

琉球大学学術リポジトリ

亜熱帯沖縄の生活と気候に適合する真の環境共生健康住宅に関する研究

メタデータ	<p>言語:</p> <p>出版者: 堤純一郎</p> <p>公開日: 2009-12-21</p> <p>キーワード (Ja): 亜熱帯島嶼地域, 住宅の熱環境, 歴史的な変遷, 屋上面遮熱・断熱, 外壁面遮熱・断熱, 石畳街路, フクギ屋敷林, 街路樹の熱的效果, 街路樹, 屋上遮熱, 窓面遮熱, 屋敷林, 街路舗装材料, 生活環境温湿度, 色彩と表面温度, 住民意識, 亜熱帯沖縄, 熱的性能, 居住域温湿度, 冷房エネルギー, 太陽電池, 屋根面遮熱, 壁面遮熱, 屋敷囲い, 耐風性能, エネルギー使用量, 日射遮蔽</p> <p>キーワード (En): Subtropical archipelagic environment, Thermal environment in houses, Historical changes, Solar protection on rooftop, Heat insulation on outside wall, Traditional stone paved lane, Garcinia subelliptina hedge, Thermal effect of roadside trees</p> <p>作成者: 堤, 純一郎, 安藤, 徹哉, Tsutsumi, Junichiro, Ando, Tetsuya</p> <p>メールアドレス:</p> <p>所属:</p>
URL	http://hdl.handle.net/20.500.12000/14169

第2章 種々の屋上面被覆材料の遮熱・断熱特性

1. はじめに

本章では日射が強く、太陽高度が高い沖縄で、最も重要な屋上スラブ面の日射遮蔽に関する実大実験及び遮熱効果の解析を行う。この研究の目的は、屋上日射遮蔽材料の効果을明らかにし、より効果的かつ合理的な屋上面遮熱を考慮した建築設計をするための基礎資料とすることである。

2. 測定方法

2.1 温度測定

実大実験は琉球大学工学部Ⅱ号館の屋上で行った。破損などが原因で欠測となった熱電対の場所及び期間も合わせて、温度測定期間を表 2.1 に示す。

日射遮蔽材料として、屋上植栽ベース、セラミック製タイル、白の遮熱ペイント及びトタン板の屋上を考慮してトタン板に白の遮熱ペイント、黒の遮熱ペイント、黒の普通ペイントをそれぞれ塗布したもの、さらに比較検討するために塗装の施されていない無加工のトタン板を使用し検証した。温度測定点は露出したコンクリートスラブ表面、白の遮熱ペイントを塗布したコンクリートスラブ表面、植栽表面、植栽ベース表面、植栽ベース裏面、植栽ベース下スラブ、セラミック製タイル表面、セラミック製タイル裏面、セラミック製タイル下スラブ、無加工のトタン板表面、白の遮熱ペイントを塗布したトタン板表面、黒の遮熱ペイントを塗布したトタン板表面、黒の普通ペイントを塗布したトタン板表面の計 13 点である。温度測定には T 型熱電対を使用し、測定間隔は 30 分である。全天日射量のデータは那覇市の沖縄気象台の観測値を用いた。琉球大学工学部Ⅱ号館屋上における被覆材料の配置を図 2.1、図 2.2 に示す。また、屋上植栽ベース、セラミック製タイルの詳細を図 2.3～図 2.6 に示す。

表 2.1 測定期間及び欠測ポイント

測定期間(2006年)	欠測ポイント
5/18～5/23	植栽ベース表面, コンクリート白遮熱ペイント
5/24～6/2	植栽ベース表面
6/3～7/7	植栽ベース表面, 植栽下スラブ
7/8～7/29	植栽ベース表面, 植栽下スラブ, トタン板黒遮熱ペイント
8/2～8/16	
8/17～8/22	植栽下スラブ
8/23～11/13	
11/13～継続中	

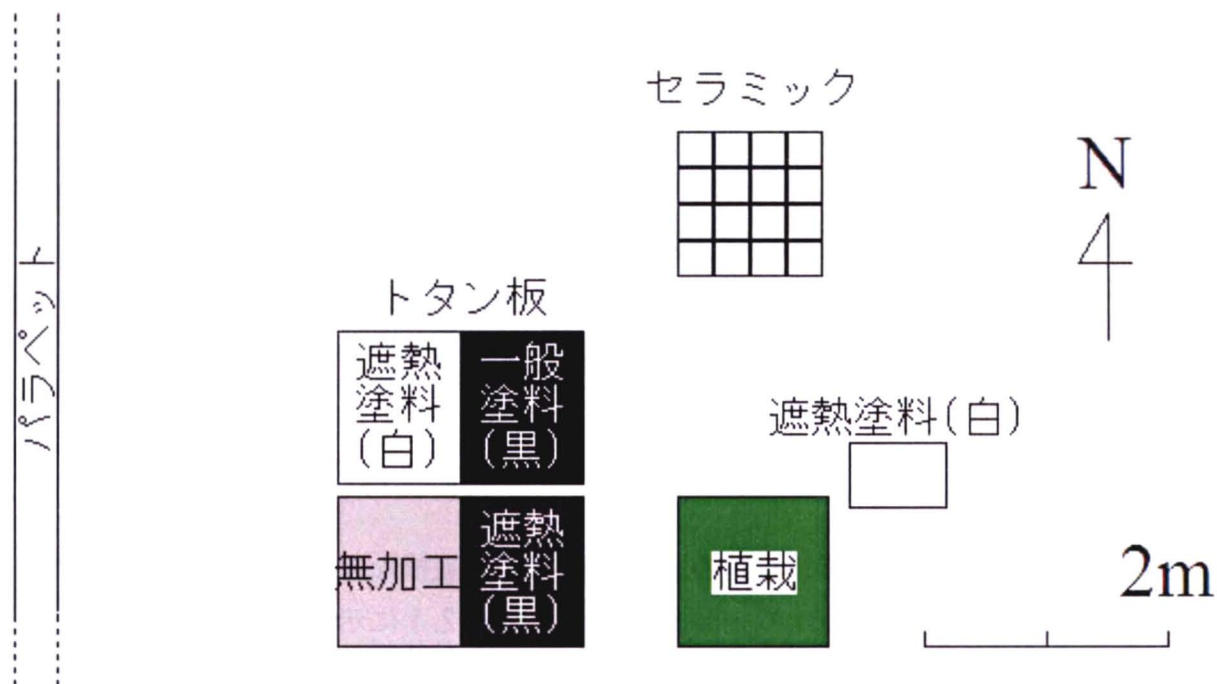


図2.1 琉球大学工学部Ⅱ号館屋上における屋上被覆材料設置図



図2.2 琉球大学工学部Ⅱ号館屋上における実際の測定現場



図2.3 屋上植栽ベース測定ポイント詳細



図2.4 屋上植栽ベースの設置詳細および断面詳細

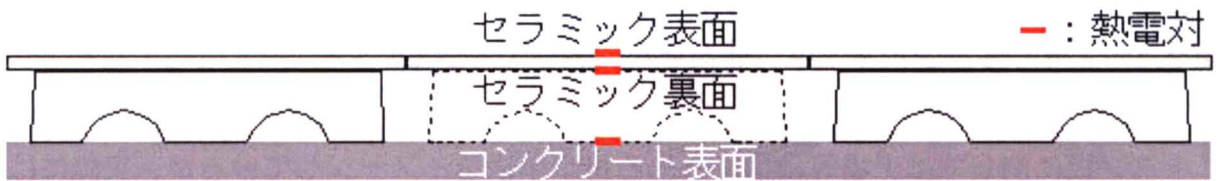


図2.5 セラミック製タイル測定ポイント詳細



図2.6 セラミック製タイルの設置詳細および断面詳細

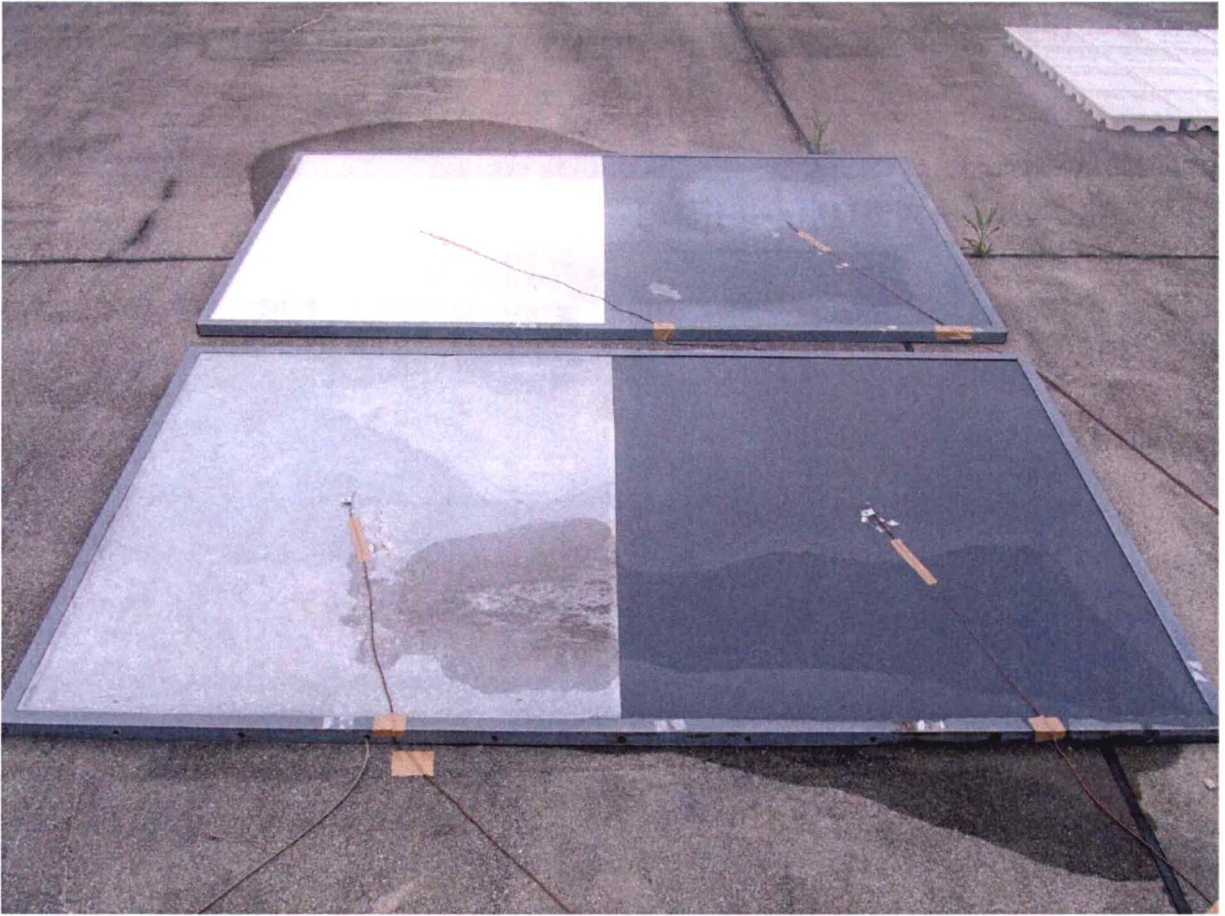


図 2.7 トタン板測定ポイント（降雨後の水たまりがある）

トタン板に関しては工場等に用いられる折半屋根をイメージしているが、実際には折半屋根は困難なので、平板のトタンを用いている。図 2.7 に設置状況を示す。

2.2 放射測定

放射測定も温度測定と同様に琉球大学工学部Ⅱ号館屋上で行った。各日射遮蔽材料に天候が晴れて日射量が多い日を含めるように測定期間を設けた。各日射遮蔽材料の放射量測定期間を表 2.2 に示す。

放射測定には全球型の長波短波放射計を使用し、各日射遮蔽材料の中央にセンサーを配置した。センサー部の上下にそれぞれある短波放射計と長波放射計を用い、上向きと下向きの短波長放射、長波長放射の測定を同時に行った。放射測定用の長波短波放射形を図 2.7 に、測定に関する屋上の各日射遮蔽材料の面積を表 2.3 にそれぞれ示す。また、放射測定の測定間隔は 10 分とした。

表 2.2 各日射遮蔽材料の長短波放射測定期間

日射遮蔽材料	放射測定期間 (2006 年)
屋上植栽ベース	9/19 20:00 ~ 9/22 18:20
セラミック製タイル	9/22 18:30 ~ 9/27 0:40
コンクリートスラブ	9/27 0:50 ~ 10/1 22:50
コンクリート白遮熱ペイント	10/1 23:00 ~ 10/5 13:00
トタン板黒普通ペイント	10/21 15:50 ~ 10/24 23:20
トタン板黒遮熱ペイント	10/24 23:30 ~ 10/28 21:50
トタン板白遮熱ペイント	10/28 22:00 ~ 11/5 18:10
無加工のトタン板	11/5 18:20 ~ 11/14 14:00

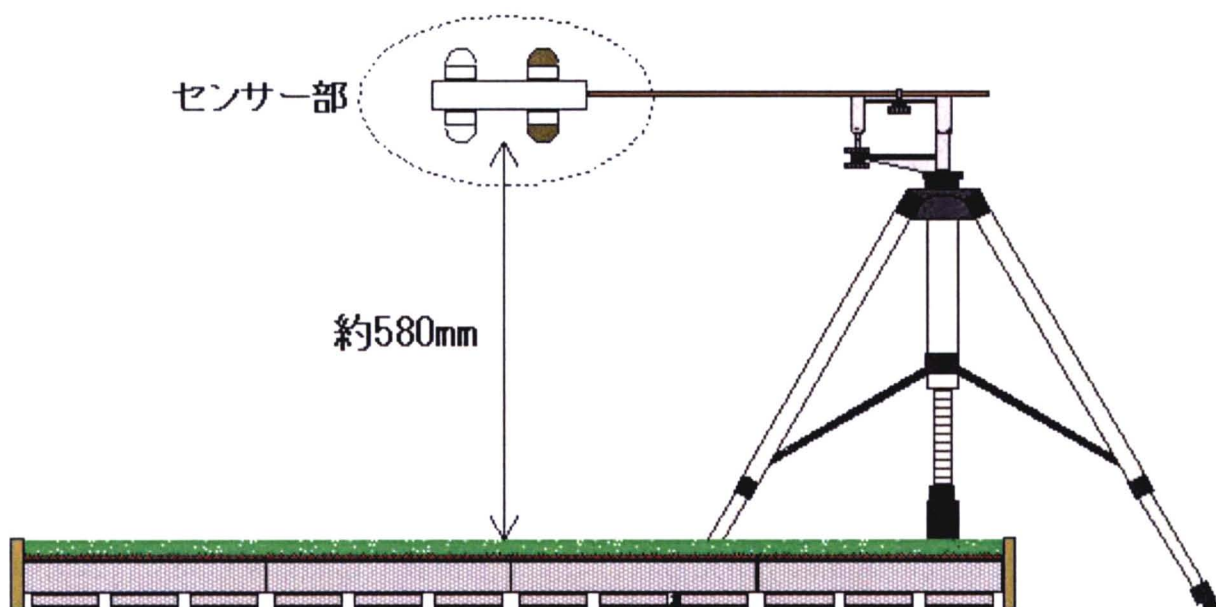


図 2.8 長短波放射計による測定詳細

表 2.3 各日射遮蔽材料の面積

日射遮蔽材料	面積 (単位 : mm)
屋上植栽ベース	1200 × 1200
セラミック製タイル	1200 × 1200
コンクリート白遮熱ペイント	550 × 800
トタン板 (普通黒・遮熱黒・遮熱白・無加工)	1000 × 1200

3. 測定結果とその考察

3.1 温度測定結果

屋上の遮熱効果を対象とした実験なので、温度測定の結果を那覇市の沖縄気象台の観測値から主に天候が晴れで全天日射量の日合計が多い日を取り上げて解析を試みる。

晴れの日として、2006年8月27日、2006年9月20日、2006年9月30日、2006年10月9日、雨の日として2006年9月3日のデータを使用し、実験結果の考察として、各日射遮蔽材料下でのスラブ面の温度比較、各日射遮蔽材料表面の温度比較及びトタン板面での各塗装種の温度比較の経時変化を日別で図2.9～図2.23に示す。

また、使用した晴れの日データの露出したコンクリートスラブ表面の温度と各日射遮蔽材料の下スラブ面の温度及び表面温度との最高温度差とその温度が記録された時間を表2.4～表2.7に示す。トタン板面については白の遮熱ペイントと黒の普通ペイント、黒の遮熱ペイント、無加工のトタン板の最高温度差とその温度が記録された時間を表2.8～表2.11に示す。

晴天日のスラブ面の温度比較では屋上植栽ベース下スラブ面が露出したコンクリートスラブ表面と比較して最大22.1℃程度の温度差があり、今回実験した日射遮蔽材料の中で最も遮熱効果が高いことがわかった。セラミック製タイル下スラブ面は露出したコンクリートスラブ表面と比較して最大18.4℃程度温度が低くなり、白い遮熱ペイントを塗布したスラブ面も比較して最大13.4℃程度温度が低下し、どちらの場合も高い遮熱効果を示した。逆に、夜間は植栽ベース下が2～3℃高くなる。これは植栽ベースによって放射冷却が阻害されたためであるがその差は小さい。

また、晴天日の日射遮蔽材料表面の温度比較では露出したコンクリートスラブ表面と比較して植栽の表面で最大12.8℃程度温度が低下し、セラミック製タイルの表面では最大10.1℃程度の温度低下が見られ、ここでも植栽の遮熱効果は高く、表面の段階で既に大きな温度差があることがわかった。

次に、晴天日のトタン板面での塗装種別の温度を比較検討する。白い遮熱ペイントの日射の反射効果は高く、黒い普通ペイントと比較して最大21.0℃程度、黒い遮熱ペイントと比較して最大12.6℃程度、塗装無しの無加工のトタン板表面温度と比較して最大15.4℃程度の温度差で高い遮熱効果を示した。また、黒い遮熱ペイントは黒い普通ペイントや塗装無しのトタン板と比較して遮熱効果は高く、白い遮熱ペイントと比較するとその遮熱効果は小さいが、ある程度の効果は期待できる。

雨天日ではスラブ面、表面、トタン板面どの場合でも温度差は小さく、周りをベニヤ板で囲まれた状態の屋上植栽ベース下スラブ面で対流がおこりにくく、放射冷却も阻害されるため温度低下は小さくなった。

