

医療対策支部を想定した災害時の夏季温熱環境改善手法の評価

温熱環境 快適性 保健所
日射遮蔽 実測調査 災害対策

川端 光貴
指導教員 佐藤 理人

1. 研究背景と目的

近年、日本では巨大地震発生が懸念されており、災害時における地域の保健・医療体制の継続性確保が重要な課題となっている。中でも保健所は、地震災害時に医療対策支部として、医療機関との連携調整を担う中核施設であり、医療資源の配分や情報収集・伝達において重要な役割を果たす。

この際、地震発生等に伴う停電の長期化により空調設備の使用が制限されると、特に夏季において室内温熱環境が悪化し、対応する職員の執務環境や健康状態の悪化を通じて医療対策支部としての業務の継続に支障をきたす恐れがある。

しかしながら現状では、非常用発電による電力供給は燃料備蓄量に制約があること等から、災害時に長期間の電力確保を前提とした対策とはなっておらず、空調設備の利用も想定されていない。そのため、設備に過度に依存せず、建築的手法によって夏季温熱環境を改善する方策、すなわちパッシブデザインの活用が重要である。

そこで本研究では、夏季発災時に2週間程度の長期間医療対策支部として十分な機能を発揮するため、パッシブ手法の中でも対費用効果の高い手法として日射遮蔽手法による温熱環境改善効果の評価する。

具体的には、隣接する同一床・開口面積の会議室2室を対象に、日射遮蔽の有無による室温や室内への侵入日射量を比較を行い、建物熱負荷低減効果及び熱的快適性改善効果を明らかにすることを目的とする。

2. 建物概要

本研究で対象とした施設は、高知県香美市に立地する中央東福祉保健所であり、新館2階会議室は災害発生時に、高知県医療対策支部として医療機関との連携調整を担う中核居室として機能する(表1)(表2)。この際、停電等により空調設備が運転停止となった場合、長時間の執務が可能な温熱環境の確保が求められる。対象とした新館2F会議室の外観を写真1、内観を写真2に示す(図1)。会議室は真南から約15°西向き建物で、十分な庇もなく、周囲は開けており、周辺地物の影響を受けにくい。そのため、南側開口部は夏季において日射の影響を受けやすい条件にあり、非空調時には劣悪な熱環境となることが予想される。

表1 災害時の中央東支部の役割¹⁾

対策企画班	医療救護活動全体の対策立案・調整、支援要請対応 文書化・情報共有
情報分析班	収集情報の分析・評価 活動状況等の可視化
情報収集班	通信手段の確保・維持 EMIS ^{*2} 等による災害情報の収集
SCU ^{*1} 本部運営チーム	SCU ^{*1} 展開、資機材準備 航空搬送拠点運営、 DMAT ^{*3} 等との連携

県保健医療支部は、高知県災害対策本部の下部組織として設置され、高知県内に6ヵ所設置される。

*1 SCU:被災地域内の災害拠点病院等から搬送されてくる広域医療搬送適用患者を一時収容し、広域医療搬送のためのトリアージを実施するための臨時的医療施設として、必要に応じて被災地域及び被災地域外の航空搬送拠点に設置されるもの。

*2 EMIS:「広域災害救急医療情報システム」のことで、災害発生時に被災状況などの災害医療にかかわる情報を共有、集約し提供する。

*3 DMAT:大地震等の災害時に被災地域に駆け付け、緊急治療や病院支援等を行うための専門的な訓練を受けた医師、看護師、業務調整員で構成される医療チーム。

表2 対象建物概要

対象建物名称	中央東福祉保健所新館 (医療対策中央東支部)
階数・建物構造	2階建 RC造
対象会議室床面積	約92m ²
測定期間	2025/7/9~2025/9/30

