



## เซลล์เชื้อเพลิงเทคโนโลยีแห่งอนาคต หรือ เซลล์เชื้อเพลิงเทคโนโลยีแห่ง ทศวรรษที่ 10

ดร.ฉัตรริยะ ศิริสัมพันธ์วงศ์\*

สภาวะอากาศเปลี่ยนแปลง (Climate Change) ส่งผลกระทบต่ออย่างรุนแรงอย่างต่อเนื่องในช่วงหลายปีที่ผ่านมา ไม่ว่าจะเป็นเกิดคลื่นความร้อนในทวีปยุโรปทำให้มีผู้เสียชีวิตจำนวนมาก พายุเฮอริเคนที่ทำลายเมืองในประเทศสหรัฐอเมริกาอย่างหนักตลอดสิบปีที่ผ่านมา และความแห้งแล้งอย่างรุนแรงและยาวนานในทวีปแอฟริกา สำหรับประเทศไทยนั้นเกิดน้ำท่วมครั้งใหญ่ในปีที่ผ่านมา เหตุการณ์เหล่านี้จะทวีความรุนแรงมากยิ่งขึ้นหากยังมีการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกอย่างต่อเนื่อง ปัญหาสภาวะอากาศเปลี่ยนแปลงแล้ว ปัญหาแหล่งพลังงานสำรองจากเชื้อเพลิงฟอสซิลที่ลดลงและจะหมดไปในอนาคตอันใกล้นี้ เช่น น้ำมัน และก๊าซธรรมชาติ มีการคาดการณ์ว่าจะหมดภายใน 30 และ 60 ปีข้างหน้าตามลำดับ จากปัญหาข้างต้น นักวิทยาศาสตร์ทั่วโลกจึงได้มีการศึกษาค้นคว้าและพัฒนาเทคโนโลยีพลังงานใหม่ที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมและหมุนเวียนได้โดยไม่มีวันหมดสิ้น เพื่อนำมาใช้ทดแทนเชื้อเพลิงจากฟอสซิล เทคโนโลยีในสำหรับพลังงานทดแทนนั้นมีอยู่หลายเทคโนโลยี เซลล์เชื้อเพลิงเป็นเทคโนโลยีหนึ่งที่น่าสนใจเนื่องจากประสิทธิภาพในการเปลี่ยนรูปพลังงานสูงกว่าร้อยละ 90 และสามารถประยุกต์ใช้ได้อย่างหลากหลาย เช่น ระบบผลิตไฟฟ้าสำหรับครัวเรือน รถยนต์ไฟฟ้า คอมพิวเตอร์ โทรศัพท์มือถือ อุปกรณ์ทางการทหาร และระบบผลิตไฟฟ้าสำหรับเทคโนโลยีด้านอวกาศ เป็นต้น

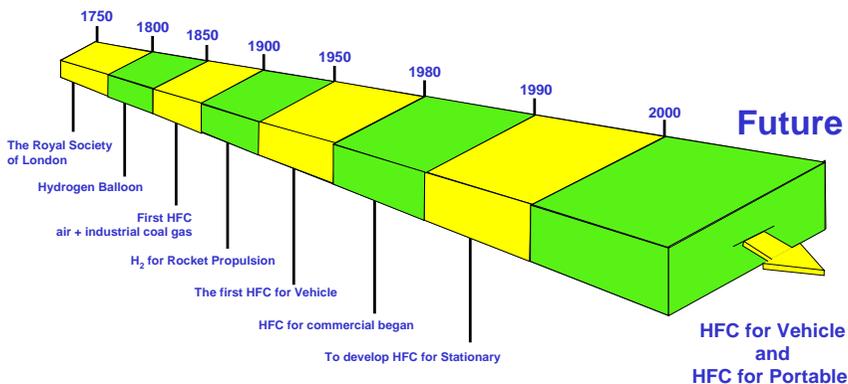
### ประวัติของเซลล์เชื้อเพลิง

เซลล์เชื้อเพลิงถูกค้นพบโดยนักวิทยาศาสตร์ชาวสวิส Christian Friedrich Schoenbein ในปี ค.ศ. 1838 ซึ่งถูกตีพิมพ์ใน Philosophical Magazine จากนั้น Sir

