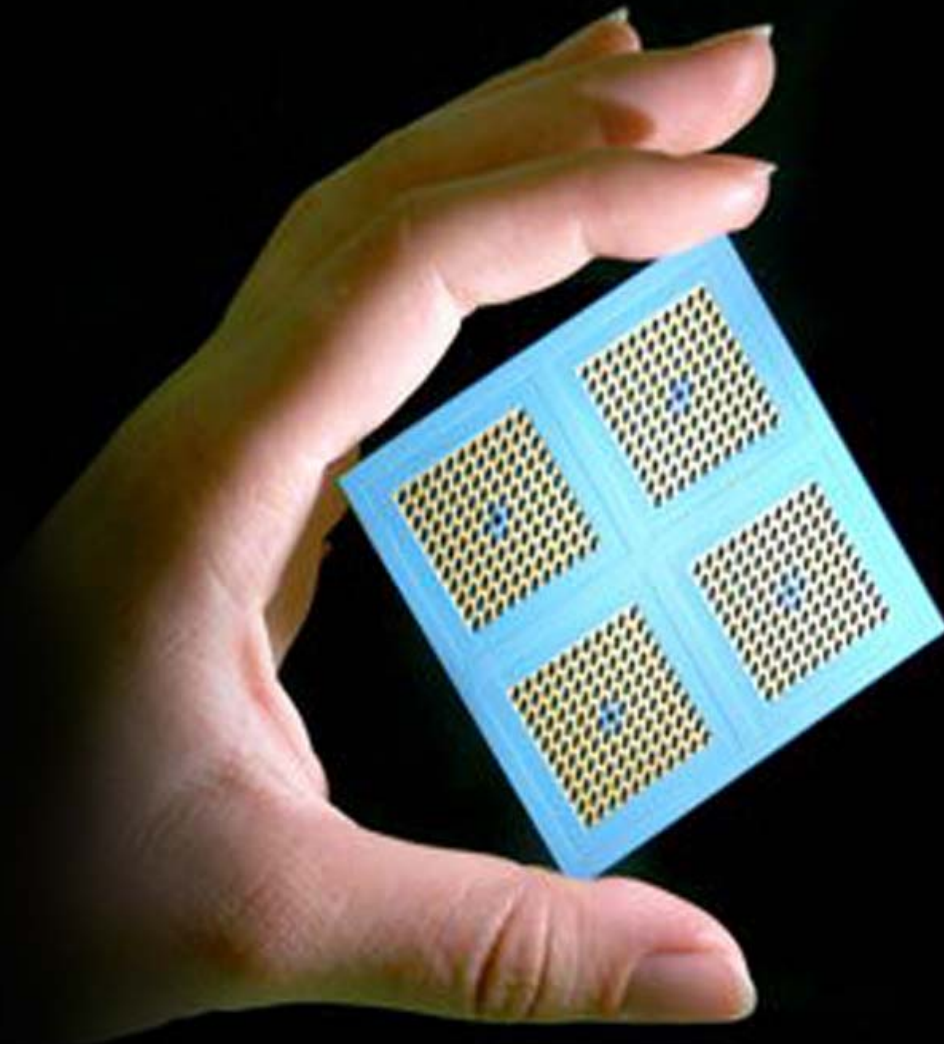
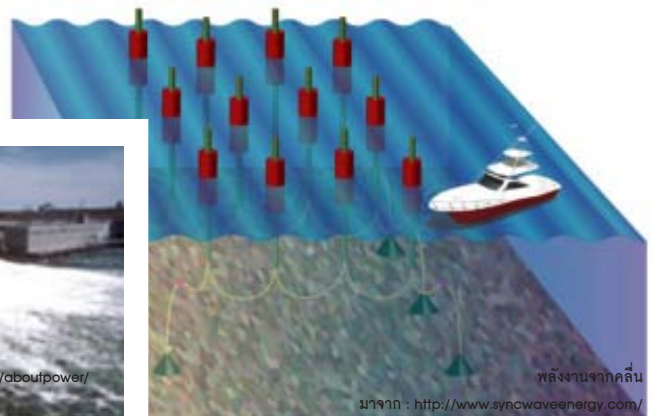
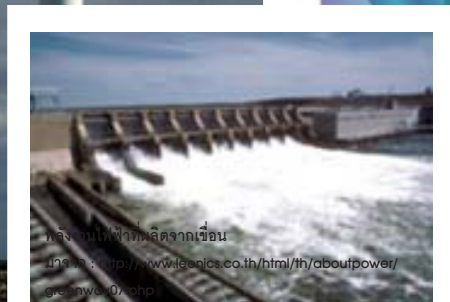