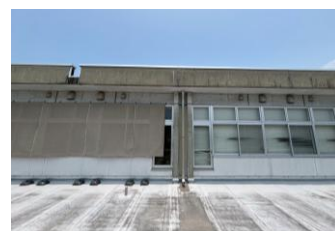


写真1 新館2階会議室南側外観 写真2 新館2階会議室内観
図1 医療対策支部の一部となる会議室の外観及び内観

表3 測定機器

測定項目	測定機器
屋外温湿度	温湿度ロガー,RTR503B,T&D
屋内温湿度	温度(サーミスタ) 湿度(高分子式)
日射量	全天日射計,ML-01,英弘精機

3. 夏季実測概要

前章に示した災害時の会議室の機能を踏まえ、夏季温熱環境の改善を目的として、夏季における2階会議室の日射遮蔽効果を明らかにする、対象建物において温熱環境実測を実施した。実測は2025/7/9～9/30までの期間に行い、屋内外温湿度、水平面及び垂直面全天日射量の測定を行った(表3)。また温湿度の測定高さは、屋内温湿度については椅座によるデスクワークを想定し、H=0.6m程度とし、屋外温湿度については、H=1.6m程度とした。

また日射遮蔽効果については、西側会議室を日射遮蔽有(以下、遮蔽有)、東側会議室を日射遮蔽無(以下、遮蔽無)として比較した。測定期間中も会議室としての利用はあるため、空調設備の運転状況も考慮しつつ、連続する休日時等の自然室温を比較対象とした。

そしてこれらの実測結果を基に、日射遮蔽が室内温熱環境に及ぼす影響を評価した。各センサーの測定位置を図2、垂直面全天日射量の測定風景を図3に示す。また使用した日射遮蔽シートの概要を表4に示す。

4. 夏季実測結果

4.1 代表期間における外気象測定結果

図4に測定期間における垂直面受熱日射量と12時の太陽高度の関係を示す。7月は12時における太陽高度が約80°と高いのに対し、9/15は約55°まで低下した。このことから、受熱日射量が7月に比べて9/15は約2倍増加した。図5に日最高気温と絶対湿度の関係を示す。9月も7～8月と同程度の高湿・高温条件が確認された。これらことから、太陽高度と近年の高湿化傾向から9月中旬が一年のうちで最も室温が高くなりやすいといえる。また図6に9/15～9/22における外気温及び外気相対湿度測定結果を示す。外気温はいずれの日も最高気温が約35°C、最低気温が約25°Cで推移していた。また外気相対湿度も日中は50%前後、夜間は80～90%前後となっており、高温・高湿条件であった。

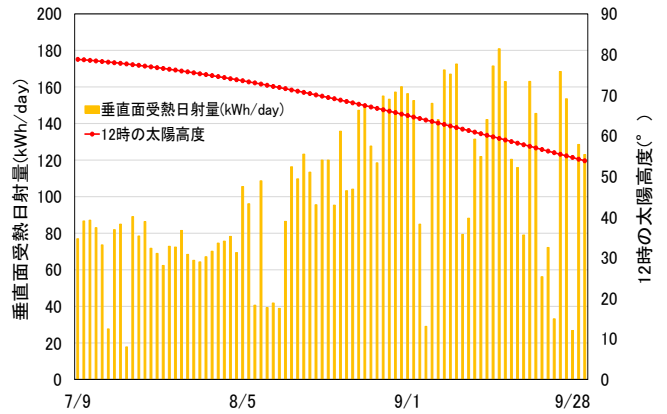


図4 垂直面受熱日射量と12時の太陽高度(7/9～9/30)

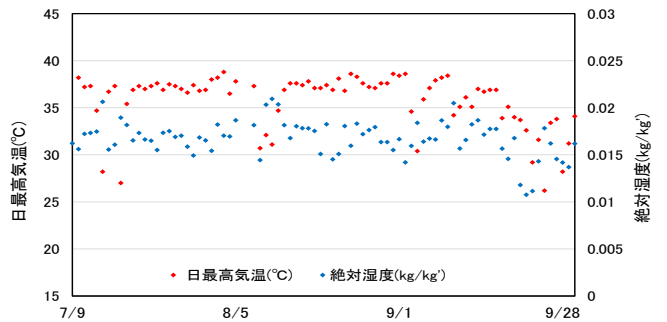


図5 日最高気温と絶対湿度の関係(7/9～9/30)

