

บทที่ 11

พัฒนาการทางไฟฟ้าในปัจจุบัน

วัตถุประสงค์

วัตถุประสงค์ของบทนี้ คือ

1. เพื่อให้นักศึกษาเข้าใจว่าไฟฟ้าเกิดขึ้นได้จากพลังงานอื่น ๆ ได้ออกหลายคนแบบ
2. เพื่อให้นักศึกษาทราบแหล่งพลังงานหรือเชื้อเพลิงอย่างอื่นที่จะมาแทนน้ำมันในการผลิตกระแสไฟฟ้า
3. เพื่อให้นักศึกษารู้จักการประยุกต์พลังงานไฟฟ้า และสามารถนำไปปฏิบัติได้

11.1 ไฟฟ้าในรูปแบบอื่น ๆ

ไฟฟ้าเกิดขึ้นได้จากพลังงานอื่น ๆ ได้ออกหลายแบบ ดังนี้

11.1.1 พลังงานเคมี เมื่อ ก.ศ. 1820 Galvani เป็นคนแรกที่ได้พบกระแสไฟฟ้าหลังจากผ่าตัดกบ แต่เข้าใจว่าเป็นไฟฟ้าสถิตในตัวกบ หลังจากนั้นไม่นาน Volta ได้ทำการก้นกว้าและพบว่าเป็นไฟฟ้ากระแส ซึ่งไม่จำเป็นจะต้องเกิดจากโอลิฟสองชนิด ซึ่งจุ่มอยู่ในสารละลายของกรดหรือเกลือได้ ได้ประดิษฐ์แบบเตอร์เรียบอย่างขึ้นเป็นครั้งแรก ต่อมาจึงเกิดเซลล์แบบต่าง ๆ ขึ้นมากตามคลอดจนแบบเตอร์เรียนต์ซึ่งสามารถบรรจุไฟฟ้าใช้ได้อยู่ตลอดเวลา พลังงานไฟฟ้าที่ได้จากพลังงานเคมียังไม่สามารถนำไปใช้ในชีวิตหรือในอุตสาหกรรมได้ ได้ เพราะมีความลับเฉพาะมาก

11.1.2 พลังงานกล เมื่อ ก.ศ. 1831 Faraday และ Henry เป็นผู้พบวิธีทำให้เกิดกระแสไฟฟ้าจากพลังงานกลและแม่เหล็ก หลังจากนั้นราว ก.ศ. 1886 Hepkissen ได้ออกแบบเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขึ้น และได้มีดำเนินโน้มหรือเครื่องกำเนิดไฟฟ้าใช้กันอย่างสมบูรณ์แบบ ใน ก.ศ. 1900 ได้นำโน้มเป็นเครื่องแปลงพลังงานกลเป็นพลังงานไฟฟ้าได้โดยตรงและสามารถผลิตพลังงานไฟฟ้าได้อย่างมหาศาล

11.1.3 พลังงานแสง (Photoelectric Source) นักฟิสิกส์ชาวเยอรมัน ชื่อ ไฮนริช รูดอล์ฟ เฮอร์ทซ์ (Heinrich Rudolph Hertz) ผู้กันพบความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานไฟฟ้ากับพลังงานแสง เครื่องมือสำหรับผลิตพลังงานไฟฟ้าจากพลังงานแสง เรียกว่า Photoelectric cell

11.1.4 ไนโอลเซลล์ (Bio cell) เป็นแบตเตอรี่ที่ทำด้วยแบคทีเรีย เครื่องกำเนิดไฟฟ้าชนิดใหม่นี้ มีเชื้อเพลิงเหลวที่ประกอบด้วยสิ่งที่มีชีวิตเล็กๆ ซึ่งสามารถที่จะเปลี่ยนเชื้อเพลิงเป็นพลังงานไฟฟ้าโดยตรง มันเป็นสิ่งที่น่าสนใจยิ่งกว่าการทดลองธรรมชาติ ไนโอลเซลล์นี้ได้ปรับปูนนำไปใช้ให้เหมาะสมเพื่อจ่ายไฟฟ้าให้กับเครื่องวิทยุสำหรับส่งสัญญาณนำร่อง

11.1.5 ไฟฟ้าพิโซ (Piezo electricity) เป็นไฟฟ้าที่เกิดขึ้นจากการออกแรงกดบนผลึกบางชนิด เช่น ผลึกควอตซ์ (Quartz) หรือเกลือโรเชล (Rochelle Salt, Sodium Potassium tartrate) ทำให้ผิวน้ำที่อยู่ต壤ข้ามกันมีประจุไฟฟ้าคนละชนิดกัน ถ้าหากจัดที่อยู่ของผลึกให้มั่นคง และห่อผิวน้ำที่อยู่ต壤ข้ามกันด้วย漉ไฟฟ้าให้เป็นวงจรเมจิระແسفไฟฟ้าให้ได้ปริมาณไฟฟ้าจะมากน้อยขึ้นอยู่กับขนาดของแรงกด ไมโครโฟนเสียงชนิดที่ใช้ผลึกใช้หลักการนี้ ก็เปลี่ยนแรงกดของคลื่นเสียงเป็นกระแสไฟฟ้า ส่งไปตามสายจากไมโครโฟน เครื่องมือผลิตไฟฟ้าโดยแรงกดบนผลึกบางชนิด เรียกว่า Piezoelectric cell

นอกจากนี้ยังมีพลังงานความร้อน พลังงานชีวเคมี พลังงานลม พลังงานแสงอาทิตย์ พลังงานน้ำเกลือริบ ซึ่งทำให้เกิดพลังงานไฟฟ้าได้ทั้งสิ้น

11.2 น้ำมันและพลังงานทดแทนอื่น ๆ กับไฟฟ้า

11.2.1 น้ำมัน แร่ที่มีอยู่ในโลกนี้มีนานาชนิดแต่ที่มีความสำคัญต่อมนุษย์มากที่สุด คือ น้ำมัน จะเห็นได้ว่าในปัจจุบันนี้ทุกประเทศทั่วโลกจะขาดน้ำมันไม่ได้เลย กล่าวได้ว่าไม่มีประเทศใดที่ไม่ใช้น้ำมัน ยังไปกว่านั้นผลิตภัณฑ์ต่างๆ กว่า 800 ชนิดซึ่งเป็นผลที่ได้จากน้ำมัน มีความจำเป็นต่อชีวิตประจำวันของเรามาก่อนอีกด้วย ถ้าขาดสิ่งต่างๆ เหล่านี้ก็เหมือนจะอยู่ไม่ได้หรือด้วยความลำบากมาก ผลิตภัณฑ์เหล่านี้ คือ ก๊าซหุงต้ม น้ำมันเบนซิน น้ำมันก้าดและน้ำมันอื่นๆ อิสกัดลายชนิด น้ำมันดิน น้ำมัน พาราฟิน วาสelin พลาสติก ยางเทียม รัตถะระเบิด ขารักษาโรค ไขสั่งเกราะห์ เครื่องสำอางและอื่นๆ อิสกัดลายชนิด ทั้งหมดนี้เป็นแก่เพียงส่วนน้อยเท่านั้นแต่ก็ชี้ให้เห็นถึงความสำคัญของน้ำมันว่ามีความจำเป็นต่อชีวิตประจำวันของมนุษย์มากเพียงไร ประการสำคัญที่สุด คือ ถ้าขาดน้ำมันแล้ว รถยนต์ที่วิ่งอยู่ตามถนนที่เราเห็นอยู่ทุกๆ วันนี้ ก็คงต้องหยุดกันหมด โรงงาน เครื่องจักร เครื่องยนต์

ทุกชนิดก็ต้องหดกิจการ จากตัวอย่างดังกล่าวนี้จะเห็นได้ว่า น้ำมันมีความสำคัญเพียงไร ระดับการผลิตน้ำมันหรือการขาดน้ำมันขึ้นมาได้เป็นสิ่งหนึ่งที่บอกลั่งฐานะทางเศรษฐกิจของประเทศไทยนั่น ๆ การที่มีน้ำมันมาก ๆ ก็เท่ากับเป็นหลักประกันความมั่งคั่งของประเทศไทยนั่น ๆ อีกด้วย

จากนี้ก็ทำให้เราคิดต่อไปอีกว่า น้ำมันที่มีมากน้อยและขนาดพนักในปัจจุบันนี้มา จากไหน มีทฤษฎีล่าไว้สองทฤษฎีด้วยกัน คือ ทฤษฎีแรกเป็นทฤษฎีที่กล่าวว่า น้ำมันเกิดขึ้นมาโดยไม่มีความสัมพันธ์กับลิ่งที่มีชีวิตแต่อย่างไรโดยเรียกว่า Inorganic Theory อีกทฤษฎีหนึ่งนั้นส่วนมากนักธรณีวิทยายอมรับกันแล้วว่า ถูกต้องกว่าทฤษฎีแรก คือ Organic Theory ซึ่งกล่าวถึงการเกิดของน้ำมันว่า เกิดมาจากการพอกอินทรีย์สารทั้งหลายซึ่งตายทับกันออยู่ตามบ่อ บึง และแอ่งน้ำ เช่น ในทะเล lagoon และทะเลสาบ เป็นต้น อินทรีย์สารที่สะสมอยู่นี้จะปะปนอยู่กับพากตะกอนต่าง ๆ เช่น clay และโคลนตาม

ปีต่อเดือน หมายถึง น้ำมันดิบ ก๊าซธรรมชาติ ก๊าซธรรมชาติเหลวและสารประกอบไฮโดรคาร์บอนอื่น ๆ ที่เกิดขึ้นโดยธรรมชาติและอยู่ในสภาพอิสระไม่ว่าจะมีลักษณะเป็นของแข็ง ของเหลว หรือก๊าซ

