

การทำความเย็นโดยการแผ่รังสีสู่ท้องฟ้า

Sky radiative cooling

โอกาส	โกมลวิธานาพาณิชย์ *
สมบัติ	ทีชทรัพย์ **
ขนาด	สุนทรชัยนาคแสง ***
ศุภชาติ	จงไพบูลย์วิชนะ ****

บทคัดย่อ

ในการศึกษาการทำความเย็น โดยอาศัยหลักการแผ่รังสีความร้อนสู่ท้องฟ้า สำหรับสภาพภูมิอากาศท้องถิ่นของไทย โดยทำการทดลองเบื้องต้น พบว่าสามารถทำให้ห้องโหลี่ใช้งาน มีอุณหภูมิต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศในตอนกลางคืนได้ประมาณ 10°C จากการทดลองเหล่านี้แสดงให้เห็นว่า การทำความเย็นด้วยวิธีนี้เป็นไปได้ทั้งทางค้ำนเทคนิค และค้ำนเศรษฐศาสตร์ การศึกษาครั้งนี้จะนำไปใช้เป็นพื้นฐานในการทำวิจัยในค้ำนนี้ได้อย่างจริงจังต่อไป

- * อาจารย์คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีปทุม และนักศึกษามัธยมศึกษา สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
- ** รองศาสตราจารย์ ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
- *** อาจารย์ ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
- **** แผนกพลังงาน สถาบันเทคโนโลยีแห่งเอเชีย

1. บทนำ

สมดุลย์ในทางความร้อนของโลก เกิดขึ้นระหว่างการรับพลังงานจากการแผ่รังสีความร้อนของดวงอาทิตย์ และการแผ่รังสีความร้อนออกจากตัวโลกเอง [1] ซึ่งปริมาณความร้อนทั้งสองส่วน จะมีจำนวนเท่ากัน จึงทำให้โลกอยู่ในสภาวะสมดุลย์ทางความร้อน

ในอดีตที่ผ่านมา มีการพัฒนาอย่างต่อเนื่องเพื่อนำพลังงานความร้อนจากดวงอาทิตย์ มาใช้ประโยชน์อย่างกว้างขวาง ทั้งในด้านการทำความร้อนและการทำความเย็น แต่ประโยชน์จากการแผ่รังสีความร้อนจากตัววัตถุบนผิวโลก (สู่อวกาศ) ยังไม่มีการศึกษาและนำมาใช้ให้เกิดประโยชน์มากนัก

ในการทำความเย็นให้ต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศ โดยปกติจำเป็นจะต้องอาศัยวัฏจักรทางเทอร์โมไดนามิกส์ สารทำงาน (Working Substance) และอุปกรณ์ที่มีความยุ่งยากซับซ้อนอีกหลายชิ้น ทำให้ระบบทำความเย็นมีราคาแพง มีหลักการทำงานที่ยุ่งยาก และบำรุงรักษายาก

แต่ถ้าใช้ประโยชน์จากการแผ่รังสีความร้อนจากผิวโลก (ต่อไปจะเรียกว่า การแผ่รังสีความร้อนกับท้องฟ้า) เพื่อใช้ในการทำความเย็น ก็สามารถทำความเย็นได้โดยตรง โดยไม่ต้องอาศัยวัฏจักรทางเทอร์โมไดนามิกส์ที่ยุ่งยากซับซ้อนอีกต่อไป และทำให้ระบบทำความเย็นมีราคาถูกลงมาก สำหรับในสภาพอากาศเมืองร้อนอย่างประเทศไทย อุปกรณ์ทำความเย็นที่มีราคาถูก ไม่สิ้นเปลืองพลังงาน มีหลักการทำงานง่าย ๆ ย่อมเป็นอุปกรณ์ที่น่าสนใจพัฒนาขึ้นใช้ต่อไป

Exe11 [2] จากสถาบันเทคโนโลยีแห่งเอเชีย ได้เคยศึกษาถึงการแผ่รังสีความร้อนจากชั้น บรรยากาศของประเทศไทย และได้คำนวณอุณหภูมิท้องฟ้าในประเทศไทย ขณะไม่มีเมฆของจังหวัดในภาคต่างๆ ดังแสดงไว้ในตารางที่ 1

จากข้อมูลของ Exe11 ทำให้สามารถคำนวณหาค่าการแผ่รังสีความร้อนกับท้องฟ้าของ วัตถุดำ ที่มีอุณหภูมิ T ได้ตามสมการที่ 5 (ดูในหัวข้อต่อไป) รูปที่ 1-4 แสดงถึงจำนวนพลังงานที่จะนำมาทำความเย็นได้ เมื่อวัตถุดำมีอุณหภูมิต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศ ตามสภาพอากาศของประเทศไทย ตามตารางที่ 1 จากรูปที่ 1-4 จะเห็นได้ว่า ถ้าอุณหภูมิในการทำความเย็นไม่ต่ำกว่าอุณหภูมิของอากาศมากนัก โอกาสใน

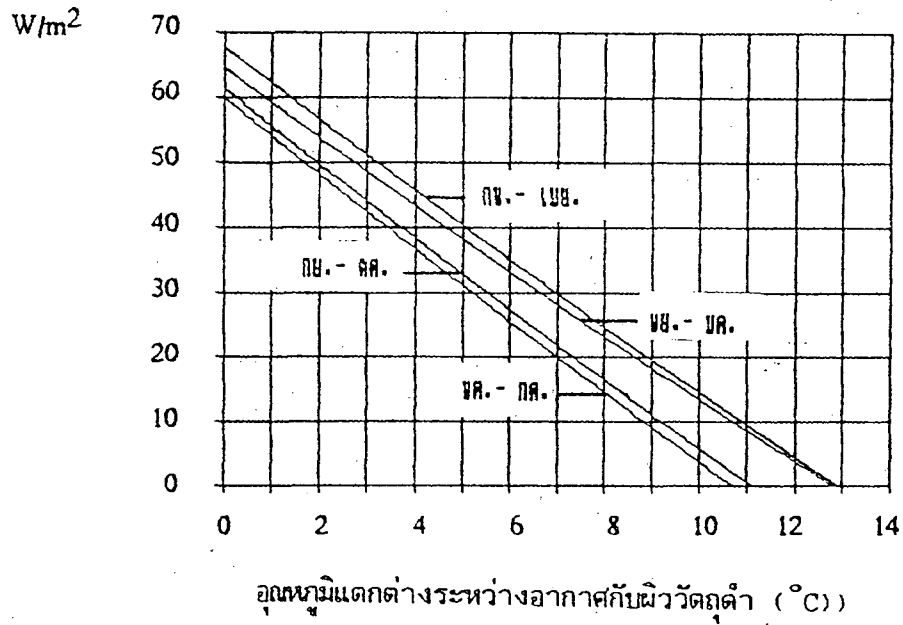
ตารางที่ 1 อุณหภูมิกลางวัน T_u ($^{\circ}\text{C}$) และอุณหภูมิโปร่ง เปรียบเทียบกับอุณหภูมิอากาศ T ($^{\circ}\text{C}$). $\text{Diff} = T - T_u$

