

環境省

平成 26 年度環境技術実証事業

地球温暖化対策技術分野

照明用エネルギー低減技術
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
実証申請者 : 株式会社 井之商
(INOSYO Co., Ltd)
製品名・型番 : ソーラチューブ DS シリーズ・330DS
(Solatube DS Series・330DS)
実証番号 : 110-1402



本実証試験結果報告書の著作権は、環境省に属します。

本報告書は、カラー原稿のため、印刷する際などは注意が必要です。

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
3. 実証試験結果.....	1
○本編.....	4
1. 実証試験の概要と目的.....	4
2. 実証試験参加組織と実証試験参加者の責任分掌.....	6
3. 実証対象技術の概要(参考).....	8
4. 実証試験の内容.....	11
4.1 実証試験期間.....	11
4.2 器具の特性.....	11
4.3 素材の特性.....	17
5. 実証試験結果.....	19
○付録.....	34
1. 用語の定義.....	34
1.1 一般.....	34
1.2 試験.....	34
2. データの品質管理.....	35
2.1 測定操作の記録方法.....	35
2.2 精度管理に関する情報.....	35
3. データの管理、分析、表示.....	35
3.1 データ管理とその方法.....	35
3.2 データ分析と評価.....	35
4. 監査.....	35

○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。

実証番号	110-1402
実証対象技術	ソーラチューブ DS シリーズ
実証申請者	株式会社 井之商
実証試験期間	平成 26 年 12 月 1 日～平成 27 年 3 月 6 日

1. 実証対象技術の概要

採光部は、太陽の時間帯によって移動する位置や角度からの照射される光を効率良くドーム内部に採り込む曲面反射板が組み込まれていることにより、開口面積に比して多くの光量を取得できる。導光部は、高反射率の鏡面加工を施し、筒形形状にすることにより凹レンズ効果により中心部に反射光が集まり易くすることで比較的ロスが少なく伝送することを可能にしている。放光部は、拡散するカバーで覆うことにより、グレアの小さい、均一な高品質な光をもたらし、また密閉することで蒸気や埃を入れない構造となり、断熱効果や反射面のメンテナンスなどの省力化にも効果をもたらしている。(実証対象技術の概要に示す情報は、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。)



2. 実証試験の概要

照明用エネルギーの低減効果を実証するために、昼光導入装置の性能を示す「器具の特性」について実証試験を行った。試験により求めた項目及び各項目の測定方法は、表-1 のとおりである。

表-1 実証項目及び各項目の測定方法

実証項目		測定方法等
器具の特性	代表日時の入射光束	配光データより算出。
	配光曲線	Lumicept8.81 により、代表日時における昼光の配光データを算出。
	代表日時の照明消費電力低減量	計算方法及び比較対象は、本編参照。
	発光面最大輝度	計算方法は、本編参照。
	作業面照度分布	DIALux4.12 を用い、算出。

3. 実証試験結果

(1) 代表日時の入射光束 [lm]

昼光導入装置 1 台から導入される全光束 (lm) を表-2 に示す。

表-2 昼光導入装置 1 台から導入される全光束 (lm)

天候	日付	昼光導入装置 1 台から導入される全光束 (lm)		
		8 時	10 時	12 時
晴天	春分	1033	4124	6014
	夏至	2444	7250	10254
	冬至	562	1349	1755
曇天	夏至	860	—	—

(2) 配光曲線

実証対象技術（昼光導入装置）の器具本体について計算した結果（配光曲線及び作業面照度分布）の一例を表-3 に示す。

表-3 配光曲線及び作業面照度分布

時間	晴天・夏至 東京（北緯 35.41°、東経 139.46°）	
	配光曲線 (Lumicept8.81 による)	作業面照度分布 (DIALux4.12 による)
8 時	東京 夏至晴天 8 時 北緯 35.41° 東経 139.46° 全光束 2444lm (単位:cd/1000lm)	3.60 m 0.00
10 時	東京 夏至晴天 10 時 北緯 35.41° 東経 139.46° 全光束 7250lm (単位:cd/1000lm)	3.60 m 0.00
12 時	東京 夏至晴天 12 時 北緯 35.41° 東経 139.46° 全光束 10254lm (単位:cd/1000lm)	3.60 m 0.00