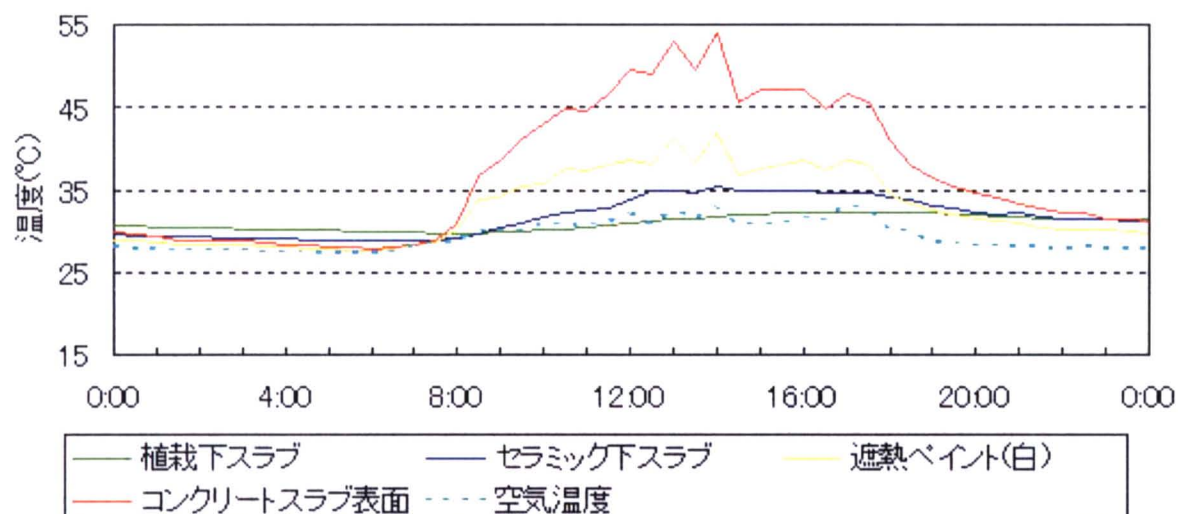


図2.9 2006/8/27 スラブ面の温度比較 (全天日射量日合計25.3MJ/m²)

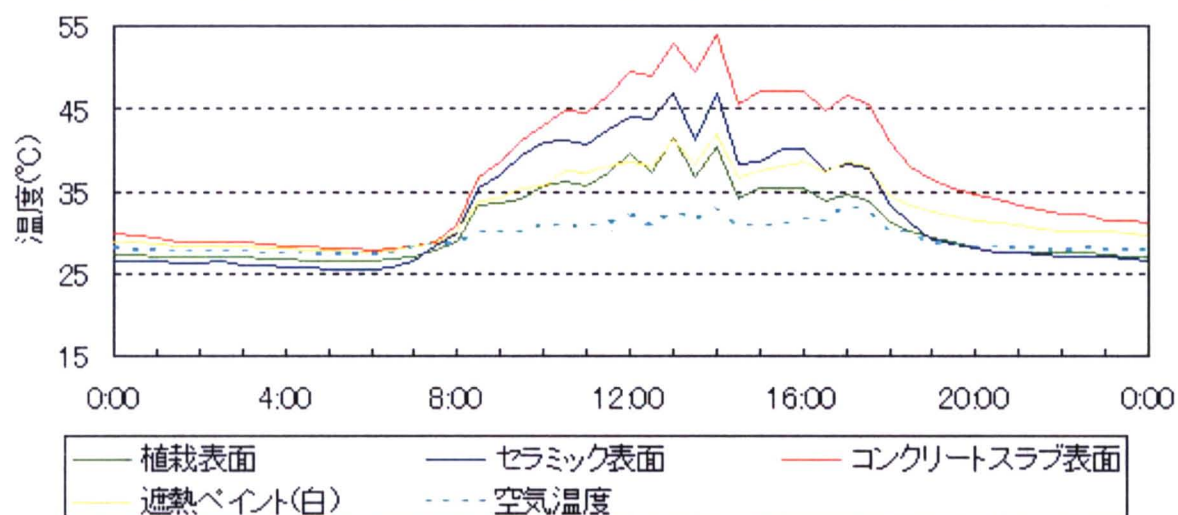


図2.10 2006/8/27 表面の温度比較 (全天日射量日合計25.3MJ/m²)

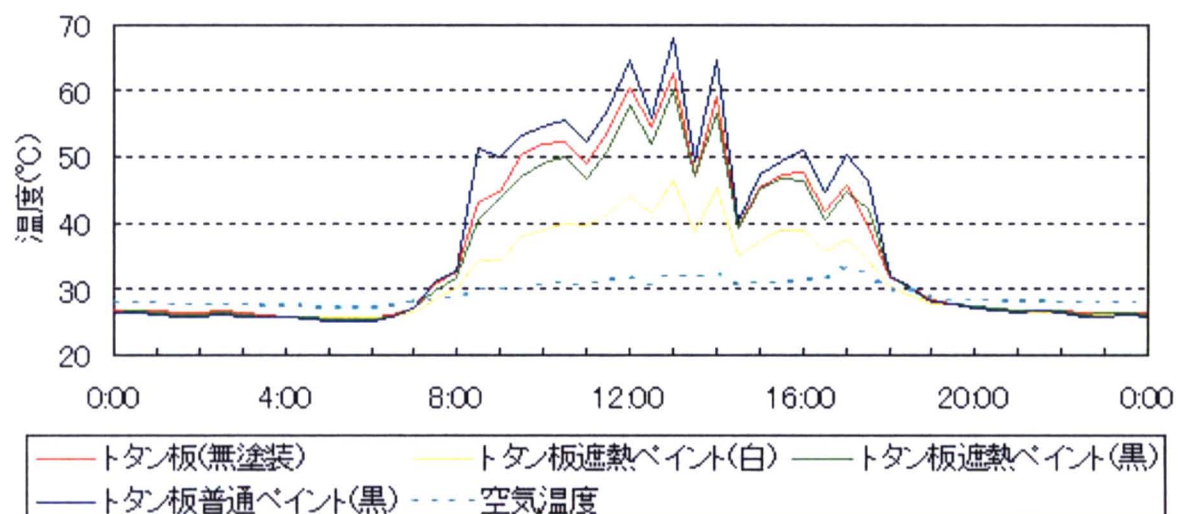


図2.11 2006/8/27 トタン板面の温度比較 (全天日射量合計25.3MJ/m²)

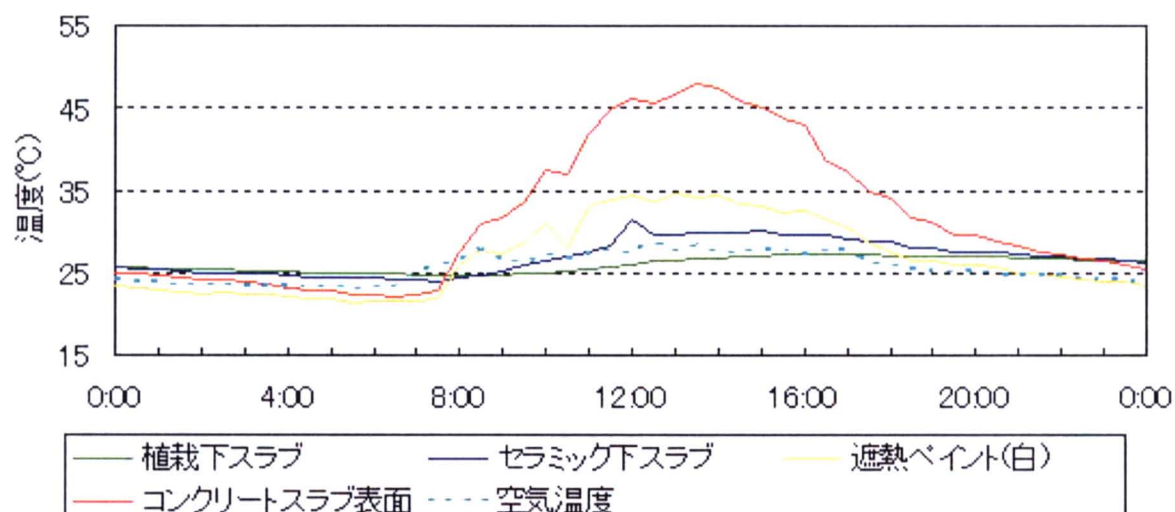


図2.12 2006/9/20 スラブ面の温度比較 (全天日射量日合計23.9MJ/m²)

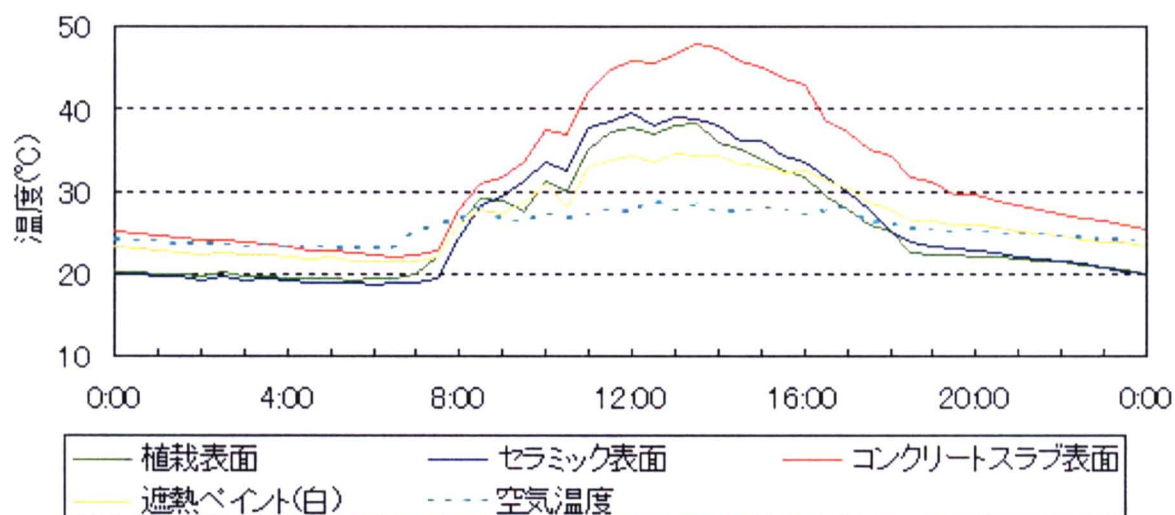


図2.13 2006/9/20 表面の温度比較 (全天日射量日合計23.9MJ/m²)

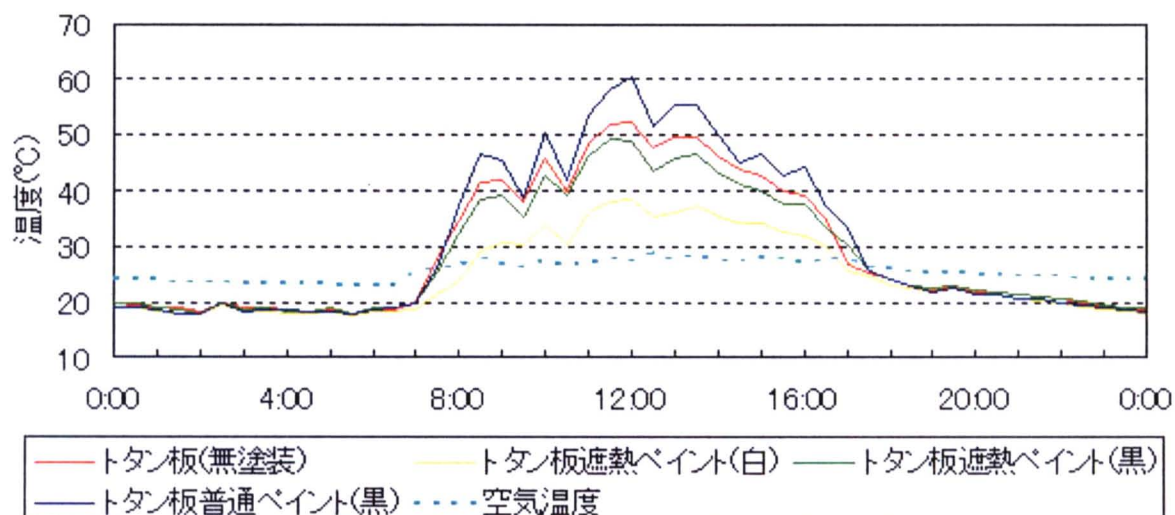


図2.14 2006/9/20 トタン板面の温度比較 (全天日射量日合計23.9MJ/m²)

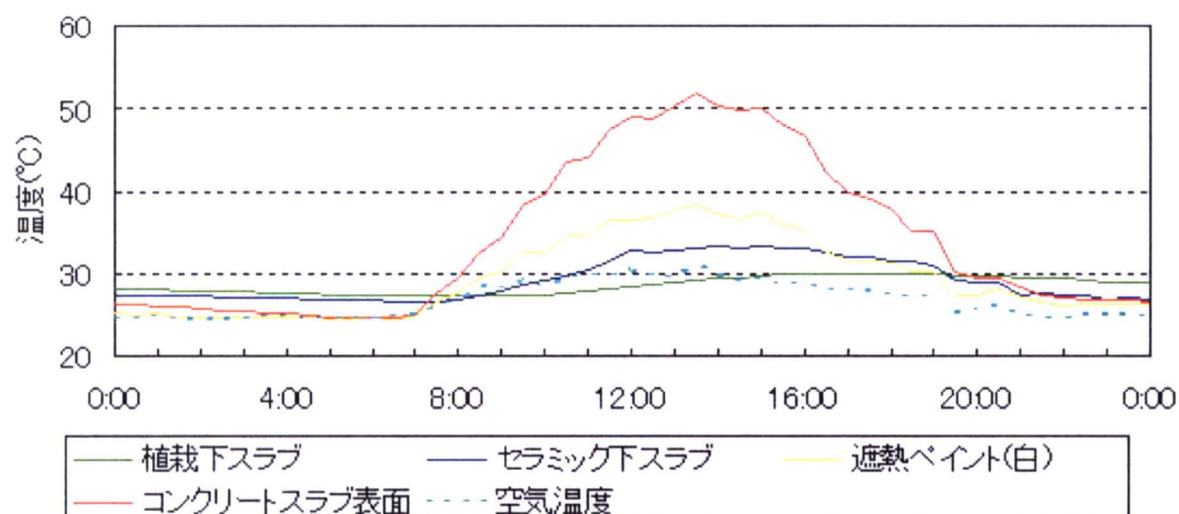


図2.15 2006/9/30 スラブ面の温度比較 (全天日射量日合計21.2MJ/m²)

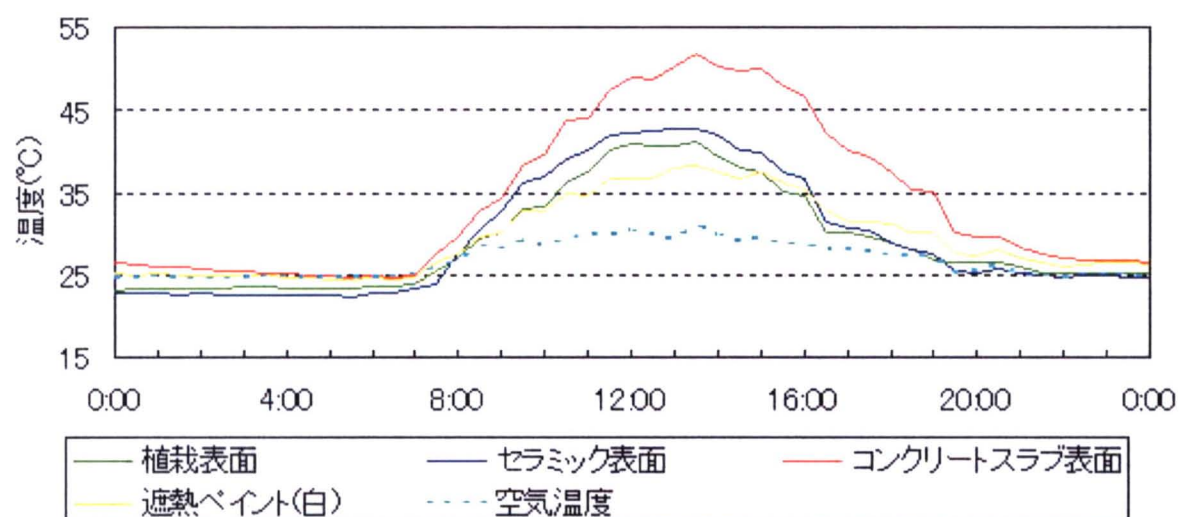


図2.16 2006/9/30 表面の温度比較 (全天日射量日合計 21.2MJ/m²)

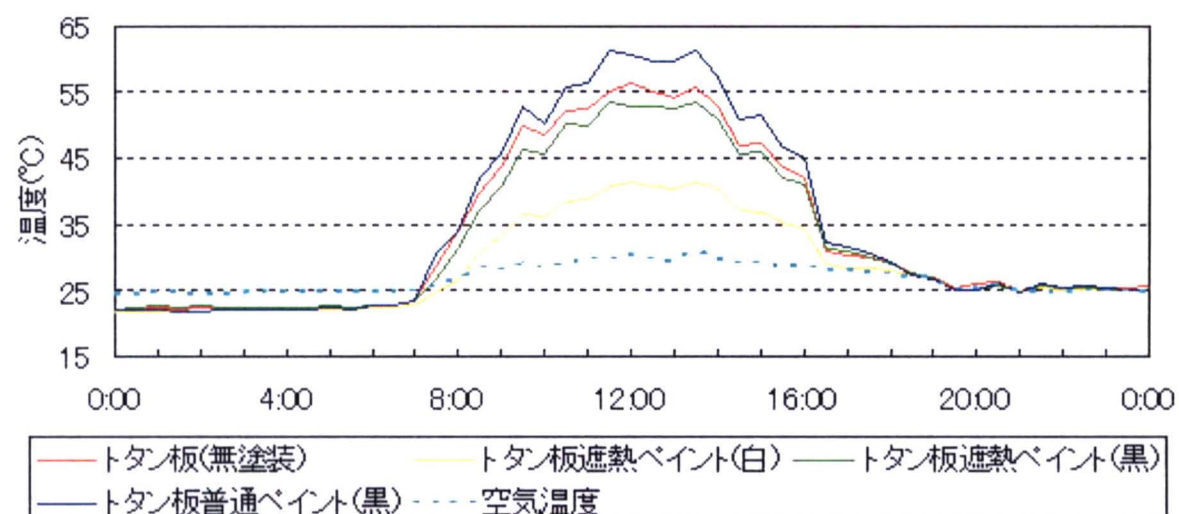


図2.17 2006/9/30 トタン板面の温度比較 (全天日射量日合計21.2MJ/m²)

