บทที่ 1

บทนำ

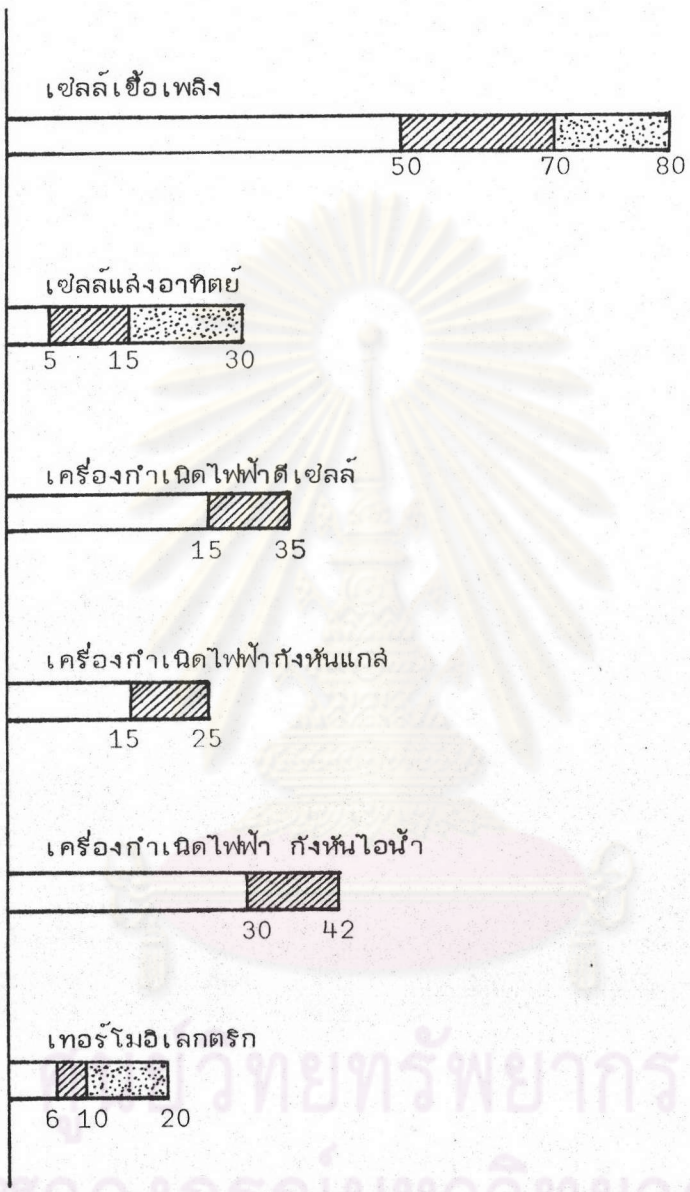
ในโลกปรัตยุบันวิกฤตการณ์ด้านพลังงานนับได้ว่าเป็นปัญหาสำคัญอันหนึ่งที่เราต้องประสบกัน ทั้งนี้เกิดจากการพัฒนาของมนุษยชาติที่ไม่ได้เป็นไปอย่างสอดคล้องกันนั่นเอง ด้วยเหตุผลดังกล่าวจึงทำให้เราพบอุปสรรคอย่างไม่เคยเป็นมาก่อน เพื่อแก้ไขปัญหาพลังงานให้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี สิ่งแรกที่เราต้องกระทำอย่างเร่งด่วนก็คือ การประหยัดพลังงาน ซึ่งนอกจากจะหมายถึงการใช้พลังงานให้น้อยลงแล้ว ยังหมายถึงการใช้เชื้อเพลิงเท่าเดิมแต่ให้พลังงานมากขึ้น

