

環境省

平成25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26年3月

実証機関 : 一般財団法人建材試験センター  
技術 : ベランダ用保水性建材  
実証申請者 : TOTO 株式会社  
製品名・型番 : バーセア・AP10MT01UF



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 数値計算.....	1
3. 実証試験結果.....	2
3.1 基本性能.....	2
3.2 数値計算により算出する実証項目.....	10
3.3 数値計算結果に関する注意点.....	22
4. 参考情報.....	23
○ 本編.....	24
1. 実証試験の概要と目的.....	24
2. 実証試験参加組織と実証試験参加者の責任分掌.....	25
3. 実証対象技術の概要.....	27
4. 実証試験の内容.....	28
4.1 実証試験期間.....	28
4.2 基本性能.....	28
4.3 数値計算.....	34
5. 実証試験結果と検討.....	45
5.1 基本性能.....	45
5.2 数値計算により算出する実証項目.....	53
5.3 数値計算結果に関する注意点.....	65
○ 付録.....	66
1. データの品質管理.....	66
1.1 測定操作の記録方法.....	66
1.2 精度管理に関する情報.....	66
2. データの管理、分析、表示.....	66
2.1 データ管理とその方法.....	66
2.2 データ分析と評価.....	66
3. 監査.....	66
4. 用語の定義.....	67



○ 全体概要

本実証試験結果報告書の著作権は、環境省に属します。

実証対象技術／ 実証申請者	バーセア・AP10MT01UF／ TOTO 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25年9月17日～平成26年2月19日

1. 実証対象技術の概要

マンションや一戸建てのバルコニー床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 23 ページ）を参照。

2. 実証試験の概要

2.1 基本性能

ベランダ用保水性建材の基本性能（保水性／吸水性／蒸発性）を測定した。

2.2 数値計算

マンションのベランダにベランダ用保水性建材を敷設した場合の効果（ベランダ表面温度低下量等）を数値計算により算出した。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。

2.2.1. 数値計算における設定条件

(1) 対象建築物

マンションモデルのベランダ部ならびに LD 部（リビングダイニングスペース部）  
〔対象ベランダ床面積：5.85m<sup>2</sup>、対象 LD 床面積：14.04m<sup>2</sup>、窓開口面積：2.7m<sup>2</sup>、階高：2.5m、構造：RC 造〕

注) 周囲の建築物等の影響による日射の遮蔽は考慮しない。

対象建築物の詳細は、詳細版本編 4.3.1(1)対象建築物（詳細版本編 35 ページ）参照。

(2) ベランダ手すりの設定

設定条件名	内容
手すり 1（格子手すり想定）	自由通風、日射透過
手すり 2（透明パネル想定）	通風遮断、日射透過
手すり 3（コンクリート想定）	通風遮断、日射遮断

(3) 気象条件の設定

気象庁気象観測データ（2012年8月16日5時～24時）（東京都：東京管区气象台）

(4) 打ち水条件の設定

設定条件名	内容
打ち水 1	9時に打ち水（散水量 1.24kg/m <sup>2</sup> ）をする。
打ち水 2	16時に打ち水（散水量 1.24kg/m <sup>2</sup> ）をする。

(5) 換気回数設定

設定条件名	内容
換気 1	換気回数 5 回/h
換気 2	換気回数 20 回/h
換気 3	換気回数 60 回/h

### 3. 実証試験結果

#### 3.1 基本性能

##### 3.1.1. 実証項目

##### (1) 保水性

項目	測定結果			
	No.1	No.2	No.3	No.4
絶乾質量 (g)	18536	186.00	186.34	185.48
湿潤質量 (g)	198.18	197.86	198.23	197.51
絶乾密度*1 (kg/m <sup>3</sup> )	1898			
保水量*1 (g/cm <sup>3</sup> )	0.12			

##### (2) 吸水性

項目	測定結果			
	No.1	No.2	No.3	No.4
30 分後の吸い上げ質量 (g)	195.48	196.21	196.33	195.76
吸い上げ高さ*1 (%)	84			

##### (3) 蒸発性

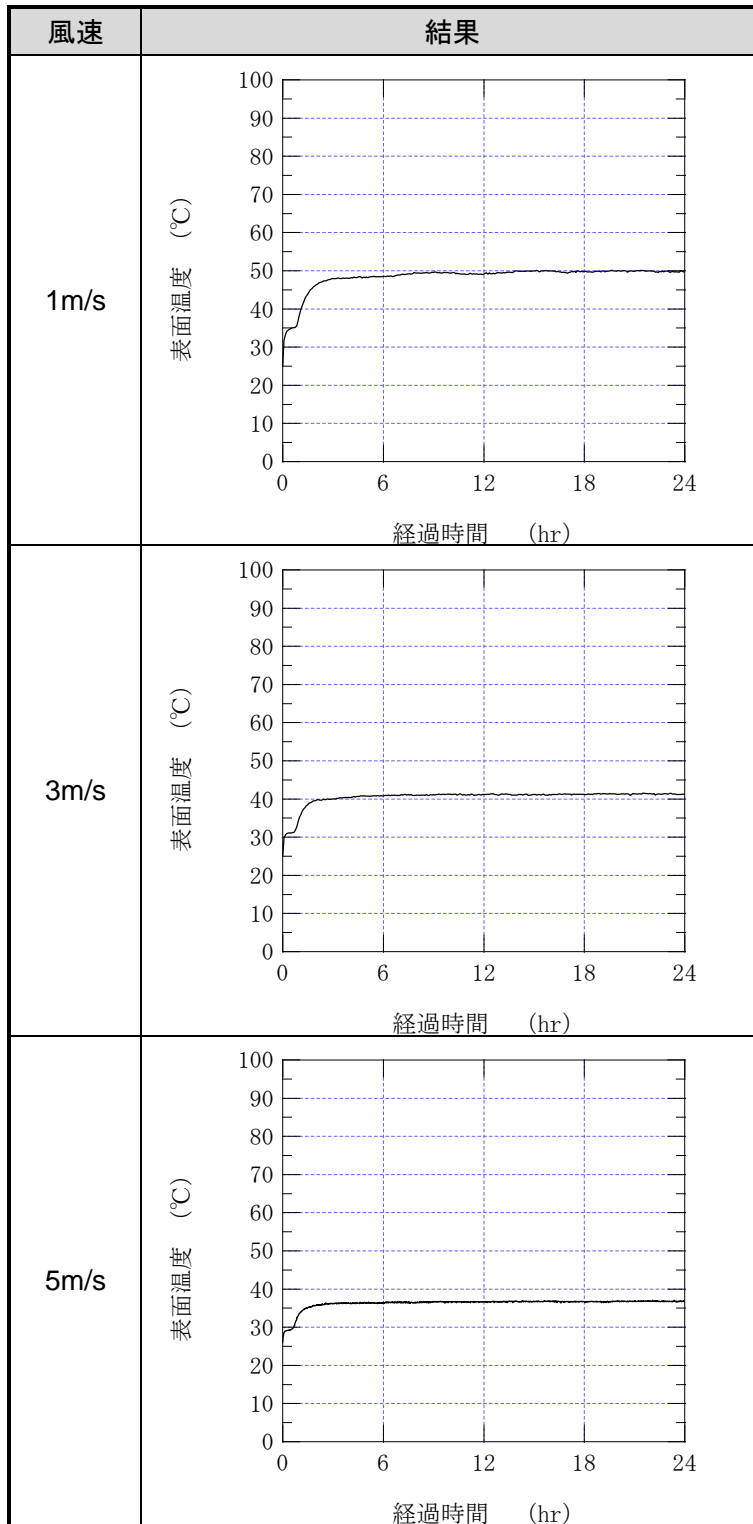
##### ① 測定結果

項目	風速 1m/s	風速 3m/s	風速 5m/s
蒸発効率 (—)	0.11	0.10	0.07
恒率蒸発期間*2 (h)	約 1	約 1	約 1
積算蒸発量 (g)	47	44	42
積算温度 (°C・hr)	144	232	280

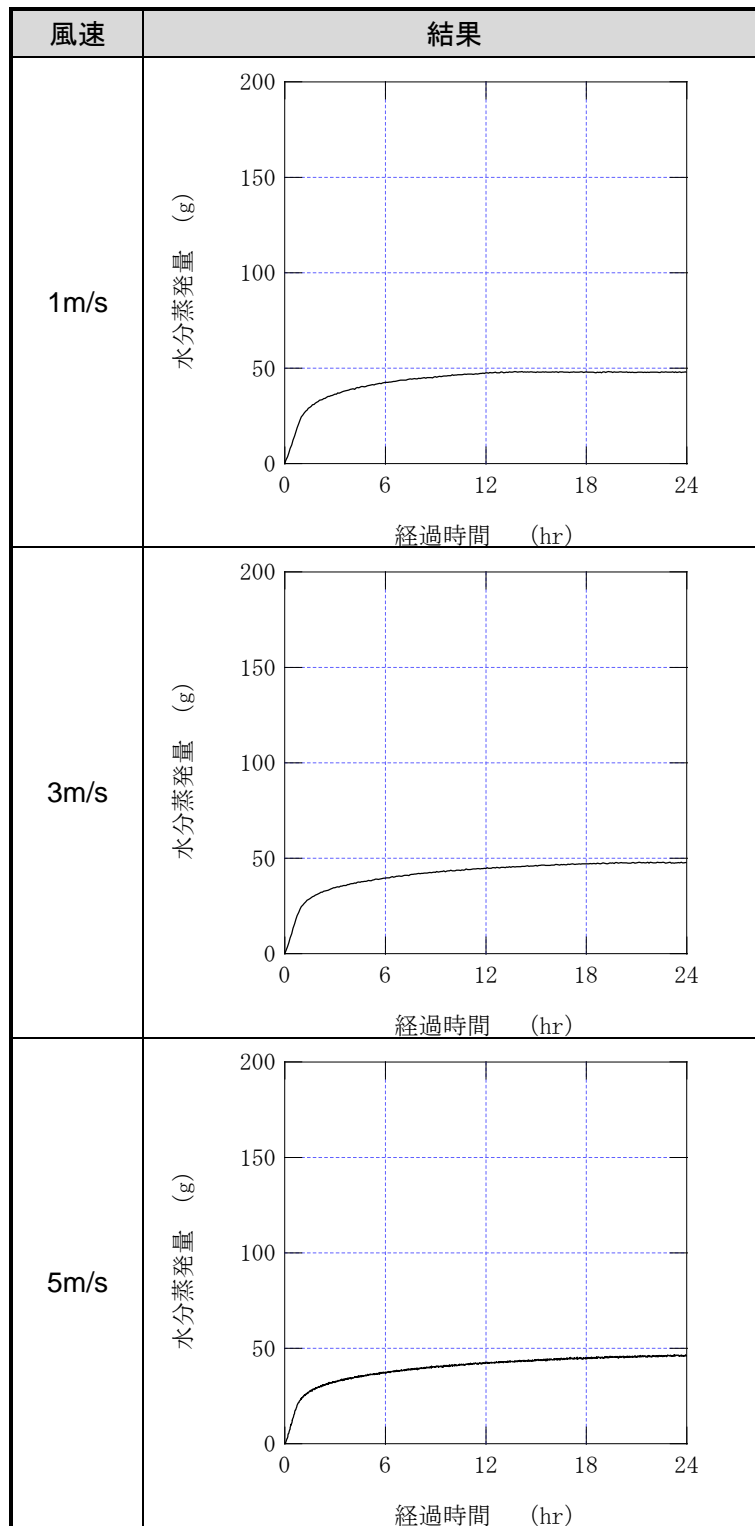
\*1：試験体 4 体の平均値

\*2：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。  
 質量測定の時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、詳細版本編 4.2(3)①定義（詳細版本編 30 ページ）に示す）。

