

การศึกษาสมรรถนะของระบบทำความเย็นแสงอาทิตย์
ที่ใช้ถ่านกัมมันต์-เมทานอลเป็นสารคู่ทำงาน

PERFORMANCE STUDY ON A SOLAR REFRIGERATION SYSTEM
WORKING WITH ACTIVATED CARBON-METHANOL PAIR

ทงเกียรติ เกียรติศิริโรจน์
T. KIATISIROAT

ชนะ จัตถนพรโยธิน
C. CHATTHANAPORNYOTHIN

สุทศ วงศ์สิโรจน์กุล
S. WONGSIRODKUT

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, กรุงเทพฯ 10140
King Mongkut's Institute of Technology Thonburi, Bangkok 10140

บทคัดย่อ

ระบบทำความเย็นด้วยแสงอาทิตย์ แบบไม่ต่อเนื่อง ซึ่งใช้ถ่านกัมมันต์-เมทานอล เป็นสารคู่ทำงาน ได้รับการออกแบบสร้างและทดสอบที่สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ระบบประกอบด้วยตัวรับรังสีแสงอาทิตย์ ซึ่งมีพื้นที่ดูดรังสี $0.98 \times 1.2 \text{ m}^2$ ภายในบรรจุด้วยถ่านกัมมันต์ที่ผลิตขึ้นเองในประเทศจำนวน 17.8 kg พร้อมกับเมทานอล 99% ประมาณ 3 kg ชุดควบแน่นเป็นชุดท่อตรงหลาย ๆ ท่อวางขนานกัน แฉงมในถังน้ำที่อยู่นิ่ง และห้องทำความเย็นหุ้มฉนวนอย่างดี มีขนาดบรรจุภายใน $0.42 \times 0.37 \times 0.15 \text{ m}^3$ ในช่วงทำความเย็นจะมีพัดลมดูดอากาศรอบ ๆ เข้าไป ทำหน้าที่ระบายความร้อนออกจากตัวดูดรังสี เพื่อลดอุณหภูมิของตัวดูดรังสีและถ่านที่บรรจุภายใน

จากการทดสอบ พบว่าค่าความสามารถในการทำความเย็น ขึ้นกับปริมาณแสงอาทิตย์ตลอดวัน และอุณหภูมิอากาศรอบ ๆ ในขณะที่ทำความเย็น อุณหภูมิในห้องทำความเย็นสามารถลดลงได้ถึง -7.6 C และมีค่า Solar COP สูงสุด 0.083

