

การทดสอบเครื่องกลั่นน้ำแสงอาทิตย์รูปทรงพีระมิด

The Testing of the Pyramid Water Distiller by Solar Energy

สำรวย ภูบาล¹ และ สิทธิพร ใหญ่ชนายศ²

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอการศึกษาเครื่องกลั่นน้ำแสงอาทิตย์รูปทรงพีระมิด เครื่องกลั่นมีลักษณะเป็นถาดสี่เหลี่ยมจัตุรัส ฝาครอบกระจกใส ลักษณะรูปทรงพีระมิดฐานสี่เหลี่ยมจัตุรัส ใช้แผ่นทองแดงพ่นสีดำเป็นตัวดูดกลืนรังสีแสงอาทิตย์ ผลการทดสอบพบว่ามีความสามารถในการกลั่นน้ำได้อัตราการกลั่นเฉลี่ย 2.4 ลิตรต่อตารางเมตรต่อวัน ประสิทธิภาพของเครื่องกลั่นเฉลี่ย 34 เปอร์เซ็นต์ ที่ค่ารังสีอาทิตย์เฉลี่ย 17.8 เมกะจูลต่อตารางเมตรต่อวัน การกลั่นรายชั่วโมงได้อัตราการกลั่นเฉลี่ย 0.25 ลิตรต่อตารางเมตรต่อชั่วโมง น้อยกว่าการประเมินจากการคำนวณเฉลี่ยประมาณ 27 เปอร์เซ็นต์ การเปรียบเทียบสมรรถนะด้วยอัตราการกลั่นต่อค่ารังสีอาทิตย์ ผลปรากฏว่าในงานวิจัยนี้ได้ค่าสูงสุด มากกว่าเครื่องกลั่นลักษณะอื่นโดยเฉลี่ยประมาณ 17 เปอร์เซ็นต์

คำสำคัญ : เครื่องกลั่นน้ำ, พลังงานแสงอาทิตย์, พีระมิด

Abstract

This paper aims to present a study of the testing of a pyramid solar distiller. The developed distiller consists of 4 triangular transparent glasses with a square rectangular tray constructed in a pyramid shape. The black copper plate was used to absorb and accumulate solar radiation. From the experiments, it was found that the developed distiller produced the average distillation rate of 2.4 Litre/m²/day. The average efficiency was 34 percents at solar radiation intensity of 17.8 MJ/m²/day. The average hourly distillation was 0.25 Litre/m²/hour, which was approximately 27 percents, which was less than the calculated estimation. Finally, when comparing an efficiency of the solar distiller developed for this study to other distillers, it was revealed that the produced distillation rate per average daily solar radiation was approximately 17 percents more than average.

Keywords : Distiller, Solar Energy, Pyramid

¹ ผู้ช่วยศาสตราจารย์, ภาควิชาวิทยาศาสตร์ประยุกต์และสังคม, วิทยาลัยเทคโนโลยีอุตสาหกรรม, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

² รองศาสตราจารย์, ภาควิชาเทคโนโลยีวิศวกรรมเครื่องกลกำลัง, วิทยาลัยเทคโนโลยีอุตสาหกรรม, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

1. บทนำ

พลังงานเป็นปัจจัยที่สำคัญและมีความจำเป็นต่อการใช้เพื่อการพัฒนาประเทศ แต่ขณะนี้อัตราการใช้พลังงาน (Energy growth) ต่ำกว่าอัตราการเติบโตทางเศรษฐกิจ (Economic growth) ของประเทศไทยอยู่ที่ 1.4 : 1 ซึ่งสูงกว่าที่ควรจะเป็นที่อัตรา 1:1 เนื่องจากการใช้พลังงานเป็นไปอย่างไม่เต็มประสิทธิภาพเท่าที่ควรและไม่คุ้มค่า การใช้เชื้อเพลิง เช่น น้ำมัน แก๊สธรรมชาติ เป็นไปอย่างค่อนข้างสูงอย่างต่อเนื่อง ถึงแม้รัฐบาลจะมีมาตรการออกมามากมายเพื่อแก้ปัญหาทางด้านพลังงาน มาตรการหนึ่งที่รัฐบาลได้ทำสำหรับการแก้ปัญหาหนึ่งคือการสนับสนุนงานวิจัยการใช้พลังงานทดแทน [1]

แสงอาทิตย์เป็นพลังงานทดแทนชนิดหนึ่ง และเป็นพลังงานหมุนเวียนด้วย นอกเหนือจากพลังงานลม พลังงานน้ำ พลังงานชีวมวล ฯลฯ ประเทศไทยมีศักยภาพเพียงพอในการใช้พลังงานแสงอาทิตย์เพราะภูมิประเทศอยู่ในแถบเขตร้อน มีความเข้มรังสีอาทิตย์ค่อนข้างสูงและสม่ำเสมอ เฉลี่ยทั้งปีประมาณ 17 เมกะจูลต่อตารางเมตรต่อวัน [2]

งานวิจัยนี้ได้ทำการทดสอบเครื่องกลั่นน้ำพลังงานแสงอาทิตย์รูปทรงพีระมิด ดังแสดงในรูปที่ 1 มีวัตถุประสงค์เพื่อต้องการทดลองหาอัตราการกลั่นน้ำเป็นรายวันและรายชั่วโมงด้วยเครื่องกลั่นน้ำพลังงานแสงอาทิตย์รูปทรงพีระมิด และทดสอบหาประสิทธิภาพของเครื่องกลั่นลักษณะนี้ เนื่องจากด้วยเครื่องกลั่นนี้มีกระจกฝาครอบลาดเอียงทั้ง 4 ด้าน ทำให้สามารถรับแสงอาทิตย์ได้ในทุกทิศทางที่ดวงอาทิตย์เคลื่อนที่ผ่าน และปัญหาหนึ่งสำหรับเครื่องกลั่นน้ำแสงอาทิตย์ คือความลาดเอียงของกระจกฝาครอบ เพราะโดยทั่วไปมักออกแบบให้กระจกมีความลาดเอียงเพียงด้านเดียวหรือสองด้านเท่านั้น จึงทำให้เกิดการกลั่นได้ไม่ดีนักเฉพาะในช่วงที่ดวงอาทิตย์อยู่ในแนวตั้งฉากกับผิวกระจก และน้ำที่กลั่นได้จะไหลลงตามแนวลาดเอียงของกระจก ดังนั้นเครื่องกลั่นลักษณะนี้ซึ่งมีความลาดเอียงของกระจก 4 ด้าน น่าจะทำให้มีอัตราการกลั่นและสมรรถนะที่สูงขึ้นได้