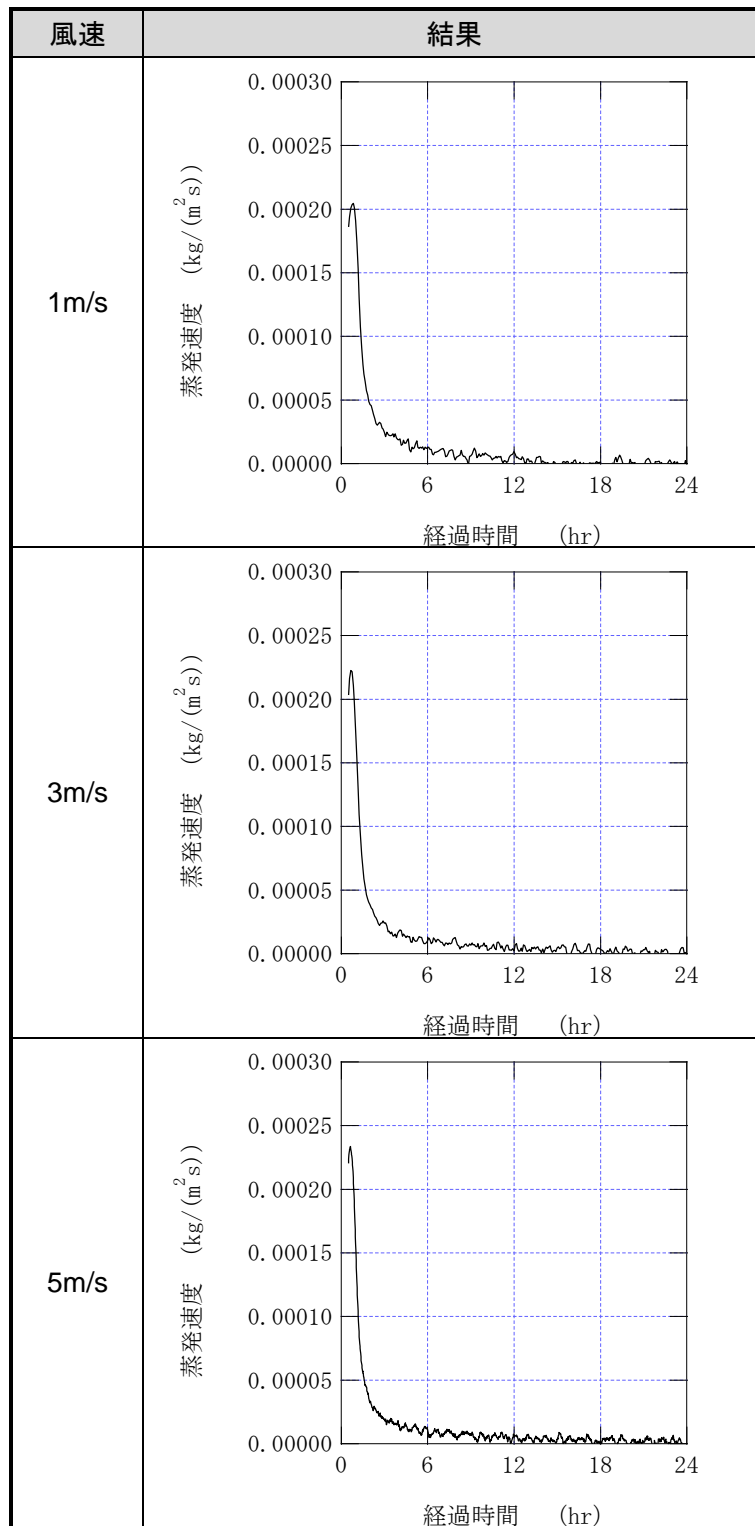
② 表面温度と経過時間の関係



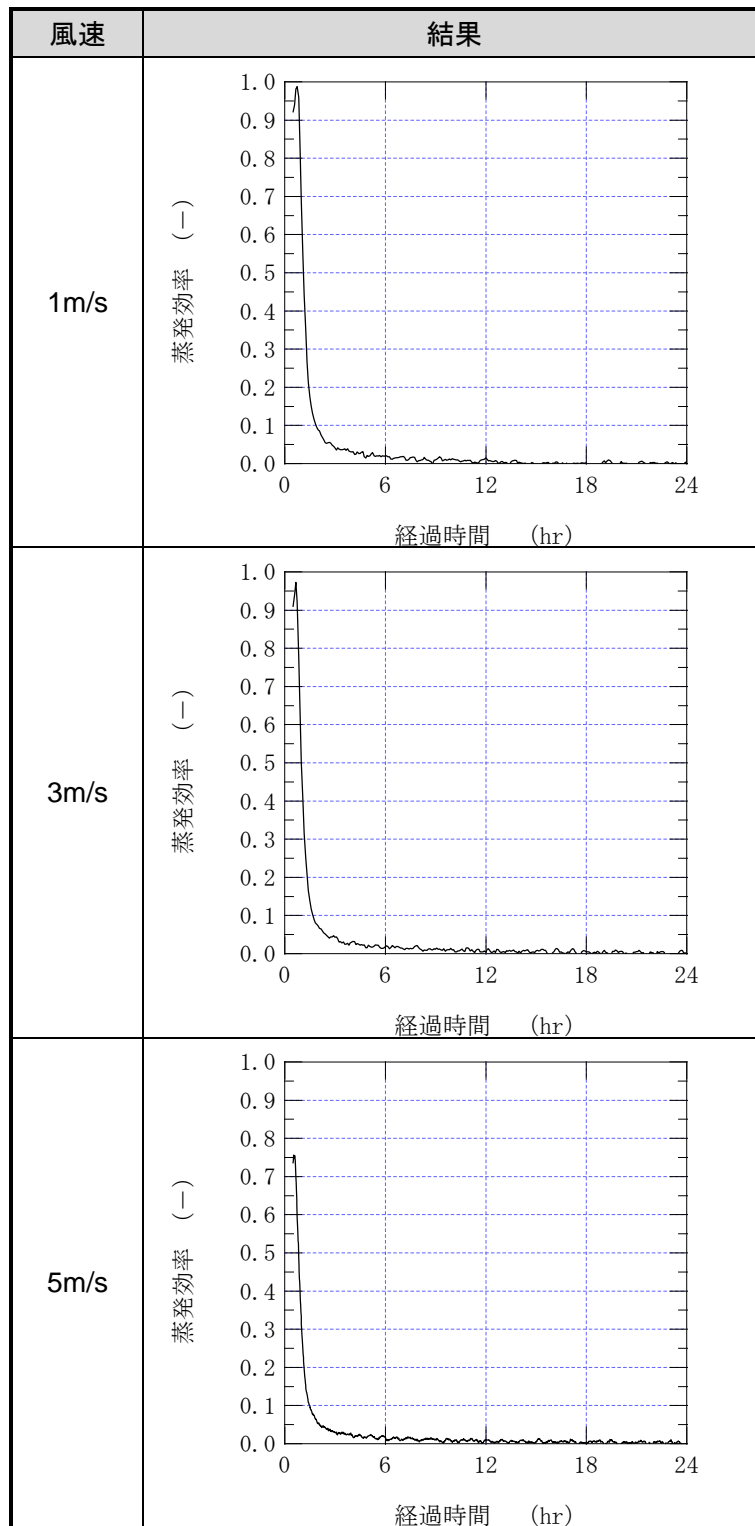
③ 水分蒸発量と経過時間の関係



④ 蒸発速度と経過時間の関係

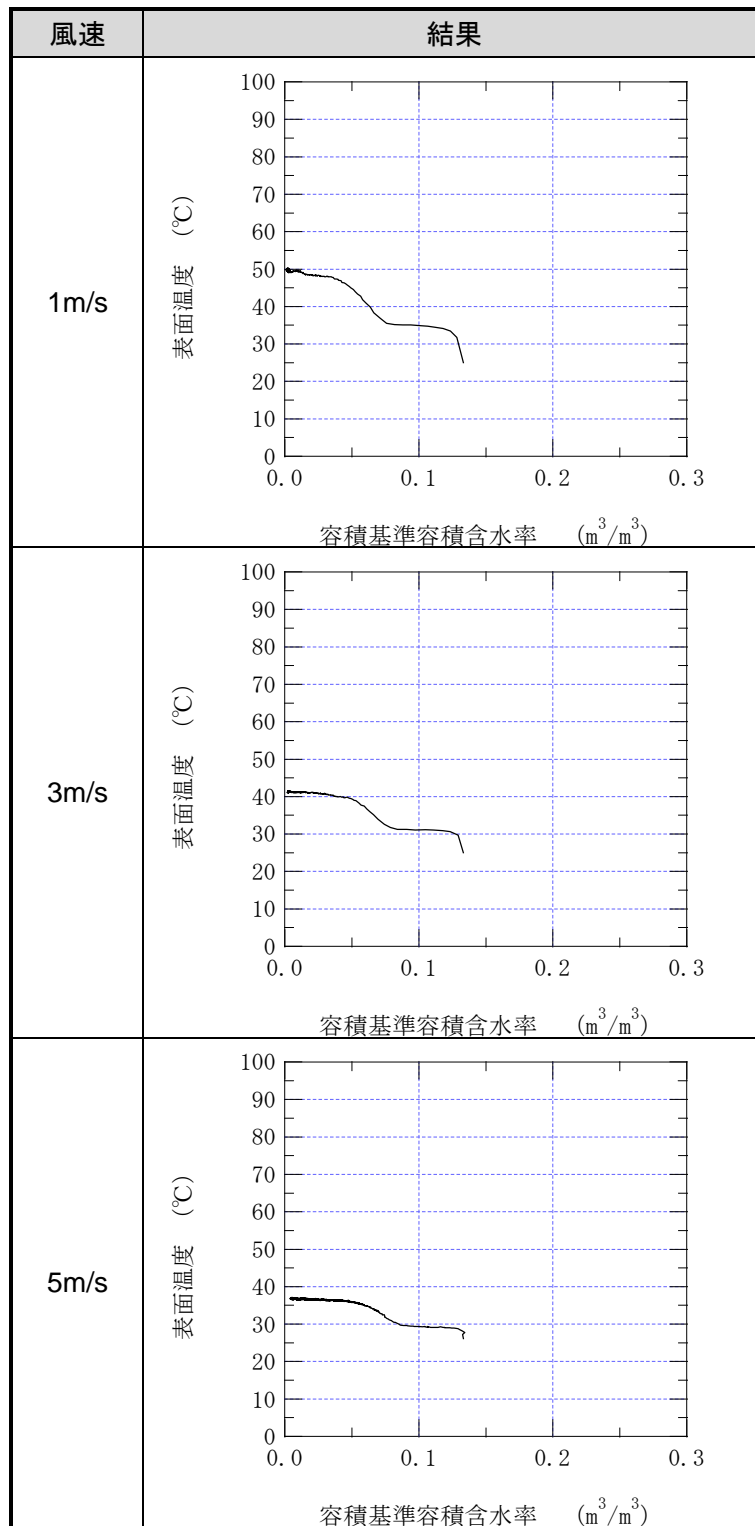


⑤ 蒸発効率と経過時間の関係

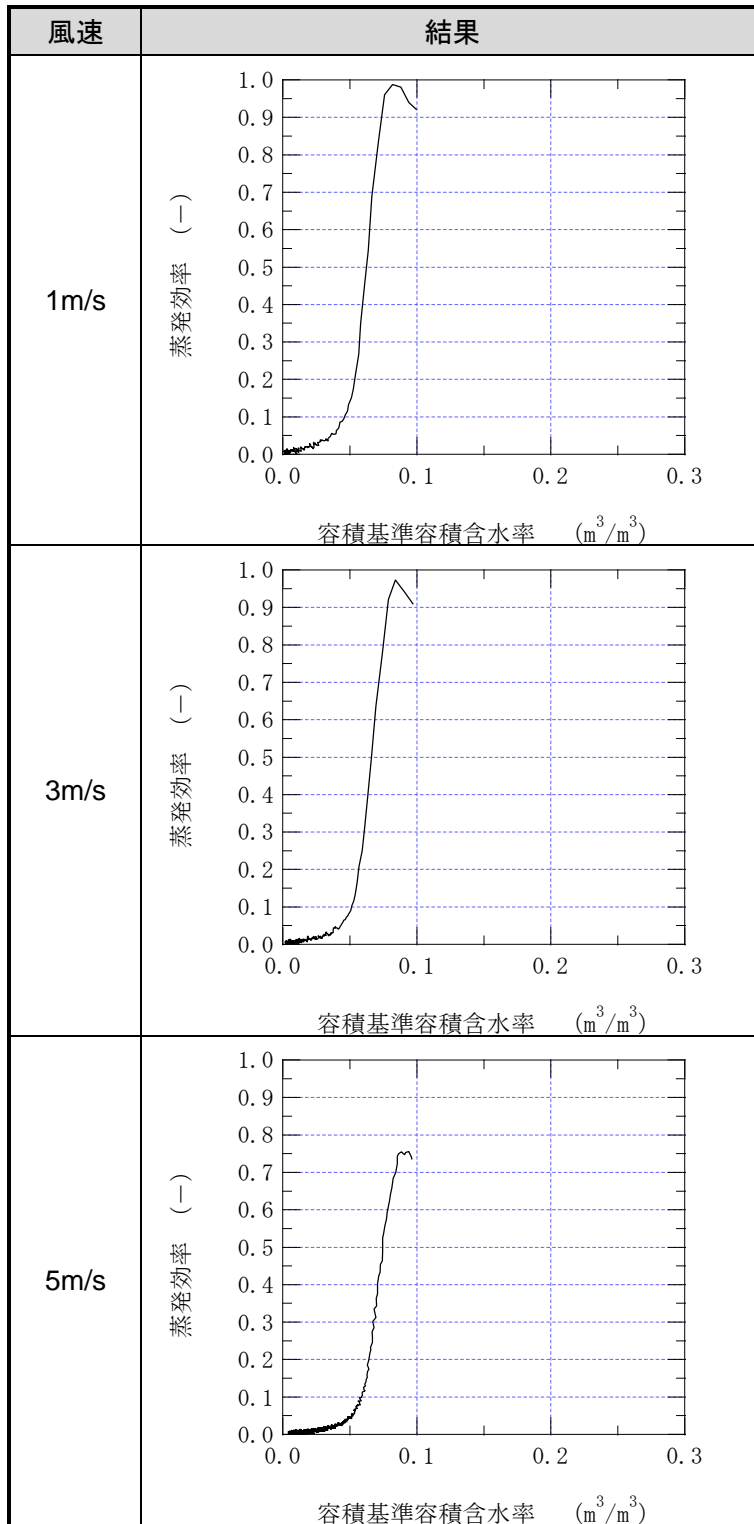




⑥ 表面温度と含水率の関係



⑦ 蒸発効率と含水率の関係



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)]	0.383	0.509

(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 (%)	37.0	27.5

(3) 比熱

項目	測定結果
比熱 [J/(g・K)]	0.85

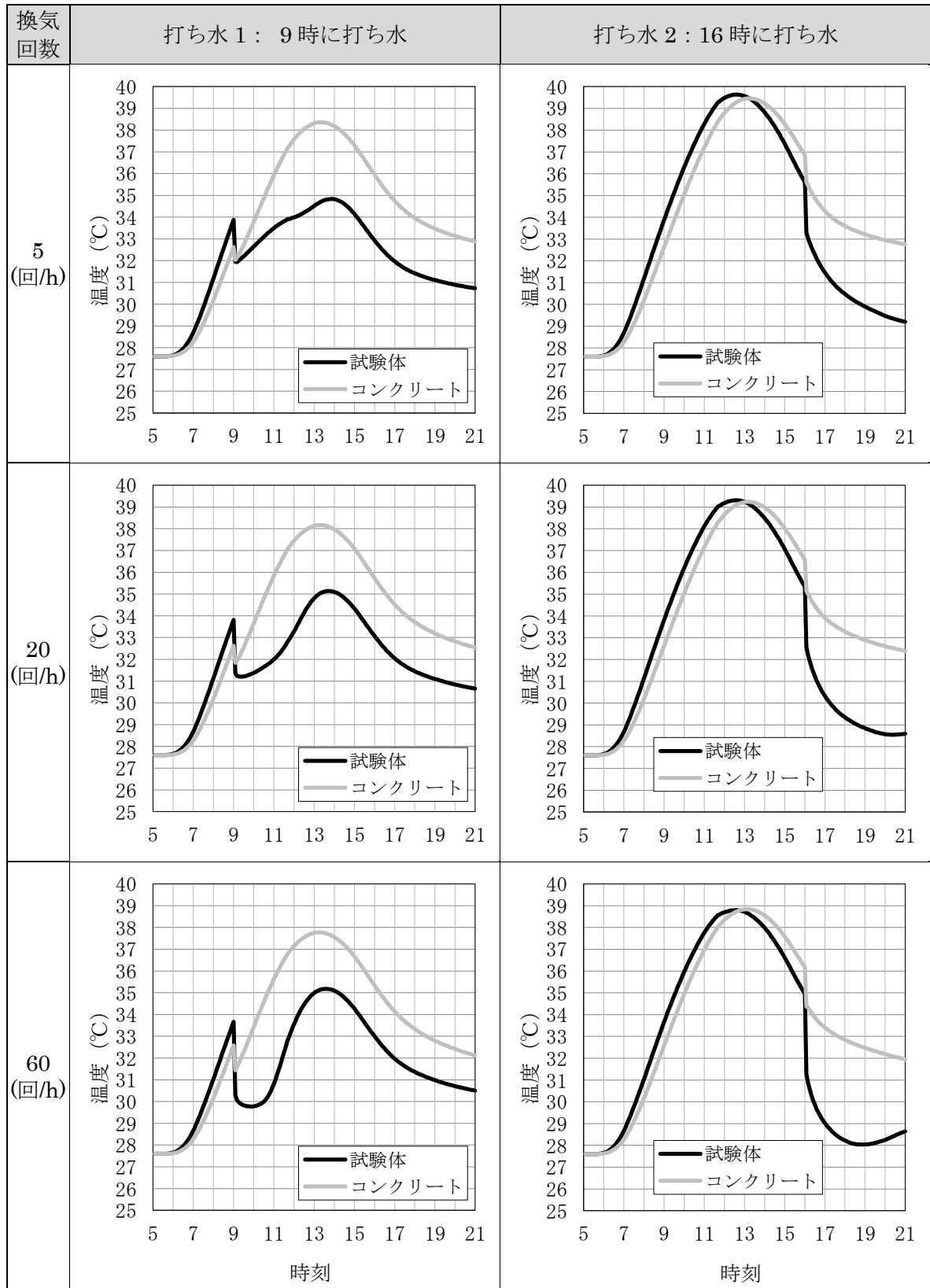
(4) 含水率

項目	測定結果*1
絶乾密度 (kg/m <sup>3</sup> )	1898
質量基準質量含水率 (kg/kg)	0.066
容積基準質量含水率 (kg/m <sup>3</sup> )	124
容積基準容積含水率 (m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup> )	0.125