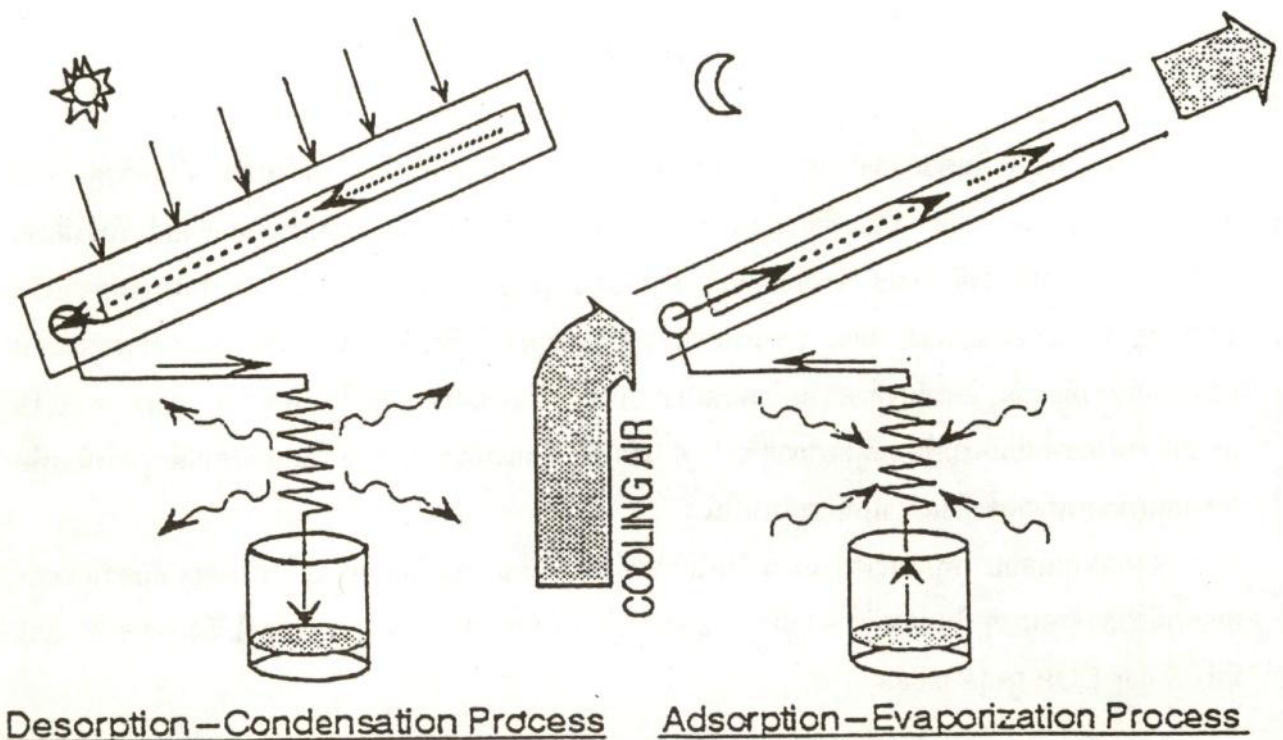
ABSTRACT

An activated carbon-methanol intermittent solar refrigeration system was constructed and tested at King Mongkut's Institute of Technology Thonburi (KMUTT), Bangkok. The system consisted of a solar collector having absorbing area of $0.98 \times 1.2 \text{ m}^2$ in which locally-produced activated carbon of 17.6 kg with 99% methanol of 3 kg was contained ; a condenser having a set of parallel tubes in a pool of water ; and a well-insulated cold box of $0.42 \times 0.37 \times 0.15 \text{ m}^3$ (inner volume). During the cooling period, ambient air was supplied by a blower to cool down the collector temperature. From the experiment, it was found that the cooling capacity depended on the daily amount of solar insolation and the surrounding ambient temperature during cooling period. The temperature of the air in the cold box could be cooled down to -7.6°C and the maximum solar COP during the cooling period was about 0.083.

1. บทนำ

ระบบทำความเย็นแบบดูดซับ (adsorption refrigeration) มีพื้นฐานมาจากระบบทำความเย็นแบบดูดกลืน (absorption refrigeration) จะแตกต่างกันเพียงแต่สารทำความเย็นจะถูกดูดซับ (adsorb)

โดยตัวกลางที่อยู่ในสภาพของแข็ง ตัวอย่างเช่น ซีโอไลต์ (zeolite), ซิลิกาเจล (silica gel) และ ถ่านกัมมันต์ (activated carbon) เป็นต้น ขั้นตอนการทำงานแบบดูดซับที่ใช้พลังงานแสงอาทิตย์สามารถแสดงได้ดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 ขั้นตอนการทำงานของระบบทำความเย็นแบบดูดซับโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์

ในช่วงเวลากลางวัน ตัวรับรังสีแสงอาทิตย์ ซึ่งบรรจุสารดูดซับซึ่งเป็นของแข็ง และสารทำความเย็นอยู่ด้วยกัน จะดูดกลืนพลังงานแสงอาทิตย์ ส่วนใหญ่เปลี่ยนเป็นพลังงานความร้อนให้แก่สารที่บรรจุภายในเมื่ออุณหภูมิสูงมากพอ สารทำความเย็นก็จะแยกตัวออกจากสารดูดซับในสภาพของไอ และจะผ่านชุดระบายความร้อนเพื่อควบแน่นกลายเป็นของเหลวเก็บในถังหรือภาชนะที่ต้องการทำความเย็น ในกระบวนการนี้จะเรียกว่าเป็นกระบวนการแยกตัว - กลั่นตัว (desorption-condensation process) ในช่วงเวลากลางคืน จะมีการระบายความร้อน จากตัวรับรังสีแสงอาทิตย์ ซึ่งส่วนใหญ่จะใช้อากาศรอบ ๆ เป็นตัวระบายความร้อนของอุณหภูมิของตัวรับรังสี และสารดูดซับ ที่บรรจุภายในจะลดต่ำลง ทำให้ความดันไอของสารทำความเย็นในตัวรับรังสีลดต่ำลงด้วย เมื่อลดต่ำลงมากพอที่จะทำให้สารทำความเย็นเหลวในถังเก็บสามารถเปลี่ยนเฟสกลายเป็นไอได้ที่อุณหภูมิต่ำ ซึ่งจะดึงความร้อนจากบริเวณรอบ ๆ ถังเก็บทำให้อุณหภูมิลดลง ๆ ถังเก็บมีอุณหภูมิลดต่ำลงได้ ไอของสารทำความเย็นก็จะดูดกลืนมาที่ตัวรับรังสี และถูกดูดซับโดยสารดูดซับภายในตัวรับรังสี เพื่อรอการแยกตัวใหม่ในช่วงกลางวัน กระบวนการในช่วงนี้เรียกว่า กระบวนการดูดซับ-ระเหย (adsorption-evaporation process)

การศึกษาระบบทำความเย็นแบบดูดซับยังไม่มีมากนัก มีการศึกษาโดยพิจารณาจากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อทำนายการทำงานของระบบทำความเย็น และมีการทดลองสร้างระบบจริงเพื่อศึกษาสมรรถนะการทำงาน Meunier and Guilleminot [1] ได้ศึกษาระบบทำความเย็นโดยใช้สารซีโอไลต์-น้ำ (zeolite-water) ในการทำความเย็นภายในอาคาร Grenier et al [2], Pons and Guilleminot [3] และ Pons and Grenier [4] ได้ศึกษาและเปรียบเทียบวัฏจักรการทำงานของสารคู่ดูดซับต่าง ๆ และได้สรุปว่า คู่สาร