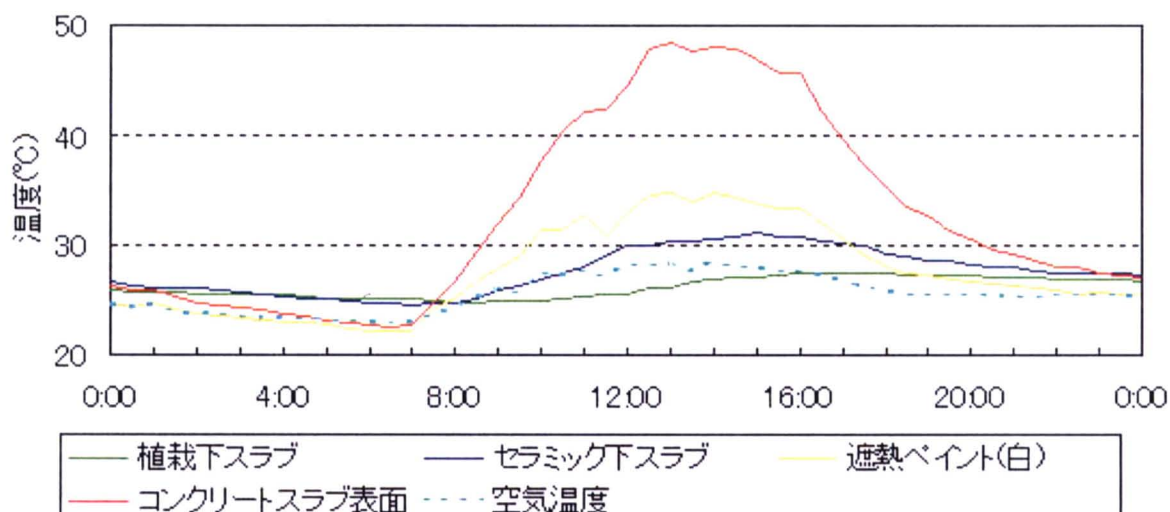


図2.18 2006/10/9 スラブ面の温度比較 (全天日射量日合計20.1MJ/m²)

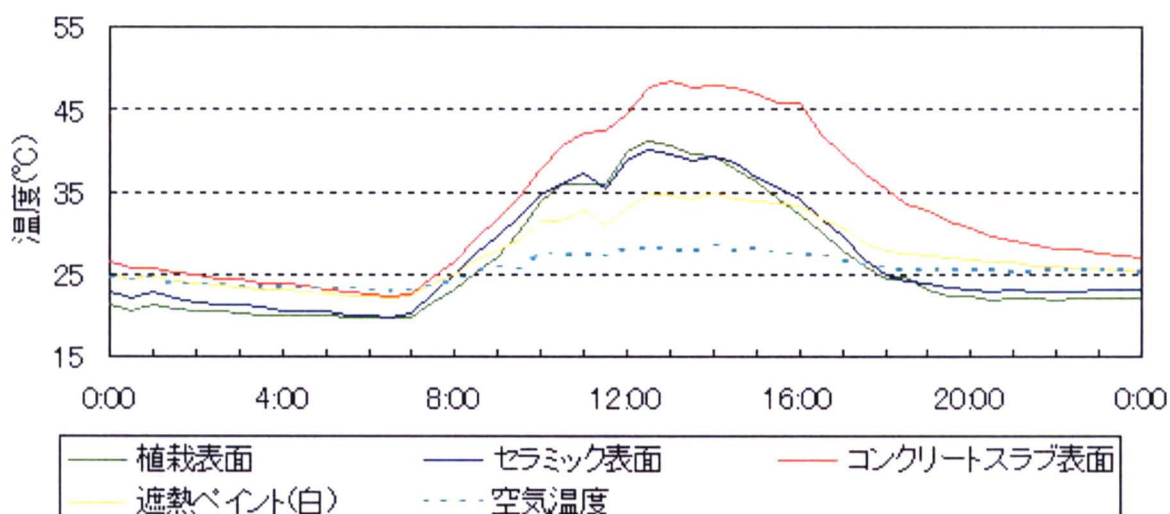


図2.19 2006/10/9 表面の温度比較 (全天日射量日合計20.1MJ/m²)

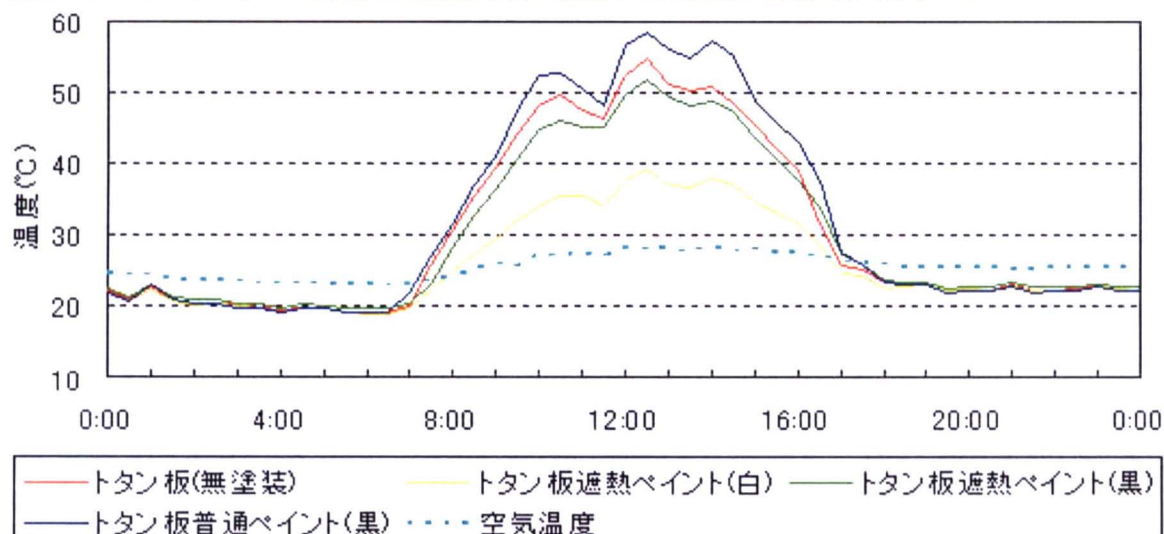


図2.20 2006/10/9 トタン板面の温度比較 (全天日射量日合計20.1MJ/m²)

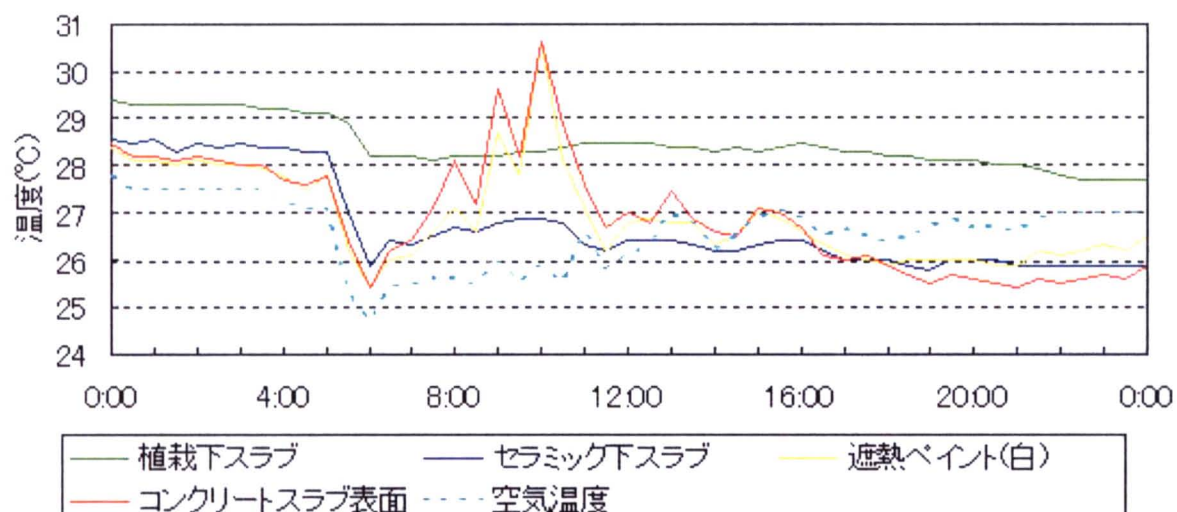


図 2.21 2006/9/3 スラブ面の温度比較 (全天日射量日合計 3.6MJ/m²)

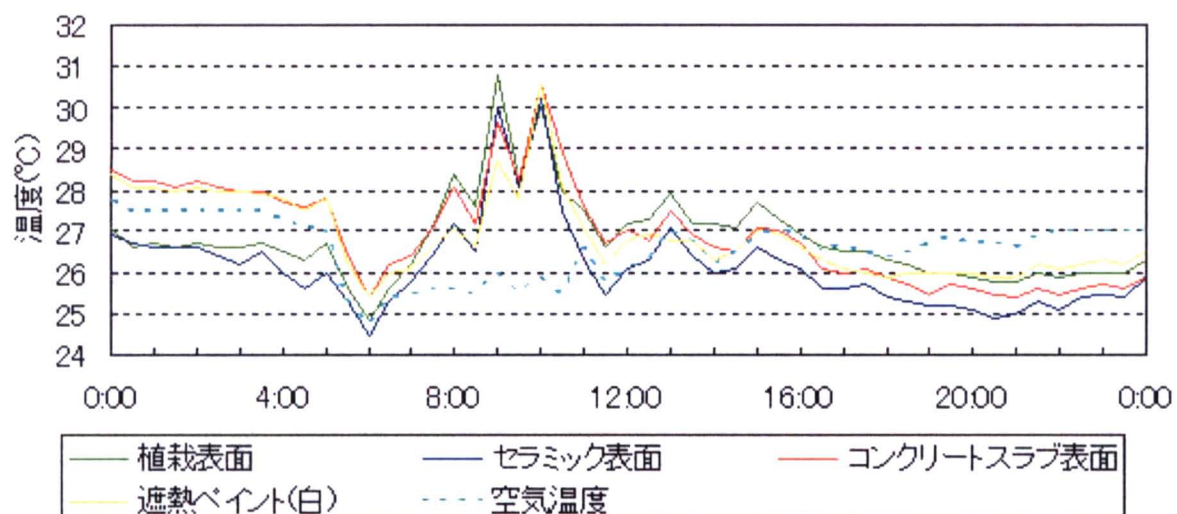


図 2.22 2006/9/3 表面の温度比較 (全天日射量日合計 3.6MJ/m²)

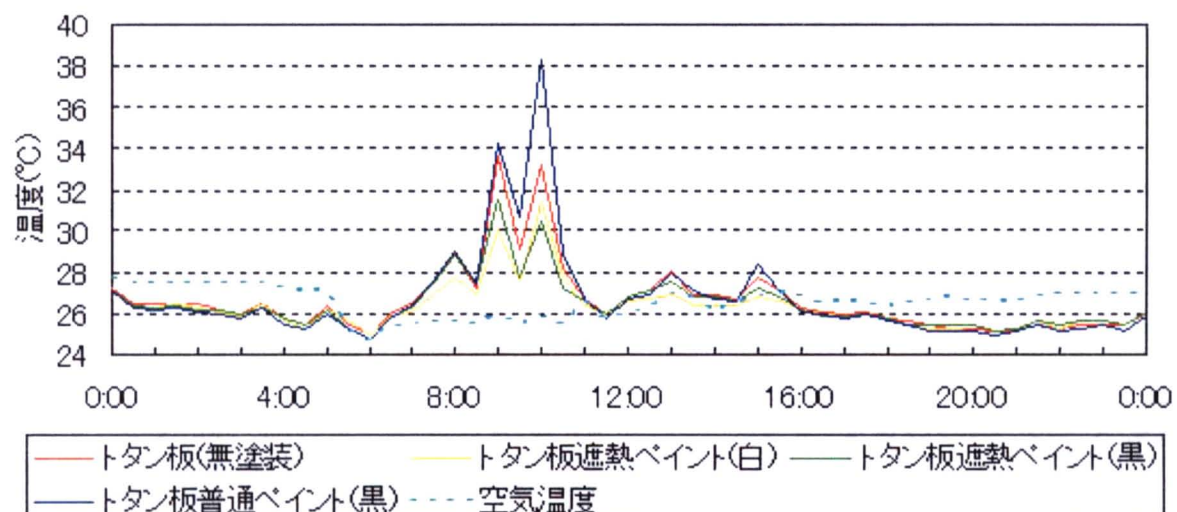


図2.23 2006/9/3 トタン板面の温度比較 (全天日射量日合計3.6MJ/m²)

表 2.4 2006/8/27 コンクリートスラブ面との最高温度差と記録時間

	最高温度差	記録した時間
ー植栽表面	13.5°C	14:00
ーセラミック製タイル表面	8.4°C	15:00
ーコンクリート白遮熱ペイント表面	12.0°C	14:00
ー植栽ベース下スラブ表面	22.1°C	14:00
ーセラミック製タイル下スラブ	18.6°C	14:00

表 2.5 2006/9/20 コンクリートスラブ面との最高温度差と記録時間

	最高温度差	記録した時間
ー植栽表面	11.4°C	14:00
ーセラミック製タイル表面	9.6°C	14:30
ーコンクリート白遮熱ペイント表面	13.9°C	13:30
ー植栽ベース下スラブ表面	21.3°C	13:30
ーセラミック製タイル下スラブ	18.2°C	13:30

表 2.6 2006/9/30 コンクリートスラブ面との最高温度差と記録時間

	最高温度差	記録した時間
ー植栽表面	12.8°C	15:30
ーセラミック製タイル表面	10.5°C	16:30
ーコンクリート白遮熱ペイント表面	13.6°C	13:30
ー植栽ベース下スラブ表面	22.7°C	13:30
ーセラミック製タイル下スラブ	18.7°C	13:30

表 2.7 2006/10/9 コンクリートスラブ面との最高温度差と記録時間

	最高温度差	記録した時間
ー植栽表面	13.5°C	16:00
ーセラミック製タイル表面	11.8°C	16:00
ーコンクリート白遮熱ペイント表面	13.9°C	13:00
ー植栽ベース下スラブ表面	22.3°C	13:00
ーセラミック製タイル下スラブ	18.2°C	13:00

表 2.8 2006/8/27 トタン板白遮熱ペイント表面との最高温度差と記録時間

	最高温度差	記録した時間
普通黒ペイントー	22.0°C	13:00
遮熱黒ペイントー	13.9°C	13:00
無加工ー	16.5°C	13:00

表 2.9 2006/9/20 トタン板白遮熱ペイント表面との最高温度差と記録時間

	最高温度差	記録した時間
普通黒ペイントー	22.1°C	12:00
遮熱黒ペイントー	11.3°C	11:30
無加工ー	14.1°C	11:30

表 2.10 2006/9/30 トタン板白遮熱ペイント表面との最高温度差と記録時間

	最高温度差	記録した時間
普通黒ペイントー	20.3°C	11:30
遮熱黒ペイントー	12.5°C	11:30
無加工ー	15.2°C	12:00

表 2.11 2006/10/9 トタン板白遮熱ペイント表面との最高温度差と記録時間

	最高温度差	記録した時間
普通黒ペイントー	19.5°C	12:30
遮熱黒ペイントー	12.8°C	12:30
無加工ー	15.8°C	12:30

3.2 放射測定結果

放射測定の結果を温度測定結果と同様に、各日射遮蔽材料の表 2.2 に示す測定期間から那覇市の沖縄気象台の観測値で日射量の多い晴天日のデータを取り上げて解析を試みる。

放射測定の結果として、各上向き下向きの長短波放射量の経時変化を各日射遮蔽材料の測定日で図 2.25～図 2.32 に示す。

上向き及び下向きの短波放射量の測定結果を用いて、各日射遮蔽材料の反射率を求める。反射率は上向きの短波放射量の測定結果を下向きの短波放射量の測定結果で除

した値である。日中の 8 時～18 時の各材料の反射率の値を平均したものを表 2.12 に示す。

長波放射の解析では式 2.1 を用いて放射率を求める。地物からの上向きの長波放射量の測定値 E を Y 軸、 T^4 の値を X 軸にとり、その相関図の近似線より放射率 ε の値を求める。上向きの長波放射量の測定値 E と T^4 の相関を各日射遮蔽材料で図 2.33～図 2.40 に示す。また、求めた放射率は反射率と同様に表 2.12 に示す。

沖縄では冬季の最低気温は約 10℃程度であり、夏季の冷房熱負荷対策が最も重要になってくる。夏季の最も良い屋上材料は長波放射率が高く、日射吸収率が低いものである。実験した日射遮蔽材料では図 2.24 に示すように、トタン板面の白遮熱ペイントが長波放射率 0.96 と最も高く、セラミック製タイルが日射吸収率 0.53 と最も低い値となった。

なお、この測定においては実験装置や器具などの関係上、図 2.8 に示すような状況及び表 2.3 に示すような狭い面積に対する測定となったため正確な値を保証できるものではない。各日射遮蔽材料の周辺はコンクリートスラブ面となっており、その影響を受けることで日中は T の値が上昇し、夜間は T の値が低下する可能性も考えられ、図の近似線の傾きが大きくなる可能性がある。今回は各日射遮蔽材料の反射率及び放射率の傾向をつかむために行ったものとする。また、トタン板白遮熱ペイントのデータは 18 時 30 分以降欠測となったため、0 時～18 時までのデータを用いて検証した。

屋上コンクリートスラブ面の白遮熱ペイントでは、放射率の値が不正確であると予想できるものとなった。これは測定面積が極端に小さく、周辺環境の影響が大きかったためと考えられる。

$$E = \varepsilon \sigma T^4 \quad (2.1)$$

E : 地物からの上向きの長波放射量

ε : 放射率

σ : ステファン - ボルツマンの定数 ($5.67 \times 10^{-8} \text{W/m}^2\text{K}^4$)

T : 材料表面温度 (K)

表 2.12 各日射遮蔽材料の反射率及び放射率

日射遮蔽材料	反射率 (8~18 時平均値)	放射率 _λ
屋上植栽ベース	0.22	0.9069
セラミック製タイル	0.47	0.8193
コンクリートスラブ	0.17	0.8463
コンクリート白遮熱ペイント	0.33	1.4171
トタン板黒普通ペイント	0.211	0.7022
トタン板黒遮熱ペイント	0.213	0.8475
トタン板白遮熱ペイント	0.41	0.9601
無加工のトタン板	0.19	0.7089