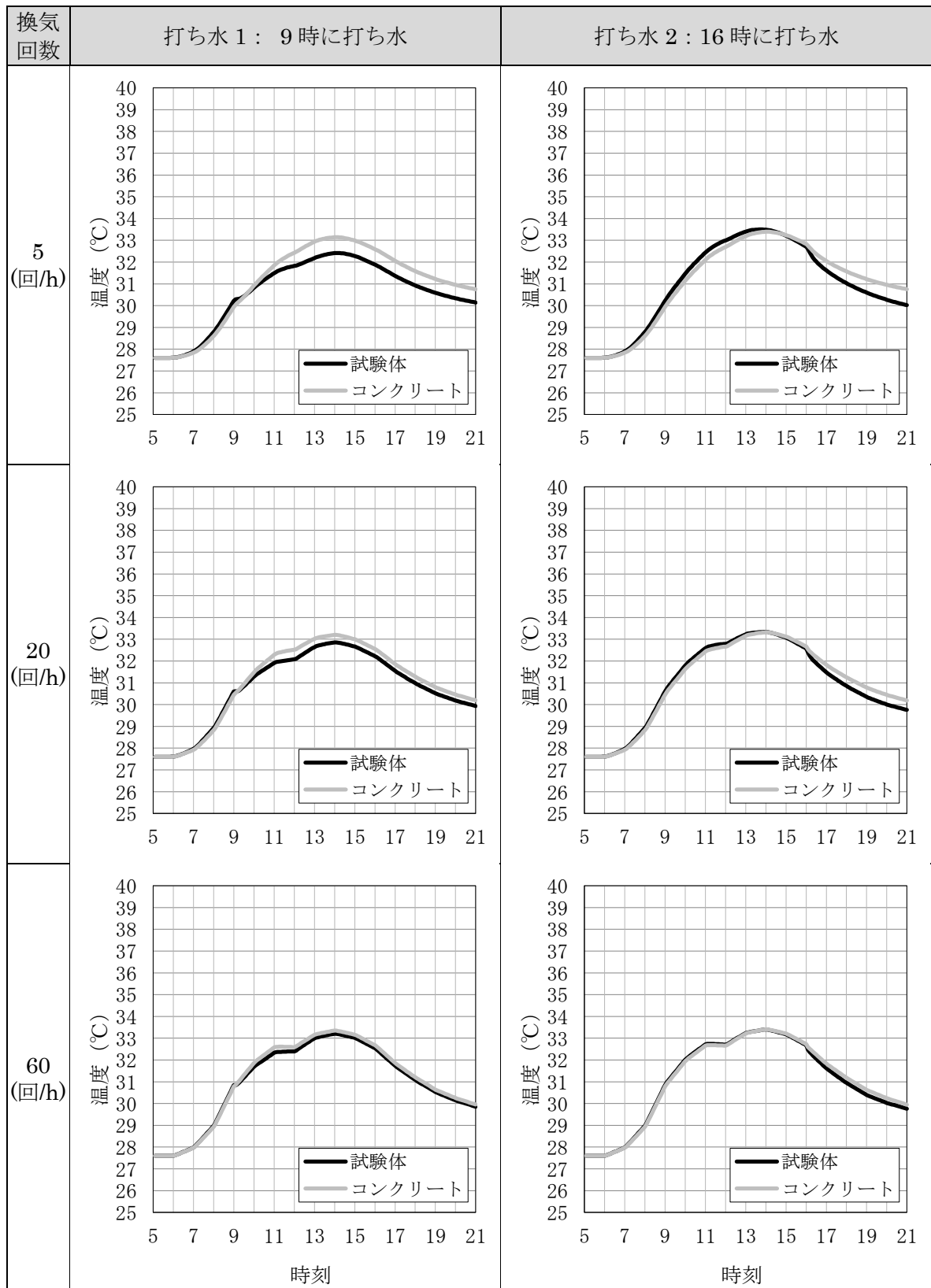
\*1：試験体 4 体の平均値

3.2 数値計算により算出する実証項目

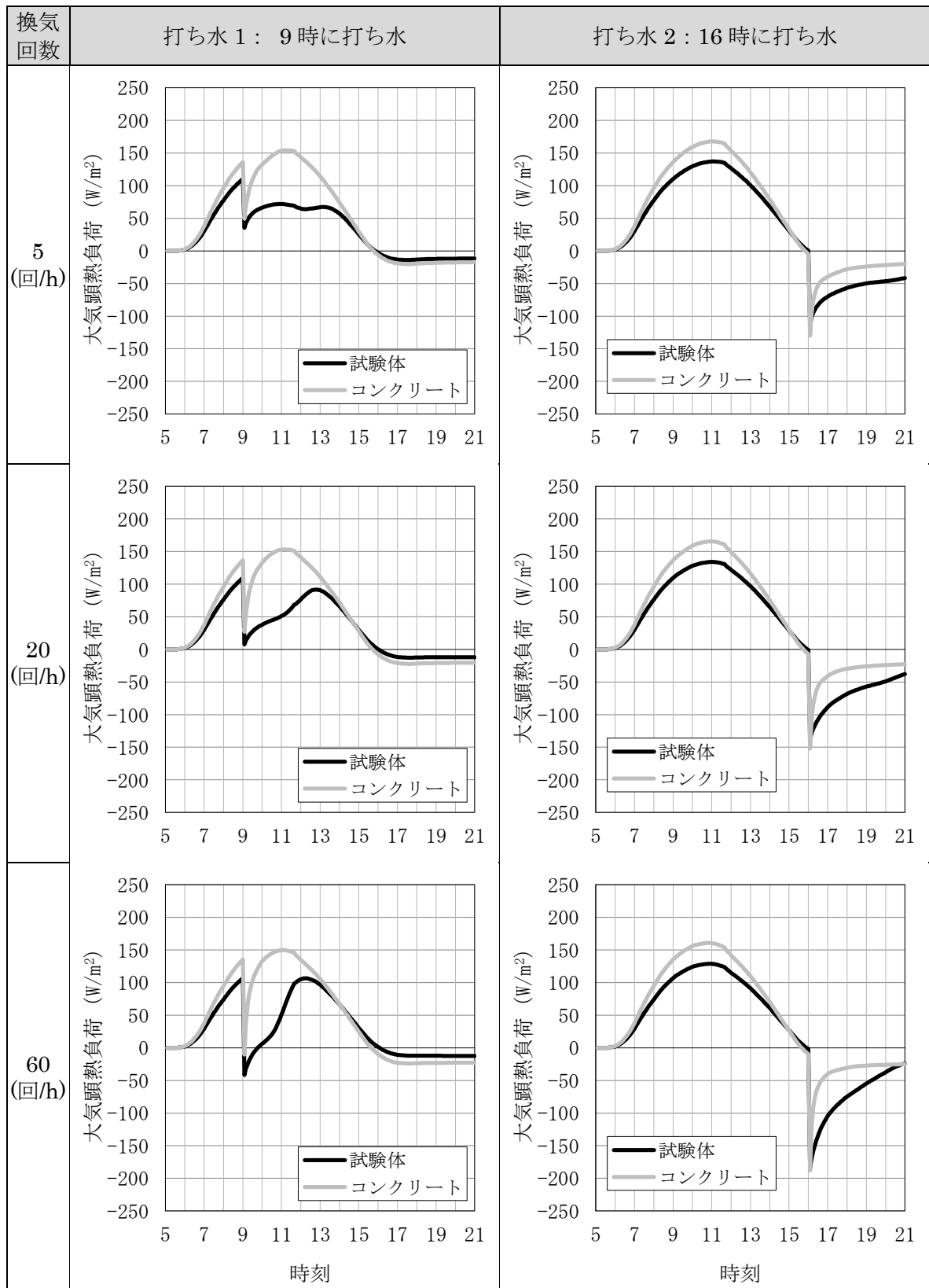
① 手すり 1（格子手すり想定）、ベランダ表面温度経時変化



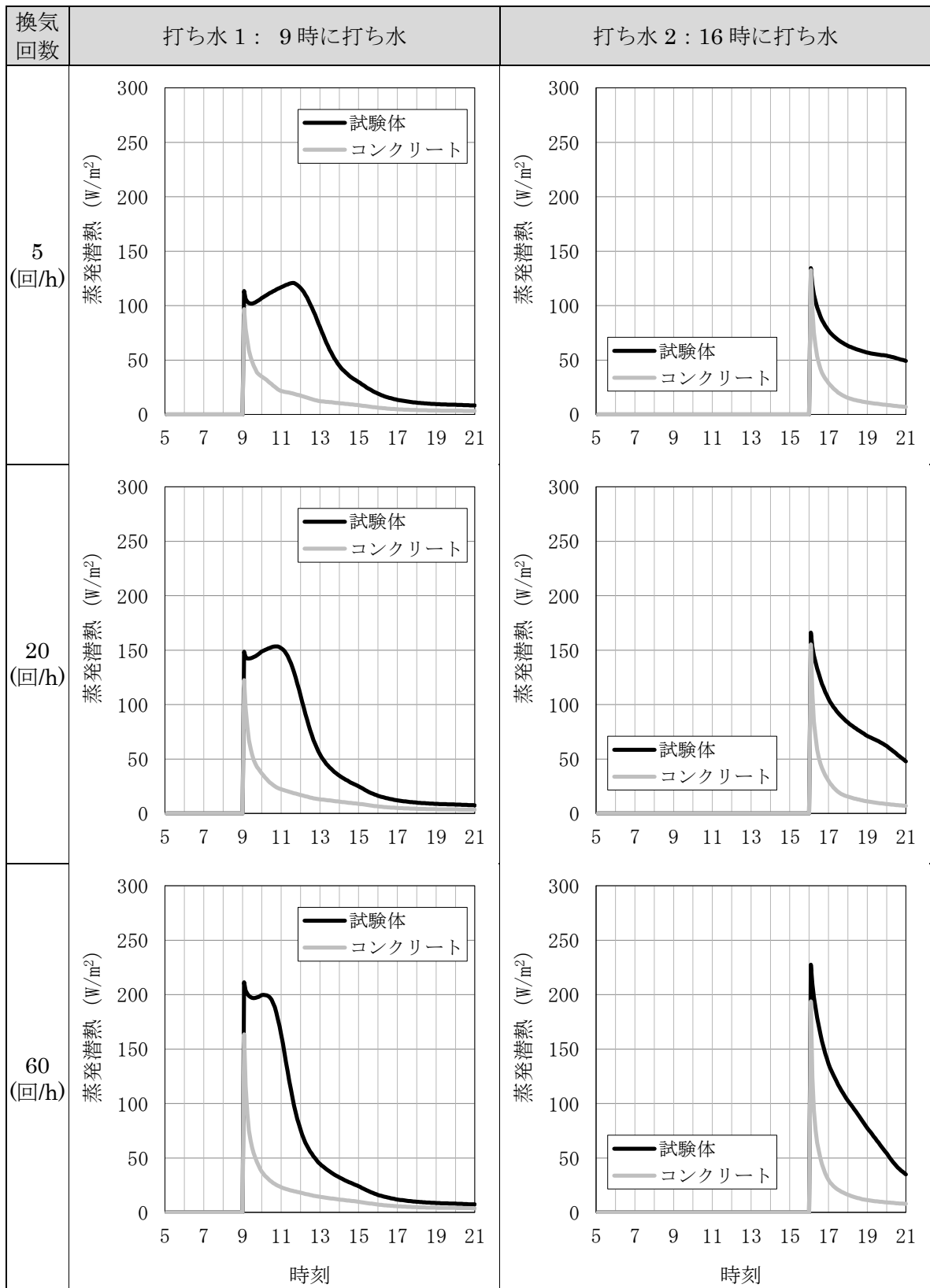
② 手すり 1（格子手すり想定）、室温経時変化



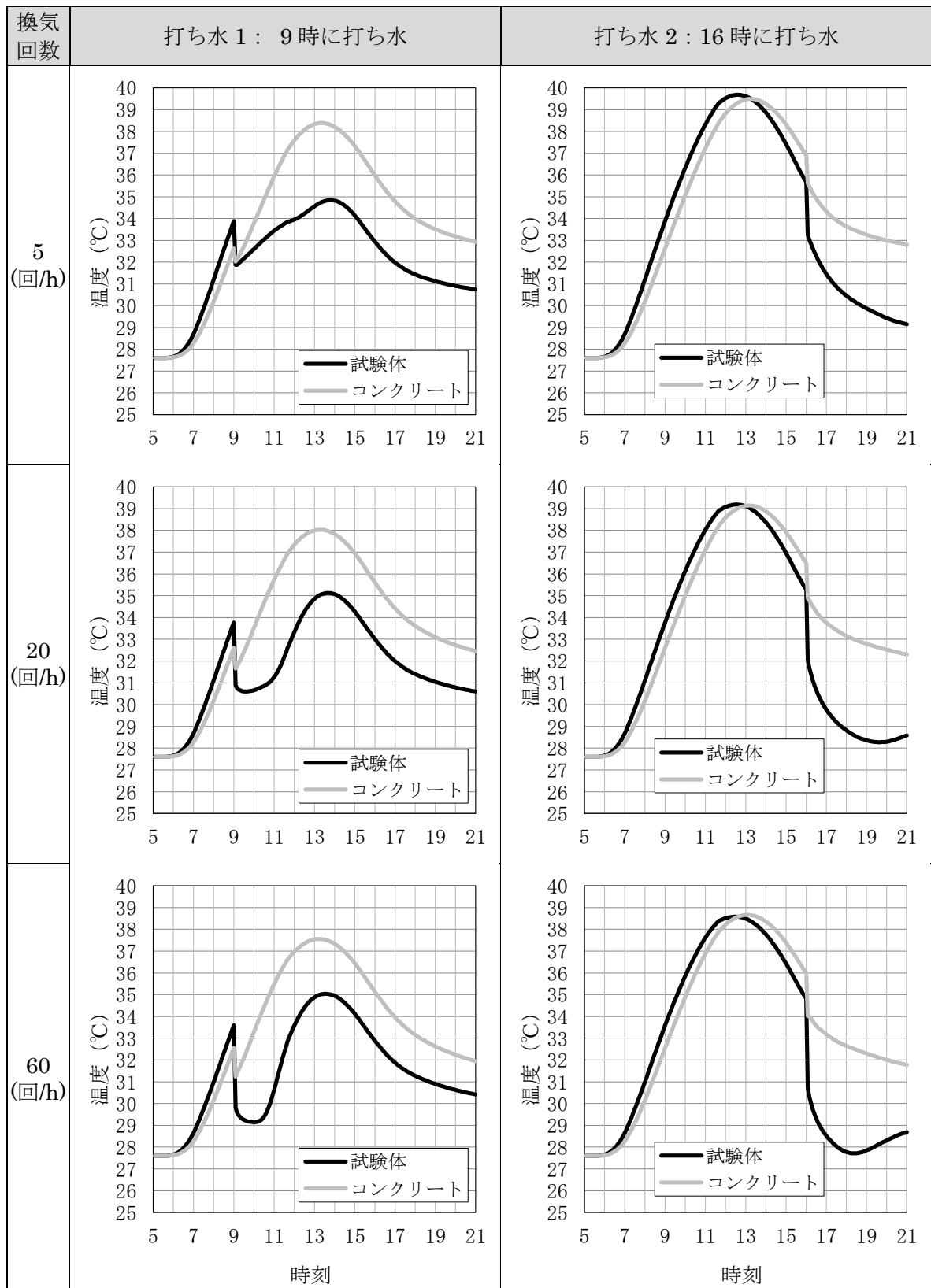
③ 手すり 1（格子手すり想定）、大気顕熱負荷経時変化



④ 手すり 1（格子手すり想定）、蒸発潜熱経時変化

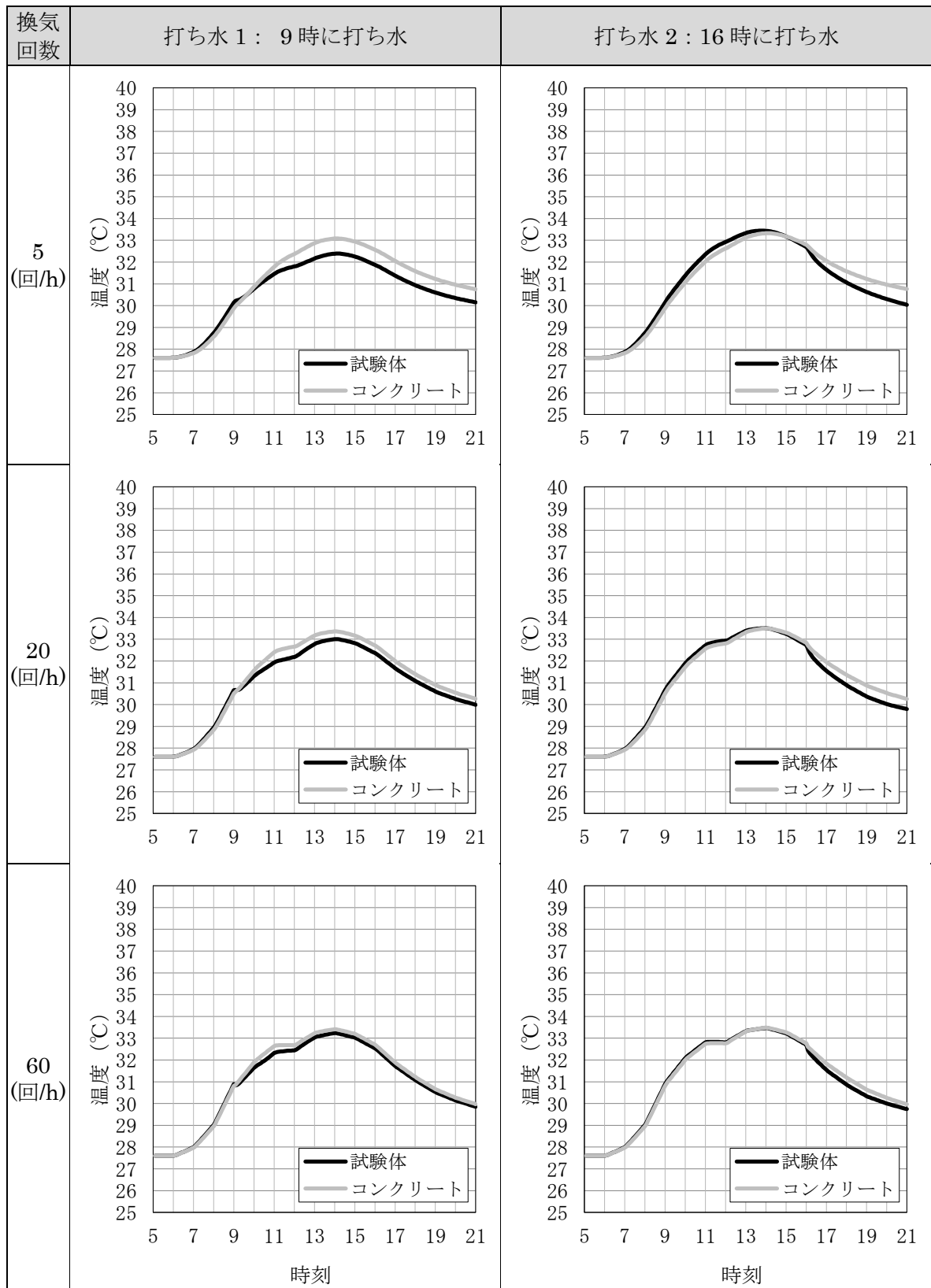


⑤ 手すり 2（透明パネル想定）、ベランダ表面温度経時変化

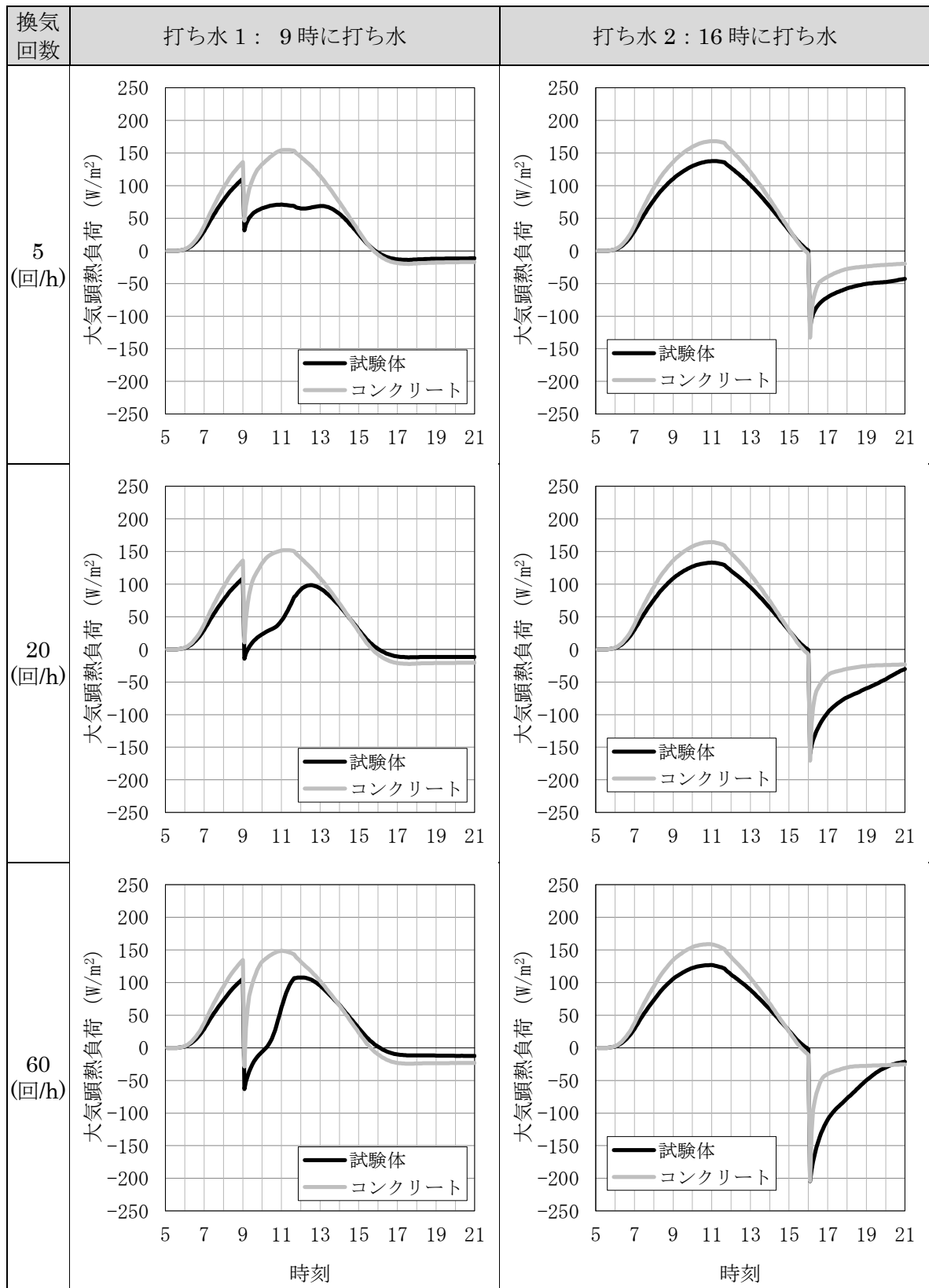




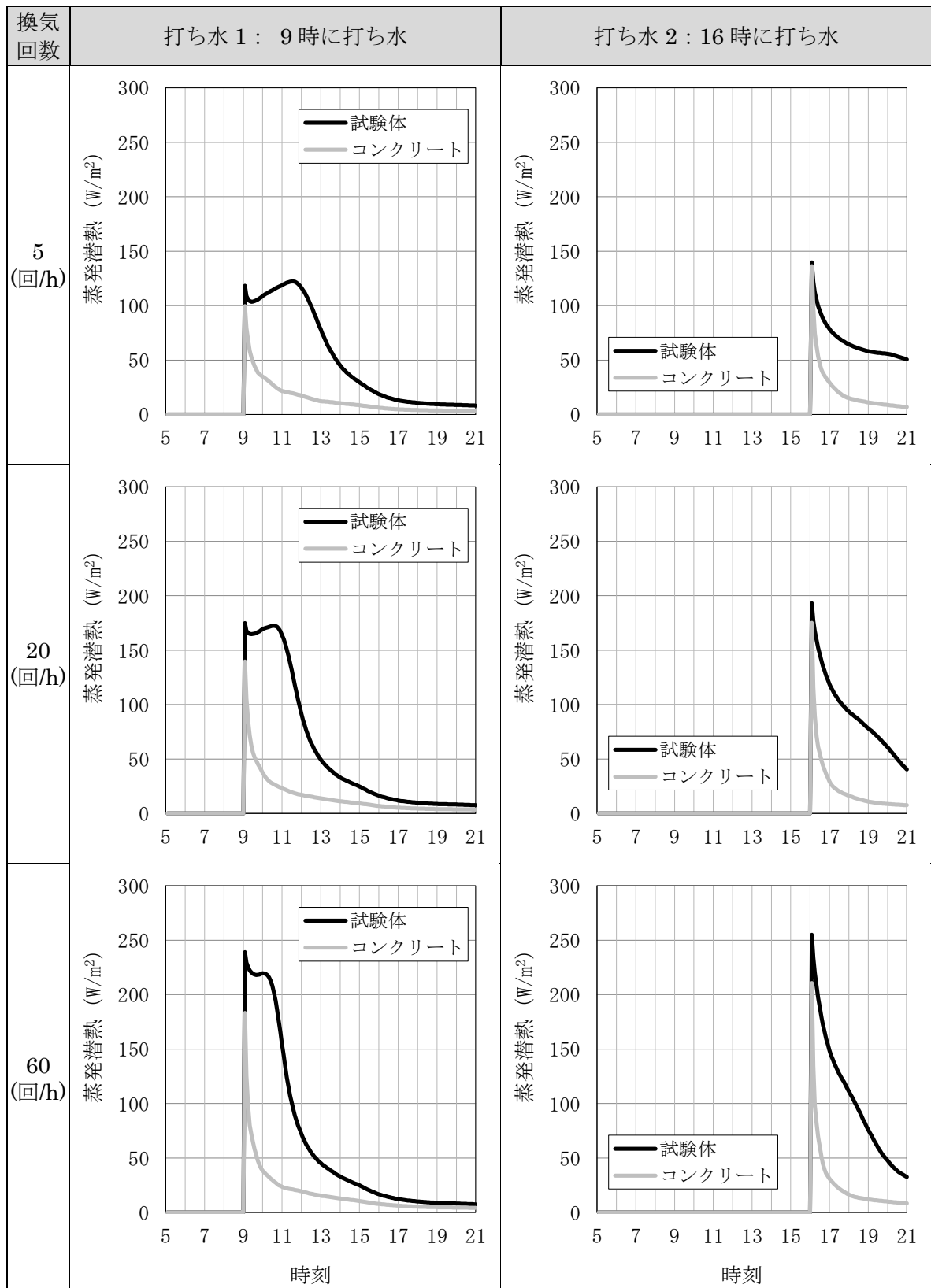
⑥ 手すり 2（透明パネル想定）、室温経時変化



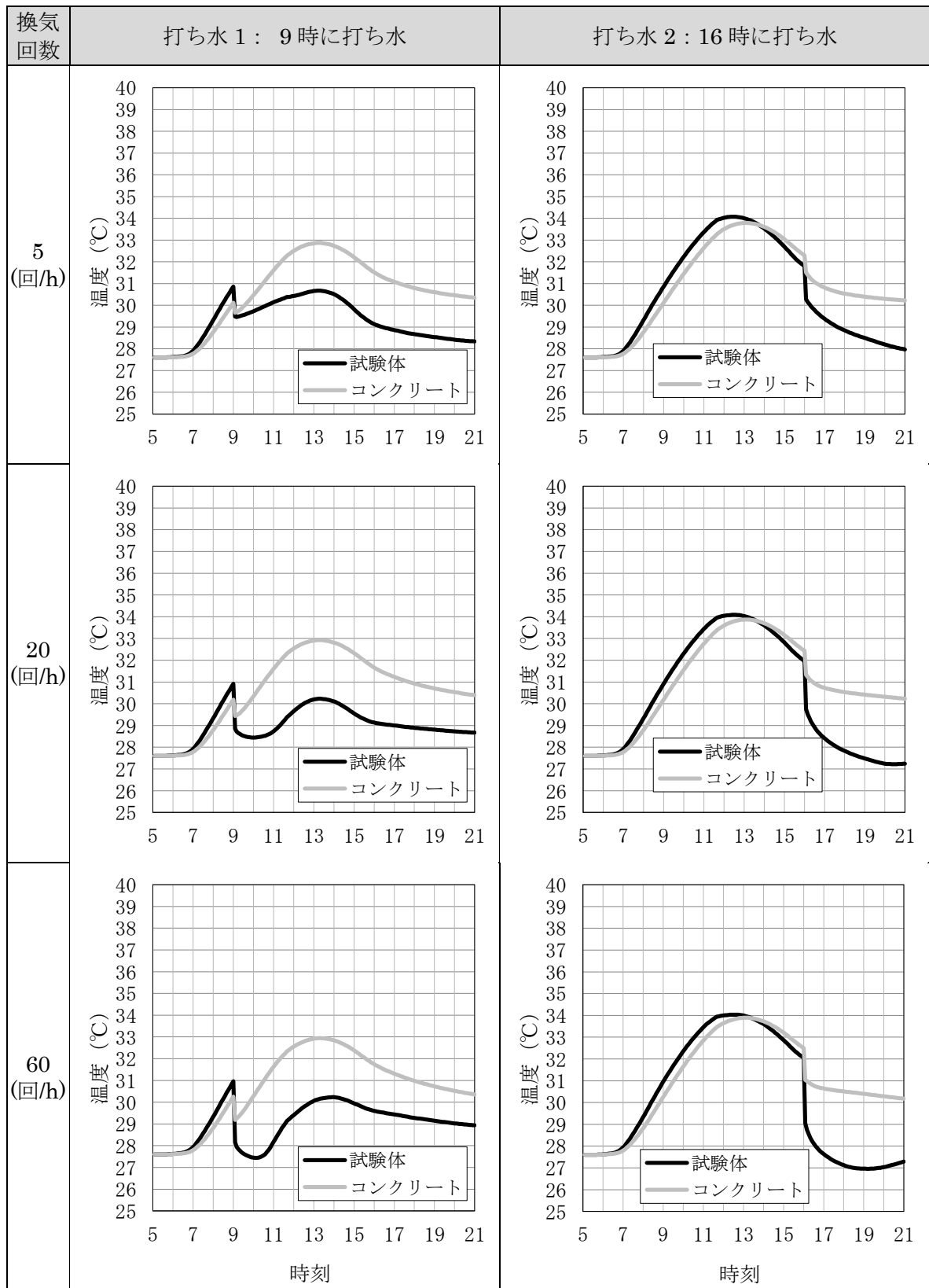
⑦ 手すり 2（透明パネル想定）、大気顕熱負荷経時変化



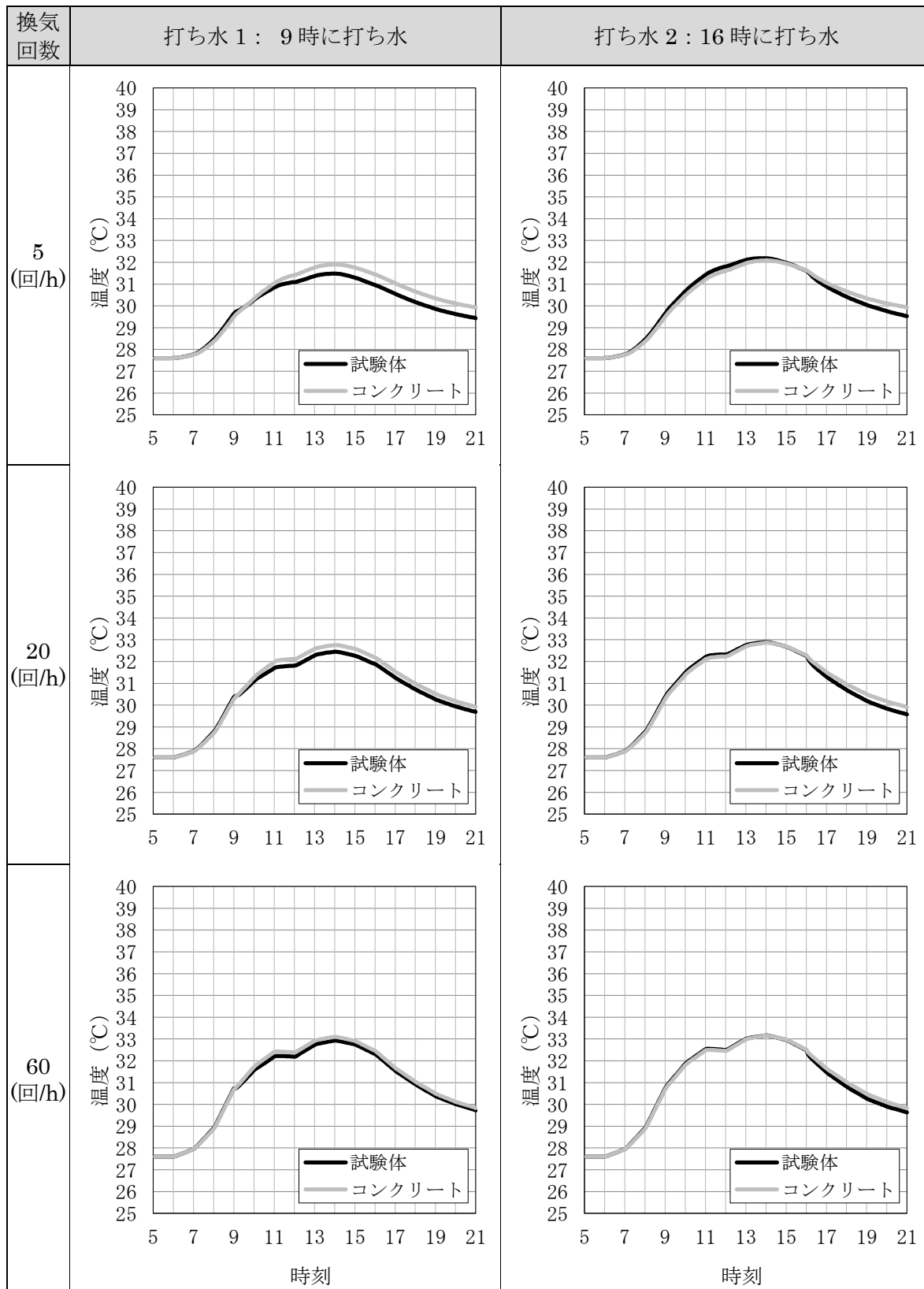
⑧ 手すり 2（透明パネル想定）、蒸発潜熱経時変化



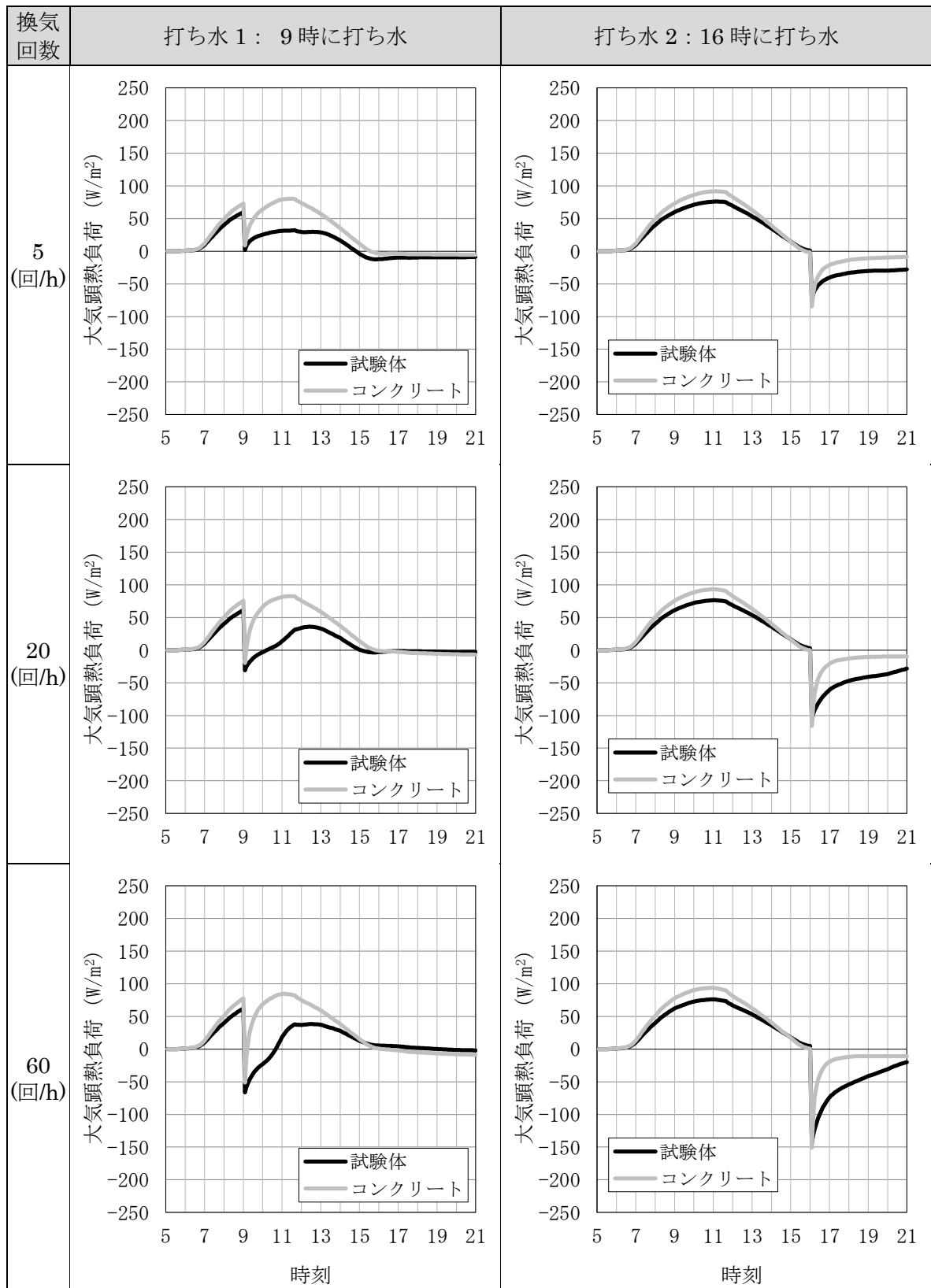
⑨ 手すり 3（コンクリート想定）、ベランダ表面温度経時変化



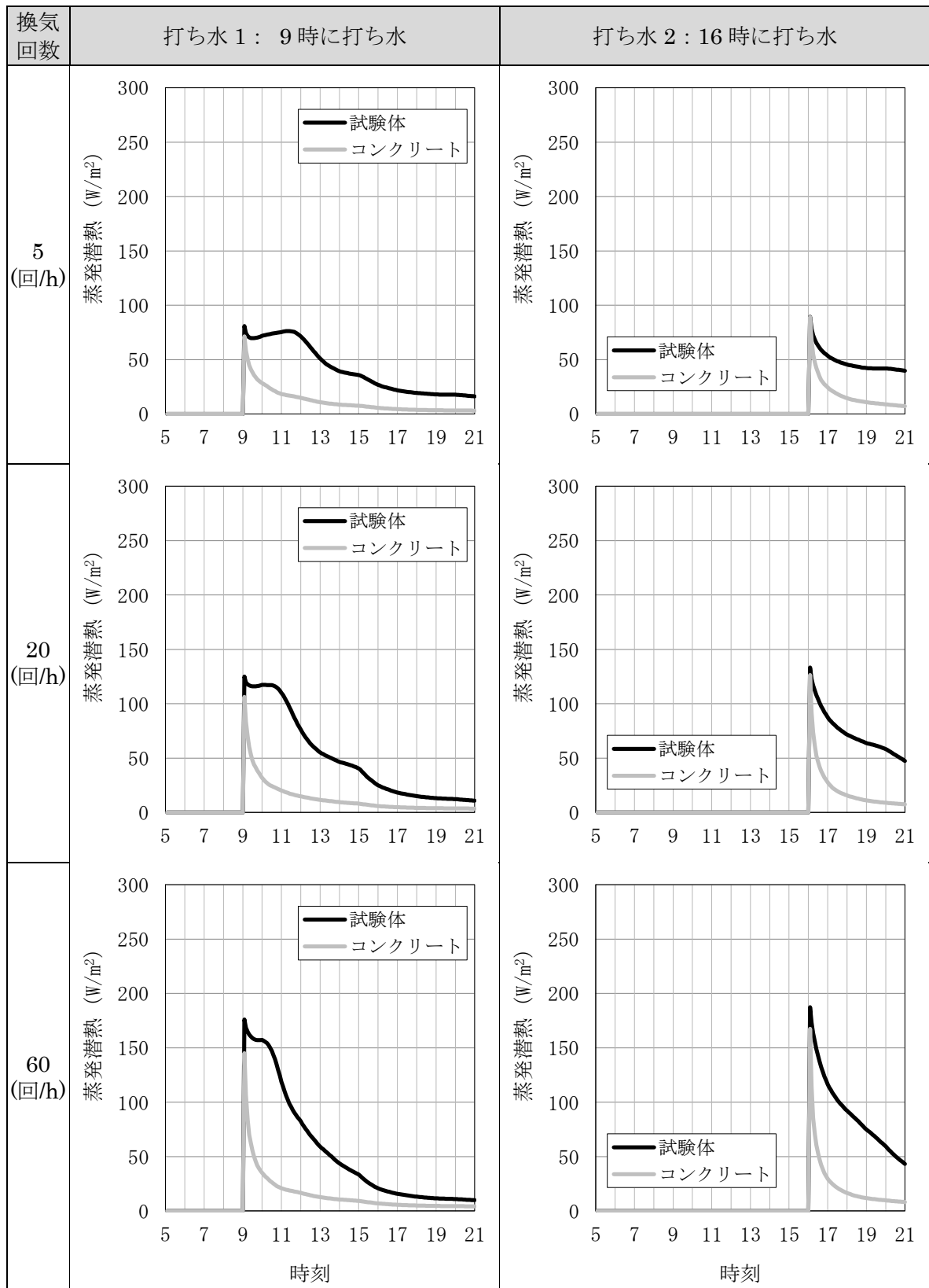
⑩ 手すり 3（コンクリート想定）、室温経時変化



⑪ 手すり 3（コンクリート想定）、大気顕熱負荷経時変化



⑫ 手すり 3（コンクリート想定）、蒸発潜熱経時変化



### 3.3 数値計算結果に関する注意点

- ① 数値計算は、モデル的なマンションを想定し、各種前提条件のもと行ったものである。実際の導入環境とは異なる。
- ② 数値計算は、2012年8月16日の5時～24時において行った。（その他の期間の計算は実施していない）。
- ③ ベランダ用保水性建材施工によりベランダ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. 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		TOTO 株式会社 (英文表記:TOTO LTD.)	
技術開発企業名		TOTO マテリア株式会社 (英文表記:TOTO MATERIA LTD.)	
実証対象製品・名称		バーセア (英文表記:BASEA)	
実証対象製品・型番		AP10MT01UF	
連絡先	TEL	0572-57-4812	
	FAX	0572-57-4835	
	Web アドレス	http://www.toto.co.jp/	
	E-mail	kimio.sasaki@jp.toto.com	
技術の特徴		使用者が保水性建材に積極的に供給した水を用いて、建材に含まれる水の気化潜熱を利用することによって、近傍の室内環境を改善する技術。	
設置条件	対応する建築物・部位など	マンションや一戸建てのバルコニー床	
	施工上の留意点	風の影響を受けやすい場所へ設置する場合は、飛散防止部材を使用する。	
	その他設置場所等の制約条件	防水処理され平坦で歩けるだけの十分な強度を持った下地とする。 16階以上のバルコニーへの設置は不可とする。	
メンテナンスの必要性 耐候性・製品寿命など		表面が汚れた場合、水拭き、スポンジやブラシでの水洗いをする。	
コスト概算		設計施工価格(材工共)	1,650円 1m <sup>2</sup> あたり