รูปที่ 1 เครื่องกลั่นน้ำแสงอาทิตย์รูปทรงพีระมิด

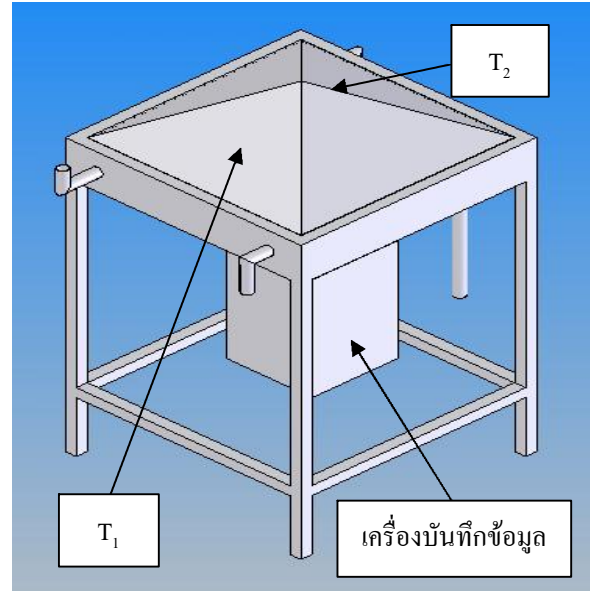
2. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การใช้แสงอาทิตย์ในการกลั่นน้ำเป็นแนวทางหนึ่งในการนำพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้เพื่อก่อให้เกิดประโยชน์ และการกลั่นน้ำด้วยแสงอาทิตย์ที่ผ่านมามีการศึกษาวิจัยกันอย่างแพร่หลายทั้งภายในและต่างประเทศ เช่น การศึกษาเปรียบเทียบตัวรับรังสีอาทิตย์ที่ติดตั้งในแนวราบและแนวตั้งพบว่าตัวรับรังสีที่ติดตั้งในแนวราบให้สมรรถนะที่สูงกว่า [3] การศึกษาพัฒนาเครื่องกลั่นน้ำพลังงานแสงอาทิตย์แบบกระจกเอียงด้านเดียวทำมุม 14 องศา กับแนวราบ [4] การศึกษาเปรียบเทียบวัสดุฝาครอบระหว่างกระจก แผ่นอคริลิกและพลาสติกใสพบว่าฝาครอบเป็นกระจกให้อัตราการกลั่นน้ำดีที่สุด [5] การศึกษาเครื่องกลั่นน้ำพลังงานแสงอาทิตย์ที่ด้านข้างโปร่งแสงพบว่าได้อัตราการกลั่นไม่แตกต่างจากการหุ้มฉนวนมากนักแต่ในเวลาที่ไม่มีแสงอาทิตย์เครื่องกลั่นจะสูญเสียความร้อนมากกว่า [6] การวิเคราะห์การไหลต่อเนื่องของน้ำแบบฟิล์มบางในเครื่องกลั่นน้ำด้วยแสงอาทิตย์ [7] การศึกษาเครื่องกลั่นน้ำแสงอาทิตย์แบบกระจกเอียงลาดสองด้านเปรียบเทียบกับแบบกระจกเอียงลาดด้านเดียวพบว่าเครื่องกลั่นแบบกระจกเอียงลาดสองด้านได้อัตราการกลั่นสูงขึ้นกว่าด้านเดียวเล็กน้อยแต่การออกแบบใช้งานค่อนข้างยุ่งยาก [8]