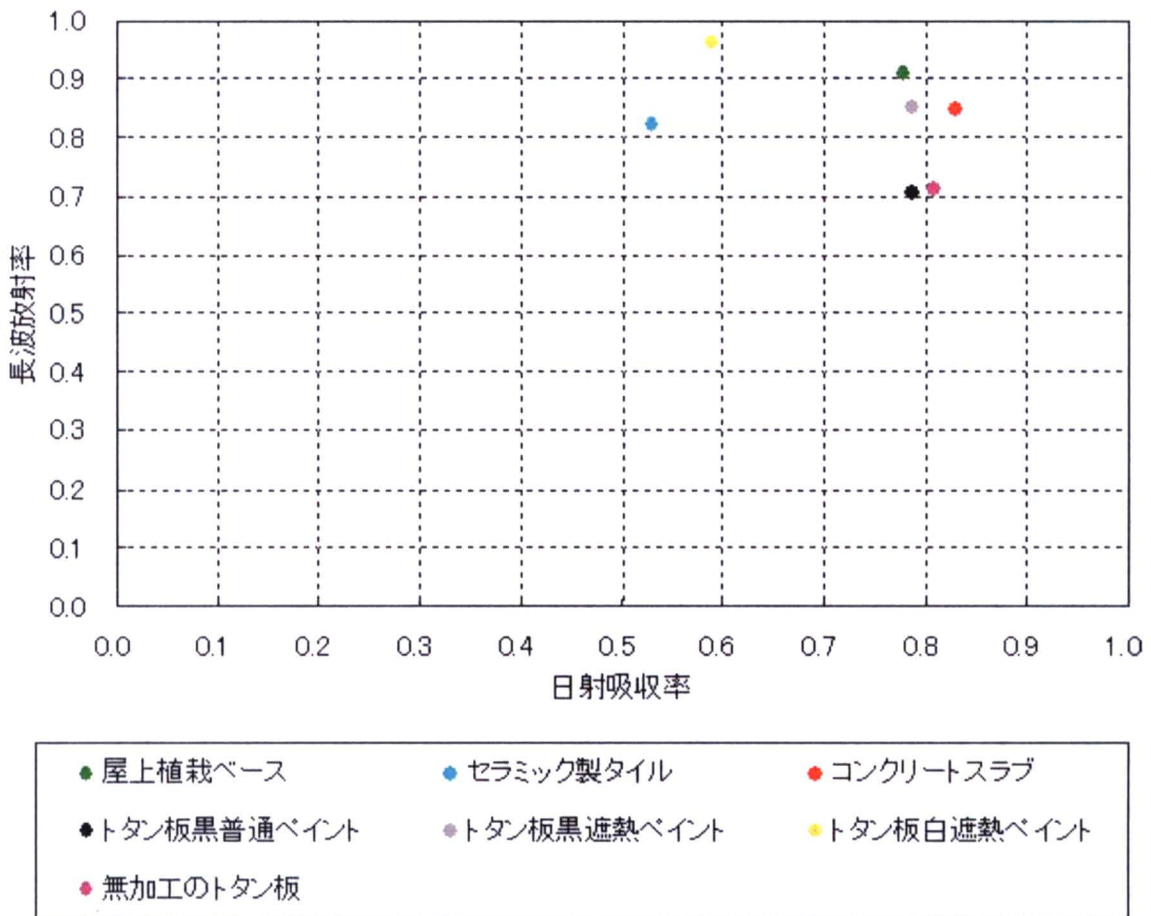


図2.24 日射吸収率と長波放射率の相関

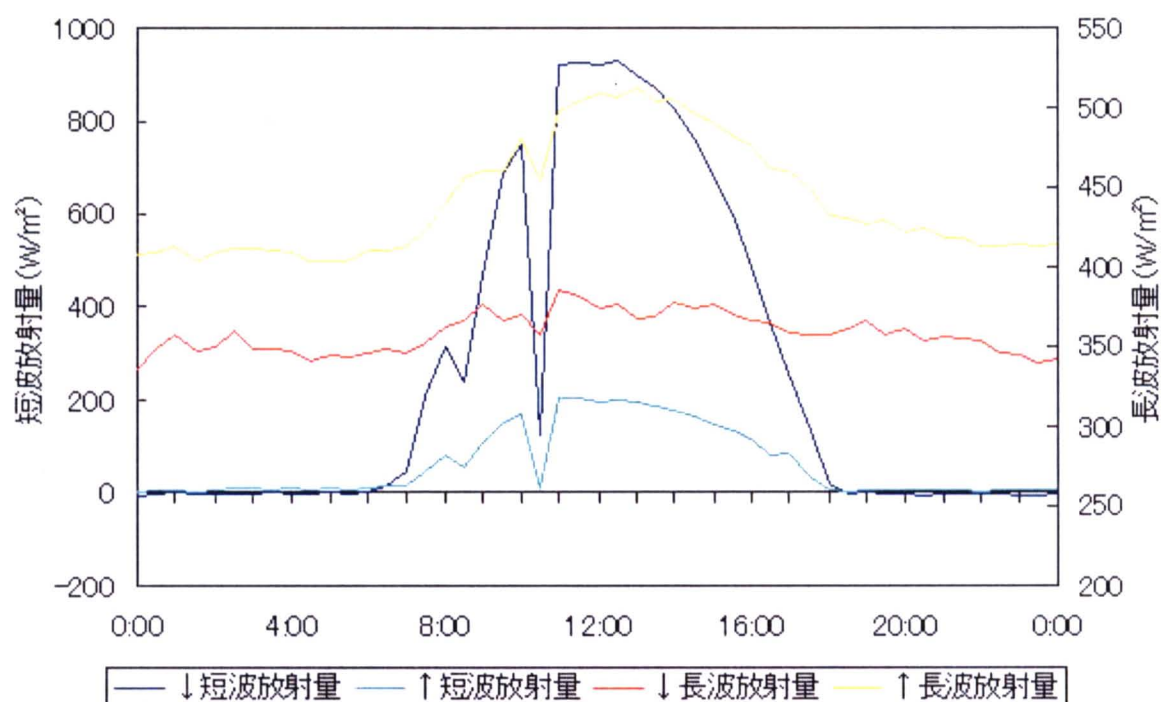


図 2.25 2006/9/20 長短波放射量の経時変化（屋上植栽ベース）

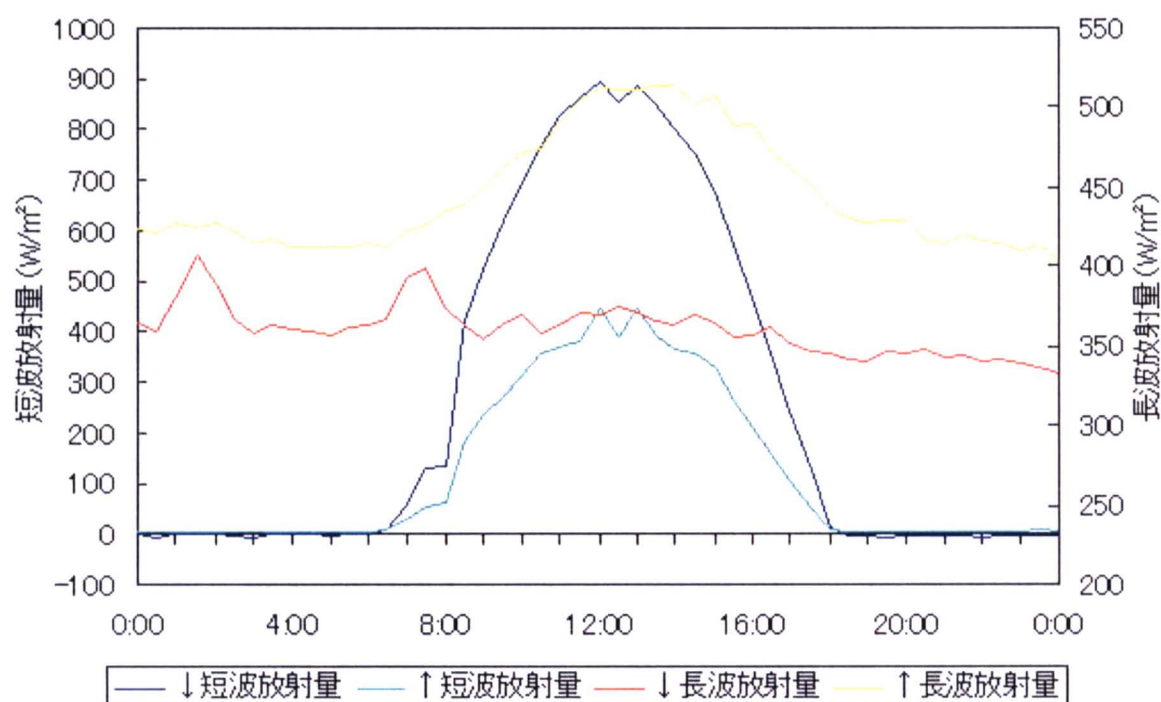


図 2.26 2006/9/25 長短波放射量の経時変化（セラミック製タイル）

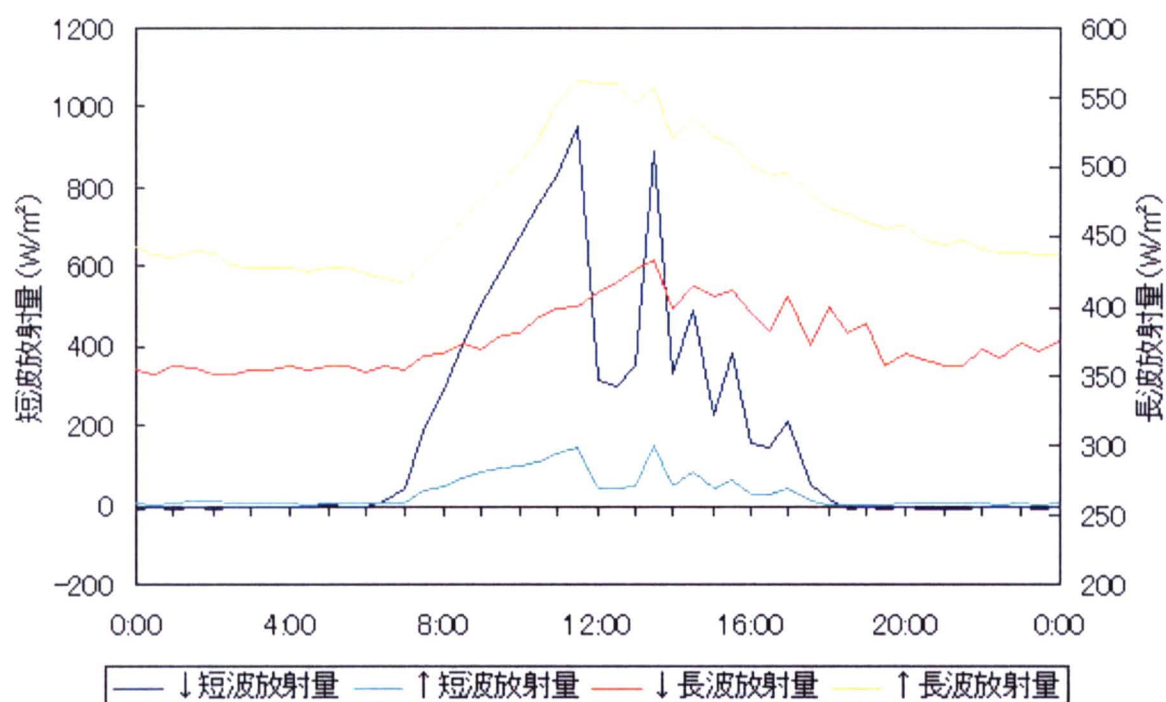


図 2.27 2006/9/29 長短波放射量の経時変化（コンクリートスラブ）

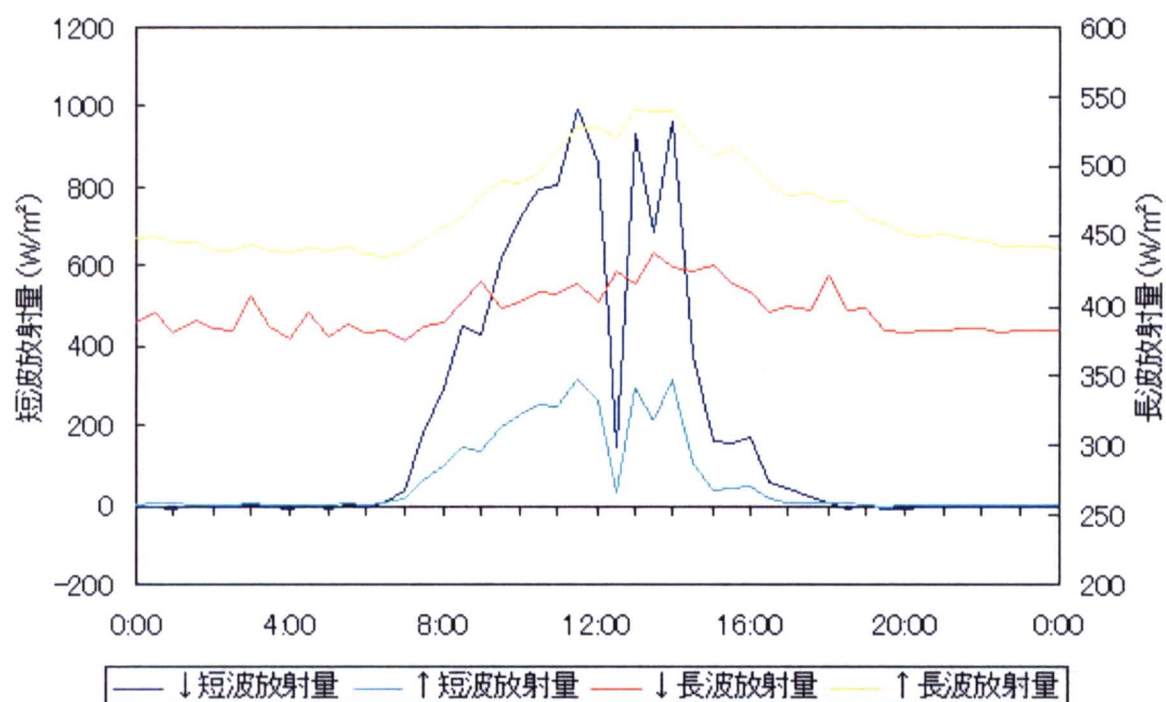


図 2.28 2006/10/2 長短波放射量の経時変化（コンクリート白遮熱ペイント）

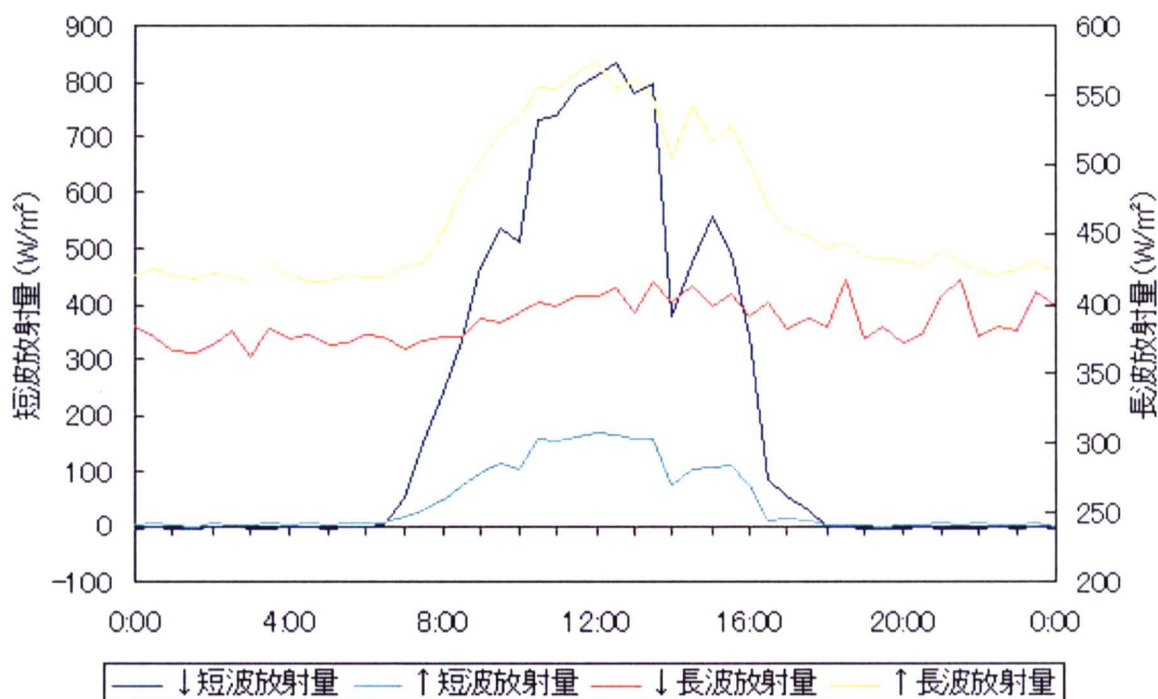


図 2.29 2006/10/23 長短波放射量の経時変化 (トタン板黒普通ペイント)

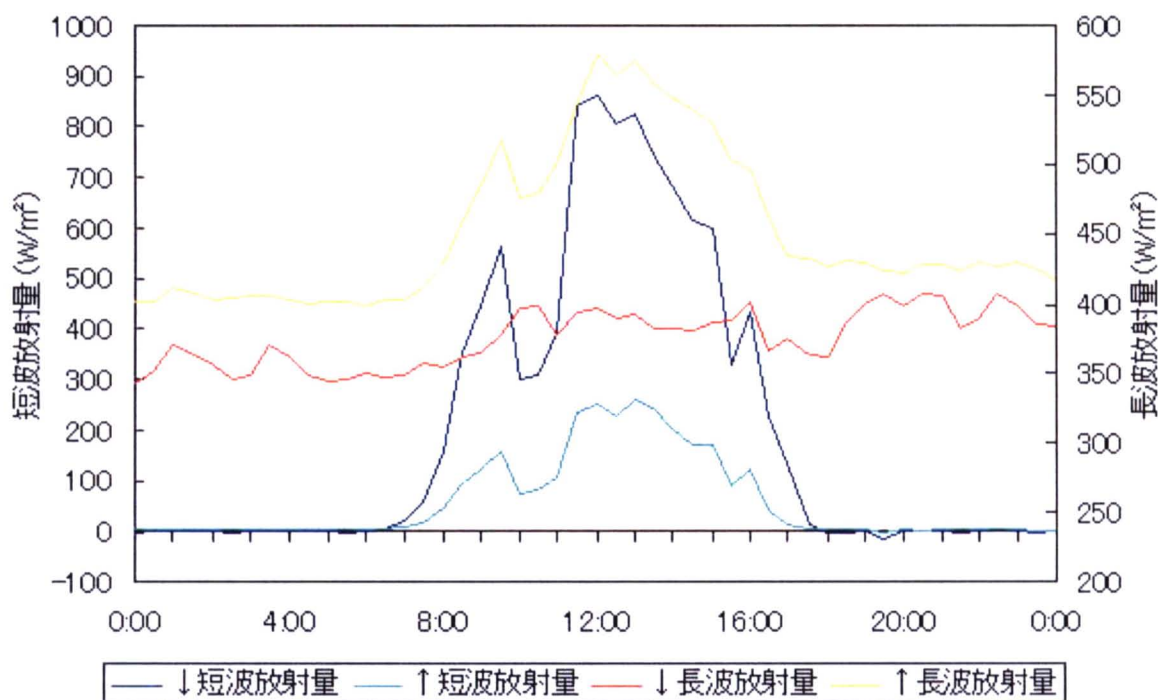


図 2.30 2006/10/26 長短波放射量の経時変化 (トタン板黒遮熱ペイント)