##### (2) その他メーカーからの情報（参考情報）

コスト概算は使用者が設置する施工仕様のため、材料費のみの記載。  
 第3回エコプロダクツ大賞エコプロダクツ部門審査委員長特別賞受賞(TOTO マテリア株式会社にて受賞)

## ○ 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、環境省総合環境政策局総務課環境研究技術室が策定した実証要領\*1 及び環境省水・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\*2 に基づいて、技術の実証に必要な実証試験に関して実証申請者が保有するデータを技術実証検討会及び分科会において審査することをもってこれに代え、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】

##### ◆ 基本性能

- 保水性
- 吸水性
- 蒸発性

##### ◆ 数値計算

- ベランダ表面温度低下量
- 室温上昇抑制効果
- 顕熱放散量低減効果
- 蒸発潜熱による冷却効果

\*1：環境省総合環境政策局. 環境技術実証事業実証要領. 平成 25 年 4 月 1 日, 21p,

[http://www.env.go.jp/policy/etv/system/yoryo\\_h25.pdf](http://www.env.go.jp/policy/etv/system/yoryo_h25.pdf)

\*2：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 25 年 7 月 9 日, 64p,

[http://www.env.go.jp/policy/etv/pdf/03/09\\_5.pdf](http://www.env.go.jp/policy/etv/pdf/03/09_5.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。

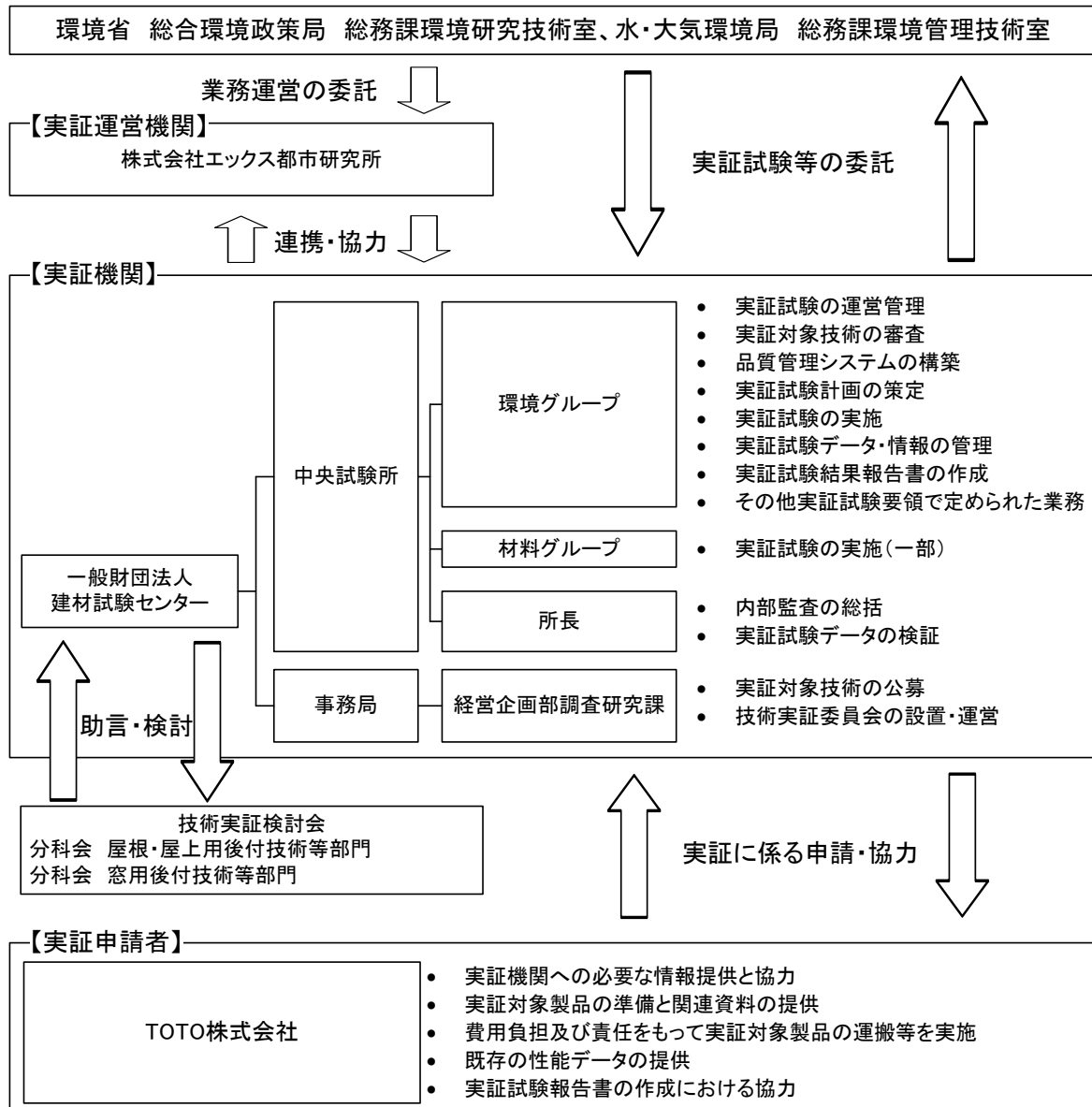


図 2-1 実証試験参加組織

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
		実証対象技術の公募・審査	・和田 暢治 ・萩原 伸治
		技術実証委員会の設置・運営	・田坂 太一 ・松原 知子
		品質管理システムの構築	・安岡 恒 ・馬淵 賢作
		実証試験計画の策定	材料グループ ・鈴木 敏夫 ・志村 重顕
		実証試験の運営	・加藤 裕樹
		実証試験データ・情報の管理	経営企画部 部長
		実証試験結果報告書の作成	・藤本 哲夫 調査研究課
		その他実証試験要領で定められた業務	・鈴木 澄江 ・中村 則清 ・村上 哲也
		内部監査の総括	中央試験所 所長
		実証試験データの検証	・黒木 勝一
実証 申請者	TOTO 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 社長執行役員 張本 邦雄
		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。

3 実証対象技術の概要に示す情報は、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（参考情報）

項目		実証申請者 記入欄	
実証申請者		TOTO 株式会社 (英文表記:TOTO LTD.)	
技術開発企業名		TOTO マテリア株式会社 (英文表記:TOTO MATERIA LTD.)	
実証対象製品・名称		バーセア (英文表記:BASEA)	
実証対象製品・型番		AP10MT01UF	
連絡先	TEL	0572-57-4812	
	FAX	0572-57-4835	
	Web アドレス	http://www.toto.co.jp/	
	E-mail	kimio.sasaki@jp.toto.com	
技術の特徴		使用者が保水性建材に積極的に供給した水を用いて、建材に含まれる水の気化潜熱を利用することによって、近傍の室内環境を改善する技術。	
設置条件	対応する建築物・部位など	マンションや一戸建てのバルコニー床	
	施工上の留意点	風の影響を受けやすい場所へ設置する場合は、飛散防止部材を使用する。	
	その他設置場所等の制約条件	防水処理され平坦で歩けるだけの十分な強度を持った下地とする。 16 階以上のバルコニーへの設置は不可とする。	
メンテナンスの必要性 耐候性・製品寿命など		表面が汚れた場合、水拭き、スポンジやブラシでの水洗いをする。	
コスト概算		設計施工価格(材工共)	1,650 円   1m <sup>2</sup> あたり

#### ○その他メーカーからの情報（参考情報）

コスト概算は使用者が設置する施工仕様のため、材料費のみの記載。  
 第 3 回エコプロダクツ大賞エコプロダクツ部門審査委員長特別賞受賞(TOTO マテリア株式会社にて受賞)

## 4. 実証試験の内容

### 4.1 実証試験期間

表 4-1 実証試験期間

項目	期間
データ提出	平成25年 9月17日
実証内容の検討・審議	平成25年 9月 4日～平成26年 2月19日

### 4.2 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）\*1 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、4 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/cm<sup>3</sup>)  
 $m_w$  : 湿潤質量 (g)  
 $m_d$  : 絶乾質量 (g)  
 $V$  : 試験体の体積 (cm<sup>3</sup>)

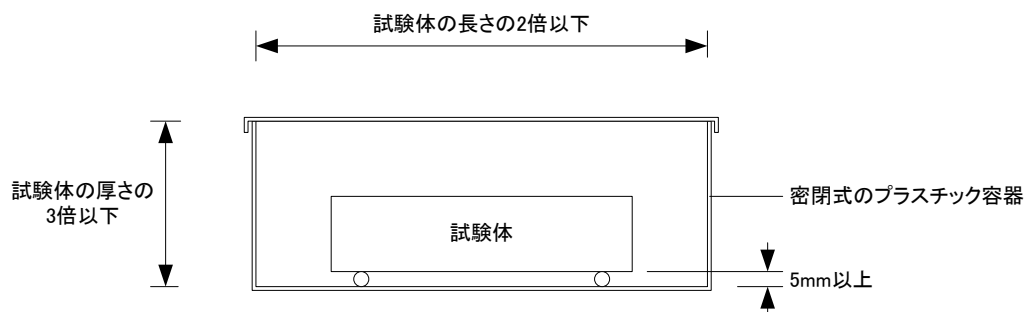


図 4-1 湿潤状態にする装置の概略\*1

\*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）\*1 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、4 体とした。

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

- 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)

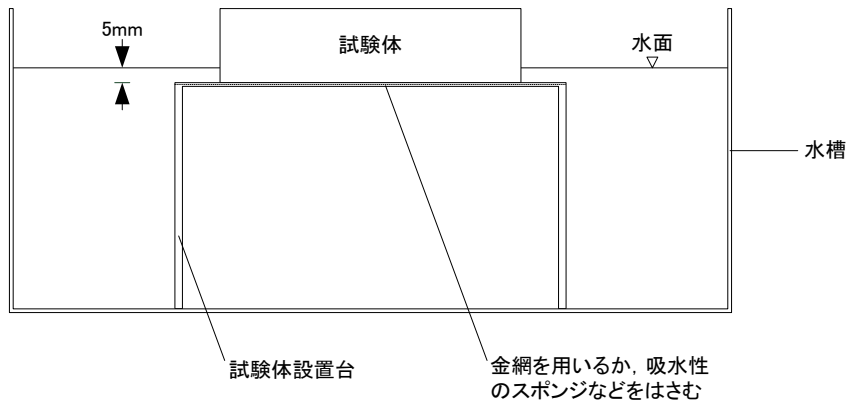


図 4-2 吸水性試験装置の概略\*1

【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（詳細版本編 28 ページ）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)で測定した試験体と同じものとし、試験体 200 mm × 200 mm 1 体（寸法 100mm×100mm の試験片（製品）を 4 個並べた状態）とした。

\*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．

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る。</p> $\beta = \frac{E}{h_D(x_s - x_a)}$ $h_D = h_v / (C_p \cdot Le)$ $h_v = 5.8 + 3.9v \quad *3 \quad (\text{ユルゲスの実験式})$ <p> <math>\beta</math> : 蒸発効率 (—)  <math>E</math> : 蒸発量 (蒸発速度) (kg/(m<sup>2</sup>·h))  <math>h_D</math> : 水分伝達率 (kg/(m<sup>2</sup>h(kg/kg'))  <math>x_s</math> : 表面温度における飽和絶対湿度 (kg/kg')  <math>x_a</math> : 大気 (試験室) の絶対湿度 (kg/kg')  <math>h_v</math> : 対流熱伝達率 (W/(m<sup>2</sup>K))  <math>C_p</math> : 湿り空気の定圧比熱 (J/(kg·K))  <math>Le</math> : ルイス数(ここでは、<math>Le = 1</math>)  <math>v</math> : 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。

\*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。

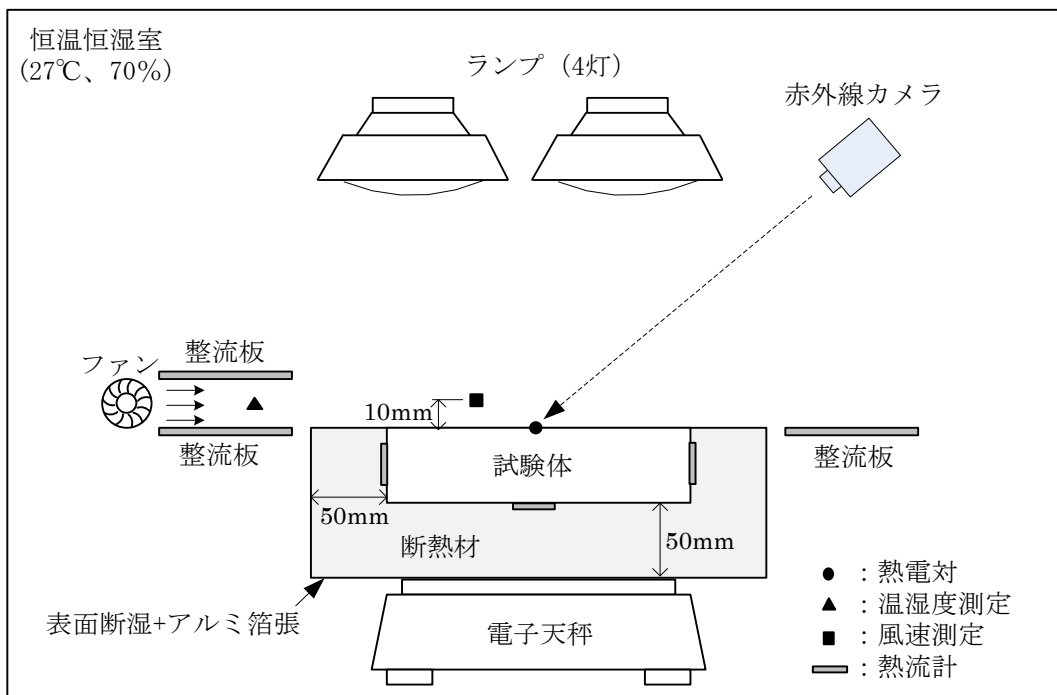


図 4-3 蒸発性試験の概要

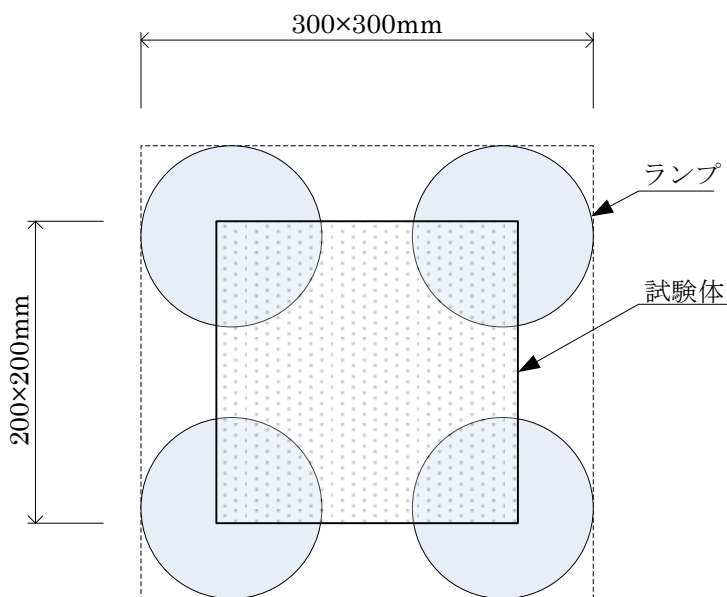


図 4-4 ランプと試験体の位置

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。

- (i) 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。
- (ii) 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。

\*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。

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 31 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、製品寸法が 100mm×100mm のため、試験片を 4 体用いて寸法 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。

- a) 試験体を 24 時間水中に浸せきした後、図 4-1（詳細版本編 28 ページ）の状態です 30 分間自然に水切りした。
- b) 図 4-3（詳細版本編 31 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。

- 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)（詳細版本編 28 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 R 3106（板ガラス類の透過率・反射率・放射率・日射熱取得率の試験方法）に従って行った。また、日射反射率の測定は、絶乾状態と湿潤状態（4.2(1)（詳細版本編 28 ページ）の状態）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。

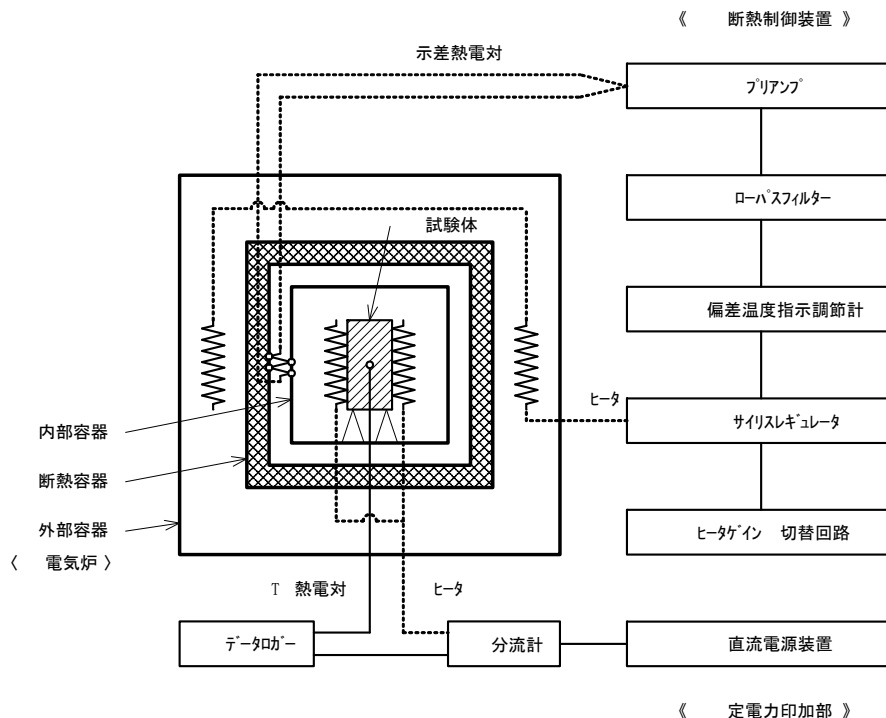


図 4-5 断熱熱量計比熱測定装置概要

(7) 含水率【参考項目】

含水率は、JIS A 1476（建築材料の含水率測定方法）に従い測定した。結果を用い、以下の式により、含水率を算出した。

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

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

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

- 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/m<sup>3</sup>)
- $\Psi$  : 容積基準容積含水率 (m<sup>3</sup>/m<sup>3</sup>)
- $m_w$  : 湿潤質量 (kg)
- $m_d$  : 絶乾質量 (kg)
- $\rho_d$  : 絶乾密度 (kg/m<sup>3</sup>)

4.3 数値計算

本項目における実証試験結果は、3次元熱流体解析ソフトウェア SCRYU/Tetra ver10\*1により算出した。

計算条件及び計算による出力項目は下記の通りとした。

\*1：株式会社ソフトウェアクレイドル

注) 本プログラム「3次元熱流体解析ソフトウェア SCRYU/Tetra ver10」は、テトラ要素を主とする非構造格子を用いるものである。支配方程式は非圧縮性の Navier-Stokes 方程式及び連続の式である。本プログラムを使用することで、風速分布・温度分布・湿度分布の時間変化を計算する。本プログラムには蒸発計算機能と日射計算機能が標準で搭載されており、数値計算においてその機能を利用している。

温度計算における保水性建材表面での熱条件として、温度対数則による乱流熱伝達と、表面における蒸発潜熱損失と日射熱取得及び長波長放射による熱損失の3者と、材料内部での熱伝導を考慮している。

保水性建材表面からの水蒸気輸送の条件として、コルバーンのアナロジーによりルイス数を指定することで対流熱伝達率から水分熱伝達率を計算している。

4.3.1. 計算条件

(1) 対象建築物

マンションモデルのベランダ部ならびにLD部（リビングダイニングスペース部）

〔対象ベランダ床面積：5.85m<sup>2</sup>、対象LD床面積：14.04m<sup>2</sup>、窓開口面積：2.7m<sup>2</sup>、階高：2.5m、構造：RC造〕〔表 4-4、図 4-6〕

表 4-4 想定するマンション居室モデル

設定条件	内容
モデル建築物の概要	<ul style="list-style-type: none"> <li>・マンション*2</li> <li>・構造：RC造、南向き</li> </ul>
実証項目の対象となる部分	<ul style="list-style-type: none"> <li>・マンションベランダ部ならびにLD部</li> <li>・対象ベランダ床面積：5.85m<sup>2</sup></li> <li>・対象LD床面積：14.04m<sup>2</sup></li> <li>・窓開口面積：2.7m<sup>2</sup></li> <li>・窓の日射透過率：100%</li> <li>・階高：2.5m</li> </ul>
備考	<ul style="list-style-type: none"> <li>・数値計算はSCRYU/Tetraを用いて行った。</li> </ul>

