

沖縄における環境共生型高齢者施設の居住環境に関する研究

その1 パッシブ環境調整手法の効果

準会員○黒木夢子*1 正会員 細井昭憲*2 同 河井敏明*3
同 辻原万規彦*4 同 安浪夕佳*5

4.環境工学-21.環境設計・地球環境 環境工学
屋上緑化 自然通風 垂直温度分布 実測 設計者

1. 研究の背景と目的

本研究で対象とする施設は、亜熱帯気候下でパッシブな環境調整手法を取り入れ、機械空調を用いない共用空間が計画された高齢者施設である。設計者は、共用部と個室間の間仕切りにあえてがらりを設けるなどして、ともすると個室にこもりがちな高齢者の日常生活を改善しようと計画した。環境工学の視点からは建物全体として通風を利用し易い計画となるなど、空間と環境計画の融合が計られている。

本研究は、設計者の意図と実際の運用、さらに実現されている温熱環境との対応を検討することで、亜熱帯気候下での環境共生型高齢者施設の今後のあり方を探ろうとするものである。

本稿では、対象施設に取り入れられたパッシブな環境調整手法の効果を実際に運用されている状態で検討する。「その2」では施設内部の温熱環境の評価を行う。

2. 施設の概要

対象施設は、沖縄県うるま市平安座島に位置する。図1に示すように南側に開けた「コの字型」をしたRC造2階建て(延べ床面積1244m²)の建物である。施設の南方に海が広がり、北方は山である。東西には住宅が立ち並んでいる。1Fを高齢者福祉施設デイサービスセンター、2Fを宿泊施設として運営している。1Fには中庭を取り囲む全面開放できる窓が、2Fには屋上庭園を取り囲む窓がある。それぞれの窓の様子を写真1と写真2に示す。屋根は緑化されており、2Fデッキ部は屋上庭園となっている。屋根、屋上庭園、天井部の断面を図2に示す。