เซลล์เชื้อเพลิงนับได้ว่าเป็นตัวอย่างอันดีในการแสดงถึงการประหยัดพลังงาน เพราะเซลล์เชื้อเพลิงทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานเคมีไปเป็นพลังงานไฟฟ้าโดยตรง จึงมีประสิทธิภาพเหนือกว่าเครื่องกำเนิดไฟฟ้าชนิดอื่นใด ดังจะเห็นได้จากรูปที่ 1.1 ซึ่งเปรียบเทียบประสิทธิภาพของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าชนิดต่าง ๆ (Mitchell, W., Jr., 1963) นอกจากนี้ประสิทธิภาพของเซลล์เชื้อเพลิงยังไม่ขึ้นอยู่กับขนาดของเซลล์ ดังนั้นข้อมูลที่ได้จากห้องปฏิบัติการจึงสามารถใช้กับเซลล์ที่จะนำไปใช้งานได้โดยตรง

เซลล์เชื้อเพลิงนอกจากจะมีประสิทธิภาพสูงแล้วยังไม่ทำให้เกิดปัญหามลภาวะ ไม่ว่าในกรณีของสารพิษ, เสียงดัง หรือการระบายความร้อน เป็นต้น การติดตั้งเซลล์เชื้อเพลิงสามารถทำได้ง่าย การผลิตเป็นอุตสาหกรรมก็ไม่มีปัญหามากนัก เมื่อเทียบกับกำลังไฟฟ้าที่ได้รับแล้วเซลล์เชื้อเพลิงถือได้ว่ามีขนาดเล็ก ดังจะเห็นได้จากการเลือกเซลล์เชื้อเพลิงไปใช้ในงานอวกาศ

อย่างไรก็ตามในปัจจุบันนี้เซลล์เชื้อเพลิงยังไม่ได้รับเลือกใช้งานอย่างกว้างขวาง เพราะการลงทุนขั้นต้นค่อนข้างสูงและเชื้อเพลิงที่จะนำมาใช้ยังแพงอยู่มาก ดังนั้นจึงต้องอาศัยการวิจัยอีกมากเพื่อพัฒนาให้ค่าใช้จ่ายถูกลง ทั้งในแง่ของรูปแบบเซลล์และการวิจัยเกี่ยวกับเชื้อเพลิง

เซลล์เชื้อเพลิงประดิษฐ์ขึ้นครั้งแรกโดย Grove ในปี ค.ศ. 1839 เป็นเซลล์ที่ใช้แก๊สไฮโดรเจนเป็นเชื้อเพลิง และแก๊สออกซิเจนเป็นตัวออกซิไดส์ (oxidizing agent)



รูปที่ 1.1 กราฟแสดงประสิทธิภาพของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าชนิดต่าง ๆ โดย ▨ เป็นช่วงที่ทำได้แล้ว ส่วน ▩ เป็นช่วงที่มีโครงการจะทำได้ในอนาคต

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

โดยมีกรดซัลฟูริกเป็นอิเลกโตรไลต์ (electrolyte) แต่ก็ไม่เป็นที่สนใจกันแพร่หลาย จวบจนถึงช่วงร้อยปีให้หลังจึงเริ่มมีการศึกษาเซลล์เชื้อเพลิงอย่างจริงจัง ได้มีการประดิษฐ์เซลล์เชื้อเพลิงขึ้นมามากมายหลายแบบ และในช่วงนี้เองคือในปี ค.ศ. 1957 Grubb ได้ทดลองใช้แผ่นแลกเปลี่ยนไอออน (ion exchange membrane) เป็นอิเลกโตรไลต์ในเซลล์เชื้อเพลิงเป็นครั้งแรก และได้เป็นที่สนใจของนักวิทยาศาสตร์คนอื่น ๆ อีกมากจึงได้มีการพัฒนาเซลล์เชื้อเพลิงแบบแผ่นแลกเปลี่ยนไอออนจนถึงขั้นสามารถใช้งานได้ดี โดยเฉพาะงานของ Cairns และคณะ (1961) ซึ่งให้กระแสไฟฟ้าถึง 30 มิลลิแอมแปร์ต่อตารางเซนติเมตรที่ความต่างศักย์ไฟฟ้า 0.5 โวลต์ เมื่อใช้กับแก๊สไฮโดรเจนและแก๊สออกซิเจน นอกจากนี้ก็มีงานของ Niedrach (1959) ซึ่งใช้แก๊สไฮโดรคาร์บอนเป็นเชื้อเพลิง โดยให้กระแสไฟฟ้า 0.19 มิลลิแอมแปร์ต่อตารางเซนติเมตรที่ 0.5 โวลต์ เมื่อใช้กับแก๊สเอธีลีน (ethylene) และงานของ Lurie และคณะ (1963) ซึ่งใช้แผ่นแลกเปลี่ยนไอออนสองแผ่นกั้นระหว่างกลางด้วยสารละลายกรดซัลฟูริก ทำให้ได้กระแสไฟฟ้า 40 มิลลิแอมแปร์ต่อตารางเซนติเมตรที่ 0.5 โวลต์ โดยใช้แก๊สไฮโดรเจนและแก๊สออกซิเจน หลังจากนี้ก็ไม่ค่อยมีงานด้านนี้ออกมามากนัก เพราะพัฒนาได้ลำบากกว่าเซลล์เชื้อเพลิงแบบอื่น ๆ แต่เซลล์เชื้อเพลิงแบบแผ่นแลกเปลี่ยนไอออนยังมีข้อดีที่น่าสนใจอยู่มาก เช่น สะดวกในการสร้างและใช้งาน, ลดปัญหาเรื่องการบำรุงรักษาอิเลกโตรไลต์และขั้วไฟฟ้าเตรียมได้ง่ายเป็นต้น