\*อาจารย์ประจำสาขาวิชาฟิสิกส์และวิทยาศาสตร์ทั่วไป คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์

William Grove นักวิทยาศาสตร์ชาว Wels ได้อาศัยหลักการจากงานเขียนดังกล่าวในการสร้างเซลล์เชื้อเพลิงต้นแบบในปี 1843 จนกระทั่งปี 1950 แนวคิดของ William Grove ได้รับความสนใจอีกครั้ง เพื่อใช้เป็นแหล่งจ่ายไฟฟ้าขนาดเล็กสำหรับงานด้านอวกาศ และด้านการทหาร ซึ่งต้องการระบบพลังงานไฟฟ้าโดยไม่ใช้เทคโนโลยีเครื่องยนต์สันดาปภายใน ในปี 1959 วิศวกรชาวอังกฤษ Francis Thomas Bacon ได้พัฒนาเซลล์เชื้อเพลิงขนาด 5 กิโลวัตต์สำหรับเครื่องบิน เชื่อมได้สำเร็จ ซึ่งนำไปสู่สิทธิบัตรของ Bacon และในปีเดียวกันกลุ่มที่นำโดย Harry Ihrig ได้ผลิตเซลล์เชื้อเพลิงขนาด 15 กิโลวัตต์ให้กับ Allis-Chalmers ซึ่งได้นำไปแสดงที่สหรัฐอเมริกา ซึ่งระบบนี้ใช้โพแทสเซียมไฮดรอกไซด์เป็นอิเล็กโทรไลต์ โดยใช้ไฮโดรเจนและก๊าซออกซิเจนเป็นสารตั้งต้น เซลล์เชื้อเพลิงชนิดนี้เป็นต้นแบบของเซลล์เชื้อเพลิงชนิด Alkaline ซึ่งเป็นเซลล์เชื้อเพลิงที่ใช้สำหรับโครงการด้านอวกาศในปัจจุบัน

จากนั้นในช่วงปี 1980 ถึง 1990 โดย Geoffrey Ballard เจ้าของบริษัทด้านเซลล์เชื้อเพลิงในประเทศแคนาดาได้มีการพัฒนา Nafion มาใช้สำหรับเซลล์เชื้อเพลิง ซึ่งเป็นวัสดุที่ถูกลงและทนทานเป็นอิเล็กโทรไลต์ และการลดการใช้แพลทินัม ทำให้เซลล์เชื้อเพลิงมีความสามารถในการแข่งขันกับเทคโนโลยีอื่นๆ ได้ เช่นการนำไปใช้ในรถยนต์ ต้นทศวรรษที่ 90 นักวิทยาศาสตร์และวิศวกร ได้พัฒนาเทคโนโลยีเซลล์เชื้อเพลิงแบบต่างๆ อย่างต่อเนื่อง ซึ่งสามารถเพิ่มประสิทธิภาพและลดราคาของระบบได้ในขณะเดียวกัน ปัจจุบันเซลล์เชื้อเพลิงสามารถประยุกต์ใช้งานได้หลายรูปแบบ และเป็นเทคโนโลยีที่ปฏิวัติการใช้พลังงานของโลกในอนาคต ประวัติของไฮโดรเจนและเซลล์เชื้อเพลิง แสดงดังภาพที่ 1