น้ำมันดิบ (Crude oil) หมายถึงปีต่อเดือนที่ประกอบด้วยสารประกอบไฮโดรคาร์บอนน้ำมันหลัก น้ำตั้งแต่ชนิดเบามาก ๆ จนถึงชนิดที่หนักมาก ๆ ซึ่งเมื่อออยู่ภายในโลกเป็นของเหลว และเมื่อนำขึ้นมาก็ยังคงสภาพเป็นของเหลวอยู่ เช่นเดิม น้ำมันดิบส่วนใหญ่มีลักษณะเป็นของเหลวสีดำหรือสีน้ำตาลเข้ม

น้ำมันดิบนี้จะมีสารประกอบอีกราย ขึ้นอยู่กับแหล่งกำเนิด อายุและความลึกของแต่ละแหล่ง บางแหล่งเหมาะสมที่จะผลิตน้ำมันเบา ๆ เช่น น้ำมันเบนซิน น้ำมันก๊าด แต่บางแหล่งเหมาะสมที่จะผลิตน้ำมันหนัก ๆ เช่น น้ำมันดีเซล น้ำมันเตา น้ำมันดิบโดยทั่วไปแบ่งเป็น 3 ชนิด โดยแบ่งตามชนิดของไฮโดรคาร์บอนที่ประกอบอยู่ คือ

1. Paraffinic base crude oils เป็นน้ำมันดิบที่มีองค์ประกอบส่วนใหญ่เป็นพาก Paraffinic hydrocarbon (Saturated hydrocarbon พาก alkane) จะให้ paraffin wax มาก
2. Asphaltic base crude oils เป็นน้ำมันดิบที่มีองค์ประกอบส่วนใหญ่เป็นพาก Asphaltic matter และมี Naphthenes (Cycloalkane) ดังนั้นจึงเรียกน้ำมันดิบนี้อีกอย่างหนึ่งว่า Naphthenic base crude oils

3. Mixed base crude oil เป็นน้ำมันดิบที่มีทั้ง paraffin wax และ asphaltic matter รวมกัน

การแบ่งพวกน้ำมันดิบนี้ได้หมายความว่า แหล่งน้ำมันดิบนั้นจะมีสารเป็นพวก ๆ อ่อนที่แบ่งเอาไว้ ส่วนมากแล้วมักจะคานเกี้ยวอยู่ตลอดเวลา เพียงแต่ว่ามีอัตราแกนอยกว่า กันเท่านั้น

ตามแหล่งที่ผลิตน้ำมันดิบมักจะมีโรงงานกลั่นน้ำมันย่อย ๆ อยู่เพื่อทำการกลั่น เอาส่วนเบา ๆ ออกเสียก่อน เช่น พวกกิ๊ฟที่จะใช้เป็นวัตถุดินในโรงงานอุตสาหกรรมปีโตรเคมี อันนี้เป็นการ stabilized น้ำมันดิบ น้ำมันดิบชนิดที่เอาส่วนเบา ๆ ออกแล้วเรียกว่า Topped crude หรือ Stabilized Crude

สำหรับการขนส่งน้ำมันดิบไปจำหน่ายมีหลายวิธี เช่น ส่งไปตามท่อ ส่งลงเรือ และรถยกได้

น้ำมันดิบนี้ก่อนจะนำมาใช้เป็นเชื้อเพลิง จะต้องผ่านกรรมวิธีเพื่อทำให้เป็นน้ำมันสำเร็จปีในโรงงานกลั่นเสียก่อน เช่น ก๊าซหุงต้ม น้ำมันเบนซิน น้ำมันก๊าด น้ำมันดีเซล น้ำมันเตา และอื่น ๆ ดังนั้นก่อนที่จะนำน้ำมันดิบนี้เข้าโรงงานกลั่นจะต้องทราบถึงคุณสมบัติต่าง ๆ เสียก่อน เช่น ความถ่วงจำเพาะ ความหนืด ค่าความร้อน และอื่น ๆ โดยเฉพาะคุณสมบัติอย่างหนึ่งที่สำคัญ คือ คุณสมบัติของการกลั่น จะต้องกระทำทุกครั้งก่อนการนำน้ำมันดิบนั้น ๆ เข้าโรงงานกลั่น เพื่อให้ทราบว่าเป็นน้ำมันชนิดใด และจะนำไปทำผลิตภัณฑ์อะไรได้บ้าง

11.2.2 พลังงานทดแทนอื่น ๆ กับไฟฟ้า มนุษย์ไม่สามารถดำรงชีวิตอยู่ได้โดยปราศจากพลังงาน ไม่ว่าจะเป็นด้านความเป็นอยู่หรือด้านการประกอบธุรกิจพลังงานไม่ว่า รูปใดมีบทบาทที่ใกล้ชิดในชีวิตประจำวัน มนุษย์มีการพัฒนาการใช้พลังงานทุกชนิดเพื่อใช้ประกอบการดำเนินชีวิตให้ดีที่สุด เชื้อเพลิงซึ่งธรรมชาติสะสมไว้ได้พื้นดินนานาทรายล้านปี ก็ถูกขุดก้นนำเข้ามาใช้เป็นพลังงาน และใช้ในอัตราเพิ่มมากขึ้นเรื่อย ๆ ซึ่งในระยะแรกมีราคาถูกและสนองความต้องการได้มากmayไม่จำกัดปริมาณ จึงเกิดการประดิษฐ์คิดค้นเครื่องจักร เครื่องยนต์ขึ้นมาเพื่อใช้น้ำมันเป็นพลังงานกันอย่างกว้างขวาง จนสามารถกล่าวได้ว่าพลังงานที่มนุษย์ใช้ในการดำรงชีวิตนั้นได้มาจากน้ำมันเชื้อเพลิงมากกว่า 90 %

จังหวัดเมืองปี พ.ศ. 2516 สถานการณ์การใช้พลังงานได้เปลี่ยนแปลงไปอย่างมากโดยประเทศผู้ผลิตน้ำมันดิบขึ้นราคากำหนด พร้อมกับลดปริมาณการผลิตลงและคาดว่า ปริมาณน้ำมันเชื้อเพลิงสำรองที่จะใช้ได้ในโลกนี้จะเหลือใช้ได้อีกเพียงไม่กี่สิบปีเท่านั้น จึง

เป็นที่ประจักษ์ชัดแล้วว่าเราไม่อาจทิ้งห่วงพลังงานจากน้ำมันเชื้อเพลิงได้อีกต่อไป นอกจากต้องประยุคการใช้แล้วยังทำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องกันไฟฟ้าพลังงานอย่างอื่นมาทดแทนให้กันเพื่อความอยู่รอด พลังงานทดแทนอื่น ๆ ได้แก่ ก๊าซธรรมชาติ ถ่านหิน พลังงานความร้อนได้พิกพ พลังงานแสงอาทิตย์ พลังงานลม พลังงานน้ำเกลือร์ ฯลฯ

1. ก๊าซธรรมชาติ เป็นสารประกอบไฮโดรคาร์บอนซึ่งมีสภาพเป็นก๊าซ ประกอบด้วยก๊าซหลายชนิดในสัดส่วนที่ต่างกัน ที่สำคัญก็คือ ก๊าซมีเทน อีเทน โปรเปน บิวเทน ในบางครั้งอาจจะมีพากไฮโดรคาร์บอนเหลว เช่น พากเพนเทน เอกเซน และตัวที่สูงขึ้นไป เช่น เอปเทน อ็อกเทน ปอนอยู่บ้านเด็กน้อยนักจากน้ำใจจะมีก๊าซที่ไม่ใช่พากไฮโดรคาร์บอน เช่น การบอนไดออกไซด์ ไฮโดรเจนแซลไฟต์ และในโทรศัพท์ปอนอยู่บ้าน โดยที่ไม่ได้แล้วก๊าซธรรมชาติจะประกอบด้วยก๊าซมีเทนเกือบส่วน ๆ เรียกว่า ก๊าซแห้ง (dry gas) แต่ถ้าก๊าซธรรมชาติไม่มีพากโปรเปน บิวเทน และพากไฮโดรคาร์บอนที่มีน้ำหนักโน้มถ่วงสูง ๆ ขึ้นไป เช่น เพนเทน เอกเซน ฯลฯ ซึ่งพากน้ำสามารถดูดซึมน้ำได้ ก๊าซชื้น (wet gas) ส่วนก๊าซธรรมชาติเหลวหรือเบนซินธรรมชาติ ซึ่งเรียกว่า “คอนเดนสेट” (Condensate) นั้นได้แก่ พากเพนเทน เอกเซน เอปเทน และอ็อกเทน ซึ่งมีสภาพเป็นของเหลว เมื่อผลิตขึ้นมากถึงปากบ่อ บนแท่นผลิต

พากก๊าซไฮโดรคาร์บอน ตั้งแต่โปรเปน บิวเทนขึ้นไปเราสามารถทำให้ควบตัวเป็นของเหลว (Liquefied) ได้โดยใช้ความกดดันหรืออุณหภูมิซึ่งเราระบุผลิตผลที่ได้ว่า ก๊าซปีโตรเลียมเหลว (Liquefied petroleum Gas, LPG) ก๊าซธรรมชาติอาจมีความสัมพันธ์กับน้ำมันดิบ ก็อ ก็ตความคู่กับน้ำมันดิบ เช่น ก๊าซที่ละลายปอนอยู่ในน้ำมันดิบ (solution gas) หรือก๊าซที่ลอยปดอยู่บนชั้นน้ำมันดิบ (gas cap) เราเรียกก๊าซพากนี้ว่า associated gas ส่วนก๊าซธรรมชาติที่เกิดเป็นอิสระไม่ปนอยู่กับน้ำมันดิบ เรียกว่า non - associated gas

