



วารสารวิชาการวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

## เชื้อเพลิงไฮโดรเจน...เทคโนโลยีสีเขียว

ดร.วิรัชรอง แสงอรุณเลิศ\*

### บทนำ

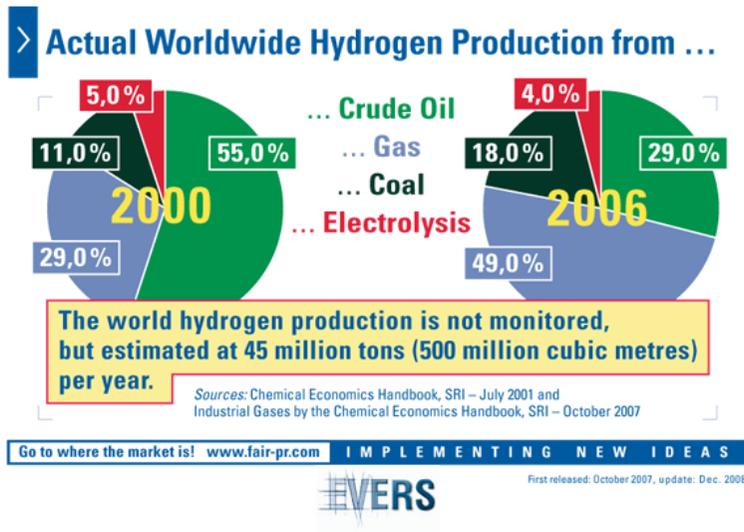
ปัจจุบันโลกกำลังเผชิญกับปัญหาสภาวะโลกร้อน มลพิษทางอากาศจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิล และราคาของพลังงานที่สูงอย่างต่อเนื่อง คาร์บอนมอนนอกไซด์ (CO) เป็นมลพิษทางอากาศที่เกิดจากการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์ของเชื้อเพลิง เช่น น้ำมัน ถ่านหิน ทั้งจากเครื่องยนต์สำหรับการขนส่ง การกำจัดมลพิษหรือลดมลพิษดังกล่าวสามารถทำได้โดยหาระบบพลังงานที่ยั่งยืนในอนาคตซึ่งอยู่บนพื้นฐานของพลังงานหมุนเวียนที่ไม่มีอันตรายต่อสิ่งแวดล้อม ดังเช่นไฮโดรเจน ไฮโดรเจนและเซลล์เชื้อเพลิงเป็นหนทางสำคัญที่ถูกคาดหวังเป็นอย่างมากในการที่จะแก้ปัญหาด้านพลังงานในอนาคต ปัจจุบันมีงานวิจัยในประเทศศึกษาด้านนี้มากขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งระบบเซลล์เชื้อเพลิง (Fuel cell system) ซึ่งจัดเป็นระบบเชื้อเพลิงที่ให้พลังงานสูง ระบบดังกล่าวจะอาศัยไฮโดรเจนเป็นเชื้อเพลิง

การที่ไฮโดรเจนเป็นพลังงานทางเลือกใหม่ที่ได้รับความสนใจกับการเป็นพลังงานในอนาคต เนื่องจากสามารถผลิตจากแหล่งพลังงานที่นำกลับมาใช้ใหม่ได้และไม่หมดไป เช่น น้ำชีวมวล และแสงอาทิตย์ เป็นต้น จึงก่อให้เกิดการพัฒนาด้านพลังงานไฮโดรเจนอย่างยั่งยืน ไฮโดรเจนถูกนำไปใช้ในระบบผลิตกระแสไฟฟ้าที่มีประสิทธิภาพสูงอย่างเซลล์เชื้อเพลิง ซึ่งประยุกต์ใช้กับทั้งยานพาหนะและโรงไฟฟ้า โดยเซลล์เชื้อเพลิงเปลี่ยนพลังงานเคมีของเชื้อเพลิงไฮโดรเจน และออกซิเจน เป็นพลังงานไฟฟ้าได้โดยตรง โดยที่ไม่ก่อให้เกิดมลภาวะต่อสิ่งแวดล้อมเพราะผลิตภัณฑ์ที่ได้คือ ไฟฟ้าและน้ำ ซึ่งต่างจากเชื้อเพลิงอื่นที่มีการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ [1]

