



การศึกษาสมรรถนะเชิงความร้อนของปล่องหลังคาโซลาร์เซลล์ระบายอากาศ แบบธรรมชาติด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ในสภาวะอากาศแบบร้อนและชื้น A Study of Thermal Performance of Roof Solar Cells Chimney in Hot and Humid Climate

ปรีดา จันทวงษ์^{1*} จงจิตร หิรัญลาภ² โจเซฟ เคดารี³ พิชัย นามประกาย⁴ วิชาญ วิมานจันทร์¹
จตุพร พรหมดวง⁵ ยงยุทธ์ ประพันธ์⁵ วีรยุทธ ปิตวัฒน์กุล⁵ กิตติพงษ์ เสนแก้ว⁵ วีระยุทธ กะตากุล⁵
วรรณชัย ไทยราช⁵ นรินทร์ ประทาน⁵ วิสิษฐ์ เพ็ชรไม้⁵ สิทธิโชค ไกรยงค์⁵ อนุชา ประทุมวัน⁵
ดิเรก สุพรรณ⁵ และ อภิชาติ เพียรแก้ว⁵

Preeda Chantawong^{1*} Jongjit Hirunlabh² Joseph Khedari³ Pichai Namprakai⁴ Vichan Vimanjan¹
Jatuporn Promdong⁵ Yongyuth Prapan⁵ Veerayut Pitivattanukul⁵ Kittiphong Senkaew⁵ Teerayut Katakul⁵
Wanachai Thairaj⁵ Nirun⁵ Pratan Wisit Pedmai⁵ Sittichok Kraiyong⁵ Anucha Prathumwan⁵
Direk Supan⁵ and Aphichat Phienkaew⁵

บทคัดย่อ

บทความวิจัยนี้ได้ศึกษาเปรียบเทียบทดสอบระหว่าง
ปล่องหลังคาโซลาร์เซลล์ระบายอากาศแบบธรรมชาติ
ด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ (RSCC) กับหลังคาทั่วไป (SRC)
ปล่องหลังคา RSCC มีลักษณะโครงสร้างประกอบด้วย
หลังคาสองชั้นมีขนาดพื้นที่ประมาณ 0.56 ตร.ม. มีช่องว่าง
ประมาณ 0.01 ม. และช่องเปิดด้านล่างอยู่ภายในบ้านมี
ขนาด 0.15x0.70 ตร.ม. และช่องเปิดด้านบนอยู่ภายนอก

มีขนาด 0.10x0.3 ตร.ม. ปล่องหลังคา RSCC ติดตั้งอยู่
ทางด้านทิศใต้ของบ้านจำลองขนาดเล็กที่มีขนาดเท่ากัน
บ้านจำลองมีปริมาตรเท่ากับ 4.05 ลบ.ม. สร้างด้วยผนัง
มวลเบาแบบอบไอน้ำ เพื่อศึกษาเปรียบเทียบสมรรถนะ
ของบ้านระหว่างบ้านที่ติดตั้งปล่องหลังคา RSCC กับ
บ้านที่ติดตั้ง SRC ที่มีผลต่อการลดการสะสมความร้อน
ภายในห้องใต้หลังคาของบ้านจำลอง ผลการศึกษา
ทดลองพบว่า บ้านที่ติดตั้งปล่องหลังคา RSCC

- ¹ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ภาควิชาเทคโนโลยีวิศวกรรมเครื่องต้นกำลัง วิทยาลัยเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
- ² ศาสตราจารย์ สายวิชาเทคโนโลยีพลังงาน คณะพลังงานสิ่งแวดล้อมและวัสดุ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
- ³ ศาสตราจารย์ วิทยาลัยพลังงานและสิ่งแวดล้อมอย่างยั่งยืนรัตนโกสินทร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์
- ⁴ รองศาสตราจารย์ สายวิชาเทคโนโลยีพลังงาน คณะพลังงานสิ่งแวดล้อมและวัสดุ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
- ⁵ นักศึกษา ภาควิชาเทคโนโลยีวิศวกรรมเครื่องต้นกำลัง วิทยาลัยเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
- * Corresponding Author, Tel. 0-2913-2500 ต่อ 6434, E-mail: cpreeda@yahoo.com

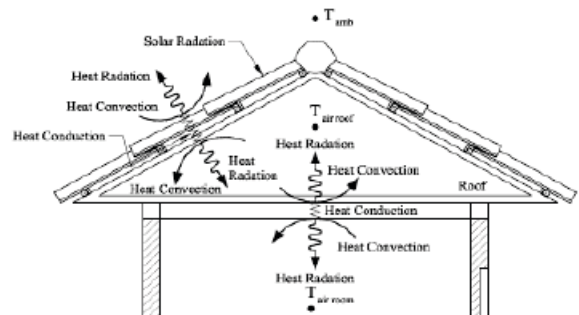
มีอุณหภูมิภายในห้องต่ำกว่าอุณหภูมิของบ้านที่ติดตั้งหลังคาทั่วไป ทำให้อัตราการถ่ายเทความร้อนผ่านหลังคาเข้าสู่บ้านทางด้านทิศใต้จะลดลง จะช่วยระบายอากาศภายในห้องและห้องใต้หลังคา ทำให้มีการไหลเวียนของอากาศภายในบ้านดีขึ้น ปล่องหลังคา RSCC จึงเป็นการเปลี่ยนแปลงส่งเสริมการใช้พลังงานแสงอาทิตย์ ในการอนุรักษ์พลังงานและรักษาสิ่งแวดล้อม

คำสำคัญ: ปล่องหลังคาโซลาร์เซลล์ระบายอากาศ
สภาวะอากาศแบบร้อนชื้นของกรุงเทพมหานคร
การระบายอากาศแบบธรรมชาติ

Abstract

This paper reports the comparison between an experimental Roof Solar Cells Chimney (RSCC) and a Simple Roof Concrete (SRC). The RSCC consisted of double roofs with the area of 0.56 m^2 and 0.01 m^2 air gap. Its two openings size was $0.15 \times 0.70 \text{ m}^2$ and $0.10 \times 0.30 \text{ m}^2$, one of which was located at the bottom (room side) while another one was put at the top (ambient side). The RSCC was installed at the south façade of two model small houses of the same size. Their volume was 4.05 m^3 . Both of them were made of autoclaved aerated concrete. Then the comparison of RSCC and SRC performance for reducing heat gain thermal in the ceilings was made. It was found that the temperature of RSCC room was lower than that of the SRC room. Moreover, the RSCC could reduce heat gained through the south roof considerably and resulted in better ventilation in the house. The study also showed that RSCC can be used to promote alternative energy for conservation of energy and environment.