注 1) 時間は中央標準時である。

注 2) 配光曲線は、鉛直角 1 度間隔、水平角 2 度間隔で計算を行った結果から、水平角 90° ごとに抜粋して記載。

(3) 代表日時の照明消費電力低減量

昼光導入装置一台あたりの代表日時の照明消費電力低減量及び比較用照明器具相当台数を計算により求めた。算出結果を表-4 に示す。

表-4 代表日時の照明消費電力低減量

天候	日時	条件 1		条件 2	
		比較対象技術：直付反射笠付き照明器具、 単位モジュール箱①の場合		比較対象技術：高天井用照明器具、 単位モジュール箱②の場合	
		比較用照明器具 相当台数 (台)	昼光導入装置の 代表日時の照明 消費電力低減量 Δw (W)	比較用照明器具 相当台数 (台)	昼光導入装置の 代表日時の照明 消費電力低減量 Δw (W)
晴天	春分 8 時	0.61	21	0.02	7
	春分 10 時	2.41	82	0.08	29
	春分 12 時	3.97	135	0.14	50
	夏至 8 時	1.35	46	0.05	18
	夏至 10 時	5.43	185	0.22	79
	夏至 12 時	8.33	283	0.42	151
	冬至 8 時	0.35	12	0.01	4
	冬至 10 時	0.82	28	0.03	11
	冬至 12 時	1.02	35	0.04	14
曇天	夏至 8 時	0.60	20	0.02	7
備考		直付反射笠付き照明器具：全光束 3110lm、 入力容量 34W、使用光源 FHF32EX-N-H 単位モジュール箱①：寸法 3.6×3.6m、 高さ 2.6m 設定基準照度 750lx、直付反射笠付き照明 器具設置台数 10.63 台、照明器具の設定上 限 $\Delta w1=361W$		高天井用照明器具：全光束 34399lm、 入力容量 360W、使用光源 HID ランプ 単位モジュール箱②：寸法 10.8×10.8m、 高さ 9.7m 設定基準照度 500lx、高天井用照明器具 設置台数 3.51 台、照明器具の設定上限 $\Delta w1=1264W$	

注 1) 比較用照明器具相当台数は、比較用照明器具が 0～100%調光可能であると仮定して算出した。

注 2) $\Delta w > \Delta w1$ の場合は、 $\Delta w = \Delta w1$ とした。

注 3) 照明消費電力低減量は、実証対象技術を単位モジュールという無窓空間のもとに設置した場合に、その照明用エネルギー低減効果は比較対象技術何台分、また何ワット分に相当するかを示したものである。また、その他の前提条件のもとで計算を行った結果であり、実際の導入環境とは異なる。

(4) 発光面最大輝度

前述の (2) で得られた配光データを用いて算出した結果を表-5 に示す。

表-5 発光面最大輝度

天候	日付	発光面最大輝度 (cd/m ²)		
		8 時	10 時	12 時
晴天	春分	3001	33821	35344
	夏至	15399	78183	154171
	冬至	2283	4351	4170
曇天	夏至	2982	—	—

○本編

1. 実証試験の概要と目的

照明用エネルギーの低減効果を実証するために、昼光導入装置の性能を示す「器具の特性」について実証試験を行った。また、器具に使用されている材料の性能を示す「素材の特性」について、参考項目として実証試験を行った。試験により求めた項目及び各項目の測定方法は、表 1-1 及び表 1-2 のとおりである。

表 1-1 実証項目及び各項目の測定方法

実証項目		測定方法等
器具の特性	配光曲線	Lumicept8.81 により、代表日時における昼光の配光データを算出。
	代表日時の入射光束	配光データより算出。
	代表日時の照明消費電力低減量	計算方法及び比較対象は、4.2 参照。
	発光面最大輝度	計算方法は、4.2 参照。
	作業面照度分布	DIALux4.12 を用い、算出。