\* อาจารย์ประจำสาขาวิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์

## 1. การผลิตไฮโดรเจน

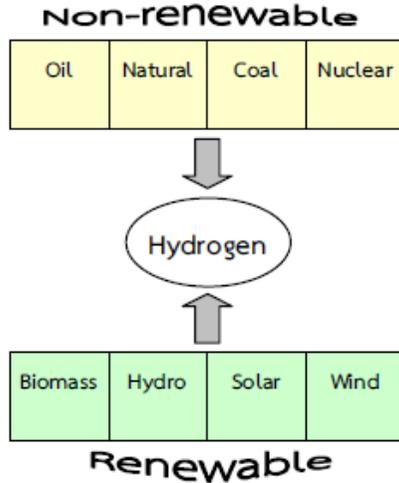
ไฮโดรเจนเป็นธาตุที่มีมากที่สุดในโลกเป็นอันดับสาม [1] แต่มักจะอยู่ในรูปของสารประกอบเคมี ซึ่งมีมากที่สุดในน้ำและสารประกอบไฮโดรคาร์บอน สำหรับในปี ค.ศ. 2000 ส่วนใหญ่ไฮโดรเจนจะผลิตจากน้ำมันดิบ และในปี ค.ศ. 2006 ไฮโดรเจนจะถูกผลิตจากกระบวนการอิเล็กโทรไลซิสของน้ำเป็นส่วนใหญ่ ทั้งนี้เนื่องจากปริมาณน้ำมันดิบเริ่มมีการขาดแคลนมากขึ้น ซึ่งเป็นปัญหาที่เกิดขึ้นในปัจจุบัน ดังแสดงในภาพที่ 1



ภาพที่ 1 สารตั้งต้นสำหรับผลิตไฮโดรเจนในปี ค.ศ. 2000 และ 2006 [2]

ที่มา: <http://www.hydrogenambassadors.com/background/worldwide-hydrogen-production-analysis.php>

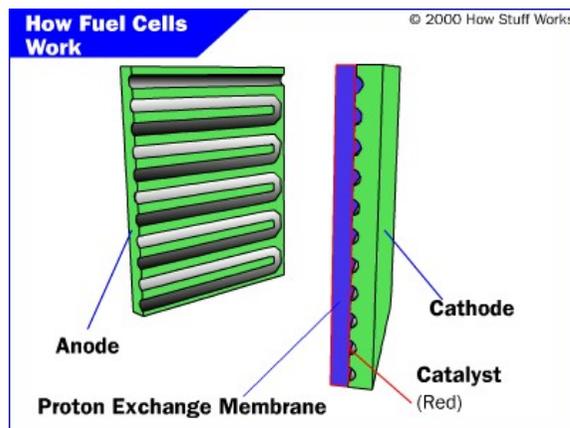
การผลิตไฮโดรเจนนอกจากสามารถผลิตจากสารตั้งต้นจากแหล่งพลังงานที่ใช้แล้วหมดไป เช่น น้ำมันดิบ ก๊าซธรรมชาติ ถ่านหิน ยังสามารถผลิตจากแหล่งพลังงานหมุนเวียน ตัวอย่างเช่น ชีวมวล พลังงานน้ำ พลังงานแสงอาทิตย์ เป็นต้น [3-4] ดังแสดงในภาพที่ 2



ภาพที่ 2 การผลิตพลังงานไฮโดรเจนจากแหล่งพลังงานที่ใช้แล้วหมดไปและจากแหล่งพลังงานหมุนเวียน  
ที่มา: M. Ball and M.Wietschel. The future of hydrogen opportunities and challenges. International Journal of Hydrogen Energy. Vol. 43, 2009, pp.615-627.