Keywords: Roof Solar Cells Chimney (RSCC),
Hot and Humid Climate in Bangkok,
Natural Ventilation



รูปที่ 1 การถ่ายเทความร้อนผ่านหลังคาทั่วไป (SRC)
เข้าสู่ภายในบ้านพักอาศัย [7] - [11]

1. บทนำ

หลังคาเป็นส่วนประกอบที่สำคัญของบ้านการออกแบบหลังคาของบ้านที่พักอาศัย ปัจจุบันนี้จะเน้นรูปแบบทันสมัย ความสวยงาม ทำให้มีความรู้สึกที่ดีต่อผู้พบเห็นและบรรยากาศที่น่าอยู่อาศัยรูปทรงของหลังคาบ้านที่สร้างขึ้นโดยทั่วไป ตามหมู่บ้านจัดสรรมีสามแบบ คือแบบแรก เป็นหลังคาทรงจั่วสามเหลี่ยม แบบที่สองเป็นหลังคาทรงปั้นหยา แบบที่สามเป็นหลังคาทรงสี่เหลี่ยมหรือหลังคาโค้ง คุณสมบัติที่ดีของหลังคา คือทำหน้าที่ป้องกันฝน และช่วยป้องกันแสงแดดส่องเข้าสู่ภายในหรือความร้อนโดยตรงจากความเข้มแสงรังสีอาทิตย์ (รังสีคลื่นสั้น) ช่วงเวลากลางวันเข้าสู่ภายในบ้าน ข้อเสียของหลังคาคือไม่สามารถป้องกันรังสีคลื่นยาวที่เกิดจากความเข้มของรังสีอาทิตย์ที่มาตกกระทบบนผิวกระเบื้องหลังคา ทำให้เกิดการสะสมความร้อน และถ่ายเทความร้อนผ่านโครงสร้างหลังคาเข้าสู่ภายในบ้านโดยการนำความร้อนการพาและการแผ่ความร้อนให้กับวัตถุและอากาศเกิดการสะสมความร้อน จึงทำให้อุณหภูมิภายในบ้านสูงกว่าสิ่งแวดล้อม [1] ดังรูปที่ 1

เนื่องจากสภาพภูมิอากาศของประเทศไทยตั้งอยู่ในเขตอากาศร้อนชื้น ซึ่งมีสภาพอากาศร้อนสลับฝนตลอดปี [2] ก่อให้เกิดปัญหาความร้อนที่สะสมในบ้านหรืออาคารสมัยใหม่ ซึ่งเป็นปัญหาสำคัญต่อความรู้สึกสบายของผู้พักอาศัย ดังนั้นการแก้ปัญหาส่วนใหญ่จะใช้เครื่องปรับอากาศทางกล เพื่อลดอุณหภูมิภายในเกิด

ภาวะความสบายทางความร้อน ส่งผลต่อการใช้พลังงานไฟฟ้าที่เพิ่มขึ้นภายในบ้านพักอาศัยหรืออาคาร กล่าวคือ การปรับอากาศร้อยละ 60 แสงสว่างร้อยละ 20 และอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าอื่นๆ ร้อยละ 20 [3] จึงได้มีการศึกษาปัญหาเรื่องการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่ภายในบ้านหรืออาคารที่พักอาศัย เพื่อศึกษาหาวิธีการลดค่าความร้อนที่เข้าสู่ภายในบ้าน และการประหยัดพลังงานจากการใช้เครื่องปรับอากาศกันอย่างแพร่หลายทั้งในและต่างประเทศ ได้มีการทำการศึกษาค้นคว้าของสิกระเบื่องหลังคาที่มีผลต่อการดูดกลืนความร้อนโดย Levinson และคณะ [4] จากโรงสีอาทิตยที่ตักกระทบบนผิวเกิดการสะสมความร้อน และถ่ายเทความร้อนเข้าสู่ภายในบ้าน ผลจากการศึกษาสมบัติทางความร้อน และทดลองพบว่าวัสดุชนิดเดียวกันที่มีสีเข้มจะดูดกลืนรังสีอาทิตยได้มาก จึงทำให้เกิดสะสมความร้อนและถ่ายเทความร้อนเข้าสู่ภายในบ้านมากกว่าสีอ่อน ต่อมาทำการศึกษาเปรียบเทียบวิธีการติดตั้งฉนวนกันความร้อนจากห้องใต้หลังคาโดย Ogoli [5] จากการศึกษาทดลอง พบว่าการติดตั้งฉนวนแบบแบนราบช่วยลดอุณหภูมิภายในบ้าน แต่อุณหภูมิภายในห้องหลังคายังสูงตามปกติ ต่อมา Hendron และคณะ [6] ได้มีการศึกษาหลังคาระบายอากาศห้องใต้หลังคา เพื่อลดอุณหภูมิอากาศภายในห้องใต้หลังคาของบ้านโดยใช้ลูกหมุนระบายความร้อนออกจากห้องหลังคา ต่อมาได้มีการศึกษาทดลองสร้างหลังคาระบายอากาศด้วยธรรมชาติ โดย Khedari และคณะ [7]-[9] หลังคาที่มีลักษณะเป็นหลังคา 2 ชั้นประกอบด้วย หลังคาด้านบน ช่องว่างอากาศ และแผ่นปิดด้านล่าง โดยหลังคาด้านบนจะใช้วัสดุ 3 ชนิด คือกระเบื้องซีแพคโมเนีย (CPAC Monier) แผ่นกระเบื้องลอนคู่ แอสเบสทอส (Asbestos Undulationg Sheet) และสังกะสี (Small Undulationg Zinc Sheet) ส่วนแผ่นปิดด้านล่างใช้วัสดุ 2 ชนิด คือ แผ่นยิบซัม (Gypsum Board) และไม้ (Plywood) โดยบางแผ่นจะติดตั้งลูมิเนียมฟอยล์ที่ด้านสัมผัสกับช่องว่างอากาศ จากการศึกษาทดลองพบว่า วัสดุที่เหมาะสมสำหรับหลังคาที่ใช้เป็นตัวรับรังสีอาทิตยประกอบด้วยหลังคาด้านบนเป็นกระเบื้องซีแพค



รูปที่ 2 บ้านที่ติดตั้งหลังคาทั่วไป (Home 1: SRC)



รูปที่ 3 บ้านจำลองที่ติดตั้งปล่องหลังคาโซลาร์เซลล์ระบายอากาศ (Home 2: RSCC)