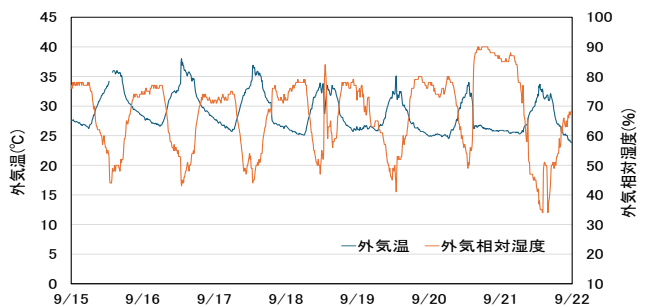


図6 屋外温湿度(9/15～9/22)

表4 日射遮蔽シート概要

設置面積	約幅7.2m ×高さ2m
素材	ポリエチレン
日射透過率	約30%

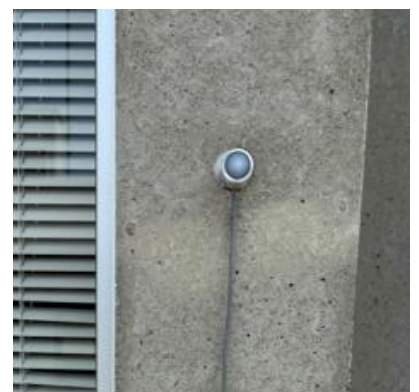
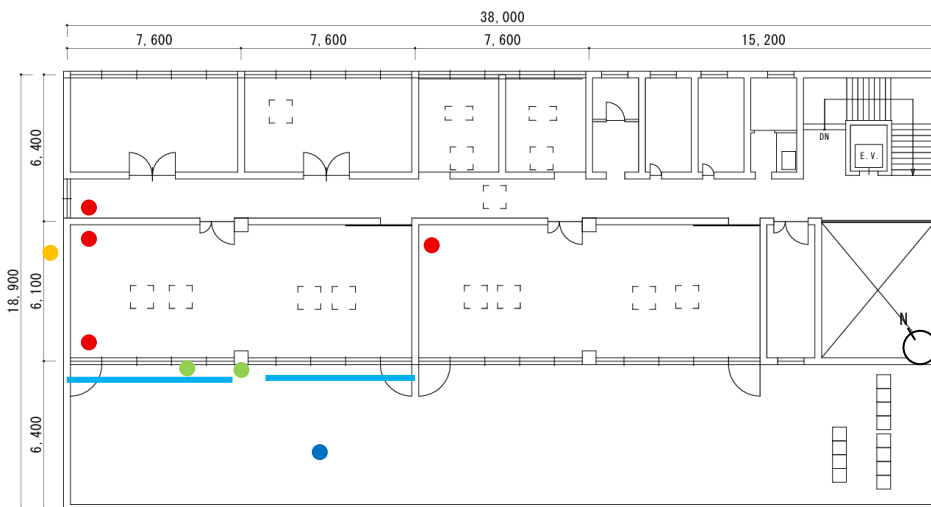


図3 垂直面全天日射計



●: 温湿度センサー ●: 日射計(水平) ●: 日射計(垂直)
●: 外気象用温湿度センサー —: 日射遮蔽シート

●※ ※南側駐車場に設置

図2 新館2F平面図及び測定位置

4.2 代表期間における垂直面日射量比較結果

図7に9/15~9/22の南側垂直面全天日射量測定結果を示す。快晴に近い9/15~9/17では、遮蔽無の場合最大受熱日射量は600W/m²程度であるのに対し、遮蔽有内側では、最大約300W/m²となっており、50%以上低減していた。また垂直面日射量の場合、直達・天空成分の他に屋上コンクリート面（日射反射率約30~40%）からの反射日射成分も含まれるため、必ずしも日射遮蔽シート本体の透過率と同一ではないが、期間合計では、窓面への受熱日射量を40~70%抑制する結果となった。

5. 日射遮蔽による屋内温熱環境の分析

本章では、前章で示した実測結果も踏まえ、日射遮蔽による屋内温熱環境改善効果について考察した。図8に、日射遮蔽有無別の日最大室温差を示す。遮蔽有では、いずれの期間においても遮蔽無と比較して室内温度が常に低い傾向を示した。