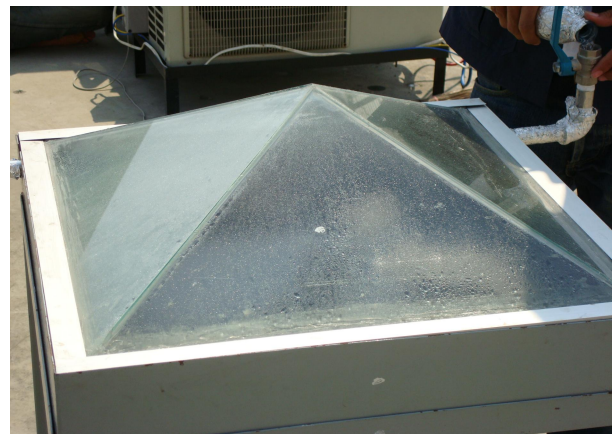
3. อุปกรณ์และวิธีดำเนินการ

งานวิจัยได้ทำการทดสอบบนอาคารฟ้าอาคาร 63 วิทยาลัยเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ กรุงเทพมหานคร เครื่องกลั่นมีลักษณะเป็นถาดสี่เหลี่ยมจัตุรัส ทำด้วยสแตนเลสหนา 3 มิลลิเมตร ขาวด้านละ 500 มิลลิเมตร สูง 80 มิลลิเมตร รอบข้างหุ้มฉนวนใยเซรามิก อยู่ภายในกรอบโครงเหล็ก ฝาครอบเป็นกระจกหนา 3 มิลลิเมตร ลักษณะเป็นขอบแหลมรูปทรงพีระมิดฐานสี่เหลี่ยมจัตุรัสขาวด้านละ 500 มิลลิเมตร ลาดเอียง 30 องศา รวมพื้นที่ผิวกระจก (ผิวกลั่นตัว) ประมาณ 0.289 ตารางเมตร ใช้แผ่นทองแดงหนา 3 มิลลิเมตร พื้นที่ 0.25 ตารางเมตร พันลวดเพื่อดูดกลืนรังสีความร้อนจากแสงอาทิตย์ อุปกรณ์สำหรับการวัดประกอบด้วย Pyranometer รุ่น MS-601, Thermocouple type K, Data logger และ Anemometer ได้ทำการทดสอบระหว่างวันที่ 17 ธันวาคม 2550–26 มกราคม 2551 เริ่มทดลองโดยใช้ปริมาณน้ำดิบ 2 ลิตร ทำการทดลอง 5 วัน หลังจากนั้นเพิ่มปริมาณน้ำดิบเป็น 3, 4 และ 5 ลิตร ตามลำดับ ใช้เวลาทดลอง 5 วันในการเพิ่มปริมาณน้ำดิบแต่ละครั้ง รวมวันที่ทำการทดลองทั้งหมด 20 วัน และควบคุมระดับน้ำดิบให้คงที่ตลอดเวลา ทำการบันทึกข้อมูลทุก ๆ 1 ชั่วโมง ตั้งแต่เวลา 8.00-18.00 น. ค่าที่บันทึกได้แก่ ปริมาณน้ำกลั่น ค่ารังสีอาทิตย์รายชั่วโมงและรายวัน ความเร็วลม อุณหภูมิผิวน้ำ อุณหภูมิผิวกระจกด้านผิวกลั่นตัว และอุณหภูมิสิ่งแวดล้อม

การทดสอบได้ทำการบันทึกค่าอุณหภูมิผิวน้ำ (T_1) ผิวกลั่นตัว (T_2) และอุณหภูมิสภาพแวดล้อม จำนวน 3 จุด (ดังรูปที่ 2) แสดงผลการวัดอุณหภูมิด้วยเครื่องบันทึกข้อมูล



รูปที่ 2 ตำแหน่งการวัดอุณหภูมิ



รูปที่ 3 พื้นที่ผิวกลั่นตัวรูปทรงพีระมิด

จากรูปที่ 3 เมื่อผิวน้ำภายในเครื่องกลั่นมีอุณหภูมิถึงจุดระเหย (อยู่ภายใต้ความดันในเครื่องกลั่น) จะระเหยเป็นไอน้ำขึ้นไปกลั่นตัวบนผิวกระจก และเกาะเป็นหยดน้ำเล็ก ๆ อยู่บนผิวกระจกนั้นจนมีน้ำหนักรวมพอแล้วจึงไหลลงมารวมกันที่ขอบล่างของกระจกลงมาตามรางและไหลลงสู่ภาชนะกักเก็บ ทำการวัดปริมาณน้ำกลั่นได้ต่อไป

4. ทฤษฎีหลักการการทำงานและการคำนวณ

เมื่อแสงอาทิตย์ส่องผ่านกระจกฝาครอบรูปทรงพีระมิดลงมากระทบแผ่นดูดรังสีที่ทำจากแผ่นทองแดงพ่นสีดำ แผ่นดูดรังสีนี้จะดูดกลืนคลื่นรังสีความร้อน ทำให้เกิดการสะสมความร้อนเอาไว้และถ่ายเทความร้อนให้กับน้ำดิบ อุณหภูมิของน้ำดิบจะสูงขึ้นจนกระทั่งระเหยกลายเป็นไอไปกระทบกับผิวกระจกฝาครอบด้านในที่มีอุณหภูมิต่ำกว่าและกลั่นตัวเป็นหยดน้ำเกาะเป็นฟิล์มบาง ๆ บนผิวกระจกด้านใน เมื่อหยดน้ำเกาะหนาขึ้นจะไหลไปตามแนวลาดเอียงของกระจกและไหลลงตามรางที่ติดตั้งไว้รอบเครื่องกลั่นไปรวมไว้ในภาชนะกักเก็บ ส่วนการคำนวณเพื่อต้องการหาอัตราการกลั่นรายชั่วโมงนำมาเปรียบเทียบกับผลที่ได้จากการทดลอง และคำนวณหาประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องกลั่นในแต่ละวันสามารถทำได้ ดังนี้

4.1 อัตราการกลั่นน้ำ

อัตราการกลั่นรายชั่วโมงคำนวณได้จากทฤษฎีการถ่ายเทมวลของ Spalding [9] ดังนี้

$$\dot{m}'' = g^* \ln(1+B) \quad (1)$$

เมื่อ $\dot{m}''$ = อัตราการกลั่นรายชั่วโมง, g^* = mass transfer conductance และ B = mass transfer driving force

การถ่ายเทความร้อนบนผิวราบในแนวนอน ค่า g^* และ B คำนวณได้จากสมการที่ (2) และ (5) ตามลำดับ

$$g^* = \frac{0.095(Gr \times Sci)^{0.33} \rho D}{L} \quad (2)$$

เมื่อ ρ = ความหนาแน่นของไอน้ำผสมอากาศ, D = สัมประสิทธิ์การแพร่กระจายของมวลน้ำในอากาศ, L = ระยะเฉลี่ยระหว่างผิวดูดรังสีกับกระจก (สำหรับงานวิจัยนี้เท่ากับ 0.152 m), Sci = Schmidt Number (สำหรับไอน้ำเท่ากับ 0.6) และ Gr = Grashof Number