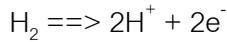
## 2. หลักการทำงานของเซลล์เชื้อเพลิงและการประยุกต์ใช้งาน

เซลล์เชื้อเพลิงมีอยู่ด้วยกันหลายประเภท โดยแบ่งตามประเภทของสารพาประจุ (Electrolyte) โดยจะกล่าวถึงการทำงานโดยละเอียดของเซลล์เชื้อเพลิงชนิดเยื่อเมมเบรนแลกเปลี่ยนโปรตอน (Proton exchange membrane) เซลล์เชื้อเพลิงจะแบ่งโครงสร้างออกเป็น 4 ส่วนใหญ่ๆ ดังภาพที่ 3



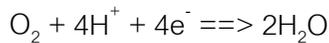
ภาพที่ 3 ส่วนประกอบของเซลล์เชื้อเพลิงชนิดเยื่อเมมเบรนแลกเปลี่ยนโปรตอน[5]  
ที่มา: <http://auto.howstuffworks.com/fuel-efficiency/alternative-fuels/fuel-cell.htm>

**ขั้วแอโนด (Anode)** เป็นขั้วลบ มีหน้าที่ส่งอิเล็กตรอนออกจากขั้ว โดยอิเล็กตรอนได้จากปฏิกิริยา



โดยที่ขั้วจะมีช่องที่ติดกับตัวเร่งปฏิกิริยาซึ่งฉาบอยู่บนผิวหน้าของเยื่อแลกเปลี่ยนโปรตอน โดยปฏิกิริยาจะเกิดเมื่อผ่านก๊าซไฮโดรเจนเข้าไป

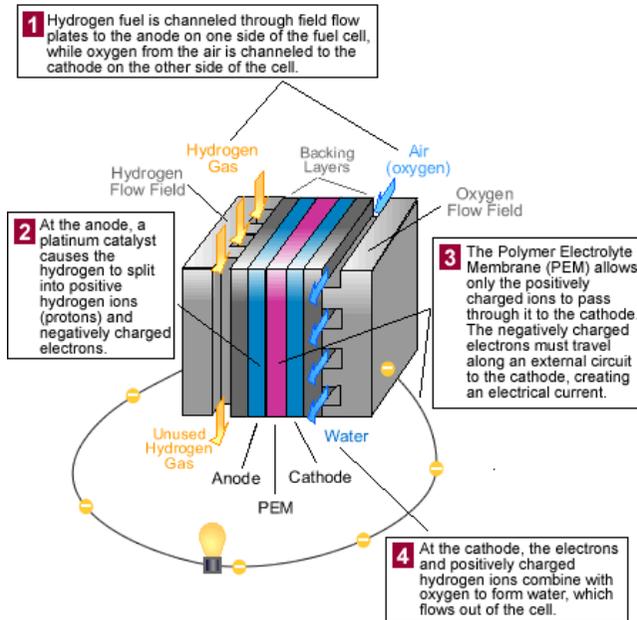
**ขั้วแคโทด (Cathode)** เป็นขั้วบวก โดยมีช่องติดกับเยื่อแลกเปลี่ยนโปรตอน ทำหน้าที่รับโปรตอนและก๊าซออกซิเจนซึ่งถูกปล่อยออกมาที่ผิวหน้าของเยื่อซึ่งฉาบตัวเร่งปฏิกิริยาเอาไว้ และทำหน้าที่รับอิเล็กตรอนกลับมาจากวงจรภายนอก เพื่อรวมกันเป็นน้ำ ดังปฏิกิริยา