5.1 屋内温度比較結果

図9に代表日として期間中の最大室温差となった9/15における日射遮蔽シートの有無による会議室の屋内温度測定結果を示す。

会議室開口部は防犯上の観点から終日施錠されているため、前日からの蓄熱の影響を受け、最低室温は午前6時頃に遮蔽無では31.4℃、遮蔽有では31.0℃となっていた。また日中の日射遮蔽無と日射遮蔽有の室温を比較すると、室温差は徐々に大きくなり、最高室温付近の14:40~15:00頃に最大室温差が2.0℃となった。

5.2 熱的快適性比較結果

図10に日射遮蔽の有無による熱的快適性をPMV (Predicted Mean Vote)を用いて評価した結果を示す。遮蔽無では、PMVが終日2.0以上で推移しており、特に午後12~18時の時間帯においては+3.0となり、劣悪な暑熱環境となっている。一方遮蔽有では、遮蔽無と比較してPMVの上昇が抑制され、+3となることはなかったものの、最大+2.72に達しており、快適範囲の-0.5~+0.5を大きく上回っている。したがって日射遮蔽によってPMVが低減していることは確認できるものの、遮蔽対策のみでは夏季の室内快適性を十分に確保するには至っていない結果となった。のことから、日射遮蔽は室内温熱環境の悪化を緩和する効果を有する一方で、災害時の空調運転制限下において快適性を確保するためには、さらなる対策との併用が必要であるといえる。

次に、日射遮蔽効果をより詳細に推定するため、取得した垂直面全天日射量より Erbs モデルによる直散分離を行い、開口部に入射する時刻別受熱日射量を推定した。ここで開口部の光学特性は厚さ6mmの透明フロート板ガラスとし、垂直入射に対する日射透過率 $\tau(0)=0.815$ 、反射率 $\rho(0)=0.071$ 、吸収率 $\alpha(0)=0.114$ とした。

これらの値を基に、JIS A 2103:2014²⁾に示される近似式を用いて、太陽高度0~90°の各入射角に対する透過率・反

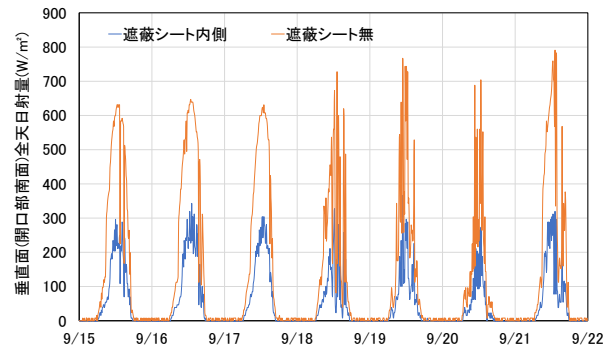


図7 垂直面全天日射量 (9/15~9/22)

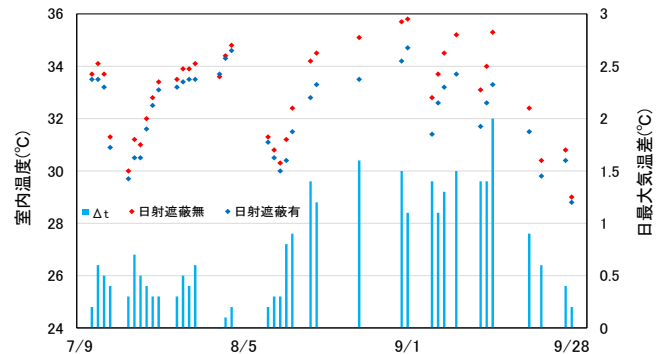


図8 日射遮蔽有無別の日最大室温差 (7/9~9/30)

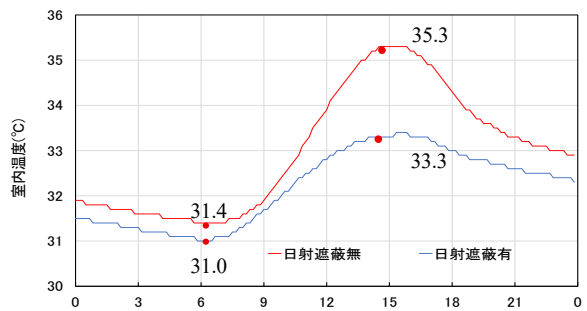


図9 日射遮蔽有無別の屋内温度 (9/15)