ทำงานที่เหมาะสมในการทำความเย็นที่อุณหภูมิต่ำกว่า 0°C ควรใช้ถ่านกัมมันต์-เมทานอล Pons and Grenier ยังได้สร้างและทดสอบระบบทำน้ำแข็ง ซึ่งใช้ถ่านกัมมันต์ - เมทานอล เป็นสารทำงานโดยมีขนาดของตัวรับรังสี 6 m^2 สามารถผลิตน้ำแข็งได้ 30 kg โดยมีค่า Solar COP 0.12 อุณหภูมิของเมทานอลที่ใช้ในการผลิตน้ำแข็ง -3°C ซึ่งให้ผลใกล้เคียงกับ Passos et al [5] ซึ่งสามารถผลิตน้ำแข็งได้ 7.2 kg/m^2 โดยมี Solar COP 0.13

ในประเทศไทยงานวิจัยทางด้านนี้ยังไม่มีเป็นที่แพร่หลายมากนัก Exell et al [6] ได้ทำการทดลองหาข้อมูลที่สภาวะสมดุลของถ่านกัมมันต์ - เมทานอล และแสดงความสัมพันธ์ในรูปความดัน-อุณหภูมิ และความเข้มข้นของเมทานอล ถ่านกัมมันต์ที่ใช้ทดสอบเป็นผลิตภัณฑ์ที่ส่งจากประเทศอังกฤษ และผลิตภัณฑ์ที่ผลิตขึ้นในประเทศนอกจากนี้ยังได้สร้างชุดน้ำแข็งแสงอาทิตย์ ซึ่งใช้สารทำงานเป็นถ่านกัมมันต์จากประเทศอังกฤษ และเมทานอล โดยมีขนาดพื้นที่รับรังสี 1 m^2 บรรจุถ่านกัมมันต์ ประมาณ 17.8 kg พบว่าในวันที่ท้องฟ้าแจ่มใสสามารถทำให้อุณหภูมิภายในห้องที่ทำน้ำแข็งลดต่ำได้ถึง -12°C ในเวลากลางคืน โดยที่อุณหภูมิสิ่งแวดล้อมในช่วงทำความเย็นประมาณ 24°C และค่า Solar COP มีค่าประมาณ 0.12

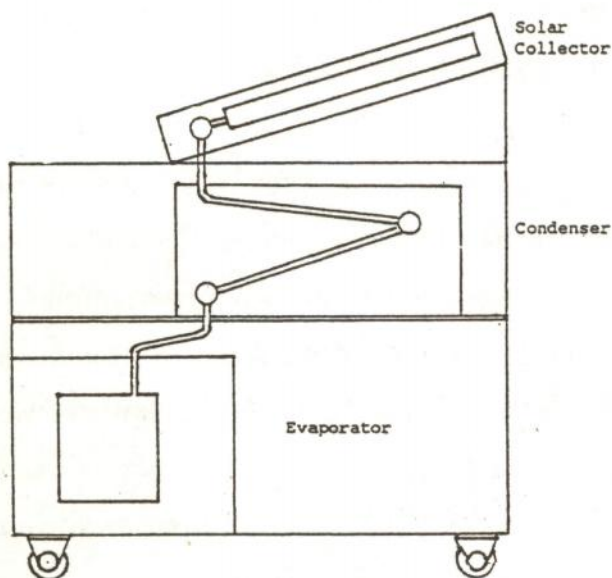
ทวีศักดิ์และคณะ [7] ได้ออกแบบและสร้างระบบทำความเย็นด้วยแสงอาทิตย์ โดยมีขนาดพื้นที่รับแสงประมาณ 1.2 m^2 สารคู่ทำงานคือ ถ่านกัมมันต์ - เมทานอล ระบบดังกล่าวไม่สามารถทำความเย็นได้เท่าที่ควร เนื่องจากใช้เมทานอลไม่บริสุทธิ์เพียงพอ (เมทานอล 95%) และขนาดของห้องทำความเย็นค่อนข้างใหญ่ทำให้การระบายความร้อน ซึ่งเกิดจากความร้อนภายนอกถ่ายเทเข้ามามีมากเกินไป

งานวิจัยนี้ ได้ทำการปรับปรุงระบบของทวีศักดิ์และคณะ โดยใช้เมทานอล 99% และลดขนาดของ

ความจุของห้องทำความเย็นจาก 0.027 m^3 เป็น 0.023 m^3 ($0.42 \times 0.37 \times 0.15 \text{ m}^3$) และได้ทำการทดสอบเพื่อศึกษาสภาพการทำงานและสมรรถนะของระบบ

2. หลักการทำงานของระบบทำความเย็น

รูปที่ 2 เป็นภาพของระบบทำความเย็นซึ่งประกอบด้วยตัวรับรังสีแสงอาทิตย์ ชุดระบายความร้อน และห้องทำความเย็น ตัวดูดรังสีแสงอาทิตย์จะเป็นท่อทองแดงพันสีกัดด้าน ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายนอก 53.97 mm ยาว 1.2 m จำนวน 17 ท่อวางเรียงชิดติดกัน และจะมีท่ออลูมิเนียมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 19.05 mm อยู่กึ่งกลางของท่อทองแดงแต่ละท่อ อลูมิเนียมจะเจาะรูขนาด 9.5 mm ตลอดทั้งท่อและจะมีตาข่ายพันตลอดรอบท่อ ท่อแกนในนี้จะเป็นทางสำหรับด้านของไอเมธานอลที่เข้าและออกจากถ่านกัมมันต์ ที่บรรจุอยู่ภายในท่อทองแดง ปริมาณของถ่านกัมมันต์ที่บรรจุภายในตัวดูดรังสี



