม่ใช้ก๊าซไฮโดรเจนอย่างกว้างขวาง ในด้านเทคโนโลยีเศรษฐกิจรวมถึงความปลอดภัย รูปแบบของเชื้อเพลิง การผลิตและการเก็บรักษา โครงสร้างพื้นฐานของชาติไม่ได้นำไฮโดรเจนมาเป็นพื้นฐานทางเศรษฐกิจ เพราะว่าต้นทุนการผลิตไฮโดรเจนยังสูงกว่า เชื้อเพลิงที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน

ยานพาหนะที่เหมาะสมกับก๊าซไฮโดรเจน (Fleet vehicles well suited to hydrogen)

ไฮโดรเจนถูกนำไปผสมกับเชื้อเพลิงชนิดอื่น ๆ ซึ่งใช้กับรถโดยสารในเมือง ในกรณีของเชื้อเพลิงเดิมที่ใช้กับเครื่องยนต์อาจจะปลดปล่อยมลพิษออกมาด้วย เช่น เครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซล

โดยทั่วไปแล้วรถโดยสารที่เหมาะสมกับเชื้อเพลิงแบบเก่า รถยนต์โดยสารที่ใช้วิ่งบนเส้นทางราบระยะสั้น ๆ ซึ่งออกแบบให้มีพื้นที่ว่างสำหรับรองรับผู้โดยสารอย่างเหมาะสม และรถยนต์โดยสารที่วิ่งระหว่างเมืองได้รับการปรนนิบัติบำรุงตามระยะเวลา เป็นปัจจัยหนึ่งที่สามารถให้การบริการที่สะดวกสบายยิ่งขึ้น

อย่างไรก็ตามไม่ว่าใช้เครื่องยนต์ที่ใช้เชื้อเพลิงแบบเก่าหรือแบบผสม สำหรับระบบการขนส่งแล้วยังคงมีปัจจัยพื้นฐานอื่น ๆ เช่น คุณภาพของน้ำมันเชื้อเพลิง ขนาดของรถยนต์โดยสาร คุณลักษณะเฉพาะ (Specific) ของความต้องการทางสิ่งแวดล้อม ซึ่งเป็นปัจจัยหนึ่งในการตรวจสอบเทคโนโลยีที่ทำให้อากาศบริสุทธิ์ จะเป็นทางเลือกที่ดีที่สุด นอกจากนี้ปัจจัยต้นทุนและงบประมาณ สถานที่บริการน้ำมัน การปรนนิบัติบำรุง และเครื่องยนต์ที่สมบูรณ์แบบ มักจะถูกพิจารณาก่อนการตัดสินใจ ก่อนการใช้เครื่องยนต์เชื้อเพลิงแบบผสม ซึ่งเป็นทางเลือกที่ดีที่สุด สำหรับใช้ในแต่ละกรณี

ไฮโดรเจน คือ แหล่งพลังงาน สำหรับสาธารณประโยชน์ (hydrogen as a source of power for public utilities)

ไฮโดรเจนสามารถใช้เป็นแหล่งกำเนิดของพลังงานที่สามารถนำไปผลิตกระแสไฟฟ้า สถานภาพของก๊าซไฮโดรเจนยังสามารถเก็บสะสมได้เหมือนอย่างก๊าซอื่น ๆ ในอุตสาหกรรม สามารถขนส่งตามท่อ

