

環境省

平成26年度環境技術実証事業

ヒートアイランド対策技術分野

建築物外皮による空調負荷低減等技術
実証試験結果報告書
《詳細版》

平成27年3月

実証機関 : 一般財団法人建材試験センター
技術 : 屋根・屋上用保水性建材
実証申請者 : 日新工業株式会社
製品名・型番 : アースキーパーG・K298×298×26



本実証試験結果報告書の著作権は、環境省に属します。

－ 目 次 －

○全体概要.....	1
1. 実証対象技術の概要.....	1
2. 実証試験の概要.....	1
2.1 基本性能.....	1
2.2 環境負荷・維持管理等性能.....	1
3. 実証試験結果.....	2
3.1 基本及び環境負荷・維持管理等性能.....	2
4. 参考情報.....	13
○本編.....	14
1. 実証試験の概要と目的.....	14
2. 実証試験参加組織と実証試験参加者の責任分掌.....	15
3. 実証対象技術の概要.....	17
4. 実証試験の内容.....	18
4.1 実証試験期間及び試験実施場所.....	18
4.2 空調負荷低減等性能.....	18
4.3 環境負荷・維持管理等性能実証項目.....	27
5. 実証試験結果と検討.....	28
5.1 基本性能及び環境負荷・維持管理等性能.....	28
○付録.....	38
1. データの品質管理.....	38
1.1 測定操作の記録方法.....	38
1.2 精度管理に関する情報.....	38
2. データの管理、分析、表示.....	38
2.1 データ管理とその方法.....	38
2.2 データ分析と評価.....	38
3. 監査.....	38
4. 用語の定義.....	39

○全体概要

実証対象技術／ 実証申請者	アースキーパーG・K298×298×26／ 日新工業株式会社
実証機関	一般財団法人建材試験センター
実証試験期間	平成26年9月30日～平成27年2月20日

1. 実証対象技術の概要

建築物の屋上に保水性能を持つ建材を敷設する技術

※技術の特徴などの情報は、4.参考情報（概要版13ページ）を参照。

2. 実証試験の概要

2.1 基本性能

屋根・屋上用保水性建材の基本性能（保水性／吸水性／蒸発性）を測定し、その結果から、屋根・屋上用保水性建材を施工した場合の効果（屋上（屋根）表面温度低下量等）を数値計算により算出した。

2.1.1. 数値計算における設定条件

① 気象条件

表 2-1 気象条件

設定条件	内容
地域	・東京都、大阪府
気象データ	・気象庁気象観測データ（2005年） 東京都：東京管区気象台 大阪府：大阪管区気象台
期間	2005年7月18日～9月15日 （計算期間は8月1日～8月31日）

② 計算対象となるモデル

数値計算は、以下に示す材料構成を想定して行った。このとき、屋根・屋上用保水性建材施工により屋根・屋上面において生じる表面温度の低下及び蒸発に伴う潜熱量は、室内の空調負荷に影響を与えないものとみなして計算を行った。

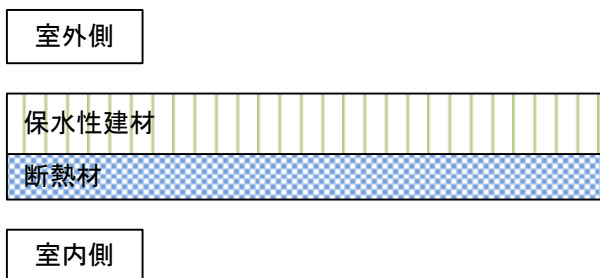


図 2-1 屋上（屋根）面の材料構成

2.2 環境負荷・維持管理等性能

試験体(200mm×200mm 程度の寸法)を一般財団法人建材試験センター中央試験所内の屋外に水平に設置して4か月（9月から1月）間の屋外暴露を行った後、詳細版本編4.2.1に規定する試験のうち(1)保水性及び(3)蒸発性の試験（詳細版本編18・19ページ参照）を行った。

3. 実証試験結果

3.1 基本及び環境負荷・維持管理等性能

3.1.1. 実証項目

(1) 保水性

項目	測定結果			
	屋外暴露試験前			屋外暴露試験後
	No.1	No.2	No.3	
絶乾質量 (g)	1736.04	1702.33	1729.95	1738.75
湿潤質量 (g)	2007.47	1962.82	1992.88	1988.76
絶乾密度 (kg/m ³)	1617* ¹			1661
保水量 (g/cm ³)	0.25* ¹			0.24

*1：試験体 3 体の平均値

(2) 吸水性

項目	測定結果* ¹		
	No.1	No.2	No.3
30 分後の吸い上げ質量 (g)	2002.61	1960.67	1989.14
吸い上げ高さ(平均値) (%)	99		

*1：試験体 3 体の平均値

(3) 蒸発性

① 測定結果（風速 1m/s）

項目	屋外暴露試験前	屋外暴露試験後
蒸発効率 (—)	0.14	0.12
恒率蒸発期間*1 (h)	約 1	約 1
積算蒸発量 (g)	108	93
積算温度 (°C·hr)	55	42

② 測定結果（風速 3m/s）

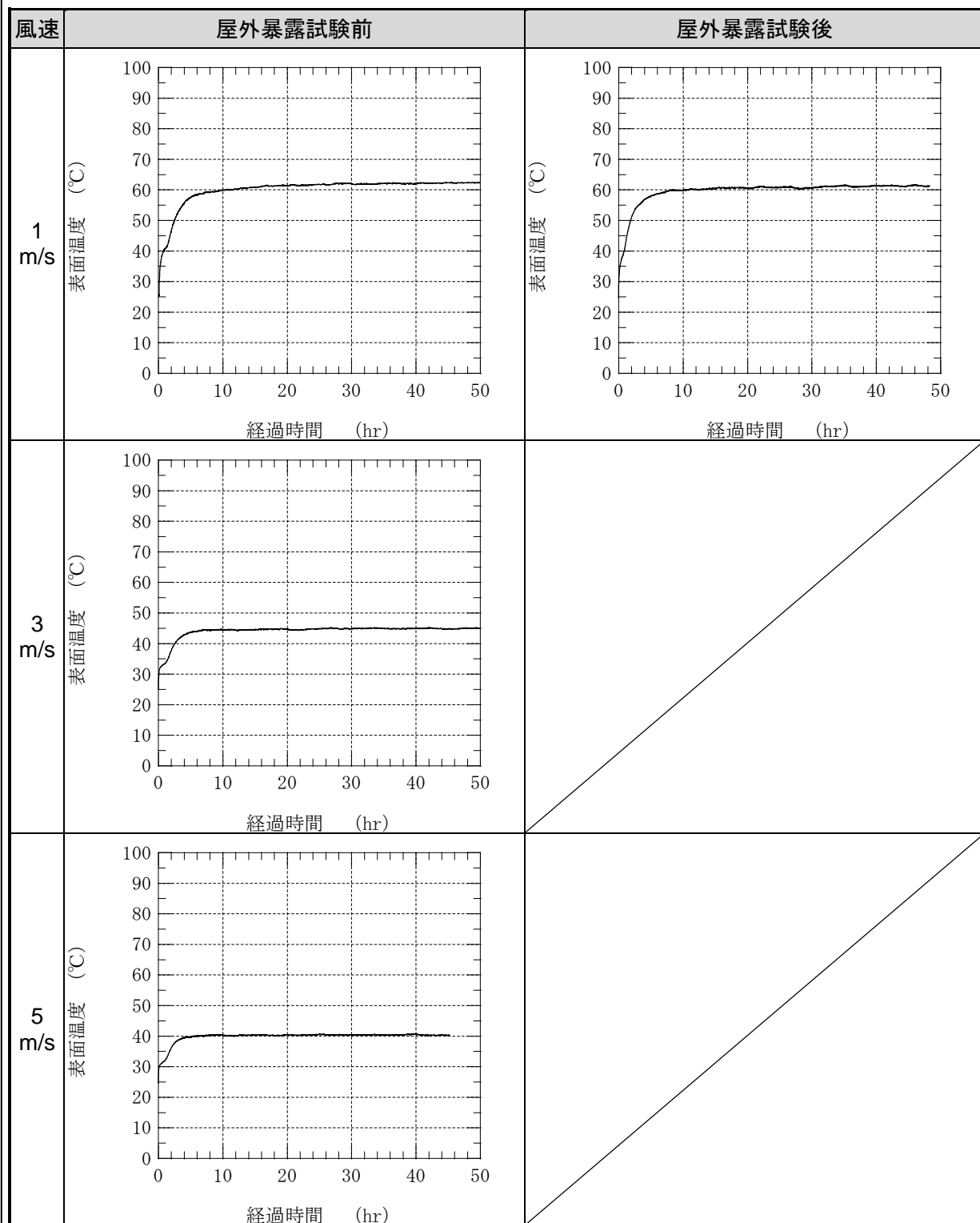
項目	屋外暴露試験前
蒸発効率 (—)	0.16
恒率蒸発期間*1 (h)	—
積算蒸発量 (g)	108
積算温度 (°C·hr)	—

③ 測定結果（風速 5m/s）

項目	屋外暴露試験前
蒸発効率 (—)	0.14
恒率蒸発期間*1 (h)	—
積算蒸発量 (g)	112
積算温度 (°C·hr)	—

*1：恒率蒸発期間は、測定データをグラフにプロットし、その結果から算出するものである。
 質量測定は風速による影響を考慮し、ここでは「およその値」として結果を示す（恒率蒸発期間の定義は、4.2.1(3)①（詳細版本編 21 ページ）に示す）。

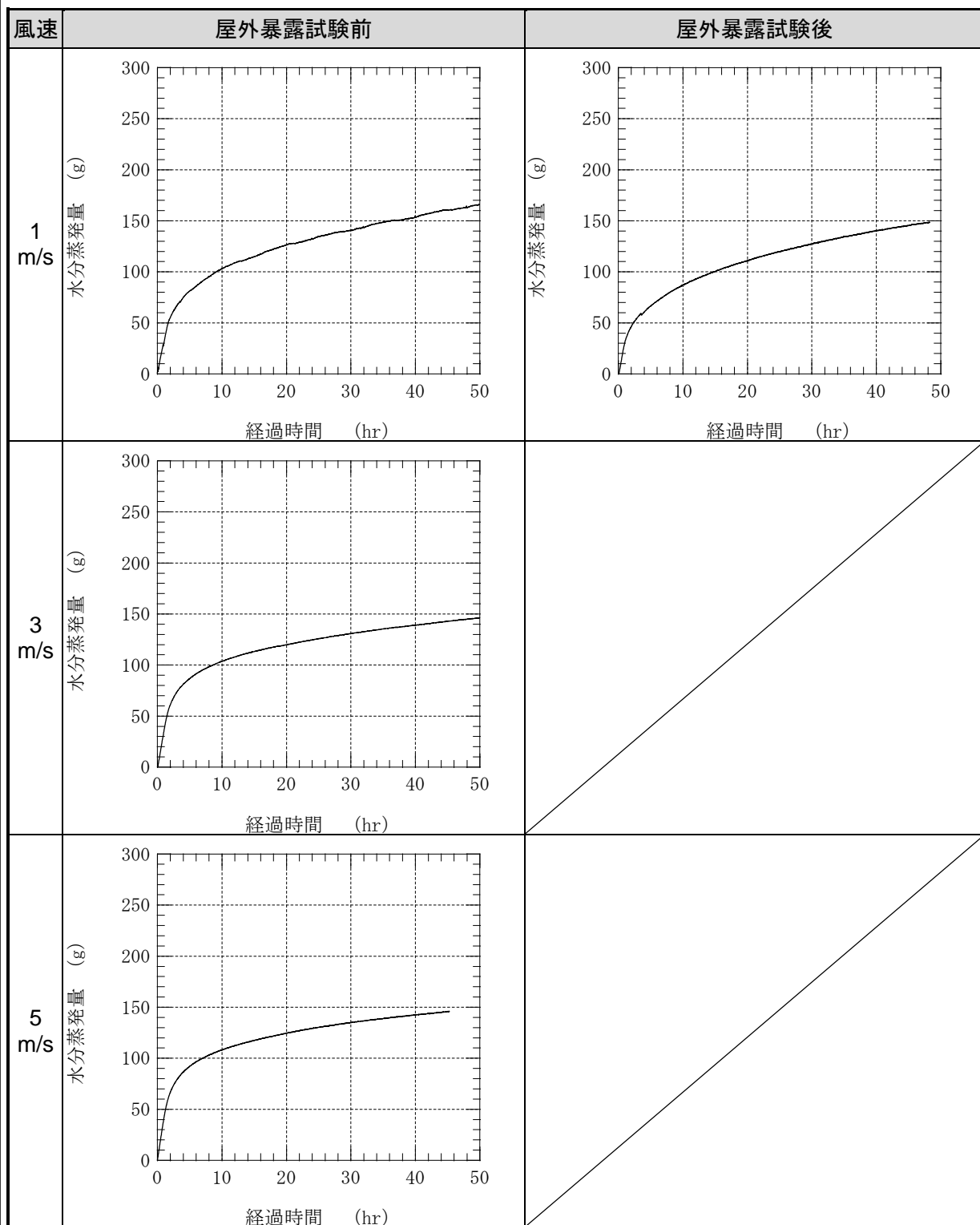
④ 表面温度と経過時間の関係



※試験体表面をランプによって加熱しているため、時間の経過とともに表面温度は上昇することになる。一方、試験体表面近傍に存在する水分が蒸発する場合には、温度上昇に寄与する熱が水分蒸発に消費されるため、表面温度の上昇が抑制される。従って、水分蒸発が多い場合には表面温度の上昇が抑制され、水分蒸発が少ない場合には表面温度が上昇する傾向となる。
 なお、風速が大きい場合には表面温度は雰囲気温度に近くなるため、風速が大きい程、相対的に表面温度は低くなる。