	เวียงชัย			สุพรรณบุรี			กรุงเทพฯ			สงขลา			
	T	T_u	Diff	T	T_u	Diff	T	T_u	Diff	T	T_u	Diff	
27 กพ. - 12 เม.ย. (ฤดูใบไม้ผลิ)	กลางวัน	35.8	18.2	17.4	35.5	20.7	14.8	34.2	21.2	12.4	31.8	18.3	13.5
	กลางคืน	18.3	5.4	12.9	22.3	11.2	11.6	24.8	14.2	10.6	24.0	12.5	11.5
29 เม.ย. - 12 มิ.ย. (ฤดูร้อน)	กลางวัน	31.9	18.9	13.0	32.4	19.8	12.8	32.6	20.6	12.0	32.7	20.0	12.7
	กลางคืน	23.4	12.7	10.7	24.4	14.0	10.4	24.8	14.8	10.0	23.8	13.3	10.5
1 ก.ค. - 18 ส.ค. (ฤดูใบไม้ร่วง)	กลางวัน	30.8	17.4	13.4	31.2	18.2	13.0	31.6	19.4	12.2	31.8	19.2	12.6
	กลางคืน	22.3	11.2	11.1	23.4	12.5	10.9	24.2	14.1	10.1	23.5	12.9	10.6
30 ส.ค. - 13 พ.ย. (ฤดูหนาว)	กลางวัน	28.7	13.0	15.7	30.5	14.9	15.6	31.3	17.1	14.2	29.3	16.3	13.0
	กลางคืน	14.3	1.5	12.8	17.5	5.2	12.3	20.6	9.0	11.6	23.8	12.4	11.4

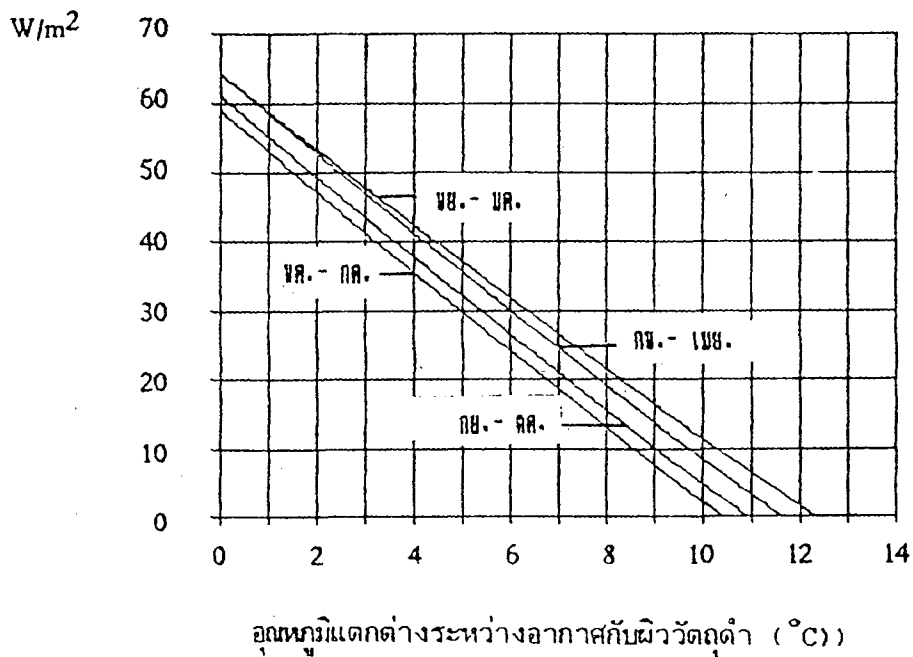
ตารางที่ 2 อุณหภูมิอากาศต่ำสุด เจลีสในในแต่ละเดือน ($^{\circ}\text{C}$) (ข้อมูลจากรายงานสภาพอากาศประจำถิ่น กรมอุตุนิยมวิทยาณห้วงราชบุรี)

	เวียงชัย	สุพรรณบุรี	กรุงเทพฯ	สงขลา
มกราคม	13.2	16.7	20.3	24.1
กุมภาพันธ์	14.1	18.6	22.8	24.1
มีนาคม	17.1	21.6	24.4	24.1
เมษายน	20.7	23.6	24.9	24.1
พฤษภาคม	23.2	24.0	25.1	24.3
มิถุนายน	23.5	24.1	25.0	24.0
กรกฎาคม	23.2	23.7	24.6	23.5
สิงหาคม	23.1	23.7	24.5	23.6
กันยายน	22.5	23.5	24.3	23.4
ตุลาคม	21.4	22.0	24.0	23.5
พฤศจิกายน	18.3	20.1	22.9	23.6
ธันวาคม	14.3	17.2	20.4	23.7

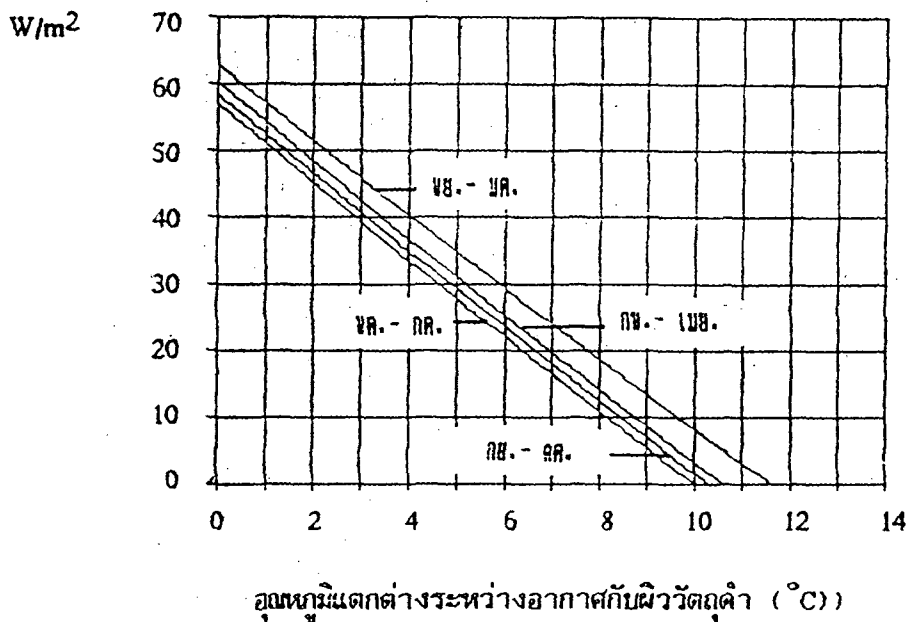
รูปที่ 1 พลังงานความร้อนสุทธิที่วัตถุดำแผ่รังสีออกจากตัวเอง ภายใต้สภาวะของอากาศที่จังหวัดเชียงใหม่ ในเวลากลางคืน