ค่า Gr และ D คำนวณได้จากสมการที่ (3) และ (4) ตามลำดับ

$$Gr = \frac{L^3 \rho^2 g \beta \Delta t}{\mu^2} \quad (3)$$

เมื่อ g = ความเร่งแรงโน้มถ่วงของโลก (9.8 m/s^2), β = สัมประสิทธิ์การขยายตัวโดยปริมาตรของน้ำ, Δt = ผลต่างของอุณหภูมิผิวระเหยกับผิวกลั่นตัว และ μ = ความหนืดสัมบูรณ์ของไอน้ำ

$$D = \frac{(t_{av} + 273)^{2.5} \times 9.139 \times 10^{-9}}{(t_{av} + 518)} \quad (4)$$

เมื่อ t_{av} = อุณหภูมิเฉลี่ยของผิวระเหยและผิวกลั่นตัว

$$B = \left[\frac{m_{wc} - m_{we}}{m_{we} - 1} \right] \quad (5)$$

เมื่อ m_{wc} และ m_{we} คือสัดส่วนโดยมวลของน้ำบนผิวกลั่นตัวและผิวระเหย คำนวณได้จากสมการที่ (6) และ (7) ตามลำดับ

$$m_{wc} = \frac{W_c}{1 + W_c} \quad (6)$$

$$m_{we} = \frac{W_e}{1 + W_e} \quad (7)$$

เมื่อ W_c และ W_e = ความชื้นจำเพาะของผิวกลั่นตัว และผิวระเหย คำนวณได้จากสมการที่ (8) และ (9) ตามลำดับ

$$W_c = \frac{0.622 P_c}{P_a - P_c} \quad (8)$$

$$W_c = \frac{0.622 P_c}{P_a - P_c} \quad (9)$$

เมื่อ P_a = ความดันบรรยากาศ (101.3 kPa), P_c และ P_c = ความดันไอน้ำอิ่มตัวของผิวกลั่นตัวและผิวระเหยตามลำดับ

4.2 ประสิทธิภาพของเครื่องกลั่นน้ำพลังงานแสงอาทิตย์

ประสิทธิภาพของเครื่องกลั่นสามารถบอกได้ด้วยอัตราส่วนระหว่างอัตราการถ่ายเทความร้อนโดยการระเหยและปริมาณรังสีอาทิตย์ที่ตกกระทบตัวรับรังสี [10]

ประสิทธิภาพรายวัน (η_{daily}) หาได้จาก

$$\eta_{\text{daily}} = \frac{\sum \dot{m}_i'' h_{fgi}}{(\alpha_{Cu} \tau_g) H_s} \times 100 \quad (10)$$

เมื่อ h_{fg} = ความร้อนแฝงจำเพาะการกลายเป็นไอของน้ำ, H_s = รังสีอาทิตย์รายวันบนพื้นราบ, α_{Cu} = ค่าการดูดกลืนของแผ่นทองแดง (เท่ากับ 0.9), τ_g = ค่าการส่งผ่านความร้อนของกระจก (เท่ากับ 0.86) และ i = ค่าอัตราการกลั่นและความร้อนจำเพาะการกลายเป็นไอของน้ำแต่ละชั่วโมง

ประสิทธิภาพรายชั่วโมง (η_{hourly}) หาได้จาก

$$\eta_{\text{hourly}} = \frac{\dot{m}'' h_{fg}}{(\alpha_{Cu} \tau_g) I_T} \times 100 \quad (11)$$

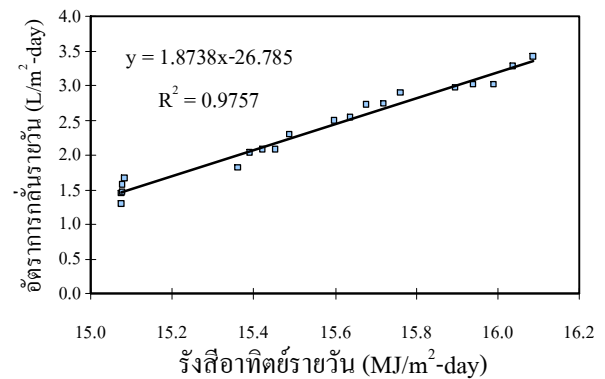
เมื่อ I_T = รังสีอาทิตย์รายชั่วโมงที่ตกกระทบพื้นเอียง

5. ผลการทดลอง

ในการทดลองสามารถแบ่งปัจจัยที่ศึกษาออกได้เป็น 3 ส่วน คือ อัตราการกลั่นรายวัน อัตราการกลั่นรายชั่วโมง และการเปรียบเทียบสมรรถนะกับเครื่องกลั่นอื่น ๆ

5.1 อัตราการกลั่นรายวัน

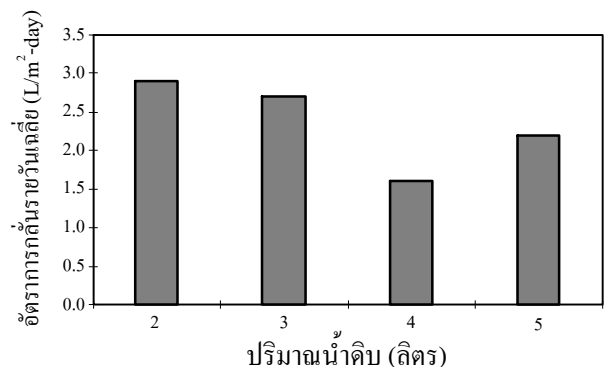
จากการทดสอบเปรียบเทียบอัตราการกลั่นเฉลี่ยรายวันกับค่ารังสีอาทิตย์รายวัน (รูปที่ 4) แสดงให้เห็นว่าการทดสอบครั้งนี้สามารถยอมรับผลการทดลองได้ เนื่องจากพบว่าอัตราการกลั่นรายวันแปรผันโดยตรงกับค่ารังสีอาทิตย์รายวันเป็นสมการของกราฟเส้นตรง