โมเนีย สีเข้มส่วนแผ่นปิดด้านล่างเป็นแผ่นยิบซัม

สำหรับงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาเปรียบเทียบสมรรถนะการป้องกันความร้อนเข้าสู่ภายในบ้านจำลองระหว่างบ้านที่ติดตั้งปล่องหลังคาโซลาร์เซลล์ระบายอากาศแบบธรรมชาติด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ (Roof Solar Cells Chimneys: RSCC) และบ้านที่ติดตั้งหลังคาทั่วไป (Simple Roof Concrete: SRC) ที่มีผลต่อการลดการสะสมความร้อนภายในบ้านพักอาศัย และได้ทำการศึกษาวิจัยพัฒนาต่อเนื่องจากงานวิจัยของ Khedari และคณะ [7]-[9] วิชาญ และปรีดา [10], [11] และ Chungloo และคณะ [12] จะทำการทดสอบที่บ้านจำลองทั้งสองหลัง มีขนาดเท่ากันและปริมาตรเท่ากับ 4.05 ลบ.ม. (รูปที่ 2 และรูปที่ 3) โดยทำการศึกษาค้นคว้าได้สภาวะอากาศปกติสองกรณีคือ กรณี

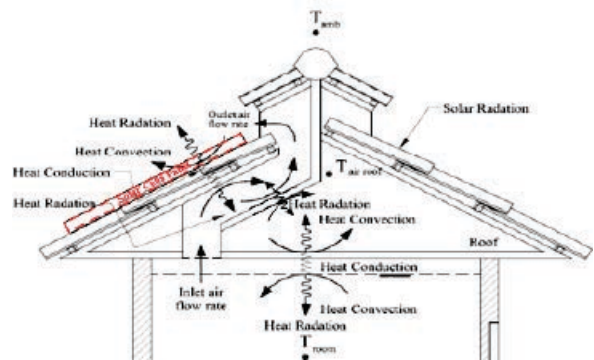
แรก โดยปิดเครื่องปรับอากาศ จากผลทดลองภายในวันที่ 27 สิงหาคม 2553 เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิต่างๆ ของบ้านจำลองทั้งสองหลังที่ติดตั้งปล่องหลังคา RSCC และหลังคาทั่วไป (SRC) เฉพาะด้านทิศใต้ เช่น อุณหภูมิบนปล่องหลังคา RSCC อุณหภูมิอากาศภายในปล่องหลังคา RSCC อุณหภูมิบนหลังคาทั่วไป อุณหภูมิอากาศภายในห้องใต้หลังคาและภายในบ้าน อุณหภูมิสิ่งแวดล้อม ความร้อนไหลผ่านหลังคา ความเร็วลมภายใน ภายในนอกของบ้านทดสอบทั้งสองหลัง ความเร็วลมของปล่องหลังคา RSCC และความเข้มแสงของรังสีอาทิตย์ กรณีที่สองทดสอบโดยเปิดเครื่องปรับอากาศ (เครื่องปรับอากาศแบบส่วนขนาด 12,638 บีทียูต่อชั่วโมง) จากผลทดลองภายในวันที่ 30 สิงหาคม 2553 เพื่อศึกษาเปรียบเทียบปริมาณการใช้ไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศจากบ้านทดสอบทั้งสองหลัง

1.1 การถ่ายเทความร้อนผ่านหลังคาทั่วไป (SRC)

การถ่ายเทความร้อนภายในบ้านพักอาศัย ในช่วงเวลากลางวันดวงอาทิตย์จะแผ่รังสีอาทิตย์มาตกกระทบบนผิวหลังคาบ้าน และสะท้อนรังสีอาทิตย์บางส่วนถูกดูดกลืนโดยหลังคาอีกทั้งยังแผ่เข้าสู่ตัวบ้าน ช่วงเวลากลางวันอุณหภูมิที่ผิวหลังคาสูงกว่าอุณหภูมิภายนอกและภายในบ้าน ดังนั้นจึงเกิดการพาความร้อนที่ผิวหลังคาไปสู่อากาศภายนอกและความร้อนที่สะสมที่ตัวหลังคาจะเกิดการนำความร้อนในเนื้อวัสดุที่ใช้ทำหลังคาทำให้ความร้อนเคลื่อนที่จากผิวหลังคาด้านนอกสู่ผิวด้านใน และเกิดการพาความร้อนระหว่างอากาศใต้หลังคา กับผิวหลังคาด้านใน ทำให้อากาศบริเวณนี้ร้อนขึ้นสิ่งที่เกิดต่อมาคือการพาความร้อนระหว่างอากาศใต้หลังคาและเพดาน เกิดการนำความร้อนขึ้นภายในเนื้อวัสดุที่ใช้ทำฝ้าเพดานทำให้ความร้อนเคลื่อนตัวสู่เพดานด้านใน จากเพดานจะเกิดการพาความร้อนระหว่างอากาศภายในบ้านกับเพดานเป็นผลให้อุณหภูมิภายในบ้านสูงขึ้น (ดังรูปที่ 1)

1.2 การถ่ายเทความร้อนผ่านปล่องหลังคา RSCC

การระบายอากาศแบบธรรมชาติของปล่องหลังคา



รูปที่ 4 การถ่ายเทความร้อนผ่านหลังคาของบ้านจำลองที่ติดตั้งปล่องหลังคา RSCC [7]-[10]

RSCC [7]-[10] มีหลักการดังนี้ เมื่อรังสีอาทิตย์ตกกระทบบนแผงโซลาร์เซลล์ของหลังคาชั้นบนทำให้เกิดการสะสมความร้อนที่ผิวและถ่ายเทความร้อนผ่านความหนาหลังคาชั้นบน เข้าสู่ภายในช่องว่างอากาศระหว่างหลังคา ทำให้อุณหภูมิภายในช่องว่างอากาศของหลังคาสองชั้นสูงกว่าอุณหภูมิอากาศภายในบ้าน เกิดการเหนี่ยวนำของอากาศภายในช่องว่างหลังคาสองชั้นก่อให้เกิดการระบายอากาศแบบธรรมชาติภายในบ้าน [7]-[10] ช่วยระบายอากาศจากภายในบ้าน และห้องใต้หลังคาออกสู่สิ่งแวดล้อม ทำให้อุณหภูมิของอากาศภายในห้องใต้หลังคาและอุณหภูมิอากาศบ้านลดลง ทำให้เกิดการไหลเวียนของอากาศภายในบ้านดีขึ้น (ดังแสดงในรูปที่ 4)

2. อุปกรณ์ และวิธีการทดลอง

บ้านจำลองสร้าง ณ บริเวณชั้นดาดฟ้าอาคาร 63 วิทยาลัยเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ กรุงเทพมหานคร การศึกษาเปรียบเทียบสมรรถนะการป้องกันความร้อนเข้าสู่ภายในบ้านจำลองเฉพาะบนหลังคาของบ้านจำลองด้านทิศใต้ระหว่างบ้านจำลองที่ติดตั้งปล่องหลังคา RSCC และบ้านที่ติดตั้งหลังคาทั่วไป (SRC) บ้านจำลองทั้งสองหลังมีขนาดเท่ากัน และมีปริมาตรเท่ากับ 4.05 ลบ.ม. [10], [11] ทดสอบภายใต้สภาวะอากาศปกติ ปล่องหลังคา RSCC มีขนาดความยาว 1.0 ม. ความกว้าง 0.70 ม.