สำหรับการศึกษาเซลล์เชื้อเพลิงแบบแผ่นแลกเปลี่ยนไอออนในครั้งนี้เริ่มด้วยการศึกษาทฤษฎีทางอุณหพลศาสตร์ (Thermodynamics) ที่ใช้กับเซลล์เชื้อเพลิง โดยใช้อธิบายถึงการเปลี่ยนรูปของพลังงาน จากพลังงานเสรีของกิบส์ (Gibbs free energy) ไปเป็นพลังงานไฟฟ้า รวมทั้งอธิบายถึงประสิทธิภาพของเซลล์เชื้อเพลิงด้วยว่าประสิทธิภาพของเซลล์เชื้อเพลิงจะสูงขึ้นหากใช้งานเซลล์เชื้อเพลิงที่ความต่างศักย์ไฟฟ้าสูง ๆ นอกจากนี้ยังได้ทำการศึกษาถึงหลักการของเซลล์เชื้อเพลิงแบบแผ่นแลกเปลี่ยนไอออน, หลักการของแผ่นแลกเปลี่ยนไอออน, และคะทาลิสต์ (catalyst) ดังจะเห็นได้จากรายละเอียดในบทที่ 2 ส่วนในการทดลองได้ทำการออกแบบและสร้างเซลล์เชื้อเพลิงแบบแผ่นแลกเปลี่ยนไอออนขึ้นมา โดยใช้ตะแกรงสเตนเลสเคลือบด้วยพลาตินัมดำ (platinum black) เป็นขั้วไฟฟ้า (electrode) และใช้แผ่นแลกเปลี่ยนไอออน CR 61 AZL 389 และ CR 61 AZL 386 เป็นอิเลกโตรไลต์ซึ่งให้เฉพาะไอออนบวกผ่านเท่านั้น ตัวถังเซลล์ทำจากอะคริลิคใส เชื้อเพลิงใช้แก๊สไฮโดรเจน ส่วนตัวออกซิไดส์มีทั้งออกซิเจนและอากาศ ทั้งนี้ใช้งานที่

ความดันหนึ่งบรรยากาศเสมอ ระบบการเก็บข้อมูลได้ใช้เครื่องเขียนกราฟ-XY (Hewlett Packard XY-recorder, 7044A) ควบคุมด้วยเครื่องตั้งเวลาทำการบันทึกข้อมูล นอกจากนี้ยังได้ทำการทดลองวัดประสิทธิภาพแบบฟาราเดย์ รายละเอียดของการสร้างเซลล์เชื้อเพลิงแบบแผ่นแลกเปลี่ยนไอออน และระบบการเก็บข้อมูลได้เสนอไว้ในบทที่ 3