รูปที่ 4 อัตราการกลั่นรายวันต่อค่ารังสีอาทิตย์รายวัน

(17 ธันวาคม 2550 – 26 มกราคม 2551)

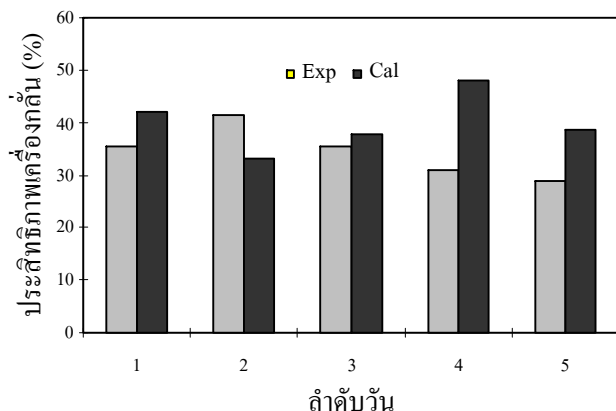
โดยเมื่อพิจารณารูปที่ 4 พบค่าความชันของกราฟเท่ากับ 1.8738 ลิตรต่อเมกะจูล ค่าความชันนี้หมายถึงอัตราการกลั่นรายวันต่อรังสีอาทิตย์รายวันซึ่งเป็นดัชนีชี้วัดตัวหนึ่งในการบ่งบอกถึงสมรรถนะของเครื่องกลั่นพลังงานแสงอาทิตย์ได้



รูปที่ 5 การเปรียบเทียบอัตราการกลั่นเฉลี่ยรายวันกับปริมาณน้ำดิบ (17 ธันวาคม 2550 – 26 มกราคม 2551)

จากผลการทดลองหาอัตราการกลั่นรายวันในช่วงเวลา 20 วัน โดยเริ่มทดลองที่ปริมาณน้ำดิบ 2, 3, 4 และ 5 ลิตรตามลำดับ และนำมาหาค่าเฉลี่ยของอัตราการกลั่นเป็นรายวันเปรียบเทียบกับปริมาณน้ำดิบจะได้ผลดังรูปที่ 5 แสดงให้เห็น

ถึงผลเมื่อใช้ปริมาณน้ำดิบ 2 ลิตร จะได้อัตราการกลั่นเฉลี่ยสูงที่สุด ดังนั้นจึงใช้ผลการทดลองที่ปริมาณน้ำดิบ 2 ลิตร มาวิเคราะห์ผลการเปรียบเทียบต่อไป ส่วนปริมาณน้ำดิบ 4 ลิตร ได้อัตราการกลั่นรายวันเฉลี่ยน้อยที่สุดเป็นเพราะว่าในช่วงเวลานั้นปริมาณความเข้มข้นสีอาทิตย์ค่อนข้างต่ำ มีเมฆมาก ซึ่งถ้าหากทำการทดสอบในปริมาณความเข้มข้นสีอาทิตย์ที่เท่ากันแล้ว ปริมาณน้ำดิบที่น้อยกว่าจะส่งผลให้อัตราการกลั่นรายวันเฉลี่ยสูงกว่า และจากผลการทดลองได้อัตราการกลั่นเฉลี่ย 2.4 ลิตร ต่อตารางเมตรต่อวัน



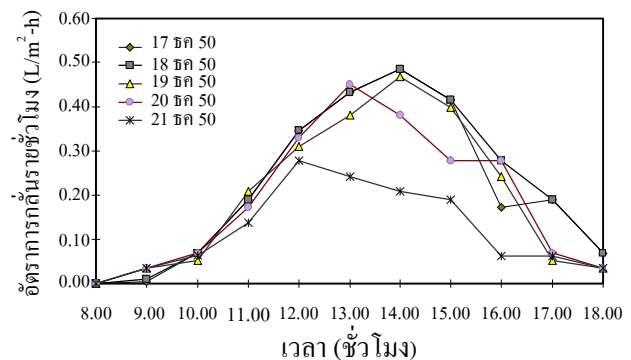
รูปที่ 6 ประสิทธิภาพเครื่องกลั่นจากผลการทดลองและจากการคำนวณในแต่ละวัน (17 – 21 ธันวาคม 2550)

จากผลการทดลองที่ปริมาณน้ำดิบ 2 ลิตร เมื่อนำอัตราการกลั่นรายวันจากผลการทดลองและจากการคำนวณมาประเมินหาค่าประสิทธิภาพของเครื่องกลั่นได้ผลดังรูปที่ 6 พบว่าเครื่องกลั่นนี้มีประสิทธิภาพเฉลี่ย 34 และ 39 เปอร์เซ็นต์ จากผลการทดลองและจากการคำนวณตามลำดับ ที่ปริมาณรังสีอาทิตย์บนพื้นราบเฉลี่ย 17.8 เมกะจูลต่อตารางเมตรต่อวัน สาเหตุที่ประสิทธิภาพของเครื่องกลั่นจากผลการทดลองน้อยกว่าจากการคำนวณเป็นเพราะว่าประสิทธิภาพของเครื่องกลั่นขึ้นอยู่กับอัตราการกลั่น การหาประสิทธิภาพของเครื่องกลั่นจากการทดลองใช้อัตราการกลั่นที่วัดได้จริงจากการทดสอบในแต่ละวัน ส่วนประสิทธิภาพของเครื่องกลั่นจากการคำนวณ ใช้อัตราการกลั่นที่ได้จากการคำนวณโดยทฤษฎีการถ่ายเทมวลของ