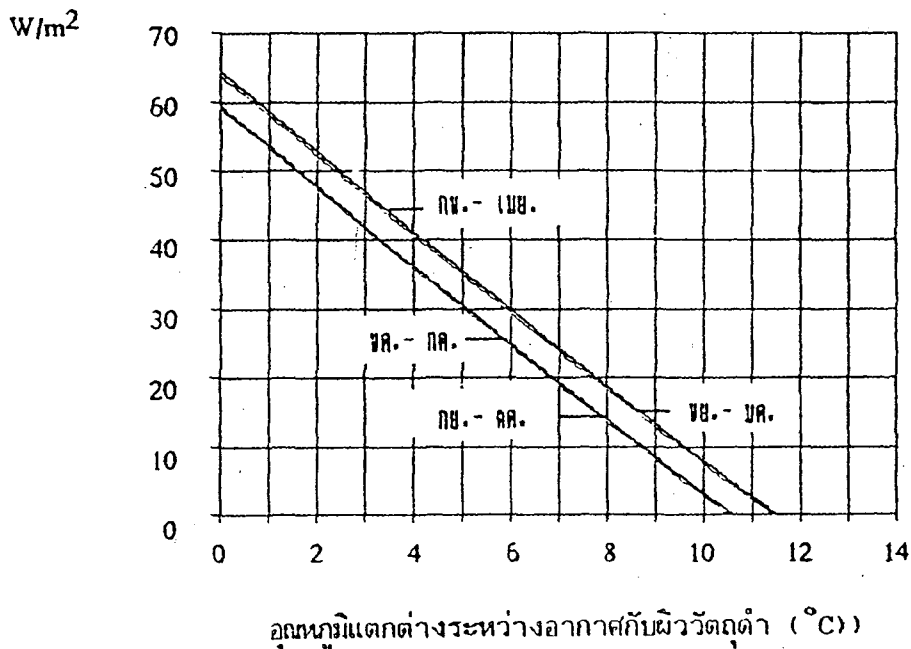
รูปที่ 2 พลังงานความร้อนสุทธิที่วัตถุดำแผ่รังสีออกจากตัวเอง ภายใต้สภาวะของอากาศที่จังหวัดอุบลราชธานี ในเวลากลางคืน



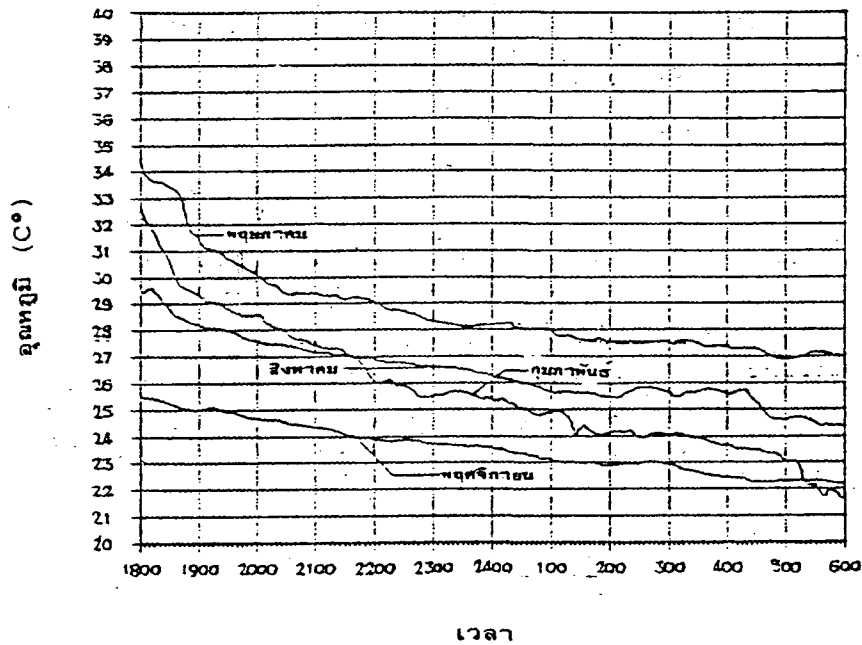
รูปที่ 3 พลังงานความร้อนสุทธิที่วัตถุดำแผ่รังสีออกจากตัวเอง ภายใต้สภาวะของอากาศที่กรุงเทพมหานคร ในเวลากลางคืน



รูปที่ 4 พลังงานความร้อนสุทธิที่วัตถุดำแผ่รังสีออกจากตัวเอง ภายใต้สภาวะของอากาศที่จังหวัดสงขลา ในเวลากลางคืน



รูปที่ 5: อุณหภูมิอากาศในตอนกลางคืนของกรุงเทพฯ
ข้อมูลจากสถานีอุตุนิยม สถานีเทคโนโลยีแห่งเอเชีย จ.ปทุมธานี



การทำความเย็นก็จะเป็นไปได้ และจะทำได้ตลอดทั้งปี รูปที่ 5 แสดงถึงอุณหภูมิอากาศในตอนกลางคืนของกรุงเทพฯ บางวันในแต่ละช่วงฤดูกาล [ข้อมูลจากสถานีอุตุนิยม สถานีเทคโนโลยีแห่งเอเชีย] ตารางที่ 2 แสดงให้เห็นถึงอุณหภูมิอากาศเฉลี่ยต่ำสุดในแต่ละเดือนในภาคต่างๆ ของประเทศไทย