การก่อกำเนิดของก๊าซธรรมชาติ สิ่งที่มีชีวิตทั้งพืชและสัตว์จำพวก菊石ินทรี จำนวนมหาศาลที่อาศัยอยู่ในโลกนับหมาลัยล้านปีมาแล้ว เมื่อตายลงและกลุกเคล้ากับเศษหินดินรายจมลงสู่บริเวณที่เป็นกันทะเลขหรือทะเลสถานในขณะนั้นจะถูกหัน過來ด้วยชั้นกรวดราย โคลนตาม ที่แม่น้ำลำคลอง ในอดีตพัดพาลงสู่ทะเลขหรือทะเลสถานสลับกันเป็นชั้น ๆ

ตลอดเวลา ชั้นตะกอนต่าง ๆ จะทับถมมากขึ้นจนหนาแน่นร้อย ๆ พัน ๆ ฟุตเกิดน้ำหนักกดทับ และบีบอัดทำให้ชั้นกรวด ทราย โกลน ตาม กลายเป็นชั้นหินทรายและหินดินดาน น้ำหนักของชั้นหินเหล่านี้ผนวกกับความร้อนได้พื้นโลกลทำให้ชาบพืชและสัตว์สลายตัวแปรสภาพ กลายเป็นกําชธรรมชาติและหยดน้ำมันซึ่งจะถูกบีบอัดจะเคลื่อนเข้าไปตามช่องว่างระหว่าง เม็ดหินทรายหรือพูนของชั้นหิน

กําชธรรมชาติอาจจะเกิดขึ้นได้ในสภาพแวดล้อมตามธรรมชาติหลายแบบด้วย กันคือ

1. ละลายน้ำมันดิน (solution gas)
2. เกิดอยู่เหนือน้ำมันดิน (gas cap)
3. เกิดอยู่ใน trap เดียวกับน้ำมันดินแต่อยู่กันละ bed
4. เกิดในบริเวณที่ไม่มีน้ำมันดินอยู่เลย

การก่อกำเนิดของกําชธรรมชาติอาจแบ่งออกได้เป็นสองทฤษฎีด้วยกันคือกําชที่มี การก่อกำเนิดที่ไม่เกี่ยวข้องกับน้ำมันดิน และกําชธรรมชาติที่เกิดร่วมกับหรือได้มาจากการ ก่อกำเนิดที่มีเกี่ยวข้องกับน้ำมันดิน

ก. กําชที่มีการก่อกำเนิดไม่เกี่ยวกับน้ำมันดิน มีกําชบางชนิดเกิดขึ้นโดยตรง จากการเน่าเปื่อยของสารอินทรีย์ เช่น พ梧กําชปี (marsh gas) ซึ่งเกิดจากการเน่าเปื่อยของสารพ梧พืชในพื้นดินที่แหะหรือในบึงโดยมีบกแทรีเป็นตัวช่วย กําชที่ได้ส่วนใหญ่เกือบจะ เป็นกําชมีเทนล้วน ๆ การเน่าเปื่อยของชาบพืชก็เกิดกําชคล้ายคลึงกัน

การเกิดกําชมีเทนที่ไม่เกี่ยวกับน้ำมันดินอีกแบบคือกําชถ่านหิน (coal gas) ซึ่ง เกิดมาจากพ梧ชาบพืชในชั้นถ่านหิน (coal seam) กําชมีเทนอาจจะเกิดจากกระบวนการทาง อนินทรีย์ได้เช่นพ梧กําชที่ฟูงพ่นมาจากภูเขาไฟ

ข. กําชธรรมชาติที่เกิดมาจากการห่อหุ้น กําชร่วมกับน้ำมันดิน ในระหว่างการวัฒนาการ (evolution) ของปีตอเรเลียน กําชมีเทนและกําชไฮโดรคาร์บอนต่าง ๆ เป็นผลิตผลที่เกิดขึ้น มาตามธรรมชาติ กําชเหล่านี้จะถูกปล่อยออกมารอดดรับการวัฒนาการของปีตอเรเลียน ซึ่งถ้าการเป็นดังนี้จริงเราจะพบว่าในแหล่งสะสมตัวของไฮโดรคาร์บอนได้ ถ้ายังเก่าเท่าไรก็ ยังจะมีปริมาณกําชสูงขึ้น จากการศึกษาในอ่าวเม็กซิโกเขตของสหรัฐอเมริกาพบว่า gas - oil ratio เพิ่มขึ้นตามความลึกและตามอายุ (age) ของชั้นหิน

หลักฐานที่ดีชี้ยืนยันว่าก้าวกระโดดที่เกิด ระหว่างการวิวัฒนาการของปีโตรเลียม ก็คือมันมักจะมีความสัมพันธ์กับน้ำมันดิน ด้วยการละลายอยู่หรือเป็น gas cap ลอยอยู่ ข้างบนหรือเกิดในแองก์ก้ากเก็บไปกลั่นเคียงกับแองน้ำมัน เนื่องจากก้าวกระโดดที่มีความสามารถในการเคลื่อนไหว (mobility) ดีกว่าน้ำมันดิน ดังนั้นทันทีที่มันแยกตัวออกจากน้ำมันดิน มันอาจเดินทางไปตามช่องว่างต่าง ๆ ชั้นน้ำมันดินไม่สามารถไหลตามไปได้ทันเกิดเป็นแหล่ง กักเก็บก้าวกระโดดต่างหากก็ได้

ก้าวกระโดดที่พบในอ่าวไทย บริษัทปีโตรเลียมและผู้ร่วมกิจการซึ่งเป็นผู้ได้รับ สัมปทานการสำรวจปีโตรเลียมในอ่าวไทยได้เริ่มการเจาะสำรวจตั้งแต่เดือนกุมภาพันธ์ 2514 กล่าวคือ บริษัทโภโนโภ ได้ทำการเจาะสำรวจหลุ่มแรกในอ่าวไทย ก้อ หลุ่มเจาะสุราษฎร์ธานี – 1 ผลปรากฏว่าไม่พบปีโตรเลียม ต่อมาบริษัทญี่ปุ่นอย่าง ไทยแอลเอ กลัฟฟ์อยล์ เท็นนีโภ บีพี อะโนโภ และไตรตันอยล์ ก็ได้ทำการเจาะสำรวจเป็นลำดับจนถึงวันที่ 1 กุมภาพันธ์ 2525 ได้มี การเจาะสำรวจในอ่าวไทยไปแล้ว 86 หลุ่ม ปรากฏว่าพบก้าวกระโดดและก้าวกระโดดเหลว (condensate) จำนวน 48 หลุ่ม พบน้ำมันดิน 2 หลุ่มด้วยอัตราการให้ผลิต 798 บาร์เรลและ 1133 บาร์เรลตามลำดับ และพบน้ำมันดินปนก้าวกระโดดและก้าวกระโดดเหลว 2 หลุ่ม ส่วนปริมาณสำรองของก้าวกระโดดรวมทั้งสิ้นประมาณ 16.0 ล้านล้านลูกบาศก์ฟุต

การเจาะสำรวจปีโตรเลียมในประเทศไทยของบริษัทผู้รับสัมปทานทั้งหมด นับตั้งแต่ เริ่มต้นจนถึงสิ้นปี 2528 พอสูปีได้ดังนี้

เจาะหลุ่มสำรวจทั้งสิ้น 129 หลุ่ม พบน้ำมัน 18 หลุ่ม พบก้าวกระโดดและก้าว กระโดดเหลว 22 หลุ่ม เป็นหลุ่มแห้ง 89 หลุ่ม

เจาะหลุ่มประเมินผลทั้งสิ้น 115 หลุ่ม พบน้ำมัน 21 หลุ่ม พบก้าวกระโดดและ ก้าวกระโดดเหลว 69 หลุ่ม เป็นหลุ่มแห้ง 25 หลุ่ม

เจาะหลุ่มเตรียมการผลิตทั้งสิ้น 228 หลุ่ม พบน้ำมัน 20 หลุ่ม พบก้าวกระโดดและ ก้าวกระโดดเหลว 197 หลุ่ม เป็นหลุ่มแห้ง 11 หลุ่ม

ผลการสำรวจพบปริมาณสำรองน้ำมันดิน และก้าวกระโดดเหลวประมาณ 99 ล้าน บาร์เรล และปริมาณสำรองก้าวกระโดดประมาณ 3.72 ล้านล้านลูกบาศก์ฟุต

ปี 2524 ได้มีการนำเอาก้าวกระโดดที่จากแหล่งเรอราฟในอ่าวไทยเข้ามาเป็นครั้งแรก โดยขยายให้แก่การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย เพื่อใช้ในการผลิตกระแสไฟฟ้า นอกจากนี้ ยังมีก้าวกระโดดเหลว (condensate) จัดมาด้วยก้าวกระโดดด้วย

ปัจจุบันแหล่งก้าชธรรมชาติในอ่าวไทยได้รับการพัฒนาเพื่อการผลิตไปแล้ว 4 แหล่ง ผลิตก้าชธรรมชาติวันละประมาณ 300–350 ล้านลูกบาศก์ฟุต และก้าชธรรมชาติเหลวประมาณวันละ 15,000 บาร์เรล

ประโยชน์ที่จะได้จากการนำก้าชธรรมชาตินามาใช้ ปัจจุบันประเทศไทยสามารถนำก้าชธรรมชาติจากอ่าวไทยมาใช้ได้แล้วบางส่วน และกำลังเร่งรัดให้มีการพัฒนาก้าชธรรมชาติแหล่งอื่นมาใช้ต่อไป ซึ่งจะก่อให้เกิดประโยชน์แก่ประเทศไทยและประชาชนชาวไทยหลายประการ พอสรุปได้ดังนี้