表 1-2 参考項目及び各項目の測定方法

参考項目		測定方法等
素材の特性	可視光透過率* ¹	JIS R 3106
	日射透過率* ¹	JIS R 3106
	日射反射率* ¹	JIS R 3106
	放射率（長波放射率）* ¹	JIS R 3106 及び JIS R 3107

*1：拡散板は、凹凸のある試験体のため、参考として測定した。

「器具の特性」は、昼光導入装置を屋根に取付けた状態の総合的な性能を試験するものである。本実証試験では、昼光導入装置の代表日時の配光データを、装置各素材の分光データの測定結果に基づき、数値計算により算出した。また、その算出結果を用い、各代表日時において昼光導入装置一台から導入される全光束を算出した。また、配光データを用い、発光面最大輝度及び作業面照度分布を算出した。

さらに、これらの結果から、実証対象技術を用いた場合の代表日時の照明消費電力低減量を、従来の照明器具を比較対象として算出した。それにより、照明用エネルギーの低減効果を実証した。

「素材の特性」は、器具に使用されている材料の性能を試験するものである。本実証試験では、「可視光透過率」、「日射透過率」、「日射反射率」及び「放射率（長波放射率）」の測定を参考として行った。

本実証試験は、平成 26 年 9 月 4 日に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、環境保全効果等を客観的に実証したものである。

*1： 環境省総合環境政策局．環境技術実証事業地球温暖化対策技術分野（照明用エネルギー低減技術）実証試験要領．平成 26 年 9 月 4 日、50p、
http://www.env.go.jp/policy/etv/pdf/03/14_2.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。