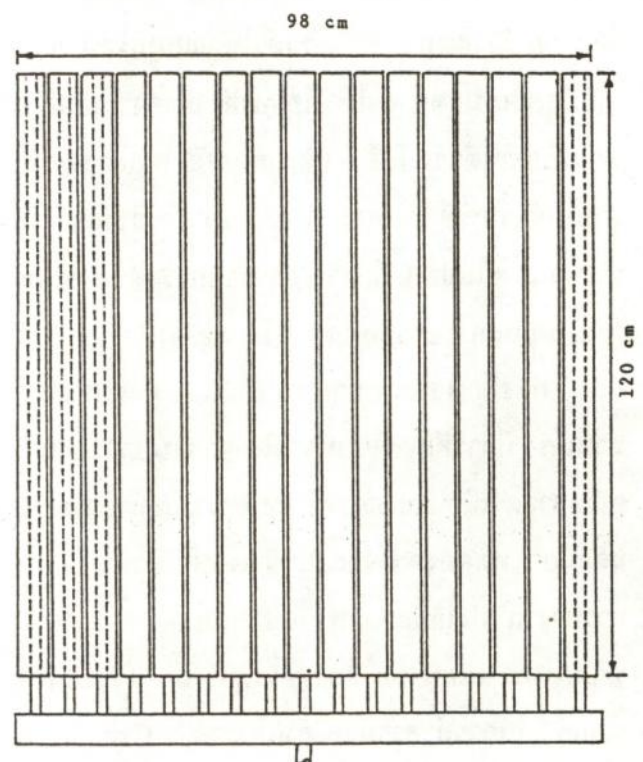
รูปที่ 2 ระบบทำความเย็นแสงอาทิตย์

ทองแดงมีจำนวน 17.6 kg และพื้นที่ของตัวดูดรังสีแสงอาทิตย์จะมีขนาด $1.2 \times 0.98 \text{ m}^2$ รูปของตัวดูดรังสีแสดงในรูปที่ 3

ห้องทำความเย็น มีขนาด $0.42 \times 0.37 \times 0.15 \text{ m}^3$ ด้านบน มีคอยล์เย็น ที่มีลักษณะเป็นขดท่อและครีบท่อทำความเย็นหุ้มฉนวนสไตรโฟมหนา 15 cm

ในการประจุเมธานอลเข้มข้น 99% เข้าในตัวรับรังสีแสดงในรูปที่ 4 อากาศภายในระบบจะถูกดูดจากนั้นเมธานอลจะถูกประจุเข้าไปในตัวรับรังสีแสงอาทิตย์เพื่อเตรียมไว้สำหรับกระบวนการต่าง ๆ ปริมาณเริ่มต้นของเมธานอลที่ถูกประจุเข้าไปมีปริมาณประมาณ 3 kg

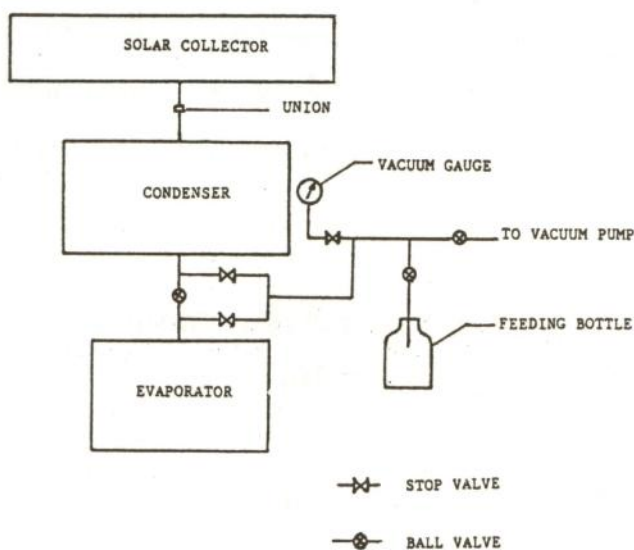
การทำงานของระบบดังกล่าวจะแบ่งออกเป็น 2 กระบวนการ ดังที่กล่าวมาแล้วข้างต้น คือ กระบวนการแยกตัว - กลั่นตัว และกระบวนการดูดซับ-ระเหย



รูปที่ 3 ตัวดูดรังสีแสงอาทิตย์

● 2.1 กระบวนการแยกตัว - กลั่นตัว (desorption-condensation process)

กระบวนการดังกล่าวเกิดขึ้นในตอนกลางวัน ซึ่งตัวรับรังสีแสงอาทิตย์จะดูดกลืนรังสีแสงอาทิตย์ เปลี่ยนเป็นพลังงานความร้อน และถ่ายเทให้กับ ถ่านกัมมันต์-เมธานอล ในตัวรับรังสี ทำให้อุณหภูมิและความดันในตัวรับรังสีมีค่ามากเพิ่มขึ้น และเมื่ออุณหภูมิสูงมากพอ เมธานอลจะแยกตัว และไปควบแน่นในชุดระบายความร้อน ซึ่งเป็นชุดท่อตรง แขนงในถังที่มีน้ำอยู่หนึ่ง ทำให้ความเข้มข้นของเมธานอลในตัวรับรังสีลดลงไปเรื่อย ๆ เมธานอลที่ควบแน่นกลายเป็นของเหลวจะถูกนำไปเก็บในคอยล์เย็น ซึ่งอยู่ภายห้องที่ต้องการทำความเย็น ปริมาณของเมธานอลเหลวในทางปฏิบัติจะสามารถอ่านโดยตรงจากสเกลที่เตรียมไว้