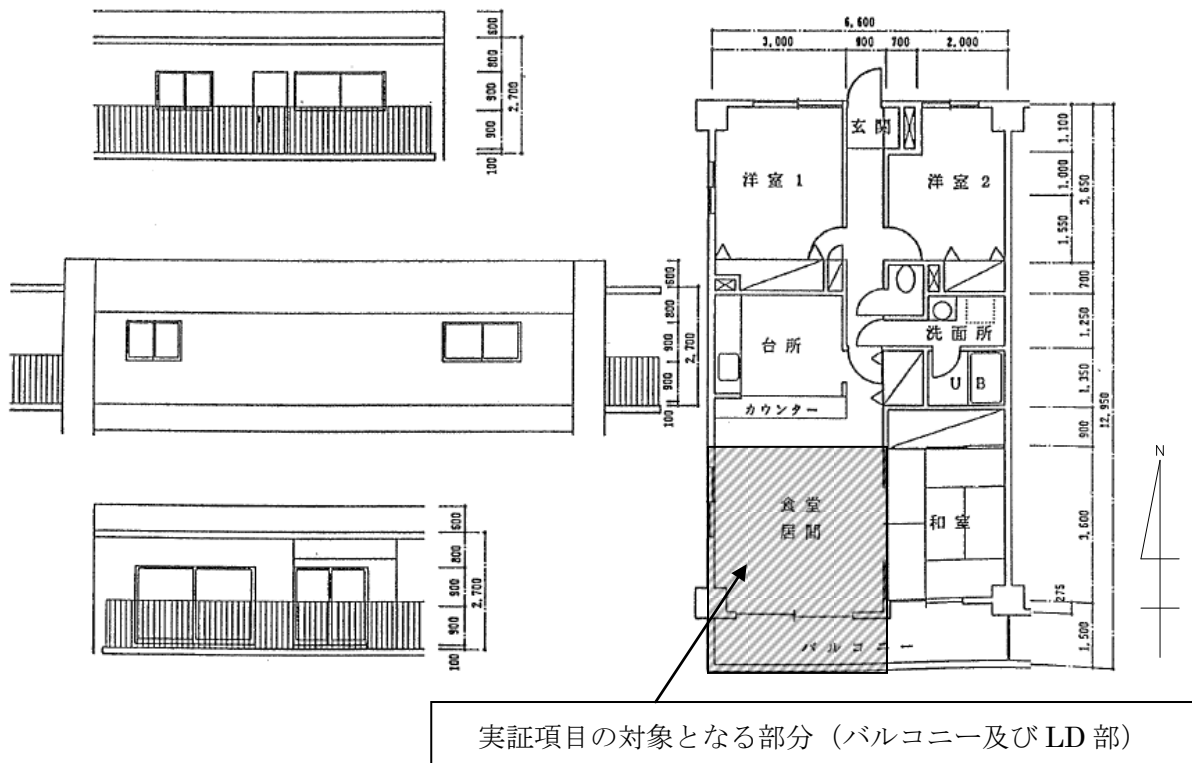


図 4-6 マンション居室モデル（平面図及び立面図）

\*2：「標準気象データと熱負荷計算プログラム LESCOM」井上書院

(2) CFD 解析モデルの設定

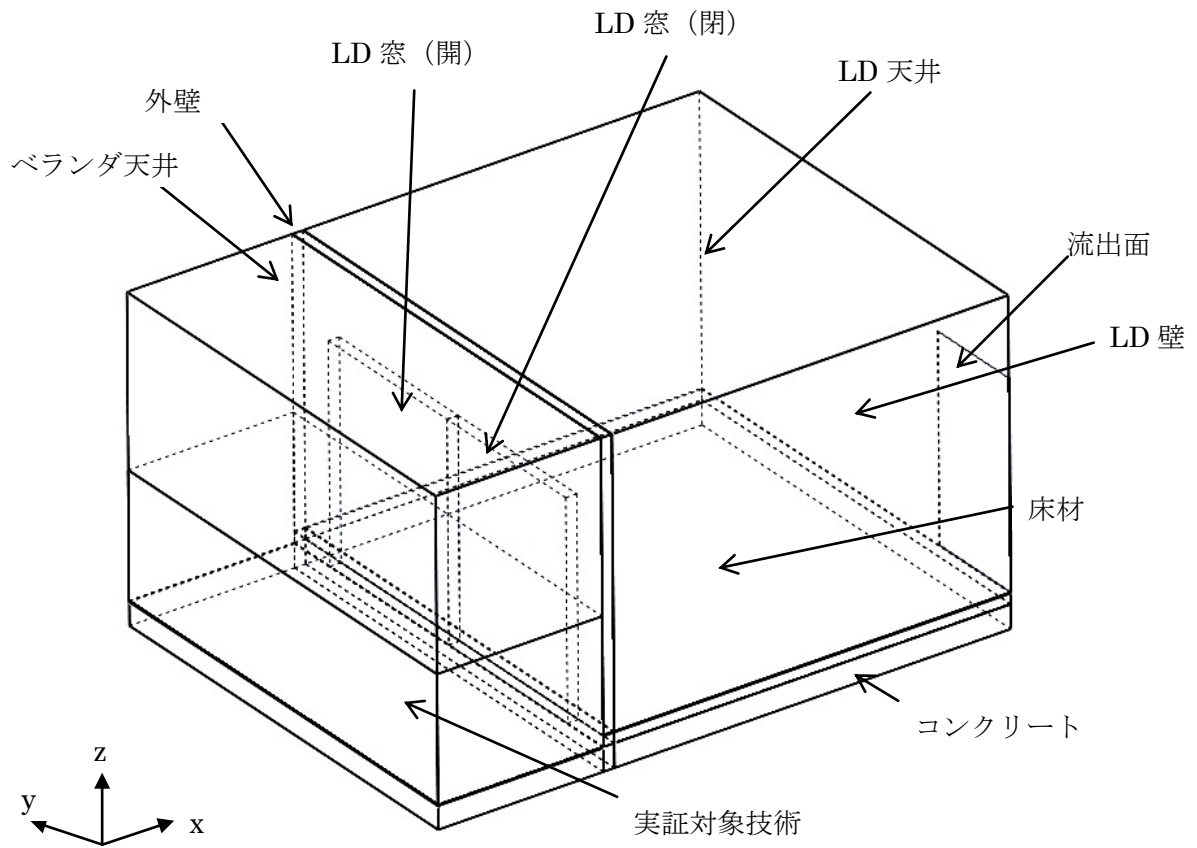


図 4-7 解析モデル（見取図）

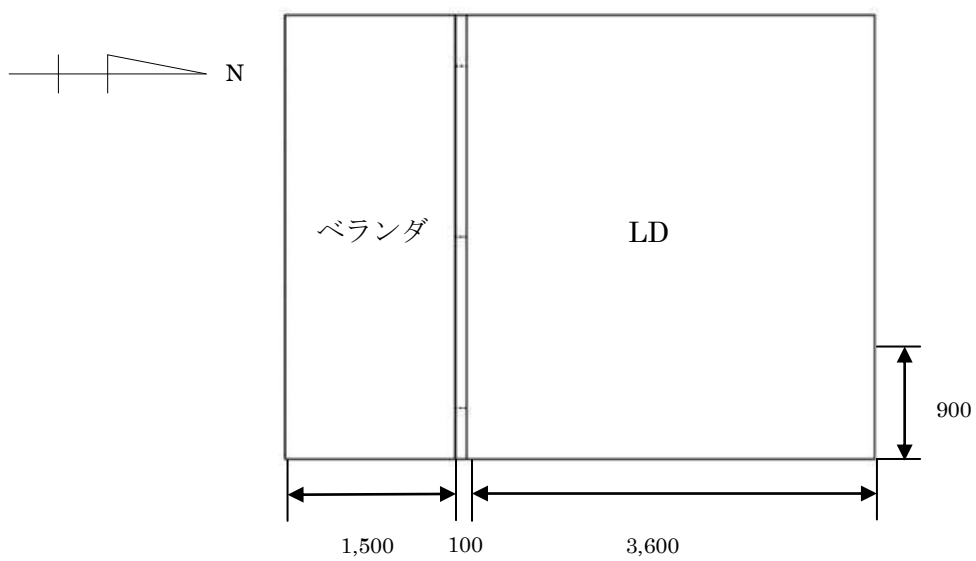


図 4-8 解析モデル（平面図）

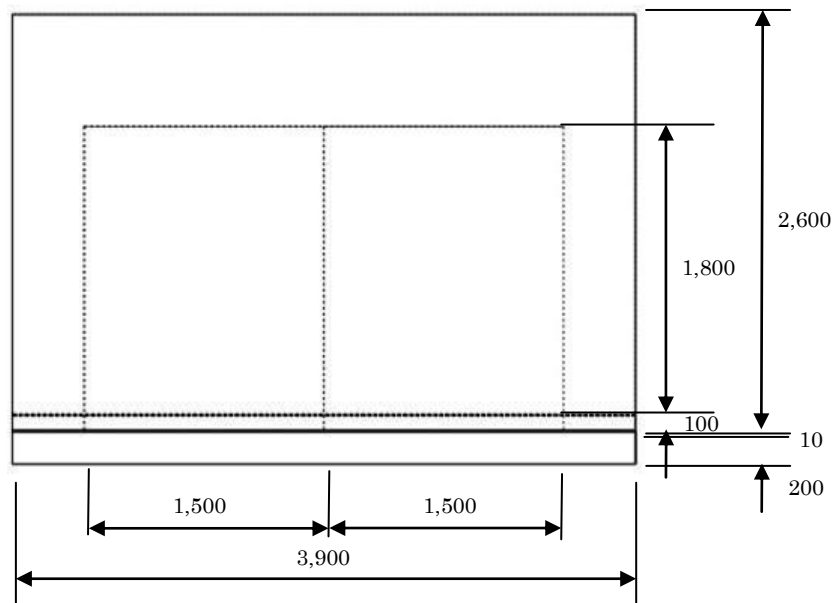


図 4-9 解析モデル（断面図）

(3) ベランダ手すりの設定

ベランダに設置する手すりは、表 4-5、図 4-10 に示す 3 種類の仕様で高さ 1100mm のものとし、それぞれの条件で数値計算を行った。

表 4-5 ベランダ手すりの設定

設定条件名	内容
手すり 1（格子手すり想定）	高さ 1100mm、自由通風、日射透過
手すり 2（透明パネル想定）	高さ 1100mm、通風遮断、日射透過
手すり 3（コンクリート想定）	高さ 1100mm、通風遮断、日射遮断

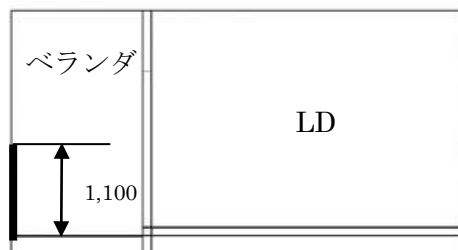


図 4-10 解析モデル〔解析対象空間におけるベランダ手すりの設定位置（通風遮断の場合）〕

(4) 解析条件

表 4-6 解析条件

設定条件	内容
解析領域	5.2m(X)×3.9m(Y)×2.81m(Z)
メッシュ分割	総メッシュ数：節点 159,183、要素 568,011 基準メッシュ寸法（流体部：100mm、固体部：50mm） 境界層メッシュ寸法（10mm を 2 層）
流入条件	ベランダ流入面：175.5m <sup>3</sup> /h（換気回数 5 回/h の場合） 702.0 m <sup>3</sup> /h（換気回数 20 回/h の場合） 2106 m <sup>3</sup> /h（換気回数 60 回/h の場合） 流入温度、流入湿度については図 4-12、図 4-13 を参照
流出条件	流出面：175.5m <sup>3</sup> /h（換気回数 5 回/h の場合） 702.0 m <sup>3</sup> /h（換気回数 20 回/h の場合） 2106 m <sup>3</sup> /h（換気回数 60 回/h の場合）
乱流モデル	標準 k - ε モデル
壁面境界条件	一般化対数則による壁関数、温度対数則による乱流熱伝達
加熱吸熱条件	日射熱、長波放射、蒸発潜熱
水蒸気放散条件	水分伝達率設定（ルイス数=1）、蒸発効率設定
ベランダ（床面）	速度条件：一般化対数則による壁関数 熱条件：温度対数則による乱流熱伝達、日射熱、長波放射、 蒸発潜熱（保水建材施工時）
ベランダ（両側戸境壁、天井）	速度条件：一般化対数則による壁関数 熱条件：断熱
ベランダ（手すり）	通風遮断の場合は伝熱パネルで設定
外壁	速度条件：一般化対数則による壁関数 熱条件：温度対数則による乱流熱伝達、日射熱、長波放射
窓（閉）	パネルで設定
LD（壁面、天井）	速度条件：一般化対数則による壁関数 熱条件：断熱
LD（床面）	速度条件：一般化対数則による壁関数 熱条件：温度対数則による乱流熱伝達、日射熱、長波放射



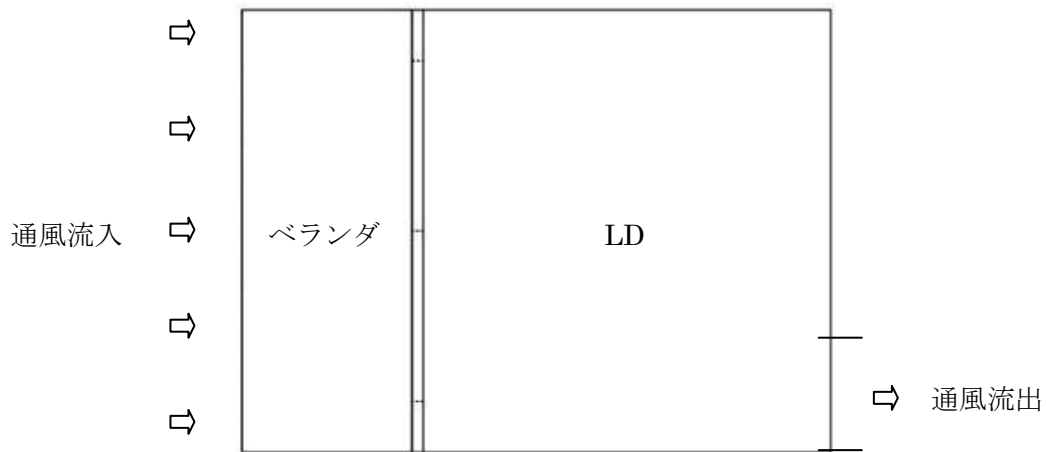


図 4-11 解析モデル（通風の流入・流出概要）

(5) 気象条件

表 4-7 気象条件

設定条件	内容
地域	東京都
気象データ	気象庁気象観測データ*1（2012年） 東京都：東京管区気象台
雲量	6.3（2012年8月16日平均値）
気温	2012年8月16日測定値
相対湿度	2012年8月16日測定値
日射量	別設定（表 4-8 参照）

\*1：気象庁．“気象統計情報”，<http://www.jma.go.jp/jma/menu/report.html>．

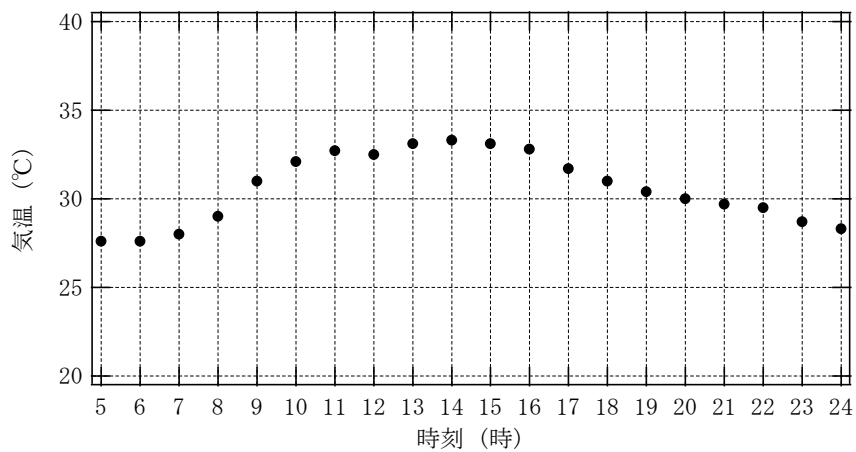


図 4-12 気象条件（気温）

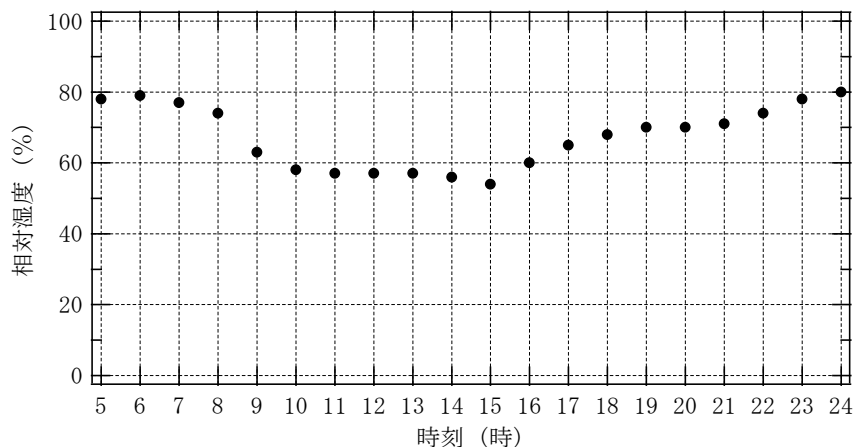


図 4-13 気象条件（相対湿度）

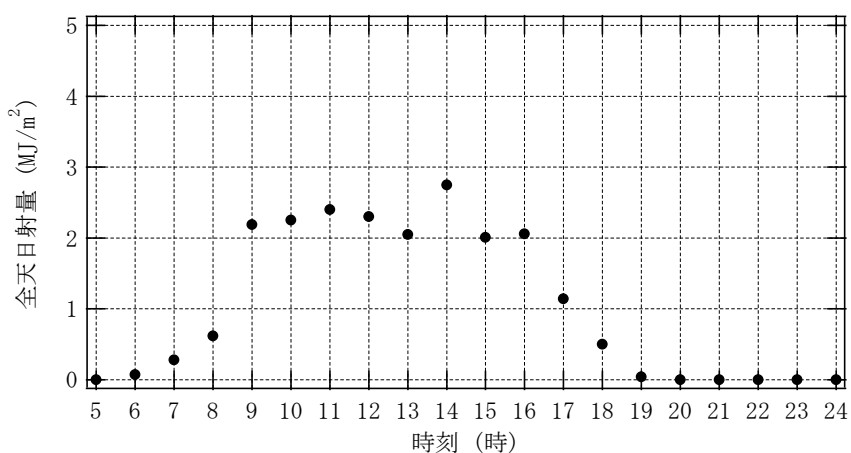


図 4-14 気象条件（全天日射量）

表 4-8 日射条件\*1-4

設定条件	内容
太陽定数	1330 W/m <sup>2</sup>
日射量	直達日射量+天空日射量
大気透過率	0.7
雲量	6.3 (2012年8月16日平均値)
天空日射係数	0.5
地理情報 (東京)	緯度 : 35.68° 経度 : 139.77° 標準時設定地点経度 : 135°

\*1 : 空気調和衛生工学便覧

\*2 : 理科年表、平成 21 年度版

\*3 : 中村圭三、三谷雅肆：関東地方における大気混濁係数の推移について－全天日射量からの評価の試み－、日本気象学会誌「天気」、pp.855-864、2011年10月

\*4 : 木村建一、建築設備基礎、国際人間環境研究所

備考) 日射についてはベランダに入射するとともに、LD 窓を通して LD 内部に入射する設定とした。LD 窓 (閉)

における日射透過率についてはガラスの材質や厚みで変化する。厳しい条件として設定するために日射透過率を100%とした。

## (6) 材料物性の設定

表 4-9 材料物性

項目	実証対象技術(乾燥/含水)	コンクリート(乾燥/含水)	床材
密度 (kg/m <sup>3</sup> )	1898 / 2022 <sup>*1</sup>	2324 / 2421 <sup>*6</sup>	600 <sup>*11*12</sup>
熱伝導率[W/(m・K)]	0.383 / 0.509 <sup>*2</sup>	1.59 / 1.65 <sup>*6</sup>	0.15 <sup>*11*12</sup>
比熱[J/(g・K)]	0.85 / 1.056 <sup>*2</sup>	0.95 / 1.08 <sup>*6</sup>	1.3 <sup>*11*12</sup>
空隙率 (m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup> )	0.125 <sup>*2</sup>	0.097 <sup>*6</sup>	0 <sup>*11*12</sup>
日射反射率 (—)	0.370 / 0.275 <sup>*2</sup>	0.275 / 0.275 <sup>*7</sup>	0.4 <sup>*13</sup>
長波放射率 (—)	0.9 / 0.9 <sup>*3</sup>	0.9 / 0.9 <sup>*3</sup>	0.9 <sup>*13</sup>
蒸発効率 (—)	図 4-15 参照	図 4-16 参照	—

\*1：5.1.1 実証項目の測定値より引用。

\*2：5.1.2 参考項目の測定値より引用。

\*3：文献\*4),\*5)によるとコンクリートとタイルについては長波放射率が 0.85-0.95 となっているのでこの平均をとって 0.9 を採用した。

\*4：日本建築学会環境工学委員会温熱環境小委員会、「室内温熱環境測定法学的規準」

\*5：一般財団法人建築環境・省エネルギー機構、CASBEE-HI 評価マニュアル（2005 年版）

\*6：日本機械学会、伝熱工学資料 改訂第 4 版

\*7：文献\*8),\*9),\*10)から 0.2-0.35 となっており、0.275 を採用した。

\*8：西岡真稔、湊崇徳：街路熱環境の向上を目的とした壁面計画手法に関する検討、環境工学研究会（大阪）、平成 19 年 3 月 7 日、空気調和・衛生工学会近畿支部

\*9：廣瀬哲也、長島清二：「屋根遮熱・断熱塗装システム」の開発、塗料の研究、No.142 Sept. 2004、pp.55-59

\*10：鈴木弘孝、三坂育正：季節の違いによる壁面緑化の温熱環境改善効果、日緑工誌 33(4)、2008、pp.587-595

\*11：日本熱物性学会、熱物性ハンドブック

\*12：蔡耀賢、大岡龍三、加藤信介、小金井真、生田紀夫、川本光一、西田耕作：非結露型次世代空調システムに関する研究（その 6）CFD を用いた対流と建材内熱・水蒸気同時移動の連成解析による解析モデルの提案、空気調和・衛生工学会学術講演会講演論文集（北海道）、2005

\*13：城戸英彰：日射の伝搬と CFD の連成解析によるオフィス空間の温熱・空気環境評価、北九州市立大学国際環境工学部建築デザイン学科卒業論文、2011

## (7) マンション向き設定

マンションの居室の向きとしては東西南北の 4 方向が考えられる。

実証項目として夏場における保水性建材の潜熱による温度低減効果を対象としているので、夏場の居室温度条件が厳しくなるマンションの居室の向きを設定することとした。

まず北向きの居室においては日射量が小さいと考えられるので除外した。朝方は東向きの居室で日射の影響を大きく受けるが、まだ気温が上昇していないことと、夜間に建築躯体の温度が低下していることから、東向きの居室の温度条件は南向きや西向きの居室に比べて小さいと考えられる。南向きの居室では昼間に日射の影響を受け居室温度は上昇する。昼間は太陽の高度が高いため、ベランダ等の日射面積が小さくなるが、日出から日没まで日射の影響を受け続ける。西向きの居室では夕方になり太陽の高度が低くなると昼間の気温上昇と建築躯体の温度上昇に加えて

夕方太陽の日射の影響を直接受ける。

これらのことから南向きの居室と西向きの居室で夏場の温度条件が厳しいと考えられる。数値計算では、保水性建材の性能を検証しコンクリートと比較することを目的としているため、もっとも事例の多い南向きを採用した。

### (8) 打ち水条件の設定

ベランダ用保水性建材に対して行う打ち水は、表 4-10 に示す 2 種類の条件とし、それぞれの条件で数値計算を行った。なお、打ち水の散水量は  $1.24\text{kg/m}^2$  とした。

表 4-10 打ち水条件

設定条件名	内容
打ち水 1	9 時に打ち水（散水量 $1.24\text{kg/m}^2$ ）をする。
打ち水 2	16 時に打ち水（散水量 $1.24\text{kg/m}^2$ ）をする。

備考) 数値計算においては、「9 時にベランダ用保水性建材に打ち水をする」と「16 時にベランダ用保水性建材に打ち水をする」の 2 通りの設定をした。朝 9 時はベランダの野菜や花等の植物に水まきすると同時に周囲の床面にも打ち水をする。また夕方に打ち水することで窓を開けた状態で過ごす。このような打ち水をすることでベランダ表面の温度上昇を抑制でき、居住空間の「エアコンの電源オフ」するという、省エネルギーや節電の取り組みを提案している。

### (9) 換気回数設定

想定したマンションモデルでは、ベランダに敷設した保水性建材に打ち水を行った直後に、ベランダ側の窓を開放し、蒸発潜熱により温度が低減した外気を、通風によりベランダから LD 部に取り込むものとした。このとき、マンションベランダから入りリビングダイニングを通りマンション建屋内部への通風量はリビングダイニングのドアの開閉状態や他の居室の窓の開閉状態により変化することが考えられる。数値計算では、このときの通風量は換気回数で設定することとし、表 4-11 に示す 3 種類の条件でそれぞれ数値計算を行った。

表 4-11 換気回数条件

設定条件名	内容
換気 1	換気回数 5 回/h
換気 2	換気回数 20 回/h
換気 3	換気回数 60 回/h

(10) 蒸発効率の設定

保水性建材表面からの水分の蒸発については、保水性建材表面での水分の含水状態に左右されるため、表面の状態や含水量の影響により変化すると考えられる。

数値計算は、水分蒸発量を決定するための蒸発効率について実証対象技術（試験体厚さ 10mm）及びコンクリート（試験体厚さ 60mm）から蒸発する水分量に関する測定結果を使用した。マンションベランダでの高さ 10mm 位置での風速が 0~1m/s 程度であるので、風速 1m/s の測定値を使用した。実証対象技術及び比較対象のコンクリートの風速 1m/s 時の蒸発効率を図 4-15、図 4-16 に示す。