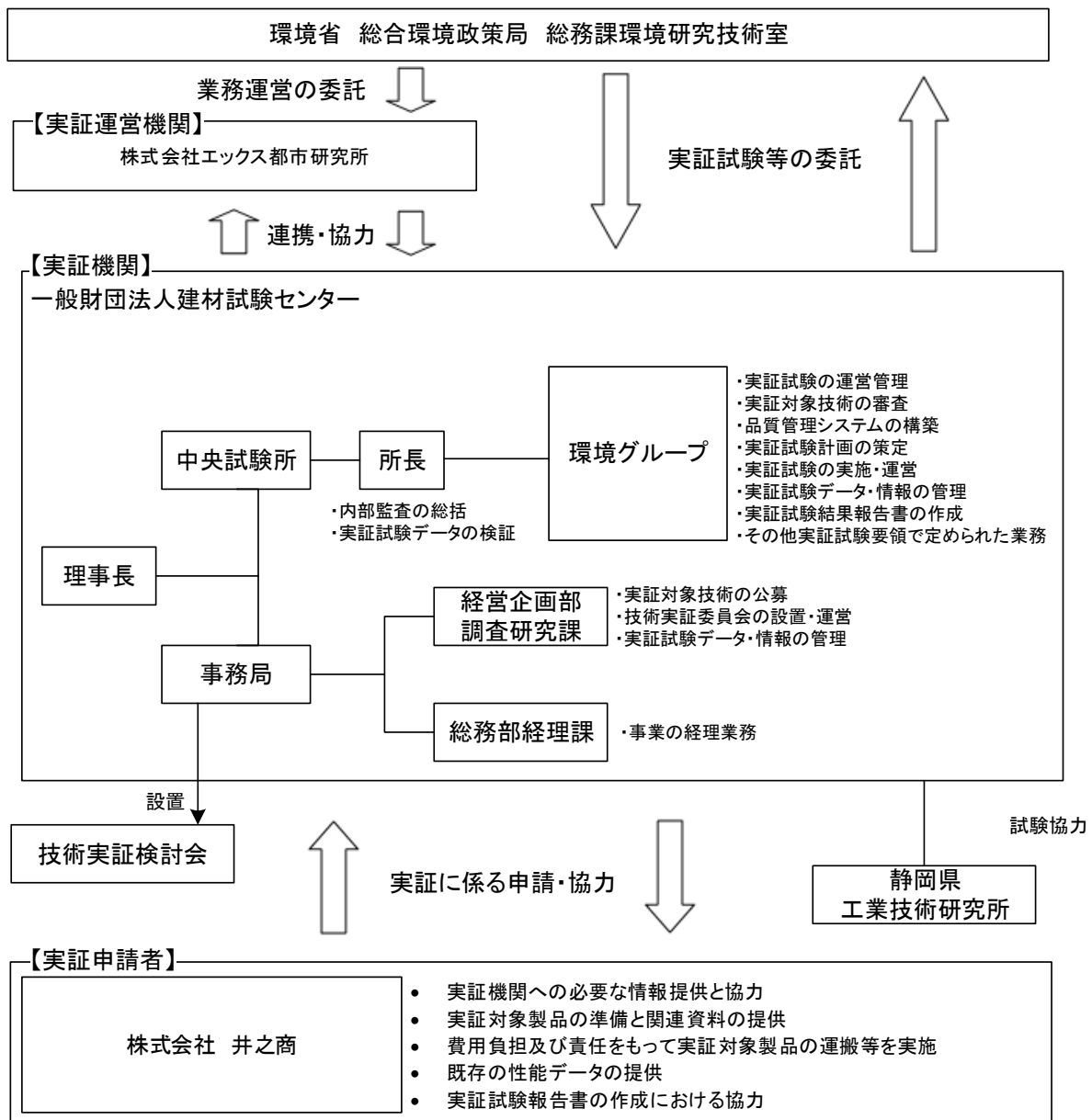


図 2-1 実証試験参加組織

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
		実証対象技術の公募・審査	
		技術実証検討会の設置・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 ・藤本 哲夫 調査研究課 ・鈴木 澄江 ・野田 孝彰
		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	中央試験所長 黒木 勝一
		実証試験データの検証	
実証 申請者	株式会社井之商	実証機関への必要な情報提供と協力	代表取締役 井上 昇
		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(参考)

実証対象技術の概要は、表 3-1 及び表 3-2 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。

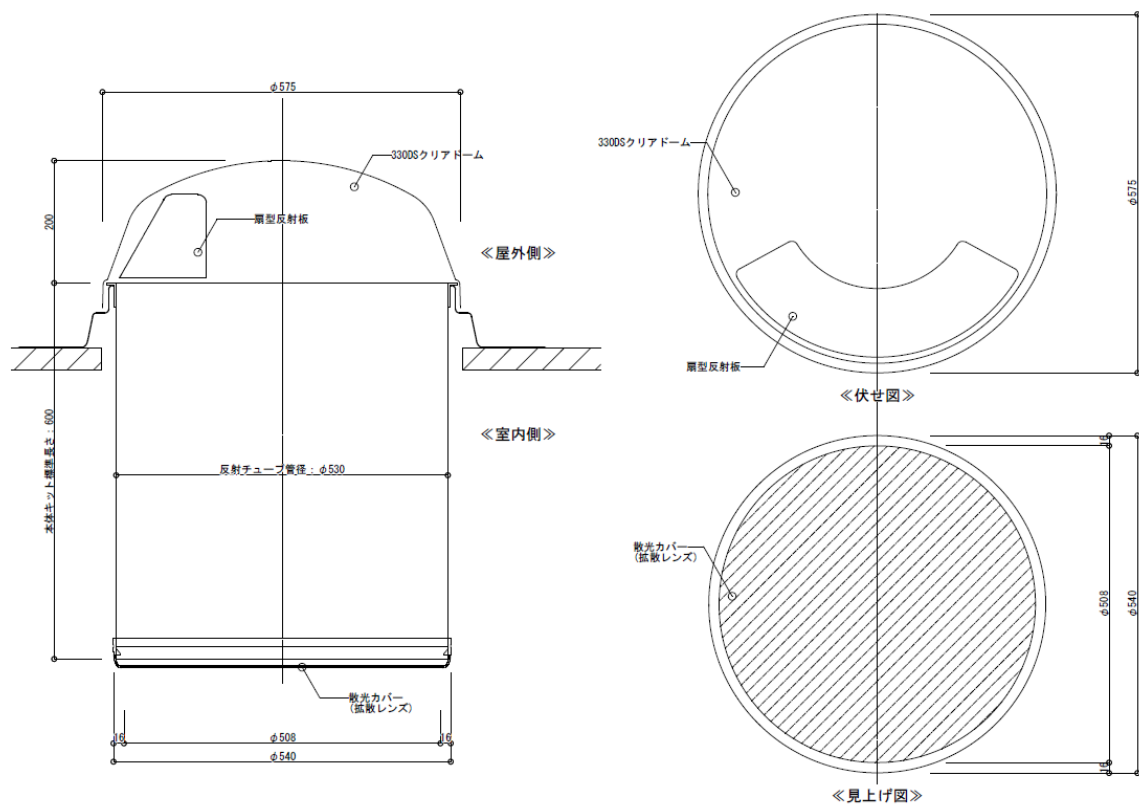
表 3-1 実証対象技術の概要(参考情報)