รูปที่ 4 การติดตั้งอุปกรณ์เพื่อประจุน้ำยาเข้าระบบ

พิจารณาสมดุลพลังงานที่ตัวรับรังสี

$$Q_u = Q_{coll} + Q_{ch} + Q_{met} - Q_E \quad (1)$$

Q_u คือ ปริมาณความร้อนสุทธิที่ได้จากตัวรับรังสี, Q_{coll} คือค่าความร้อนสัมผัสที่ทำให้วัสดุที่ประกอบขึ้นเป็น

ตัวดูดรังสีมีอุณหภูมิสูงขึ้น Q_{ch} คือ ความร้อนสัมผัสที่ทำให้อุณหภูมิของถ่านกัมมันต์สูงขึ้น, Q_{met} คือความร้อนสัมผัสที่ทำให้เมธานอลในตัวดูดรังสีมีอุณหภูมิสูงขึ้น และ Q_E คือปริมาณพลังงานที่ออกไปกับเมธานอลที่แยกตัวออก

ปริมาณพลังงาน Q_E อาจคำนวณจาก

$$Q_E = m_E h_E \quad (2)$$

m_E คือมวลของเมธานอลที่แยกตัวออก ซึ่งในทางปฏิบัติสามารถประเมินได้โดยการวัดโดยตรงจากปริมาณเมธานอลที่ควบแน่นและ h_E ซึ่งเป็นเอนทัลปีของไอเมธานอลที่แยกตัวออก ก็สามารถประเมินมวลที่เหลือในตัวรับรังสีและทำให้สามารถคำนวณค่าเฉลี่ย Q_{met} ในช่วงเวลาที่พิจารณาได้

จากสมการ (1) และ (2) เมื่อทราบคุณสมบัติทางเทอร์โมไดนามิกส์ของเมธานอล ถ่านกัมมันต์, และวัสดุที่ใช้ทำตัวดูดรังสี ก็จะสามารถคำนวณปริมาณความร้อนที่ต้องการในกระบวนการแยกตัว-กลั่นตัว

2.2 กระบวนการดูดซับ-ระเหย (adsorption-evaporation process)

ในช่วงที่ต้องการทำความเย็น จะมีการระบายความร้อนที่ตัวรับรังสี ทำให้อุณหภูมิของตัวดูดรังสี ถ่านกัมมันต์และเมธานอลที่อยู่ในตัวดูดรังสี มีค่าลดลง ซึ่งจะทำให้ความดันทั้งระบบลดลงด้วย เมธานอลเหลวในคอยล์เย็นสามารถระเหยหรือเดือดได้ที่อุณหภูมิต่ำ และจะดึงความร้อนออกจากบริเวณที่ต้องการทำความเย็น ค่าภาระความร้อน Q_{load} ที่ถูกดึงออกมาได้

$$Q_{load} = m_E^* h_{fg} \quad (3)$$

m_E^* คือ มวลของเมธานอลที่ระเหยและถูกดูดเข้าไปในตัวดูดรังสี โดยที่ h_{fg} คือค่าความร้อนแฝงที่อุณหภูมิอิ่มตัวในการระเหย ปริมาณ m_E^* สามารถวัดจากปริมาณของเมธานอลเหลวที่หายไปจากคอยล์เย็น

2.3 สัมประสิทธิ์สมรรถนะในการทำความเย็น

ค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะ (coefficient of performance, COP) สามารถคำนวณจาก

$$\text{COP} = Q_{\text{load}} / Q_u \quad (4)$$

$$\text{และ Solar COP} = Q_{\text{load}} / I_T A_{\text{coll}} \quad (5)$$

COP ในสมการ (4) คือ COP ที่พิจารณาจากปริมาณความร้อนสุทธิที่ดูดกลืนได้จากรังสีแสงอาทิตย์ ส่วนค่า Solar COP ในสมการ (5) จะเป็นค่าที่พิจารณาจากปริมาณรังสีแสงอาทิตย์ที่ตกบนตัวรับรังสีโดยตรง

3. ผลการทดลอง

การทดสอบได้กระทำในวันที่ท้องฟ้าแจ่มใส ได้แก่ วันที่ 14 กันยายน 2533, 20 กันยายน 2533 และในวันที่แดดไม่คอยดินักคือวันที่ 17 สิงหาคม 2535 รูปที่ 5 แสดงอุณหภูมิในส่วนต่าง ๆ ของระบบในวันที่ทำการทดสอบ

การทดสอบได้ทำการวัดอุณหภูมิ ที่ส่วนต่าง ๆ ของระบบได้แก่ อุณหภูมิผิวของสารดูดกลืน ซึ่งใช้เทอร์โมคัปเปิ้ลแช่ในชั้นของถ่านกัมมันต์ อุณหภูมิผิวของคอยล์เย็น อุณหภูมิของอากาศในห้องทำความเย็น อุณหภูมิของน้ำที่แช่ในห้องทำความเย็น, อุณหภูมิน้ำในถังชุดระบายความร้อน และอุณหภูมิอากาศรอบ ๆ ในการทดสอบได้บรรจุน้ำปริมาณ 2 kg ในห้องทำความเย็น