Spalding การวัดปริมาณน้ำกลั่นที่ได้ในแต่ละวันจะน้อยกว่าการคำนวณอยู่บ้าง สาเหตุเนื่องจากไม่อาจวัดปริมาณน้ำกลั่นได้เท่าที่เครื่องกลั่นสามารถกลั่นได้จริง เพราะน้ำกลั่นบางส่วนอาจค้างอยู่ตามราง สายยาง หรือผิวกระจก อีกทั้งมีปริมาณน้ำกลั่นจำนวนหนึ่งหยดกลับลงไปรวมกับน้ำดิบตามเดิม

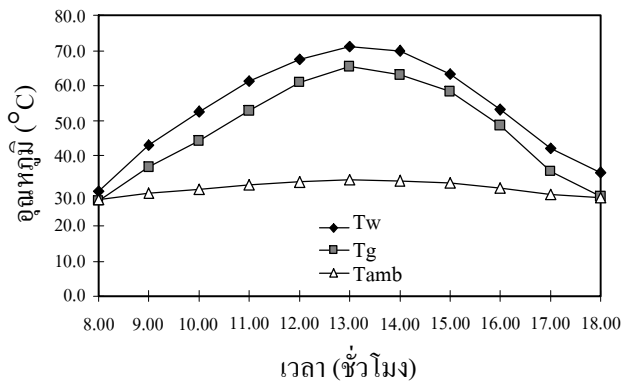
5.2 อัตราการกลั่นรายชั่วโมง

เมื่อพิจารณาการเปรียบเทียบอัตราการกลั่นรายชั่วโมงของผลการทดลองในวันที่ 17 – 21 ธันวาคม 2550 (รูปที่ 7) ได้อัตราการกลั่นเฉลี่ยสูงสุด 0.248 และต่ำสุด 0.131 ลิตรต่อตารางเมตรต่อชั่วโมง ในวันที่ 18 และ 21 ธันวาคม 2550 ตามลำดับ



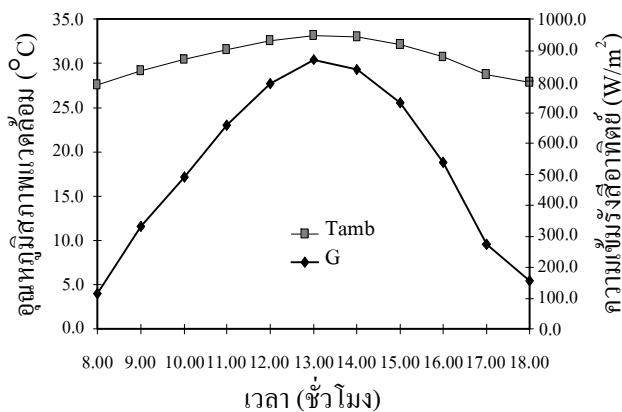
รูปที่ 7 การเปรียบเทียบผลการทดลองอัตราการกลั่นรายชั่วโมง (17 – 21 ธันวาคม 2550)

เมื่อทำการเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวน้ำ (T_w), ผิวกระจก (T_g) และสภาพแวดล้อม (T_{amb}) ของการทดลองวันที่ 18 ธันวาคม 2550 (รูปที่ 8) จากผลการทดลองได้ค่าผลต่างของอุณหภูมิผิวน้ำและผิวกระจกมีผลต่ออัตราการกลั่น ถ้าผลต่างของอุณหภูมิทั้งสองมากจะทำให้อัตราการกลั่นสูง จากผลการทดลองนี้ได้ค่าผลต่างของอุณหภูมิผิวน้ำและผิวกระจกประมาณ 2.9 – 8.2 องศาเซลเซียส ส่วนอุณหภูมิสภาพแวดล้อมมีค่าสม่ำเสมอ โดยเฉลี่ยประมาณ 30.6 องศาเซลเซียส

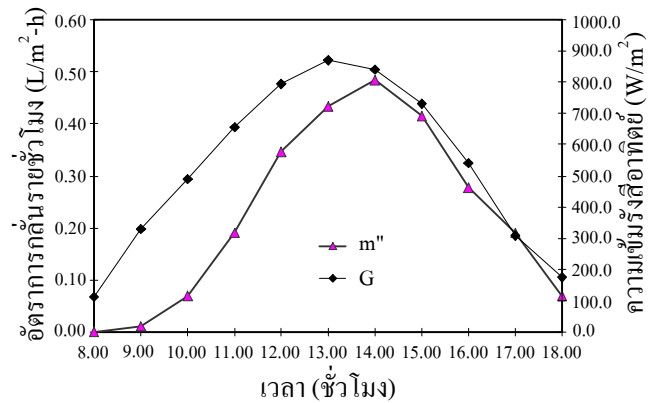


รูปที่ 8 การเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวน้ำ ผิวกระจก และสภาพแวดล้อม (18 ธันวาคม 2550)

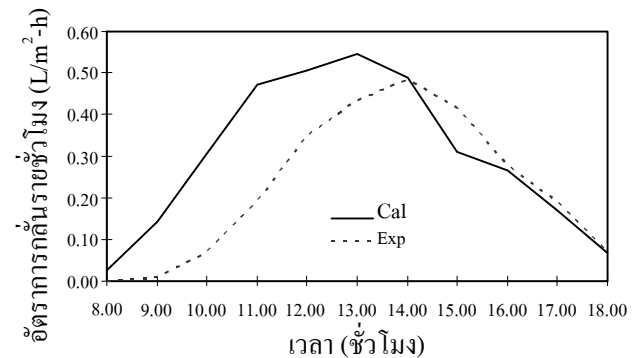
เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบความเข้มรังสีอาทิตย์รายชั่วโมง และอุณหภูมิของสภาพแวดล้อมเทียบกับเวลา วันที่ 18 ธันวาคม 2550 ผลปรากฏว่าอุณหภูมิของสภาพแวดล้อมสอดคล้องเป็นปฏิกิริยาโดยตรงกับความเข้มรังสีอาทิตย์ (รูปที่ 9) จากการวัดได้ค่าเฉลี่ยความเข้มรังสีอาทิตย์เท่ากับ 526.2 วัตต์ต่อตารางเมตร และเมื่อนำความเข้มรังสีอาทิตย์รายชั่วโมงมาเปรียบเทียบกับอัตราการกลั่นรายชั่วโมงได้ผลสอดคล้องเป็นปฏิกิริยาโดยตรงเช่นเดียวกัน (รูปที่ 10)