2. ทฤษฎีเบื้องต้น

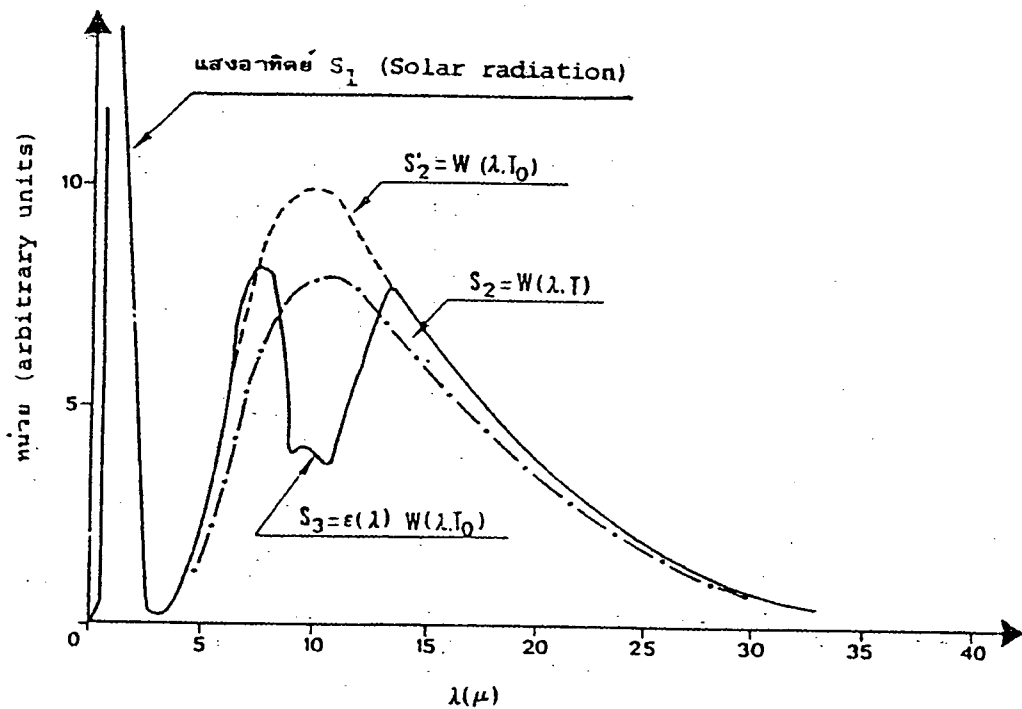
ถ้าเราพิจารณาวัตถุดำที่มีอุณหภูมิ T วางอยู่ในแนวระดับบนพื้นโลกหันหน้าสู่ท้องฟ้า วัตถุดำที่มีอุณหภูมิ T ก็จะแผ่รังสีความร้อนออกจากตัวเองตามกฎของ Stefan - Boltzmann [3] เท่ากับ

$$E_b = \int_0^\infty E_\lambda d\lambda = \sigma T^4 \dots \dots \dots (1)$$

ในขณะเดียวกันวัตถุดำก็จะรับพลังงานความร้อนจากการแผ่รังสีมาจากท้องฟ้า ซึ่งพลังงานจากท้องฟ้าจะประกอบด้วย พลังงาน 2 ส่วน [1] คือ ในย่านความยาวคลื่นของพลังงาน $(\lambda) < 2.5 \mu\text{m}$ (S_λ) เป็นพลังงานจากการแผ่รังสีความร้อนของดวงอาทิตย์ และในย่านความยาวคลื่นของพลังงาน (λ)

> 2.5 μm (S_3) เป็นพลังงานจากการแผ่รังสีความร้อนของชั้นบรรยากาศบนผิวโลกซึ่งมีอุณหภูมิ T_0 (ดูรูปที่ 6, เส้นทึบคือพลังงานการแผ่รังสีจากท้องฟ้า) สำหรับเส้นประ S_2 ในรูปที่ 1 แสดงถึงพลังงานการแผ่รังสีออกจากวัตถุดำที่อุณหภูมิ T เส้นประ S_2 แสดงถึงการแผ่รังสีความร้อนของวัตถุดำที่มีอุณหภูมิเท่ากับอุณหภูมิบรรยากาศคือ T_0

รูปที่ 6 ความเข้มของการดูดซับ และเปล่งรังสี ของวัตถุดำภายใต้สภาวะสมดุลย์ของอุณหภูมิ



จะเห็นว่าพลังงานการแผ่รังสีความร้อนของชั้นบรรยากาศ (S_3) แตกต่างจากวัตถุดำที่มีอุณหภูมิเท่ากัน (S_2) โดยเฉพาะในย่านความยาวคลื่น 8-13 μm จะแผ่รังสีพลังงานต่ำมาก เราเรียกช่วงนี้ว่าหน้าต่างผ่านพลังงาน (Transparency Window) ซึ่งทำให้วัตถุดำบนผิวโลก ซึ่งมีอุณหภูมิต่ำกว่าบรรยากาศ สามารถที่จะแผ่รังสีความร้อนออกจากตัวเองได้ พลังงานความร้อนสุทธิที่วัตถุดำแผ่รังสีออกจากตัวเองได้ เมื่อไม่มีพลังงานจากดวงอาทิตย์ คือ

$$R_b = \int_0^{\infty} S_2 d\lambda - \int_0^{\infty} S_3 d\lambda \dots\dots\dots (2)$$

จาก (1) สมการ (2) สามารถเขียนใหม่ได้ว่า

$$R_b = \sigma T^4 - \bar{\epsilon} \sigma T_0^4 \quad \dots\dots\dots (3)$$

$\bar{\epsilon}$ คือ ค่าการแผ่รังสีของท้องฟ้า (Emissivity of sky)

ถ้ากำหนดให้

$$\bar{\epsilon} = (T_s/T_0)^4 \quad \dots\dots\dots (4)$$

T_s คือ อุณหภูมิของท้องฟ้าเปรียบเทียบ (equivalent sky temperature)

จาก (3) จะได้

$$R_b = \sigma(T^4 - T_s^4) \quad \dots\dots\dots (5)$$

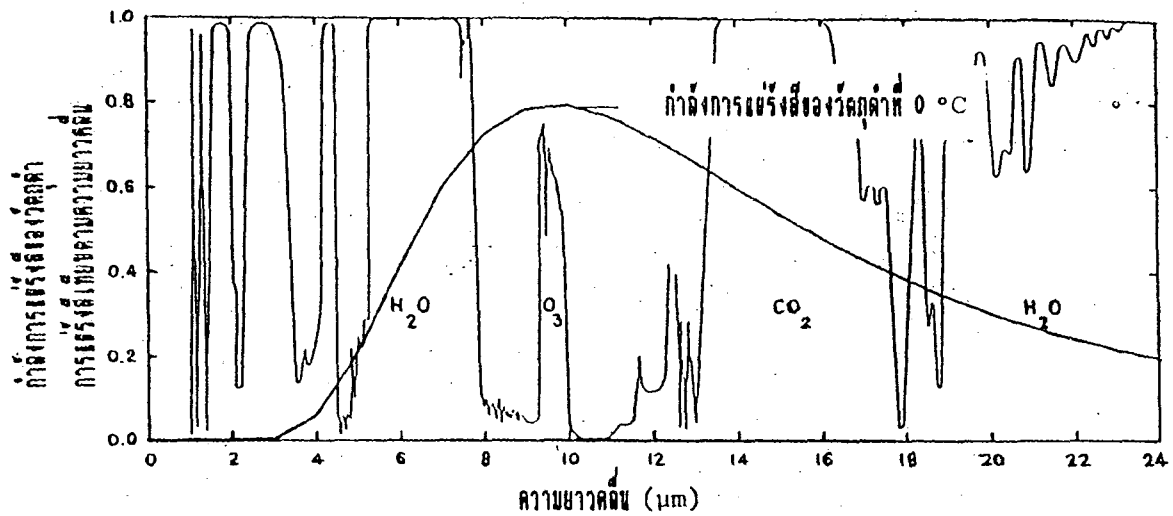
เป็นพลังงานความร้อนสุทธิที่วัตถุดำอุณหภูมิ T สามารถแผ่รังสีความร้อนออกจากตัวเองเมื่อท้องฟ้ามีอุณหภูมิ T_s ค่า R_b นี้สำหรับสภาพอากาศในเมืองไทย และอุณหภูมิท้องฟ้าที่คำนวณโดย Exe11 ได้แสดงไว้ตามในรูปที่ 1-4