แรงเคลื่อนไฟฟ้าที่ได้อยู่ในช่วง 1.02 - 1.06 โวลต์ ซึ่งค่าทางทฤษฎีเป็น 1.229 โวลต์ เซลล์แบบที่ดีที่สุดให้กระแสไฟฟ้าต่อพื้นที่ 15 มิลลิแอมแปร์ต่อตารางเซนติเมตร ที่ความต่างศักย์ไฟฟ้า 0.5 โวลต์ จากผลการทดลองในบทที่ 4 ได้ว่า การเพิ่มอุณหภูมิมีผลทำให้เซลล์ทำงานได้ดีขึ้น และทำให้กรดรั่วซึมออกมาจากแผ่นแลกเปลี่ยนไอออนช่วยนำไอออนได้ดีขึ้น การปรับสถานะแผ่นแลกเปลี่ยนไอออนด้วยกรดซัลฟุริกความเข้มข้นต่างกัน ปรากฏว่าไม่มีผลต่อการทำงานของเซลล์ นอกจากการปรับสมดุลย์ด้วยกรดซัลฟุริกความเข้มข้น 1 โมลต่อลิตร จะทำให้เซลล์ทำงานได้ดีกว่าการปรับสมดุลย์ด้วยกรดซัลฟุริกความเข้มข้น 3.85 โมลต่อลิตร หรือ 6 โมลต่อลิตร จากการทดลองใช้แผ่นแลกเปลี่ยนไอออนหนา -บาง เพื่อเปรียบเทียบกันพบว่าการใช้แผ่นแลกเปลี่ยนไอออนบางให้ผลดีกว่าเล็กน้อย สำหรับอัตราการไหลของกาซพบว่าไม่มีผลต่อการทำงานของเซลล์ นอกจากกรณีที่ใช้อากาศเป็นตัวออกซิไดส์เท่านั้น โดยอัตราการไหลของอากาศขนาด 30 ลูกบาศก์เซนติเมตรต่อนาทีให้ผลดีที่สุด จากการทดลองเปลี่ยนพื้นที่ขั้วไฟฟ้าพบว่ากระแสไฟฟ้าที่ออกจากเซลล์แปรผันโดยตรงกับพื้นที่ขั้วไฟฟ้า และผลการทดลองต่อเซลล์ทั้งแบบอนุกรมและแบบขนานให้ผลสอดคล้องกับกฎการต่อเซลล์ไฟฟ้าทุกประการ ส่วนประสิทธิภาพรวมของเซลล์เชื้อเพลิงแบบแผ่นแลกเปลี่ยนไอออนนั้นแปรผันตรงกับความต่างศักย์ไฟฟ้าใช้งานของเซลล์ เพราะประสิทธิภาพแบบฟาราเดย์ (faradaic efficiency) และประสิทธิภาพเชิงความร้อน (thermal efficiency) มีค่าคงที่ในกรณีที่อุณหภูมิไม่เปลี่ยนแปลงมาก นอกจากนี้ยังได้ทดลองวัดอายุการใช้ของเซลล์เชื้อเพลิงแบบแผ่นแลกเปลี่ยนไอออนพบว่าพลังงานจากเซลล์ลดลงอย่างมากและรวดเร็ว เพราะมีการเกิดอิเลกโตรออสโมซิส (electroosmosis) ขึ้นทำให้แผ่นแลกเปลี่ยนไอออนด้านไฮโดรเจนแห้งมีผลให้ความต้านทานภายในเซลล์สูงขึ้น พลังงานไฟฟ้าจากเซลล์จึงลดลง

สำหรับค่าใช้จ่ายในการใช้เซลล์เชื้อเพลิงเป็นแหล่งกำเนิดไฟฟ้าได้ทำการคำนวณไว้แล้วในบทที่ 5 ปรากฏว่ายังแพงอยู่มากทั้งในการสร้างเซลล์และค่าเชื้อเพลิง ดังนั้นจึงยังไม่เหมาะสมที่จะใช้งานโดยทั่วไป นอกจากงานพิเศษโดยเฉพาะเท่านั้น