項目		実証申請者 記入欄	
実証申請者		株式会社 井之商	
技術開発企業名		ソーラチューブインターナショナル	
実証対象製品・名称		ソーラチューブ DS シリーズ	
実証対象製品・型番		330DS	
連絡先	TEL	077-537-3976	
	FAX	077-533-2170	
	Web アドレス	http://www.skylighttube.co.jp	
	E-mail	info@skylighttube.co.jp	
技術の原理		採光部は、太陽の時間帯によって移動する位置や角度からの照射される光を効率良くドーム内部に採り込む曲面反射板が組み込まれていることにより、開口面積に比して多くの光量を取得できる。 導光部は、高反射率の鏡面加工を施し、筒形状にすることにより凹レンズ効果により中心部に反射光が集まり易くすることで比較的ロスが少なく伝送することを可能にしている。 放光部は、拡散するカバーで覆うことにより、グレアが小さい高品質な光をもたらし、また密閉することで蒸気や埃を入れにくい構造となり、断熱効果や反射面のメンテナンスなどの省力化にも効果をもたらしている。 つまり、天窓より小さな開口ながら、多くの太陽光を採り入れ、離れたところまで反射を利用して伝送し、放光部は密閉度の高い拡散レンズによって、グレアが小さい自然光が得られることにより、照明計画の自由度も高く、使用用途によっては十分電気照明の代替として無電力で明るさを得ることができる。特に照明の使用時間帯が日中に多く集中し、夜間は安全や警備などに最低限必要な照度で良い建物においては、電気照明器具の替わりとなり照明器具の台数を減らせるとともに照明に関わる電力の省力化に大きな期待が図れる。	
形状・サイズの概要		330DS オープンタイプ：ドーム～拡散レンズまでの基本寸法 H:800mm φ530mm 必要寸法によって反射チューブを継ぎ足すことでH寸法の変動は可能。	
設置条件	対応する室内環境	窓などから十分な採光が得られない空間。	
	施工上の留意点	防水性の確保と柔軟性を持たせた固定方法。	
	その他設置場所等の制約条件	反射伝送管の通せる場所は、構造上問題のない場所とすること。	
メンテナンスの必要性 耐候性・製品寿命など		日常的なメンテナンスは不要。 製品寿命の実績は 10 年以上。ドームの交換も可能。	

項目	実証申請者 記入欄
環境への影響に関する特記事項	主な使用材質は、金属とプラスチック樹脂及び網入りガラスで構成され、分別処理が容易である。
その他の特記事項	今後の指針となる「省エネルギーと快適性を両立させるこれからの照明計画」においては、省電力型照明器具(LED)と昼光利用の組み合わせが欠かせないと考える。 しかし、現時点では、その昼光の照度を担保できる実証が成されていないため、建築・照明設計者は、日中の用途が多い施設建物においても、自然光を無視した電力照明器具だけで用途に見合った照度の確保をもとに照明計画をしなければならず、結果、実際の使用時には電灯の間引きなどで省電力を図るしかなく、効率の良い省エネルギー化はされず、また不安定かつ十分な照度を得られないケースが多く存在する。 したがって、昼光(自然光)も十分な照度確保の手法として建築・照明設計者が実証によって安心して設計基準照度の確保が担保されるようになることが必須であると考え。それらの道筋として、昼光導入装置の照明としての照度確保の実証が成されることを期待するものである。