1. ในเรื่องการพัฒนาอุตสาหกรรม ในระยะแรกของการผลิตก้าชธรรมชาตินี้ จะส่งก้าชธรรมชาตินามาใช้เป็นเชื้อเพลิงทดแทนน้ำมันเตาสำหรับผลิตกระแสไฟฟ้า ณ โรงไฟฟ้า พระนครใต้ที่สานโรง และโรงไฟฟ้าบางปะกงของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย และจะใช้เป็นเชื้อเพลิงสำหรับโรงงานอุตสาหกรรมอื่นด้วย ซึ่งส่วนใหญ่ตั้งอยู่ใกล้เคียงกับแนวทางท่อส่งก้าชในโอกาสต่อไป

2. ความแน่นอนของแหล่งเชื้อเพลิงสำหรับผลิตกระแสไฟฟ้า การใช้ก้าชธรรมชาติ เป็นเชื้อเพลิงแทนน้ำมันเตาในการผลิตกระแสไฟฟ้า จะทำให้มีกระแสไฟฟ้าใช้อย่างเพียงพอ พร้อมทลายไปถึงประชาชนทั่วประเทศ ทั้งนี้โดยไม่ต้องอาศัยน้ำมันซึ่งนำเข้ามาจากต่างประเทศ แต่เพียงอย่างเดียว

3. ในด้านการพัฒนาอุตสาหกรรม โดยเหตุที่ก้าชธรรมชาติจากอ่าวไทยประกอบด้วยสารไฮโดรคาร์บอนหลายชนิด ซึ่งมีคุณค่าทางเศรษฐกิจสูง ซึ่งนอกจากจะนำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงโดยตรงแล้ว ยังใช้เป็นวัตถุดับปืนโรงงานอุตสาหกรรมเคมีปิโตรเลียมได้

4. ประโยชน์จากการใช้ก้าชธรรมชาติผลิตปุ๋ย ก้าชธรรมชาติสามารถนำมาใช้ผลิตปุ๋ยเคมีประเทศไทยในโครงเรขา โดยผสมกับวัตถุดับอย่างอื่นจากในประเทศไทย ซึ่งจะช่วยให้เกษตรกรไทยมีปุ๋ยเคมีใช้สำหรับการเพาะปลูกได้อย่างแพร่หลายเพียงพอ

2. ถ่านหิน นับตั้งแต่เริ่มการปฏิวัติทางอุตสาหกรรมเป็นต้นมา ถ่านหินมีบทบาทสำคัญต่อสังคมมนุษย์ยิ่ง ถ่านหินนับได้ว่าเป็นต้นกำเนิดของพลังงานหลักในสมัยต้น ๆ กล่าวคือ ถ่านหินถูกใช้เป็นเชื้อเพลิงสำหรับเครื่องจักรไอน้ำในอุตสาหกรรมต่าง ๆ แต่ภายหลังจาก การค้นพบปิโตรเลียมความสำคัญของถ่านหินในแร่พลังงานก็ลดน้อยลงตามลำดับ จนในที่สุด เนื่องจากผลของวิกฤตการณ์ทางพลังงานประมาณ ปี พ.ศ. 2523 (ค.ศ. 1980) ที่โลกจึงหันมาพิจารณาทบทวนนโยบายด้านพลังงานใหม่โดยเพิ่มการใช้พลังงานทดแทนอย่างอื่นแทนน้ำมัน

มากขึ้น ถ้านหินจึงกลับมาได้รับความสนใจอีกครั้ง ปัจจุบันโลกใช้ถ่านหินใน 2 ลักษณะสำคัญ คือ เป็นเชื้อเพลิงและอุตสาหกรรมกลุ่มเหล็ก

ถ่านหิน มีใช้เรื่อง แต่เป็นของผสมที่มีสถานะเป็นของแข็งที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ ไม่มีรูปหลักที่แน่นอน และมีกำเนิดมาจากอินทรีย์สาร โดยทั่วไปมีสีเข้มตั้งแต่น้ำตาลถึง ดำสนิท องค์ประกอบหลักได้แก่ ธาตุคาร์บอน สารระเหย ความชื้น และมักมีสารประกอบที่ เป็นเดา (แร่ธาตุ) ประปนอยู่ด้วยเสมอ ถ่านหินซึ่งมีความบริสุทธิ์ปราศจากความชื้น และเดา เมื่อเผาจะให้ถ้าความร้อนตั้งแต่ 6,300 บีทูมต่อปอนด์ขึ้นไป ปกติแล้วความชื้นถูกจัดได้ ง่ายกว่า เดาที่ประปนภายนอกถ่านหินซึ่งอาจมีมากถึง 30% โดยน้ำหนัก ส่วนอีก 70% ทำ ให้ถ้าความร้อนน้อยกว่าปกติเสมอ

ถ่านหินกำเนิดขึ้นโดยการสะสมของอินทรีย์สารจำนวนมากในสภาพแวดล้อมที่ เหมาะสม เก็บรักษาไว้ในกระบวนการทางธรรมชาติ และผ่านการเปลี่ยนแปลงทางเคมี พลิกส์ โดย อิทธิพลจากความร้อนและความกดดัน ผ่านช่วงระยะเวลานานนับล้านปี เป็นชั้น “พีท” ซึ่ง เป็นสารตันกำเนิดของถ่านหิน การสะสมตัว เช่นนี้จะต้องอยู่ในสภาพของปฏิกิริยาลดออกซิเจน ปราศจากอิทธิพลของบักเตรีท์ที่จะทำให้ขาดพิชเน่าเปื่อย สภาพเช่นนี้การเน่าเปื่อยสามารถ ตัวจะไม่สมบูรณ์ครบวงจร เนื้อยื่อที่มีโครงสร้าง แข็งแรง เช่น ลิกนิน ไน ยางไม้ ฯลฯ ยังคงอยู่ แหล่งสะสมนี้เรียกได้ว่า “แหล่งธรณีวิทยา” จะค่อยๆ ย่างช้าๆ เมื่อเปรียบเทียบกับระดับ น้ำทะเล การรวมตัวของแข็งยังยาวนาน ยิ่งทำให้ชั้นพีทหนาขึ้น ระหว่างการรวมตัวพีทจะเกิดการ เปลี่ยนแปลงภายในทั้งทางเคมีและกายภาพ พีทจะค่อยๆ เปลี่ยนเป็นถ่านหิน โดยปกติชั้น ถ่านหินในที่ลึกๆ จะมีคุณภาพดีกว่าถ่านหินในที่ตื้น ทั้งนี้ เพราะในระดับลึกความร้อนและ ความกดดันที่สูงกว่า ทำให้การเปลี่ยนแปลงของถ่านหินได้มากกว่า

ถ่านหินถือได้ว่าเป็นแหล่งพลังงานเบื้องต้น ดังนั้นนับแต่อดีตมาถ่านหินถูกใช้เพื่อ พลังงานโดยเฉพาะ ประมาณ 80% ของถ่านหินถูกนำมาใช้เป็นเชื้อเพลิง ที่เหลือใช้เป็นวัตถุดิน ในการผลิตเหล็ก สำหรับการใช้เป็นเชื้อเพลิงมักใช้ถ่านหินที่มีชั้นคุณภาพต่ำ วิธีใช้สามารถใช้ เป็นเชื้อเพลิงโดยตรง หรือโดยผ่านกรรมวิธีเผา ก่อน เช่น การทำถ่านอัด การผลิตก๊าซ หรือน้ำ มันจากถ่านหิน การผสมถ่านหินปูนกับน้ำมัน เป็นต้น แล้วจึงนำมาใช้ในโรงงานอุตสาหกรรม กิจการผลไฟในครัวเรือน และผลิตกระแสไฟฟ้า

ถ่านหินในประเทศไทยรู้จักกันในนามของลิกไนต์ มีประวัติการสำรวจและการใช้ ประโยชน์ ข้อนหลังถึงปี พ.ศ. 2460 โดยเริ่มแรกเป็นการสำรวจเพื่อนำมาใช้ในกิจกรรมรัฐไฟ PH 108

ไทยในสมัยนั้น แหล่งถ่านหินแห่งแรกก็คือที่บางปูด้า อ่าเภอเมือง จังหวัดกระนี่ หลังจากนั้นก็มีการสำรวจเพิ่มเติมที่ อ่าเภอแม่เมะ จังหวัดลำปาง และที่อ่าเภอสี จังหวัดลำพูน ปีงจุบัน แหล่งถ่านหินที่จัดได้ว่าเป็นแหล่งใหญ่ที่สุดของประเทศไทย ได้แก่แหล่งที่แม่เมะซึ่งดำเนินการโดยการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย

ถ่านหินที่ผลิตได้ใช้ภายในประเทศไทยทั้งหมด ใช้เป็นเชื้อเพลิงสำหรับการผลิตกระแสไฟฟ้า และอุตสาหกรรมในยาสูบ