รูปที่ 9 การเปรียบเทียบอุณหภูมิสภาพแวดล้อมและความเข้มรังสีอาทิตย์รายชั่วโมง (18 ธันวาคม 2550)



รูปที่ 10 การเปรียบเทียบอัตราการกลั่นและความเข้มรังสีอาทิตย์รายชั่วโมง (18 ธันวาคม 2550)



รูปที่ 11 การเปรียบเทียบอัตราการกลั่นรายชั่วโมงจากผลการคำนวณและการทดลอง (18 ธันวาคม 2550)

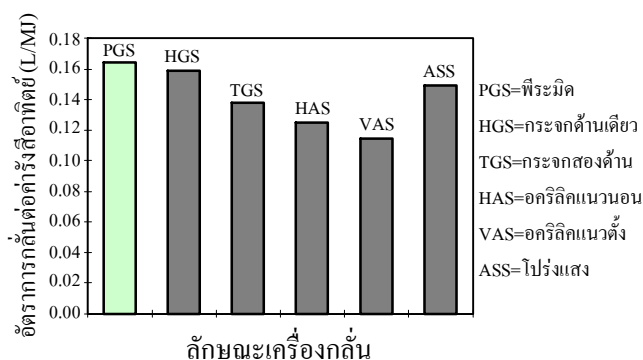
จากผลการคำนวณอัตราการกลั่นรายชั่วโมงของวันที่ 18 ธันวาคม 2550 ดังรูปที่ 11 พบว่าเมื่อเปรียบเทียบกับผลการทดลองได้อัตราการกลั่นเฉลี่ย 0.327 และ 0.248 ลิตรต่อตารางเมตรต่อชั่วโมง ตามลำดับ ผลจากการทดลองน้อยกว่าประมาณ 27 เปอร์เซ็นต์ โดยเฉลี่ย

5.3 การเปรียบเทียบสมรรถนะกับเครื่องกลั่นลักษณะอื่น ๆ

สมรรถนะของเครื่องกลั่นน้ำพลังงานแสงอาทิตย์สามารถบอกด้วยอัตราการกลั่นเป็นรายวัน แต่เนื่องจากอัตราการกลั่นแปรผันโดยตรงกับค่ารังสีอาทิตย์ การเปรียบเทียบสมรรถนะของเครื่องกลั่นน้ำจึงต้องนำค่าปริมาณรังสีอาทิตย์มาวิเคราะห์ด้วย ประสิทธิภาพของเครื่องกลั่นน้ำพลังงานแสงอาทิตย์ประเมินได้โดยนำค่าอัตราการกลั่นคูณด้วยความร้อนแฝงจำเพาะการ

กลายเป็นไอของน้ำแล้วหารด้วยค่าปริมาณรังสีอาทิตย์ เมื่อคูณด้วย 100 จะได้ประสิทธิภาพของเครื่องกลั่นเป็นเปอร์เซ็นต์ หรือเมื่อนำอัตราการกลั่นหารด้วยค่ารังสีอาทิตย์รายวันเป็นอัตราส่วนของอัตราการกลั่นต่อค่ารังสีอาทิตย์เป็นรายวันในหน่วย ลิตรต่อเมกะจูลก็เป็นการประเมินสมรรถนะของเครื่องกลั่นน้ำพลังงานแสงอาทิตย์ได้อีกแนวทางหนึ่งเช่นกัน

งานวิจัยนี้เป็นการทดสอบเครื่องกลั่นน้ำพลังงานแสงอาทิตย์ที่มีฝาครอบหรือผิวกลั่นตัวเป็นกระจกรูปทรงพีระมิด (Pyramid Glass Cover Still ; PGS) และเปรียบเทียบกับเครื่องกลั่นที่มีลักษณะแตกต่างกันอีก 5 แบบดังนี้ 1. เครื่องกลั่นแนวนอนใช้กระจกเป็นฝาครอบเอียงลาดด้านเดียว (Horizontal Glass Cover Still ; HGS) 2. เครื่องกลั่นแนวนอนใช้กระจกเป็นฝาครอบเอียงลาดสองด้าน (Two-face Inclined Glass Cover Still; TGS) 3. เครื่องกลั่นแนวนอนใช้คริลิกใสเป็นฝาครอบเอียงลาดด้านเดียว (Horizontal Acrylic Cover Still ; HAS) 4. เครื่องกลั่นแนวตั้งใช้คริลิกใสเป็นฝาครอบ (Vertical Acrylic Cover Still ; VAS) และ 5. เครื่องกลั่นโปร่งแสงเป็นแบบแนวนอนใช้กระจกเป็นฝาครอบเอียงลาดด้านเดียวเหมือนกับแบบที่ 1 แต่รอบข้างใช้แผ่นคริลิกใสแทนฉนวน (Horizontal Glass Cover and Acrylic Side Still ; ASS)



รูปที่ 12 การเปรียบเทียบสมรรถนะเครื่องกลั่นของงานวิจัยนี้กับเครื่องกลั่นลักษณะอื่น ๆ