โดยลักษณะโครงสร้างประกอบด้วยหลังคาชั้นนอกเป็นแผงโซลาร์เซลล์ร่วมกับกระเบื้อง CPAC Monier สีแดง มีความหนาประมาณ 0.015 ม. หลังคาชั้นในเป็นแผ่นคอนกรีตมวลเบาแบบบอบไอน้ำมีความหนาประมาณ 0.07 ม. ปล่องหลังคามีช่องว่างประมาณ 0.01 ม. และช่องเปิดด้านล่างอยู่ภายในบ้านมีขนาด 0.15x0.70 ตร.ม. และช่องเปิดด้านบนอยู่ภายนอกมีขนาด 0.10x0.3 ตร.ม. และหลังคาทั่วไป (SRC) มีโครงสร้างเป็นกระเบื้อง CPAC Monier สีแดงบุด้วยแผ่นอลูมิเนียมฟอยด์สะท้อนความร้อน ฝ้าเพดานเป็นยิปซัมมีความหนา 10 มม. โดยทำการศึกษาทดสอบปล่องหลังคา RSCC และหลังคาทั่วไป (SRC) ติดตั้งอยู่บนหลังคาเฉพาะทางด้านทิศใต้ของบ้านจำลอง ทามุมเอียง 30 องศาบ้านสำหรับทดสอบมีโครงสร้างประกอบด้วยผนังมวลเบาฉาบปูนด้านนอกทั้ง 4 ด้าน และทาสีภายนอกด้วยสีขาว มีขนาดพื้นที่ของผนังแต่ละด้านเท่ากับ 1.5 ม. x 1.8 ม. ความหนา 0.10 ม. มีประตูพลาสติก PVC ขนาด 1.5 ม. x 0.75 ม. หนา 0.035 ม. ติดตั้งอยู่ทางด้านทิศตะวันออก และหน้าต่างเป็นกระจกใส ขนาด 0.5 ม. x 0.8 ม. หนา 0.006 ม. ติดตั้งอยู่ทางด้านทิศตะวันตก และทำการติดตั้งจุดวัดค่าอุณหภูมิโดยใช้สายเทอร์โมคัปเปิลชนิด K (ค่าความคลาดเคลื่อนร้อยละ ± 0.5)

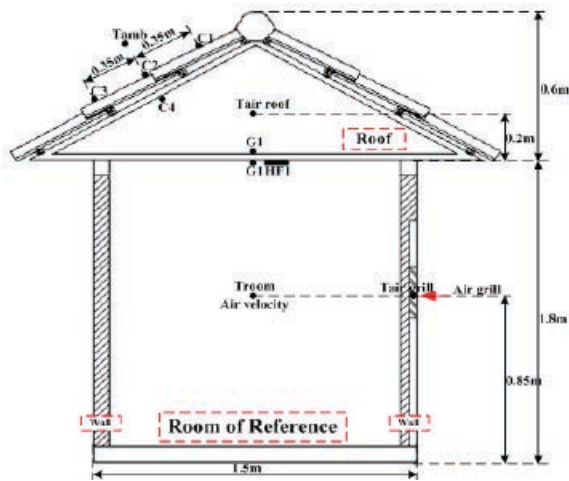
วัดอุณหภูมิตามจุดต่างๆ ของบ้านจำลองที่ติดตั้งหลังคาทั่วไป การติดตั้งจุดวัดค่าอุณหภูมิตั้งที่หลังคา ด้านทิศใต้ บ้านจำนวน 4 จุด (C1, C2, C3, C4) และฝ้าเพดานเป็นยิปซัมจำนวน 2 จุด (G1, G2) อุณหภูมิอากาศภายในบ้าน และภายในห้องใต้หลังคาจำนวน 2 จุด (Troom, Tair roof) อุณหภูมิอากาศตรงบานเกล็ดของประตูบ้าน จำนวน 1 จุด (Tair Grill) และบ้านจำลองที่ติดตั้งปล่องหลังคา RSCC ทำการติดตั้งจุดวัดค่าอุณหภูมิตั้งที่บนหลังคาชั้นนอกทั้งภายใน และภายนอกอุณหภูมิอากาศภายในช่องว่างอากาศ หลังคาชั้นในทั้งภายใน และภายนอกจำนวน 9 จุด (C1, C2, C3, C4, f1, f2, f3, AC1, AC2) และฝ้าเพดานเป็นยิปซัม จำนวน 2 จุด (G1, G2) อุณหภูมิอากาศภายในบ้านและภายในห้อง