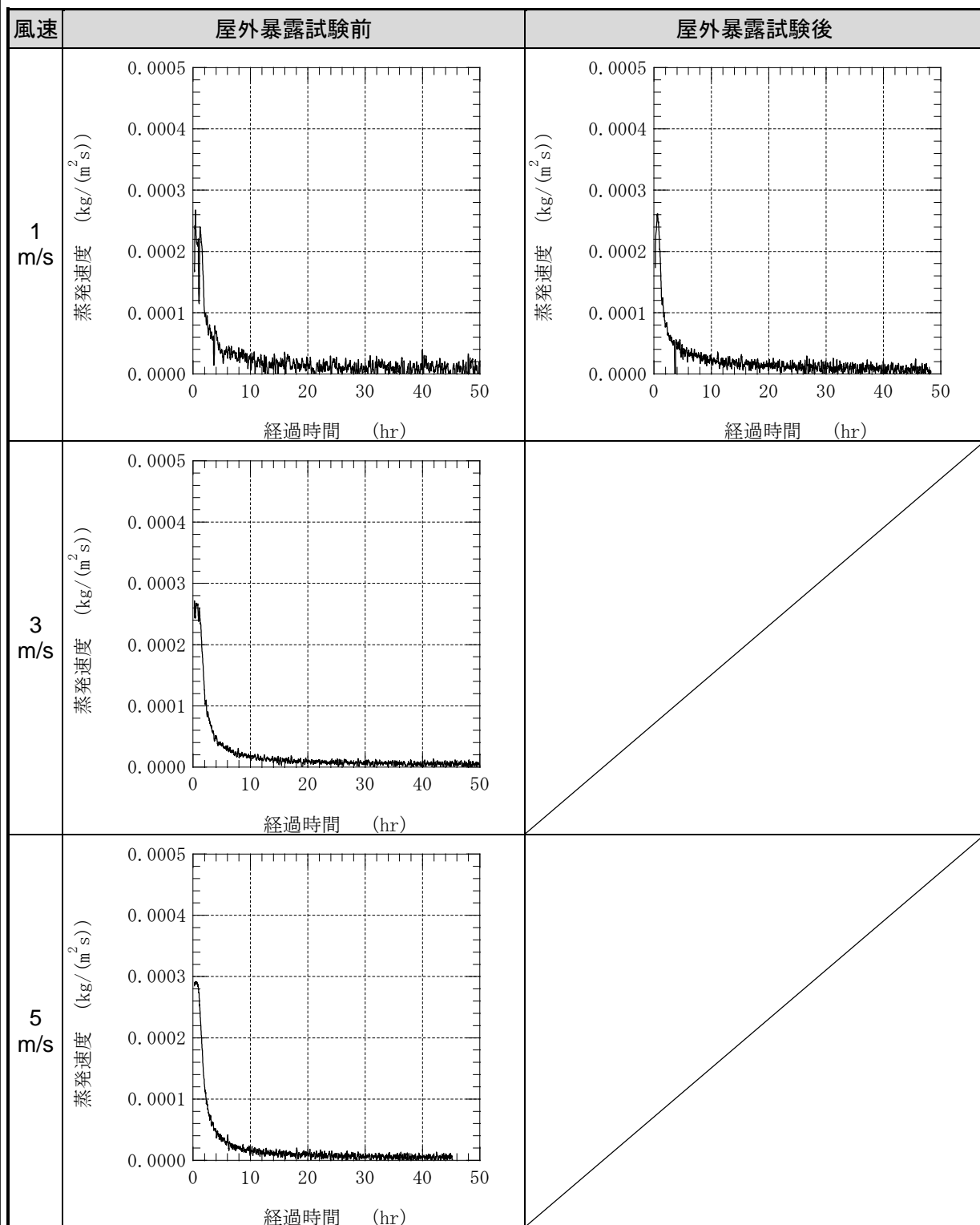
ヒートアイランド対策技術分野（建築物外皮による空調負荷低減等技術）【屋根・屋上用保水性建材（H26）】
アースキーパーG・K298×298×26
日新工業株式会社

⑤ 水分蒸発量と経過時間の関係



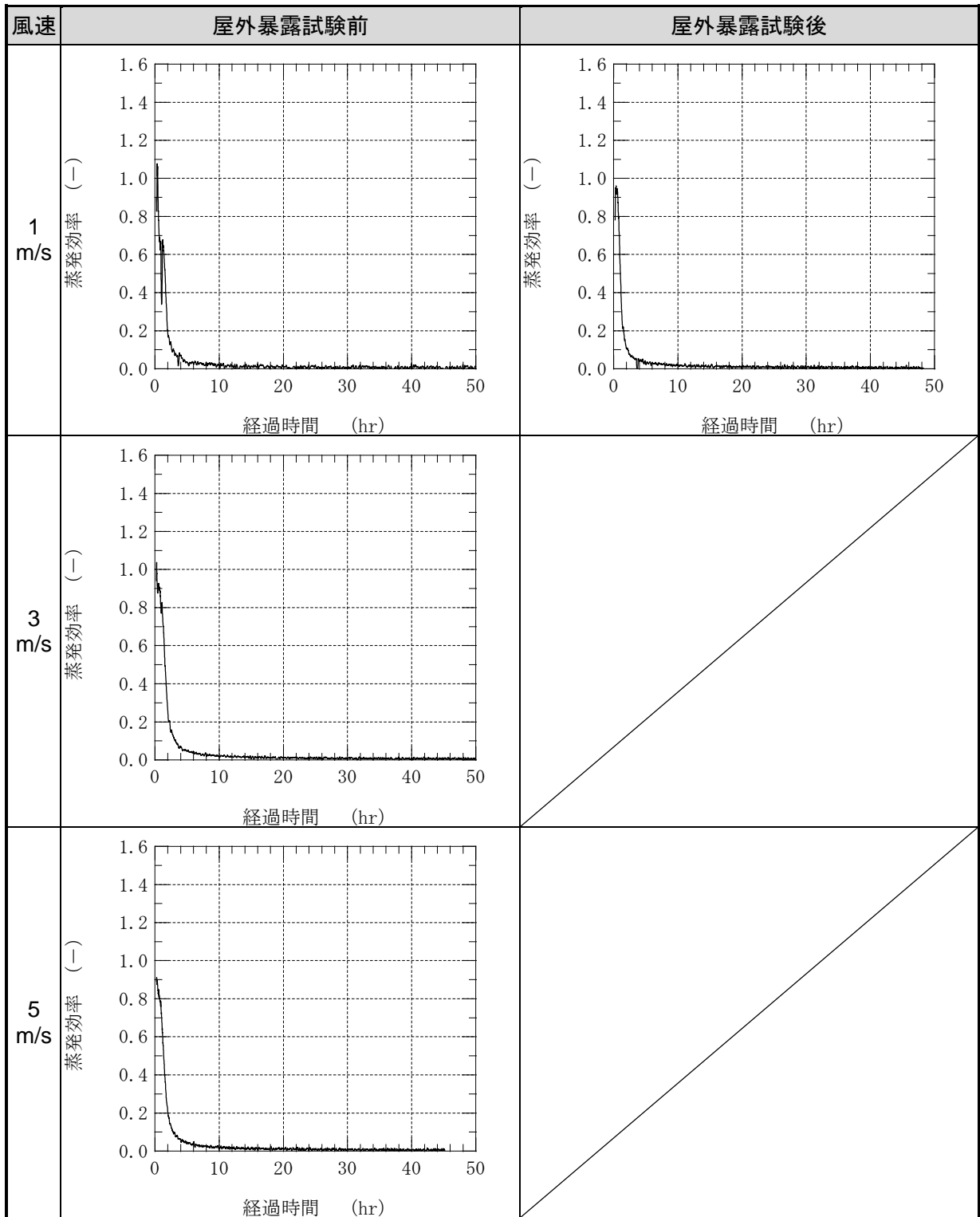
※縦軸の水分蒸発量は、試験体から蒸発する水分（質量減少量）の積算値を示す。経過時間の初期の段階から単位時間当たりの水分蒸発量が多い程、表面温度の上昇を抑制する効果があることを示す。

⑥ 蒸発速度と経過時間の関係



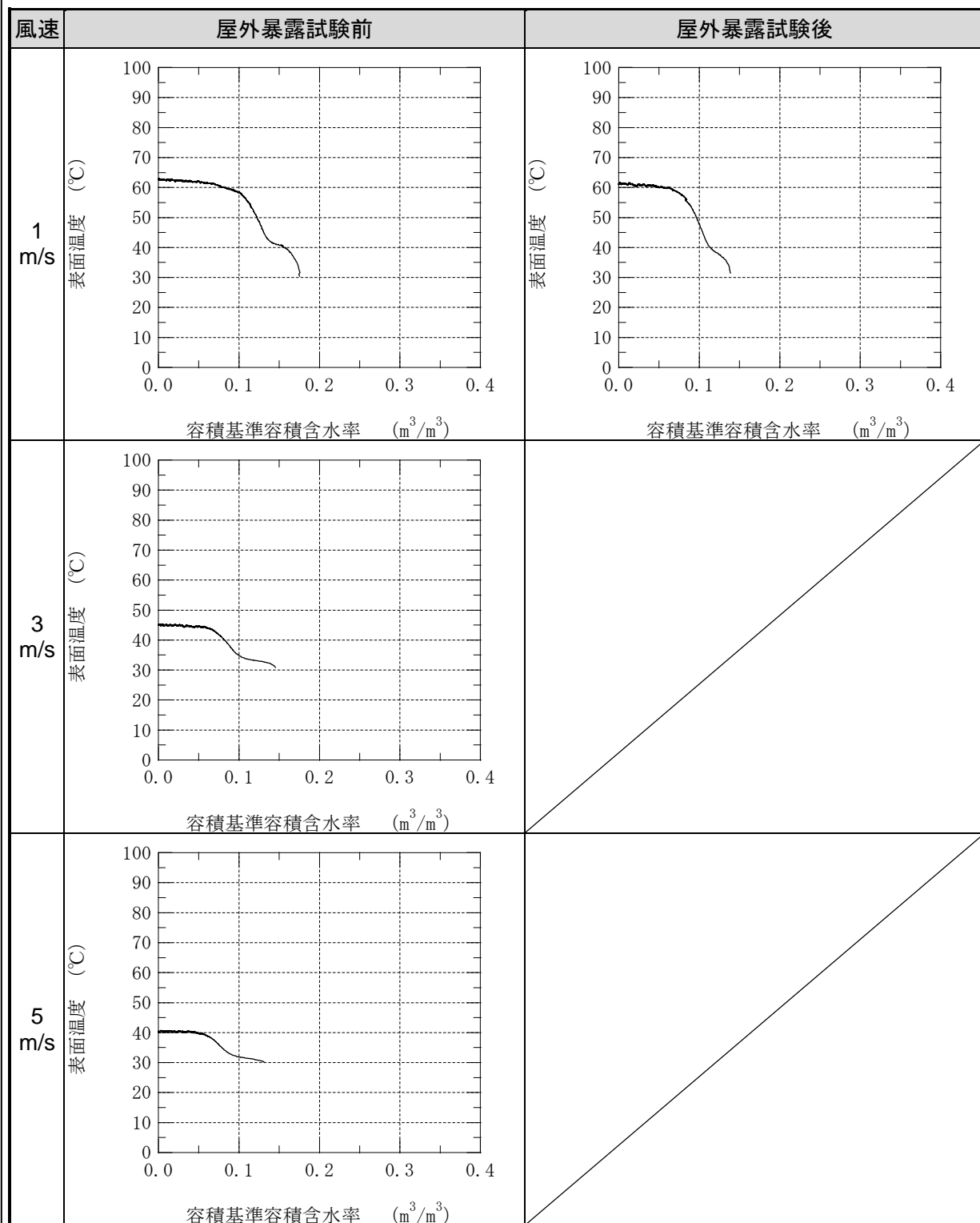
※経過時間の初期の段階から、単位時間当たりの水分蒸発量が多い程（蒸発速度が大きい程）、表面温度の上昇を抑制する効果があることを示す。また、蒸発速度が大きい状態を保持する時間が長い程、表面温度の上昇を抑制する効果が持続することを示す。