การเปรียบเทียบนี้ใช้ดัชนีการวัดด้วยอัตราส่วนของอัตราการผลิตน้ำต่อค่ารังสีอาทิตย์รายวัน ในหน่วย ลิตรต่อเมกะจูล และเลือกผลการทดลองวันที่ได้ค่าสูงสุดในแต่ละลักษณะของเครื่องกลั่น จากรูปที่ 12 เครื่องกลั่นของงานวิจัยนี้ได้อัตราส่วนเท่ากับ 0.164 ลิตรต่อเมกะจูล เมื่อเทียบเป็นเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างได้มากกว่าเฉลี่ยประมาณ 17 เปอร์เซ็นต์

6. สรุป

จากผลการวิจัยการทดสอบเครื่องกลั่นน้ำพลังงานแสงอาทิตย์รูปทรงพีระมิดสรุปได้ว่า เครื่องกลั่นนี้มีสมรรถนะในการกลั่นน้ำได้อัตราการกลั่นเฉลี่ย 2.4 ลิตรต่อตารางเมตรต่อวัน ประสิทธิภาพของเครื่องกลั่นเฉลี่ย 34 เปอร์เซ็นต์ ที่ค่ารังสีอาทิตย์เฉลี่ย 17.8 เมกะจูลต่อตารางเมตรต่อวัน การกลั่นรายชั่วโมงได้อัตราการกลั่นเฉลี่ย 0.25 ลิตรต่อตารางเมตรต่อชั่วโมง น้อยกว่าการประเมินด้วยการคำนวณเฉลี่ยประมาณ 27 เปอร์เซ็นต์ การเปรียบเทียบกับเครื่องกลั่นพลังงานแสงอาทิตย์ลักษณะอื่น ๆ ผลปรากฏว่าเครื่องกลั่นของงานวิจัยนี้มีอัตราส่วนของอัตราการผลิตน้ำต่อค่ารังสีอาทิตย์เฉลี่ยรายวันสูงที่สุด เท่ากับ 0.164 ลิตรต่อเมกะจูล มากกว่าเครื่องกลั่นลักษณะอื่น ๆ เฉลี่ยประมาณ 17 เปอร์เซ็นต์

จากผลการทดสอบนี้ทำให้ทราบว่าจำนวนด้านเอียงของกระจกฝาครอบมีผลต่อสมรรถนะการกลั่นดีพอสมควร เครื่องกลั่นน้ำพลังงานแสงอาทิตย์รูปทรงพีระมิดมีด้านลาดเอียง 4 ด้าน ซึ่งเป็นผลให้แสงอาทิตย์สามารถตกผ่านในแนวตั้งฉากกับผิวกระจกได้ในทุกทิศทางและน้ำที่กลั่นสามารถไหลมารวมกันในที่กักเก็บได้ทันทีก่อนที่จะหยดตกลงลงสู่ภาชนะ ดังนั้นยังต้องขึ้นอยู่กับมุมลาดเอียงของกระจกฝาครอบด้วย จึงทำให้สมรรถนะของเครื่องกลั่นนี้ดีกว่าลักษณะอื่น ๆ แต่เนื่องจากในการใช้งานจริงการกลั่นน้ำด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ต้องใช้พื้นที่ผิวกลั่นตัวมาก การออกแบบผิวกลั่นตัวเป็นขอบแหลมรูปทรงพีระมิดสร้างใช้งานยาก ต่างกับแบบฝาครอบเอียงลาดด้านเดียวที่ออกแบบสร้างง่ายกว่า ดังนั้นในการเลือกลักษณะของเครื่องกลั่นน้ำพลังงานแสงอาทิตย์ไปใช้งาน จึงจำเป็นต้องคำนึงถึงปัจจัยอื่น ๆ ประกอบด้วย

เอกสารอ้างอิง

- 1 <http://www.thaienergynews.com>
- 2 A. Duffie, and A. Beckman. Solar Engineering of Thermal Processes, John Wiley & Sons, Inc., New York, First Edition, 1980.
- 3 ทองใบ อรรถเศรษฐ, เครื่องกลั่นน้ำแสงอาทิตย์ในแนวตั้งแบบแผ่นราบ, วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีพลังงาน คณะพลังงานและวัสดุ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, 2524.
- 4 P. Wibulswas, “Review of Research & Development on Solar Distillation in Thailand.” Renewable Energy Review Journal, Vol. 6, No. 2, 1984, pp. 101–110.
- 5 P. Wibulswas, S. Suntrirat, B. Direkstaporn and T. Kaitsiriroat, “Development of Solar Stills Having Acrylic-pastic Covers in Thailand”, Alternative Energy, Michigan, Sources IV, Ann Arbor Science, 1982, p. 385.
- 6 สำราญ ภูบาล, พิชัย นามประกาย และปรีดา จันทวงษ์, “การศึกษาความเป็นไปได้ของเครื่องกลั่นน้ำพลังงานแสงอาทิตย์อย่างง่าย” วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม, ปีที่ 3, ฉบับที่ 1, มกราคม – มิถุนายน 2550, หน้า 1 – 7.
- 7 M.K. Khalil and A. Abdou, “Analysis of Continuous-Flow Thin Film Solar Still” , Renewable Energy, Vol. 4, No. 7, 1994, pp. 839 – 845.
- 8 สำราญ ภูบาล, การศึกษาเครื่องกลั่นน้ำแสงอาทิตย์แบบกระจกเอียงลาดสองด้านเปรียบเทียบกับแบบกระจกเอียงลาดด้านเดียว, รายงานปัญหาพิเศษ คณะพลังงานสิ่งแวดล้อมและวัสดุ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, 2545, หน้า 45 – 48.
- 9 D.B. Spalding. Convection Mass Transfer, Edward Arnold, London, 1963.
- 10 Y.A. Cengel, and M.A. Bloes. Thermodynamics : An Engineering Approach, McGraw-Hill, Singapore, International Edition, 1989.