เชื้อเพลิงจิว

มนุษย์นำทรัพยากรธรรมชาติมาใช้เป็นพลังงานเพื่อตอบสนองกิจกรรมรูปแบบต่าง ๆ มาช้านาน โดยเฉพาะพลังงานในการผลิตกระแสไฟฟ้า ซึ่งเป็นสิ่งจำเป็นมากสำหรับการดำรงชีวิต นอกเหนือจากปัจจัยสี่ที่เป็นปัจจัยพื้นฐานแล้ว ไฟฟ้าที่ใช้ในทุกวันนี้อาจผลิตจากพลังงานที่เกิดจากการเผาเชื้อเพลิงธรรมชาติในรูปแบบต่าง ๆ เช่น ไม้ ปิโตรเลียม ถ่านหิน แก๊สธรรมชาติ ซึ่งในแต่ละวันเชื้อเพลิงธรรมชาติเหล่านี้กำลังถูกใช้ไปในปริมาณมากจนเกือบจะหมดไปจากโลก ซึ่งโลกต้องใช้ระยะเวลาอันยาวนานในการสะสมเชื้อเพลิงเหล่านี้ในธรรมชาติ นอกจากนี้กระบวนการเผาไหม้เชื้อเพลิงเหล่านี้ยังปล่อยแก๊สชนิดต่าง ๆ สู่บรรยากาศโลก ซึ่งส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมด้วย





พลังงานทดแทน

เมื่อพลังงานที่ดูเหมือนว่าจะหาได้ง่ายและน่าจะใช้อย่างไม่มีที่สิ้นสุดเริ่มจะหมดมนุษย์จึงต้องมองหาหรือคิดค้นพลังงานทดแทนหรือพลังงานทางเลือกชนิดใหม่ๆ เพื่อสนองตอบต่อความต้องการทางด้านพลังงานที่กำลังมากขึ้นตามการเติบโตของเศรษฐกิจและการเพิ่มประชากรโลก ตัวอย่างพลังงานทดแทนที่เริ่มมีการพัฒนาขึ้นมาตั้งแต่ในอดีตและปัจจุบันมีการใช้กันอยู่ในหลายๆ ประเทศ เช่น พลังงานแสงอาทิตย์ พลังงานลม พลังงานน้ำ พลังงานคลื่น รวมทั้งพลังงานชีวมวลที่ได้จากสิ่งมีชีวิต เช่น ไบโอดีเซล ที่สกัดได้จากพืชให้น้ำมัน เอทานอลและเมเทน ซึ่งได้จากกิจกรรมการย่อยสลายอาหารของจุลินทรีย์

เชื้อเพลิงจุลินทรีย์

พลังงานชีวมวลกำลังเป็นที่สนใจของสังคมโลกเนื่องจากเชื่อกันว่าเป็นพลังงานที่

สามารถผลิตได้ง่ายจากซากพืช ซากสัตว์หรือเศษวัสดุต่างๆ และยังเป็นพลังงานที่สะอาด นอกจากไบโอดีเซล เอทานอลและเมเทนแล้ว ยังมีพลังงานชีวภาพรูปแบบอื่นที่อาจจะยังไม่เป็นที่รู้จักกัน นั่นคือ การนำจุลินทรีย์มาใช้เป็นเชื้อเพลิงผลิตเป็นกระแสไฟฟ้าโดยตรง ซึ่งจะขอเรียกว่า “เชื้อเพลิงจุลินทรีย์” (microbial fuel cell)