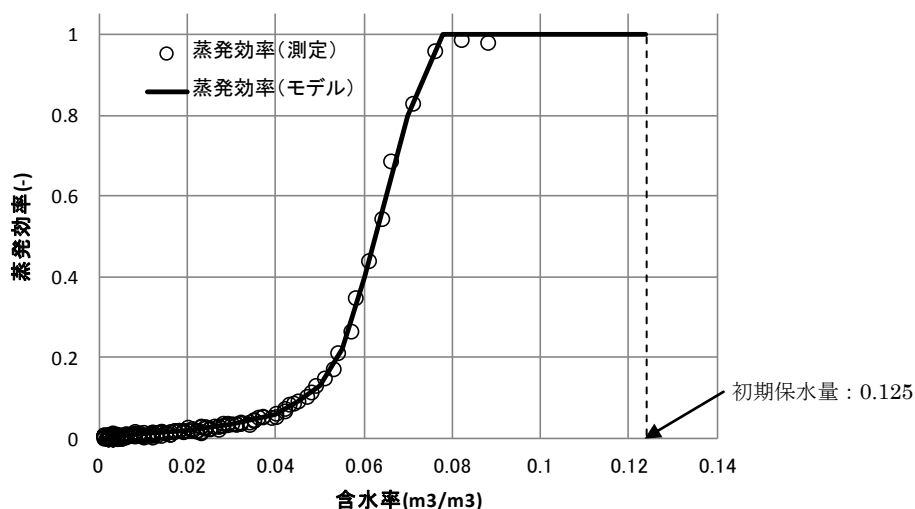


図 4-15 蒸発効率（実証対象技術）

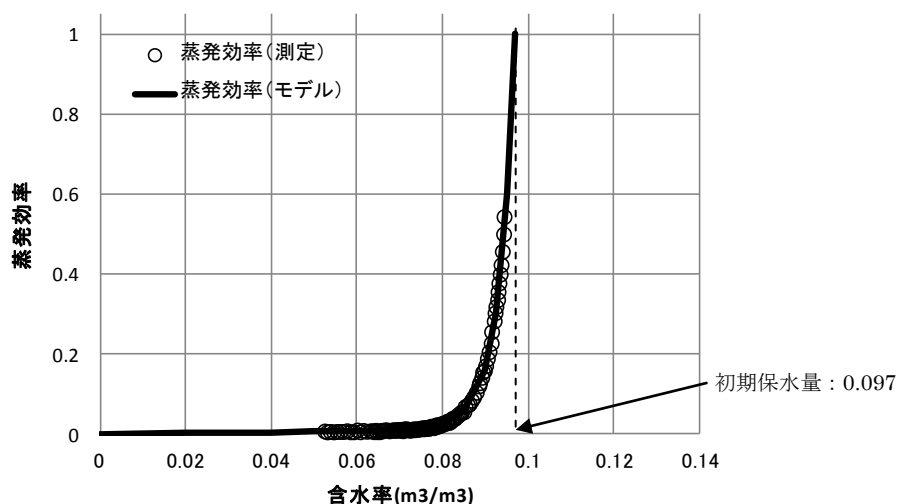


図 4-16 蒸発効率（比較対象のコンクリート）

#### 4.3.2. 出力項目

実証項目は表 4-12 に示す 4 項目とし、ベランダ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 4-12 数値計算出力リスト

項目	設定期間	出力単位	対応する部分
ベランダ表面温度低下量	2012年8月16日5時～21時	℃	ベランダ部
室温*1上昇抑制効果	2012年8月16日5時～21時	℃	LD部
顕熱放散量低減効果	2012年8月16日5時～21時	W/m <sup>2</sup>	ベランダ部
蒸発潜熱による冷却効果	2012年8月16日5時～21時	W/m <sup>2</sup>	ベランダ部

\*1：室温はLD部の体積重み付き平均の室温を算出した。

## 5. 実証試験結果と検討

### 5.1 基本性能

#### 5.1.1. 実証項目

##### (1) 保水性

No	試験片			絶乾質量 $m_d$	湿潤質量 $m_w$	絶乾密度	保水量 $W_r$
	寸法	寸法	厚さ				
	mm	mm	mm	g	g	kg/m <sup>3</sup>	g/cm <sup>3</sup>
1	95.5	95.5	10.7	185.36	198.18	1899	0.131
2	95.6	95.7	10.7	186.00	197.86	1900	0.121
3	95.6	95.5	10.8	186.34	198.23	1890	0.121
4	95.6	95.4	10.7	185.48	197.51	1901	0.123
平均	—	—	10.7	—	—	1898	0.12

##### (2) 吸水性

No	試験片			絶乾質量 $m_d$	湿潤質量 $m_w$	30分後の 吸い上げ質量 $m_{30}$	絶乾密度	吸い上げ 高さ $W_h$
	寸法	寸法	厚さ					
	mm	mm	mm	g	g	g	kg/m <sup>3</sup>	%
1	95.5	95.5	10.7	185.36	198.18	195.48	1899	78.9
2	95.6	95.7	10.7	186.00	197.86	196.21	1900	86.1
3	95.6	95.5	10.8	186.34	198.23	196.33	1890	84.0
4	95.6	95.4	10.7	185.48	197.51	195.76	1901	85.5
平均	—	—	10.7	—	—	—	1898	84

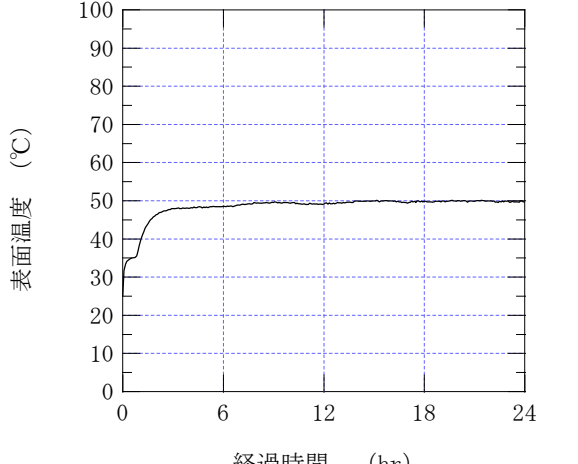
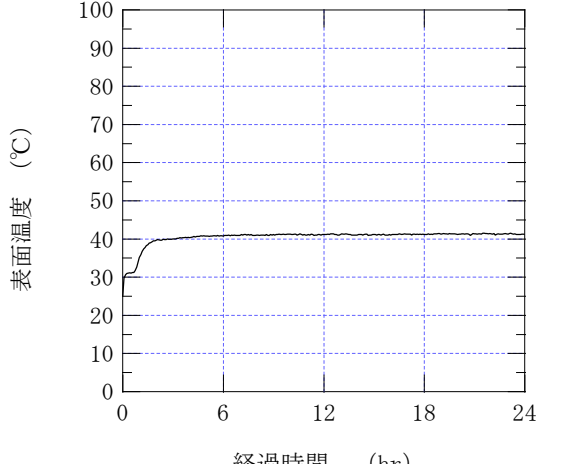
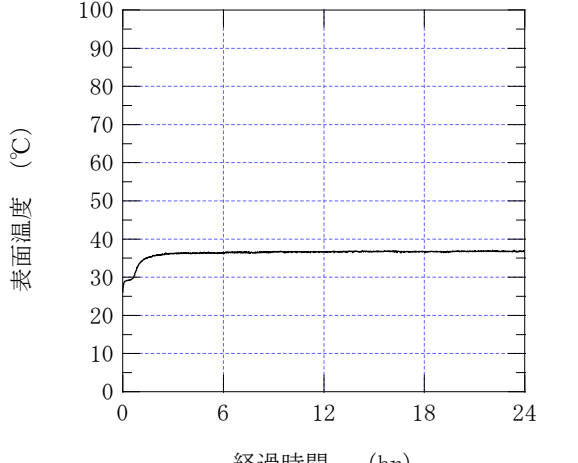
##### (3) 蒸発性

###### ① 測定結果

項目	風速 1m/s	風速 3m/s	風速 5m/s
蒸発効率 (—)	0.11	0.10	0.07
恒率蒸発期間* <sup>1</sup> (h)	約 1	約 1	約 1
積算蒸発量 (g)	47	44	42
積算温度 (°C·hr)	144	232	280

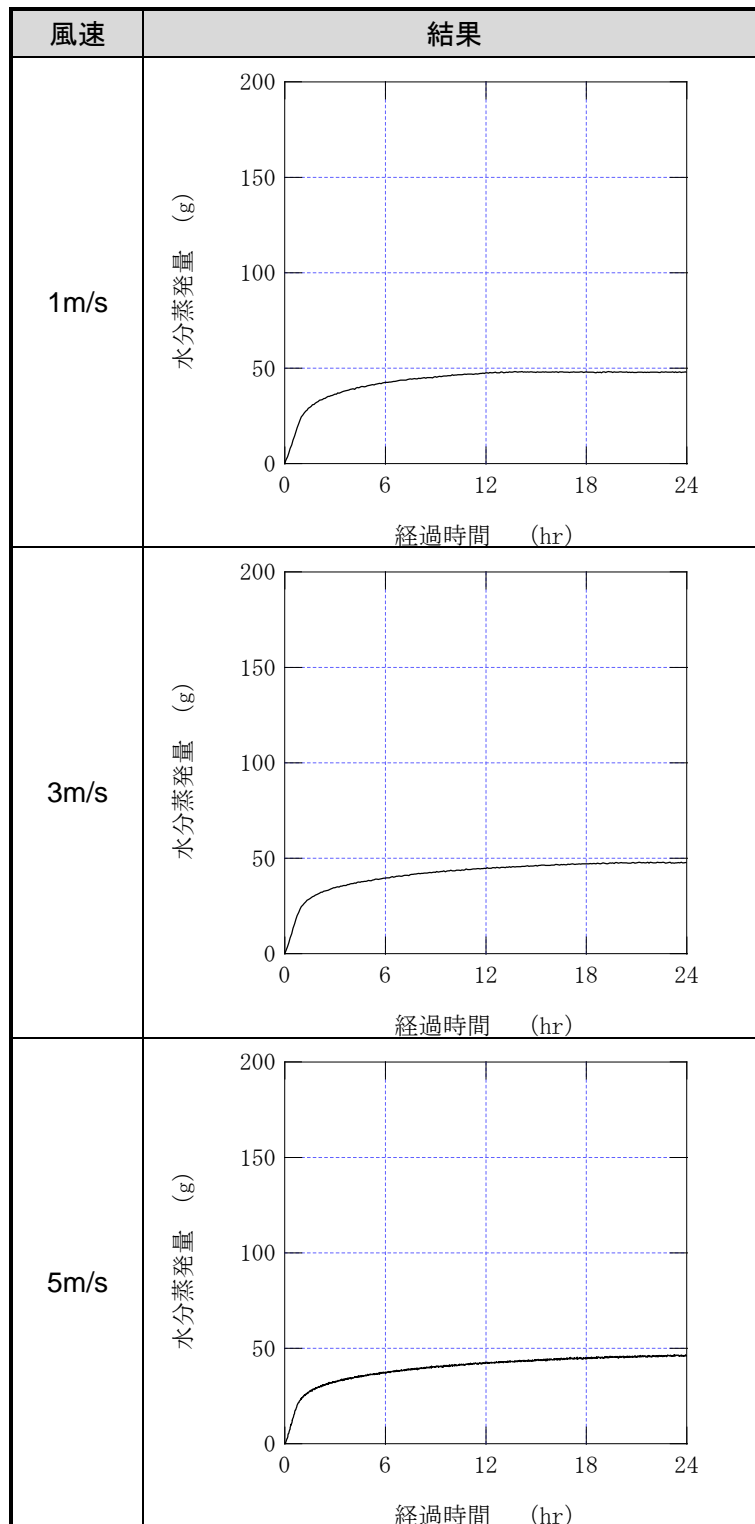
\*1: 恒率蒸発期間は、測定データをグラフにプロットし、その結果から算出するものである。  
 質量測定の時速による影響を考慮し、ここでは「およその値」として結果を示す（恒率蒸発期間の定義は、4.2(3)①（詳細版本編 30 ページ）に示す）。

② 表面温度と経過時間の関係

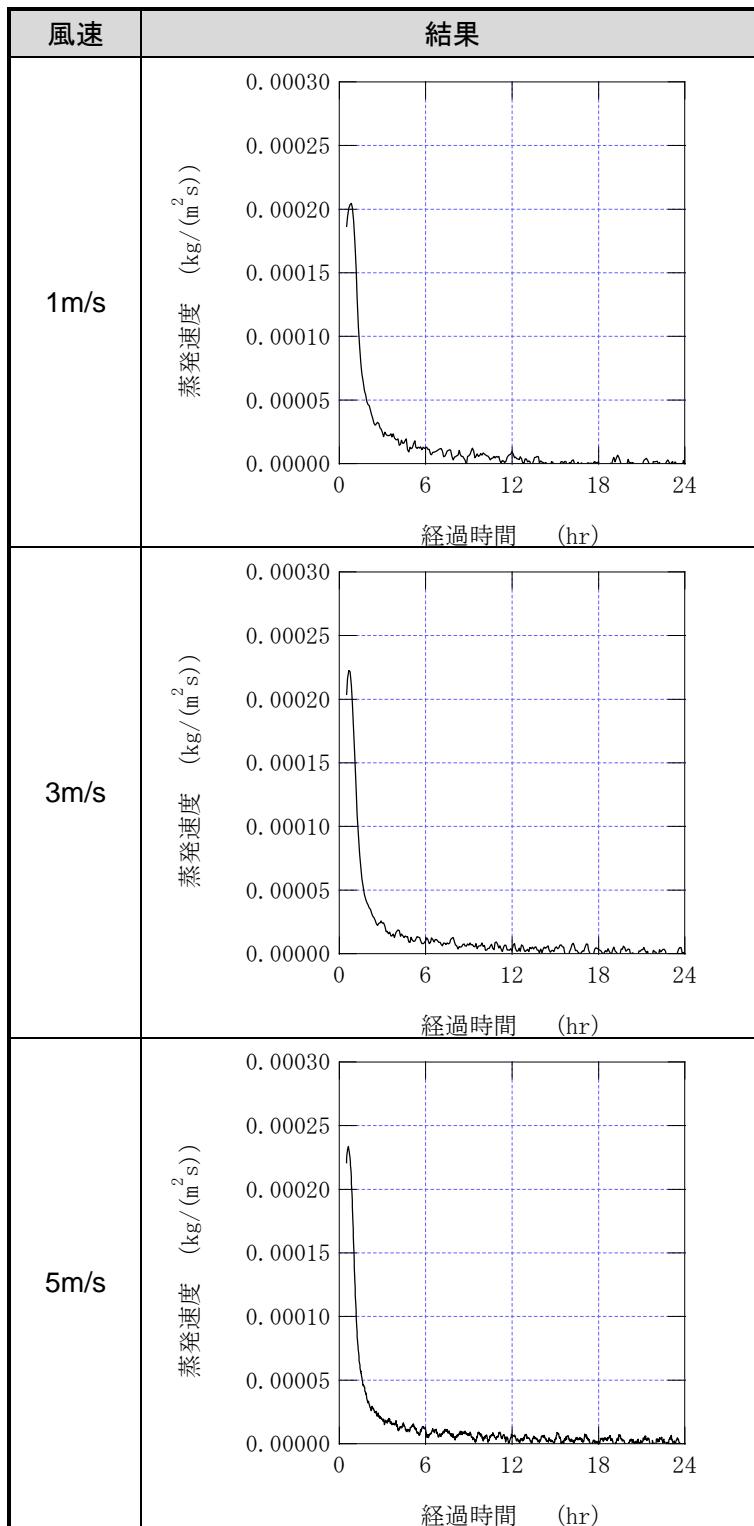
風速	結果
1m/s	 <p>表面温度 (°C)</p> <p>経過時間 (hr)</p>
3m/s	 <p>表面温度 (°C)</p> <p>経過時間 (hr)</p>
5m/s	 <p>表面温度 (°C)</p> <p>経過時間 (hr)</p>



