บทที่ 1 บทนำ

พลังงานเป็นปัจจัยที่สำคัญมากที่สุดปัจจัยหนึ่งสำหรับสังคมมนุษย์ในปัจจุบันจนยากที่จะจินตนาการได้ว่าหากปราศจากพลังงานแล้วการดำรงชีพโดยลำพังเพียงปัจจัยสี่ มนุษย์จะมีความเป็นอยู่อย่างยากลำบากขนาดไหน ในปัจจุบัน มนุษย์ได้นำพลังงานซากดึกดำบรรพ์ (fossil fuels) ในรูปแบบของถ่านหิน น้ำมันและก๊าซธรรมชาติ ประมาณ 80 % พลังงานนิวเคลียร์ และพลังงานจากเขื่อนไฟฟ้าพลังน้ำ พลังงานแสงอาทิตย์ พลังงานลม และอื่น ๆ อีก 20 % ของพลังงานทั้งหมด มาใช้เป็นพลังงานในการผลิต การขนส่งและกิจกรรมทางสังคมอื่นๆ ของมนุษย์ การใช้พลังงานจากซากดึกดำบรรพ์นอกจากทำให้ทรัพยากรเชื้อเพลิงของโลกที่เก็บสะสมมานานนับล้านปีลดเหลือน้อยลงอย่างรวดเร็วแล้ว ยังก่อให้เกิดปัญหาด้านมลภาวะต่อสิ่งแวดล้อมและต่อมนุษย์เป็นอย่างมากและเป็นภัยคุกคามต่อสุขภาพร่างกายของคนเราเนื่องจากได้รับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ก๊าซคาร์บอนมอนนอกไซด์ และก๊าซที่ทำให้เกิดปรากฏการณ์เรือนกระจก (greenhouse gases) อื่นๆ ซึ่งล้วนแล้วแต่เป็นก๊าซที่ก่อให้เกิดมลภาวะต่อสิ่งแวดล้อมและก่อให้เกิดปัญหากับบรรยากาศของโลก เช่นทำให้โลกร้อนขึ้น นักวิทยาศาสตร์รางวัลโนเบลและผู้บุกเบิกด้านนาโนเทคโนโลยี Richard E. Smalley (Smalley, 2005) กล่าวว่าปัญหาที่สำคัญที่สุดของมนุษย์ใน 50 ปีข้างหน้า จะเป็น พลังงาน น้ำ อาหาร สิ่งแวดล้อม ความยากจน การก่อการร้ายและสงคราม เชื้อโรค การศึกษา ประชาธิปไตย ประชากร จะเห็นได้ว่าการขาดแคลนพลังงานเป็นปัญหาที่สำคัญที่สุดและได้คาดว่าความต้องการใช้พลังงานของมนุษย์บนโลกได้ถูกพยากรณ์ว่าจะเพิ่มขึ้นเป็นสองเท่าภายในปี ค.ศ. 2050 (Grätzel, 2005) เพื่อตอบสนองความต้องการการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงของประชากรที่มีจำนวนเพิ่มขึ้นและการขยายตัวทางด้านอุตสาหกรรมของแต่ละประเทศทั่วโลก ทรัพยากรซากดึกดำบรรพ์เป็นทรัพยากรมีจำกัดและมีอยู่เฉพาะบางบริเวณของโลกเท่านั้น ในขณะที่ความต้องการใช้ทรัพยากรซากดึกดำบรรพ์ นั้นมีอยู่ทุกหนทุกแห่งทั่วโลก ดังนั้นปัญหาการขาดแคลนพลังงานและปัญหาการเพิ่มขึ้นของราคาพลังงานจึงเป็นปัญหาที่สำคัญที่สุดลำดับที่หนึ่งของโลกและจำเป็นที่จะต้องได้รับการแก้ไขโดยวิจัยและพัฒนาอย่างเร่งด่วนเพื่อทดแทนพลังงานแบบดั้งเดิมที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน เช่น พลังงานปิโตรเลียม ถ่านหิน นิวเคลียร์ ที่กำลังจะหมดไป พลังงานทดแทนควรเป็นพลังงานที่ผันกลับได้ (renewable) และใช้ได้ไม่หมดหรือมีความยั่งยืน (sustainable) รวมทั้งเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม (environmentally friendly)

การค้นหาพลังงานทดแทนอื่นมาใช้แทนพลังงานซากดึกดำบรรพ์เป็นแนวทางแก้ปัญหาหนึ่งแต่ยังจะไม่เกิดผลขึ้นในเวลาอันสั้น การวิจัยและพัฒนาเป็นสิ่งจำเป็นที่จะต้องดำเนินการก่อนการนำพลังงานทดแทนอื่นมาใช้ เพื่อที่จะให้มั่นใจว่า คุณภาพ ปริมาณและราคาสามารถแข่งขันได้กับพลังงาน