3. 測定の概要

測定項目と測定機器、測定場所を表1に、施設平面図と測定位置を図1に示す。

測定は2007年9月7日から21日に行った。測定場所は、施設内でよく利用されている1F食堂、2F北側廊下(天井表面温度を含む)、屋上庭園と屋根の表面温

度、東側・西側の個室、屋外の気象である。

天井と屋根ならびに屋上庭園の表面温度は図2のように垂直方向にはほぼ同じ位置とした。

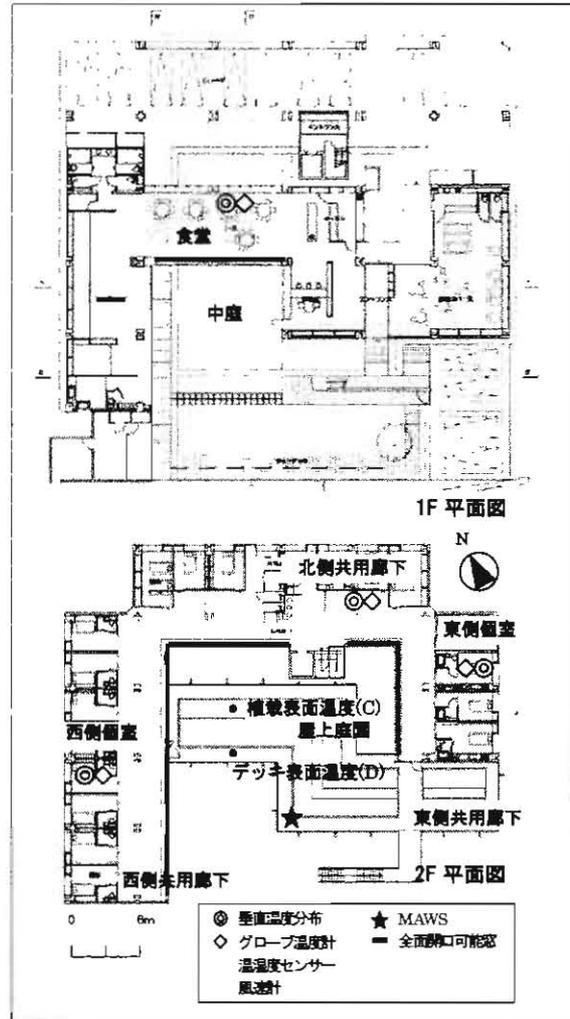


図1 施設平面図と測定位置

表1 測定項目と測定機器と測定場所

測定項目	測定機器	測定場所	測定高さ
垂直温度分布	熱電対	1F食堂 2F北側共用廊下	1FL+110~2320 計5点 2FL+110~6140 計5点
屋根表面温度	熱電対	高い位置(A) 低い位置(B)	
屋上庭園表面温度	熱電対	デッキ部分(D) 植栽部分(C)	
天井表面温度	熱電対	1F食堂 2F北側共用廊下	C、Dに対応(C、D) A、Bに対応(A、B)
放射温度	グローブ温度計	1F食堂	1FL+1100
室内温度	温度センサー	2F北側共用廊下	2FL+1100
室内風速	風速計		
水平面全天日射量	移動気象観測ステーション		
外気温度	MAWS	デッキ部分	
外気湿度			
外気風速			



写真1 1Fの窓と中庭



写真2 2Fの窓

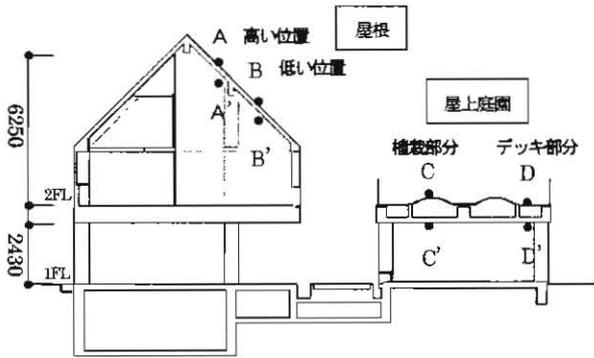


図2 施設の断面図と表面温度測定位置

4. 測定結果と考察

4-1. 屋上緑化による遮熱効果

(1) 屋上緑化の効果

図3に、晴天日の全天日射量、屋上表面温度、2F天井表面温度の推移を示す。同様に、図4に屋上庭園の表面温度と1F天井表面温度の推移を示す。

2F天井表面温度A'、B'は一日を通して31°C前後であり、振幅が小さい。また、屋根表面温度A、Bは最高外気温の約1時間後に表面温度が最も高くなるのに対し、A'、B'は約5時間後に最高温度に達する。これはそれぞれ植栽部の土と躯体の熱容量の影響と考えられる。

なお、屋根緑化表面温度Aが常にBより1~2°C高いのは、後述する図12の垂直温度分布から明らかなように、室内側の温度差の影響ではなく蒸散量の違いによるものと推定される。

屋上庭園表面温度CとDを比べると植栽部分は最大約8°C低下している。逆に日没後には、デッキ部分が植栽部分よりも約2°C低くなる。これはデッキ下部に空間が設けられており、日中に溜まった熱量がこの空間に放射されることが原因だと考えられる。