⑦ 蒸発効率と経過時間の関係



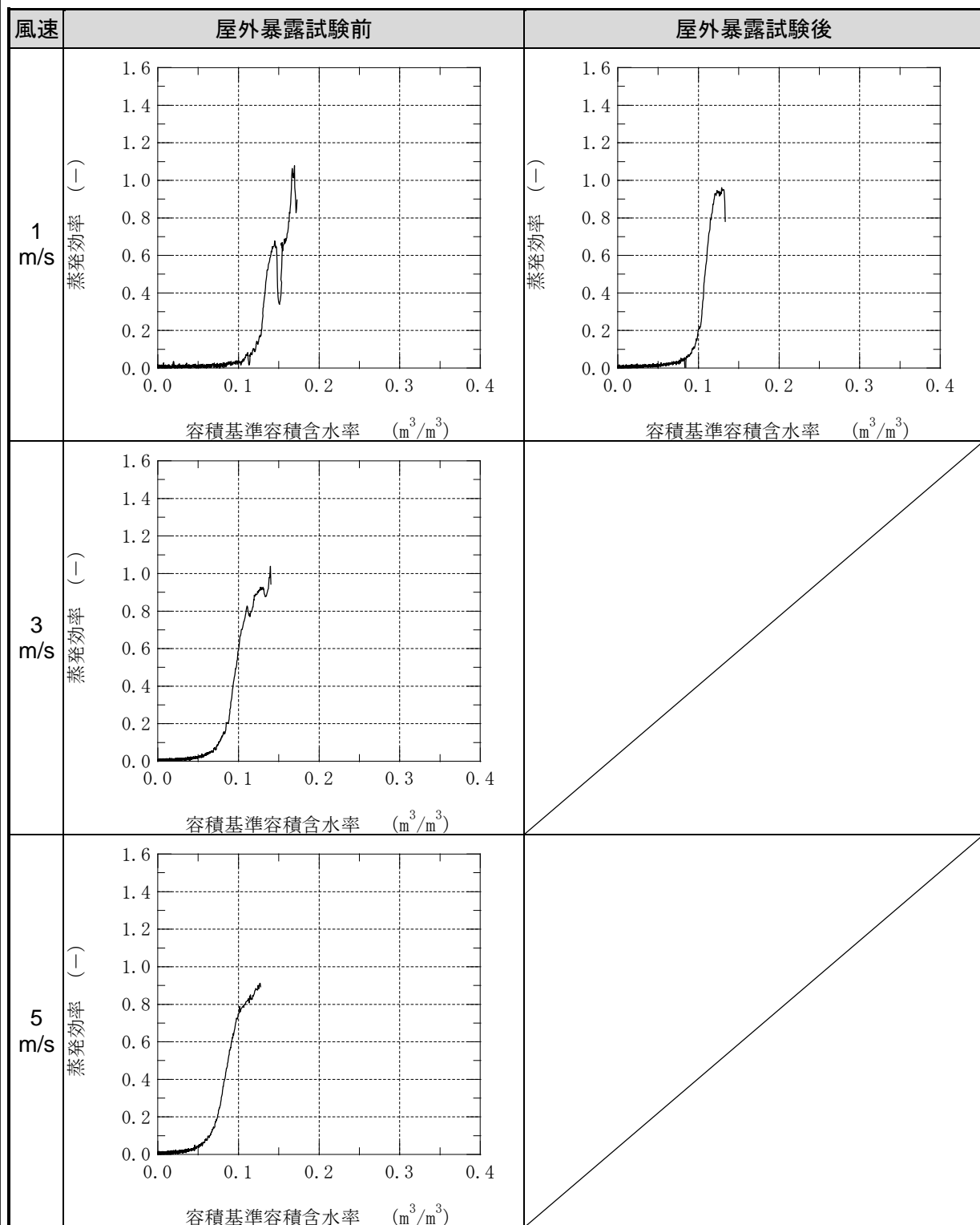
※経過時間の初期の段階から、蒸発効率が大きい程、表面温度の上昇を抑制する効果があることを示す。また、蒸発効率が大きい状態を保持する時間が長い程、表面温度の上昇を抑制する効果が持続することを示す。

⑧ 表面温度と含水率の関係



※時間の経過とともに水分蒸発が起こり容積基準容積含水率は小さくなるため、上図の横軸（容積基準容積含水率）は、数値が大きい方から小さい方（右から左）に向かって時間が経過することを示す。従って、横軸の容積基準容積含水率の減少する方向（右から左）が時間の経過となる。

⑨ 蒸発効率と含水率の関係



※時間の経過とともに水分蒸発が起こり容積基準容積含水率は小さくなるため、上図の横軸（容積基準容積含水率）は、数値が大きい方から小さい方（右から左）に向かって時間が経過することを示す。従って、横軸の容積基準容積含水率の減少する方向（右から左）が時間の経過となる。

3.1.2. 参考項目

(1) 熱伝導率

項目	測定結果	
	乾燥状態	湿潤状態
熱伝導率 [W/(m・K)]	0.391	0.610

(2) 日射反射率

項目	測定結果	
	乾燥状態	湿潤状態
日射反射率 (%)	33.6	19.9

(3) 比熱

項目	測定結果
比熱 [J/(g・K)]	0.88

(4) 含水率（平均値）

項目	測定結果	
	屋外暴露試験前*1	屋外暴露試験後
絶乾密度 (kg/m ³)	1617	1661
質量基準質量含水率 (kg/kg)	0.154	0.144
容積基準質量含水率 (kg/m ³)	249	239
容積基準容積含水率 (m ³ /m ³)	0.249	0.239

*1：試験体 3 体の平均値

3.1.3. 数値計算により算出する実証項目

(1) 実証項目の計算結果（2005年8月1日～8月31日の時刻別平均値）

表面温度上昇抑制効果及び顕熱放散量抑制効果（図3-1～図3-4）

比較対象：一般的なコンクリートを表面に用いた場合

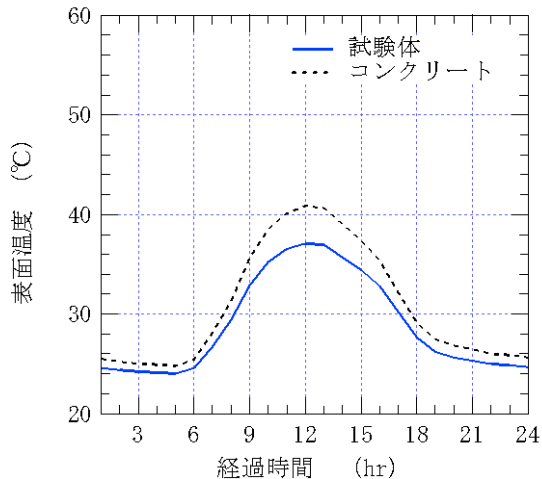


図3-1 表面温度の経時変化（地域：東京）

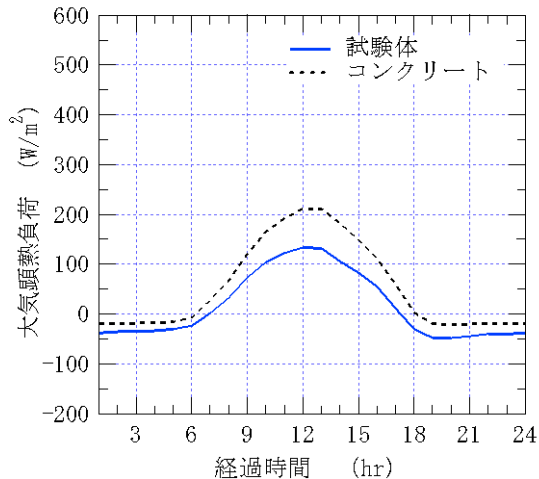


図3-2 顕熱負荷の経時変化（地域：東京）

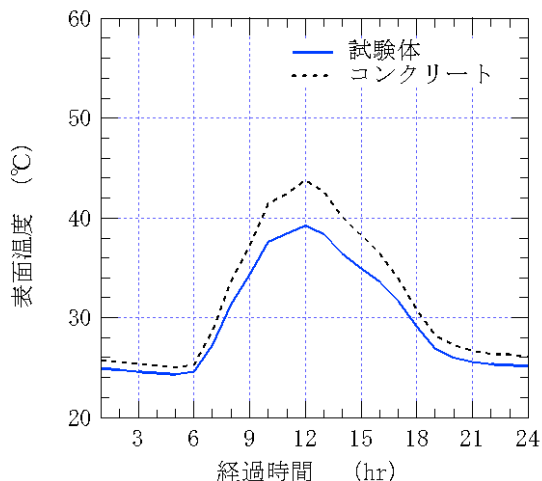


図3-3 表面温度の経時変化（地域：大阪）

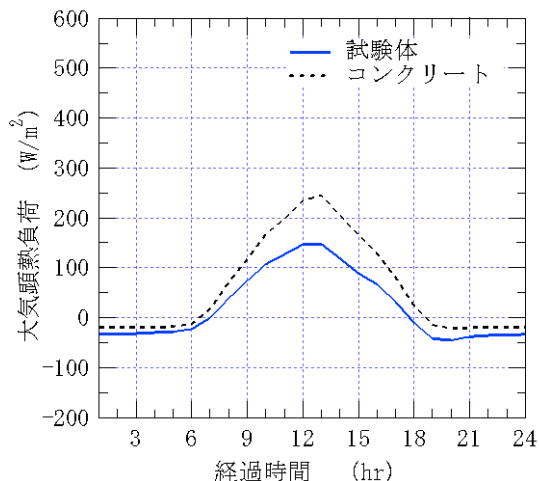


図3-4 顕熱負荷の経時変化（地域：大阪）

(2) (1)実証項目の計算結果に関する注意点

- ① 数値計算は、夏季の7月18日～9月15日の期間において行い、8月1日～8月31日の時刻別平均値を算出したものである（年間を通じての計算は実施していない）。
- ② 屋根・屋上用保水性建材の性能値は、計算対象となる期間中変化しないものとした。ただし、熱伝導率、日射反射率は、絶乾状態の試験結果と湿潤状態の試験結果の平均値を用いることとし、蒸発効率及び含水率は、4.2.1(3)（詳細版本編 21 ページ）で行った試験結果のうち試験開始から 12 時間までの 1 時間ごとの値を平均したものとした。また、比熱は絶乾時の値と 12 時間の平均含水率との値から算出した。なお、蒸発効率が 1 を超える場合には蒸発効率=1 と設定するなど、数値計算結果が発散しないように数値を設定し計算を実施した。
- ③ 屋根・屋上用保水性建材施工により屋根・屋上面において生じる表面温度の低下及び蒸発に伴う潜熱量は、室内の空調負荷に影響を与えないものとみなして計算を行った。そのため、空調負荷低減に係る電力量計算等は実施しない。
- ④ 簡易計算では、実験条件に基づいて得られた一定の蒸発効率を与えて熱収支の計算を実施しているため、降雨がない状況が続く気象条件で材料が乾燥して蒸発量が少なくなる様子は再現できていない。簡易計算は、材料の保水状態が良い理想的な条件が続くと想定した場合の計算であり、蒸発による冷却効果が実際よりも大きく表現されている。

4. 参考情報

(1)実証対象技術の概要（参考情報）及び(2)その他メーカーからの情報（参考情報）に示された情報は、全て実証申請者が自らの責任において申請したものであり、環境省及び実証機関は、内容に関して一切の責任を負いません。

(1) 実証対象技術の概要（参考情報）

項目		実証申請者 記入欄		
実証申請者		日新工業株式会社 (英文表記: Nisshinkogyo CO.,LTD)		
技術開発企業名		日新工業株式会社、東洋紡 STC 株式会社		
実証対象製品・名称		アースキーパーG (英文表記: Earthkeyper)		
実証対象製品・型番		K298×298×26		
連絡先	TEL	048-755-6188		
	FAX	048-755-6177		
	Web アドレス	http://www.nisshinkogyo.co.jp/		
	E-mail	toiawase@nisshinkogyo.co.jp		
技術の特徴		<ul style="list-style-type: none"> ・保水性建材のため、気化熱による冷却効果が期待できる。 ・屋上等の施工により、屋根面からの熱負荷を低減し、最上階居室等のエアコンの消費電力削減効果も期待できる。 		
				
設置条件	対応する建築物・部位など	屋根		
	施工上の留意点	強い衝撃、局所荷重をうけると割れが発生する可能性がある。 不陸上で荷重を受けると割れが発生する可能性がある。		
	その他設置場所等の制約条件	屋上、屋根の積載荷重制限内で施工する。		
メンテナンスの必要性 耐候性・製品寿命など		使用環境によるが、基本的にメンテナンスは不要。		
コスト概算		設計施工価格(置き敷き工法)	37,500 円	1m ² あたり
		設計施工価格(接着工法)	29,500 円	

(2) その他メーカーからの情報（参考情報）

散水設備の併用で、効果が向上する。

○本編

1. 実証試験の概要と目的

環境技術実証事業は、既に適用が可能な段階にありながら、環境保全効果等について客観的な評価が行われていないために普及が進んでいない先進的環境技術について、その環境保全効果等を第三者が客観的に実証する事業を実施することにより、環境技術を実証する手法・体制の確立を図るとともに、環境技術の普及を促進し、環境保全と環境産業の発展を促進することを目的とするものである。

本実証試験は、平成26年7月10日に環境省水・大気環境局総務課環境管理技術室が策定した実証試験要領*1に基づいて選定された実証対象技術について、同実証試験要領に準拠して実証試験を実施することで、以下に示す環境保全効果等を客観的に実証したものである。