表 3-2 実証対象技術の導入コスト(概算)

項目	記入欄			
製品	費目	単価	数量	計
	330DS オープンプリズマ基本キット+ルーフベース (FL-MR)	¥138,000	1	¥138,000
	付帯部材：開口ボックス (断熱材)	¥25,000	1	¥25,000
	付帯部材：網入り硝子	¥32,000	1	¥32,000
	合計			¥195,000
施工費	費目	単価	数量	計
	330DS 標準取付け工事費	¥106,000	1	¥106,000
	合計			¥106,000
設置費	費目	単価	数量	計
	設置場所、建物仕様による			
	例) 折板屋根のカバールーフ	¥21,000	2m	¥42,000
	合計			¥42,000
その他	費目	単価	数量	計
	設置場所、建物仕様による			
	合計			



注 メーカーから提示された製品図面を参考として示した。本事業では、4.2 に示す計算モデルにて、実証した。

図 3-1 330DS 製品図面

4. 実証試験の内容

4.1 実証試験期間

実証試験は、表 4-1 の期間に実施した。

表 4-1 実証試験期間

項目	期間
(1) 試験体搬入	平成 26 年 11 月 28 日
(2) 試験及び計算	平成 26 年 12 月 1 日～平成 27 年 3 月 6 日

4.2 器具の特性

(1) 配光曲線【実証項目】

配光曲線の要素である昼光導入装置から導入された昼光の配光データは、装置各素材の分光透過率・反射率データ及び CAD 図面を用い、計算ソフト Lumicept*¹ により算出した。昼光導入装置の配光データ算出のための計算条件を表 4-2 に示す。また、昼光のグローバル照度、全天空照度、直射日光照度、太陽高度及び太陽方位角の設定値を表 4-3 に示す。

なお、計算は鉛直角 1 度間隔、水平角 2 度間隔で行った。また、計算精度は 1% とした。

また、計算に使用した昼光導入装置の概要を表 4-4 に、昼光導入装置の設置位置（水平角・鉛直角）の概略を図 4-1 に、計算モデルを図 4-2～図 4-4 に示す。

昼光導入装置各素材の入射角別分光データ測定用試験体及び測定条件の概要を、表 4-5 に示す。

表 4-2 昼光導入装置の配光データ算出のための計算条件*²

設定条件		内容
計算に使用するソフト		Lumicept8.81* ¹
測定項目		昼光導入装置各素材の入射角別分光データ（拡散透過、正透過、拡散反射、正反射）（表 4-5 参照）
計算条件	場所	東京（北緯 35.41°、東経 139.46°）
	天候及び日時* ³	晴天時：春分(3/21)（8 時、10 時、12 時） 夏至(6/21)（8 時、10 時、12 時） 冬至(12/21)（8 時、10 時、12 時） 曇天時：夏至(6/21)（8 時）（計 10 条件）

*1：株式会社インテグラ製

*2：本方法は、静岡県と株式会社スカイプランニングが有する特許技術を利用している。

*3：日時は、中央標準時とする。

表 4-3 昼光のグローバル照度、全天空照度、直射日光照度、太陽高度及び太陽方位角の設定値

天候	日時	グローバル照度 (lx)	全天空照度 (lx)	直射日光照度 (水平面) (lx)	太陽高度 (°)	太陽方位角 (°)
晴天	春分 8 時	46586	11035	35551	25.85	110.95
	春分 10 時	84084	13937	70147	45.92	138.94
	春分 12 時	95992	14821	81171	53.82	184.76
	夏至 8 時	72830	13326	59504	40.78	88.44
	夏至 10 時	105221	15538	89683	64.71	111.94
	夏至 12 時	114391	16106	98285	77.17	198.52
	冬至 8 時	17093	7675	9418	11.35	130.05
	冬至 10 時	48576	11130	37446	26.37	154.47
	冬至 12 時	57491	11873	45618	30.69	185.46
曇天	夏至 8 時	14015	14015	0	40.78	88.44