屋上庭園表面温度と1F天井表面温度との最高温度差は、C-C'では約15°C、D-D'では約10°Cであった。また、22時以降のC'、D'はほぼ同じ温度

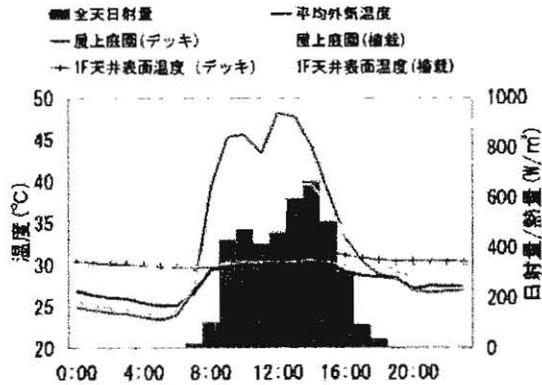


図3 屋根表面温度と2F天井表面温度の推移

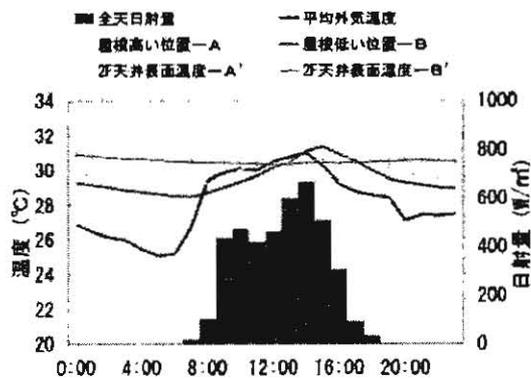


図4 屋上庭園表面温度と1F天井表面温度の推移

であり屋根面同様、振幅が小さい。

これらのことから屋根の緑化と屋上庭園の植栽による遮熱効果が確認される。

(2) 蒸散による遮熱効果の推定

屋上緑化の遮熱効果を定量的に実証するために蒸散量を図5のモデルにより推定した。

(3) 式より算出した蒸散熱量を図6、図7に示す。屋根の緑化においては最大350W/m²、屋上庭園の植栽においては最大250W/m²の蒸散熱量が推定される。

4-2. 自然通風と施設内の温熱環境

晴天日の外部風速と施設内風速の推移を図8に示す。外部風速が8~20時の間に増加するとともに、施設内風速も0.1~0.6m/s増加する。

施設を通り抜ける風向は、建物の形状から南東~南南西の間だと考えられる。8~20時の間で、さらに風向を南東から南南西に絞ると、1F食堂も2F北側廊下も施設内風速は外部風速と比例していることがわかる(図9参照)。このことから室内の換気駆動力が風圧力であることがわかる。