3. พลังงานความร้อนใต้พิภพ (*Geothermal Energy*) ก็อพลังงานความร้อนที่สะสมตัวอยู่ใต้ธรณีและสามารถพัฒนานำเข้ามายังประเทศได้อย่างไม่หมัดสัน โลกที่เราอาศัยอยู่ถึงแม้เปลือกโลกจะเย็นลง แต่ภายในใจกลางโลกยังมีความร้อนมหาศาล มีอุณหภูมิถึง 4000 องศาเซลเซียส และสารภายในยังมีสภาพเป็นหินหลอมเหลวร้อนไฟลุวียนอยู่ ความร้อนนี้จะถูกถ่ายเทเข้ามายังผิวโลกตลอดเวลาโดยวิธีการนำ การพา และการแผ่รังสี หากบริเวณใดที่หินหลอมเหลวร้อนเคลื่อนตัวเข้ามายังผิวโลก เช่น บริเวณภูเขาไฟปีงจุบันและบริเวณแนวแผ่นดินไหว บริเวณเหล่านี้จะเป็นบริเวณที่มีการเคลื่อนตัวของแผ่นดิน บริเวณนี้มีค่าก klein ความร้อน (*Heat flow*) สูงกว่าปกติ ซึ่งเป็นต้นกำเนิดของแหล่งพลังงานความร้อนใต้พิภพ และแหล่งพลังงานความร้อนใต้พิภพส่วนใหญ่สามารถสังเกตได้จากบริเวณที่มีปรากฏการณ์ของน้ำพุร้อนธรรมชาติ

บริเวณที่เป็นแหล่งพลังงานความร้อนใต้พิภพส่วนใหญ่ ก็อยู่ในเขตภูเขาไฟปีงจุบันและบริเวณที่มีแผ่นดินไหวปรากฏ การพัฒนานำพลังงานความร้อนใต้พิภพขึ้นใช้ประโยชน์เพื่อการผลิตกระแสไฟฟ้าเป็นแห่งแรกของโลก ก็คือที่ Larderello ประเทศอิตาลี ตั้งแต่ ก.ศ. 1940 ซึ่งนับเป็นก้าวแรกที่มนุษย์สามารถพัฒนานำพลังงานความร้อนใต้พิภพขึ้นใช้ประโยชน์สูงสุด และจากนั้นมาประเทศไทยอีก ได้เร่งรัดพัฒนานำพลังงานนี้ขึ้นใช้ประโยชน์เพื่อการผลิตกระแสไฟฟ้าและใช้ประโยชน์ด้านอื่น ๆ ปริมาณการผลิตกระแสไฟฟ้าจากพลังงานความร้อนใต้พิภพของประเทศไทยต่อไปได้แสดงในตารางที่ 11.1

ตารางที่ 11.1 ปริมาณผลิตกระแสไฟฟ้าจากพลังงานความร้อนใต้พิภพในประเทศต่าง ๆ

GEOTHERMAL IN MW	ELECTRIC 1982	POWER 1985	IN THE WORLD 1990
AZORES (Port.)	3	3	?
CHILE			
CHINA	4	14	30
ELSAVADOR	95	95	150 --
ETHIOPIA			5
GREECE		2	10
GUATEMALA			15
ICELAND	41	41	71
INDIA			5
INDONESIA	30	a2	144
ITALY	440	520	700
JAPAN	215	215	325
KENYA	30	45	120
MEXICO	180	845	2440
NEWZEALAND	202	187	302
NICARAGUA	35	35	180
PHILIPPINES	570	894	1042
TURKEY	0.5	20	130
USA	938	2022	4370
USSR	11	11	241
WEST INDIES (Fr.)	—	4	?
TOTAL	2792.5	4768	10,300

ประเทศไทยถึงแม้จะไม่มีภูเข้าไฟปัจจุบัน แต่ประเทศไทยไม่ไกลจากแนวภูเขาไฟและแนวแผ่นดินไหว และผลจากการศึกษาตรวจวัดคลื่นแผ่นดินไหวขนาดแมกนิจูด 0 – 4 ตั้งแต่ทางเหนือ ซึ่งต่อเนื่องมาจากประเทศไทยมีต่อลดแนวทางไปทางใต้ ประมาณวันละ 2 ครั้ง นอกจากนี้ยังพบแหล่งน้ำพุร้อนปราการอยู่ทั่วไปตั้งแต่ ภาคเหนือ ภาคกลาง จนจรดภาคใต้ มีจำนวนมากกว่า 90 แห่ง

จากการสำรวจสามารถประเมินศักยภาพพลังงานและความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ต่อการพัฒนา ถือ แหล่งพลังงานความร้อนใต้พิภพของประเทศไทยมีศักยภาพสูงเพียงพอเพื่อการพัฒนานำมาใช้ประโยชน์เพื่อการผลิตกระแสไฟฟ้า การอุตสาหกรรม และการเกษตร กรรม จากการศึกษาทางด้านเศรษฐศาสตร์พบว่าแหล่งพลังงานความร้อนใต้พิภพทางภาคเหนือถึงแม้จะใช้ผลิตกระแสไฟฟ้านำคาดเด็ก ($200-2000$ กิโลวัตต์) ก็ยังคงคุ้มค่าทางเศรษฐกิจต่อการลงทุน และมีราคาถูกกว่าต้นทุนการผลิตกระแสไฟฟ้าของภาคเหนือในปัจจุบัน แต่การพัฒนาพลังงานความร้อนใต้พิภพขึ้นมาใช้ประโยชน์ที่เหมาะสมก็ต้องการพัฒนาขึ้นมาใช้ประโยชน์ทุกรูปแบบขบวนการของอุตสาหกรรมของน้ำร้อนต่าง ๆ กัน เพื่อประโยชน์สูงสุด

4. พลังงานแสงอาทิตย์ เป็นแหล่งพลังงานรูปแบบหนึ่งที่ได้รับความสนใจอย่างมาก เนื่องจากเป็นพลังงานที่ได้เปลี่ยนตามธรรมชาติและใช้ได้ไม่มีวันหมด และอีกทั้งยังไม่ก่อให้เกิดมลภาวะจากการใช้อิทธิพล ประโยชน์มหาศาลที่มนุษย์เรารายได้จากการพัฒนาแสงอาทิตย์ คือการนำพลังงานแสงอาทิตย์โดยตรงมาเปลี่ยนเป็นกระแสไฟฟ้า โดยผ่านเซลล์แสงอาทิตย์ (Solar Cell) ซึ่งมีคุณสมบัติพิเศษสามารถเปลี่ยนพลังงานแสงมาเป็นพลังงานไฟฟ้าได้อย่างรวดเร็วด้วยตัวของมันเองโดยไม่ต้องอาศัยการทำงานจากสิ่งอื่นเลย

เซลล์แสงอาทิตย์ซึ่งสามารถทำงานได้ดีที่สุดขณะนี้ทำจาก “ซิลิโคน” ซึ่งเป็นสารที่มีอยู่ค่อนข้างมากในโลก แต่อยู่ในรูปของสารประกอบเช่น ทรามก็เป็นแหล่งที่ซิลิโคนรวมตัวอยู่ด้วย ต้องสกัดออกมาร่วมกับสารอีก 2 ชนิด ถือ ฟอสฟอรัสและไนโตรอน เกิดเป็นแท่งผลึกแล้วตัดเป็นแผ่นบาง เมื่อเซลล์แสงอาทิตย์ได้รับแสงอาทิตย์ก็จะผลิตกระแสไฟฟ้าได้ศักย์สูงประมาณ 0.5 โวลต์ แต่ปริมาณกระแสไฟฟ้าที่ได้นี้จะขึ้นอยู่กับความหนาแน่นของแสงที่ตกลงบนแผ่นเซลล์แสงอาทิตย์ด้วย หากต่อแผงเซลล์แสงอาทิตย์จำนวนหลาย ๆ แผ่น รวมเจ้าตัวกันก็จะได้กระแสไฟฟ้าขนาด 12 โวลต์ ก็ต้องใช้เซลล์แสงอาทิตย์อย่างน้อย 24 แผ่น ต่อแบบอนุกรม เพื่อให้ได้จำนวนโวลต์ที่ต้องการ

เชลล์แสงอาทิตย์นี้มีใช้กันอย่างแพร่หลายและใช้กันหลายวิธี หมู่บ้านแห่งแรกที่ใช้ พลังงานจากแสงอาทิตย์อยู่ในรัฐอาริโซนาฯ สหรัฐอเมริกา ทั่วทั้งหมู่บ้านอาศัยพลังงานแสงอาทิตย์มาผลิตกระแสไฟฟ้า มีการอัดแนบเทอร์โถเชลล์แสงอาทิตย์ขนาด 3,500 วัตต์ไว้ใช้งาน ซึ่งสามารถจ่ายกระแสไฟฟ้าให้เป็นพลังงานของตู้เย็นได้ 5 ตู้ เครื่องล้างจาน 1 เครื่อง ขารถยนต์ 1 คัน เครื่องสูบน้ำขนาดวันละ 5,000 แกลลอน 1 ตัวและจุดหลอดเรืองแสงให้แสงสว่างตามบ้านและอาคารได้ 40 หลอด ขณะนี้มีการนำพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้ร่วมกับการสื่อสารซึ่งจำเป็นต้องใช้กระแสไฟฟ้าในชนบทห่างไกลด้วย