สำหรับพื้นผิวที่ไม่ใช่วัตถุดำและมีค่าการแผ่รังสี $= \epsilon$ ค่าการแผ่รังสีความร้อนสุทธิออกจากตัวเองคือ

$$R = \epsilon \sigma (T^4 - T_s^4) \quad \dots\dots\dots (6)$$

การคำนวณอุณหภูมิท้องฟ้า หรือการแผ่รังสีของชั้นบรรยากาศ จะต้องทราบค่าการแผ่รังสีของก๊าซต่างๆ ที่เป็นส่วนผสมของอากาศในชั้นบรรยากาศ ก๊าซที่มีส่วนสำคัญต่อการแผ่รังสีมี 3 ชนิดคือ ไอน้ำ คาร์บอนไดออกไซด์ และโอโซน ค่าการแผ่รังสีของก๊าซทั้ง 3 ชนิดได้แสดงไว้ในรูปที่ 7

รูปที่ 7 ค่าการเปล่งรังสีของบรรยากาศ ที่อุณหภูมิ ๑๐°C และพลังงานการแผ่รังสีความร้อนของ วัตถุดำ ตามกฎของ Plank ที่อุณหภูมิเท่ากัน



จะเห็นได้ว่าค่าการแผ่รังสีของก๊าซทั้ง 3 แตกต่างกันอย่างมากที่ความยาวคลื่นต่างหาก จึงทำให้ยากที่จะวิเคราะห์หาค่าการแผ่รังสีความร้อน จากชั้นบรรยากาศได้โดยตรง [4] จึงได้มีผู้ทดลองและสร้างสมการจากผลการทดลอง (Empirical) เพื่อหาค่าการแผ่รังสีของบรรยากาศไว้มากมาย ยกตัวอย่างเช่น

- 1918 Angstrom

$$\epsilon_0 = 0.25 - 0.32 \times 10^{-0.052e}$$

e = ความดันไอน้ำ (milibars)

- 1963 Swinbank [4]

$$\epsilon_0 = 9.367 \times 10^{-7} T_0^2$$

T₀ = อุณหภูมิบรรยากาศ (K)

- 1969 Sherwood B. Idso and Ray D. Jackson [4]

$$\epsilon_0 = 1 - 0.261 \exp[-7.77 \times 10^{-4} (273 - T_0)^2]$$

- 1987 Melchor Centero V. [5]

$$\epsilon_0 = [5.7723 + 0.9555 (0.6017)^Z] \times T_0^{1.893} \times H^{0.0665} \times 10^{-4}$$

โดย Z = ระดับความสูง (km)

H = ความชื้นสัมพัทธ์ (%)

- 1983 Paul Perdahl and Marlo Martin [6]

$$\epsilon_0 = 0.711 + 0.56 (T_{db}/100) + 0.73 (T_{db}/100)^2$$

T_{db} = อุณหภูมิน้ำค้าง (C)

สมการข้างต้นเหล่านี้ ค่าคงที่ในสมการไม่ขึ้นกับสภาพท้องฟ้าในการวัด จึงสามารถนำไปใช้คำนวณหาค่าการแผ่รังสีของชั้นบรรยากาศ (Sky Emissivity) ได้ในทุกท้องฟ้าที่ขาดแคลนเครื่องมือวัด