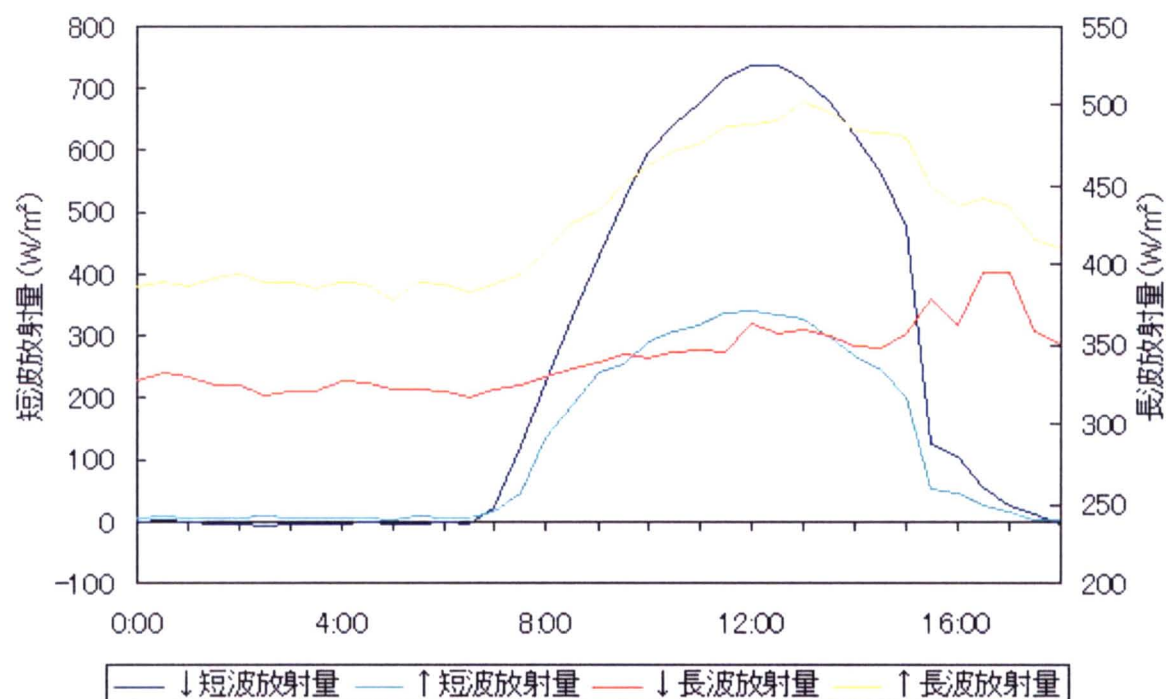


図 2.31 2006/11/5 長短波放射量の経時変化（トタン板白遮熱ペイント）

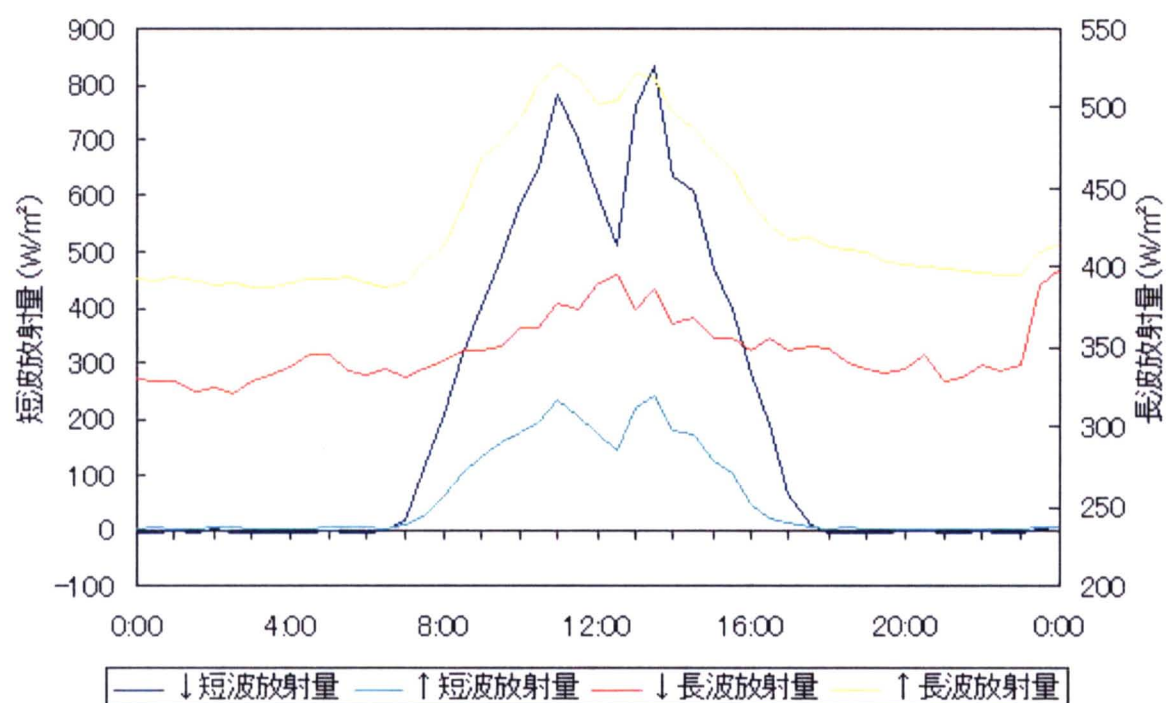


図 2.32 2006/11/6 長短波放射量の経時変化（無加工のトタン板）

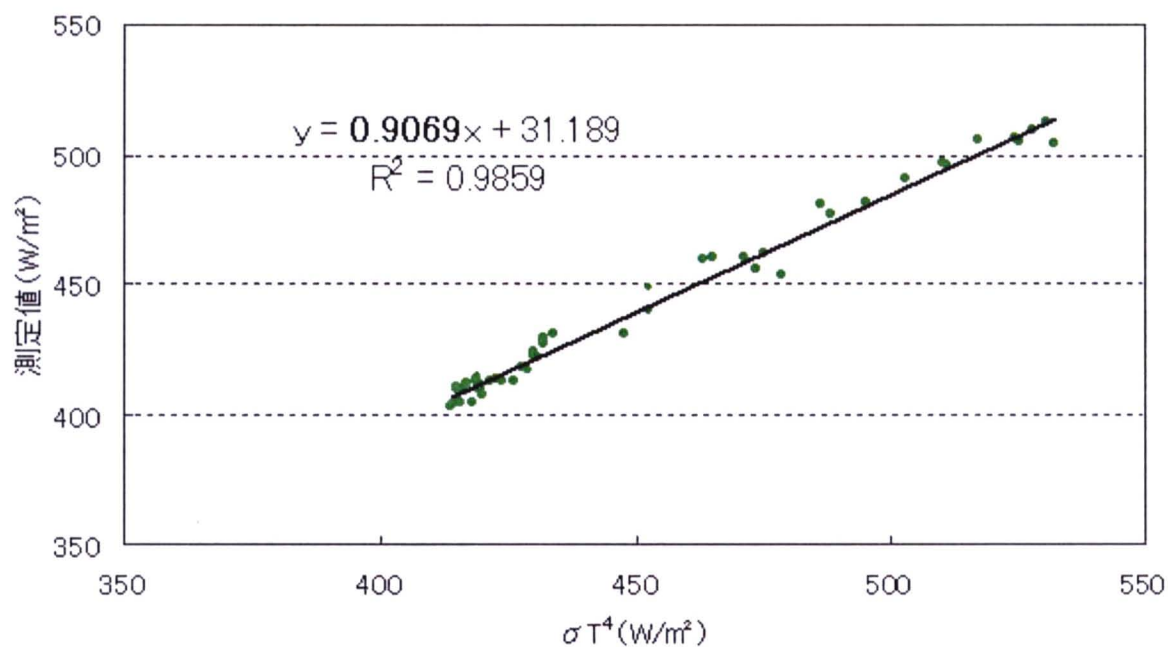


図 2.33 ↑長波放射量測定値と σT^4 の相関（屋上植栽ベース）

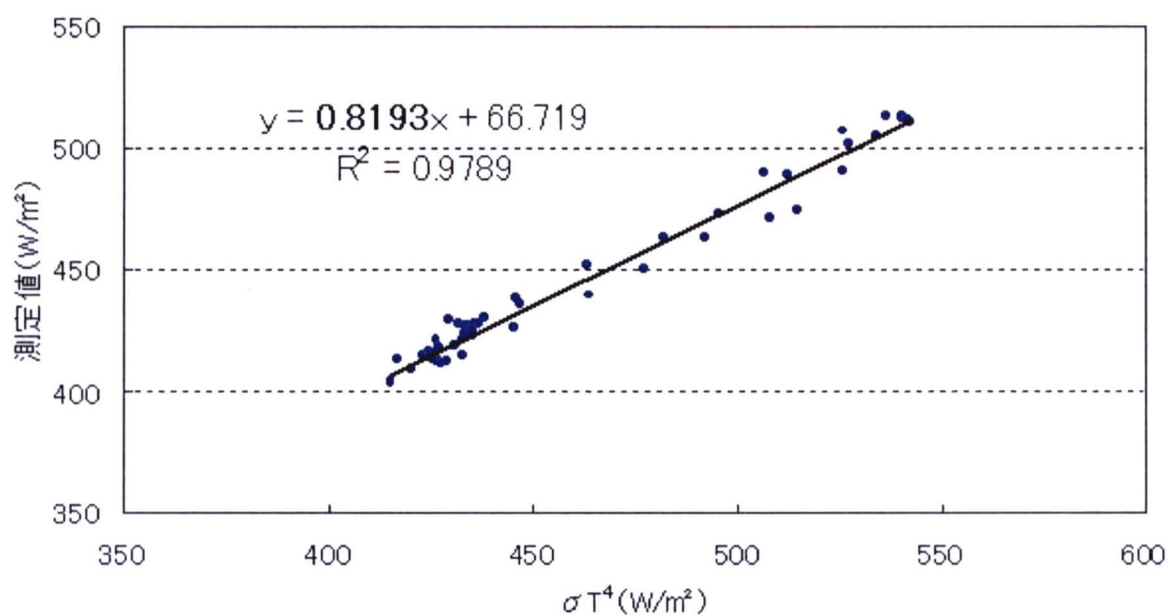


図 2.34 ↑長波放射量測定値と σT^4 の相関（セラミック製タイル）

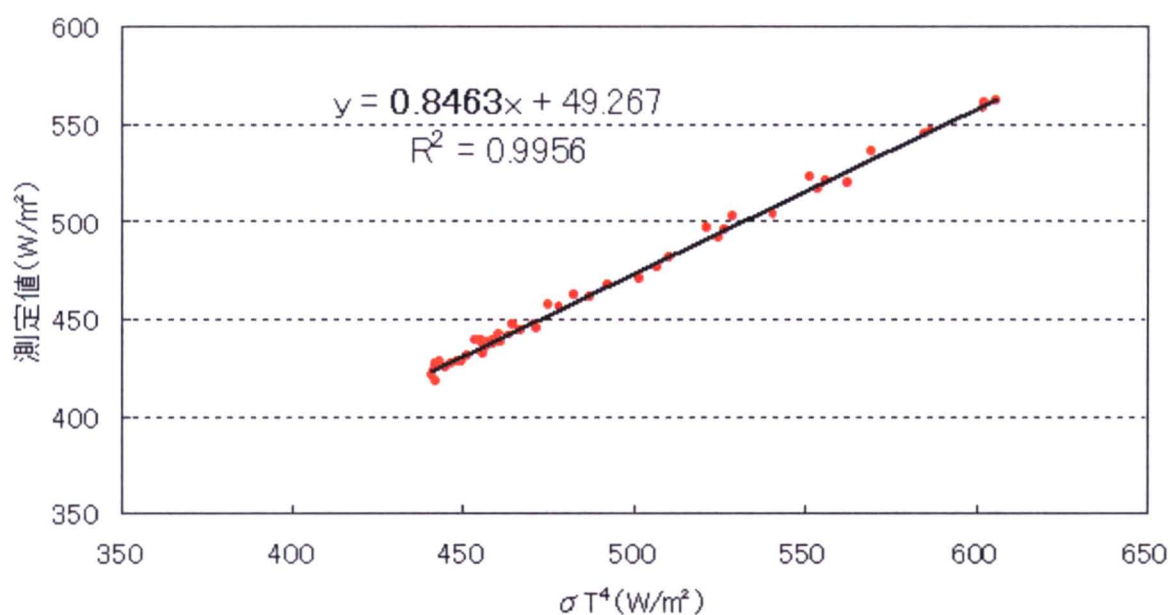


図 2.35 ↑長波放射量測定値と σT^4 の相関（コンクリートスラブ）

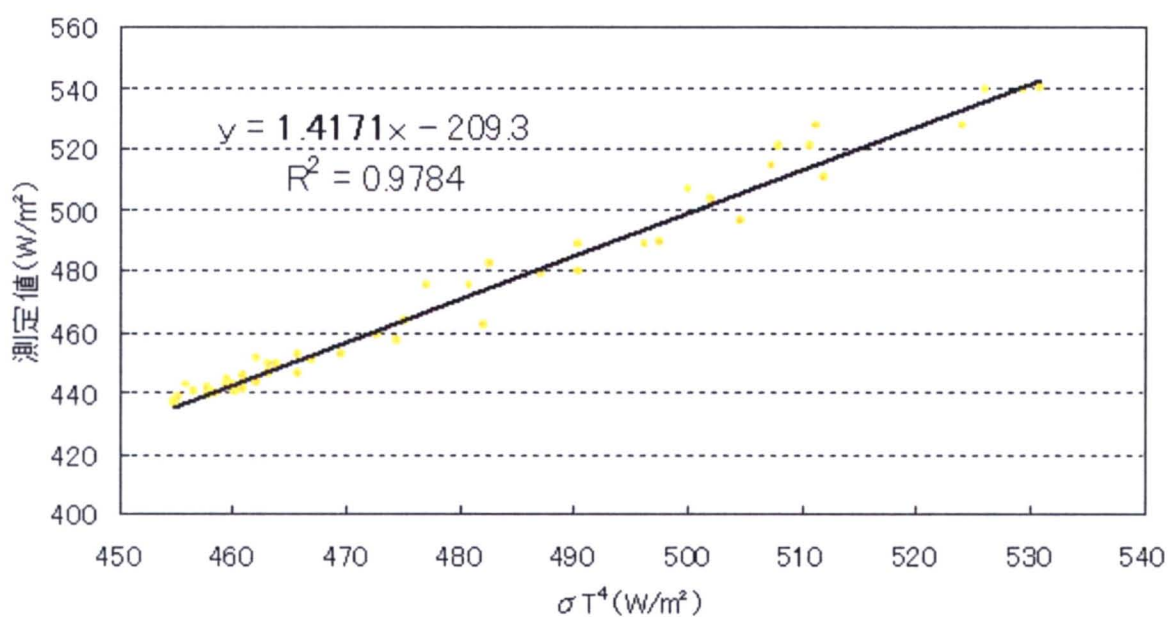


図 2.36 ↑長波放射量測定値と σT^4 の相関（コンクリート白遮熱ペイント）

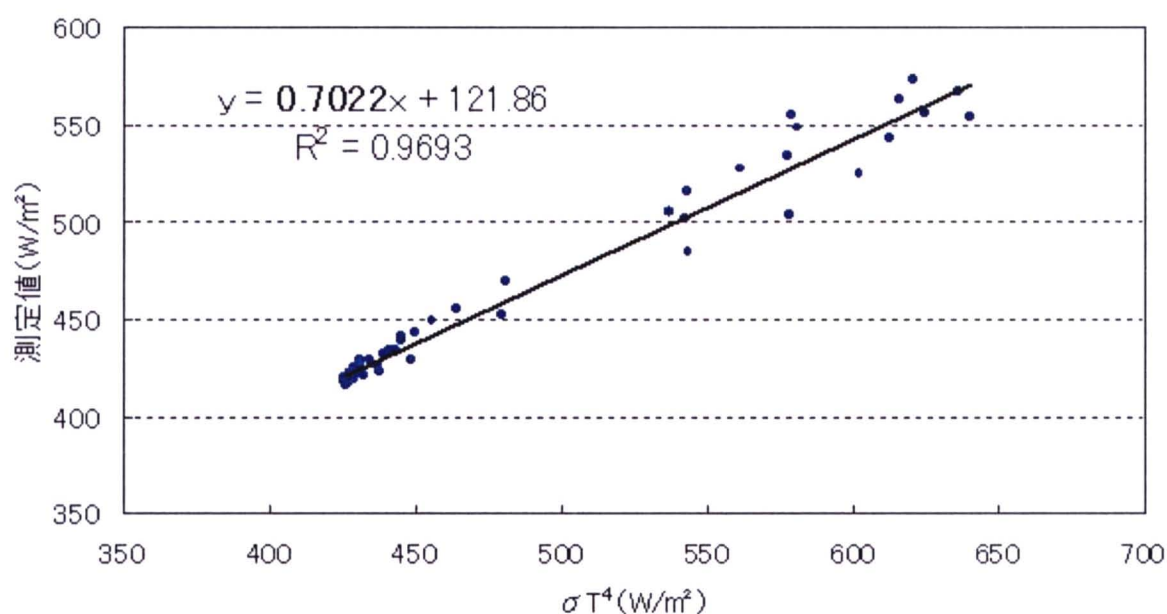


図 2.37 ↑長波放射量測定値と σT^4 の相関（トタン板黒普通ペイント）

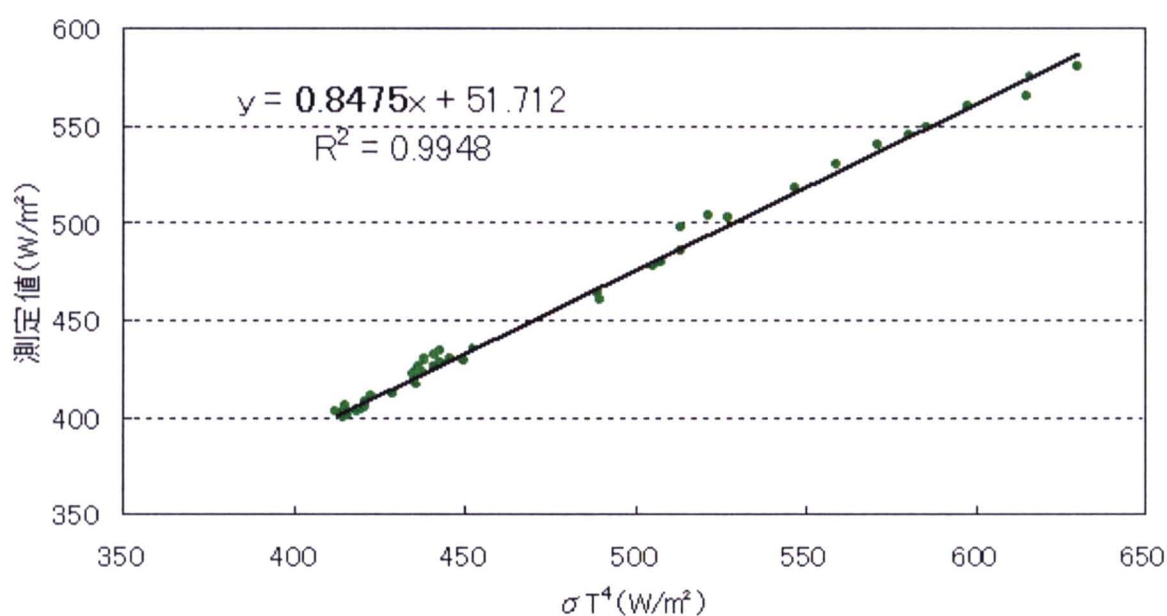


図 2.38 ↑長波放射量測定値と σT^4 の相関（トタン板黒遮熱ペイント）

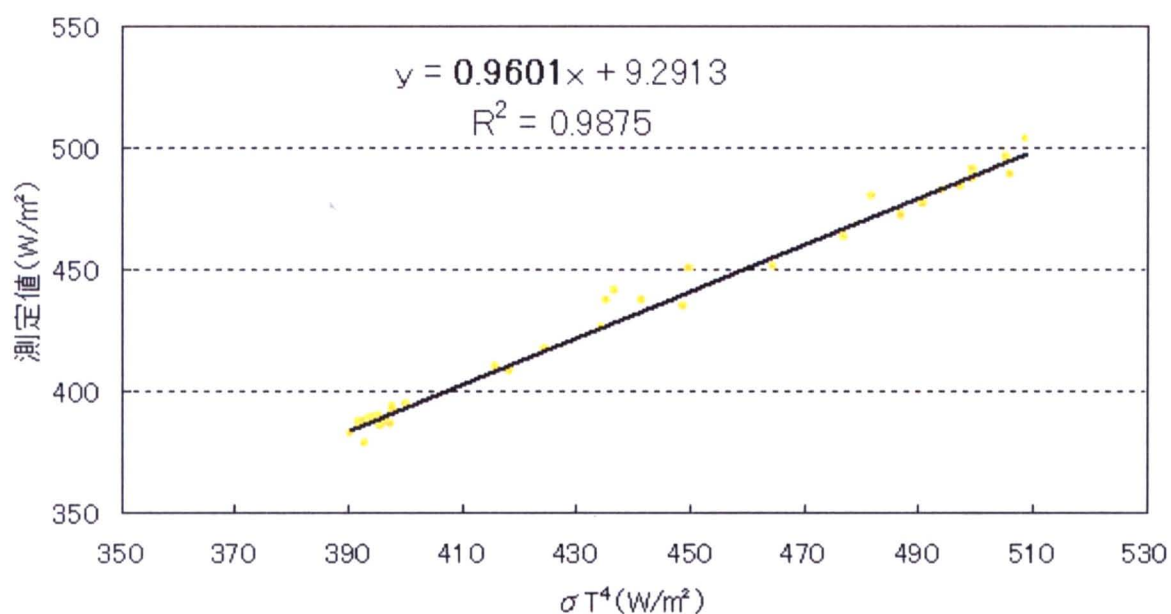


図 2.39 ↑長波放射量測定値と σT^4 の相関（トタン板白遮熱ペイント）

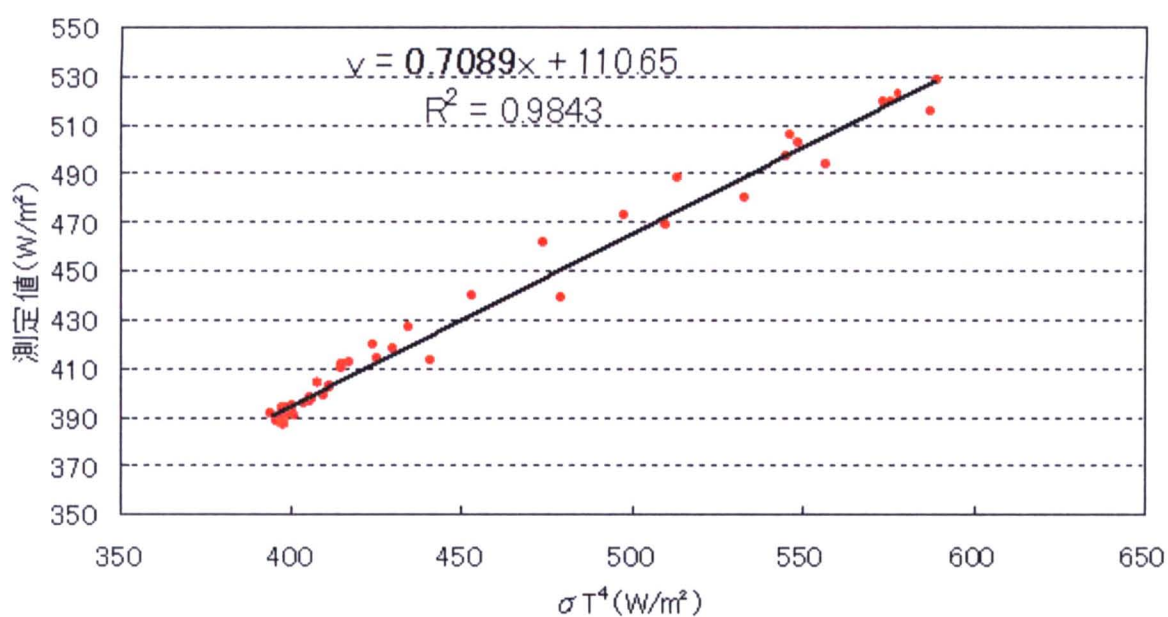


図 2.40 ↑長波放射量測定値と σT^4 の相関（無加工のトタン板）

3.3 日射量と表面温度の関係