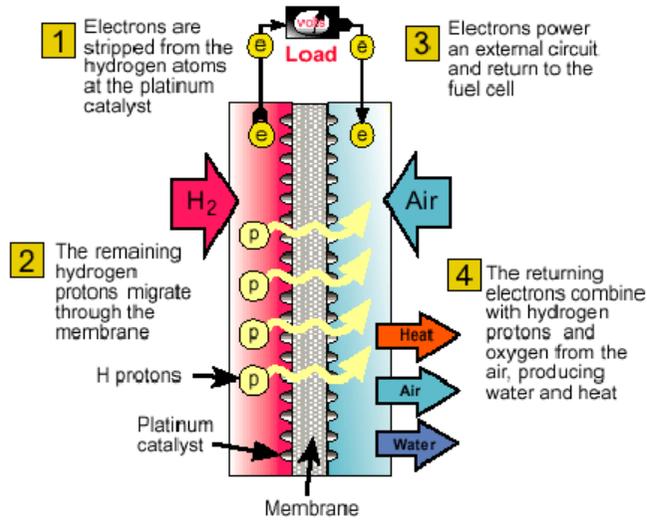


รูปที่ 1 ประวัติของไฮโดรเจนและเซลล์เชื้อเพลิง

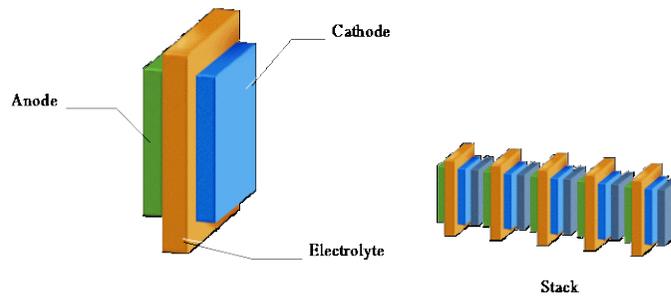
## พื้นฐานของเซลล์เชื้อเพลิง

เซลล์เชื้อเพลิงเป็นอุปกรณ์ที่สามารถเปลี่ยนพลังงานเคมีเป็นพลังงานไฟฟ้า (ไฟฟ้ากระแสตรง) และพลังงานความร้อนได้โดยตรงโดยอาศัยหลักการไฟฟ้าเคมี (Electrochemistry) โดยการรวมตัวกันระหว่างเชื้อเพลิงที่เป็นก๊าซ (ไฮโดรเจน ก๊าซธรรมชาติ โพรเพน) และอากาศ ผลของกระบวนการดังกล่าวยังทำให้ได้น้ำซึ่งเป็นเสมือนไอเสียของระบบด้วย เซลล์เชื้อเพลิงสามารถทำงานได้อย่างต่อเนื่องตราบเท่าที่มีเชื้อเพลิงป้อน ให้ระบบไม่ต้องการการประจุใหม่ เหมือนกับแบตเตอรี่ นอกจากนี้ยังมีประสิทธิภาพในการแปลงรูปพลังงานที่สูงกว่าเทคโนโลยีการแปลงรูปพลังงานอื่นๆ ที่ใช้กันอยู่ การทำงานปราศจากการเผาไหม้จึงไม่มีมลพิษ ไม่มีการเคลื่อนไหวยของอุปกรณ์

การทำงานของเซลล์เชื้อเพลิงนั้นเริ่มจากไฮโดรเจนไหลเข้าที่ขั้วแอโนด (Anode) จากนั้นไฮโดรเจนจะแตกตัวให้อิเล็กตรอน และโปรตอนที่มีบริเวณ Catalyst อิเล็กตรอนจะเคลื่อนที่ไปยังขั้วไฟฟ้าเพื่อให้พลังงานกับภาระทางไฟฟ้า ส่วนโปรตอนจะเคลื่อนที่ผ่านเมมเบรน (membrane) จากนั้นอิเล็กตรอนจะเคลื่อนที่เข้าสู่ขั้วแคโทด (Cathode) เพื่อรวมตัวกับโปรตอน และออกซิเจนจากอากาศ ซึ่งกระบวนการยังได้ความร้อน และน้ำอีกด้วย เซลล์เชื้อเพลิงประกอบไปด้วยชั้นของวัสดุสามชั้นเรียงซ้อนกัน ชั้นแรกเป็นชั้นแอโนด ชั้นที่สองเป็นอิเล็กโทรไลต์ และชั้นที่สามเป็นชั้นแคโทด โดยที่แอโนดและแคโทดจะมีชั้นของตัวเร่งปฏิกิริยา (Catalyst) เป็นส่วนประกอบ แสดงดังภาพที่ 2 เซลล์เชื้อเพลิงแต่ละชนิดมีการใช้อิเล็กโทรไลต์ที่แตกต่างกัน เซลล์เชื้อเพลิงหนึ่งเซลล์สามารถผลิตแรงดันไฟฟ้าได้ในระดับโวลต์เท่านั้น จึงมีจำเป็นต้องนำเซลล์เชื้อเพลิงหลายๆ เซลล์มาอนุกรมกัน เพื่อให้ได้ขนาดของแรงดันไฟฟ้าตามต้องการ ซึ่งการนำเซลล์เชื้อเพลิงมาต่อกันหลายๆ เซลล์ จะเรียกว่า Stack (ภาพที่ 3) [2,3]