ใต้หลังคา จำนวน 2 จุด (Troom, Tair roof) อุณหภูมิอากาศที่บานเกล็ดของประตูบ้าน จำนวน 1 จุด (Tair grill) อุณหภูมิสิ่งแวดล้อม จำนวน 1 จุด (Tamb) วัดค่าความร้อนไหลผ่านหลังคาด้านทิศใต้ของบ้านจำลองทั้งสองหลัง โดยใช้ Heat Flux ยี่ห้อ EKO Heat Flow Meter รุ่น MF-180 ช่วงการวัดประมาณ -30°C ถึง 120°C (ค่าความคลาดเคลื่อนร้อยละ ± 2) จำนวน 1 จุด และค่าความเข้มแสงของรังสีอาทิตย์ วัดโดยไพราโนมิเตอร์ ยี่ห้อ EKO pyranometer รุ่น MS - 601 (ช่วงการวัด 1 ถึง 1400 W/m^2 ค่าความคลาดเคลื่อนร้อยละ ± 5) ค่าอุณหภูมิ ค่าความร้อนไหลผ่านผนังและความเข้มแสงของรังสีอาทิตย์จะถูกบันทึกในเครื่องบันทึกข้อมูล (Data Recorder) ยี่ห้อ Hioki รุ่น 8422-51 (ค่าความคลาดเคลื่อนร้อยละ ± 0.8) วัดความเร็วลมของปล่องหลังคา RSCC ความเร็วลมภายในและภายนอกบ้าน จำนวน 3 จุด โดยใช้เครื่องวัด Hot Wire Anemometer (รุ่น Testo 454 ช่วงการวัด 0 ถึง 50 m/s ความคลาดเคลื่อนร้อยละ ± 5) ทำการเก็บข้อมูลอุณหภูมิของหลังคา อุณหภูมิอากาศภายในปล่องหลังคา RSCC อุณหภูมิอากาศภายในห้องใต้หลังคาและภายในบ้าน อุณหภูมิอากาศตรงบานเกล็ดของประตูบ้าน และอุณหภูมิสิ่งแวดล้อม ความเร็วลมของปล่องหลังคา RSCC ความเร็วลมภายในและภายนอกบ้าน ความร้อนผ่านหลังคาด้านทิศใต้ของบ้านจำลองทั้งสองหลัง และความเข้มแสงของรังสีอาทิตย์ วัดปริมาณการใช้ไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศ (กรณีเปิดเครื่องปรับอากาศ) ทำการติดตั้งเครื่องมือวัดดังแสดงในรูปที่ 5 – 6 ทำการเก็บบันทึกข้อมูลทุก 10 นาที ตลอด 24 ชั่วโมง

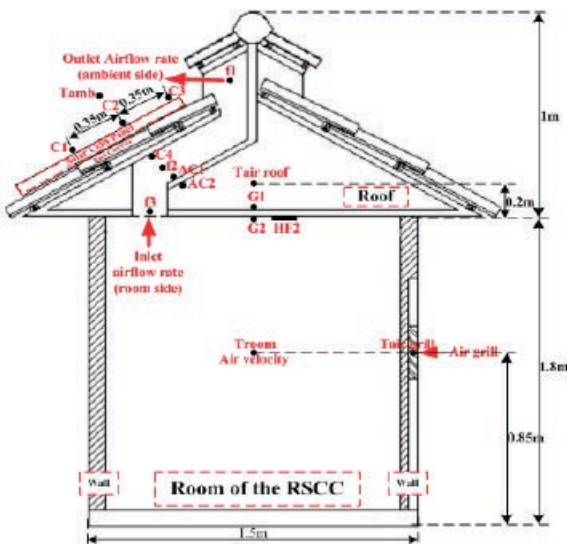
3. ผลการทดลอง

ผลการเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศภายในห้องของบ้านจำลองระหว่างบ้านที่ติดตั้งหลังคาทั่วไป (SRC) กับบ้านจำลองที่ติดตั้งปล่องหลังคาโซลาร์เซลล์ (RSCC) และการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิสิ่งแวดล้อม (Tamb) และความเข้มของรังสีอาทิตย์ (Solar Radiation)

ผลการทดสอบบ้านจำลองทั้งสองหลัง จากช่วงเวลากลางวัน พบว่าอุณหภูมิสิ่งแวดล้อมและค่าความ

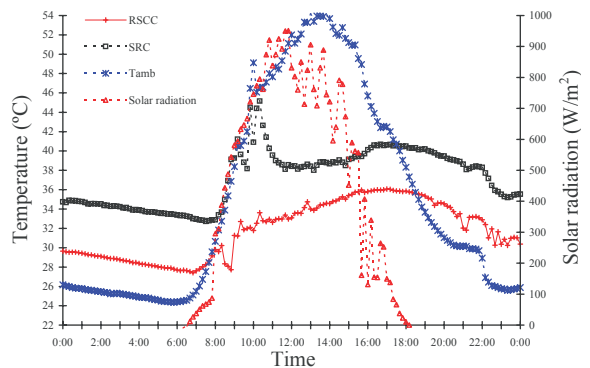


รูปที่ 5 การติดตั้งเครื่องมือวัดของบ้านที่ติดตั้งหลังคาทั่วไป (SRC)



รูปที่ 6 การติดตั้งเครื่องมือวัดของบ้านที่ติดตั้งปล่องหลังคา RSCC [10], [11]

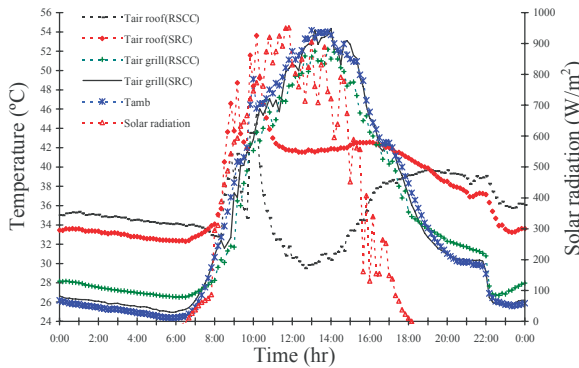
เข้มของรังสีอาทิตย์เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง จากช่วงเวลา 7:30 -11:30 น. และลดลงในช่วงเวลา 12:00 -18:00 น. เนื่องจากมีฝนตกอย่างต่อเนื่องภายในบริเวณที่ทำการทดสอบ ค่าความเข้มของรังสีอาทิตย์ลดลง (ดังรูปที่ 7) และอุณหภูมิสิ่งแวดล้อมสูงขึ้น เกิดจากการคายตัวหรือ



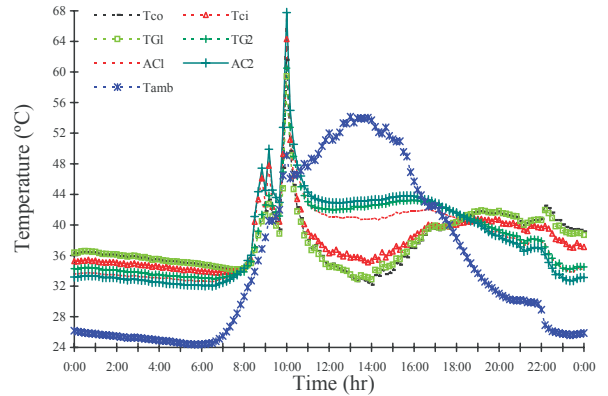
รูปที่ 7 การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิอากาศภายในห้องของบ้านจำลอง อุณหภูมิสิ่งแวดล้อม และความเข้มแสงของรังสีอาทิตย์