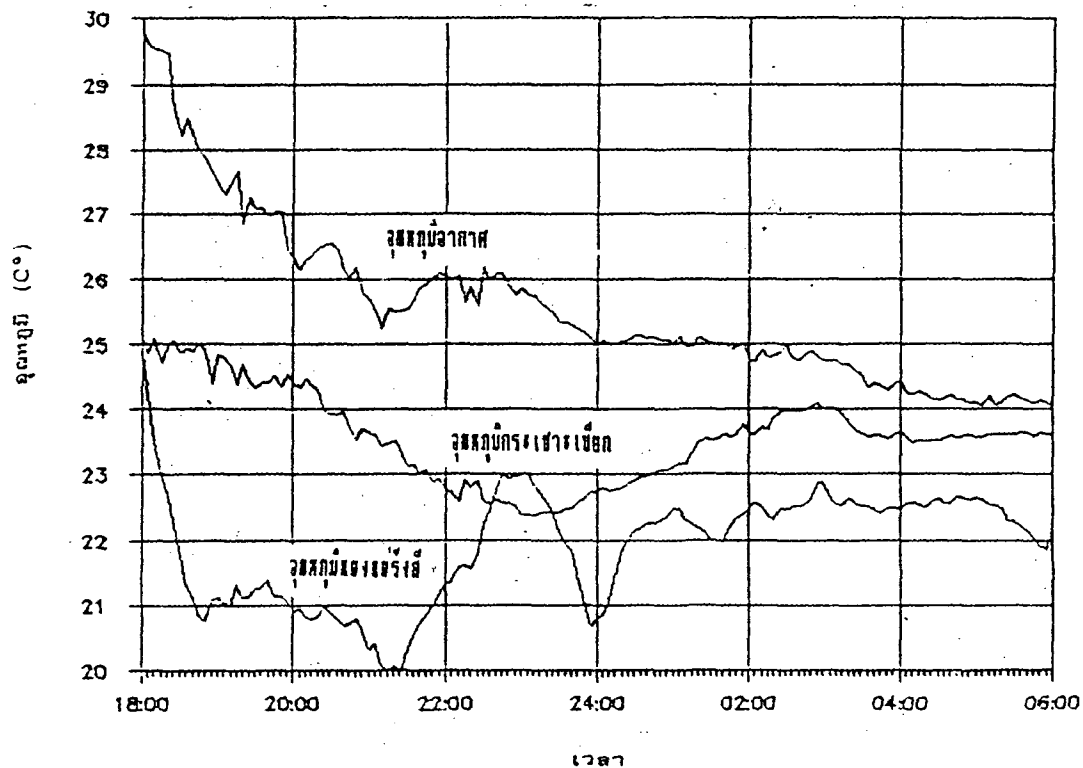
3. การทดลองเบื้องต้น

ได้ทำการทดลองวัดอุณหภูมิของแผงแผ่รังสีความร้อน ที่เป็นโลหะแผ่นเรียบขนาด $30 \times 30 \text{ cm}^2$ หนา 1 mm. ทาสีดำ และสีขาวเงินสะท้อนแสง ด้านบนคลุมด้วยแผ่นพลาสติกโพลีเอทิลีนบาง โดยวางห่างจากแผ่นโลหะประมาณ 2 cm. ด้านข้างและล่างหุ้มด้วยโฟมหนาประมาณ 15 cm. ทดลองในตอนกลางคืน เมื่อวันที่ 20, 21 และ 22 มกราคม 2532 ที่สถาบันเทคโนโลยีแห่งเอเชีย จ.ปทุมธานี ซึ่งผลการทดลองได้แสดงให้เห็นตามในรูปที่ 8, 9 และ 10 ผลของอุณหภูมิที่วัดได้ของแผงที่ทาสีขาวสะท้อนแสง มีลักษณะใกล้เคียงกับที่ทาสีดำ จึงมิได้แสดงผลไว้

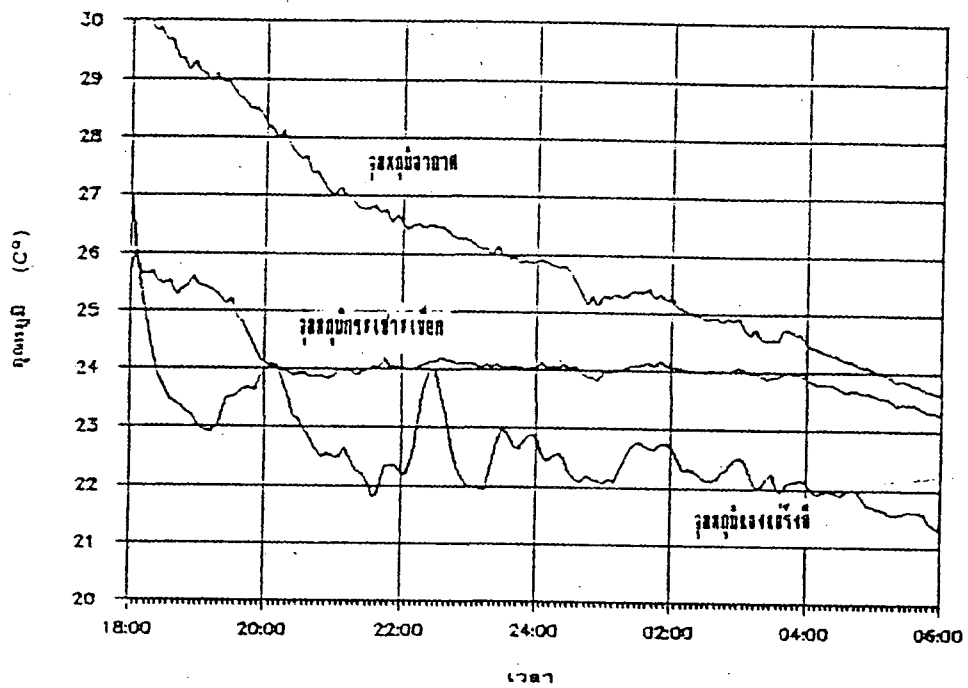
จากผลการทดลองจะเห็นได้ว่า อุณหภูมิแตกต่างของแผ่นโลหะกับอากาศ ในบางช่วงเวลาอาจสูงถึง 7°C และอุณหภูมิของแผ่นโลหะในตอนกลางคืน จะต่ำกว่าอุณหภูมิกอากาศในตอนกลางวันประมาณ 10°C

การทดลองอีกครั้งทำเมื่อคืนวันที่ 18 และ 19 กุมภาพันธ์ 2532 ที่วนอุทยานแห่งชาติภูเรือ จ.เลย ในระดับความสูงจากระดับน้ำทะเล 850 เมตร และ 1365 เมตร โดยใช้อุปกรณ์ทดลองชุดเดียวกัน แต่แผงที่ทาสีขาวได้นำมาทาสีใหม่ สีที่ทาใหม่คือสีขาวทนความร้อน ผลการทดลองตามตารางที่ 3 และ 4 จะเห็นได้ว่า แม้สภาพท้องฟ้ามีเมฆมาก และลมแรงจัด อุณหภูมิแตกต่างระหว่างแผ่นโลหะกับอากาศ ก็ยังมีมากถึง 8°C หรืออุณหภูมิแผงต่ำสุดประมาณ 10°C

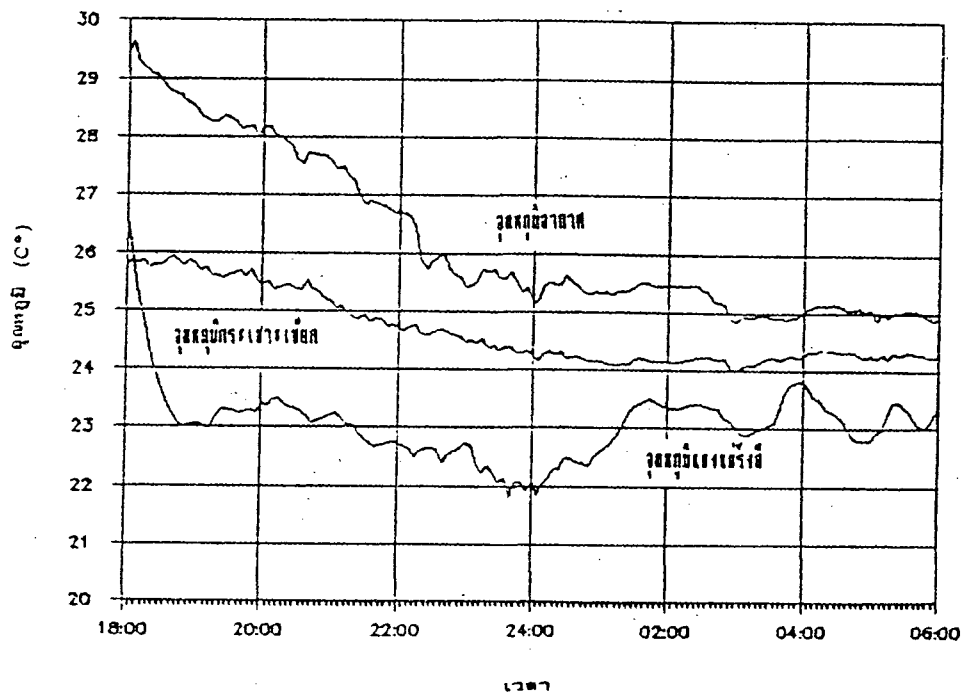
รูปที่ 8: ผลการทดลองที่สถาบันเทคโนโลยีแห่งเอเชีย จ.ปทุมธานี วันที่ 20-21 มกราคม 2532