沖縄の日射による熱効果を検討するために、日射のある 8 時～18 時の間の各日射遮蔽材料の表面温度の平均と露出したコンクリートスラブ面との温度差と沖縄気象台の那覇市の観測値の全天日射量日合計との相関を図 2.41～図 2.44 に示し、日射量の増加に伴う表面温度差の変化をみる。

ここでは屋上植栽ベース、セラミック製タイル、コンクリート面白遮熱ペイント及びトタン板面に関しては最も表面温度の低い白の遮熱ペイントを取り上げて検討する。

上記のいずれの相関も正の比例関係となり、日射量の増加とともに各日射遮蔽材料の表面温度と露出したコンクリートスラブ面との温度差も大きくなることは明らかである。図の近似線は切片を 0 として、植栽ベース表面が $y=0.355x$ 、セラミック製タイル表面が $y=0.283x$ 、コンクリート白遮熱ペイント面が $y=0.364x$ 、トタン板白遮熱ペイント面が $y=0.327x$ となった。

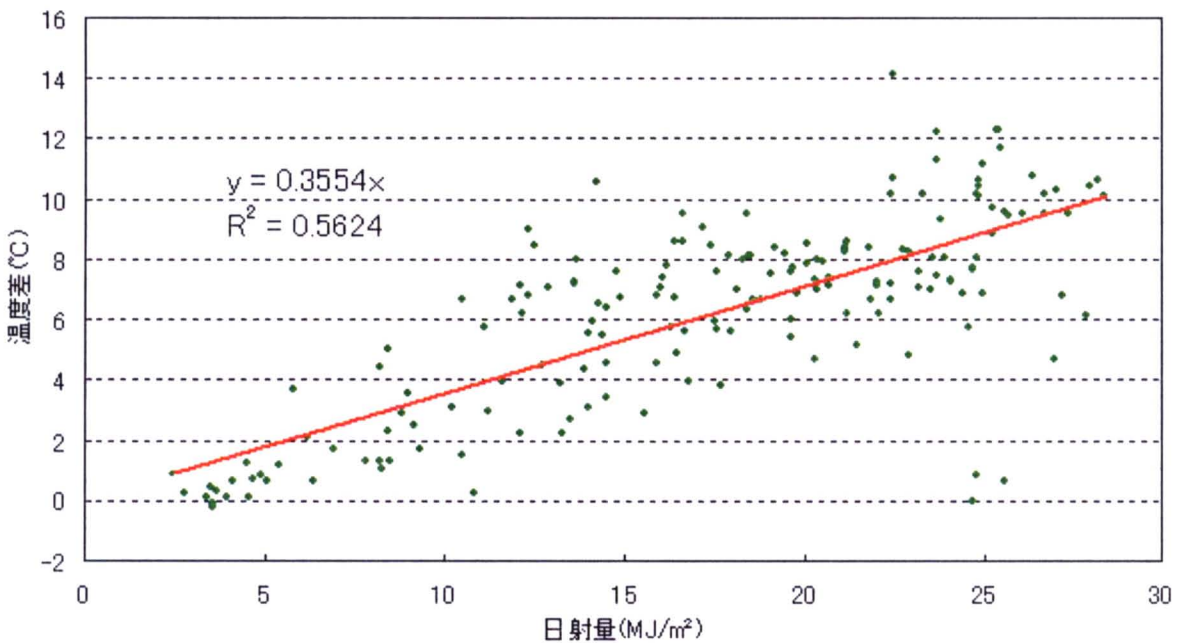


図 2.41 コンクリートスラブ面－屋上植栽ベース表面

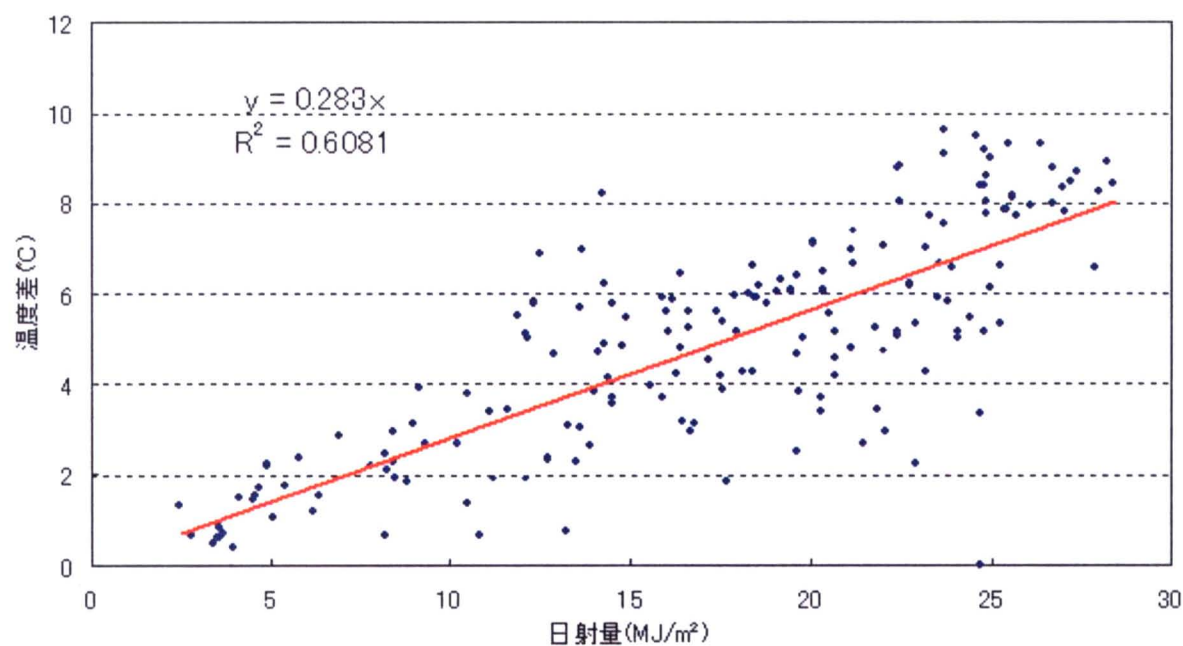


図 2.42 コンクリートスラブ面—セラミック製タイル表面

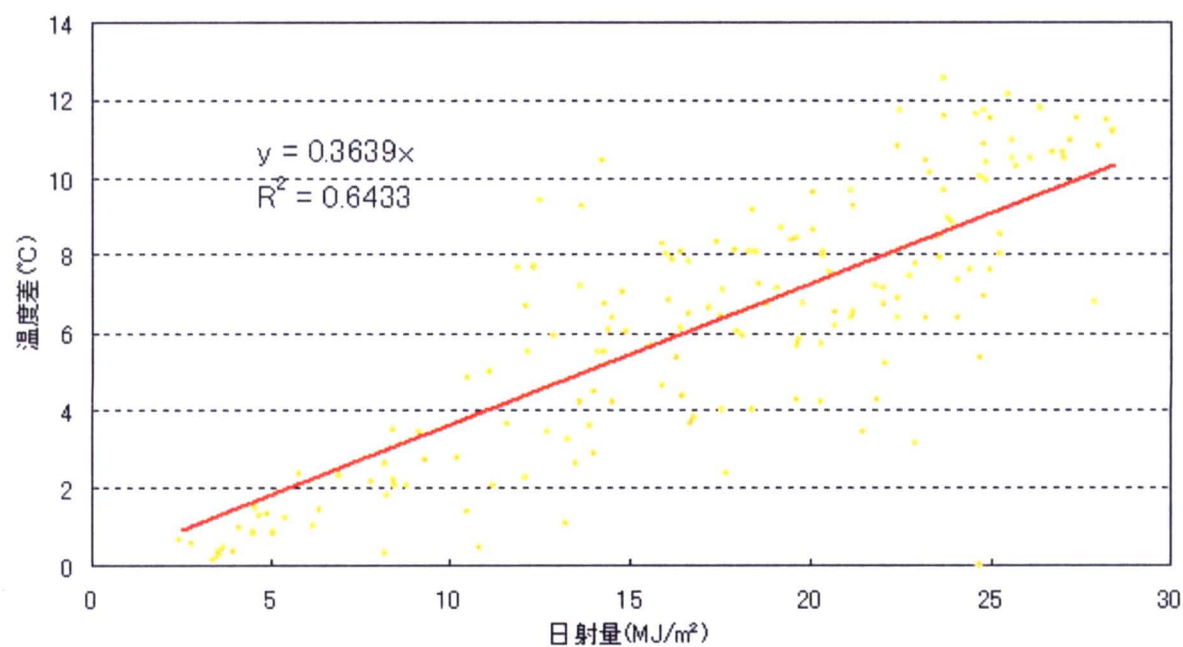


図 2.43 コンクリートスラブ面—コンクリート白遮熱ペイント面

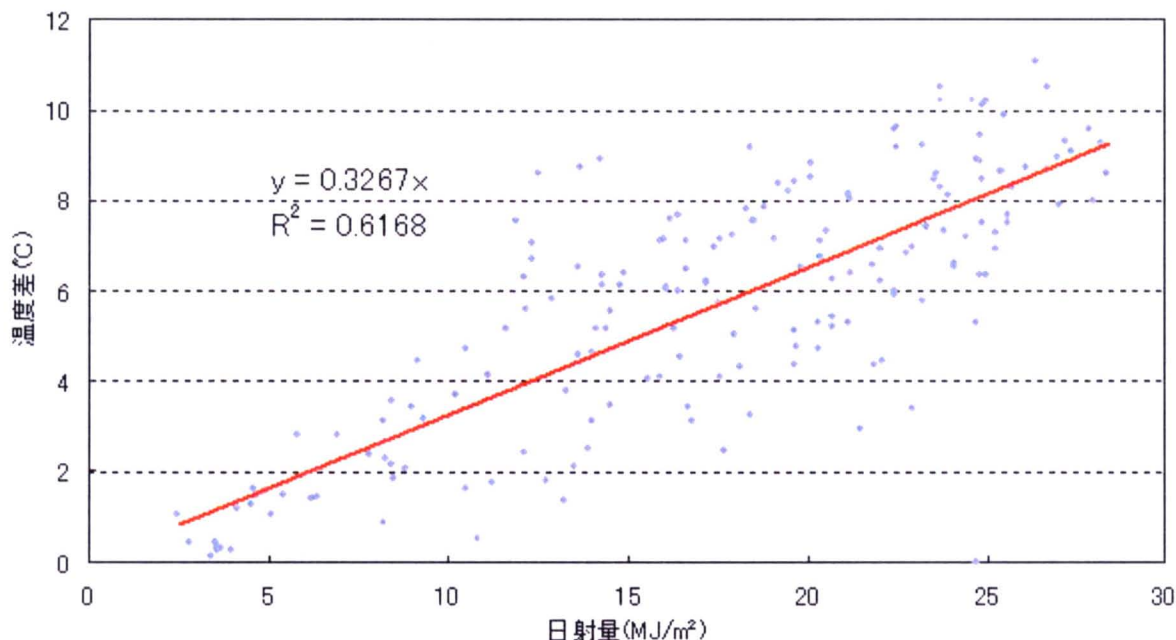


図 2.44 コンクリートスラブ面ートタン板面白遮熱ペイント

3.4 熱流

コンクリートスラブ面を通過する熱の貫流は比較的長い時間がかかるため、精密な熱負荷の予測などにおいては時間的な変動を考慮した非定常計算を行うが、一般に冷房期間を通して熱負荷を求める場合は定常計算と非定常計算の違いは小さく、計算も非常に複雑となってくるため、本研究では概略の値を求めることを目的とし、定常計算によって予測を行った。