ความร้อนที่สะสมของวัตถุ ส่งผลให้อุณหภูมิสิ่งแวดล้อมสูงขึ้น และลดลงตามลำดับตลอดเวลา 24 ชั่วโมง จะมีค่าการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิสิ่งแวดล้อมประมาณ 24-54°C และมีค่าความเข้มแสงรังสีอาทิตย์ประมาณ 960 W/m² และอุณหภูมิอากาศภายในบ้านที่ติดตั้งปล่องหลังคา RSCC ต่ำกว่า บ้านจำลองที่ติดตั้งหลังคาทั่วไปประมาณ 5°C-12°C เนื่องจากบ้านที่ติดตั้งหลังคาทั่วไปจะเกิดการสะสมความร้อนภายในห้องใต้หลังคา ทำให้อุณหภูมิภายในห้องของบ้านสูง และบ้านจำลองทั้งสองหลังจะมีอุณหภูมิภายในห้องต่ำกว่าอุณหภูมิสิ่งแวดล้อมในช่วงเวลากลางวัน

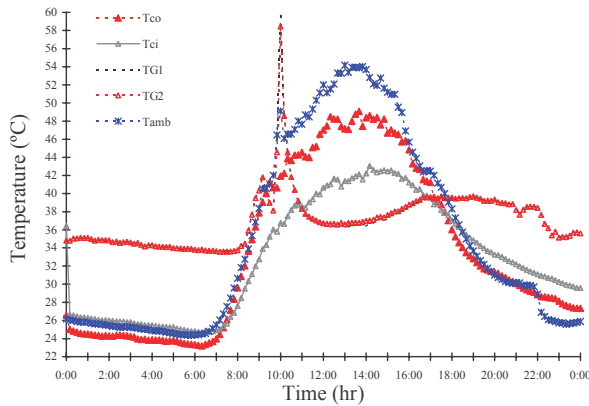
การเปลี่ยนแปลงรายชั่วโมงของอุณหภูมิของบ้านจำลองทั้งสองหลังระหว่างบ้านที่ติดตั้งหลังคาทั่วไป (SRC: Home 1) ประกอบด้วย อุณหภูมิของภายในห้องใต้หลังคา (Tair roof: SRC) และอุณหภูมิอากาศตรงบานเกล็ดของประตูบ้าน (Tair grill: SRC) อุณหภูมิเฉลี่ยบนหลังคาด้านบนและด้านล่าง (Tco, Tci) อุณหภูมิบนฝ้าเพดานด้านบนและด้านล่าง (TG1, TG2) และอุณหภูมิของบ้านจำลองที่ติดตั้งปล่องหลังคาโซลาร์เซลล์ (RSCC: Home 2) ประกอบด้วย อุณหภูมิอากาศภายในห้องใต้หลังคา (Tair roof: RSCC) อุณหภูมิอากาศตรงบานเกล็ดของประตูบ้าน (Tair grill: RSCC) และอุณหภูมิภายในบ้านจำลองที่ติดตั้งปล่องหลังคา RSCC



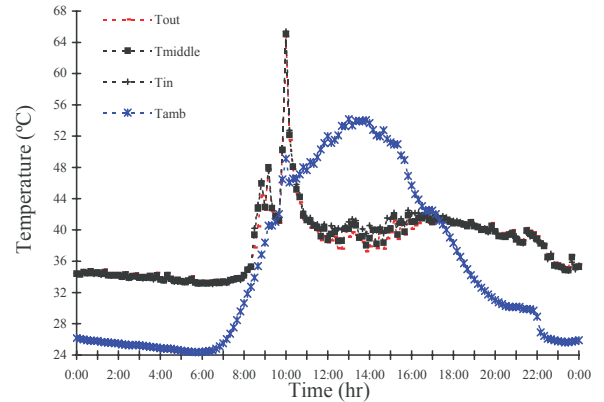
รูปที่ 8 การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิอากาศภายใน
ของบ้านจำลองที่ติดตั้งหลังคา SRC กับบ้าน
จำลองที่ติดตั้งปล่องหลังคา RSCC



รูปที่ 10 การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิภายในบ้านที่ติด
ตั้งปล่องหลังคา RSCC



รูปที่ 9 การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิภายในของบ้าน
ที่ติดตั้งหลังคา SRC



รูปที่ 11 การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศภายในปล่อง
หลังคา RSCC

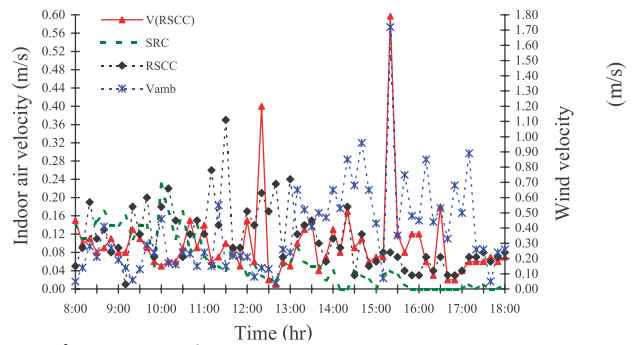
อุณหภูมิบนหลังคาชั้นนอกทั้งภายในและภายนอก (Tco, Tci) อุณหภูมิหลังคาชั้นในทั้งด้านบนและด้านล่าง (ACI, AC2) อุณหภูมิอากาศภายในช่องว่างอากาศ (Tin, Tmiddle, Tout) อุณหภูมิบนฝ้าเพดานด้านบน และด้านล่าง (TG1, TG2) และอุณหภูมิสิ่งแวดล้อม (Tamb)

ผลการทดลองจากรูปที่ 8 – 11 พบว่าบ้านที่ติดตั้งหลังคาทั่วไป มีอุณหภูมิเฉลี่ยบนหลังคาด้านในประมาณ 60°C สูงกว่าหลังคาด้านนอกประมาณ 1-18°C และบ้านจำลองที่ติดตั้งปล่องหลังคา RSCC จะมีอุณหภูมิเฉลี่ยบนหลังคาด้านในและด้านนอก 68°C และสูงกว่าหลังคาทั่วไป SRC ประมาณ 1-8°C ช่วงเวลา 6:30-18:30 น.