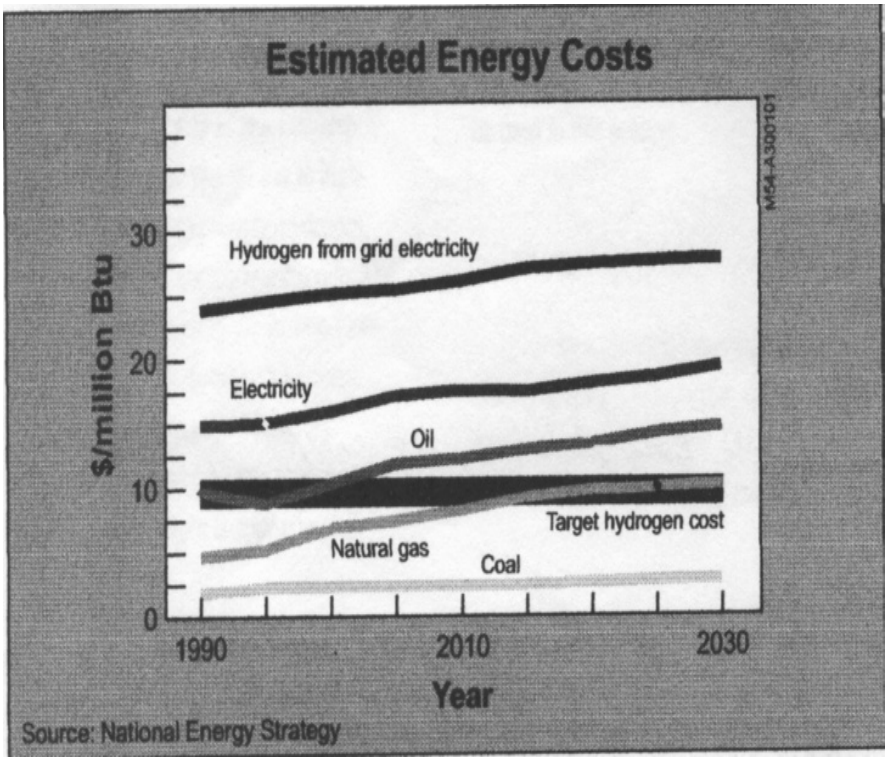
ก๊าซธรรมชาติในระยะทางยาวต้องใช้ต้นทุนมากกว่า การส่งผ่านกระแสไฟฟ้าแรงสูง ผู้วิจัยได้ประมาณการการลงทุนไว้ว่าการส่งไฮโดรเจนไปตามท่อจะแพงกว่าการส่งกระแสไฟฟ้า ๑/๔เท่าในระยะทาง ที่เท่ากัน

ศักยภาพในการจัดหาพลังงาน (Energy Supply Potential)

การใช้ไฮโดรเจนแทนเชื้อเพลิงอื่น ความต้องการในโครงสร้างพื้นฐาน สำหรับเก็บสำรองสะสมและการนำไปใช้ประโยชน์

ขบวนการผลิตไฮโดรเจนซึ่งมีเพียงไม่กี่โครงการที่ถูกตรวจสอบศึกษาวิจัยและพัฒนาโครงการบนพื้นฐานของสภาพสิ่งแวดล้อมที่ดีนั้น ไฮโดรเจนอาจเป็นทางเลือกสำหรับประเทศอุตสาหกรรมในอนาคต

พลังงานที่เกี่ยวข้องระหว่างไฮโดรเจนและกระแสไฟฟ้าซึ่งกำหนดโดยกฎของฟิสิกส์ ถ้าไม่มีการสูญเสีย ๑ กิโลวัตต์ชั่วโมง (KWh) ของกระแสไฟฟ้า จะต้องใช้ ๓๔๑๒ บีทียู ของไฮโดรเจน (หรือประมาณ ๑๑ ลูกบาศก์ฟุต) ต้นทุนราคาประมาณ ๑.๑๕ ดอลลาร์/KWh (อัตราเฉลี่ยของการลงทุนในอุตสาหกรรม) แต่ถ้ามีการสูญเสียพลังงาน ; 1 million Btu ของไฮโดรเจน จะผลิตกระแสไฟฟ้าโดยเสียค่าใช้จ่ายประมาณ ๑๕ ดอลลาร์ ของพลังงานไฟฟ้า เมื่อผลผลิตมีประสิทธิภาพไม่เพียงพอต่อความต้องการ การลงทุนในขบวนการอื่น ๆ จึงต้องนำมาพิจารณาด้วยเช่น ต้นทุนของไฮโดรเจนในการผลิตกระแสไฟฟ้าประมาณ ๓๐ ดอลลาร์/ million Btu ต้นทุนจากก๊าซธรรมชาติประมาณ ๓ ดอลลาร์/million Btu ก๊าซโซลีน ๑.๑๐ ดอลลาร์/แกลลอน ดังแผนภาพด้านล่างนี้