はじめに日射遮蔽材料による冷房熱負荷軽減効果を検討する。事務所建築等の使用状況が比較的安定し、空調使用を前提としている場合を考え、室温を 26°C一定と仮定して計算を行う。屋上スラブの材料と熱物性値を表 2.13 のように仮定し、発砲ポリウレタンを断熱材とした。

今回も温度測定結果と同様に、晴れの日として、2006年8月27日、2006年9月20日、2006年9月30日、2006年10月9日、雨の日として2006年9月3日のデータを使用し熱流計算を行った。室内側の総合熱伝達率を $8\text{W/m}^2\text{K}$ と仮定し、表 2.13 の熱物性値を用いて、屋上外側表面から室内空気までの熱貫流の値を求める。熱貫流抵抗 R は $0.9873\text{ (m}^2\text{K/W)}$ 、熱貫流率 K は $1.0128\text{ (W/m}^2\text{K)}$ となり、(熱貫流率) × (温度差) より、単位面積当りの熱流を求められるため、熱貫流率 K に各時刻における各日射遮

蔽材料下スラブの表面温度と仮定した一定室温の 26℃との差を掛ければよい。

求めた熱流の計算結果を表 2.14 に、単位面積当りの熱流の経時変化を日別に図 2.45～図 2.49 にそれぞれ示す。

単位面積当りの熱流は取り上げた晴天日の全ての日において屋上植栽ベースが最も小さくなり、放射冷却は阻害されても遮熱効果の大きいことがわかる。8 月 27 日は晴天日で最高気温が 33.4℃、日射量も 25.3MJ/m²と高く、それでも屋上植栽ベースが最も効果が高いため、夏季を通して屋上植栽ベースの遮熱効果が期待できることがわかる。セラミック製タイル及び白遮熱ペイントもコンクリートスラブ面と比較すると大きな効果があることが明らかになった。また、取り上げた各晴天日の最高気温は気象庁の那覇市のデータより 9 月 20 日が 28.5℃、9 月 30 日が 32.4℃、10 月 9 日が 29.3℃となっている。

雨の日に関しては全ての状況で単位面積当りの熱流は小さいが、植栽ベースで最も熱流が大きくなった。スラブ面の放射冷却が阻害され、周りをベニヤ板で囲まれている状態から水による冷却効果や対流による影響を受けにくいためと考えられる。

実際の流入熱量は求めた熱流の計算結果に屋根面積を掛けたものとなる。今回は屋根面積を 10m×20m の 200m²と仮定し、日中の 8 時～18 時の熱流を積算した値を用いて流入熱量を計算する。計算した流入熱量を空調機器の運転による電力に換算するため、空調機器の COP を 3 と仮定し、さらに業務用の従量電力料金を 14 円/kWh と仮定して求めた結果を表 2.14 に示す。

最も流入熱量が大きい 8 月 27 日の結果から見ても、屋上植栽ベースでコンクリートスラブそのままの場合と比較して約 27%の空調電力量となり、壁面や窓面、換気による熱負荷は考慮されず、屋根面から流入する熱負荷だけの計算値であるが、空調電気料は 1 ヶ月で約 4200 円の節約となる。セラミック製タイルや白遮熱ペイントでもその電力節約量が大きくなることは明らかである。

雨の日に関しては、セラミック製タイルや白遮熱ペイントは効果がでていたが、屋上植栽ベースは逆効果となっている。しかし、その差は小さく夏季の期間を通してみれば消費電力量を減らし、環境に大きく貢献できるといえる。

次に屋上植栽ベースとセラミック製タイルの表面から下スラブ面までの熱の変化を、取り上げた晴天日 4 日間の 8 時～18 時までの温度を平均し、図 2.50 と図 2.51 にそれぞれ示す。

屋上植栽ベースは芝生表面からベース表面までの間に約 4℃と大きく温度が低下し、ベースの表面から裏面とベース裏面から下スラブ表面ではそれぞれ約 1℃ずつ温度低下している。よって植栽部分による熱の損失量が非常に大きいことが明らかとなった。

セラミック製タイルでは表面から裏面にかけて約 3°Cが低下し、裏面から下スラブ表面までに約 2.5°C低下している。屋上植栽ベースのようにベニヤ板で周りを囲んでいない状況が裏面から下スラブ表面までの間の対流によって、温度低下を起こしやすくしている。

表 2.13 屋上スラブの材料と熱物性値

建築材料名	厚さ (mm)	熱伝導率λ (W/mK)	熱伝導比抵抗 (mK/W)	熱伝導抵抗 (m ² K/W)
押えモルタル	18	1.3	0.77	0.0139
アスファルト防水	2	0.11	9.09	0.0182
普通コンクリート	180	1.1	0.91	0.164
発砲ポリウレタン	18	0.027	37.0	0.667

表 2.14 各日射遮蔽材料下屋上スラブの単位面積当りの熱流 (kW/m²)

計算日 (2006)	日射遮蔽材料	日積算(kW/m ²)	8-18 時積算(kW/m ²)
8月27日	植栽ベース下スラブ	432.99	196.17
	セラミック下スラブ	492.05	280.21
	コンクリートスラブ	963.32	728.69
	白遮熱ペイントスラブ	587.22	421.50
9月20日	植栽ベース下スラブ	1.64	7.83
	セラミック下スラブ	80.40	90.61
	コンクリートスラブ	511.38	536.90
	白遮熱ペイントスラブ	68.91	197.98
9月30日	植栽ベース下スラブ	221.69	104.10
	セラミック下スラブ	279.85	201.63
	コンクリートスラブ	720.49	667.43
	白遮熱ペイントスラブ	308.83	313.21
10月9日	植栽ベース下スラブ	10.57	7.84
	セラミック下スラブ	136.55	113.03
	コンクリートスラブ	593.78	573.73
	白遮熱ペイントスラブ	134.91	206.37
9月3日(雨天)	植栽ベース下スラブ	215.49	90.24
	セラミック下スラブ	66.36	15.31
	コンクリートスラブ	84.59	49.40
	白遮熱ペイントスラブ	80.03	38.47

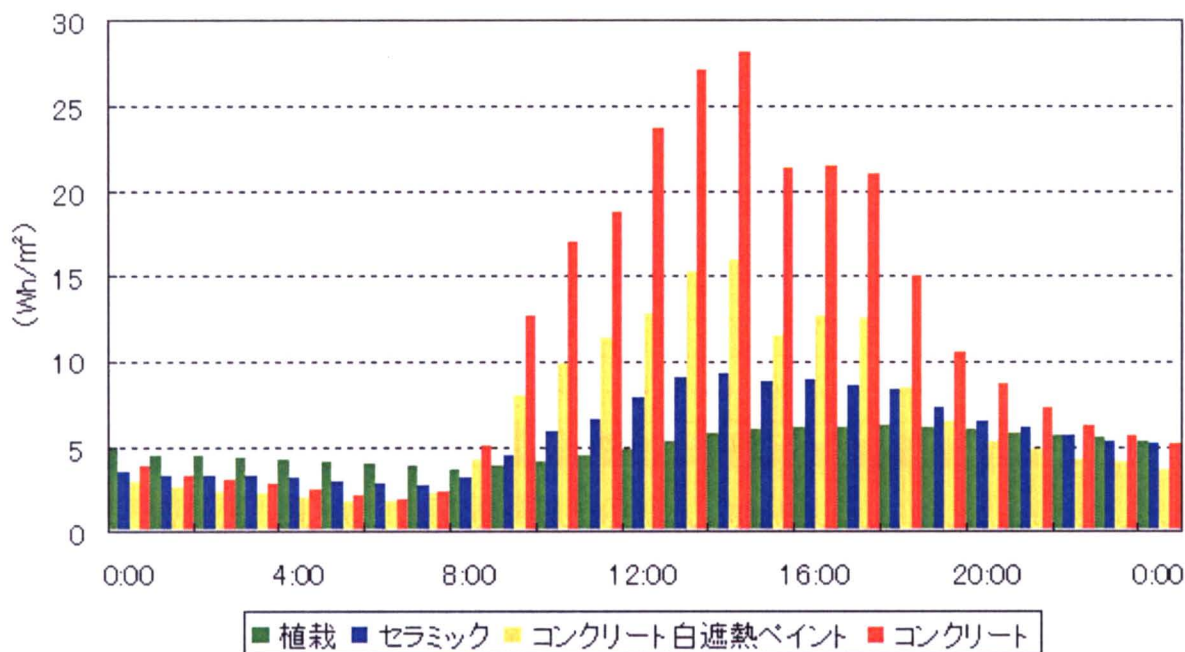


図 2.45 2006/8/27 単位面積当りの熱流 (Wh/m²)

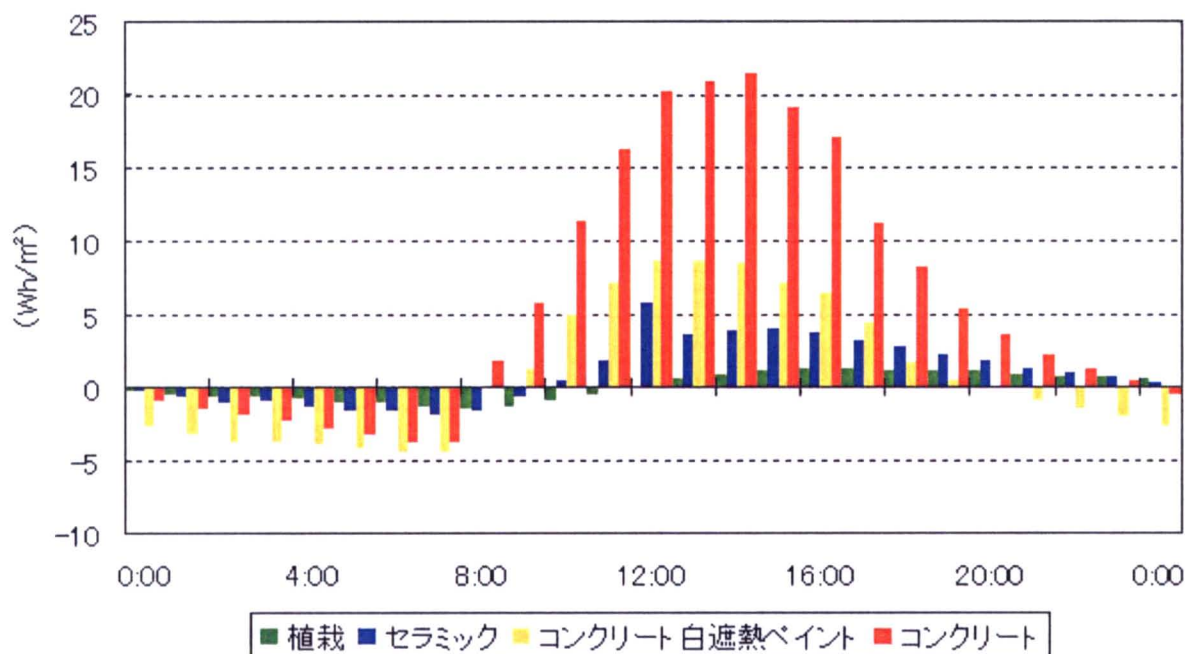


図 2.46 2006/9/20 単位面積当りの熱流 (Wh/m²)

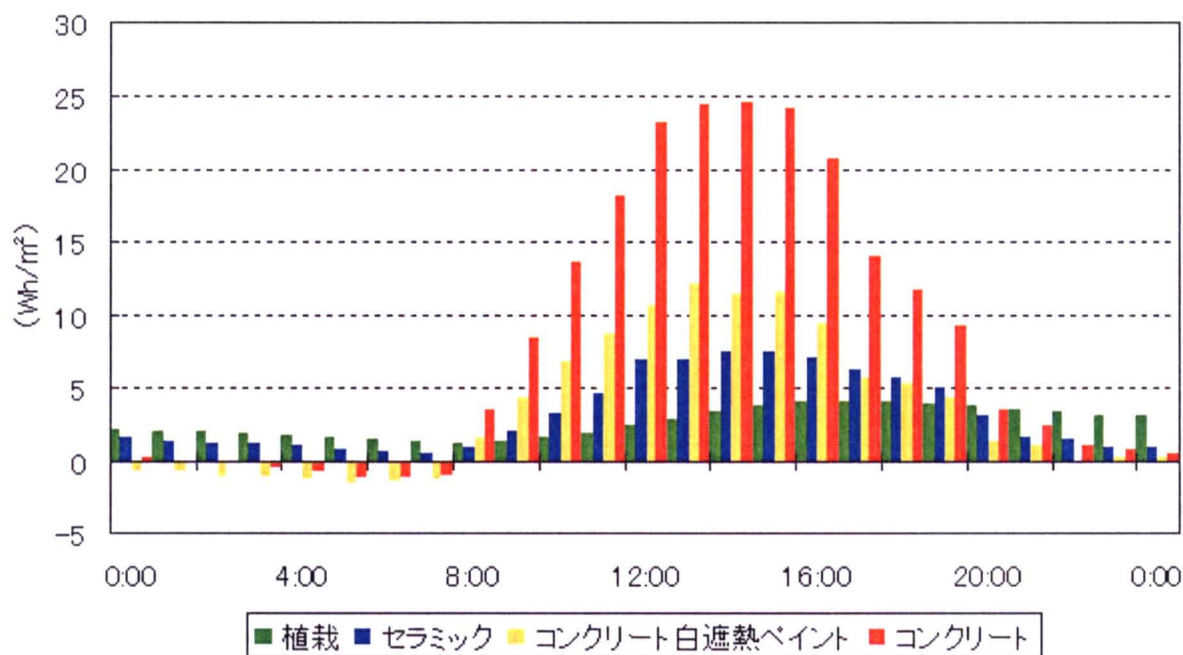


図 2.47 2006/9/30 単位面積当りの熱流 (Wh/m²)

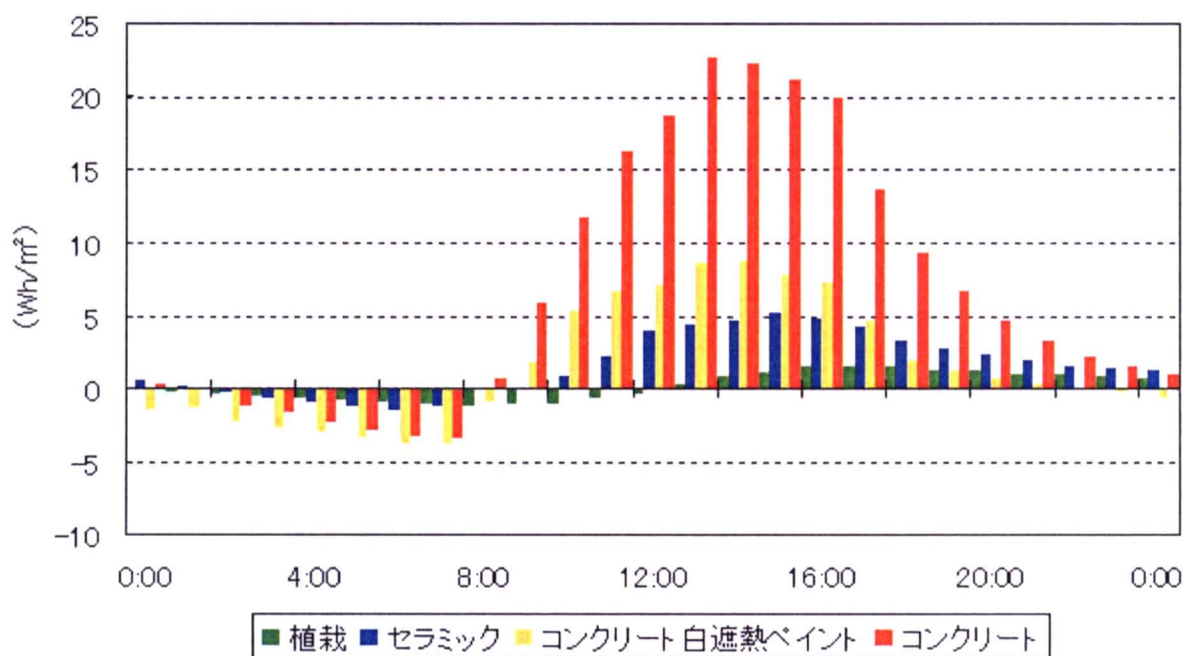


図 2.48 2006/10/9 単位面積当りの熱流 (Wh/m²)

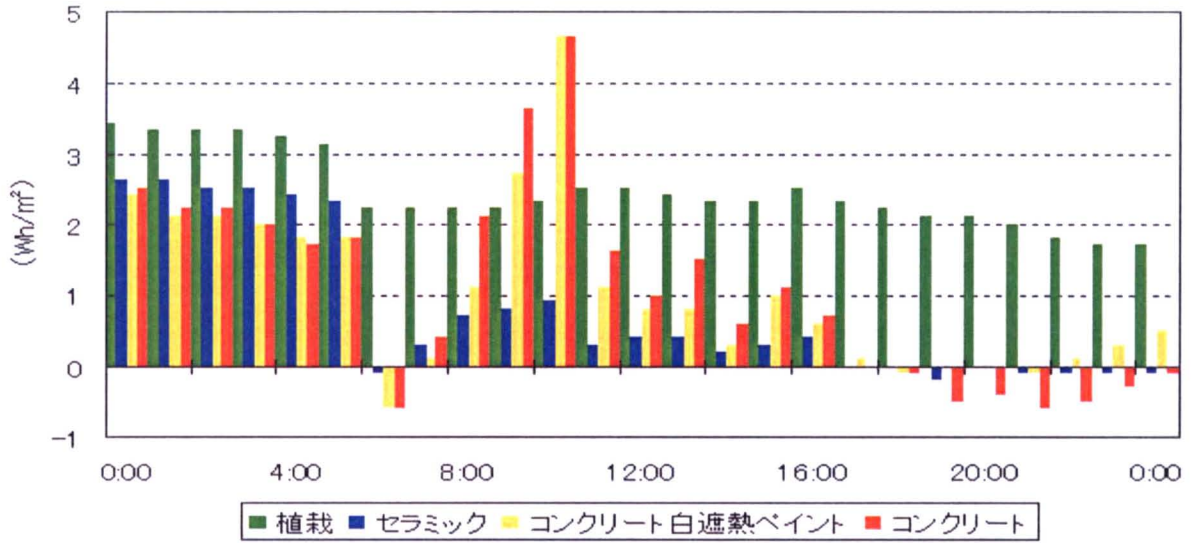


図 2.49 2006/9/3 (雨天) 単位面積当りの熱流 (Wh/m²)