สหรัฐอเมริกามีโครงการนำพลังงานแสงอาทิตย์ใช้บนพื้นโลกโดยส่งสถานีดาวเทียม เป็นเชลล์แสงอาทิตย์ขึ้นไปใน空 โดยประมาณว่าอีก 10 ปีข้างหน้าชั้นส่วนต่างๆ จะถูกส่งขึ้นไปประกอบในอวกาศ ดาวเทียมรับพลังงานแสงอาทิตย์ดวงแรกจะมีปีกติดตั้งเชลล์แสงอาทิตย์ขนาดกว้าง 4 กิโลเมตร ยาว 11 กิโลเมตร ซึ่งเป็นขนาดที่ใหญ่โตมาก กระแสไฟฟ้าที่ได้จะถูกเปลี่ยนเป็นคลื่นความถี่วิทยุ (ไมโครเวฟ) และบังคับให้ส่งคลื่นลงมายังสถานีรับบนพื้นโลก และคลื่นความถี่วิทยุนี้จะถูกเปลี่ยนกลับไปเป็นกระแสไฟฟ้า โดยประมาณว่าจะได้กระแสไฟฟ้าถึง 5,000 เมกะวัตต์ เกือบตลอด 24 ชั่วโมง ดาวเทียมนี้จะถูกแขวนอยู่ในวงโคจรของโลกมังแสงอาทิตย์ วันละประมาณ 10 นาที ดาวเทียมรับแสงอาทิตย์ดวงต่อ ๆ ไปจะได้รับการออกแบบให้ผลิตกระแสไฟฟ้าได้ถึง 15,000 เมกะวัตต์ นับได้ว่าเป็นกระแสไฟฟ้าปริมาณมาก เมื่อเปรียบเทียบ กับปริมาณการใช้ไฟฟ้าภายในประเทศไทยขณะนี้ ซึ่งกำลังผลิตเพียงประมาณ 4,000 เมกะวัตต์เท่านั้น

บทบาทของเชลล์แสงอาทิตย์กำลังเพิ่มความสำคัญขึ้นเรื่อย ๆ เพราะกระแสไฟฟ้าที่ได้จากเชลล์แสงอาทิตย์สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้มากหมายมหาศาลถึงแม้ว่าขณะนี้ต้นทุนในการผลิตเชลล์แสงอาทิตย์จะมีราคาสูงมาก คือ ขนาด 5 กิโลวัตต์ราคาจะไม่ต่ำกว่า 1,000,000 บาท ซึ่งยังไม่คุ้มทุนในเชิงเศรษฐกิจก็ตาม แต่พัฒนาการด้านเทคโนโลยีและการผลิตจำนวนมาก ๆ จะช่วยลดราคาค่าใช้จ่ายในการผลิตลงเรื่อย ๆ และมีแนวโน้มว่าจะสามารถนำมาใช้งานได้อย่างเหมาะสมในอนาคต 5–10 ปีข้างหน้า

ประโยชน์ของพลังงานแสงอาทิตย์นอกจากจะเปลี่ยนเป็นกระแสไฟฟ้าได้แล้วยังสามารถนำมาผลิตน้ำร้อนใช้ในโรงแรม โรงพยาบาล โรงพยาบาล อุตสาหกรรม และบ้านเรือนที่อยู่อาศัย ทำความเย็น ผลิตน้ำแข็ง หรือปรับอากาศภายในอาคาร ผลิตน้ำบริสุทธิ์หรือน้ำกลั่นเพื่อการ

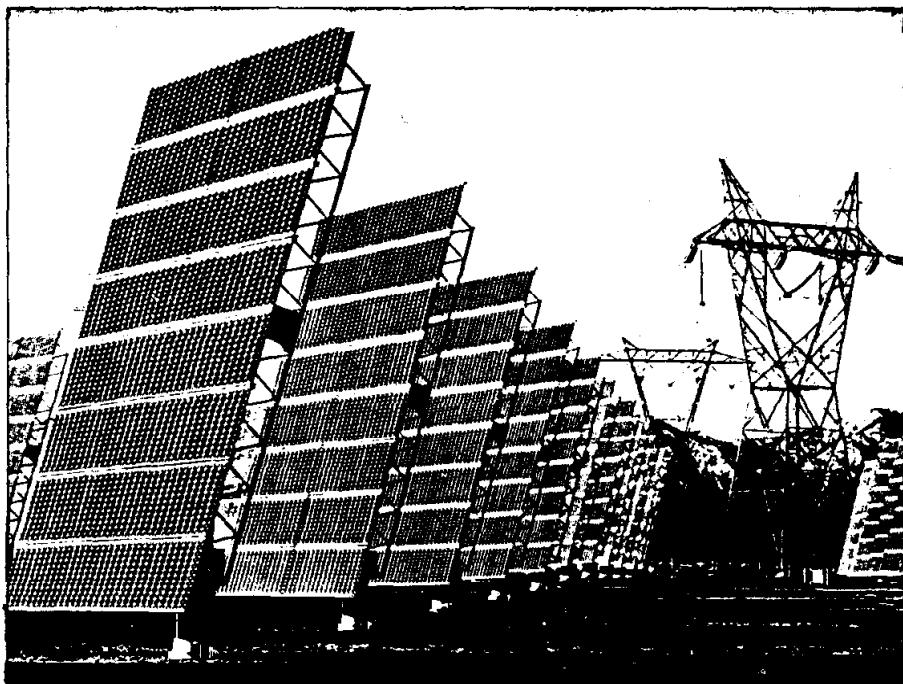
อุปโภคบริโภค หรือเติมแบตเตอรี่ยนต์ การอบแห้งผลิตผลการเกษตร เช่น ข้าว ใบยาสูบ กัญชาก ปลาแห้ง เป็นต้น การสูบน้ำเพื่อการเกษตรหรืออุปโภค บริโภค ฯลฯ เป็นต้น

ประเทศไทยมีการนำพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้อย่างแพร่หลาย ได้แก่ สาธารณรัฐอเมริกา อิสราเอล ฝรั่งเศส และประเทศไทยและญี่ปุ่นและออสเตรเลียโดยเฉพาะอย่างมากที่สุด เมื่อประเทศที่มีการกันกว่าศึกษาเรื่องพลังงานแสงอาทิตย์อย่างจริงจังที่สุด

สำหรับประเทศไทยซึ่งตั้งอยู่ในเขตมรสุมที่เสื่อมรุ่ง ๕-๒๑ องศาเหนือเส้นแบ่งที่ ๙๖-๑๐๖ องศาตะวันออก มีความเข้มหรือปริมาณพลังงานแสงอาทิตย์ที่ได้รับก่อนขึ้นสูงและเพียงพอที่จะใช้ประโยชน์ได้ดีเกือนทุกภูมิภาคของประเทศไทย ในอนาคตอันใกล้นี้พลังงานแสงอาทิตย์จะเป็นแหล่งพลังงานที่มีความสำคัญยิ่งในประเทศไทย เนื่องจากนำมาใช้งานได้อย่างกว้างขวาง โดยเฉพาะอย่างยิ่งนำพลังงานแสงอาทิตย์ไปใช้ในกระบวนการการทำน้ำร้อนสำหรับโรงแรม โรงพยาบาล โรงงานอุตสาหกรรมและบ้านเรือนที่อยู่อาศัยซึ่งเริ่มแพร่หลายกันขึ้นแล้ว

ขณะนี้ปรากฏว่ามีการติดตั้งแผงรับแสงอาทิตย์ผลิตน้ำร้อนใช้ในโรงแรม โรงพยาบาล ถอนโคลนเนียม บ้านที่อยู่อาศัย ฯลฯ ไปแล้วไม่น้อยกว่า ๑๕,๐๐๐ ตารางเมตร ซึ่งสามารถประยุกต์ใช้เพลิงได้ประมาณ ๑.๕ ล้านลิตรต่อปี ซึ่งผลการดำเนินการได้นำมาเป็นข้อมูลเพื่อพิจารณาถึงแนวทางที่เหมาะสมในการสนับสนุนการใช้ประโยชน์จากพลังงานแสงอาทิตย์ผลิตน้ำร้อน ขยายการติดตั้งระบบทำน้ำร้อนด้วยแสงอาทิตย์ให้กว้างขวางยิ่งขึ้นโดยกระตุ้นให้เกิดการใช้น้ำร้อนจากพลังงานแสงอาทิตย์ในโรงงานอุตสาหกรรมและอื่นๆ เพิ่มขึ้นด้วย

จะเห็นว่าพลังงานจากแสงอาทิตย์เป็นแหล่งพลังงานที่ไม่มีวันหมด และสามารถนำมาใช้ได้อย่างคุ้มค่าในด้านพัฒนาการทางเทคโนโลยี เช่น การผลิตกระแสไฟฟ้า การสื่อสารโทรศัพท์ โทรคมนาคม และอื่นๆ อีกมากแล้ว สิ่งสำคัญที่เราจะได้รับตามมาคือ สภาวะแวดล้อมที่สะอาด และบริสุทธิ์มากยิ่งขึ้น



รูปที่ 11.1 แผงเซลล์แสงอาทิตย์

11.3 แนวโน้มของการใช้ไฟฟ้า

ความต้องการใช้พลังงานไฟฟ้าในประเทศไทยยังคงเพิ่มขึ้นในอัตราสูง เนื่องจากอุตสาหกรรมภายในประเทศกำลังเจริญก้าวหน้า ประกอบกับรัฐมนตรีนโยบายแน่นอนในการขยายการพัฒนาไฟฟ้าไปสู่ชนบทที่ยังไม่มีไฟฟ้าใช้ให้มีใช้อย่างทั่วถึง ดังนั้นความต้องการไฟฟ้าในอนาคตจะยังเพิ่มมากขึ้นอีกด้วย

พลังงานไฟฟ้าเป็นปัจจัยสำคัญต่อการประกอบธุรกิจในปัจจุบันทั้งในด้านอุตสาหกรรม การเกษตร การสื่อสารและการท่องเที่ยว ซึ่งเป็นต้องผลิตพลังงานไฟฟ้าให้พอเพียงกับความต้องการใช้อยู่่เสมอ การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทยจึงต้องพัฒนาแหล่งพลังงานต่างๆ ขึ้นมาใช้ในการผลิตพลังงานไฟฟ้า เพื่อเสริมความมั่นคงของระบบไฟฟ้าให้สามารถจ่ายพลังงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ และต้องดำเนินดึงดันทุนของการผลิตควบคู่กันไป ดังนั้น จึงต้องนำพลังงานธรรมชาติที่มีอยู่ภายในประเทศไทยมาใช้งานเป็นการประยุคเงินตราต่างประเทศ ที่ต้องใช้ในการซื้อเชื้อเพลิงจากต่างประเทศ ถึงแม้ว่าปัจจุบันเรามีไฟฟ้าใช้อย่างพอเพียง แต่การประยุคพลังงานไฟฟ้าจะเป็นต้องร่วมมือกับทุกฝ่ายอย่างจริงจัง เพื่อมีให้เกิดการขาดแคลนขึ้นในอนาคต