ภาพที่ 2 การทำงานของเซลล์เชื้อเพลิง [1]



ภาพที่ 3 โครงสร้างของเซลล์เชื้อเพลิง

### ชนิดของเซลล์เชื้อเพลิง

ปัจจุบันมีเซลล์เชื้อเพลิงอยู่หลายชนิดสามารถจำแนกชนิดตามอุณหภูมิการทำงาน และชนิดของ อิเล็กโทรไลต์ที่ใช้ ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 เทคโนโลยีเซลล์เชื้อเพลิง [2,4]

Type	Operating Temp. (°C)	Fuel and oxidant	Electrolyte	Process within the electrolyte	Proposed system capacity	Application
Alkaline (AFC)	60-90 (50-200)*	$H_2/O_2$	Potassium hydroxide (KOH)	$OH^- \leftarrow$	20 - 100kW	Space
		Natural		$H^+ \rightarrow$		Stationary

Phosphoric acid (PAFC)	60-120 (160-210)*	gas/air H <sub>2</sub> , CO, Natural	Phosphoric acid CO <sub>2</sub> <sup>-</sup> ←	50kW - 20MW	Residential, Stationary
Molten carbonate (MCFC)	ca. 400 (630-650)*	gas/air Natural gas, propane/air H <sub>2</sub> ,	Molten salt (nitrate, sulphate, arbonates) O <sup>-</sup> ←	300kW - 3MW	Residential, Stationary
Solid oxide (SOFC)	300-600 (600-1000)*	methanol/air Methanol/air	Stabilised zirconia and doped perovskite H <sup>+</sup> →	2kW- 300MW	Vehicle, Portable, Residential, Stationary
Proton-exchange membrane (PEMFC)	< 75 (50-80)*  (60-200)*	Alcohol, H <sub>2</sub> /air H <sub>2</sub> /air	Polymer, proton exchange membrane H <sup>+</sup> →	2 - 250kW  1 - 1 kW	Portable

Type	Operating Temp. (°C)	Fuel and oxidant	Electrolyte	Process within the electrolyte	Proposed system capacity	Application
Direct methanol (DMFC)			Polymer			

### ข้อดีของเซลล์เชื้อเพลิง

- เพิ่มความมั่นคงทางด้านพลังงาน ลดการใช้และการนำเข้าน้ำมันเชื้อเพลิง และเพิ่มความสามารถในการจัดหาไฟฟ้าให้กับผู้ใช้
- ความมั่นคงทางด้านพลังงานของระบบสูง
- ค่าใช้จ่ายในการเดินและบำรุงรักษาระบบต่ำ
- สามารถผลิตไฟฟ้าได้อย่างสม่ำเสมอ และต่อเนื่อง
- สามารถใช้เชื้อเพลิงได้หลายชนิด เช่น ไฮโดรเจน ก๊าซธรรมชาติ โพรเพน บิวเทน เป็นต้น
- เป็นพลังงานสะอาดที่มีตรรกะกับสิ่งแวดล้อม และไม่มีเสียงดังระหว่างทำงาน
- ประสิทธิภาพในการผลิตไฟฟ้าสูงถึงร้อยละ 50 – 70 และ มากกว่าร้อยละ 90 ในกรณีที่รวมพลังงานความร้อนที่ผลิตได้

### การประยุกต์ใช้งานเซลล์เชื้อเพลิง

เซลล์เชื้อเพลิงสามารถประยุกต์ใช้งาน เป็น 4 แบบ ได้แก่

1. การประยุกต์ใช้เซลล์เชื้อเพลิงสำหรับยานยนต์ (Vehicle)
2. การประยุกต์ใช้เซลล์เชื้อเพลิงแบบพกพา (Portable)
3. การประยุกต์ใช้เซลล์เชื้อเพลิงเพื่อเป็นแหล่งจ่ายไฟฟ้าสำหรับที่พักอาศัย (Residential)
4. การประยุกต์ใช้เซลล์เชื้อเพลิงเพื่อเป็นแหล่งจ่ายไฟฟ้าขนาดใหญ่ (Stationary)