【実証項目】

◆ 空調負荷低減等性能

【基本性能】

- 保水性
- 吸水性
- 蒸発性

【数値計算】

- 表面温度上昇抑制効果
- 顕熱放散量抑制効果

◆ 環境負荷・維持管理等性能

- 性能劣化の把握

*1：環境省水・大気環境局. 環境技術実証事業ヒートアイランド対策技術分野建築物外皮による空調負荷低減等技術実証試験要領. 平成26年7月10日, 64p,

http://www.env.go.jp/policy/etv/pdf/03/09a_H26.pdf

2. 実証試験参加組織と実証試験参加者の責任分掌

実証試験に参加する組織は、図 2-1 に示すとおりである。また、実証試験参加者とその責任分掌は、表 2-1 に示すとおりである。

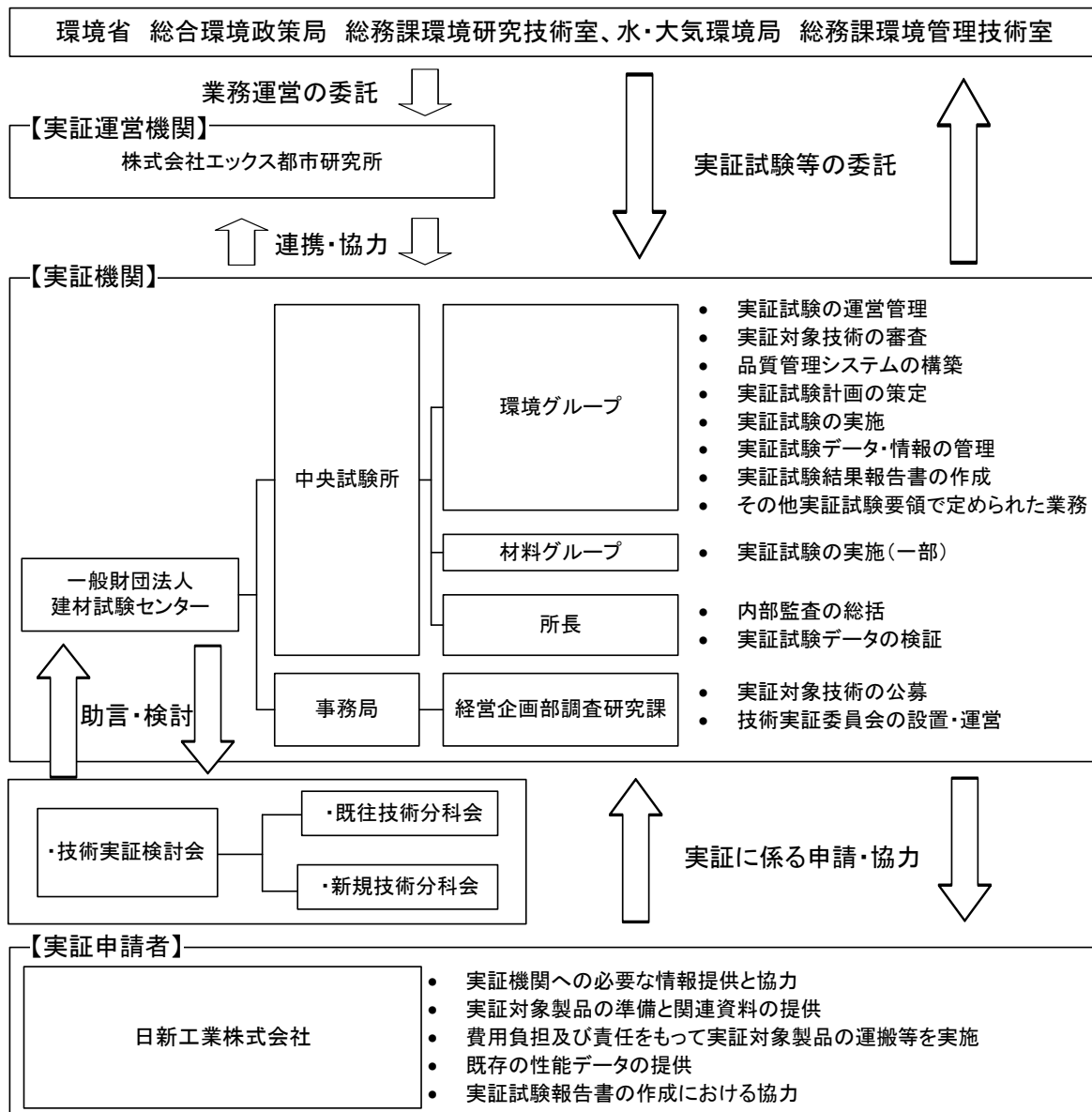


図 2-1 実証試験参加組織

表 2-1 実証試験参加者と責任分掌

区分	実証試験参加機関	責任分掌	参加者
実証 機関	一般財団法人 建材試験センター	実証試験の運営管理	中央試験所 環境グループ ・和田 暢治 ・萩原 伸治 ・松原 知子 ・安岡 恒 ・馬淵 賢作 材料グループ ・鈴木 敏夫 ・志村 重頭
		実証対象技術の公募・審査	
		技術実証委員会の設置・運営	
		品質管理システムの構築	
		実証試験計画の策定	
		実証試験の実施・運営	経営企画部 部長 ・藤本 哲夫 調査研究課 ・鈴木 澄江 ・中村 則清
		実証試験データ・情報の管理	
		実証試験結果報告書の作成	
		その他実証試験要領で定められた業務	
		内部監査の総括	
	中央試験所 所長 ・黒木 勝一		
	実証試験データの検証		
実証 申請者	日新工業株式会社	実証機関への必要な情報提供と協力	代表 取締役社長 相臺 公豊
		実証対象製品の準備と関連資料の提供	
		費用負担及び責任をもって 実証対象製品の運搬等を実施	
		既存の性能データの提供	
		実証試験報告書の作成における協力	

3. 実証対象技術の概要

実証対象技術の概要は、表 3-1 に示すとおりである。

このページに示された情報は、全て実証申請者が自らの責任において申請したものであり、環境省及び実証機関は、内容に関して一切の責任を負いません。

表 3-1 実証対象技術の概要

項目		実証申請者 記入欄		
実証申請者		日新工業株式会社 (英文表記: Nisshinkogyo CO.,LTD)		
技術開発企業名		日新工業株式会社、東洋紡 STC 株式会社		
実証対象製品・名称		アースキーパーG (英文表記: Earthkeyper)		
実証対象製品・型番		K298×298×26		
連絡先	TEL	048-755-6188		
	FAX	048-755-6177		
	Web アドレス	http://www.nisshinkogyo.co.jp/		
	E-mail	toiawase@nisshinkogyo.co.jp		
技術の特徴		<p>・保水性建材のため、気化熱による冷却効果が期待できる。 ・屋上等の施工により、屋根面からの熱負荷を低減し、最上階居室等のエアコンの消費電力削減効果も期待できる。</p> 		
設置条件	対応する建築物・部位など	屋根		
	施工上の留意点	強い衝撃、局所荷重をうけると割れが発生する可能性がある。 不陸上で荷重を受けると割れが発生する可能性がある。		
	その他設置場所等の制約条件	屋上、屋根の積載荷重制限内で施工する。		
メンテナンスの必要性 耐候性・製品寿命など		使用環境によるが、基本的にメンテナンスは不要。		
コスト概算		設計施工価格(置き敷き工法)	37,500 円	1m ² あたり
		設計施工価格(接着工法)	29,500 円	

○その他メーカーからの情報（参考情報）

散水設備の併用で、効果が向上する。

4. 実証試験の内容

4.1 実証試験期間及び試験実施場所

表 4-1 実証試験期間及び試験実施場所

項目	内容
試験体搬入	平成26年 9月30日
熱・光学性能測定	屋外暴露試験前 平成26年10月 1日～平成26年10月 9日
	屋外暴露試験後 平成27年 2月11日～平成27年 2月20日
屋外暴露試験	平成26年10月10日～平成27年 2月10日
数値計算	平成26年10月10日～平成27年 2月20日
試験実施場所	一般財団法人建材試験センター中央試験所

4.2 空調負荷低減等性能

4.2.1. 基本性能

(1) 保水性【実証項目】

保水性は、保水量で規定する。測定は、JIS A 5371（プレキャスト無筋コンクリート製品）附属書 B に規定される B.5.4.1 保水性試験に従って行った。試験装置の概略を図 4-1 に示す。

保水量は、以下の式により算出した。なお試験体は、3 体とした。

$$W_r = \frac{m_w - m_d}{V} \dots\dots\dots (1)$$

- ここに、 W_r : 保水量 (g/cm³)
 m_w : 湿潤質量 (g)
 m_d : 絶乾質量 (g)
 V : 試験体の体積 (cm³)

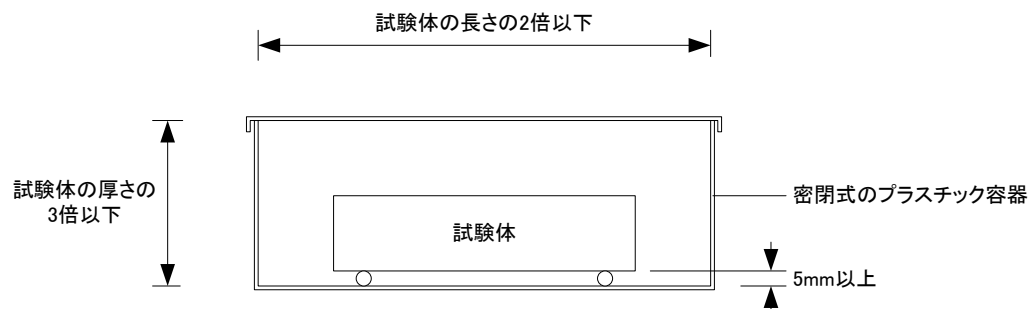


図 4-1 湿潤状態にする装置の概略*1

*1 : JIS A 5371 : 2010. プレキャスト無筋コンクリート製品

(2) 吸水性【実証項目】

吸水性は、吸い上げ高さで規定する。測定は、JIS A 5371（プレキャスト無筋コンクリート製品）附属書 B に規定される B.5.4.2 吸水性試験に従って行った。測定の概要を図 4-2 に示す。

吸い上げ高さは、以下の式により算出した。なお試験体は、3 体とした。

$$W_h = \frac{m_{30} - m_d}{m_w - m_d} \times 100 \quad \dots\dots\dots (2)$$

- ここに、 W_h : 吸い上げ高さ (%)
 m_{30} : 30 分後の吸い上げ質量 (g)
 m_w : 湿潤質量 (g)
 m_d : 絶乾質量 (g)

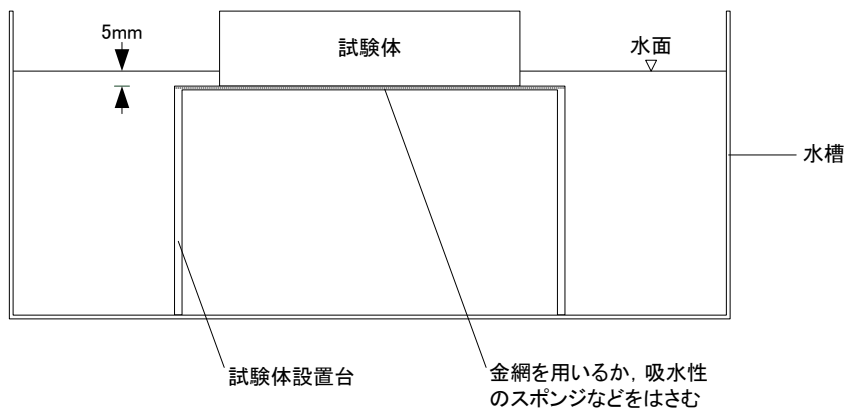


図 4-2 吸水性試験装置の概略*1

【用語の定義】*1

湿潤質量：15～25℃の清水中で 24 時間吸水させた後、試験体を取り出して図 4-1 のような密閉式のプラスチック容器に入れ、15～30℃の室内で 30 分間水を切り、絞った濡れウエスで目に見える水膜をぬぐった後、直ちに計測したときの質量。

絶乾質量：温度 105±5℃の乾燥容器内において一定質量になるまで乾燥した後、常温まで冷却したときの質量。

*1：JIS A 5371：2010. プレキャスト無筋コンクリート製品

(3) 蒸発性【実証項目】

以下に示す方法により、蒸発性試験を行った。試験体は、4.2.1(1)で測定した試験体と同じものとし、1体とした。

① 定義

表 4-2 算出項目

項目	定義
蒸発効率	<p>水分蒸発の蒸発性能を表現するパラメータであり、ある時点での蒸発効率には以下の式により算出する。蒸発効率とその時の含水率は、試験開始から 12 時間後までの 1 時間ごとの値を平均したものとす。</p> $\beta = \frac{E}{h_D(x_s - x_a)}$ $h_D = h_v / (C_p \cdot Le)$ $h_v = 5.8 + 3.9v^{*3} \quad (\text{ユルゲスの実験式})$ <p> β : 蒸発効率 (—) E : 蒸発量 (蒸発速度) (kg/(m²·h)) h_D : 水分伝達率 (kg/(m²h(kg/kg[']))) x_s : 表面温度における飽和絶対湿度 (kg/kg[']) x_a : 大気 (試験室) の絶対湿度 (kg/kg[']) h_v : 対流熱伝達率 (W/(m²K)) C_p : 湿り空気の定圧比熱 (J/(kg·K)) Le : ルイス数(ここでは、$Le = 1$) v : 風速 (m/s) </p>
恒率蒸発期間	試験を開始してから、閾値(水面の蒸発効率を 100%としたとき、その値の 70%を閾値とする。)に達するまでの期間。
積算蒸発量	試験開始から 12 時間後までの蒸発量 (質量減少量)。
積算温度	一般的なコンクリート平板を試験した場合に達する温度を基準として、試験開始から 12 時間後までの試験体温度との差を積算した値。

*1: 横山博至ほか. “屋根・屋上用保水性建材を用いた市街地熱環境計画手法の開発 その5 蒸発曲線に関する室内実験”. 空気調和・衛生工学会学術講演会講演論文集. 社団法人空気調和・衛生工学会, 1997, p.1253-1256.