ในช่วงเวลากลางวัน อุณหภูมิของตัวรับรังสีแสงอาทิตย์เพิ่มและลดตามระดับรังสีแสงอาทิตย์ โดยในวันที่มีท้องฟ้าแจ่มใส 14 กันยายน 2535 อุณหภูมิสูงสุดของตัวรับรังสีที่อยู่ประมาณ เวลา 12.00-13.00 น. เมื่ออุณหภูมิของตัวรับรังสีสูงพอ เมธานอลจะแยกตัว

ออกมาควบแน่นและถูกเก็บมาที่อีแวปอเรเตอร์คอยล์ ซึ่งจะทำให้อุณหภูมิของอีแวปอเรเตอร์คอยล์จะมีค่าค่อย ๆ สูงขึ้นจากช่วงเช้า และลดลงเข้าใกล้สิ่งแวดล้อมในตอนบ่าย ในช่วงเวลาเย็นเมื่อเริ่มการระบายความร้อนจากตัวรับรังสี จะพบว่าอุณหภูมิของตัวรับรังสีเพิ่มขึ้นโดยฉับพลันในช่วงเวลาสั้น ๆ ทั้งนี้เนื่องจากเมธานอลในอีแวปอเรเตอร์คอยล์ระเหยและถูกดูดซับโดยถ่านกัมมันต์ในตัวรับรังสีโดยมีความร้อน (heat of adsorption) เกิดขึ้น ทำให้อุณหภูมิของตัวรับรังสีเพิ่มขึ้นทันที ปริมาณความร้อนดังกล่าวจะถูกระบายออกไปเรื่อย ๆ ทำให้อุณหภูมิของตัวรับรังสีค่อย ๆ ลดลงจนเข้าใกล้อุณหภูมิสิ่งแวดล้อม ในขณะเดียวกันจากการที่มีการระเหยของเมธานอล อุณหภูมิของอีแวปอเรเตอร์คอยล์, อากาศในห้องเย็นรวมทั้งอุณหภูมิของน้ำเย็นที่แช่อยู่จะลดลงไปด้วย อุณหภูมิเหล่านี้จะลดลงจนถึงค่าต่ำสุดค่าหนึ่งและค่อย ๆ เพิ่มขึ้นช้า ๆ อุณหภูมิของอากาศภายในห้องทำความเย็นอาจสามารถทำให้ลดต่ำกว่า 0°C ได้นานกว่า 6 ชั่วโมง อุณหภูมิต่ำสุดที่สามารถทำได้มีค่า -7.6°C

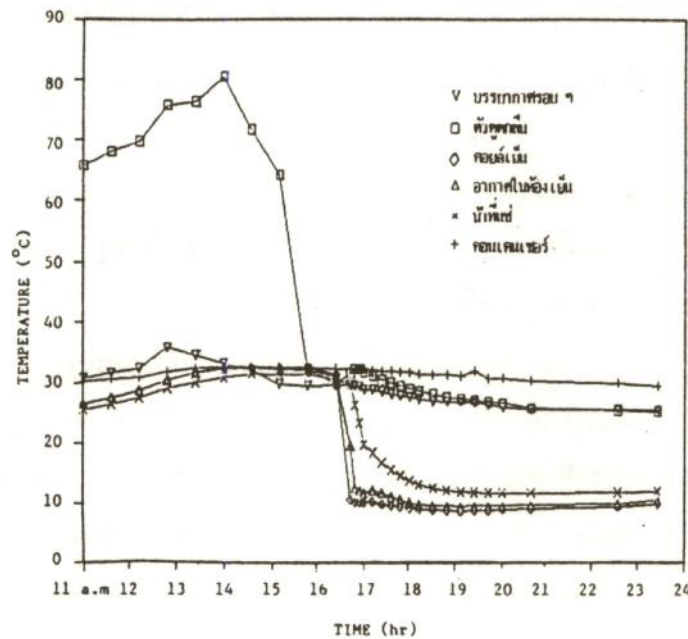
3.1 ผลของปริมาณรังสีแสงอาทิตย์

ปริมาณรังสีแสงอาทิตย์ จะมีผลต่อสมรรถนะของระบบ วันที่ปริมาณรังสีมีค่าสูง จะทำให้เมธานอลแยกตัวมาที่อีแวปอเรเตอร์คอยล์เย็น มากกว่าวันที่มีค่ารังสีน้อย เมื่อเมธานอลแยกตัวออกมา จะทำให้ค่าความเข้มข้นของเมธานอล ในตัวรับรังสีน้อยลง ซึ่งจะมีผลดีในช่วงการทำความเย็นในเวลากลางคืน กล่าวคือ เมธานอลจะสามารถกลับคืน (ถูกดูดซับ) โดยถ่านกัมมันต์ในตัวรับรังสีได้ดี ทำให้อุณหภูมิในห้องทำความเย็นลดต่ำลงได้มาก และการทำความเย็นสามารถเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องได้เป็นเวลานาน