รูปที่ 9: ผลการทดลองที่สถาบันเทคโนโลยีแห่งเอเชีย จ.ปทุมธานี
วันที่ 21-22 มกราคม 2532



รูปที่ 10: ผลการทดลองที่สถาบันเทคโนโลยีแห่งเอเชีย จ.ปทุมธานี
วันที่ 22-23 มกราคม 2532



ตารางที่ 3: ผลการทดลองที่วณอุทยานแห่งชาติภูเรือ จ.เลย
วันที่ 18-19 กุมภาพันธ์ 2532

เวลา	T1 (สีตัด)	T2 (สีขาว)	Ta (dry)	Tw (wet)	สภาพท้องฟ้า	DT1 (Ta - T1)
18:00	18.5	20.2	23.2	15.0	ท้องฟ้าโปร่ง	4.7
18:30	16.2	18.1	22.1	14.7	"	5.9
19:00	15.3	17.0	21.8	14.3	"	6.5
19:30	14.8	16.4	20.7	14.1	"	5.9
20:00	14.4	16.0	20.7	14.0	"	6.3
20:30	14.1	15.7	20.5	13.5	"	6.4
21:00	13.3	15.1	19.8	13.0	"	6.5
22:00	13.4	14.9	19.4	12.9	"	6.0
23:00	13.2	14.6	19.4	12.9	"	6.2
24:00	13.0	14.4	18.8	13.4	"	5.8
02:00	12.7	14.2	18.2	13.8	"	5.5
04:00	11.9	13.3	18.0	13.5	"	6.1
06:00	12.2	13.5	18.3	13.4	"	6.1
06:30	12.2	13.6	17.9	13.4	"	5.7

วางแผง radiator ทำมุม 10° หันไปทางทิศเหนือ สถานที่ตั้งมีต้นไม้สูงอยู่ด้านข้าง 2-3 ต้น มีฝุ่นจากควันทันไรมาก ท้องฟ้าโปร่ง ลมสงบ การทดลองทำที่บริเวณที่ทำการของวณอุทยานแห่งชาติภูเรือ ในระดับความสูงจากระดับน้ำทะเล 850 เมตร

ตารางที่ 4: ผลการทดลองที่วณอุทยานแห่งชาติภูเรือ จ.เลย
วันที่ 19-20 กุมภาพันธ์ 2532

เวลา	T1 (สีตัด)	T2 (สีขาว)	Ta (dry)	Tw (wet)	สภาพท้องฟ้า	DT1 (Ta - T1)
20:45	12.9	15.3	20.3	13.2	ลมแรง ฟ้าครม	7.4
21:00	12.5	14.7	20.2	13.0	"	7.7
21:30	12.1	14.2	20.0	12.9	"	7.9
22:00	12.0	14.1	20.0	12.9	"	8.0
23:00	11.4	13.6	19.5	12.5	"	8.1
24:00	11.4	13.6	19.8	12.8	"	8.4
02:00	11.7	13.8	19.5	12.7	"	7.8
04:00	11.7	13.7	18.7	12.4	"	7.0
06:00	10.7	12.8	17.5	12.4	เมฆมาก ลมแรงมาก	6.8
06:30	10.6	12.4	17.4	12.4	เมฆหนุง ท้องฟ้า	6.8

วางแผง radiator ในแนวระนาบ อยู่ในที่โล่ง สภาพอากาศท้องฟ้าครม มีฝุ่นละอองจากควันทันไรมาก ลมแรงจัด หลังเที่ยงคืนมีเมฆมาก เป็นเมฆชั้นสูงปกคลุมทั่วท้องฟ้า สถานที่ทดลองบนยอดภูเรือ ความสูงจากระดับน้ำทะเล 1365 เมตร

4. การวิจารณ์ผล

จากหลักการและผลการทดลองเบื้องต้นที่งานชิ้นนี้ชี้ให้เห็นว่า การทำความเย็นโดยการแผ่รังสีกับห้องน้ำ มีความเป็นไปได้สูง และอาจพัฒนาให้ใช้งานจริงได้โดยไม่ยากนัก จากผลการทดลองที่ภูเรือ อุณหภูมิที่สามารถทำได้อยู่ในช่วง 10°C ทั้งที่มีเมฆมาก ลมแรง และมีฝนละอองจากควันไฟมาก ประกอบกับ อุปกรณ์ยังมีได้สร้างขึ้นอย่างถูกต้องสมบูรณ์ตามหลักการทางวิศวกรรมศาสตร์ ในลักษณะเช่นนี้ ถ้ายอมรับได้ว่าอุณหภูมิของน้ำเย็นที่ทำได้ จะอยู่ในระดับอุณหภูมินี้ และหากเก็บน้ำเย็นนี้ไปใช้ในตอนกลางวันในเวลาใกล้เคียง ความเย็นนี้จะสามารถนำไปใช้งานได้ในระดับประมาณ 15°C ซึ่งจะนำไปใช้งานได้หลายอย่าง เช่น ใช้ทำความเย็นสำหรับน้ำดื่ม ทำห้องเย็นที่ใช้ในการเก็บผลิตผลทางการเกษตร ใช้ทำความเย็นช่วงแรก (Precool) ให้กับเครื่องทำความเย็น หรือใช้ทำความเย็นสำหรับอาคารบางประเภท