### ราคาของเซลล์เชื้อเพลิง

ในช่วงปี 2003 การผลิตเซลล์เชื้อเพลิงยังเป็นเพียงในระดับห้องปฏิบัติการเพื่อการวิจัยและพัฒนา ซึ่งยังไม่มีการผลิตในเชิงอุตสาหกรรมขนาดใหญ่ ทำให้ราคาเริ่มต้นของเซลล์เชื้อเพลิงยังคงสูงอยู่มาก ราคาอยู่ที่ประมาณ 10,000 – 20,000 EURO/kW ตารางที่ 2 แสดงแนวโน้มทางด้านราคาของเซลล์เชื้อเพลิง [4,9] แต่ในปัจจุบันราคาของเซลล์เชื้อเพลิงนั้นมีราคาประมาณ 1,500 EURO/kW

ตารางที่ 2 ราคาประเมินของระบบเซลล์เชื้อเพลิงขนาดต่างๆ (Euro/kW<sub>e</sub> installed)

	2003	2005	2010	2015
	2020			
1-100 kW	5,285	3,819	1,624	1,079
	901			
100 kW – 1 MW	6,231	3,920	1,777	1,230
	1,041			
1-10 MW	7,250	3,983	1,813	1,249
	1,087			

## สรุป

ความก้าวหน้าในการพัฒนาเทคโนโลยีด้านเซลล์เชื้อเพลิงอย่างรวดเร็ว และแนวโน้มการลดลงของราคาเซลล์เชื้อเพลิงในท้องตลาด อีกทั้งประสิทธิภาพในการเปลี่ยนรูปพลังงานของเซลล์เชื้อเพลิงนั้นมีประสิทธิภาพที่สูงเมื่อเทียบกับทำให้เซลล์เชื้อเพลิงเป็นทางเลือกสำหรับเทคโนโลยีในการการผลิตไฟฟ้าสำหรับอนาคตอันใกล้ มีประสิทธิภาพเพียงพอที่จะทดแทนโรงไฟฟ้า พลังงานความร้อนที่เข้กันอยู่ เซลล์เชื้อเพลิงขนาดใหญ่ที่มีประสิทธิภาพในการผลิตไฟฟ้าสูงกว่าโรงไฟฟ้าที่มีอยู่ในปัจจุบัน เทคโนโลยีด้านเซลล์เชื้อเพลิงได้ถูกพัฒนาจนสามารถผลิตไฟฟ้าได้โดยตรงจากไฮโดรเจน ในเซลล์เชื้อเพลิง นอกจากนี้ยังสามารถใช้ความร้อน และน้ำที่ได้ ไปจุดกังหันไอน้ำเพื่อผลิตไฟฟ้าได้อีกทาง

\*\*\*\*\*

## รายการอ้างอิง

- [1] Kammen, D. M. (2002). The role of fuel cells in the renewable roadmap to energy independence. Testimony for the United States House Subcommittee on Energy, February 21.
- [2] Stambouli, B. A., and Traversa, E. (2002). Fuel cells, an alternative to standard sources of energy. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 6, page 297-306.
- [3] Bewag Fuel Cell Innovation Park. Available in:  
<http://www.innovationbrennstoffzelle.de/e/index.html>
- [4] Erdmann, G. (2003). Future economics of the fuel cell housing market. *International Journal of Hydrogen*, 28, page 685-694.
- [5] US Department of Energy. Available in: <http://www.energy.gov>
- [6] Fuel Cell Market Survey: Portable Application. Available in: <http://www.fuelcelltoday.com>
- [7] Fuel Cell Market Survey: small stationary. Available in: <http://www.fuelcelltoday.com>
- [8] Picture courtesy of NASA. Available in: <http://www.fuelcelltoday.com>
- [9] Bauen, A., Hart, D. and Chase, A. (2003). Fuel Cells for distributed generation in developing countries-an analysis. *International Journal of Hydrogen Energy*, 28, 695-701.