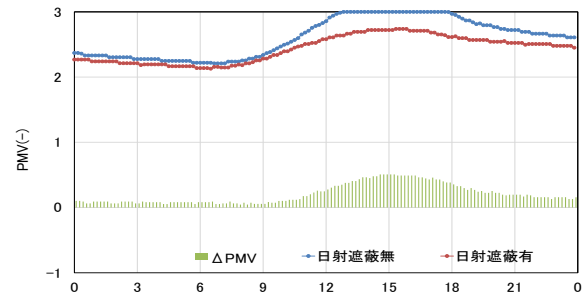


図10 日射遮蔽有無別のPMV算出結果 (9/15)

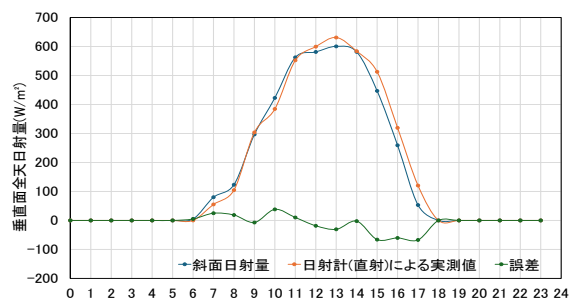


図11 直散分離に基づく垂直面全天日射量推定値と垂直面全天日射量実測値の比較

卒業論文梗概

射率・吸収率を算出した。そして垂直面全天日射量の直散分離に基づき推定した時刻別垂直面全天日射量と、現地にて取得した垂直面全天日射量を比較したところ、図 11 に示す通り 100W/m² 未満の誤差に留まっており、概ね一致していたため、開口部からの透過・吸収・反射日射量の推定に計算値を使用した。

次に開口部から侵入した日射が室内各部位に与える影響を評価するため、受熱日射量を部位別に推定した。このとき、透過日射は床 50%、壁及び天井 25%の比率で受熱するものとした。また開口部窓ガラスの吸収日射量については屋内側 35%、屋外側 65%で放熱されるものとした。図 12 に 9 月 15 日を対象として、単位面積当たりの時刻別侵入日射量に南側窓面積である 42.56m² を乗じて求めた、部位別時刻別の室内への推定侵入日射量を示す。

また図 13 に 9 月 15 日における部位別の推定日積算侵入日射量を示す。遮蔽無と遮蔽有を比較すると、遮蔽有では室内表面全体における推定日積算受熱日射量が約 62%低減した。このことから、日射遮蔽の導入により、床・壁・天井を含む室内表面への侵入日射量を 5 割以上抑制されたことが確認された。これにより、室内への熱負荷が低減し、結果として室温上昇の抑制及び温熱環境の改善につながるといえる。

6. まとめ

災害時に医療対策支部となる保健所を対象に、夏季における日射遮蔽シートによる温熱環境改善効果に関する実測を 7~9 月に行った。そして代表的な 1 週間及び 9/15 を対象に分析を行った。その結果、①室内への侵入日射量は日中 12 時の太陽高度が約 55° となる 9 月中旬に最大となった。②日射遮蔽により室内への侵入日射量は約 62%低減され、日射遮蔽により室温は最大約 2℃低下した。③PMV による快適性評価では、日射遮蔽により PMV 値の改善がみられたものの、最大+2.72 に達しており、日射遮蔽対策のみでは快適性確保は不十分であった。

以上より、日射遮蔽は災害時の空調制限下においても温熱環境の悪化を緩和する有効な手段ではあるが、熱中症となる危険を避けるためには、追加の対策との併用が重要であるといえる。

今後は、図 14 に示すようにパッシブ手法を主体としながらも、一部アクティブ手法等も組み合わせ、医療対策支部運営時において最適な温熱環境改善手法を明らかにしていくことを目指す (図 14)。

謝辞)

本研究を実施するにあたり、中央東福祉保健所の皆様には、多岐にわたりご協力をいただきました。ここに記し、謝意を表します。

参考文献)