นักวิทยาศาสตร์ทราบมานานแล้วว่า จุลินทรีย์โดยเฉพาะแบคทีเรียหลายชนิดสามารถผลิตกระแสไฟฟ้าได้แต่ปริมาณที่ได้มีน้อยมากจนไม่น่าจะนำมาใช้ประโยชน์ได้อีกทั้งในอดีตแหล่งพลังงาน เช่น ไม้ ปิโตรเลียม หรือถ่านหินยังหาได้ง่าย มีปริมาณมาก ราคาถูก และไม่จำเป็นต้องใช้เทคโนโลยีขั้นสูงในการผลิตกระแสไฟฟ้า พลังงานจากจุลินทรีย์จึงไม่ได้รับความสนใจ แต่เมื่อสถานการณ์เปลี่ยนไป แนวคิดของการนำจุลินทรีย์มาผลิตกระแสไฟฟ้าจึงได้รับความสนใจอีกครั้งหนึ่ง

จุลินทรีย์ผลิตกระแสไฟฟ้าได้อย่างไร

เมื่อจุลินทรีย์ย่อยสลายอาหารจะได้แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ ไพรอตอนและอิเล็กตรอน อิเล็กตรอนนี้เอง คือ สิ่งที่ทำให้เกิดกระแสไฟฟ้า โดยอิเล็กตรอนที่เกิดขึ้นจะเคลื่อนที่จากบริเวณที่มีจุลินทรีย์ไปยังส่วนของขดลวดที่ทำหน้าที่เป็นอิเล็กโทรด จุลินทรีย์ที่ผลิตกระแสไฟฟ้าจะถูกเลี้ยงในชุดทดลองที่มีลักษณะเป็นกล่องหรือภาชนะที่มีช่องหลอดบรรจุอยู่ภายในโดยมีเยื่อที่เลือกผ่านโปรตอนเท่านั้น (cation-selective membrane) โดยเยื่อที่กั้นกลางจะแบ่งของเหลวในภาชนะเป็น 2 ด้าน ด้านหนึ่งของภาชนะจะมีอิเล็กโทรดที่เป็นขั้วแอโนด ส่วนอีกด้านหนึ่งจะมีขั้วแคโทดเชื่อมต่อกันด้วยขดลวด จุลินทรีย์และสารอินทรีย์จะถูกใส่ไว้ในของเหลวด้านที่เป็นขั้วแอโนด เมื่อจุลินทรีย์ย่อยสลายสารอินทรีย์ สิ่งที่ได้คือ คาร์บอน - ไดออกไซด์ (CO₂) ไพรอตอน (H⁺) และ อิเล็กตรอน (e⁻) อิเล็กตรอนที่เกิดขึ้นจะเคลื่อนที่จากขั้วแอโนดไปยังขั้วแคโทดผ่านทางขดลวด เกิดเป็นกระแส

ไฟฟ้า ส่วนโปรตอนที่ได้จะผ่านเยื่อเลือกผ่านไปยังด้านที่มีขั้วแคโทดซึ่งจะรวมตัวกับ ออกซิเจน กลายเป็นน้ำต่อไป

Geobacter กับการผลิตกระแสไฟฟ้า

แบคทีเรียที่สามารถผลิตกระแสไฟฟ้าได้ เช่น *Rhodospirillum rubrum* sp. *Shewanella* sp. *Desulfobulbus* sp. *Geobacter* sp. เป็นต้น แบคทีเรียแต่ละชนิดจะย่อยสลายสารอินทรีย์แตกต่างกัน *Rhodospirillum rubrum* สามารถย่อยสลายน้ำตาลได้หลายชนิด รวมทั้งน้ำตาลที่ปนเปื้อนมากับน้ำเสีย *Shewanella* สามารถเปลี่ยน lactate ให้เป็น acetate *Desulfobulbus* จะเปลี่ยน sulfur ไปเป็น sulfate และ *Geobacter* สามารถย่อยสลายกรดอินทรีย์และสารประกอบอะโรมาติกส์ได้หลายชนิด

Prof. Derek R. Lovley แห่งมหาวิทยาลัย Massachusetts ในสหรัฐอเมริกา ได้ให้ความสนใจศึกษาแบคทีเรียที่ผลิตกระแส