11.4 การประหยัดพลังงานไฟฟ้า

การประหยัดพลังงาน หมายถึงการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพสูงสุดหรือใช้พลังงานน้อยที่สุด แต่ได้ประโยชน์สูงสุด การประหยัดพลังงานมีได้หมายความว่าให้งดใช้หรือลดการใช้โดยทำให้ผลผลิตหรือประโยชน์ที่ควรได้รับลดลง

จากวิกฤตการณ์ด้านน้ำมันเชื้อเพลิงและไฟฟ้าที่ผ่านมาของประเทศไทย ทำให้ได้ตระหนักรถึงคุณค่าของการประหยัดพลังงาน และการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น ได้มีการใช้มาตรการต่าง ๆ ที่จะลดการใช้พลังงานและไฟฟ้า โดยการเบรกแพร์และสร้างความเข้าใจถึงประโยชน์ของการประหยัดพลังงาน และมาตรการบังคับ เช่น การงดแพร่ภาพโทรทัศน์ในช่วงเวลา 18.30–19.30 น. เป็นต้น นอกจากนั้นยังได้ส่งเสริมให้ออกชนปรับปรุงการใช้ไฟฟ้าให้มีประสิทธิภาพ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในภาคอุตสาหกรรม ซึ่งจะเห็นได้จากการตั้งศูนย์อนุรักษ์พลังงานเพื่อให้คำแนะนำการปรับปรุงการใช้พลังงานในโรงงาน และมาตรการสั่งจูงในการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้ไฟฟ้าในภาคอุตสาหกรรมซึ่งให้โบนัสหรือส่วนลดค่าไฟฟ้ากับอุตสาหกรรมที่สามารถปรับปรุงตัวประกอบกำลัง (Power Factor) ได้สูงกว่า 0.85 เป็นต้น นอกจากนั้นยังได้เล็งเห็นว่าพลังงานที่ใช้กันอยู่ในปัจจุบันนั้นวันจะร้อยหรองไป เนื่องจากปริมาณการใช้พลังงานมีอัตราสูงเกินกว่าธรรมชาติจะสร้างขึ้นทดแทนได้ทัน จึงควรเปลี่ยนมาใช้พลังงานรูปแบบอื่น ๆ ที่สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้ (renewable energy) ให้มากขึ้น เพื่อเป็นการช่วยลดการใช้พลังงานสันเปลืองต่าง ๆ ที่มิใช้อยู่ให้บานานเจ็น

ประเด็นสำคัญในการประหยัดพลังงาน

การประหยัดพลังงานในอาคารหรือท่อระบายน้ำ คำคำนึงถึงตั้งแต่การเลือกซื้ออุปกรณ์ที่จะใช้และการใช้อุปกรณ์ ซึ่งพิจารณาด้วยตัวเอง

ก. การเลือกซื้ออุปกรณ์ที่จะใช้ คำคำนึงถึงหรือพิจารณาองค์ประกอบต่าง ๆ ไปพร้อม ๆ กัน เพื่อที่จะทำให้มั่นใจว่าจะเกิดการประหยัดการใช้พลังงานดังนี้

1. ขนาดของอุปกรณ์ ไม่ควรใช้อุปกรณ์ที่มีขนาดใหญ่กว่าที่คาดว่าจะใช้มากนัก เพราะการใช้อุปกรณ์ที่มีขนาดใหญ่ในงานขนาดเล็ก จะทำให้การใช้ไม่มีประสิทธิภาพและไม่ประหยัด

2. ความเร็วถือและความปลดภัย การเป็นเครื่องใช้ของบริษัทที่มีชื่อเสียงและได้รับการรับรองจากหน่วยงานที่เชื่อถือได้

3. ราคาอุปกรณ์ อุปกรณ์ที่มีราคาสูงไม่แน่ว่าจะสามารถประยุคพลังงานได้ดีกว่า อุปกรณ์ที่ราคาต่ำกว่าเสมอไป

4. ค่าใช้จ่ายพลังงาน อุปกรณ์ที่ว่าไปจะบอกว่าใช้ไฟฟ้าหรือกินไฟมากน้อยเท่าใด หรือสามารถคำนวณได้โดยประมาณจากรายละเอียดบนแผ่นป้าย (NAME PLATE) ของอุปกรณ์ จากสูตร

$$\text{ค่าใช้จ่ายพลังงาน} = \frac{\text{วัตต์}}{1,000} \times \text{จำนวนชั่วโมงที่ใช้ในเดือน} \times \text{ค่ากระแสไฟฟ้า}$$

5. ค่าติดตั้งและบำรุงรักษา ควรคำนึงว่าการติดตั้งยุ่งยากและลงทุนสูงหรือไม่ ค่าซ่อมแซมและอะไหล่แพงไหม การบำรุงรักษาสะดวกและง่ายที่จะทำเองหรือไม่ “ชื่ออุปกรณ์ ตามขนาดที่ต้องการจากบริษัทที่มีชื่อเสียงและได้รับการรับรองในราคาย่อมเยา” โดยค่าใช้จ่าย ติดตั้งและบำรุงรักษาไม่มากและยุ่งยากนัก”

6. การใช้อุปกรณ์ การใช้อุปกรณ์ไฟฟ้าแต่ละชนิดให้เกิดการประหยัดพลังงานนั้น มีข้อปฏิบัติตามต่อไปนี้ จึงขออนุญาตอุปกรณ์ไฟฟ้าที่คาดว่าทำเป็นและใช้ประจำวันมากถ้วนถี่ ดัง ดังนี้

1. อุปกรณ์ให้แสงสว่าง

- ใช้หลอดฟลูออเรสเซนต์หรือหลอดเรืองแสงจะให้แสงสว่างมากกว่าในแรงเทียบ ที่เท่ากับหลอดไฟ
- ใช้หลอดแรงเทียนต์ในบริเวณที่ไม่ได้ต้องการความสว่างมาก หากจุดไหนต้อง การความสว่างมาก ก็ควรใช้โคมไฟหรือโคมไฟ
- แยกดวงโคมต่อ 1 สวิตช์ให้เหมาะสมที่จะควบคุมแสงสว่างตามความต้องการได้ ไม่ใช้เปิดสวิตช์เดียวไฟสว่างทั้งห้อง เป็นต้น
- ทำความสะอาดข้าวและตัวหลอด เพื่อให้กระแสไฟฟ้าเดินได้สม่ำเสมอและเปล่ง แสงได้เต็มที่
- ผนังและเพอร์นิเชอร์ ควรใช้เป็นสีขาว เพื่อจะไม่ดูดแสงและห่วยให้ดูสว่างขึ้น
- ปิดไฟทุกครั้งเมื่อไม่ต้องการใช้ แม้ว่าจะเป็นช่วงที่ไม่ต้องการใช้ระยะสั้น ๆ

2. เครื่องปรับอากาศ

- การติดตั้งเครื่องปรับอากาศขนาดที่พอเหมาะกับห้องและการใช้งาน

- การติดตั้งให้สูงจากพื้นพอด้วยความต้องการ เพื่อที่จะให้อาภัยหุ่นเวียนและอย่าให้เครื่องตากแฉด
- ปรับความเข้มให้อยู่ในระดับที่ต้องการ อย่าให้เข้มเกินไปและปิดหากไม่มีใครอยู่ในห้อง
- ทำความสะอาดแผ่นกรองอากาศด้านหน้า และแผ่นรับน้ำที่ด้านหลัง เสมอ ๆ

3. ลิฟท์

- ถ้าเป็นอาการสูงที่จำเป็นต้องใช้ลิฟท์ การเลือกลิฟท์ที่มีขนาดและความเร็วของลิฟท์ที่เหมาะสมกับจำนวนผู้ใช้ลิฟท์ในอาคารนั้น
- ถ้ามีลิฟท์หลายตัว ควรตั้งให้ลิฟท์ทำงานหยุดตามชั้นต่าง ๆ ที่เหมาะสมในแต่ละตัว เช่น บางตัวหยุดเฉพาะชั้นคู่ และบางตัวหยุดเฉพาะชั้นคี่ หรือหยุดตั้งแต่ชั้นเท่าใดเป็นต้นไป เป็นต้น
- เมื่อเลี้ยวขวาเร็วแล้ว การปิดลิฟท์ให้เหลือจำนวนตัวที่ใช้งาน ให้เหลือน้อยที่สุดตามความเหมาะสม

4. เครื่องทำน้ำร้อน

- หากจำเป็นต้องมีเครื่องทำน้ำร้อนควรใช้เครื่องทำน้ำร้อนจากความร้อนของดวงอาทิตย์ช่วยอุณหภูมิเมืองตันให้มากที่สุด

5. ปืนน้ำ

- ควรออกแบบถังเก็บน้ำไว้ในที่สูง เพื่อลดการใช้ปั๊มน้ำบ่อย ๆ จะใช้ปั๊มต่อเมื่อสูบน้ำเข้าถังเก็บเท่านั้น
- ไม่จำเป็นต้องใช้สวิตซ์อัตโนมัติ เพื่อจะไม่ต้องปิดเปิดเครื่องบ่อย ๆ
- ระวังอย่าให้น้ำรั่วตามท่อหรือกอก เพราะน้ำที่รั่วไปก็ต้องใช้ปั๊มน้ำเช่นเดียวกัน