*2: 足永靖信ほか. “屋根・屋上用保水性建材を用いた市街地熱環境計画手法の開発 その7 蒸発の持続性と蒸発能に関する室内実験”. 空気調和・衛生工学会学術講演会講演論文集. 社団法人空気調和・衛生工学会, 1998, p.373-376.

*3: 田中俊六ほか. “6 建築伝熱”. 最新建築環境工学. 改訂3版, 株式会社井上書院, 2006, p.184-185.

② 測定装置

蒸発性試験は、図 4-3 及び図 4-4 に示す測定装置により行った。

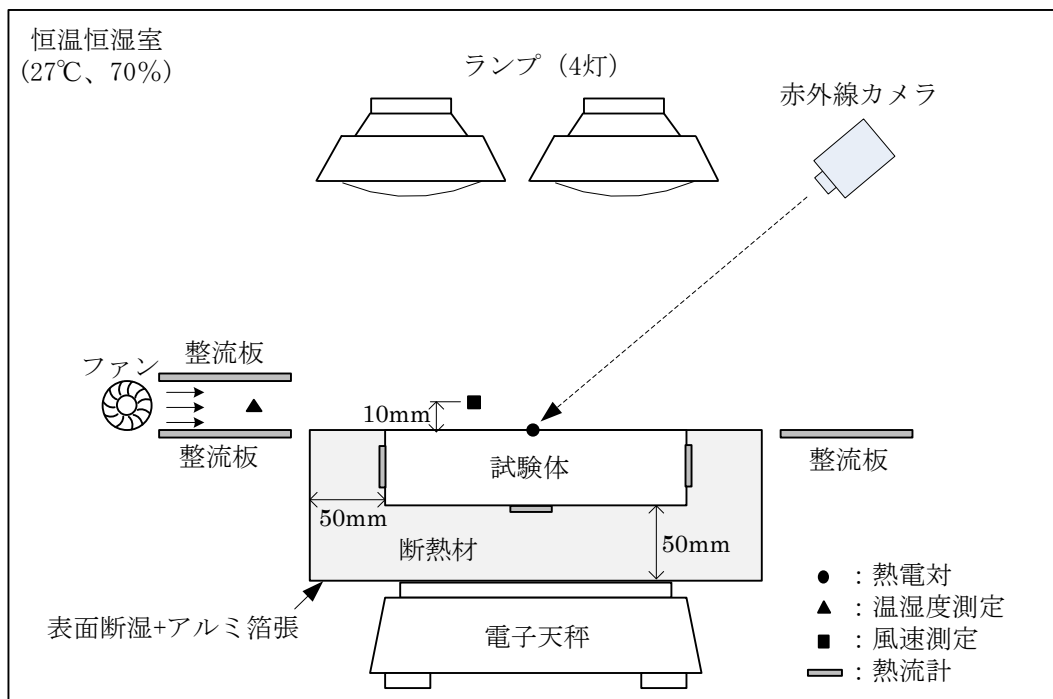


図 4-3 蒸発性試験の概要

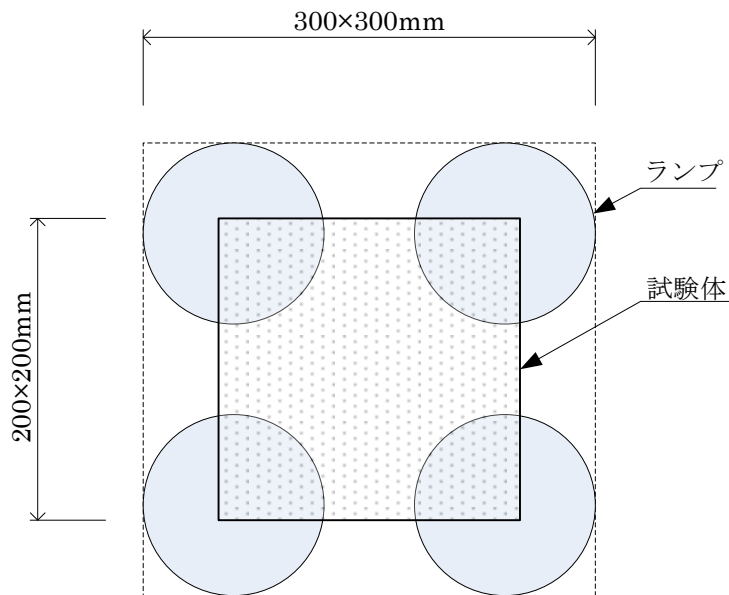


図 4-4 ランプと試験体の位置

③ 使用機器

- | | |
|------------|-----------|
| a) ランプ 4 灯 | b) ファン |
| c) 熱電対 | d) 赤外線カメラ |
| e) 熱流計 | f) 風速計 |
| g) SAT 計 | h) 日射計 |
| i) 分光放射計 | j) データロガー |

④ 測定条件

試験時の条件は、表 4-3 に示す通りとした。

表 4-3 測定条件

項目	条件
温度	27℃
相対湿度	70%RH
表面風速	1m/s、3m/s、5m/s
照射熱量	1 条件

a) 試験時の照射熱量

試験時の照射熱量は、以下のとおり調整を行った。

- ランプと試験体との距離は、試験体の位置に SAT 計*1 を設置し、SAT 計表面の風速が 1m/s のときに表面温度が約 80℃で一定となる距離とした。
- ランプからの長波長も含む全熱量は SAT 計により測定し、日射に相当する短波長分は日射計により測定した。また、そのときの光源のスペクトル分布を分光放射計で測定した。

b) 試験時の風速

試験時の風速は、試験体中央部（表面から高さ約 10mm の位置）で測定し、所定の風速となるようにファンにより調整した。参考として、試験体風上側及び試験体風下側の 2 点で風速を測定した。なお、ファンは、試験体の長さより長い吹き出し口を持つものを使用した。また、図 4-3（詳細版本編 22 ページ）のように、試験体表面と同じ位置に整流板を置き、風の流れを安定させた。

⑤ 試験体

試験体の寸法は、寸法 200mm×200mm とした。

⑥ 測定手順

蒸発性試験の測定手順は以下のとおりとした。

- 試験体を 24 時間水中に浸せきした後、図 4-1（詳細版本編 19 ページ）の状態で 30 分間自然に水切りした。
- 図 4-3（詳細版本編 22 ページ）のように試験体を設置し、ランプを照射して測定を開始。

*1 : JSTM J 6110:2003. SAT 計による建築周壁の放射空気温度測定方法.

- c) 測定項目は、図 4-3 中の温度、熱流計出力、電子天秤による質量測定。試験体表面温度は試験体表面中央部に貼付した熱電対及び赤外線カメラにより測定した。
- d) 24 時間経過後に測定終了した。

(4) 熱伝導率【参考項目】

熱伝導率試験は、JIS A 1412-2〔熱絶縁材の熱抵抗及び熱伝導率の測定方法―第 2 部：熱流計法（HFM 法）〕に従って行った。測定は、絶乾状態と湿潤状態の 2 水準で行った。このとき、湿潤状態は 4.2.1(1)（詳細版本編 18 ページ）に示す湿潤質量となった状態を指す。湿潤状態での測定では、測定中に試験体からの水分蒸発が生じないように、試験体の周囲を食品用ラップフィルムで包み、試験体全面をシールした。

(5) 日射反射率【参考項目】

日射反射率試験は、JIS K 5602（塗膜の日射反射率の求め方）に準じ、波長範囲：300nm～2500nm の測定を行った。また、日射反射率の測定は、絶乾状態と湿潤状態の 2 水準とした。

(6) 比熱【参考項目】

比熱は、断熱熱量計法に従って測定した。測定時の試験体は絶乾状態とした。試験体数は 1 体とした。測定方法の概要を図 4-5 に示す。

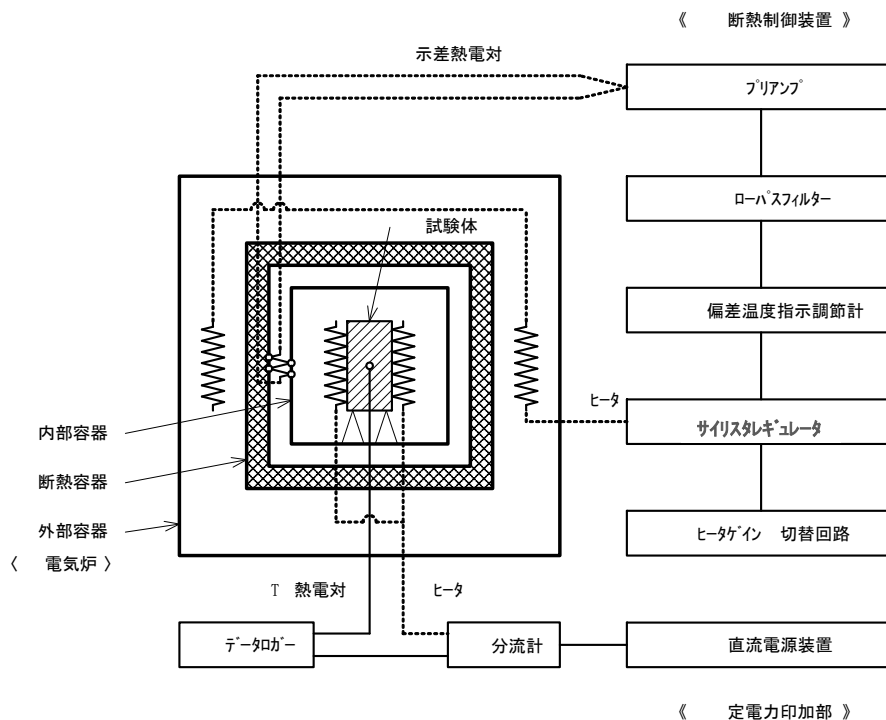


図 4-5 断熱熱量計比熱測定装置概要

(7) 含水率【参考項目】

含水率は、4.2.1(1)保水性（詳細版本編 18 ページ）による測定結果を用いて、JIS A 1476（建築材料の含水率測定方法）に準じた以下の式により算出した。

$$u = \frac{m_w - m_d}{m_d} \dots\dots\dots (3)$$

$$w = u\rho_d \dots\dots\dots (4)$$

$$\Psi = u \frac{\rho_w}{\rho_d} \dots\dots\dots (5)$$

- ここに、 u : 質量基準質量含水率 (kg/kg)
 w : 容積基準質量含水率 (kg/m³)
 Ψ : 容積基準容積含水率 (m³/m³)
 m_w : 湿潤質量 (kg)
 m_d : 絶乾質量 (kg)
 ρ_d : 絶乾密度 (kg/m³)

4.2.2. 数値計算

本項目における実証結果は、社団法人日本建築学会内に設置されたクールルーフ小委員会にて開発されたプログラム*1を基に、Microsoft® Office Excel により算出した。

計算条件および計算による出力項目は下記の通りとした。

(1) 計算条件

① 気象条件

表 4-4 気象条件

設定条件	内容
地域	・東京都、大阪府
気象データ	・気象庁気象観測データ（2005年）*2 東京都：東京管区気象台 大阪府：大阪管区気象台
期間	2005年7月18日～9月15日 （計算期間は8月1日～8月31日）

*1： 竹林英樹，近藤靖史，クールルーフ適正利用 WG. “クールルーフの適正な普及のための簡易評価システムの検討（その2）パブリックベネフィット評価ツールの開発”. 日本建築学会技術報告集. 社団法人日本建築学会. 2010, p.589-594, (Vol.16 (2010), No.33).

*2： 気象庁. “気象統計情報”, <http://www.jma.go.jp/jma/menu/report.html>, 2011-11-28.