ไฟฟ้าโดยเฉพาะ *Geobacter* ซึ่งทีมวิจัยพบว่าแบคทีเรียชนิดนี้สามารถส่งผ่านอิเล็กตรอนไปยังขั้วแอโนดได้โดยตรง ในขณะที่แบคทีเรียชนิดอื่นๆ ที่ผลิตกระแสไฟฟ้าได้ต้องอาศัยตัวกลาง (mediator) ช่วยในการส่งผ่านอิเล็กตรอนไปยังขั้วแอโนด ซึ่งตัวกลางเหล่านี้ทำมาจากสารประกอบที่มีราคาแพงและมักเป็นวัสดุที่เป็นพิษต่อสิ่งแวดล้อม การค้นพบ *Geobacter* นี้เองทำให้ต้นทุนในการศึกษาการผลิตกระแสไฟฟ้าโดยแบคทีเรียลดลงมาก

Geobacter สามารถส่งผ่านอิเล็กตรอนไปยังขั้วแอโนดได้โดยอาศัยสิ่งที่ทำหน้าที่คล้ายขดลวดขนาดจิ๋วซึ่งอาจเปรียบเทียบกับได้เสมือนเป็น “ขดลวดนาโน” (microbial nanowire) จริงๆ แล้วโครงสร้างเหล่านี้เรียกว่า pili เป็นโครงสร้างที่มีลักษณะคล้ายขนที่ยื่นออกมาจากเยื่อหุ้มเซลล์ซึ่งพบได้ในแบคทีเรียหลายชนิด pili ยังช่วยให้ *Geobacter* สามารถเติบโตบนแผ่นขั้วแอโนดได้ในลักษณะคล้ายเมือก

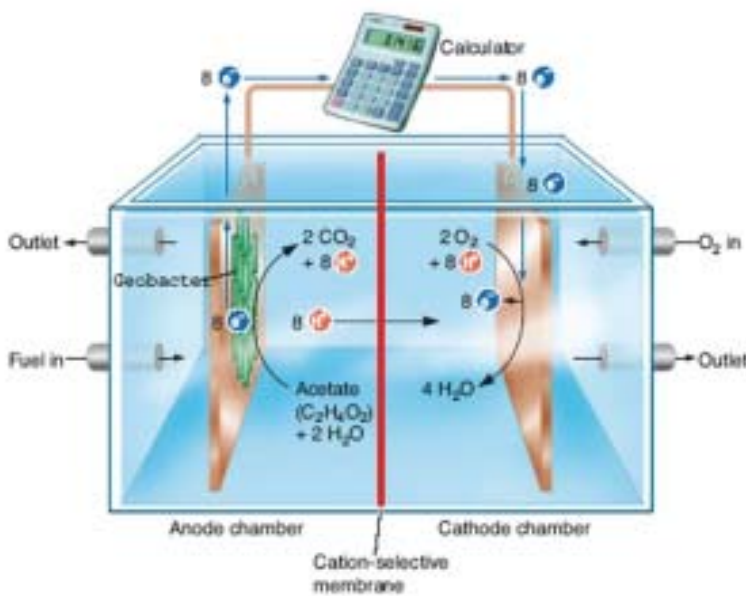
เหนียวๆ ที่เรียกว่า biofilm ซึ่งการเจริญในลักษณะที่เป็น biofilm นี้เป็นสิ่งสำคัญที่ช่วยให้แบคทีเรียสามารถส่งผ่านอิเล็กตรอนไปยังขั้วแอโนดได้มากขึ้น