แบบดั้งเดิม (conventional energy) และซากดึกดำบรรพ์และผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมมีน้อย ส่วนการผลิตพลังงานทดแทนเพื่อทางการค้าจำเป็นต้องพัฒนา infrastructure ที่เหมาะสม แต่ละขั้นตอนจะต้องใช้เวลาค่อนข้างยาวนาน แต่การลงทุนด้านการวิจัยและพัฒนาจะเป็นตัวเร่งให้มีการเปลี่ยนแปลงทางเศรษฐกิจพลังงาน แม้ว่าจะเป็นการยากที่จะทำนายว่าซากดึกดำบรรพ์ จะยังเหลือให้เราใช้อยู่อีกนานเท่าไร หรือการร้อนขึ้นของโลกเนื่องจากก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และก๊าซที่เป็นมลภาวะอื่นๆจะถึงขั้นรุนแรงเมื่อไร แต่แนวโน้มของความต้องการใช้ ซากดึกดำบรรพ์ และราคาที่เพิ่มมากขึ้นในปัจจุบันเป็นสิ่งที่ชี้ให้เห็นว่าเราจำเป็นต้องเร่งศึกษาวิจัย เพื่อถ่ายโอนไปสู่การใช้พลังงานทางเลือก (alternative energy) ที่ปลอดภัยจากมลภาวะและเป็นพลังงานทดแทนที่ยั่งยืน (sustainable and renewable energy) เพื่อการผลิตพลังงานไฟฟ้า

การผลิตพลังงานไฟฟ้าด้วยวิธีต่างๆ โดยการใช้ทรัพยากรที่สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้ (renewable) ได้ถูกเสนอและนำไปสู่การใช้งานจริงไปบ้างแล้ว วิธีที่มีความเป็นไปได้ดีคือ photovoltaic, พลังงานความร้อนใต้พื้นโลก (geothermal) พลังงานชีวมวล (biomass) พลังงานลม (wind turbine) อย่างไรก็ตาม การผันพลังงานแสงอาทิตย์ไปเป็นไฟฟ้าโดยตรงโดยใช้คุณสมบัติ photovoltaic ของวัสดุสารกึ่งตัวนำที่เหมาะสมคือขบวนการเปลี่ยนพลังงานที่ชาญฉลาดมากที่สุดอย่างหนึ่ง เนื่องจากการผลิตพลังงานไฟฟ้าวิธีนี้ใช้เพียงแสงอาทิตย์เป็นวัตถุดิบและไม่มีการปลดปล่อยก๊าซพิษใดๆ สู่บรรยากาศ ดังนั้นผลิตพลังงานไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์จึงเป็นการผลิตพลังงานสะอาด ปราศจากมลพิษและเป็นพลังงานยั่งยืน (sustainable energy)

พลังงานแสงอาทิตย์ที่ตกกระทบผิวโลกประมาณ 1000 วัตต์ต่อตารางเมตรคิดเป็น 5×10^{24} J ต่อปีหรือ 1.8×10^{17} W ประมาณ 10,000 เท่าของพลังงานที่ประชากรโลกใช้ในปัจจุบัน The Physics of Semiconductors กล่าวอีกอย่างหนึ่งได้ว่า ถ้าเราสามารถใช้เซลล์แสงอาทิตย์ประสิทธิภาพ 10 % ที่ครอบคลุมพื้นโลก 0.1 % ก็จะได้พลังงานไฟฟ้าที่เพียงพอสำหรับความต้องการของประชากรโลก (Grätzel, 2005)

โดยหลักการแล้วพลังงานทางเลือกควรมีคุณสมบัติ 4 ประการ คือปลอดภัยจากมลภาวะ มีความยั่งยืน เก็บกักได้ และมีความคุ้มค่าทางเศรษฐกิจ เซลล์แสงอาทิตย์มีคุณสมบัติ 3 อย่างแรกใน 4 และเพื่อให้มี คุณสมบัติครบทั้ง 4 ประการ นักวิจัยได้มุ่งเน้นศึกษาวิจัยอย่างต่อเนื่องในช่วงเวลา 2-3 ทศวรรษที่ผ่านมา และกำลังมุ่งมั่นทำการวิจัยค้นคว้าอย่างต่อเนื่องเพื่อให้เซลล์แสงอาทิตย์มีความคุ้มค่าทางเศรษฐกิจ

ในปัจจุบันการผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ที่ทำจากซิลิกอนมีราคาต้นทุน 8.50 บาทต่อกิโลวัตต์-ชั่วโมง เมื่อเทียบกับการผลิตไฟฟ้าด้วยโรงงานไฟฟ้าถ่านหิน1.75 บาทต่อกิโลวัตต์-ชั่วโมง

(McConnell, 2002) แต่ราคาต้นทุนการผลิตกำลังลดลงเมื่อมีการผลิตและต้องการเพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตาม ยังมีทางเลือกวัสดุชนิดใหม่ที่สามารถผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์มีราคาต่ำลงอีกคือการใช้ ไททาเนียมไดออกไซด์(TiO_2) ผลึกนาโน แม้ว่าเซลล์แสงอาทิตย์สีย้อมไวแสงไททาเนียผลึกนาโน (dye-sensitized nanocrystallineTiO$_2$ solar cells) มีประสิทธิภาพต่ำกว่าเซลล์แสงอาทิตย์แบบดั้งเดิมเล็กน้อย แต่มีราคาถูกกว่ามากและไม่มีมลพิษต่อสิ่งแวดล้อม ได้กลายมาเป็นอุปกรณ์ photovoltaic ทางเลือกใหม่ที่สามารถผลิตง่ายกว่า มีแนวโน้มให้ผลคุ้มค่าทางเศรษฐกิจมากกว่า (Crabtree, 2004) รวมทั้งใช้วัสดุที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม (environmentally benign) มากกว่าเมื่อเทียบกับเซลล์แสงอาทิตย์แบบดั้งเดิมที่อยู่บนรากฐานของรอยต่อพีเอ็น (p-n junction) ที่ใช้ Si และสารโด้ปที่เป็นพิษกับมนุษย์และสิ่งแวดล้อม จวบจนปัจจุบัน เซลล์แสงอาทิตย์สีย้อมไวแสงไททาเนียผลึกนาโนมีประสิทธิภาพประมาณ 10% และกำลังได้รับการพัฒนาให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้น ทำให้มันได้รับความนิยมเนื่องจากความง่ายในขั้นตอนการผลิต ไม่จำเป็นต้องผลิตในระบบสุญญากาศสูงและ ไม่ต้องการ clean room ใช้วัสดุราคาถูก (TiO_2) ไม่เป็นพิษกับมนุษย์และสิ่งแวดล้อม และใช้น้อยเพราะเซลล์แสงอาทิตย์นี้เป็นฟิล์มบาง ส่วนสีย้อมไวแสงสามารถใช้ได้ทั้ง organic materials ตามธรรมชาติ และ สารสังเคราะห์รวมทั้งมีความสามารถที่จะนำกลับมาฝช้ได้อีก (recycle) เซลล์แสงอาทิตย์ชนิดนี้เมื่อหมดอายุการใช้งาน (McConnell, 2002) โดยทั่วไปเป็นที่ยอมรับว่าการถ่ายโอนเทคโนโลยีการผลิตเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดนี้จากห้องปฏิบัติการไปสู่อุตสาหกรรมการผลิตมีปัญหาอยู่ที่การออกแบบเซลล์เพื่อให้ที่มีประสิทธิภาพและเสถียรภาพนั้นจะต้องมีการแทนที่อิเล็กโตรไลต์ของเหลว (liquid electrolyte) ด้วย อิเล็กโตรไลต์ของแข็ง (solid electrolyte) (Hara and Arakawa, 2003) ด้วยเหตุผลดังกล่าว โครงการวิจัย การประดิษฐ์เซลล์แสงอาทิตย์สีย้อมไวแสงไททาเนียผลึกนาโนด้วยอิเล็กโตรไลต์ของแข็ง (Fabrication of dye-sensitized nanocrystallineTiO$_2$ solar cells with solid-state electrolyte) มีวัตถุประสงค์ คือ

1. เพื่อสังเคราะห์ไททาเนียผลึกนาโนและใช้ในการประดิษฐ์เซลล์แสงอาทิตย์สีย้อมไวแสงด้วยอิเล็กโตรไลต์ของแข็งประสิทธิภาพสูงที่มีประสิทธิภาพของเซลล์ประมาณ 4.5 %
2. เพื่อสังเคราะห์และศึกษาอิทธิพลของอิเล็กโตรไลต์ของแข็งที่สังเคราะห์ได้ต่อเสถียรภาพและประสิทธิภาพ ของเซลล์แสงอาทิตย์สีย้อมไวแสงไททาเนียผลึกนาโนด้วยอิเล็กโตรไลต์ของแข็ง