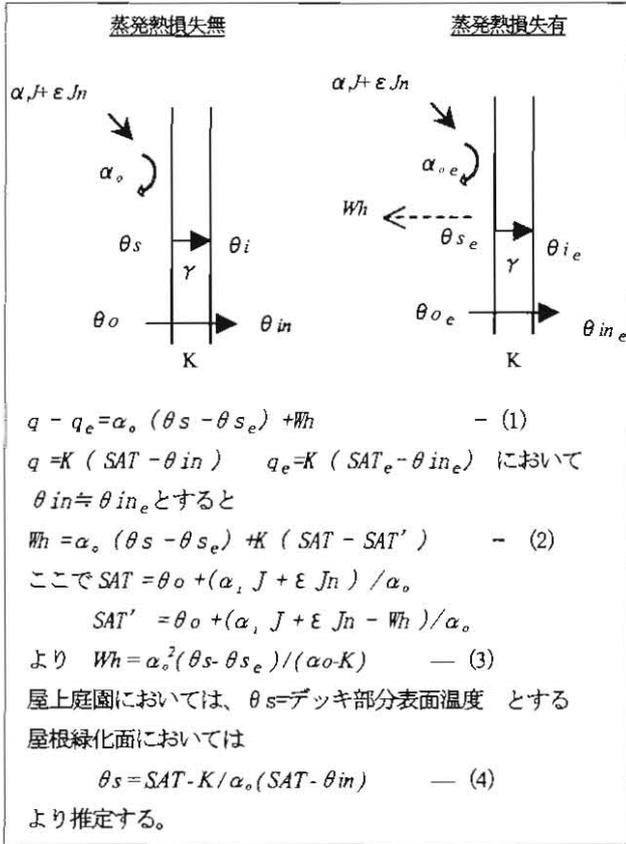


図5 蒸散による遮熱効果の推定方法

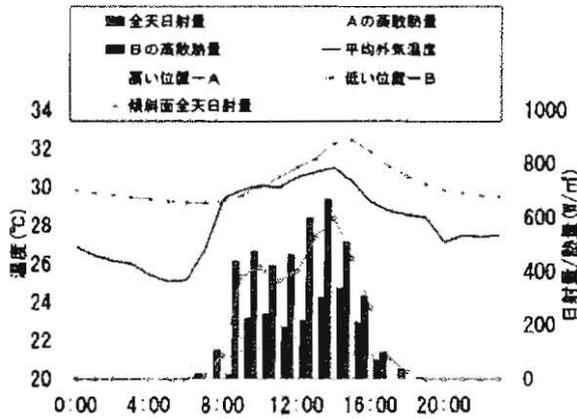


図6 屋上面における推定蒸散量の推移

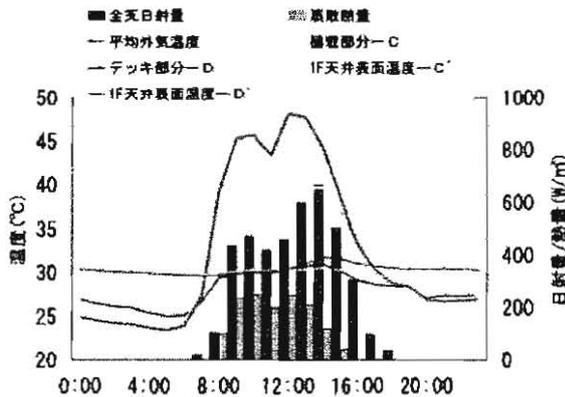


図7 屋上庭園における推定蒸散量の推移

また、図10に風速比0.2以下（「風速比小」と）と0.4以上（「風速比大」）に分けて風向頻度を示す。風速比が大きいたまには南南東の風が吹き、風速比が小さいときは南西の風吹いていることがわかる。これは、南側に開けた「コの字型」の正面からの風の場合は開口面積が大きく、それ以外の風の場合は建物形状により開口面積が小さくなるためと考えられる。

図11に、クロ値を0.3clo~0.7cloとして算出した1F食堂でのSET*の推移を示す。0.7cloの条件では日中のSET*は30°Cを超えており、快適範囲とはなっていない。0.7cloの条件の下で、SET*を快適域の28°C以下とするためには、室温を30°Cとした時室内風速は1.5m/s必要であり、風速比を0.3とすれば、外部風速は5.0m/s必要になってしまう。

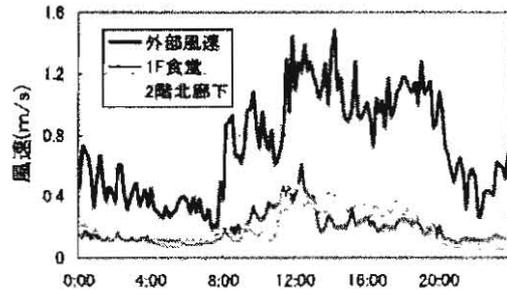


図8 外部風速と施設内風速の推移

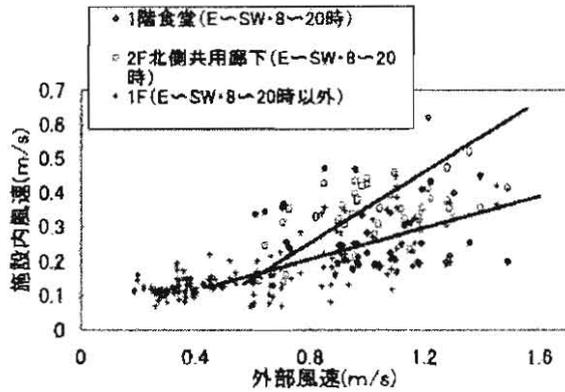


図9 室内風速と外部風速の関係

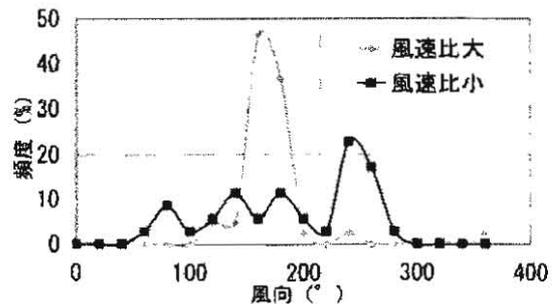


図10 外部風向と出現頻度

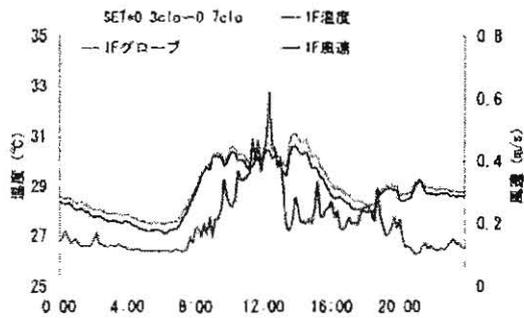


図11 SET*の算出結果と室内風速

4-3. 施設内の垂直温度分布

晴天日の2F北側共用廊下の窓開放パターンを表2に、その時の垂直温度分布を図12に示す。

図12の6時のグラフでは、窓を開放していた日の垂直温度分布は約1°Cの範囲でなめらかに変化している。常に窓を開放していた12時では、温度は床上高さに関係なくどの日も30°Cに近い値である。