**สารพาประจุ (Electrolyte)** เป็นส่วนที่มีความสำคัญ เพราะเป็นส่วนที่ทำให้เกิดการเคลื่อนที่ของไอออนชนิดต่างๆ และเป็นส่วนที่เซลล์เชื้อเพลิงแต่ละประเภทแตกต่างกัน โดยเซลล์เชื้อเพลิงชนิดเยื่อเมมเบรนแลกเปลี่ยนโปรตอนนั้น สารพาประจุ จะเป็นเพียงเยื่อแลกเปลี่ยนโปรตอน (Proton exchange membrane) เท่านั้น ซึ่งมีลักษณะเหมือนแผ่นพลาสติกในการทำครัว โดยจะให้โปรตอนผ่านได้ แต่จะไม่ยอมให้อิเล็กตรอนผ่าน **ตัวเร่งปฏิกิริยา (Catalyst)** เป็นวัสดุพิเศษที่ช่วยให้ปฏิกิริยาในขั้นตอนต่างๆเกิดได้ดี โดยส่วนใหญ่จะเป็นผงแพลทินัมเคลือบอยู่บนเยื่อแลกเปลี่ยนโปรตอน ซึ่งจะมีลักษณะขรุขระเพื่อเพิ่มพื้นที่ผิวในการสัมผัสกับก๊าซไฮโดรเจน และก๊าซออกซิเจน

## 2.1 หลักการทำงานของเซลล์เชื้อเพลิง

ในเซลล์เชื้อเพลิงชนิดเยื่อเมมเบรนแลกเปลี่ยนโปรตอนนั้น  $\text{H}_2$  จะถูกปล่อยไปในด้านแอโนดโดยใช้ความดัน เมื่อก๊าซไปสัมผัสกับตัวเร่งปฏิกิริยา ก็จะมีการแตกตัวออกเป็นโปรตอนและอิเล็กตรอน โดยอิเล็กตรอนจะถูกส่งต่อไปยังวงจรภายนอก ส่วนโปรตอนนั้น จะผ่านช่องของเยื่อแลกเปลี่ยนโปรตอนไปยังขั้วแคโทด ซึ่งจะไปรวมตัวกับอิเล็กตรอนที่รับมาจากวงจรภายนอก รวมไปถึงอะตอมของออกซิเจนซึ่งแตกตัวโดยการเร่งของตัวเร่งปฏิกิริยา เกิดเป็นโมเลกุลของน้ำขึ้นมา ดังภาพที่ 4



ภาพที่ 4 หลักการทำงานของเซลล์เชื้อเพลิง [6]

ที่มา: [http://www.fueleconomy.gov/feg/fcv\\_pem.shtml](http://www.fueleconomy.gov/feg/fcv_pem.shtml)

การไหลของอิเล็กตรอนที่เกิดขึ้นในเซลล์เชื้อเพลิงนั้น จะนำไปใช้ไฟฟ้ากระแสตรงได้ เพื่อประโยชน์ในงานด้านต่างๆ แต่เนื่องจาก  $H_2$  เป็นก๊าซที่อันตราย เนื่องจากติดไฟได้ จึงไม่เหมาะสมในการบรรจุ หรือ เคลื่อนย้ายไปมา และทำให้จึงมีการพัฒนากระบวนการผลิตไฮโดรเจนจากสารตั้งต้นอื่น เช่น สารประกอบไฮโดรคาร์บอน ซึ่งมีหลักการคือ

- ใช้เครื่องรีฟอร์มเมอร์ (Reformer) เปลี่ยนไฮโดรคาร์บอนชนิดต่างๆ,  $H_2O$  และ  $O_2$  ให้กลายเป็น  $H_2$ ,  $CO$ ,  $CO_2$
- ใช้เครื่องฟอกไอเสียเชิงเร่งปฏิกิริยา (Catalytic Converter) เปลี่ยน  $CO$  ให้กลายเป็น  $CO_2$
- จากนั้น ก็นำ  $H_2$  มาใช้ได้ตามต้องการ ส่วน  $CO_2$  ก็ถูกปล่อยสู่อากาศต่อไป

วิธีนี้ นอกจากจะเพิ่มความปลอดภัยแล้ว ยังเป็นการประหยัดอีกด้วย เนื่องจากสามารถเปลี่ยนสารอื่นๆ มาเป็น  $H_2$  ได้ดังที่กล่าวแล้วในหัวข้อที่ 1