② 計算対象となるモデル

数値計算は、図 4-6 に示す材料構成を想定して行った。

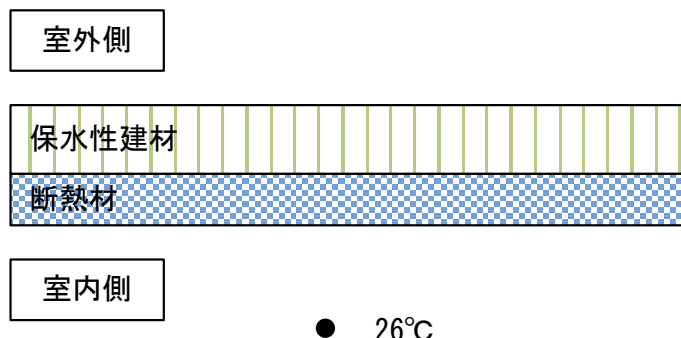


図 4-6 屋上（屋根）面の材料構成

③ 実証項目・参考項目の設定期間及び出力内容

実証項目は表 4-5 に示す 2 項目とし、屋根・屋上用保水性建材の比較対象として一般的なコンクリート（表 4-6）を表面に用いた場合の各項目の計算結果との差を算出した。

表 4-5 数値計算による実証項目・参考項目の設定期間について

項目	設定期間	出力単位
屋上（屋根）表面温度低下量	8 月 1 日～8 月 31 日の時刻別平均値	℃
大気顕熱負荷低減量	8 月 1 日～8 月 31 日の時刻別平均値	W/m ²

表 4-6 一般的なコンクリートの物性値

項目	物性値	単位
アルベド（日射反射率）*1	0.44	—
蒸発効率*2	0	—
熱伝導率*2	1.59	W/(m・K)
熱容量*2	100000	J/(m ³ ・K)

(2) 出力項目

実証項目は表 4-5 に示す 2 項目とし、屋根・屋上用保水性建材の比較対象は、一般的なコンクリートを表面に用いた場合とした。数値計算は連続したものになるため、グラフで示した。

表 4-7 数値計算出力リスト

対応する項目	出力単位
表面温度上昇抑制効果	℃
顕熱放散量抑制効果	W/m ²

*1：市販のコンクリート平板（JIS A 5371 の普通平板）を用いて測定した結果

*2：竹林英樹，“上空気象データを用いたヒートアイランド対策技術導入効果の簡易評価方法の検討”，日本建築学会環境系論文集，社団法人日本建築学会，2007.11，p.57-62，No.621.

4.3 環境負荷・維持管理等性能実証項目

詳細版本編 4.2.1 基本性能（詳細版本編 18 ページ）で測定を行った試験体と同一ロットの試験体を、一般財団法人建材試験センター中央試験所内の屋外に水平に設置して、4 か月間（10 月～2 月）の屋外暴露（屋外暴露試験）を行った。屋外暴露試験終了後、再度詳細版本編 4.2.1 基本性能に規定する試験のうち(1)保水性及び(3)蒸発性（表面風速 1m/s の条件のみ）の試験を行った。

5. 実証試験結果と検討

5.1 基本性能及び環境負荷・維持管理等性能

5.1.1. 実証項目

(1) 保水性

【屋外暴露試験前】

No	試験片			絶乾 m_d g	湿潤 m_w g	絶乾密度 kg/m ³	保水量 W_r g/cm ³
	寸法	寸法	厚さ				
	mm	mm	mm				
1	199.6	200.6	26.9	1736.04	2007.47	1612	0.252
2	199.6	199.5	26.4	1702.33	1962.82	1619	0.248
3	199.5	199.0	26.9	1729.95	1992.88	1620	0.246
平均	—	—	26.7	—	—	1617	0.25

【屋外暴露試験後】

項目	試験片 ^{*2}			絶乾 m_d g	湿潤 m_w g	絶乾密度 kg/m ³	保水量 W_r g/cm ³
	寸法	寸法	厚さ				
	mm	mm	mm				
結果	199.9	200.6	26.1	1738.75	1988.76	1661	0.24

(2) 吸水性

No	試験片			絶乾 m_d g	湿潤 m_w g	30分後の 吸い上げ質量 m_{30} g	絶乾密度 kg/m ³	吸い上げ 高さ W_h %
	寸法	寸法	厚さ					
	mm	mm	mm					
1	199.6	200.6	26.9	1736.04	2007.47	2002.61	1612	98.2
2	199.6	199.5	26.4	1702.33	1962.82	1960.67	1619	99.2
3	199.5	199.0	26.9	1729.95	1992.88	1989.14	1620	98.6
平均	—	—	26.7	—	—	—	1617	99

(3) 蒸発性

① 測定結果（風速 1m/s）

項目		屋外暴露試験前	屋外暴露試験後
蒸発効率	(-)	0.14	0.12
恒率蒸発期間*1	(h)	約 1	約 1
積算蒸発量	(g)	108	93
積算温度	(°C·hr)	55	42

② 測定結果（風速 3m/s）

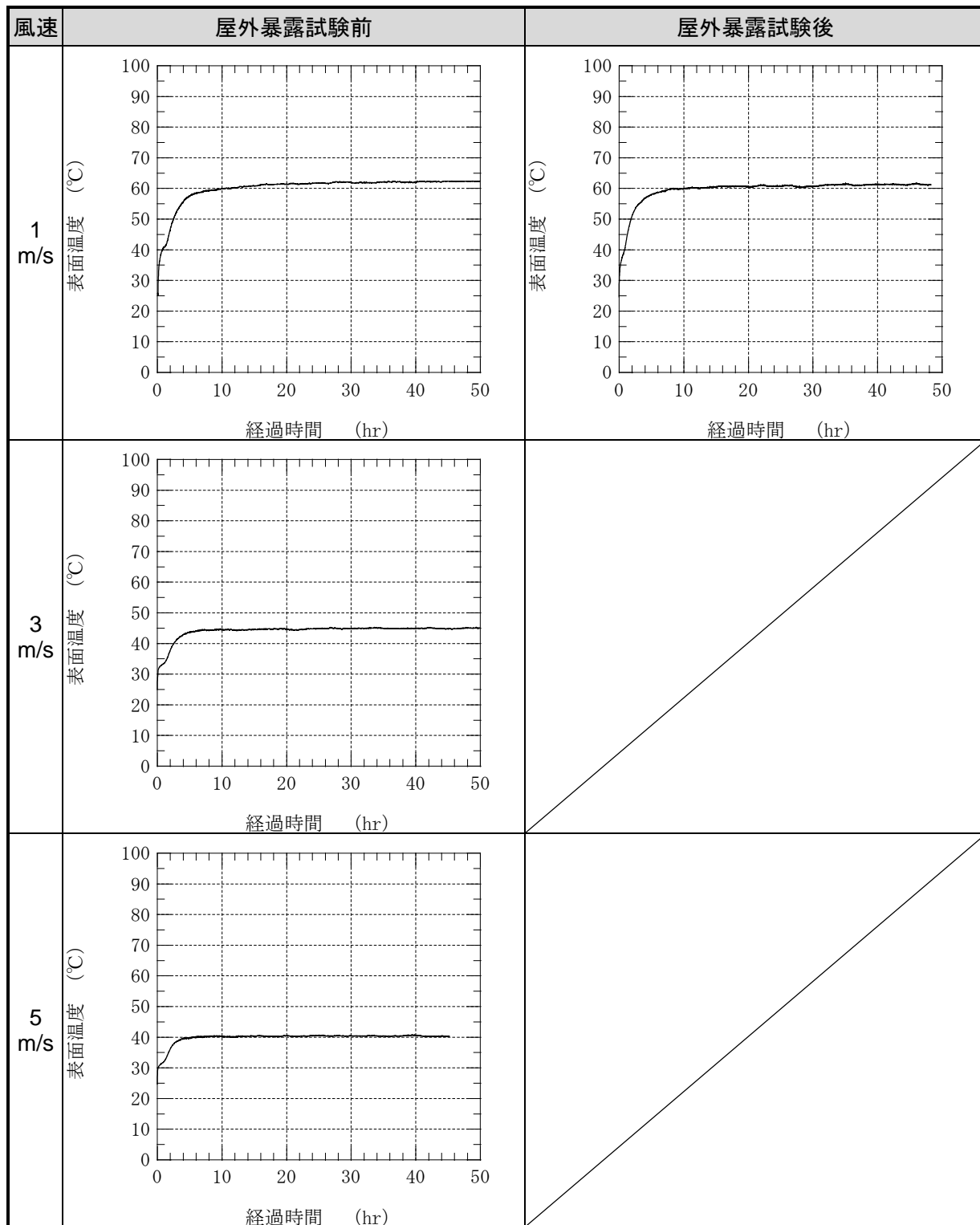
項目		屋外暴露試験前
蒸発効率	(-)	0.16
恒率蒸発期間*1	(h)	—
積算蒸発量	(g)	108
積算温度	(°C·hr)	—

③ 測定結果（風速 5m/s）

項目		屋外暴露試験前
蒸発効率	(-)	0.14
恒率蒸発期間*1	(h)	—
積算蒸発量	(g)	112
積算温度	(°C·hr)	—

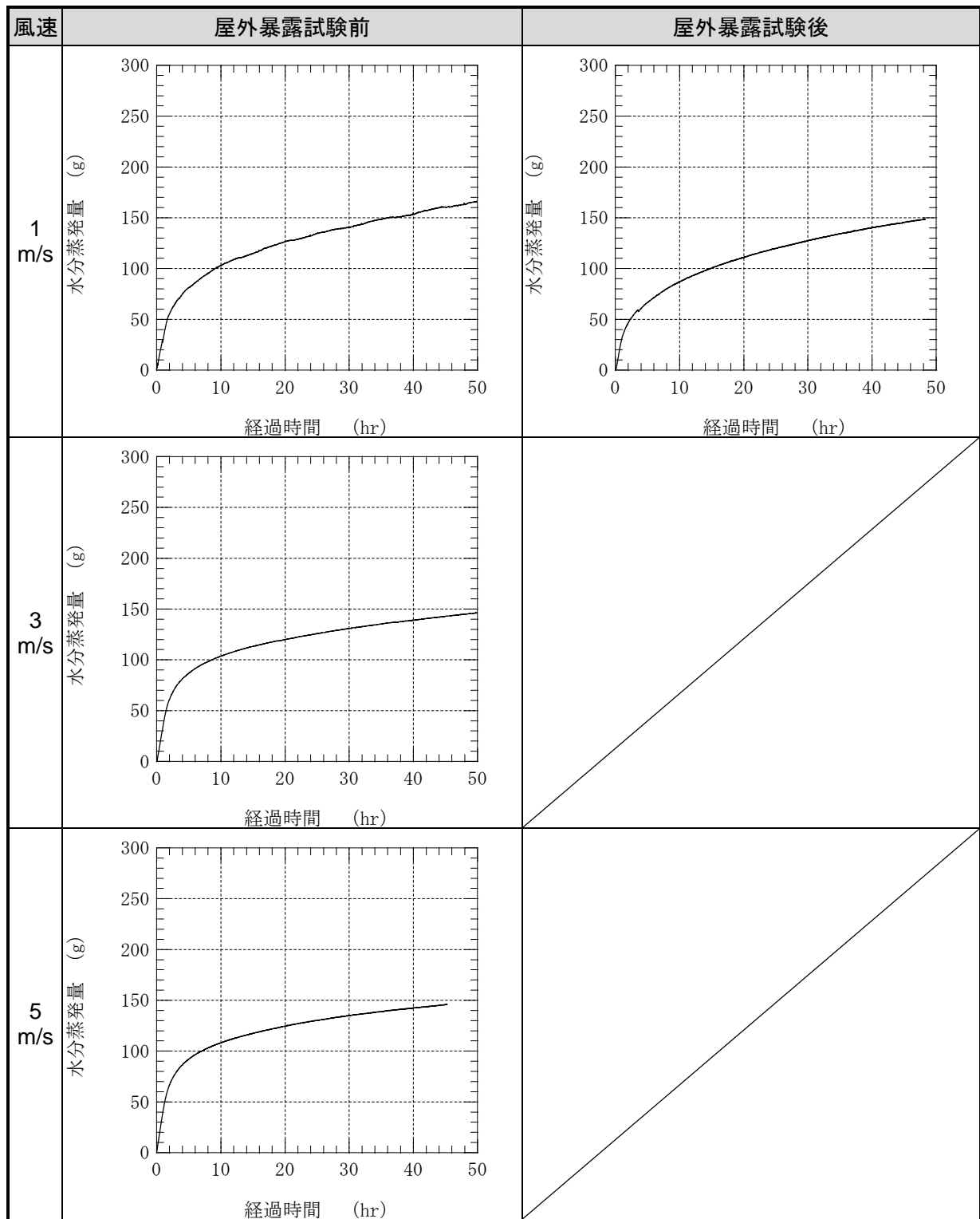
*1：恒率蒸発期間は、測定データをグラフにプロットし、その結果から算出するものである。
 質量測定 of 風速による影響を考慮し、ここでは、およその値として、結果を示す（恒率蒸発期間の定義は、4.2.1(3)①表 4-2（詳細版本編 21 ページ）に示す）。