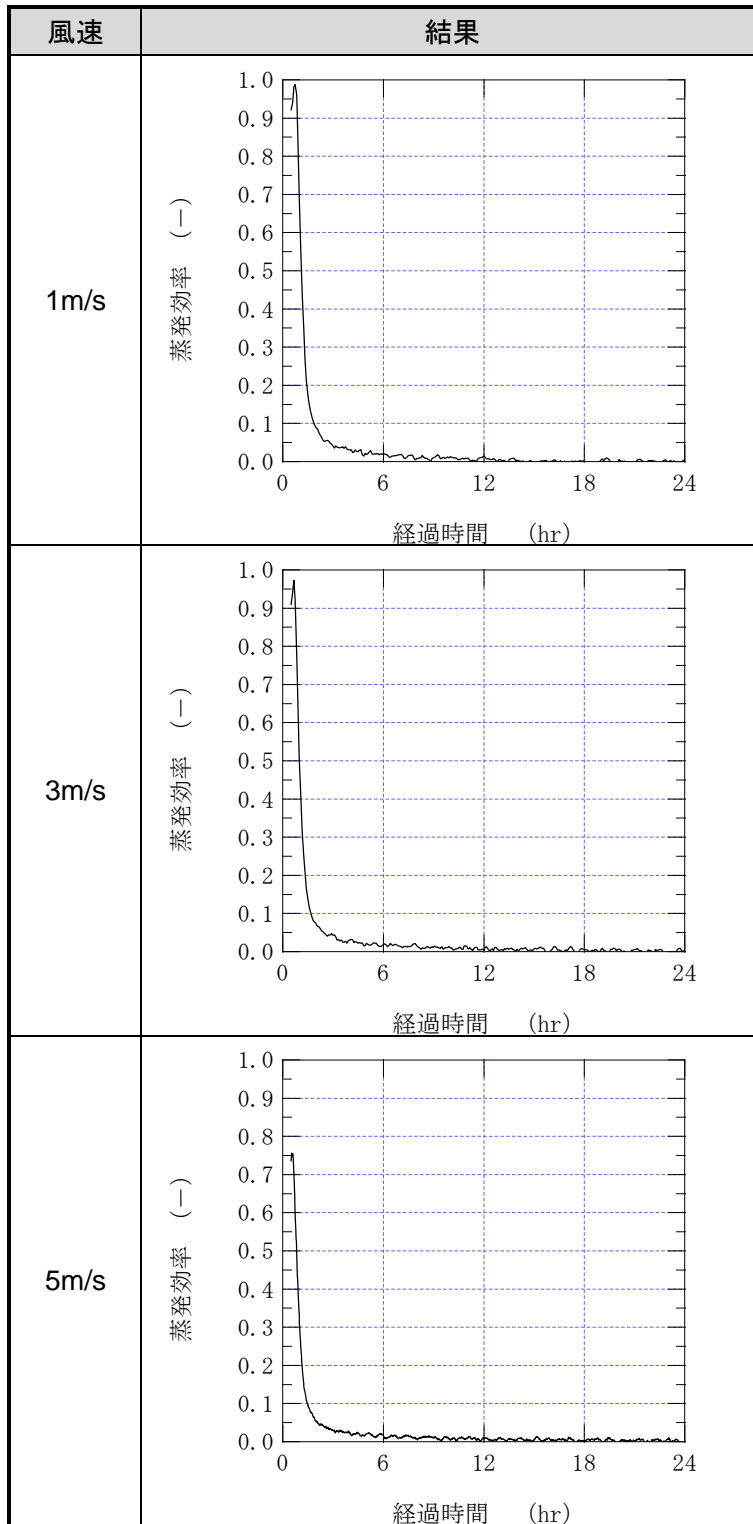
③ 水分蒸発量と経過時間の関係



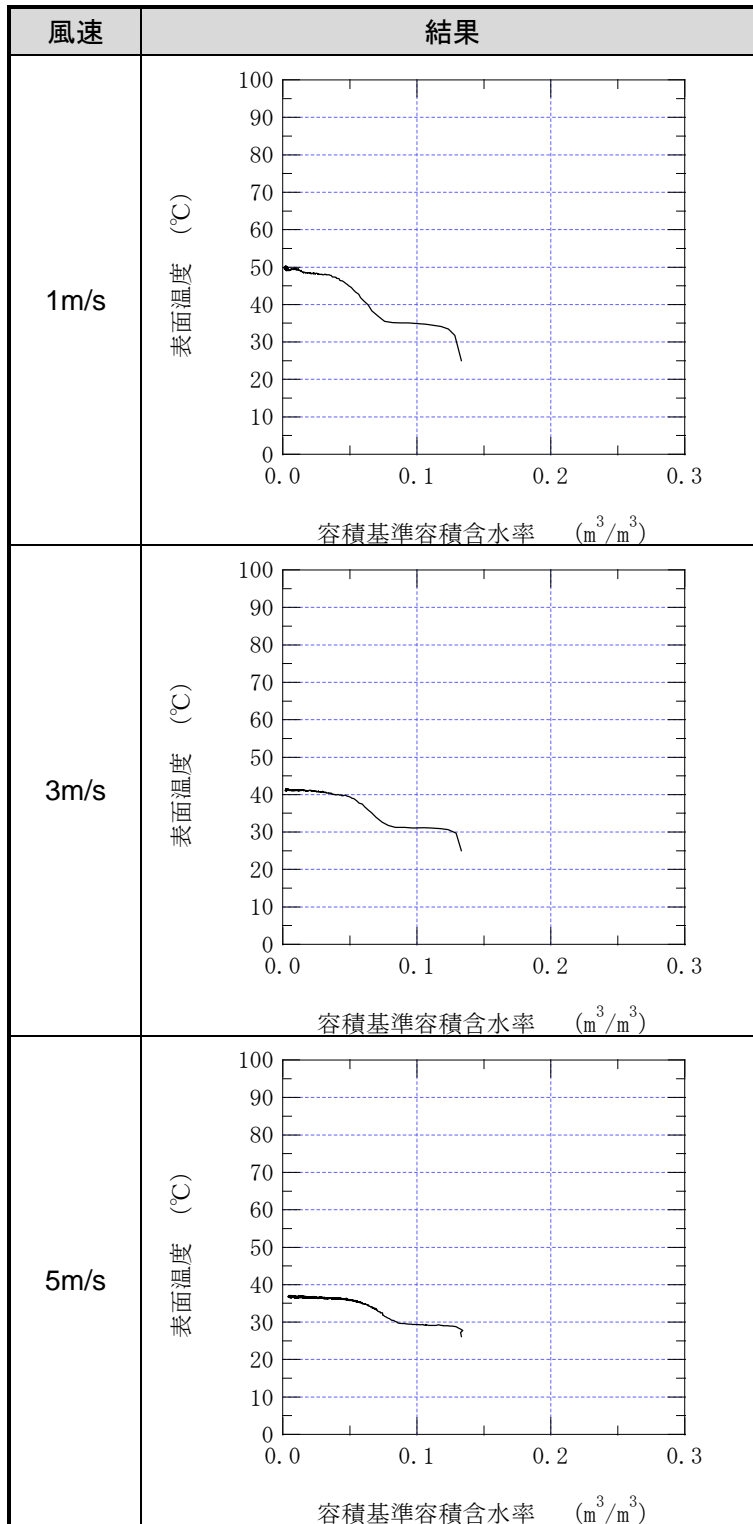
④ 蒸発速度と経過時間の関係



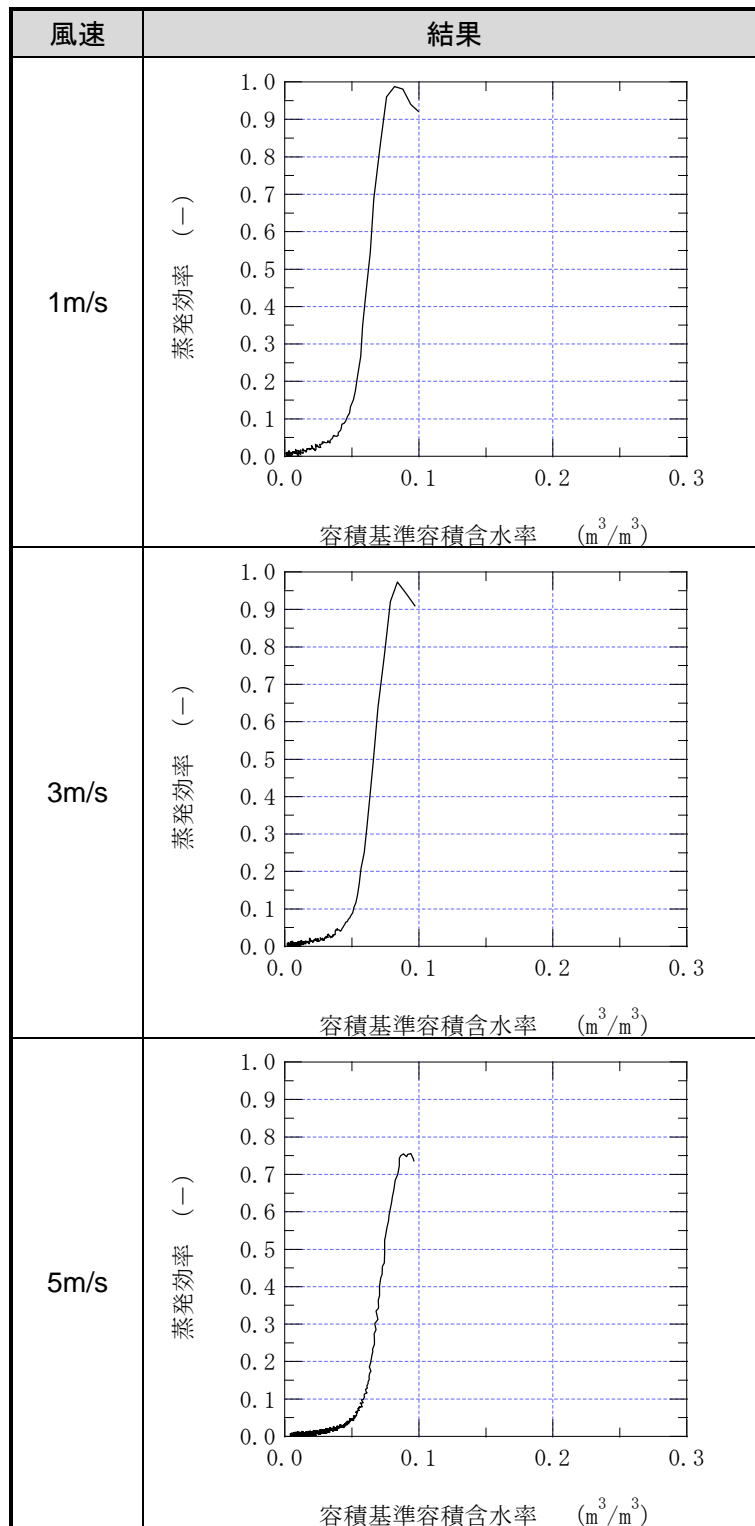
⑤ 蒸発効率と経過時間の関係



⑥ 表面温度と含水率の関係



⑦ 蒸発効率と含水率の関係



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)]	0.383	0.509

(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 (%)	37.0	27.5

(3) 比熱

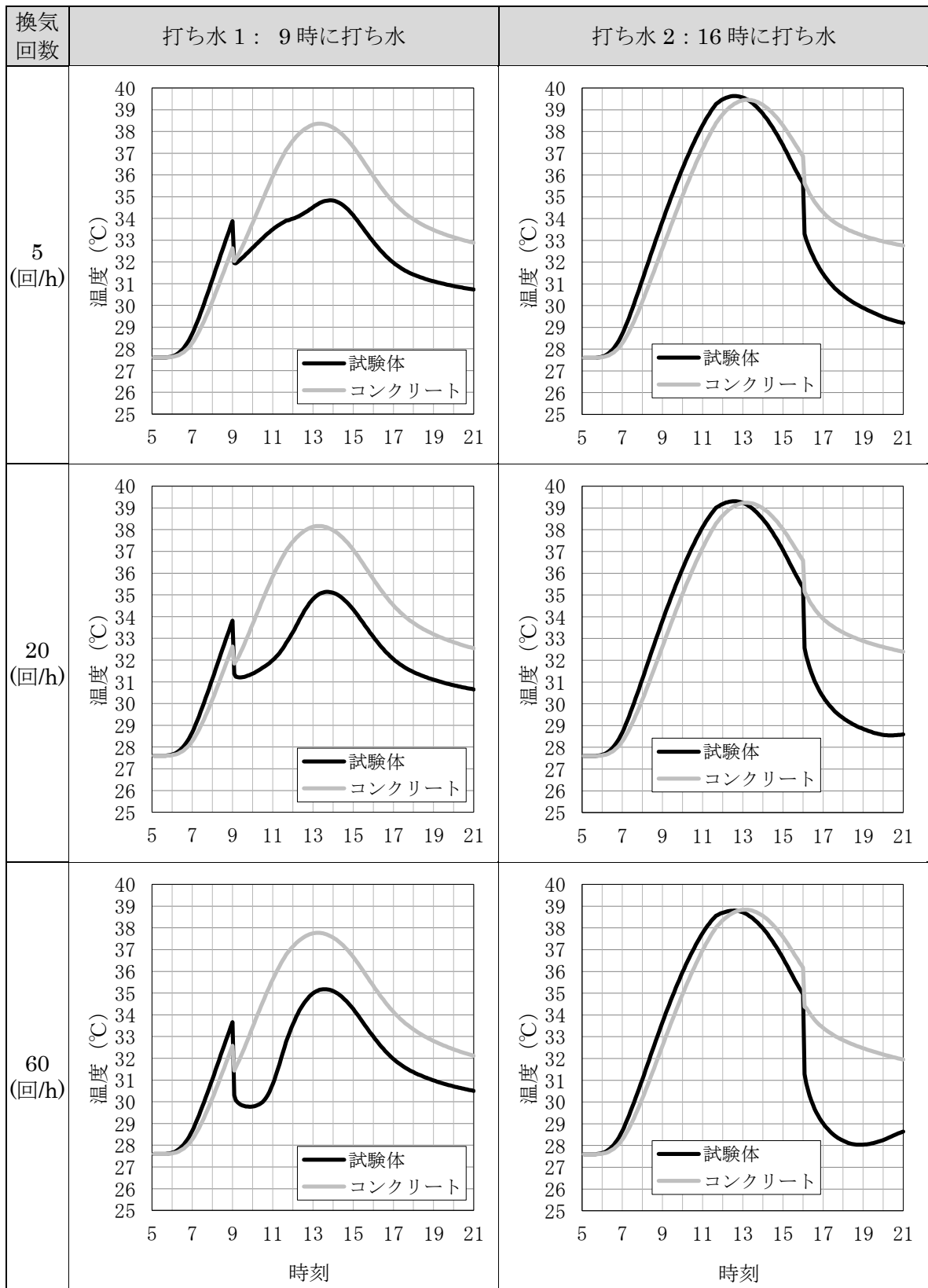
項目	測定結果
比熱 [J/(g・K)]	0.85

(4) 含水率

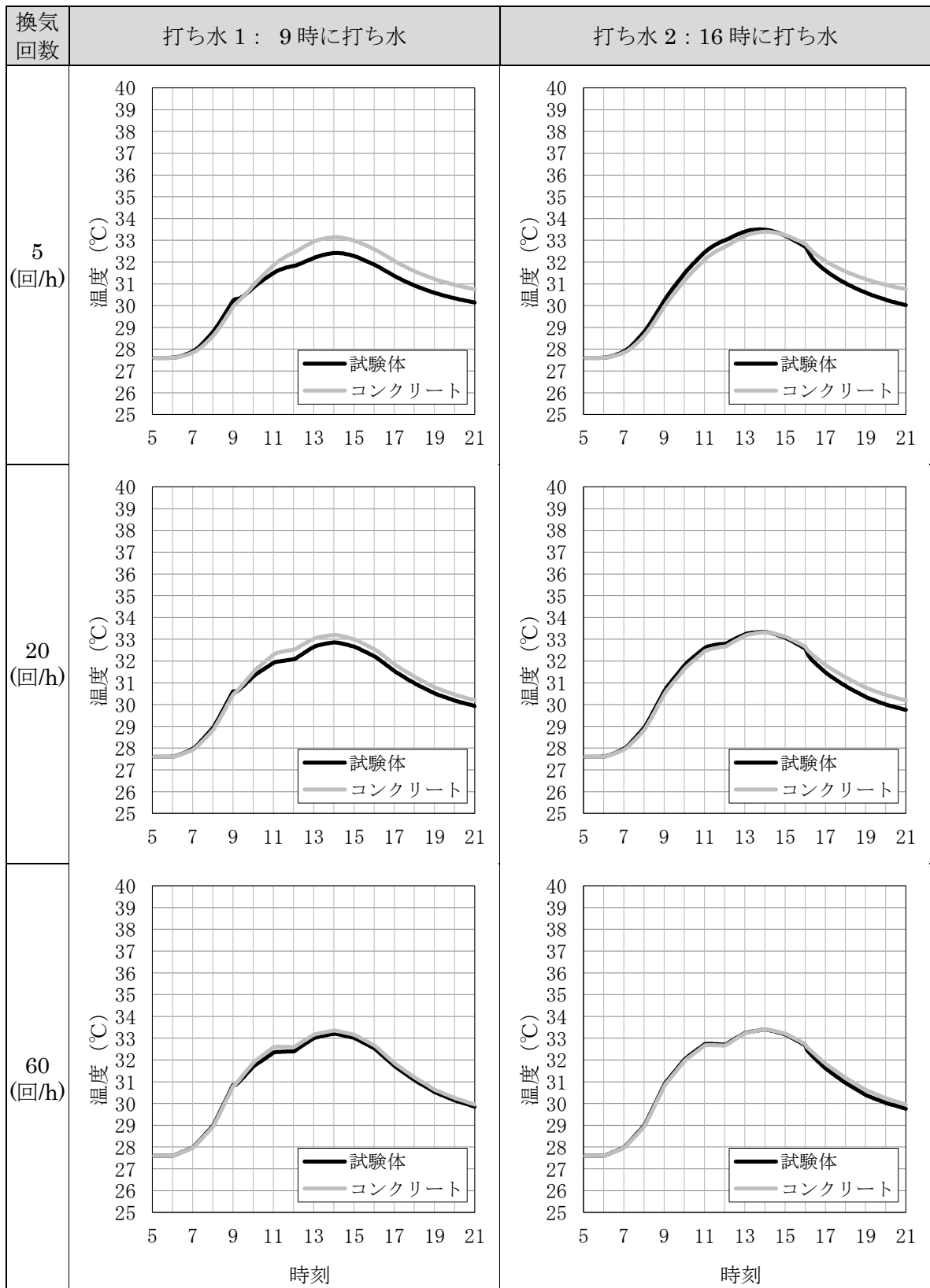
No	試験片			絶乾密度 kg/m <sup>3</sup>	質量基準 質量含水率 kg/kg	容積基準 質量含水率 kg/m <sup>3</sup>	容積基準 容積含水率 m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup>
	寸法	寸法	厚さ				
	mm	mm	mm				
1	95.5	95.5	10.7	1899	0.069	131	0.132
2	95.6	95.7	10.7	1900	0.064	121	0.121
3	95.6	95.5	10.8	1890	0.064	121	0.121
4	95.6	95.4	10.7	1901	0.065	123	0.124
平均	—	—	—	1898	0.066	124	0.125