## 2.2 การใช้ประยุกต์ใช้งานของเซลล์เชื้อเพลิง

เซลล์เชื้อเพลิงสามารถนำมาใช้งานได้หลายด้าน ตัวอย่างที่เห็นได้ชัด และอาจจะกล่าวได้ว่า เป็นเครื่องใช้แห่งอนาคต [7] มีดังนี้

### รถยนต์พลังงานเซลล์เชื้อเพลิง (Automobiles)

รถพลังงานเซลล์เชื้อเพลิงจะมีลักษณะคล้ายกับรถยนต์พลังงานไฟฟ้ามาก ต่างกันเพียงแค่ใช้ เซลล์เชื้อเพลิงแทนแบตเตอรี่ รถพลังงานเซลล์เชื้อเพลิงส่วนใหญ่จะใช้เมทานอลเป็นเชื้อเพลิง แต่ก็มีบางบริษัทออกแบบรถให้ใช้น้ำมันเบนซิน แต่ในอนาคตเราอาจจะสามารถออกแบบถึงเชื้อเพลิงสำหรับบรรจุไฮโดรเจนได้อย่างปลอดภัย

### แหล่งพลังงานพกพา (Portable Power)

เซลล์เชื้อเพลิงสามารถใช้กับอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ เช่น เครื่องคอมพิวเตอร์พกพา โทรศัพท์มือถือ หรือเครื่องช่วยฟังได้ การใช้งานกับอุปกรณ์เหล่านี้ เซลล์เชื้อเพลิงสามารถใช้งานได้ยาวนานกว่าแบตเตอรี่ทั่วไป และสามารถประจุไฟ (Recharge) ใหม่ได้อย่างรวดเร็วโดยเชื้อเพลิงเหลว หรือแก๊ส

### เครื่องผลิตไฟฟ้าขนาดใหญ่ (Large Power Generation)

ด้วยเทคโนโลยีด้านเซลล์เชื้อเพลิงที่ก้าวหน้า ทำให้มีประสิทธิภาพเพียงพอที่จะทดแทนโรงไฟฟ้า พลังงานความร้อนที่ใช้กันอยู่ เซลล์เชื้อเพลิงขนาดใหญ่ นั้นมีประสิทธิภาพในการผลิตไฟฟ้าสูงกว่าโรงไฟฟ้า ที่มีอยู่ในปัจจุบัน เทคโนโลยีด้านเซลล์เชื้อเพลิงได้ถูกพัฒนาจนสามารถผลิตไฟฟ้าได้โดยตรงจากไฮโดรเจน ในเซลล์เชื้อเพลิง นอกจากนี้ยังสามารถใช้ความร้อนและน้ำที่ได้เพื่อปั่นเทอร์ไบน์ (Turbine) เพื่อผลิตไฟฟ้าได้อีกด้วย

## 3. อุปสรรคสำหรับเซลล์เชื้อเพลิง

จากที่กล่าวมาจะเห็นว่าพลังงานไฮโดรเจนและเซลล์เชื้อเพลิงสามารถตอบโจทย์ด้านพลังงานได้มากมาย แต่ก็ไม่สามารถที่จะใช้งานได้อย่างแพร่หลายในปัจจุบัน เนื่องจากอุปสรรคด้านราคา ด้านโครงสร้างพื้นฐานและการขนส่ง ด้านการเก็บไฮโดรเจน และด้านความทนทานของเซลล์เชื้อเพลิง [8] ดังนี้

**ด้านราคา** เซลล์เชื้อเพลิงมีราคาสูงมาก เนื่องจากต้นทุนการผลิตและต้นทุนวัสดุที่จะนำมาสร้างส่วนประกอบของเซลล์เชื้อเพลิงมีราคาแพง