อย่างไรก็ตาม มีความเป็นไปได้ที่เชื้อเพลิงไฮโดรเจนสามารถนำมาผลิตในลักษณะเช่นนี้ได้สามารถที่จะรับการขยายตัวมากขึ้น นอกจากนี้ความต้องการไฟฟ้าพื้นฐานเป็นส่วนที่ช่วยให้เพิ่มระดับการผลิตให้สูงขึ้น และทำให้ความต้องการการใช้กระแสไฟฟ้าจากผลผลิตไฮโดรเจนไม่มีที่สิ้นสุด โดยเฉพาะการออกแบบพลังงานแสงอาทิตย์ หรือการนำกระแสไฟที่ได้จากระบบไฮโดรเจนกลับมาใช้ใหม่ ทำให้เกิดความก้าวหน้าในการใช้ทรัพยากรในระดับท้องถิ่นเพิ่มมากขึ้น ระดับทรัพยากรท้องถิ่นที่สูงขึ้นสามารถกำหนดความต้องการใช้ปริมาณไฮโดรเจนภายในพื้นที่ ๆ แน่นอน อิเล็กโตรไลซีส จะเป็นวิธีสุดท้าย สำหรับพื้นที่บริการกระแสไฟฟ้าที่ไม่สามารถส่งก๊าซไฮโดรเจนโดยวิธีการปกติ กระแสไฟฟ้าจากไฮโดรเจน เปรียบเหมือนการให้บริการเสริมของการตลาดที่กระทำโดยฉับพลัน โดยอิทธิพลการตลาดด้านเศรษฐกิจความยินดีที่จะจ่ายค่าพรีเมี่ยม สำหรับสิ่งแวดล้อม ความมั่นคงของชาติหรือท้องถิ่นที่มีแหล่งทรัพยากรและมีแนวโน้มความต้องการใช้มากขึ้น ดังนั้นการใช้อิเล็กโตรไลซีสสำหรับไฮโดรเจน จึงจะมีการพิจารณา ด้านกลยุทธทางการค้าในอีกหลายปีข้างหน้า ซึ่งไม่ได้คาดหวังว่าจะกลับนำมาลงทุนใหม่ (R&D) แต่จะสนับสนุนด้านกิจกรรมการขนส่ง

ผลิตภัณฑ์ (Production)

วิธีการเลือกผลิตภัณฑ์ จะขึ้นอยู่กับปริมาณและความต้องการความบริสุทธิ์ของไฮโดรเจน

Natural Gas Steam Reforming : ขั้นตอนแรกของขบวนการ คือ การระเบิดก๊าซธรรมชาติโดยเพิ่มอุณหภูมิไอน้ำได้ผลผลิตเป็นก๊าซไฮโดรเจน CO และ CO_2

ขั้นตอนที่ ๒ เปลี่ยน CO $\xrightarrow[\text{ไอน้ำ}]{H_2O}$ $H_2 + CO_2$

ก๊าซไฮโดรเจนส่วนใหญ่ที่ถูกผลิตขบวนการนี้จะได้ผลผลิต (yield) ประมาณ ๗๐% - ๙๐%

Electrolysis : พลังงานไฟฟ้าจะถูกใช้แยกน้ำ เกิดก๊าซไฮโดรเจนและก๊าซออกซิเจน

($2H_2O$+electricity → $2\ H_2 + O_2$) แหล่งพลังงานที่ใช้ผลิตกระแสไฟฟ้า เช่น แสงอาทิตย์ ลมและพลังน้ำ สามารถนำมาใช้ในขบวนการนี้ได้

Photoelectrolysis : คือขบวนการที่แสงอาทิตย์ถูกดูดกลืนในสารกึ่งตัวนำ (Semi conductor) แยกน้ำเกิดก๊าซไฮโดรเจนและออกซิเจน

Biomass Gasification and Pyrolysis : ผลิตภัณฑ์ไฮโดรเจน เกิดจากอุณหภูมิสูงของก๊าซ และขบวนการคายความร้อนของชีวมวลที่อุณหภูมิต่ำ (รวมถึง เศษไม้ และป่าไม้ กากของเสียจากเกษตรกรรม) เทคโนโลยีนี้เป็นการใช้ประโยชน์จากเชื้อเพลิงซากสิ่งมีชีวิต (fossil fuels)

Photobiological : การสังเคราะห์แสงของสิ่งมีชีวิตเล็ก ๆ ให้ผลผลิตก๊าซไฮโดรเจนในกิจกรรมเมตาโบลิค (Metabolic) โดยใช้พลังงานแสง การใช้คะตะไลส์และระบบการผลิต จะทำให้ประสิทธิภาพในการเกิด H_2 สูงถึง 24 %

เอกสารอ้างอิง

- Mayersohn, norman S.(1993) "The Out-look for Hydrogen" Popular Seience,Vol 243, No 4,p.66
- National Renewable Energy Laboratory Tomorrow 's Energy Today for Cities and Counties " February 1994, DE 94000243.
- Patil,P.G "Finalammatals of Fule Cells" U.S Department of Energy, Washington,DC, DE 9300002
- U.S. Department of Energy "Hydrogen Program : FY 1993-FY 1997 "Published by the National Renewwable Energy Laboratory, DE 92010556, June.