換気量が多く室内の温度に偏りがなくとも、30°C前後での室温では快適だとは言えない。このため、換気が室内の温熱環境を向上させているとは物理的解析からは考え難い。

今後の課題は、終日閉鎖したときの垂直温度分布と比べてみることで、開放した時の温熱環境と比較し考察することである。

表2 窓開放パターン

2F北側共用廊下	窓開放パターン
	9月8日 終日開放
	9月12日 7時～22時に開放
	9月13日 8時～20時に開放

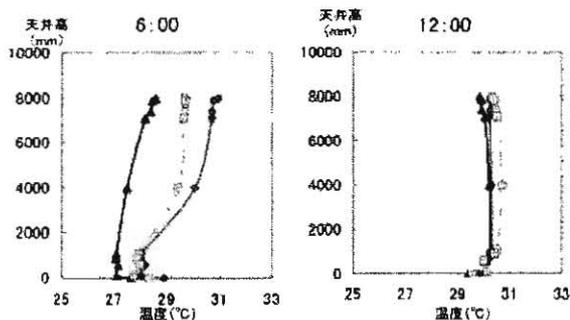


図12 2F北側共用廊下垂直温度

5. まとめ

沖縄に位置する環境共生型高齢者施設に取り入れられたパッシブな環境調整手法の効果を検討した。得られた知見は以下の通りである。

- ① 屋根と屋上庭園の表面温度に比べ、その直下の天井表面温度の変動には遅れが見られた。また、屋上の緑化では最大 350W/m²、屋上庭園の植栽では最大 250W/m²の蒸散熱量が推定された。
- ② 室内の主な換気駆動力は風圧力であると考えられた。また、風向により風速比が異なることから、建物形状が開口面積の大小に影響を与えていると考えられた。
- ③ 垂直温度分布より、2F北側共用廊下では日中には換気量が多く十分に空気が拡散されていると考えられた。しかし、居住域の室温は30°C前後であり、快適とは言えない環境であった。

記号表

q	: 貫流熱 [W]
α_c	: 対流熱伝達率 [W/m ² ・°C]
θ_s	: 壁体表面温度 [°C]
Wh	: 蒸発熱損失 [W]
K	: 熱貫流率 [W/m ² ・°C]
SAT	: 相当外気温度 [°C]
α_i	: 短波長吸収率 [-]
ϵ	: 長波長放射率 [-]
J	: 全日射量 [W/m ²]
J_n	: 夜間放射量 [W/m ²]
e	: 蒸発熱損失がある場合を示す添え字

【謝辞】

本研究は、2007年度住宅総合研究財団研究助成による成果である。また、(有)へしき屋取締役 宮里恵都美様、同 宮里善一様をはじめ、施設職員の皆様、デイサービスセンター利用者の方々にご協力を頂いた。調査では、熊本県立大学環境共生学部 4年の福田雅也君の協力を得た。記して深謝する

【参考文献】

- 1) 細井昭憲ら 他2名: 風圧力が同時に活用する建物における通風-自然通風に関する実測研究 その1-、日本建築学会計画系論文集、第564号、pp25-31、2003.2
- 2) 細井、須永、宮本、成田: 建物の熱性能が自然通風の有効性におよぼす影響-自然通風に関する実測研究 その3-、日本建築学会環境系論文集、第588号、pp27-54、2005.2.

*1 熊本県立大学環境共生学部居住環境学専攻

*2 熊本県立大学環境共生学部居住環境学専攻 講師・博士(工学)

*3 京都大学大学院地球環境学専攻 大学院生・修士(工学) / 一級建築士事務所 河井事務所

*4 熊本県立大学環境共生学部居住環境学専攻 准教授・博士(工学)

*5 熊本県立大学環境共生学部居住環境学専攻 助手・修士(環境共生学)

Prefectural University of Kumamoto

Senior Lecturer, Prefectural University of Kumamoto, Dr. Eng.

Graduate Student, Kyoto University, M. Eng. / Kawa Architects

Assoc. Prof., Prefectural University of Kumamoto, Dr. Eng.

Assistant, Prefectural University of Kumamoto, M. ESS.