5.2 数値計算により算出する実証項目

① 手すり 1（格子手すり想定）、ベランダ表面温度経時変化

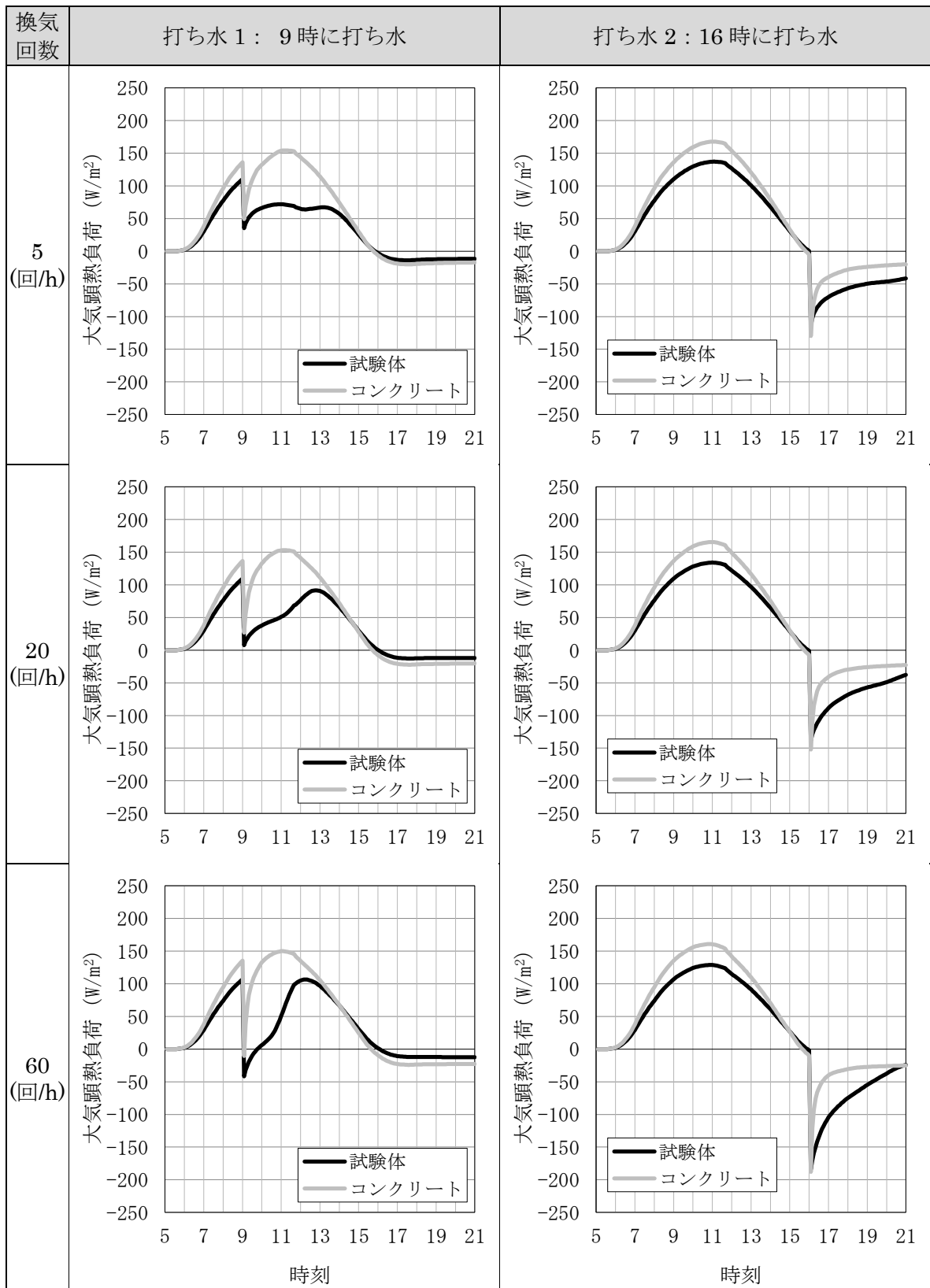


② 手すり 1（格子手すり想定）、室温経時変化

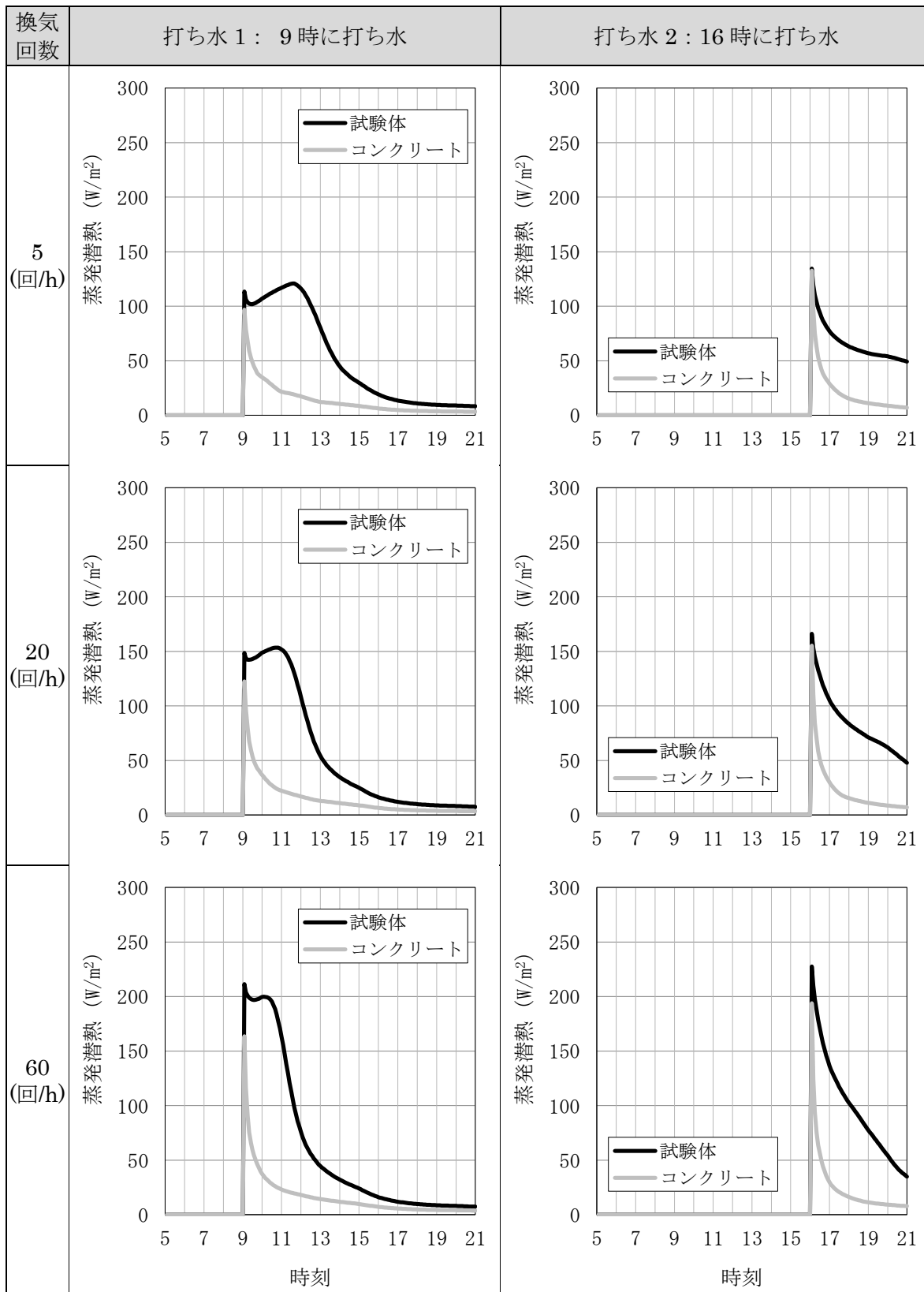




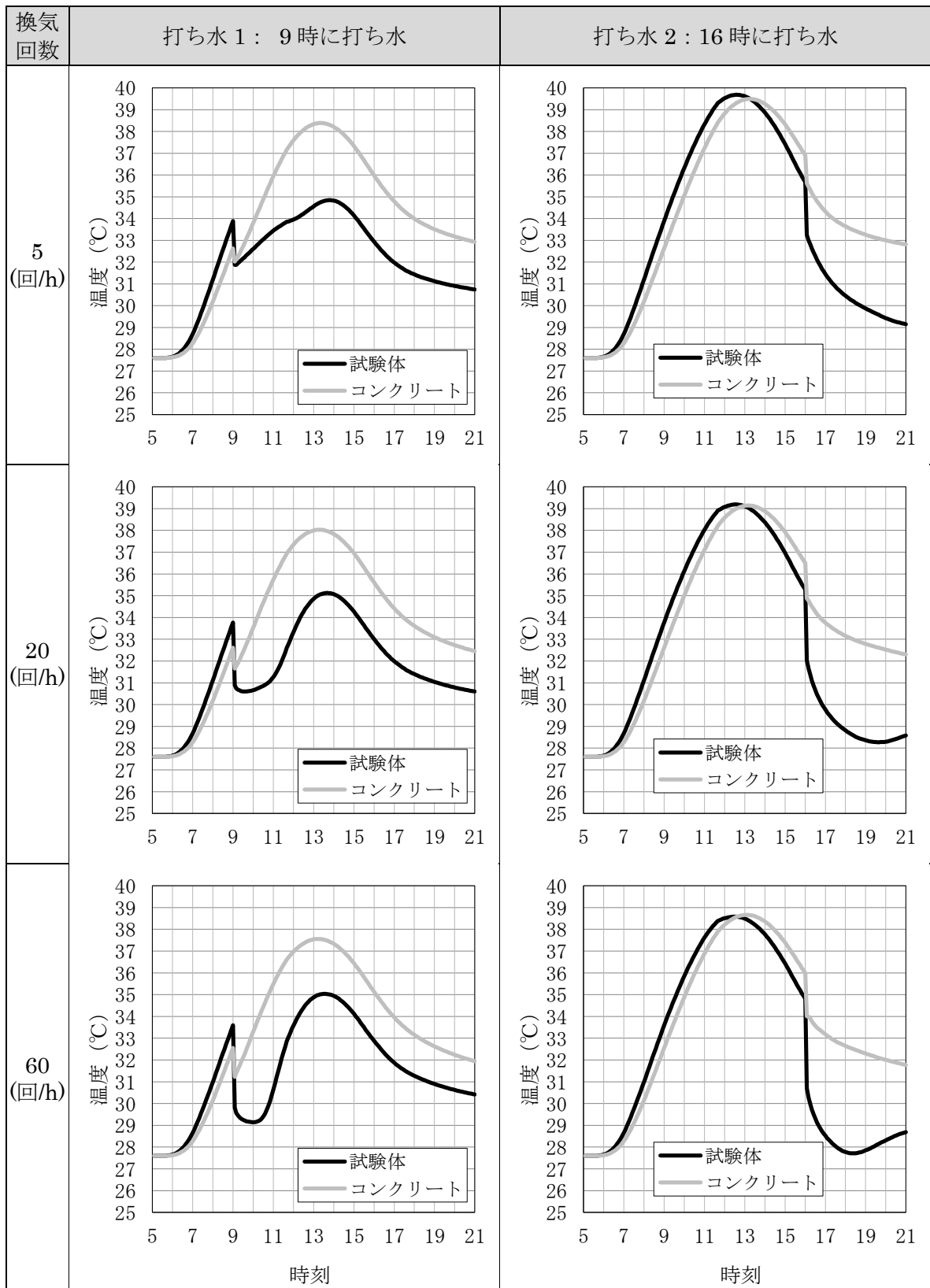
③ 手すり 1（格子手すり想定）、大気顕熱負荷経時変化



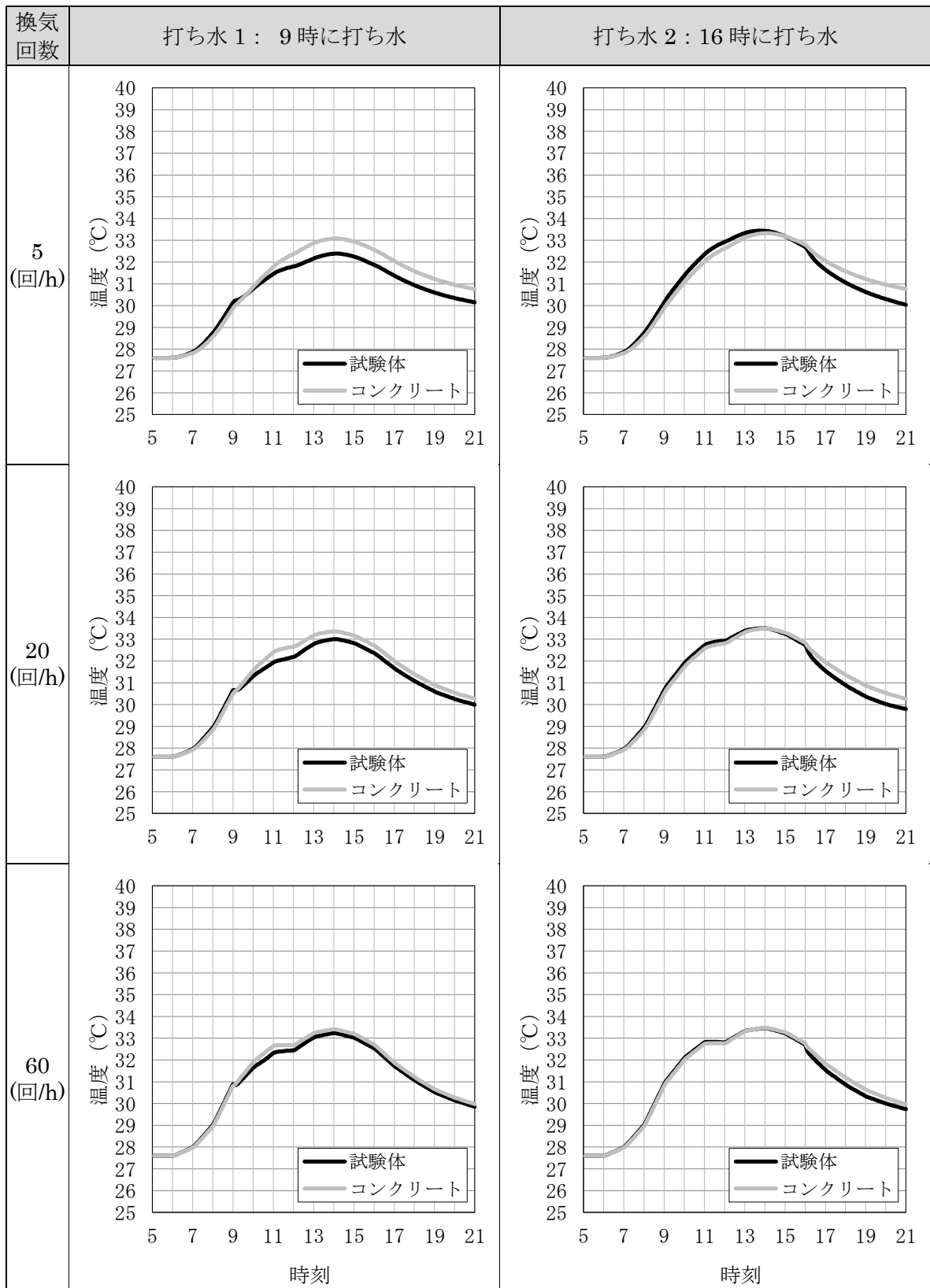
④ 手すり 1（格子手すり想定）、蒸発潜熱経時変化



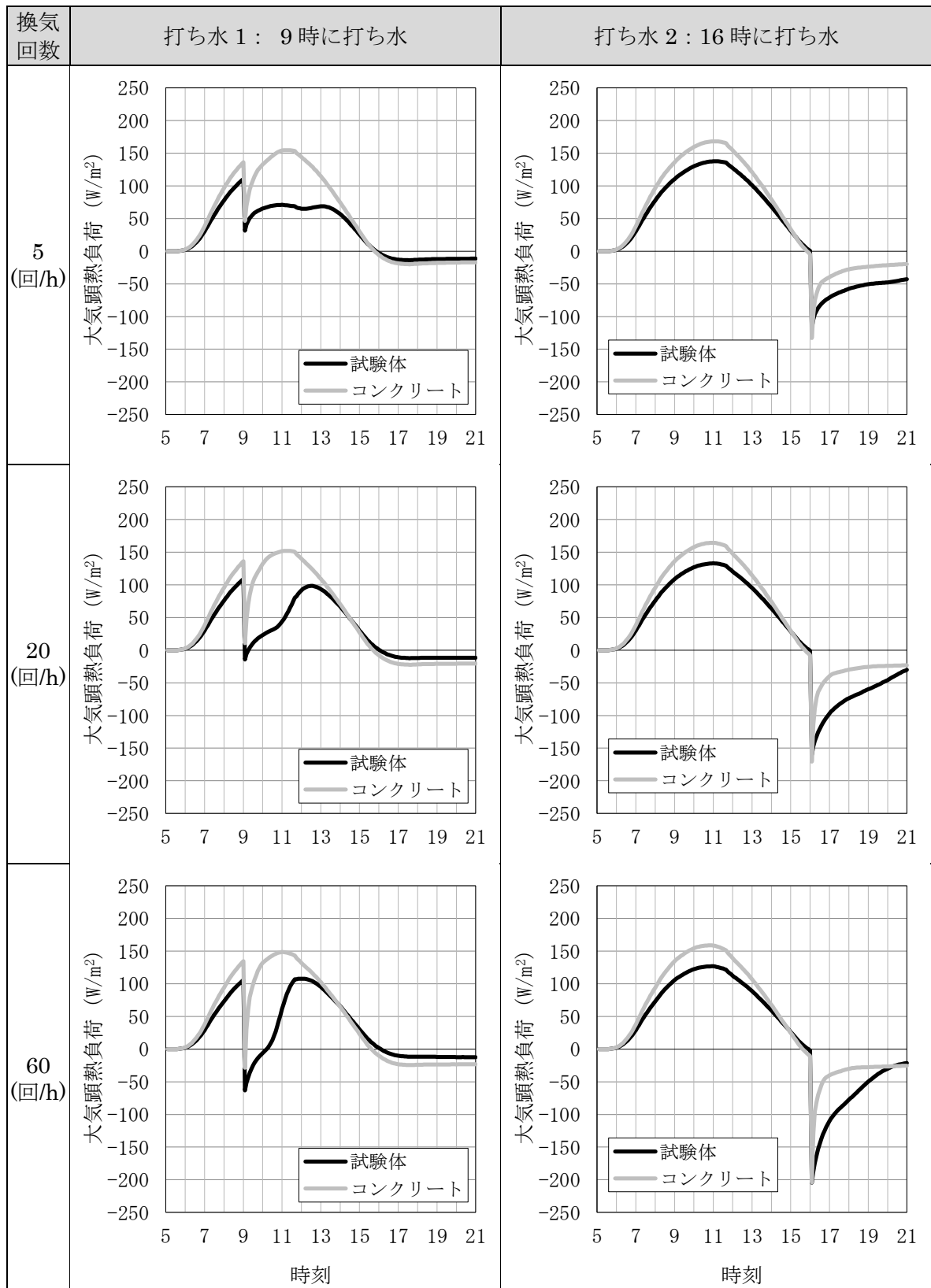
⑤ 手すり 2（透明パネル想定）、ベランダ表面温度経時変化



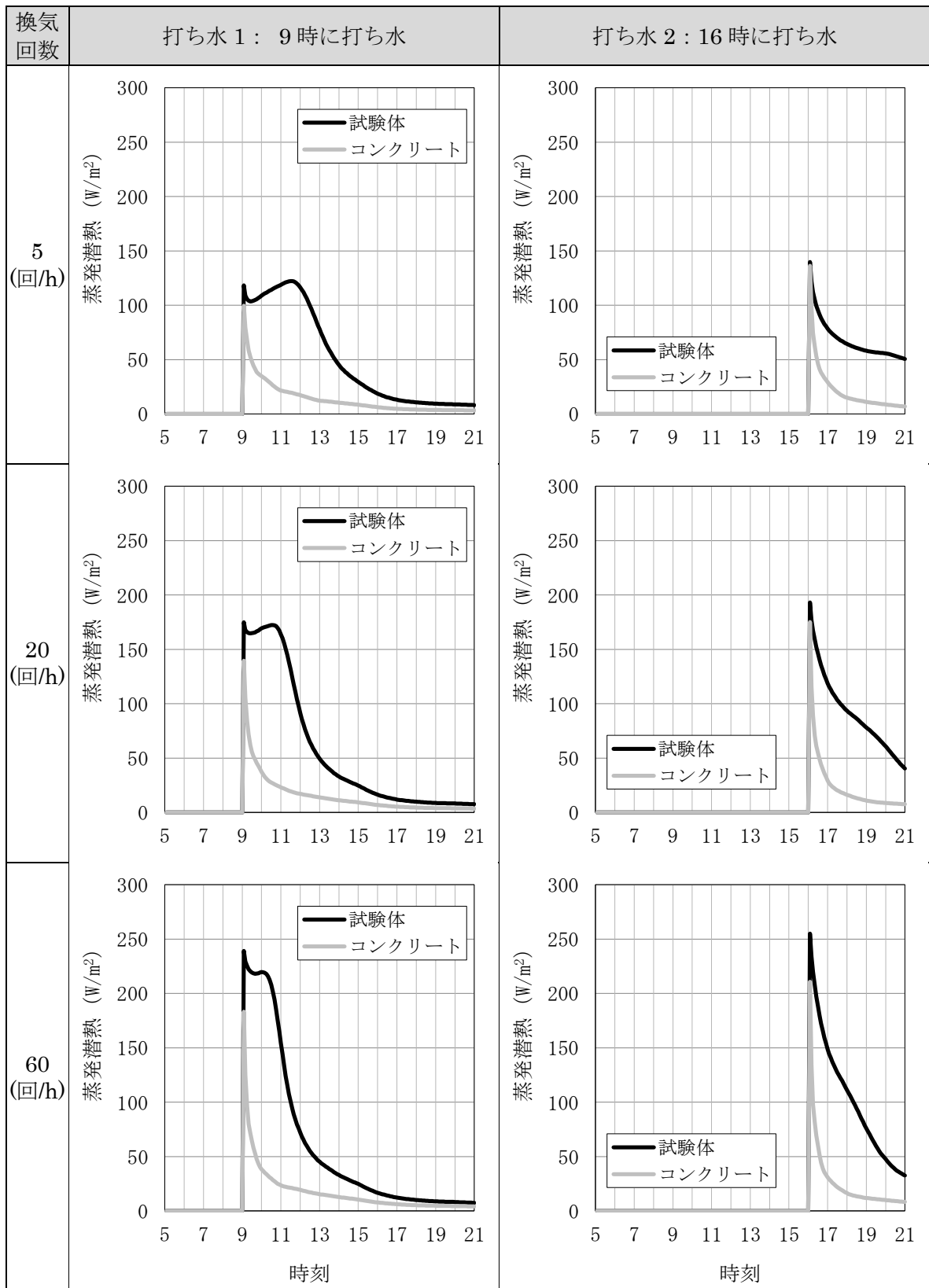
⑥ 手すり 2（透明パネル想定）、室温経時変化



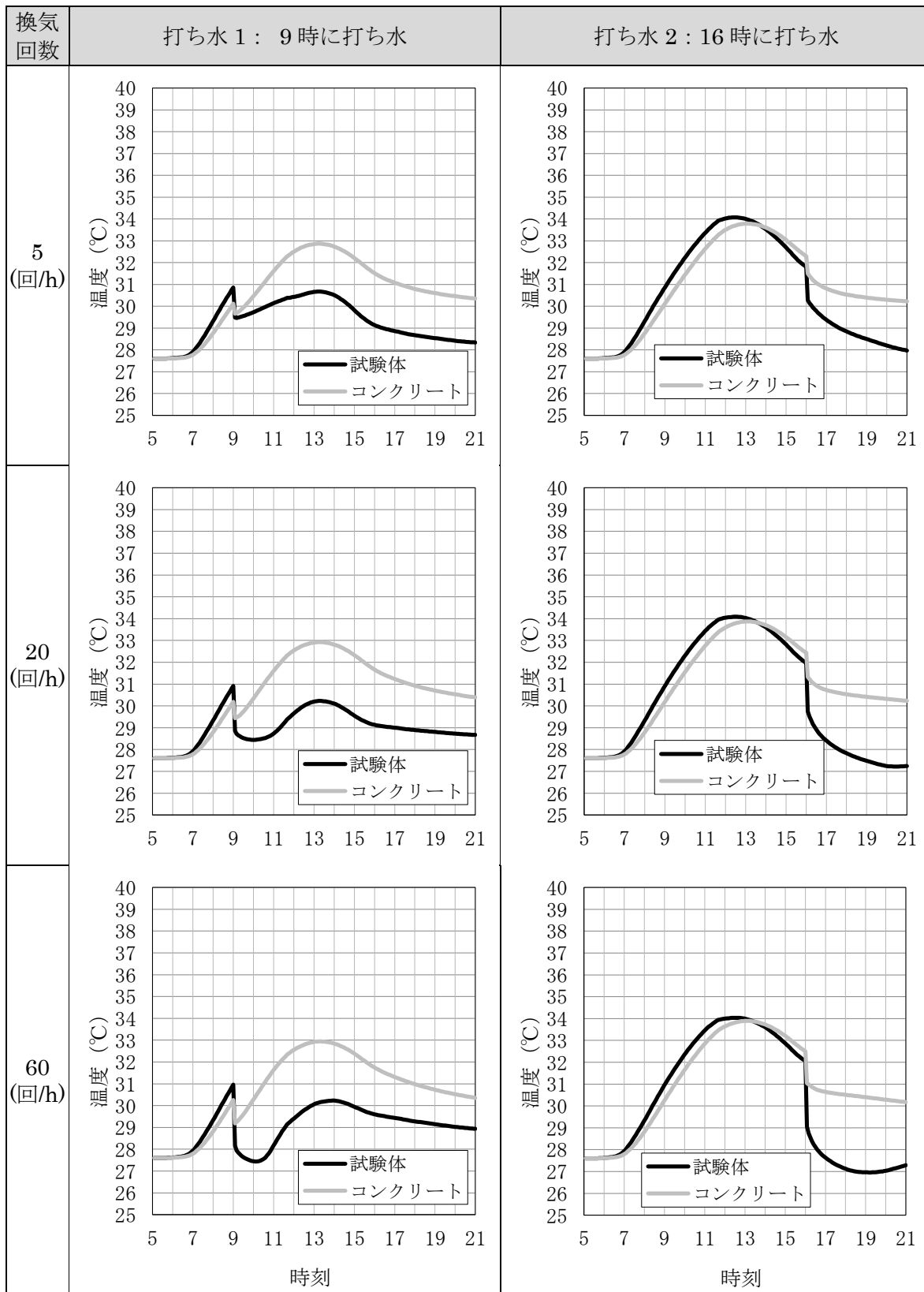
⑦ 手すり 2（透明パネル想定）、大気顕熱負荷経時変化



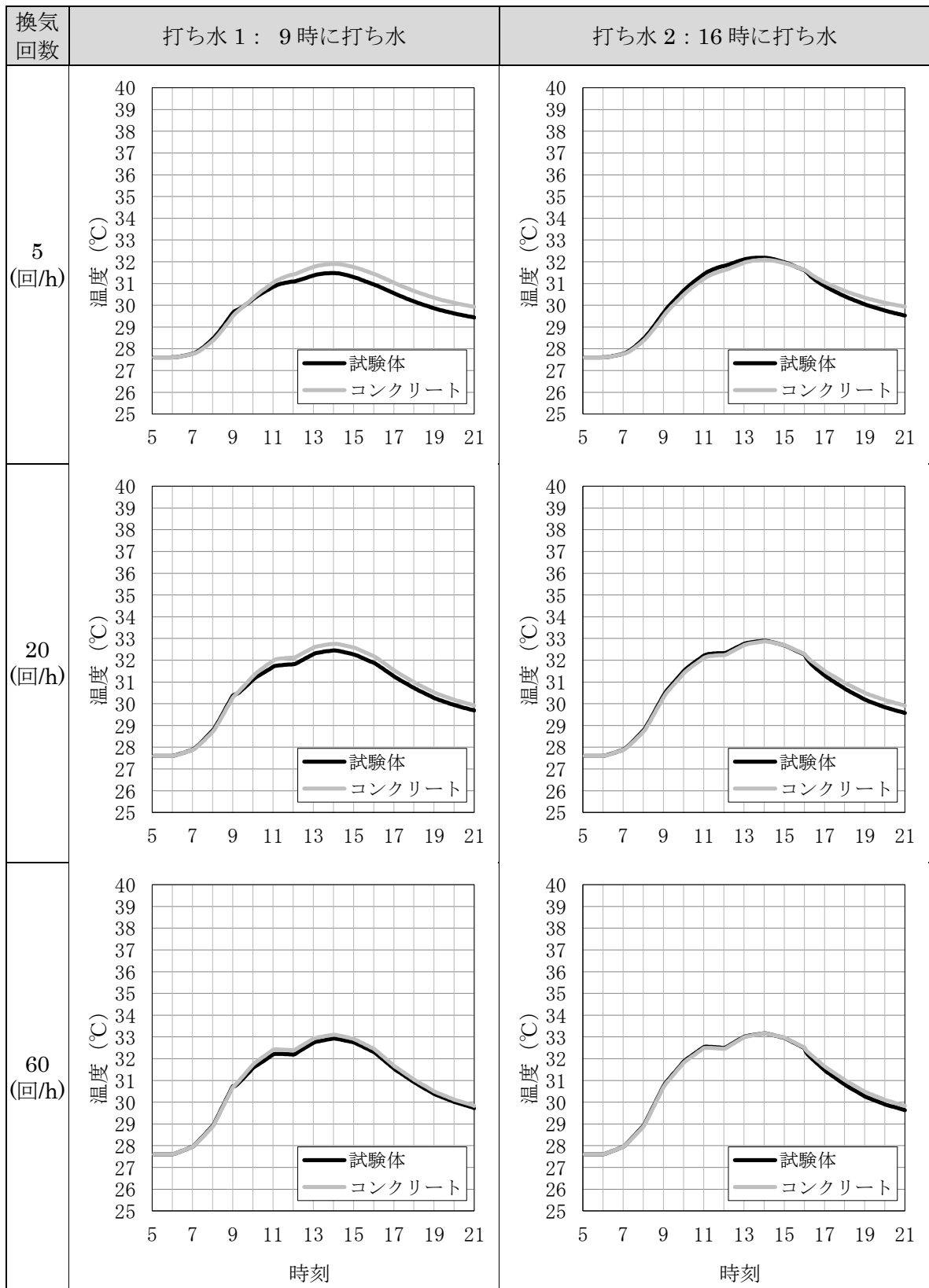
⑧ 手すり 2（透明パネル想定）、蒸発潜熱経時変化



⑨ 手すり 3（コンクリート想定）、ベランダ表面温度経時変化

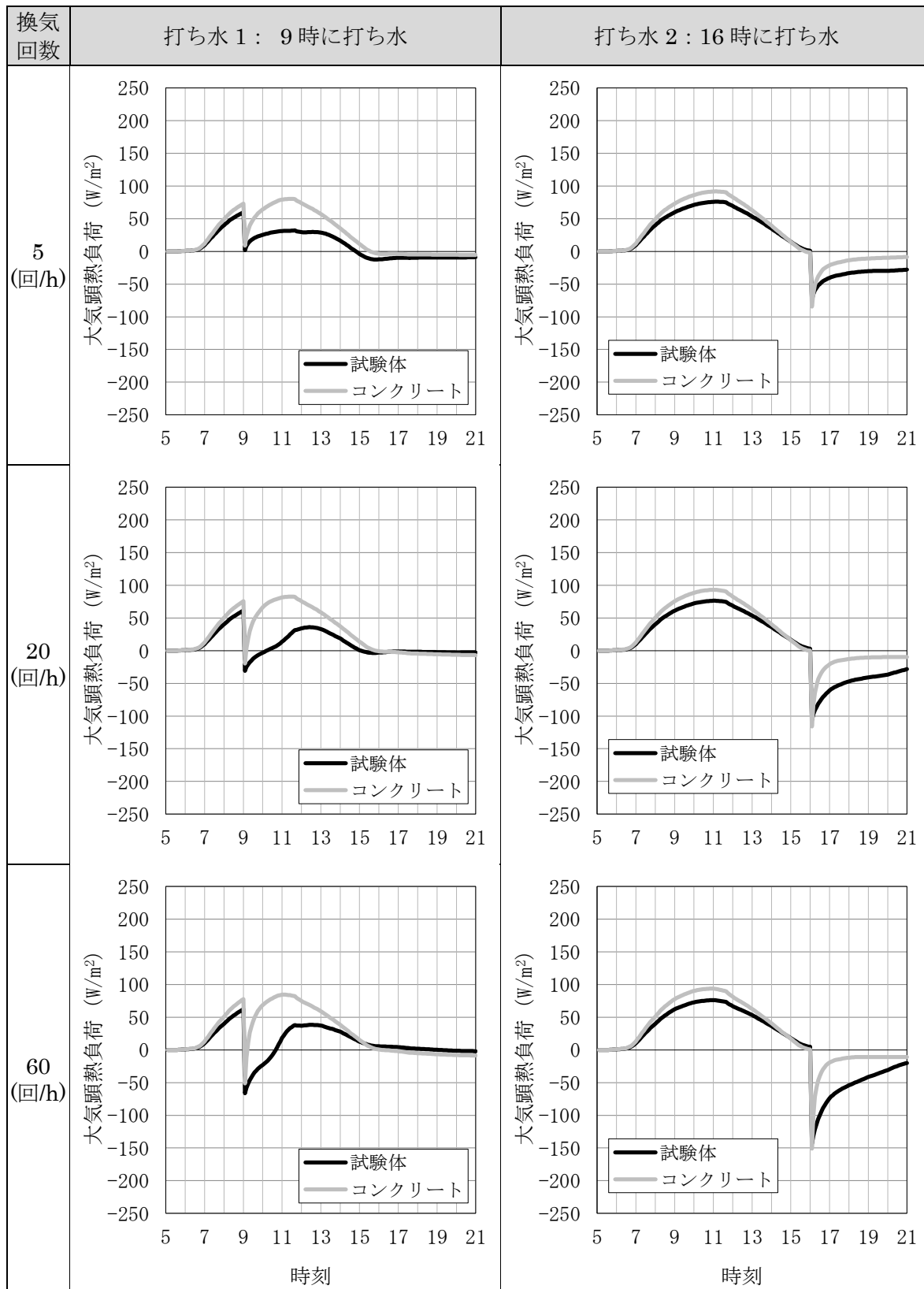


⑩ 手すり 3（コンクリート想定）、室温経時変化

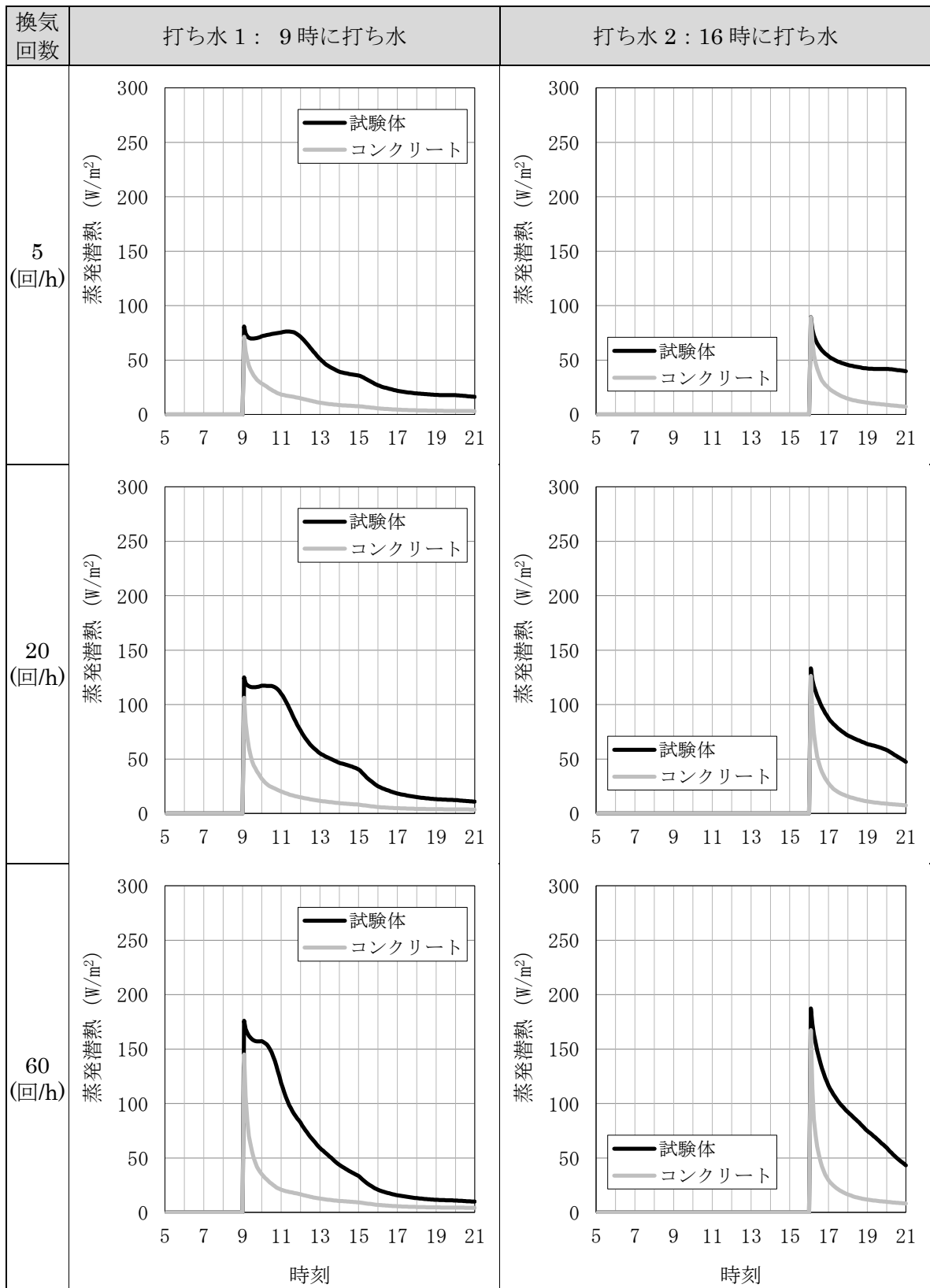




⑪ 手すり 3（コンクリート想定）、大気顕熱負荷経時変化



⑫ 手すり 3（コンクリート想定）、蒸発潜熱経時変化



### 5.3 数値計算結果に関する注意点

- ① 数値計算は、モデル的なマンションを想定し、各種前提条件のもと行ったものである。実際の導入環境とは異なる。
- ② 数値計算は、2012年8月16日の5時～24時において行った。（その他の期間の計算は実施していない）。
- ③ ベランダ用保水性建材施工によりベランダ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。

## ○ 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。

- 基本性能のデータ
- 数値計算結果のデータ

#### 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) 基本性能のデータ

- 保水性、吸水性、蒸発性

##### (2) 数値計算結果のデータ

- ベランダ表面温度低下量、室温上抑制効果、顕熱放散量低減効果、蒸発潜熱による冷却効果

### 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  
30 分吸水後の吸い上げ高さで表される。
- 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。
- 換気回数  
1 時間に室内空気の入替わる回数。
- ベランダ表面温度低下量  
実証対象技術によるベランダ表面温度の低下量。
- 室温上昇抑制効果  
実証対象技術による室温の上昇抑制効果。
- 顕熱放散量低減効果  
実証対象技術によるベランダ表面から外気への対流による顕熱移動量の低減効果。
- 蒸発潜熱による冷却効果  
ベランダに散水した水の蒸発潜熱による大気の冷却効果