**โครงสร้างพื้นฐานและการขนส่ง** รถยนต์เซลล์เชื้อเพลิงปัจจุบันยังมีราคาแพงมาก และไม่สามารถเติมไฮโดรเจนได้ในสถานีเติมน้ำมันทั่วไป จึงต้องมีการจัดตั้งโครงสร้างพื้นฐานที่สามารถให้บริการเติมไฮโดรเจนได้

**การเก็บไฮโดรเจน** หากรถยนต์เซลล์เชื้อเพลิงมีการใช้อย่างแพร่หลายในอนาคต ปัญหาด้านการเก็บไฮโดรเจน ซึ่งเกี่ยวข้องกับเรื่องของราคา น้ำหนัก ปริมาตรและความปลอดภัย จะมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่ ต้องได้รับการแก้ไขเพื่อให้ได้มาตรฐานเดียวกันกับการเติมน้ำมันสำหรับรถยนต์

**ความทนทาน** เซลล์เชื้อเพลิงกำลังอยู่ระหว่างการพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อให้มีความทนทานต่อการใช้งาน เพื่อที่จะสามารถแข่งขันได้กับรถยนต์ที่ใช้ในปัจจุบัน

#### 4. สรุป

ไฮโดรเจนสามารถผลิตได้จากทั้งเชื้อเพลิงฟอสซิลและแหล่งพลังงานหมุนเวียน ไฮโดรเจนเป็นพลังงานทางเลือกที่สำคัญในอนาคต และถ้าโลกของเราใช้พลังงานไฮโดรเจน ก็จะทำให้โลกสะอาด ปราศจากมลพิษทางอากาศ แต่อย่างไรก็ตามการผลักดันให้มีการใช้ไฮโดรเจนควบคู่กับเซลล์เชื้อเพลิงก็ยังมีอุปสรรค ถ้าสามารถแก้ไขปัญหาด้านราคาเซลล์เชื้อเพลิง ราคาและน้ำหนักของถังบรรจุไฮโดรเจน ความปลอดภัย และสถานีบริการเติมไฮโดรเจน ในอนาคตก็คงจะได้เห็นการใช้พลังงานไฮโดรเจนควบคู่กับเซลล์เชื้อเพลิงกันมากขึ้น

\*\*\*\*\*

#### รายการอ้างอิง

- [1] PP. Edwards, V.L. Kuznetsov, W.LF. David and N.P. Brandon. Hydrogen and Fuel Cell: Towards a Sustainable Energy Future. Energy Policy, Vol.36, 2008, pp.4356-4362.
- [2] Actual Worldwide Hydrogen Production. สืบค้นเมื่อ 4 มิถุนายน 2555 จาก <http://www.hydrogenambassadors.com/background/worldwide-hydrogen-production-analysis.php>

- [3] M. Ball and M.Wietschel. The future of hydrogen opportunities and challenges. International Journal of Hydrogen Energy. Vol. 43, 2009, pp.615-627.
- [4] V.C. Niculescu, M. Anghel and I. Stefanescu, Hydrogen as a future energy source. An impact study, International Journal of Energy and Environment, Vol. 4, 2010, pp.153-160.
- [5] Polymer Exchange Membrane Fuel Cells. สืบค้นเมื่อ 4 มิถุนายน 2555 จาก <http://auto.howstuffworks.com/fuel-efficiency/alternative-fuels/fuel-cell.htm>.
- [6] How Fuel Cells Work. สืบค้นเมื่อ 4 มิถุนายน 2555 จาก [http://www.fueleconomy.gov/feg/fcv\\_pem.shtml](http://www.fueleconomy.gov/feg/fcv_pem.shtml).
- [7] การประยุกต์ใช้เซลล์เชื้อเพลิง. สืบค้นเมื่อ 4 มิถุนายน 2555 จาก <http://enghome.eng.psu.ac.th/mne/knowledge/student/Fuel%20cell49/Application.html>.
- [8] Obstacles For The Fuel Cell. สืบค้นเมื่อ 4 มิถุนายน 2555 จาก <http://www.future-alternative-energy.net/fuel-cell-cars.html>.