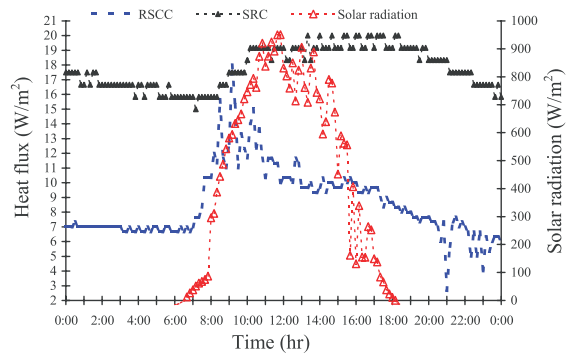
เนื่องจากหลังคาชั้นนอกของปล่องหลังคา RSCC เป็นแผงโซลาร์เซลล์มีสีดำนจะสามารถดูดกลืนความเข้มแสงของรังสีอาทิตย์ได้มากกว่าหลังคาทั่วไปที่เป็นกระเบื้อง CPAC Monier สีแดง จึงทำให้มีค่าอุณหภูมิสูงกว่าและอุณหภูมิปล่อง RSCC และอากาศภายในปล่องหลังคา RSCC จะมีค่าสูงกว่าอุณหภูมิสิ่งแวดล้อมประมาณ 1 - 26°C ช่วงเวลา 9:30 น. ผลการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศภายในปล่องหลังคา RSCC จากช่วงเวลา 10:00-17:30 น. จะพบว่าอุณหภูมิอากาศภายในปล่องหลังคา RSCC ต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศสิ่งแวดล้อม และส่งผลทำให้อุณหภูมิอากาศภายในบ้านที่ติดตั้งปล่อง

หลังคา RSCC ต่ำกว่าบ้านจำลองที่ติดตั้งหลังคาทั่วไป SRC เนื่องจากหลังคาทั่วไป SRC เกิดการสะสมความร้อนภายในห้องใต้หลังคา และความร้อนภายในห้องของบ้านสูงขึ้น ซึ่งไม่สามารถระบายอากาศออกสู่ภายนอกได้อีกทั้งอุณหภูมิอากาศภายในช่องว่างปล่องหลังคา RSCC มีค่าใกล้เคียงกับอุณหภูมิอากาศภายในห้องและต่ำกว่า อุณหภูมิอากาศสิ่งแวดล้อมในช่วงเวลากลางวัน (ดังแสดงรูปที่ 7) และความเร็วลมภายในของบ้านจำลองทั้งสองหลัง จากช่วงเวลา 8:00-18:00 น. พบว่าห้องของบ้านจำลองที่ติดตั้งหลังคาทั่วไปมีความเร็วลมภายในบ้านประมาณ 0.02-0.24 m/s ต่ำกว่าห้องของบ้านจำลองที่ติดตั้งปล่องหลังคา RSCC ซึ่งจะมีความเร็วลมภายในห้องประมาณ 0.02-0.38 m/s และปล่องหลังคา RSCC มีการระบายอากาศที่ทางออกประมาณ 0.01-0.60 m/s ความเร็วลมภายนอกประมาณ 0.8-1.8 m/s (รูปที่ 12) ซึ่งจะแสดงให้เห็นได้ว่าปล่องหลังคา RSCC สามารถระบายอากาศได้ทำให้เกิดการไหลเวียนของอากาศภายในห้องของบ้านทดสอบ ซึ่งจะแสดงให้เห็นถึงสมรรถนะของการระบายอากาศแบบธรรมชาติด้วยระบบ RSCC ทำให้เกิดการไหลเวียนของอากาศภายในห้องได้ดีกว่าบ้านที่ติดตั้งหลังคาทั่วไป

ผลเปรียบเทียบค่าการถ่ายเทความร้อนผ่านหลังคาของบ้านจำลองที่ติดตั้งหลังคาทั่วไป SRC และบ้านจำลองติดตั้งปล่องหลังคา RSCC จากการทดสอบตลอด 24 ชั่วโมง (รูปที่ 13) พบว่าบ้านจำลองที่ติดตั้งหลังคาทั่วไป SRC มีค่าการนำความร้อนผ่านหลังคาสูงกว่าบ้านจำลองที่ติดตั้งปล่องหลังคา RSCC ซึ่งแสดงให้เห็นว่าปล่องหลังคา RSCC สามารถลดความร้อนผ่านหลังคาเข้าสู่ตัวบ้านได้ดีกว่าหลังคาทั่วไป SRC ประมาณร้อยละ 10-86.65 และผลการเปรียบเทียบปริมาณการใช้ไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศระหว่างบ้านจำลองที่ติดตั้งหลังคาทั่วไป (SRC) กับปล่องหลังคา RSCC ทำการทดสอบโดยเปิดเครื่องปรับอากาศตั้งค่าอุณหภูมิของเครื่องปรับอากาศภายในบ้านจำลองทั้งสองหลังที่ 25-26°C มีอุณหภูมิสิ่งแวดล้อมประมาณ 24-54°C และมีความเข้มแสงรังสีอาทิตย์ประมาณ 950 W/m²

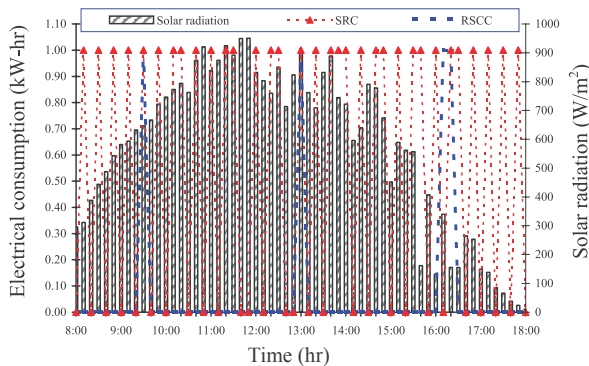


รูปที่ 12 การเปลี่ยนแปลงของความเร็วลมภายในของบ้านจำลองที่ติดตั้งหลังคาทั่วไป SRC กับบ้านจำลองที่ติดตั้งปล่องหลังคา RSCC



รูปที่ 13 ผลเปรียบเทียบค่าการถ่ายเทความร้อนผ่านหลังคาของบ้านจำลองที่ติดตั้งหลังคาทั่วไป SRC กับบ้านจำลองที่ติดตั้งปล่องหลังคา RSCC

ตลอดช่วงเวลา 8:00-18:00 น. จากรูปที่ 14 พบว่า บ้านจำลองที่ติดตั้งหลังคาทั่วไป (SRC) จะมีปริมาณการใช้ไฟฟ้ามากกว่าปล่องหลังคา RSCC เนื่องจากบ้านที่ติดตั้งหลังคาทั่วไปจะมีการสะสมความร้อนภายใน ส่งผลทำให้เครื่องปรับอากาศทำงานหนักมาก และไม่มีการระบายความร้อนออกสู่ภายนอกแต่สำหรับบ้านที่ติดตั้งปล่องหลังคา RSCC ระบายอากาศแบบธรรมชาตินี้จะช่วยประหยัดพลังงานไฟฟ้าจากการใช้เครื่องปรับอากาศได้ร้อยละ 87.87 เมื่อเทียบกับหลังคาทั่วไป จากทดลองนี้แสดงให้เห็นได้ว่า ปล่องหลังคา RSCC สามารถใช้งานได้จริง และเป็นอีกทางเลือกหนึ่งในการใช้งาน