ความเป็นไปได้ในอนาคต

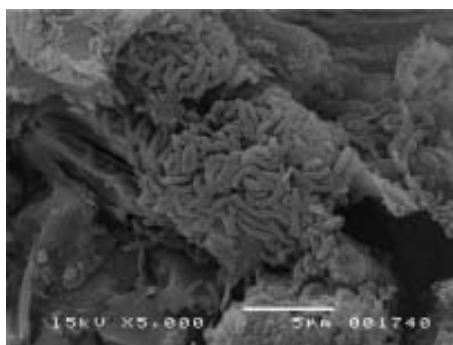
การนำจุลินทรีย์มาผลิตกระแสไฟฟ้าเพื่อใช้งานได้จริงในชีวิตประจำวันนั้นยังต้องอาศัยเวลาพัฒนาอีกระยะ เนื่องจากความสนใจในเรื่องนี้เพิ่งมีมาได้ไม่นานทำให้ยังขาดองค์ความรู้อีกมาก พลังงานที่จุลินทรีย์ผลิตได้นั้นยังมีปริมาณน้อยซึ่งสามารถใช้งานได้จริงกับเครื่องใช้ที่ต้องการพลังงานไฟฟ้าต่ำๆ เท่านั้น สิ่งสำคัญในการพัฒนา คือ การทำให้จุลินทรีย์เหล่านี้ผลิตกระแสไฟฟ้าให้เร็วขึ้นและมากขึ้น ซึ่งอาจจะต้องอาศัยองค์ความรู้ทางด้านพันธุวิศวกรรมเข้ามาช่วย

ในอนาคตอันใกล้เทคโนโลยีนี้อาจนำไปพัฒนาเป็นส่วนหนึ่งของพลังงานที่ใช้ในอวกาศ ซึ่งจุลินทรีย์มีข้อได้เปรียบพลังงานแสงอาทิตย์ตรงที่สามารถผลิตได้กระแสไฟฟ้าได้ในขณะที่ไม่มีแสงอาทิตย์ โดยใช้สิ่งปฏิภูกจากมนุษย์เป็นแหล่งอาหารของจุลินทรีย์เพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า ในขณะเดียวกันแก๊สคาร์บอน - ไดออกไซด์ที่ออกมาก็สามารถเปลี่ยนเป็นแก๊สออกซิเจนโดยสาหร่ายขนาดเล็ก หรือไซยาโนแบคทีเรียที่สร้างอาหารเองได้จากกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง

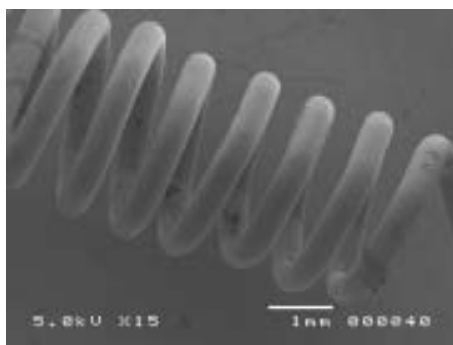
เทคโนโลยีมีการพัฒนาอย่างรวดเร็ว ในไม่ช้าเครื่องใช้ไฟฟ้าแบบพกพาต่างๆ ที่ใช้แบตเตอรี่เป็นตัวเก็บประจุไฟฟ้าและให้พลังงานอาจมีการเปลี่ยนแปลงรูปโฉมไปเป็นเซลล์ที่ให้พลังงานไฟฟ้าโดยจุลินทรีย์ ซึ่งต้องการเพียงแค่น้ำตาลก้อนเล็กๆ ใส่ในคอมพิวเตอร์พกพา หรือโทรศัพท์มือถือก็อาจเป็นไปได้



แบบจำลองการผลิตกระแสไฟฟ้าแบคทีเรีย *Geobacter* Microbe 2006 Vol. 1 No.7



ภาพถ่ายแบคทีเรีย *Geobacter* จากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนที่เจริญอยู่บนอิเล็กโทรด โดย Daniel Bond แห่งมหาวิทยาลัย Massachusetts-Amherst Microbe 2006 Vol. 1 No.7



ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนของอิเล็กโทรดที่ทำจากแกรไฟต์หรือทองคำซึ่งแบคทีเรียจะมาเจริญอยู่เป็นลักษณะ biofilm มาจาก : <http://www.geobacter.org/research/microbial/>



พลังงานไฟฟ้าที่ผลิตจากแบคทีเรีย เพียงพอที่จะทำให้หุ่นยนต์เด็กเล่นเคลื่อนที่ได้ มาจาก : <http://www.geobacter.org/research/microbial/>