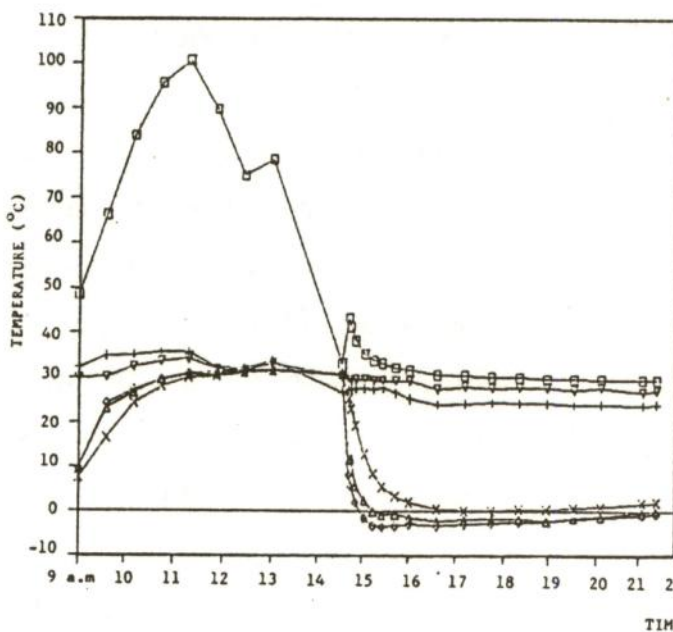
ในวันที่ค่ารังสีแสงอาทิตย์ไม่สูงมาก (17 สิงหาคม 2533, รังสีแสงอาทิตย์ $15.85 \text{ MJ/m}^2\text{-d}$) ใน

เวลากลางคืน อุณหภูมิของอากาศในห้องทำความเย็นสามารถทำได้ต่ำสุดประมาณ 10°C มีค่า Solar COP 0.038 และในวันที่มีค่ารังสีแสงอาทิตย์สูง (14 กันยายน 2533, รังสีแสงอาทิตย์ $20.69\text{ MJ/m}^2\text{-d}$) อุณหภูมิ

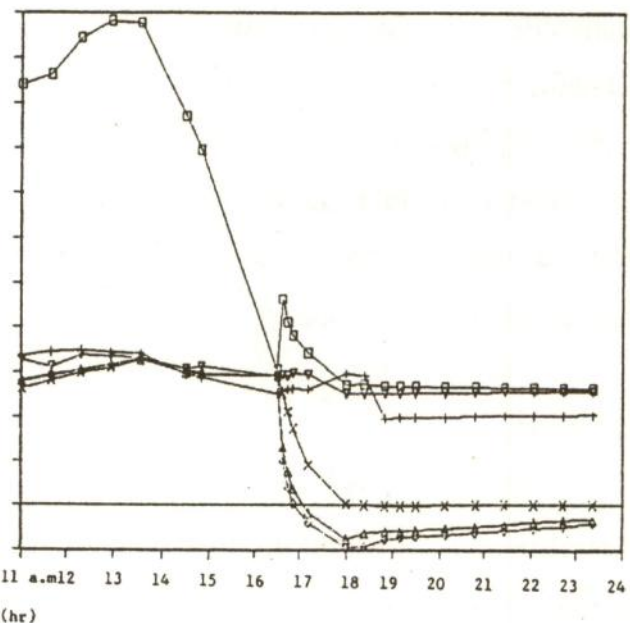
ภายในห้องทำความเย็นมีค่าต่ำสุดประมาณ -2°C และมีค่า Solar COP 0.07 ในวันดังกล่าว อุณหภูมิของอากาศรอบ ๆ ในช่วงกลางคืน มีค่าใกล้เคียงกันประมาณ $27\text{-}28^{\circ}\text{C}$



ก. 17 สิงหาคม 2533



ข. 14 กันยายน 2533



ค. 20 กันยายน 2533

รูปที่ 5 แสดงการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ ที่ตำแหน่งต่าง ๆ เทียบกับเวลา

3.2 ผลของอุณหภูมิสิ่งแวดล้อมในช่วงทำความเย็น

อุณหภูมิสิ่งแวดล้อมในช่วงทำความเย็นมีผลต่อการทำความเย็นมาก โดยเมื่ออุณหภูมิสิ่งแวดล้อมมีค่าต่ำจะทำให้อุณหภูมิในการทำความเย็นมีค่าลดลงและ Solar COP สูงขึ้น ในวันที่ 20 กันยายน 2533 (รังสีแสงอาทิตย์ $18.95 \text{ MJ/m}^2 \text{ day}$) สิ่งแวดล้อมในช่วงเวลากลางคืนมีค่าเฉลี่ยประมาณ 25°C สามารถทำให้อุณหภูมิอากาศในห้องทำความเย็นลดลงได้เฉลี่ยประมาณ -6°C อุณหภูมิต่ำสุดมีค่าถึง -7.6°C และมีค่า Solar COP ประมาณ 0.083 ซึ่งเมื่อเทียบกับผลที่ได้จาก วันที่ 14 กันยายน 2533 ที่มีปริมาณรังสีสูงกว่าแต่อุณหภูมิสิ่งแวดล้อมในช่วงกลางคืนเฉลี่ยประมาณ 28°C จะมี Solar COP ประมาณ 0.07