- 1) 高知県：高知県災害時医療救護計画, 2023. 9
- 2) 日本産業標準調査会：JIS A2103, 窓及びドアの熱性能-日射熱取得率の計算, pp. 29-30, 2014

$$\tau_n(\varphi) = \frac{\tau(\varphi)}{\tau(0)} \quad (1)$$

$$\rho_n(\varphi) = \frac{\rho(\varphi) - \rho(0)}{1 - \rho(0)} \quad (2)$$

$$\tau_n(\varphi) = \sum_{i=0}^5 m_i \cdot \cos\varphi^i \quad (3)$$

$$\rho_n(\varphi) = \sum_{i=0}^5 m_i \cdot \cos\varphi^i \quad (4)$$

$$\tau(\varphi) = \tau(0) \cdot \sum_{i=0}^5 m_i \cdot \cos\varphi^i \quad (5)$$

$$\rho(\varphi) = \rho(0) + (1 - \rho(0)) \cdot \sum_{i=0}^5 m_i \cdot \cos\varphi^i \quad (6)$$

φ : 入射角 (°)

$\tau_n(\varphi)$: 入射角 φ における規準化透過率

$\rho_n(\varphi)$: 入射角 φ における規準化反射率

$\tau(\varphi)$: 入射角 φ における透過率

$\rho(\varphi)$: 入射角 φ における反射率

$\tau(0)$: 垂直入射に対する日射透過率

$\rho(0)$: 垂直入射に対する日射反射率

$m_0 \sim m_5$: 透明フロート板ガラスの係数

	m0	m1	m2	m3	m4	m5
規準化透過率 τ_n	0.000	2.552	1.364	-11.388	13.617	-5.146
規準化反射率 ρ_n	1.000	-5.189	12.392	-16.593	11.851	-3.461

斜入射に対する透明フロート板ガラスの透過・吸収・反射率計算式

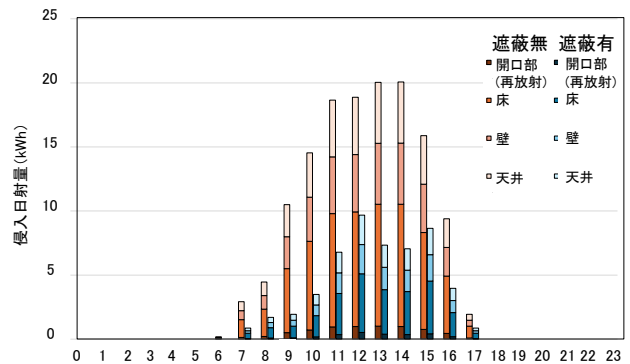


図 12 9 月 15 日における部位別時刻別受熱日射量

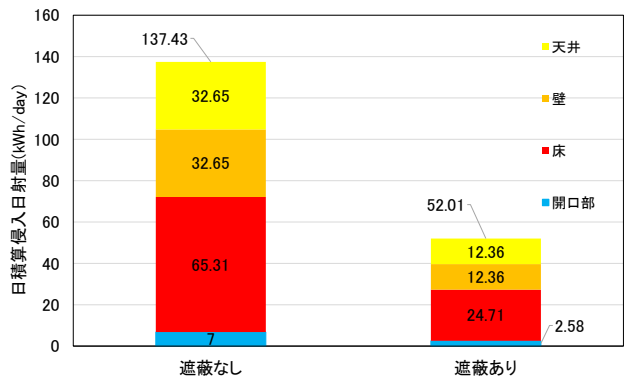


図 13 9 月 15 日における部位別の日積算受熱日射量

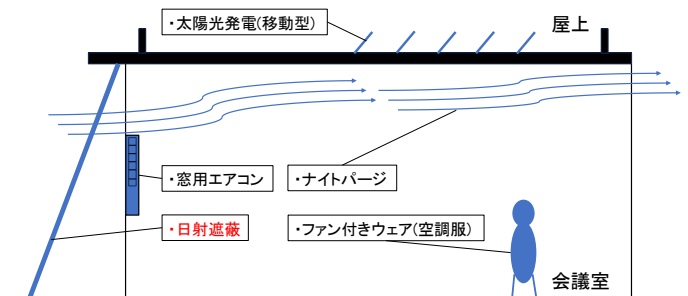


図 14 今後の会議室へのパッシブ導入検討図