④ 表面温度と経過時間の関係



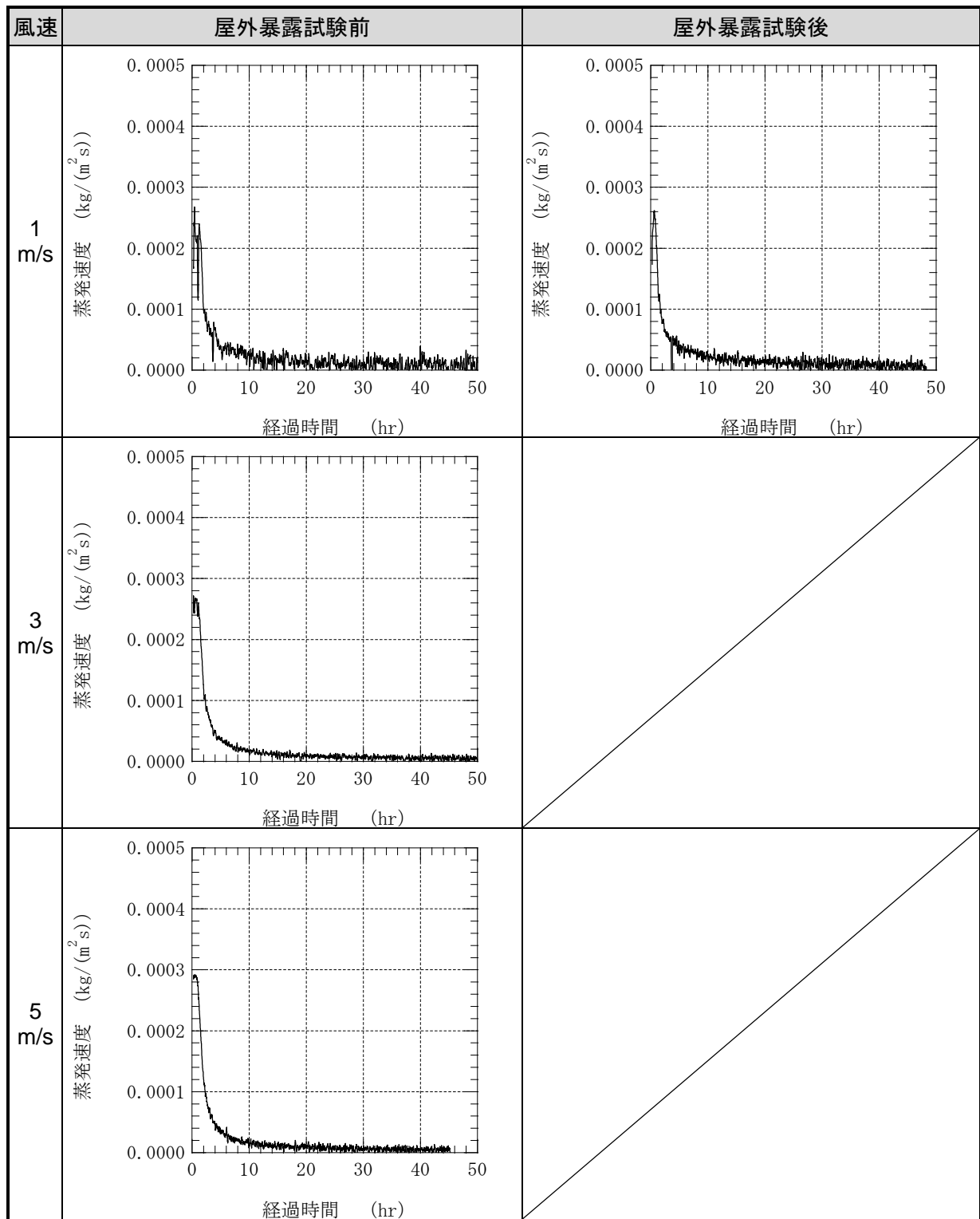
※試験体表面をランプによって加熱しているため、時間の経過とともに表面温度は上昇することになる。一方、試験体表面近傍に存在する水分が蒸発する場合には、温度上昇に寄与する熱が水分蒸発に消費されるため、表面温度の上昇が抑制される。従って、水分蒸発が多い場合には表面温度の上昇が抑制され、水分蒸発が少ない場合には表面温度が上昇する傾向となる。
 なお、風速が大きい場合には表面温度は雰囲気温度に近くなるため、風速が大きい程、相対的に表面温度は低くなる。

⑤ 水分蒸発量と経過時間の関係



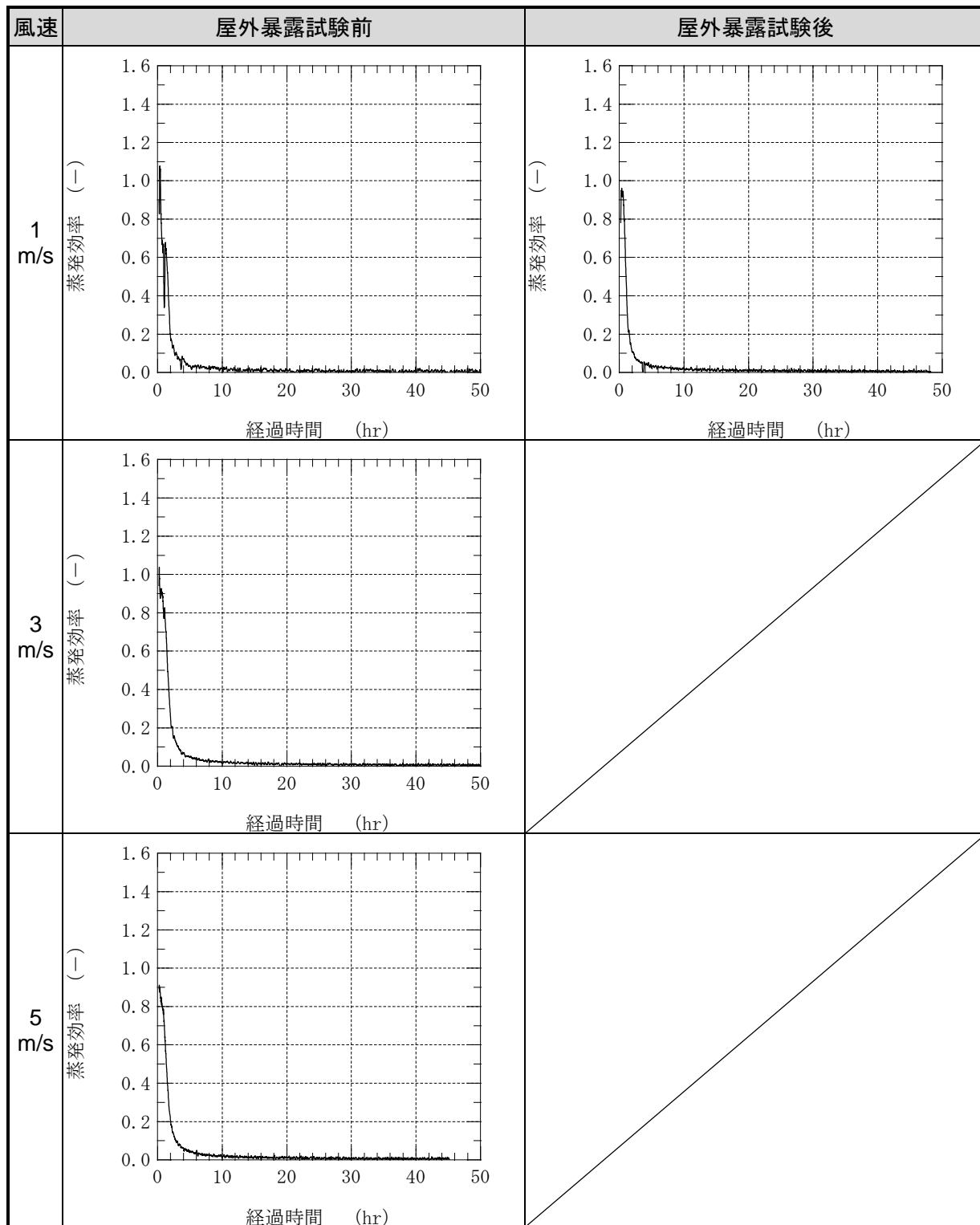
※縦軸の水分蒸発量は、試験体から蒸発する水分（質量減少量）の積算値を示す。経過時間の初期の段階から単位時間当たりの水分蒸発量が多い程、表面温度の上昇を抑制する効果があることを示す。

⑥ 蒸発速度と経過時間の関係



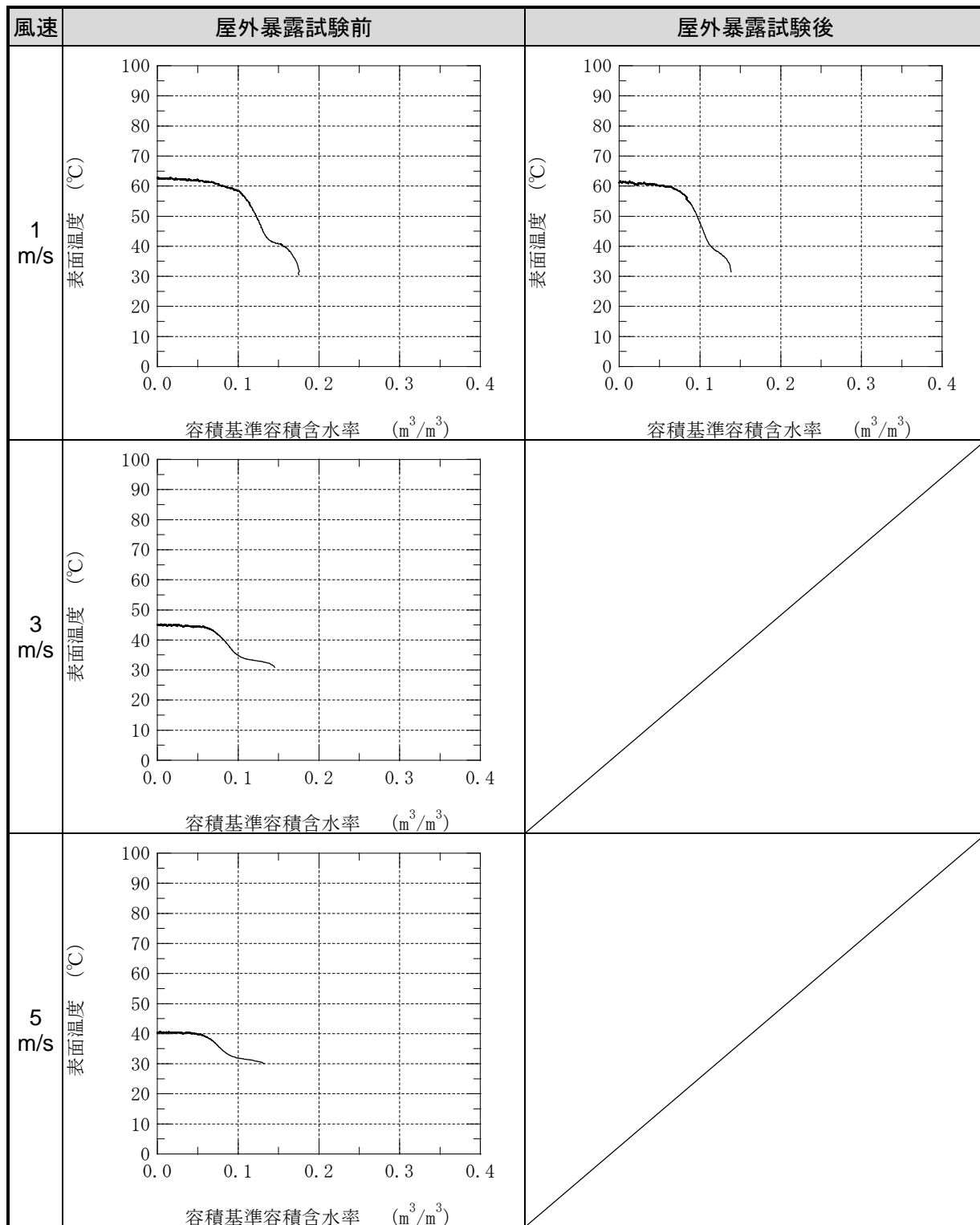
※経過時間の初期の段階から、単位時間当たりの水分蒸発量が多い程（蒸発速度が大きい程）、表面温度の上昇を抑制する効果があることを示す。また、蒸発速度が大きい状態を保持する時間が長い程、表面温度の上昇を抑制する効果が持続することを示す。