5. งานที่จะทำต่อไป

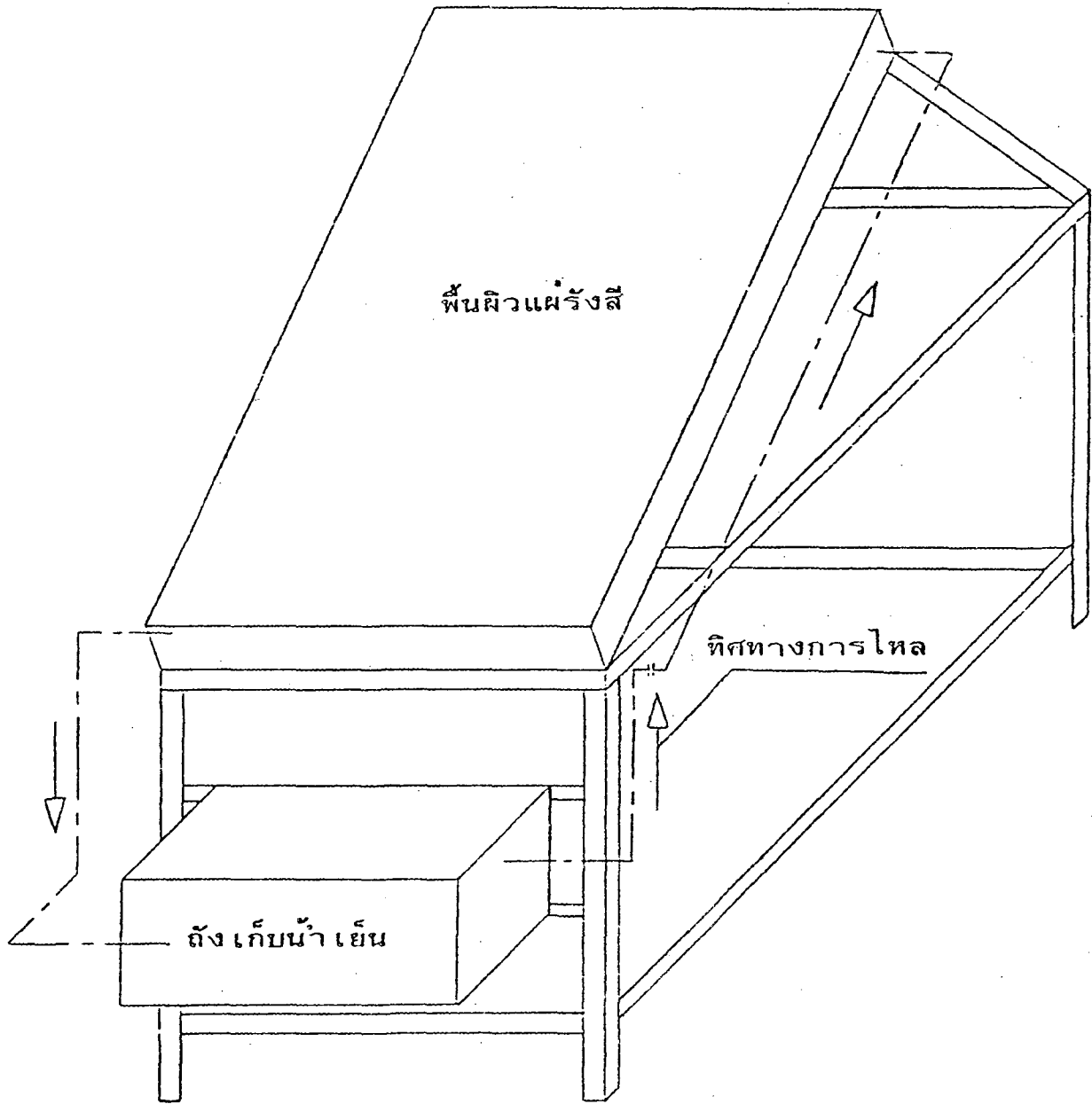
จากผลงานที่ผ่านมา คณะผู้เขียนจะศึกษาเรื่องนี้อย่างจริงจัง โดยการตั้งวัตถุประสงค์ของการวิจัย ดังนี้

1. ศึกษาและทดลองการทำความเย็น โดยวิธีการแผ่รังสีพลังงานความร้อนกับห้องน้ำ
2. สร้างสมการทางคณิตศาสตร์ของอุปกรณ์ทำความเย็นที่ใช้ทดลอง และจำลองการทำงาน (simulation) ด้วยคอมพิวเตอร์

จากวัตถุประสงค์นี้ จะทำการสร้างอุปกรณ์ทดลองดังรูปที่ 11 จำนวน 2 ชุด โดยแผงแผ่รังสีกับห้องน้ำชุดหนึ่งจะทาสีดำ และอีกชุดหนึ่งจะทาสีขาว โดยจะทำการทดลองเพื่อศึกษา

- พลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้
- ประสิทธิภาพของอุปกรณ์ทำน้ำเย็น
- ตัวแปรที่มีผลต่อประสิทธิภาพของการทำความเย็น เช่น มุมเอียงของแผงแผ่รังสีความร้อน อัตราไหลของน้ำผ่านแผงแผ่รังสีความร้อน และชนิดของสารเคลือบผิว ซึ่งในกรณีนี้จะใช้สีดำ ด้านและสีขาวชนิด T_1O_2

รูปที่ 11: ลักษณะของอุปกรณ์ทำความเย็นที่ใช้ในการทดลอง



6. สรุป

จากการทดลองเบื้องต้นและทฤษฎีของการแผ่รังสีสุท้่งฟ้า ทำให้สามารถมั่นใจได้ว่า การทำความเข้าใจด้วยวิธีนี้ ควรจะเป็นจริงได้ทั้งในแง่เทคนิคและแง่เศรษฐศาสตร์ รายละเอียดของการทำวิจัยจะรายงานผลหลังจากการทดลองชุดหลังเรียบร้อยแล้ว ซึ่งจะใช้เวลาประมาณ 1 ปี

7. เอกสารอ้างอิง

1. B. Bartoli, S. Catalanotti, B. Coluzzi, V. Cuomo, V. Silvestrini and G. Troise, Nocturnal and Diurnal Performances of Selective Radiators, Applied Energy 3, 1977, pp.267-286.
2. R.H.B. Exell, Review Paper, The Atmospheric Radiation Climate of Thailand, Solar Energy Vol.21, pp. 73-79.
3. J.D. Holmann, Heat Transfer, Fifth Edition, McGraw-Hill, 1981.
4. Sherwood B. Idso and Ray D. Jackson, Thermal Radiation from the Atmosphere, Journal of Geophysical Research, Vol.74, No.23, October 20, 1969, pp. 5397-5403.
5. Melchor Centeno V, New Formulate for the Equivalent Night Sky Emissivity, Solar Energy Vol. 28, No.6, pp.489-498.
6. Paul Berdahl and Marlo Martin, Technical Note Emissivity of Clear Skies, Solar Energy Vol.32, No.5, pp.663-664

สัญลักษณ์ที่ใช้

T_a = Ambient Temperature

σ = Boltzmann's Constant = $5.669 \times 10^{-8} \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}^4$

$\bar{\epsilon}$ = Emissivity of Sky

ϵ_0 = Emissivity of Clear Sky

T_s = Equivalent Sky Temperature

T = Surface Temperature (K)

R = Radiative Flux (W/m^2)

R_b = Radiative Flux of Black Surface (W/m^2)