จากการศึกษา พบว่า ค่า Solar COP ของระบบที่ศึกษาต่ำกว่าระบบของผู้วิจัยท่านอื่น ทั้งนี้เนื่องจากความสามารถในการดูดกลืนเมธานอล ของถ่านกัมมันต์ที่ผลิตขึ้นในประเทศมีค่าต่ำกว่าของที่ผลิตในต่างประเทศ นอกจากนี้ อุณหภูมิของอากาศรอบ ๆ ในช่วงทำความเย็น ของระบบที่ติดตั้งอยู่ในต่างประเทศ มีค่าต่ำกว่าระบบที่ใช้ทดสอบในประเทศ ทำให้ตัวรับรังสีของระบบในต่างประเทศสามารถระบายความร้อนออกไปได้ดี เมธานอลสามารถดูดกลืนกลับไปยังตัวรับรังสีได้อย่างรวดเร็ว และมีปริมาณมาก

4. สรุป

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาสมรรถนะการทำงานของระบบทำความเย็นพลังงานแสงอาทิตย์ที่ใช้ถ่านกัมมันต์ - เมธานอล เป็นสารคู่ทำงาน ถ่านกัมมันต์เป็นผลิตภัณฑ์ที่ผลิตขึ้นเองในประเทศ ตัวรับรังสีมีผิวดูดรังสี $0.98 \times 1.2 \text{ m}^2$ สามารถทำอุณหภูมิภายในห้องทำความเย็นได้ถึง -7.6°C และสามารถทำให้อุณหภูมิต่ำกว่า 0°C ได้ นานเกิน 6 ชั่วโมง และมีค่า

Solar COP ได้สูงสุด 0.083 อย่างไรก็ตาม ปริมาณของรังสีแสงอาทิตย์ในแต่ละวัน รวมทั้งอุณหภูมิสิ่งแวดล้อมในช่วงทำความเย็น มีผลต่อสมรรถนะในการทำความเย็นมาก

เอกสารอ้างอิง

1. F. Meunier and J.J. Guilleminot, On the use of a zeolite $13x - \text{H}_2\text{O}$ intermittent cycle for application to solar climatization of building, **Sun II**, Pergamon Press, 1979.
2. Ph. Grenier, M.Pons, and A.Diby, Modelization of a solar refrigerator working with a solid adsorbent, **I.S.E.S. Congress Intersol 85**, 1985.
3. M. Pons and J.J. Guilleminot, Design of and experimental solar refrigerator working with a solid adsorption ice maker, **Trans. Am. Soc. Mech. Engrs.**, 108, pp.332-337, 1986.
4. M.Pons and Ph.Grenier, Solar ice maker working with activated carbon-methanol adsorbent-adsorbate pair, **I.S.E.S. Congress Intersol 85**, 1986.
5. E.F. Passos, J.F. Escobedo and F. Meunier, Simulation of an intermittent adsorptive solar cooling system, **Solar Energy**, vol. 42, no.2, 1989.
6. R.H.B. Exell, S.C. Bhattacharya, and Y.R. Upadhyaya, Research and development of solar-powered desiccant refrigeration for cold-storage applications. Grant no. DPE-5542-G-SS-4057-00

Asian Institute of Technology,
Bangkok 1987.

7. ทวีศักดิ์ ศรีภูษิตโต บุญญฤทธิ์ รักเกตุกิจ และ
วรศักดิ์ เลชะกุล เครื่องทำความเย็นด้วย
พลังงาน แสงอาทิตย์ระบบดูดเกาะ, วิทยา
นิพนธ์ระดับวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต ภาควิชา
วิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี 2532.
8. ชนะ ฉัตรธนพรโยธิน และสุทศ วงศ์สิโรจน์กุล,
ระบบทำน้ำแข็งแสงอาทิตย์แบบดูดซับ
ถ่านกัมมันต์เมธานอล วิทยานิพนธ์ระดับ
วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต, ภาควิชาวิศวกรรม
เครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์, สถาบันเทคโน
โลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, 2533.

รายการสัญลักษณ์

A_{coll}	พื้นที่ของตัวรับรังสี, m^2
COP	สัมประสิทธิ์สมรรถนะ, ไม่มีหน่วย
h_E	เอนทัลปีของไอเมธานอล, kJ/kg
h_{fg}	ความร้อนแฝงในการระเหยของเมธานอล, kJ/kg
I_T	ปริมาณรังสีแสงอาทิตย์ในช่วงเวลาที่พิจารณา, kJ
m_E	มวลไอเมธานอล ที่แยกตัวออกจากถ่าน กัมมันต์ในตัวรับรังสี, kg
m_E^*	มวลไอเมธานอล ที่ระเหยในคอยล์เย็น, kg
Q_E	ปริมาณพลังงานที่ไปกับเมธานอล, kJ
Q_{ch}	ความร้อนสัมผัสในถ่านกัมมันต์, kJ
Q_{coll}	ความร้อนสัมผัสของตัวดูดรังสี, kJ
Q_{load}	ภาระความร้อนในช่วงการทำความเย็น, kJ
Q_{met}	ความร้อนสัมผัสในเมธานอล, kJ
Q_u	ความร้อนสุทธิที่ได้จากตัวรับรังสี