⑦ 蒸発効率と経過時間の関係



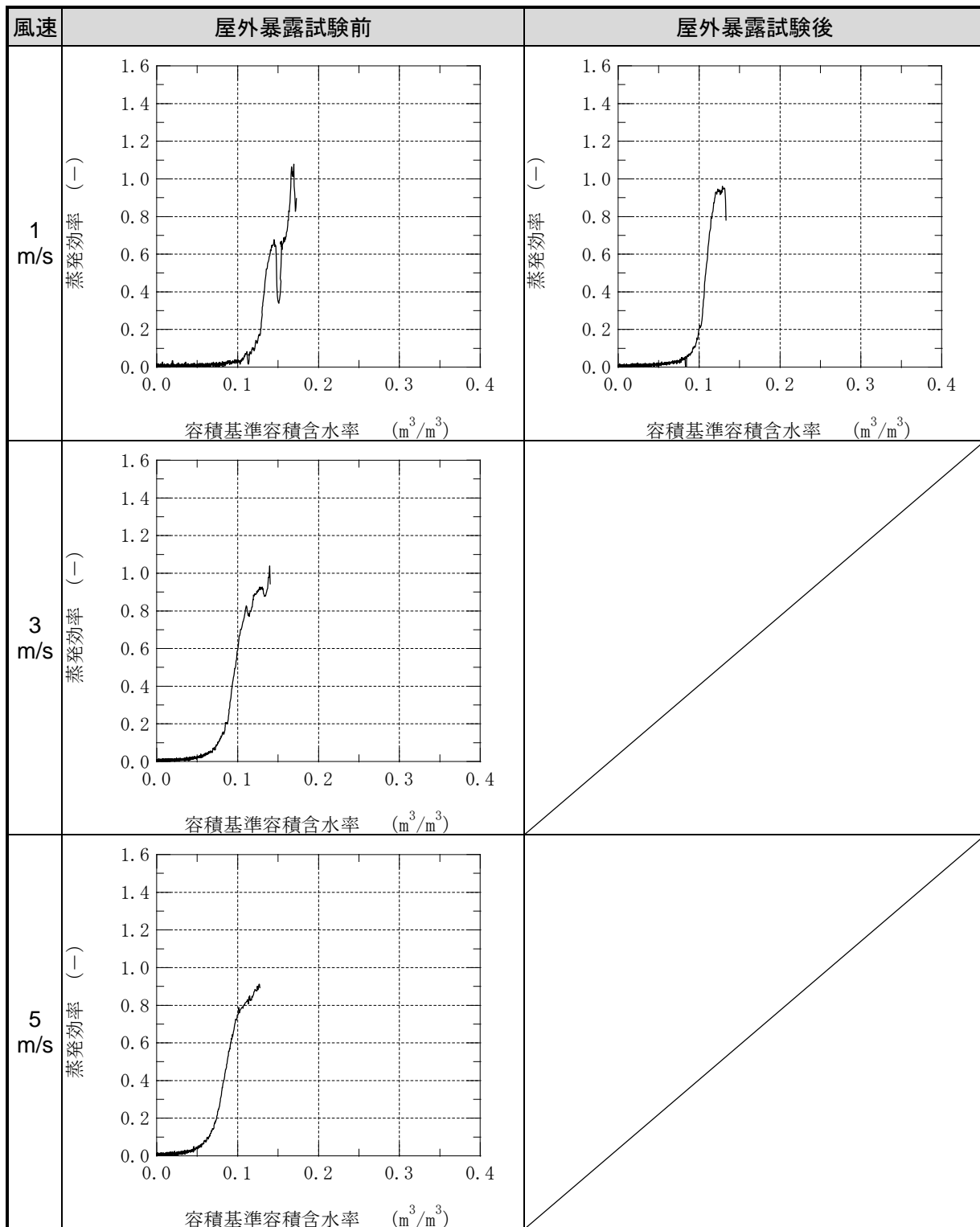
※経過時間の初期の段階から、蒸発効率が大きい程、表面温度の上昇を抑制する効果があることを示す。また、蒸発効率が大きい状態を保持する時間が長い程、表面温度の上昇を抑制する効果が持続することを示す。

⑧ 表面温度と含水率の関係



※時間の経過とともに水分蒸発が起これり容積基準容積含水率は小さくなるため、上図の横軸（容積基準容積含水率）は、数値が大きい方から小さい方（右から左）に向かって時間が経過することを示す。従って、横軸の容積基準容積含水率の減少する方向（右から左）が時間の経過となる。

⑨ 蒸発効率と含水率の関係



※時間の経過とともに水分蒸発が起これり容積基準容積含水率は小さくなるため、上図の横軸（容積基準容積含水率）は、数値が大きい方から小さい方（右から左）に向かって時間が経過することを示す。従って、横軸の容積基準容積含水率の減少する方向（右から左）が時間の経過となる。

5.1.2. 参考項目

(1) 熱伝導率

項目	測定結果	
	乾燥状態	湿潤状態
熱伝導率 [W/(m・K)]	0.391	0.610

(2) 日射反射率

項目	測定結果	
	乾燥状態	湿潤状態
日射反射率* (%)	33.6	19.9

(3) 比熱

項目	測定結果
比熱 (J/(g・K))	0.88

(4) 含水率

【屋外暴露試験前】

No	試験片			絶乾密度	質量基準 質量含水率	容積基準 質量含水率	容積基準 容積含水率
	寸法	寸法	厚さ				
	mm	mm	mm				
1	199.6	200.6	26.9	1612	0.156	252	0.253
2	199.6	199.5	26.4	1619	0.153	248	0.248
3	199.5	199.0	26.9	1620	0.152	246	0.247
平均				1617	0.154	249	0.249

【屋外暴露試験後】

項目	試験片			絶乾密度	質量基準 質量含水率	容積基準 質量含水率	容積基準 容積含水率
	寸法	寸法	厚さ				
	mm	mm	mm				
結果	199.9	200.6	26.1	1661	0.144	239	0.239

5.1.3. 数値計算により算出する実証項目

(1) 実証項目の計算結果（2005年8月1日～8月31日の時刻別平均値）

表面温度上昇抑制効果及び顕熱放散量抑制効果（図5-1～図5-4）

比較対象：一般的なコンクリートを表面に用いた場合

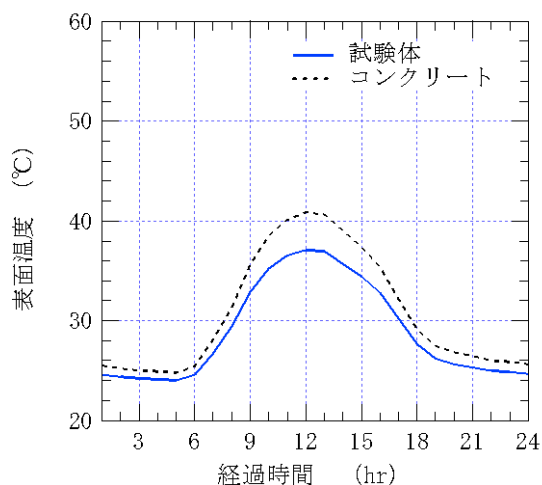


図5-1 表面温度の経時変化（地域：東京）

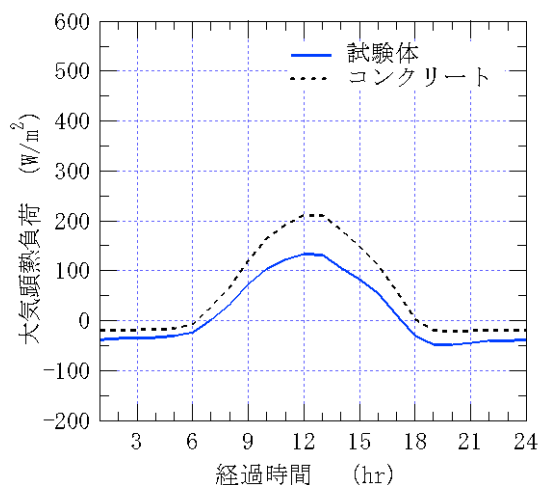


図5-2 顕熱負荷の経時変化（地域：東京）

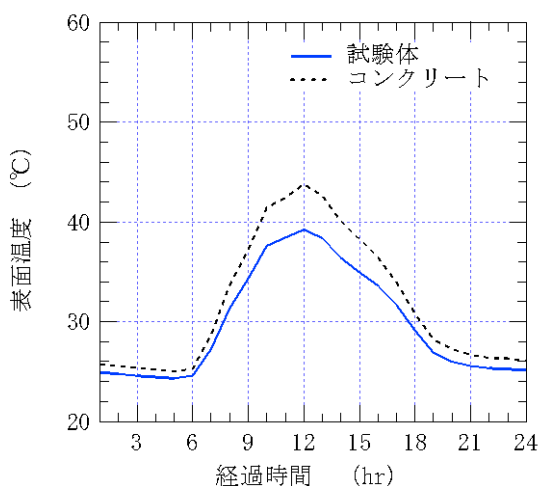


図5-3 表面温度の経時変化（地域：大阪）

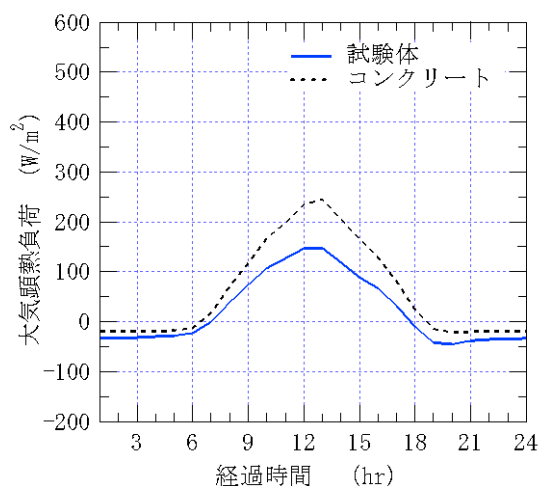


図5-4 顕熱負荷の経時変化（地域：大阪）

(2) (1)実証項目の計算結果に関する注意点

- ① 数値計算は、夏季の7月18日～9月15日の期間において行い、8月1日～8月31日の時刻別平均値を算出した（年間を通じての計算は実施していない）。
- ② 屋根・屋上用保水性建材の性能値は、計算対象となる期間中変化しないものとした。ただし、熱伝導率、日射反射率は、絶乾状態の試験結果と湿潤状態の試験結果の平均値を用いることとし、蒸発効率及び含水率は、4.2.1(3)（詳細版本編 21 ページ）で行った試験結果のうち試験開始から12時間までの1時間ごとの値を平均したものとした。また、比熱は絶乾時の値と12時間の平均含水率との値から算出した。なお、蒸発効率が1を超える場合には蒸発効率=1と設定するなど、数値計算結果が発散しないように数値を設定し計算を実施した。
- ③ 屋根・屋上用保水性建材施工により屋根・屋上面において生じる表面温度の低下及び蒸発に伴う潜熱量は、室内の空調負荷に影響を与えないものとみなして計算を行った。そのため、空調負荷低減に係る電力量計算等は実施しない。
- ④ 簡易計算では、実験条件に基づいて得られた一定の蒸発効率を与えて熱収支の計算を実施しているため、降雨がない状況が続く気象条件で材料が乾燥して蒸発量が少なくなる様子は再現できていない。簡易計算は、材料の保水状態が良い理想的な条件が続くと想定した場合の計算であり、蒸発による冷却効果が実際よりも大きく表現されている。

○付録

1. データの品質管理

本実証試験を実施にあたり、データの品質管理は、一般財団法人建材試験センターが定める品質マニュアルに従って管理した。

1.1 測定操作の記録方法

記録用紙は、一般財団法人建材試験センター規程による試験データシート、実測値を記録するコンピュータープリントアウト及び実証試験要領に規定した成績書とした。

1.2 精度管理に関する情報

JIS Q 17025:2005 (ISO/IEC17025:2005)「試験所及び校正機関の能力に関する一般要求事項」に準拠した測定トレーサビリティによりデータの精度管理を行った。

2. データの管理、分析、表示

2.1 データ管理とその方法

本実証試験から得られる以下のデータは、一般財団法人建材試験センターが定める品質マニュアルにしたがって管理するものとした。データの種類は次のとおりである。

- 空調負荷低減等性能のデータ
- 環境負荷・維持管理等性能のデータ

2.2 データ分析と評価

本実証試験で得られたデータについては、必要に応じ統計分析の処理を実施するとともに、使用した数式を実証試験結果報告書に記載する。

実証項目の測定結果の分析・表示方法は以下のとおりである。

(1) 空調負荷低減等性能のデータ

- 基本性能（吸水性、保水性、蒸発性）

(2) 環境負荷・維持管理等性能のデータ

- 性能劣化の把握

3. 監査

本実証試験で得られたデータの品質監査は、一般財団法人建材試験センターが定める品質マニュアルに従って行うものとする。実証試験が適切に実施されていることを確認するために実証試験の期間中に内部監査を実施した。

この内部監査は、本実証試験から独立している一般財団法人建材試験センター中央試験所長を内部監査員として任命し実施した。

4. 用語の定義

- 保水性
材料の水分保持の性質で、保水量で表される。
- 絶乾質量
基準乾燥温度において試験体を一定質量になるまで乾燥した後の質量。
- 湿潤質量
15～25℃の清水中で 24 時間吸水させた後、密閉式のプラスチック容器に入れ、15～30℃の室内で 30 分間水を切り、絞った濡れウエスで目に見える水膜をぬぐった後、直ちに計測したときの質量。
- 保水量
保水質量（湿潤質量-絶乾質量）を材料の容積で除したもの。
- 吸水性
材料の水分吸い上げ能力を表す性質で、吸い上げ高さで表される。
- 吸い上げ高さ
絶乾状態にした試験体の底面を 30 分間水に浸したときの質量増加量を保水質量（湿潤質量-絶乾質量）で除したもの。
- 蒸発性
蒸発効率、恒率蒸発期間及び積算蒸発量によって示される材料の水分蒸発に係わる性質。
- 蒸発効率
水面からの蒸発量を 1 としたときの同一の環境条件での材料表面からの蒸発量の比。
- 恒率蒸発期間
材料が一定の環境条件で乾燥する過程で蒸発量が一定とみなせる（蒸発効率が 0.7 以上）期間。
- 積算蒸発量
試験開始から 12 時間後の水分蒸発量。
- 水分蒸発量
試験開始以後の蒸発量（質量減少量）の積算値。
- 積算温度
一般的なコンクリート平板を試験した場合に達する温度を基準として、試験開始から 12 時間後までの試験体温度との差を積算した値。
- 質量基準質量含水率
蒸発し得る水分の質量を材料の乾燥質量で除したもの。
- 容積基準質量含水率
蒸発し得る水分の質量を乾燥した材料の容積で除したもの。
- 容積基準容積含水率
蒸発し得る水分の容積を乾燥した材料の容積で除したもの。
- 表面温度上昇抑制効果
実証対象技術による屋根表面温度の低下量。
- 顕熱放散量抑制効果
実証対象技術による屋根表面から外気への対流による顕熱移動量の低減効果。