表 2.15 8時～18時の積算した消費電力の比較

計算日 (2006年)	日射遮蔽材料	200 m ² の熱流 (kWh/m ²)	空調電力量 (kWh/m ²)	空調電気料 (円/日)
8月27日	屋上植栽	10.90	3.63	51
	セラミックタイル	15.57	5.19	73
	白遮熱ペイント	23.42	7.81	109
	コンクリート	40.48	13.5	189
9月20日	屋上植栽	0.43	0.14	2
	セラミックタイル	5.03	1.68	24
	白遮熱ペイント	11.00	3.67	51
	コンクリート	29.83	9.94	139
9月30日	屋上植栽	5.78	1.93	27
	セラミックタイル	11.20	3.73	52
	白遮熱ペイント	17.40	5.80	81
	コンクリート	37.08	12.36	173
10月9日	屋上植栽	0.44	0.15	2
	セラミックタイル	6.28	2.09	29
	白遮熱ペイント	11.47	3.82	53
	コンクリート	31.87	10.62	149
9月3日 (雨天)	屋上植栽	5.01	1.67	23
	セラミックタイル	0.85	0.28	4
	白遮熱ペイント	2.14	0.71	10
	コンクリート	2.74	0.91	13

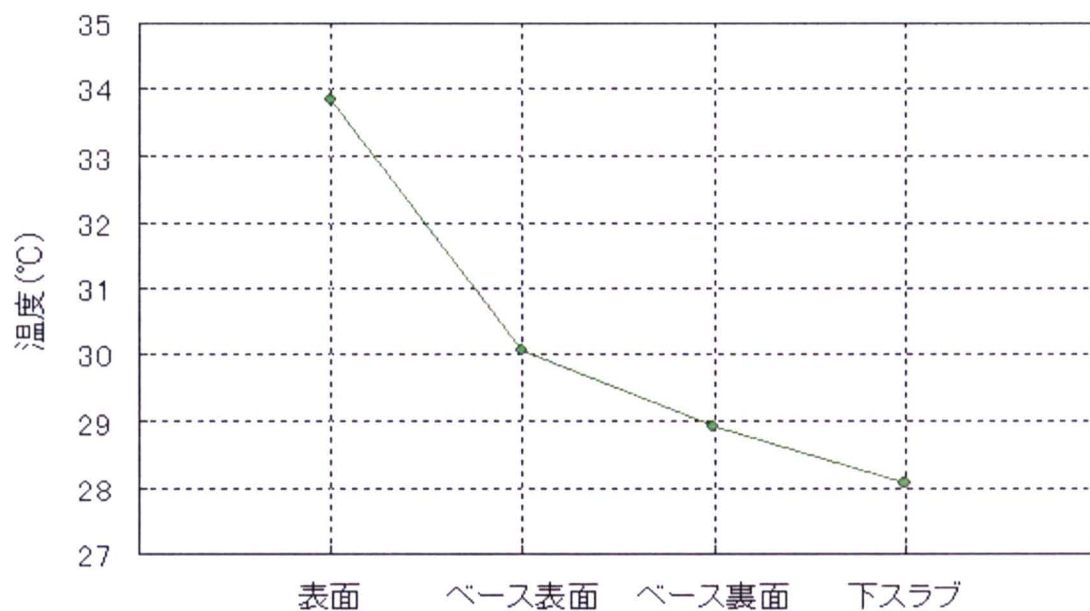


図 2.50 屋上植栽ベースの表面から下スラブまでの温度変化

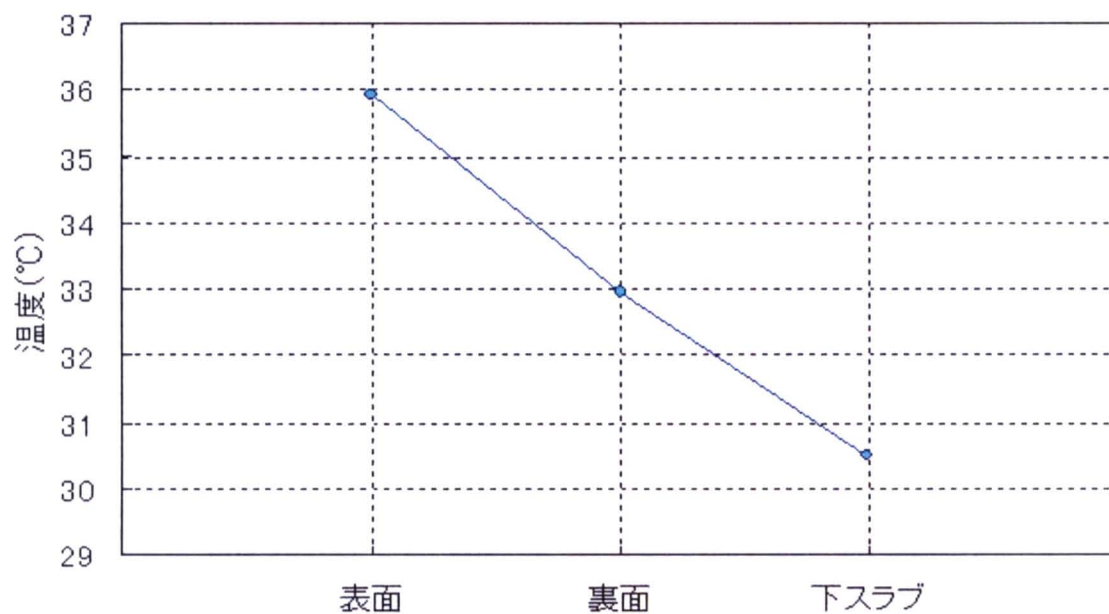


図 2.51 セラミック製タイルの表面から下スラブまでの温度変化

3.5 赤外線画像

赤外線画像を図 2.52～図 2.54 に示し、日中の日射遮蔽材料の表面温度分布を見る。植栽やセラミックタイル、白遮熱ペイントの温度が周辺コンクリートスラブ面と比較して低いことがわかる。白遮熱ペイント以外のトタン板では、表面温度は非常に高くなっている。

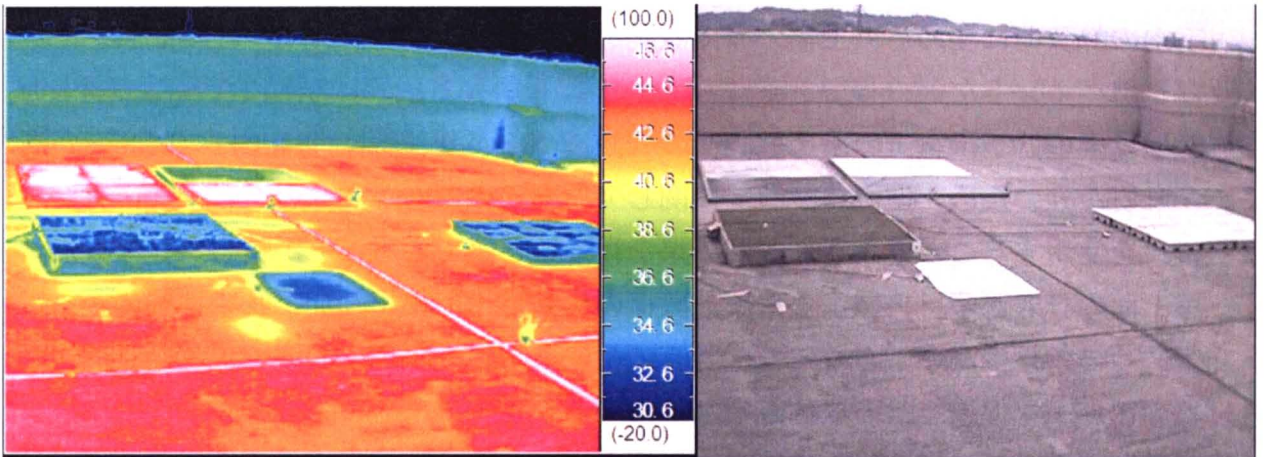


図 2.52 屋上実験の赤外線画像（屋上全体）

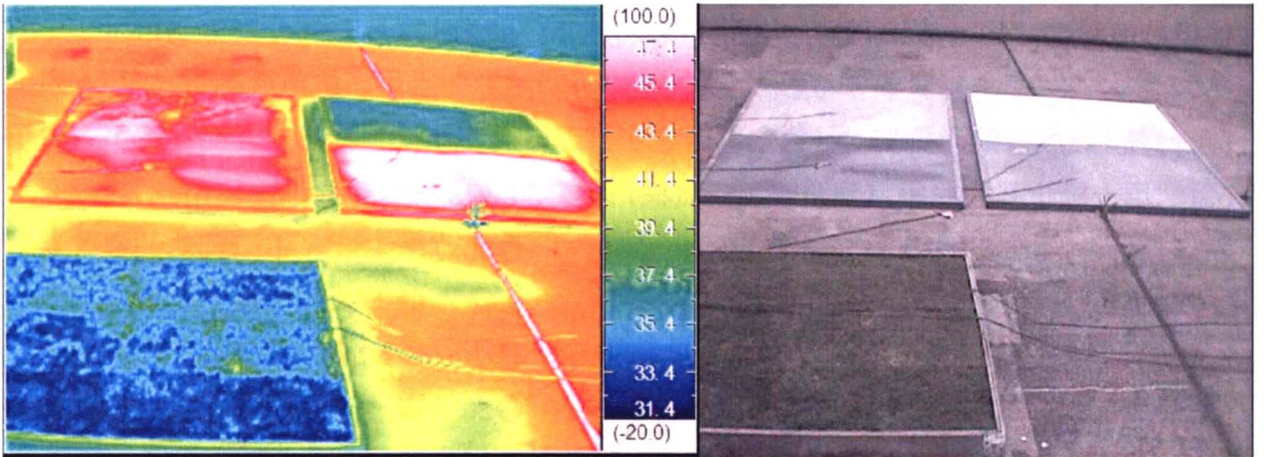


図 2.53 屋上実験の赤外線画像（植栽及びボタン板）

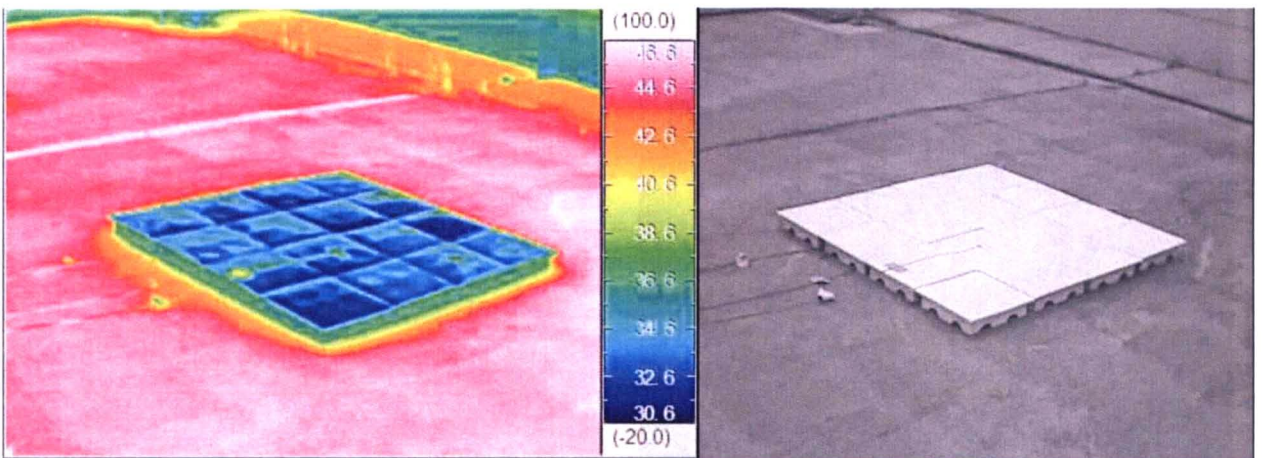


図 2.54 屋上実験の赤外線画像（セラミック製タイル）

4. まとめ

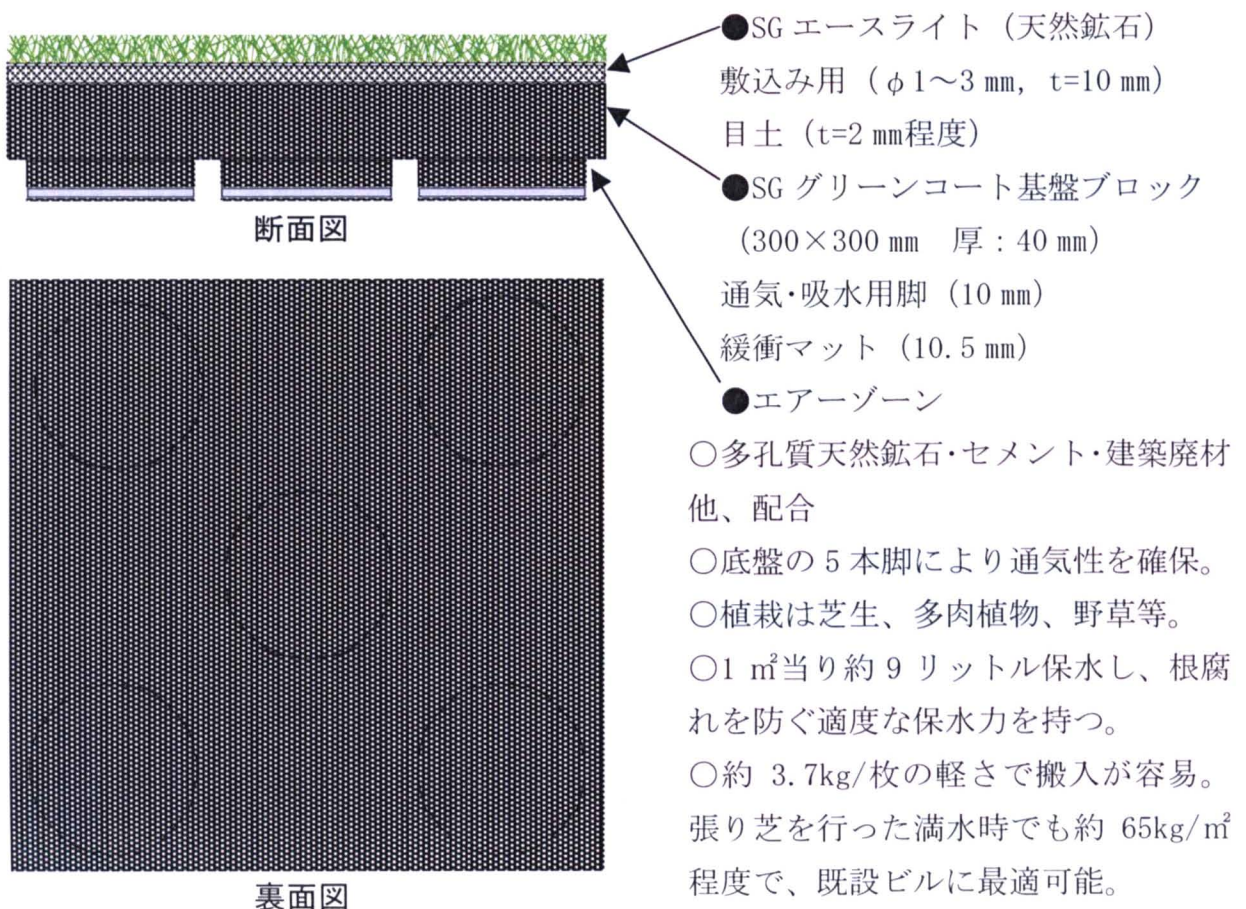
室内の熱負荷に関わる屋上面の表面温度が、屋上植栽ベースやセラミック製タイル及び遮熱ペイントなどの日射遮蔽材料により低下することが明らかになった。屋上面の表面温度の低下は室内の冷房熱負荷の低減につながり、特に沖縄では太陽高度が高く、日射が強いため、室内の熱負荷に関して屋上面の影響が大きい。屋上面に日射遮蔽材料を使用することで大きな遮熱効果を得ることができることが明らかとなった。

屋上面の日射遮蔽材料による冷房熱負荷の低減は冷房使用期間が長い沖縄にとって、非常にその効果は高い。さらには、既存の住宅に RC 造平屋根の多い現状が日射遮蔽材料の後施工を促進させる要因ともなっている。

沖縄県那覇市では屋上緑化の助成金制度もあり、市全体で都市熱環境の改善に向けた屋上緑化に取り組んでいる。屋上を緑化することで室内環境が改善されるだけでなく、周辺街区の熱環境改善、景観美の向上などにつながる。屋上への日射遮蔽材料の使用は亜熱帯沖縄で最も適した熱環境改善法の 1 つである。

5. 付録

5.1 屋上緑化基盤詳細 (サカタ工業 (株) 製 SG グリーンコートを使用)



- 多孔質の天然鉱石の持つイオン交換により植物の3栄養素である窒素・リン酸・カリウムを吸着、保持し徐々に植物の根に供給する働きがある。
- 通気層を設けて植物の根の育成を抑制するため、防根対策不要。
- 押えコンクリートが必要なく、防水層の劣化の原因となる直射日光、紫外線を遮断し、防水層の耐用年数を延ばすことができる。

5.2 那覇市における屋上緑化の現状調査

屋上日射遮蔽装置により、屋上植栽ベースにより建物屋上を緑化することは室内の熱負荷の低減に大きく貢献し、環境保全やヒートアイランドの抑制につながる事が明らかとなった。そこで、実際に屋上緑化がどの程度行われているのか緑化助成制度を取り入れている那覇市の現状の簡単な調査を行った。

沖縄県那覇市では平成15年8月の沖縄都市モノレールの開通を契機に、都市景観向上、都市部ヒートアイランド現象の緩和、環境問題への積極的な取り組みとして、平成15年度に那覇市屋上緑化助成制度を創設した。平成15年度はモノレール沿線のみだった助成範囲も平成16年度から那覇市全域に拡大し、緑化面積の助成対象も屋上面積の2分の1以上から3㎡以上になったことで、制度が活用しやすくなった。

表2.16に那覇市の屋上緑化助成制度の対象を示す。平成15年度の予算は、平成18年度と比較して2倍以上となっており、執行率は91.5%となっているが、平成16、17年度はほぼ100%で、屋上緑化に対する意識の高まりがわかる。

表 2.16 助成対象となった屋上緑化の詳細（平成18年9月30日現在）

	緑化件数	緑化面積（単位:㎡）	予算に対する執行率
平成15年度	26（個人）	2124.05	91.5%
	8（企業）	平均 62.47	
平成16年度	16（個人）	1629.94	99.8%
	5（企業）	平均 77.62	
平成17年度	19（個人）	1224.81	99.9%
	3（企業）	平均 55.67	
平成18年度	5（個人）	368.68	33.1%
	2（企業）	平均 52.67	

参照：那覇市 花とみどり課 屋上緑化説明資料