6. เทาร์คไฟฟ้า

- ปรับความร้อนให้เหมาะสมกับเนื้อผ้า ซึ่งนอกจากจะประหยัดไฟฟ้าแล้ว ยังเป็นการอนอมเสื้อผ้าให้ใช้งานได้นานอีกด้วย
- ควรซักครั้งหนึ่ง ๆ ในปริมาณที่มากพอ และรีดติดต่อกันจนเสร็จ โดยรีดผ้าบาง ๆ ก่อนแล้วก่ออยรีดผ้าหนา

- การดึงปลั๊กออกก่อนรีดเสร็จประมาณ 3-5 นาที

7. ตู้เย็น

- ตั้งตู้เย็นในที่ที่เหมาะสมไม่เป็นที่อับลม ให้ลมสามารถพัดถ่ายเทความร้อนได้สะดวก และอย่าให้อุ่นไกล์เหล่งความร้อน
- ตรวจสอบย่างของประตู หากชำรุด ความเย็นในตู้เย็นจะเริ่มออกทำให้เครื่องต้องทำงานตลอดเวลา
- อย่าเปิดตู้เย็นบ่อย เพาะภาระเปิดจะทำให้ความร้อนภายในเข้าไปแทนที่ เครื่องต้องเริ่มทำงานเพื่อรักษาระดับความเย็น
- การละลายน้ำแข็งในช่องแช่แข็งบ่อย ๆ เพราะหากน้ำแข็งมาก ๆ การถ่ายเทความเย็นจะไม่ค่อยดี และหมั่นทำความสะอาด
- อย่าใส่ของในตู้เย็นจนแน่น และไม่ควรใส่ของขณะร้อนในตู้เย็น เพราะจะทำให้เครื่องทำงานหนัก

8. โทรศัพท์ วิทยุ วีดีโอ

- เปิดเมื่อมีรายการที่ต้องการดูเท่านั้น หากต้องการเพียงเสียงการเปิดวิทยุชั่วขณะหยัดกว่า
- อย่าเสียบปลั๊กทิ้งไว้ เพราะนอกจากจะทำให้เปลืองไฟฟ้าแล้ว เครื่องโทรศัพท์ก็อาจเสียง่าย
- เครื่องเล่นวิดีโอบนตั้งโปรแกรม ถ้าไม่ได้ใช้ควรดึงปลั๊กออกไม่ควรเสียบทิ้งไว้
- ใช้เครื่องเล่นชนิดทرانซิสเตอร์รุ่นใหม่ ๆ จะคุ้มค่ากว่าชนิดทرانซิสเตอร์รุ่นเก่า หรือแบบหลอด

9. เครื่องเปาผน

- การเช็ดผนให้แห้งมากที่สุดก่อนเปา
- การใช้เครื่องขนาดตัวต่อตัว เปาผนในระหว่างที่พอดีจะไม่ห่างเกินไป
- ถ้าเป็นการเปาผนให้แห้งธรรมชาติ ควรใช้พัดลมจะดีกว่า

10. เครื่องดูดฝุ่น

- ใช้ในสถานที่จำเป็น เช่น พรม และตามสถานที่คับแคบที่ไม่สามารถกวาดได้

– การกวาดเศษผงเท่าที่จะภาดได้ก่อนใช้เครื่อง
– ทุกครั้งที่ใช้เสริมการอาสุนในถุงทึ้ง เพื่อเครื่องจะได้ทำงานอย่างมีประสิทธิภาพ
ที่กล่าวมาแล้วเป็นการประยุกต์พัฒนาในอุตสาหกรรมที่อยู่อาศัย ยังมีการประยุกต์
ไฟฟ้าในเมือง ซึ่งในส่วนของเมืองนอกจากไฟฟ้าที่ใช้ในการซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของเมืองแล้ว
ไฟฟ้าที่ใช้จะเป็นไฟฟ้าที่ใช้ในสถานที่สาธารณะ เช่น ไฟถนน และไฟที่ใช้ในสวนสาธารณะ
อนุสาวรีย์ เป็นต้น ซึ่งส่วนใหญ่จะเป็นการใช้ไฟฟ้าเพื่อแสงสว่าง การประยุกต์ไฟฟ้าสามารถจะ
กล่าวสรุปได้ ดังนี้

1. ไฟถนน

- การติดตั้งไฟถนน ควรให้พอดีเหมาะสมกับสภาพของการจราจรในถนนนั้น ๆ
- ใช้สวิตช์อัตโนมัติในการปิด–เปิดไฟถนนโดยใช้ photo cell ช่วย
- ใช้หลอดแสงจันทร์ เพราะจะให้แสงสว่างสูงกว่าในบัดดี้หลอดเท่ากัน
- หมั่นตรวจสอบบำรุงรักษาและดูแลการทำงานของสวิตช์อัตโนมัติให้ปิดเปิดตาม
เวลาที่ต้องการอยู่เสมอ และไฟถนนต้องดับเมื่อไฟสว่างแล้ว

2. ไฟในสวนสาธารณะ

- ในช่วงเวลาที่สวนสาธารณะปิด การปิดไฟไว้เฉพาะเท่าที่จำเป็นเพื่อให้มีแสงสว่าง
ในจุดที่ต้องการเท่านั้น
- ควรใช้หลอดฟลูออเรสเซนต์หรือหลอดนีออนแทนไฟดวงแสง Spot light

3. ไฟอนุสาวรีย์

- หลีกเลี่ยงการใช้หลอดไฟดวงแสง Spot light
- อาจเปิดไฟอย่างเต็มที่ในเวลาที่มีเทศกาลหรือการเฉลิมฉลองเท่านั้น

หัวใจของการประยุกต์พัฒนา

- ปิดไฟฟ้าทุกครั้งที่ไม่ใช้ แม้จะเป็นช่วงเวลาสั้น ๆ
- เปิดไฟฟ้าเท่าที่จำเป็นและพยายามใช้หลอดไฟฟ้าที่กินไฟน้อยแต่ให้แสงสว่าง
มาก เช่น หลอดฟลูออเรสเซนต์ เป็นต้น

สรุป

น้ำมันและกําชาธรรมชาติเรียกรวมกันได้ว่าปีโตรเลียม เป็นทรัพยากรธรรมชาติที่มีบทบาทสำคัญต่อการพัฒนาเศรษฐกิจ สังคม และต่อความมั่นคงของประเทศเป็นอย่างมาก ปีโตรเลียมได้ถูกนำมาใช้เป็นตัวให้พลังงาน การใช้น้ำมันเป็นเชื้อเพลิงภายในประเทศ ส่วนหนึ่ง เป็นการผลิตภายในประเทศ ส่วนที่เหลือขังคงต้องนำเข้าจากต่างประเทศ หลังจากวิกฤตการณ์ น้ำมันปี 2516/2517 ทำให้จำต้องมีมาตรการหลาย ๆ อย่างเพื่อควบคุมการใช้น้ำมันเชื้อเพลิง ให้เป็นไปอย่างประยุตและคุ้มค่าที่สุด จึงได้หาแหล่งพลังงานทดแทนเชื้อเพลิงปีโตรเลียม ใน การผลิตกระแสไฟฟ้า ถึงแม้ว่าปัจจุบันนี้น้ำมันเตา (ซึ่งใช้เป็นเชื้อเพลิงผลิตกระแสไฟฟ้า) จะมีราคาตกต่ำลงประมาณ 8.6–9 เหรียญสหรัฐต่อบาร์เรลก็ตาม ก็ไม่ควรประมาทเป็นอันขาด ยังต้องคิดถึงการประหยัดพลังงานไปด้วย

แบบฝึกหัดบทที่ 11

1. ทฤษฎีที่กล่าวว่า น้ำมันเกิดขึ้นโดยไม่มีความสัมพันธ์กับสิ่งที่มีชีวิต คือ ข้อใด
 1. Inorganic Theory
 2. Organic Theory
2. ปัจจัยเดิม หมายถึง น้ำมันดิน กําชธรรมชาติ กําชธรรมชาติเหลว และสารประกอบไฮโด-การ์บอนอื่น ๆ ที่เกิดขึ้นในธรรมชาติ ข้อความนี้ถูกหรือผิด
 1. ผิด
 2. ถูก
3. กําชธรรมชาติที่เรียกว่า กําชแห้ง (dry gas) ต้องมีกําชอะไรล้วน ๆ
 1. มีเทน
 2. อีเทน
 3. โปรเปน
 4. บัวเทน
4. ข้อใดที่มิใช่ลักษณะของถ่านหิน
 1. เป็นของผสมมีสถานะเป็นของแข็ง
 2. มีรูปผลึกไม่แน่นอน
 3. มีสีเข้มตึ้งแต่สีน้ำตาลถึงสีดำสนิท
 4. องค์ประกอบหลัก ได้แก่ การ์บอน สารระเหย
 5. เป็นแร่
5. แหล่งพลังงานความร้อนใต้พิภพสังเกตได้จากบริเวณที่มีน้ำพุร้อนธรรมชาติ ข้อความนี้ถูก หรือไม่
 1. ถูก
 2. ผิด
6. ข้อใดที่มิใช่การประยุคพลังงาน
 1. การใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด
 2. ใช้พลังงานน้อยที่สุด แต่ได้ประโยชน์สูงสุด
 3. คงใช้หรือลดลงการใช้โดยที่ให้ผลผลิตหรือประโยชน์ที่ควรได้รับลดลง