รูปที่ 14 การเปรียบเทียบปริมาณการใช้ไฟฟ้าของ
เครื่องปรับอากาศระหว่างบ้านจำลองที่ติดตั้ง
หลังคาทั่วไป SRC กับปล่องหลังคา RSCC
(วันที่ 30 สิงหาคม 2553)

4. สรุป

งานวิจัยนี้ทำการศึกษเปรียบเทียบสมรรถนะ
การป้องกันความร้อนเข้าสู่ภายในบ้านจำลองระหว่าง
บ้านที่ติดตั้งปล่องหลังคาโซลาร์เซลล์ระบายอากาศ
ด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ (RSCC) และบ้านที่ติดตั้ง
หลังคาทั่วไป (SRC) ที่มีผลต่อการลดการสะสม
ความร้อนภายในบ้านพักอาศัย จากศึกษาทดลอง
พบว่าอุณหภูมิเฉลี่ยบนหลังคา อุณหภูมิอากาศภายใน
ห้องและห้องใต้หลังคาของบ้าน ค่าความร้อนไหล
หลังคาของบ้านที่ติดตั้งหลังคาทั่วไปจะมีค่าสูงกว่าบ้าน
ที่ติดตั้งปล่องหลังคา RSCC และปล่องหลังคา RSCC
ช่วยระบายอากาศจากภายในบ้านสู่สิ่งแวดล้อมได้ดีขึ้น
ส่งผลให้เกิดสภาวะความสบายต่อผู้พักอาศัยภายใน
บ้านประหยัดพลังงานไฟฟ้าจากเครื่องปรับอากาศ
และช่วยลดปัญหาสิ่งแวดล้อมได้อีกทางหนึ่ง

5. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนเพื่อการส่งเสริมงาน
วิจัยในลักษณะนักวิจัยทั่วไป ประจำปีงบประมาณ
2553 ศูนย์วิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัย
เทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

สัญลักษณ์และคำย่อ

AC1	อุณหภูมิหลังคาชั้นในด้านบน, °C
AC2	อุณหภูมิหลังคาชั้นในด้านล่าง, °C
Tamb	อุณหภูมิสิ่งแวดล้อม, °C
Tair roof	อุณหภูมิอากาศภายในห้องใต้หลังคา, °C
Tco	อุณหภูมิเฉลี่ยบนหลังคาด้านบน, °C
Tci	อุณหภูมิเฉลี่ยบนหลังคาด้านล่าง, °C
TG1	อุณหภูมิบนฝ้าเพดานด้านบน, °C
TG2	อุณหภูมิบนฝ้าเพดานด้านล่าง, °C
Tin	อุณหภูมิอากาศภายในช่องว่างอากาศ ตรงทางเข้า, °C
Tmiddle	อุณหภูมิอากาศภายในช่องว่างอากาศ ตรงกลางปล่อง, °C
Tout	อุณหภูมิอากาศภายในช่องว่างอากาศ ตรงทางออก, °C
Tair grill	อุณหภูมิอากาศตรงบานเกล็ดของ ประตูบ้าน, °C
SRC	หลังคาทั่วไป (Simple Roof Concrete)
RSCC	ปล่องหลังคาโซลาร์เซลล์ระบายอากาศ ด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ (Roof Solar Cells Chimneys)

เอกสารอ้างอิง

- [1] C. Michels, et al, "Evaluation of heat flux reduction provided by the use of radiant barriers in clay tile roofs," *Journal of Energy and Buildings*, accepted 20 March 2007.
- [2] J. Khedari, et al, "Thailand climatic zones," *Journal of Renewable Energy*, vol. 25, pp.267-280, 2001.
- [3] S. Chirarattananon, et al, "Daylight availability and models for global and diffuse horizontal illuminance and irradiance for Bangkok," *Journal of Renewable Energy*, vol. 26, pp.69-89, 2002.
- [4] R. Levinson, et al, "Cool tile-roofed buildings with near-infrared-reflective non-white coatings," *Journal of Building and Environment*, vol. 42,

- pp. 2591-2605, 2007.
- [5] D, M, Ogoli, "Predicting indoor temperatures in closed building with high thermal mass," *Journal of Energy and Buildings*, vol. 35, pp. 99-108, 2003.
- [6] R. Hendron, et al, "Thermal performance of unvented attic in hot-dry climates: Results from building America," *Transactions of the ASME*, vol. 126, pp.732-737, May 2004.
- [7] J. Khedari, et al, "Experimental study of a roof solar collector towards the natural ventilation of new houses," *Journal of Energy and Buildings*, vol. 26, pp. 159-164, 1997.
- [8] J. Khedari, et al, "Field measurements of performance of roof solar collector, *Journal of Energy and Buildings*," vol. 31, pp. 171-178, 2000.
- [9] J. Waewsak, et al, "Performance evaluation of the BSRC multi-purpose bio-climatic roof," *Journal of Building and Environment*, vol. 31, pp. 171-178, 2003.
- [10] วิชาญ วิมานจันทร์ และปรีดา จันทวงษ์, "การศึกษาสมรรถนะของปล่องหลังคาคอนกรีตมวลเบาระบายอากาศพลังงานแสงอาทิตย์," *ทุนส่งเสริมงานวิจัยในลักษณะนักวิจัยรุ่นใหม่ ประจำปีงบประมาณ 2550* วิทยาลัยเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2550.
- [11] ปรีดา จันทวงษ์ "การศึกษาทดสอบสมรรถนะทางความร้อนของปล่องหลังคาคอนกรีตระบายอากาศพลังงานแสงอาทิตย์ของบ้านจำลองภายใต้สภาวะอากาศแบบร้อนชื้นของประเทศไทย," *ทุนส่งเสริมงานวิจัยในลักษณะนักวิจัยรุ่นใหม่ ประจำปีงบประมาณ 2552* วิทยาลัยเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2552.
- [12] S. Chungloo, et al, "Application of passive cooling systems in hot and humid climate: The case study of solar chimney and wetted roof in Thailand," *Journal of Building and Environment*, vol. 42, pp. 3341-3351, 2007.