（用語の補足説明）

グローバル照度：全天空照度と直射日光照度の和。全昼光照度ともいう。

今回の試験では、昼光導入装置が設置される場所の水平面照度である。

全 天 空 照 度：天空光によって、地表（水平面）に生じる照度。

直 射 日 光 照 度：直射日光によって、地表面（水平面）に生じる照度。

表 4-4 計算に使用した昼光導入装置の概要

項目	内容
寸法	直径 530 mm、高さ 778mm
構成	ドーム：直径 530mm、高さ 178mm 扇型反射板（ドーム部分）：下円周部長さ 570mm、上円周部長さ 300mm、高さ 142mm、 反射板：直径 530mm、高さ 600mm 拡散板：直径 530mm
備考	扇形反射板が北向きになる方向に試験体を設置した。

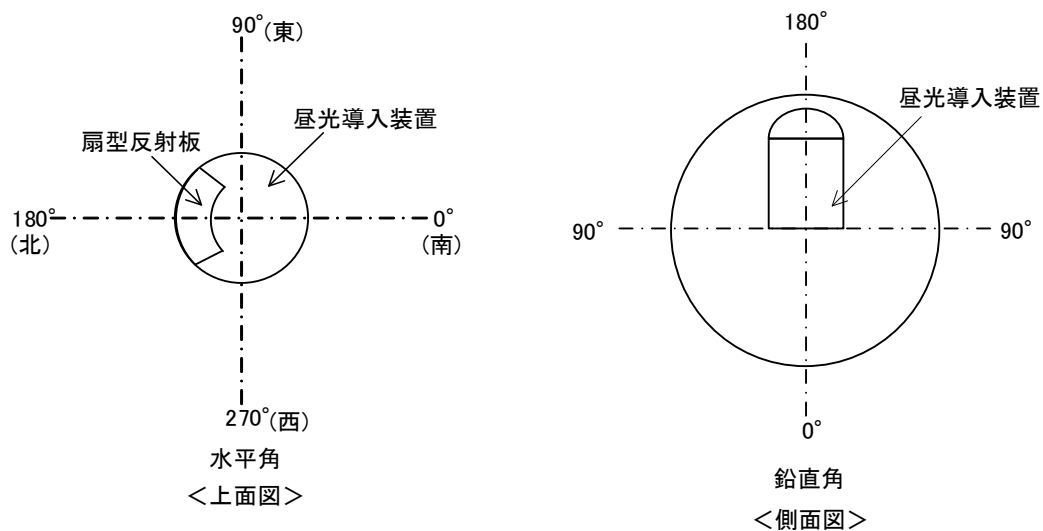


図 4-1 昼光導入装置の設置位置（水平角・鉛直角）の概略

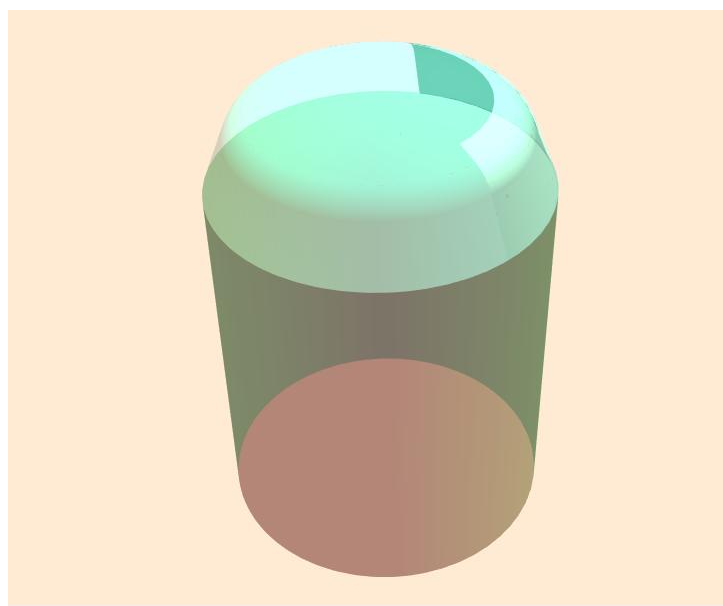
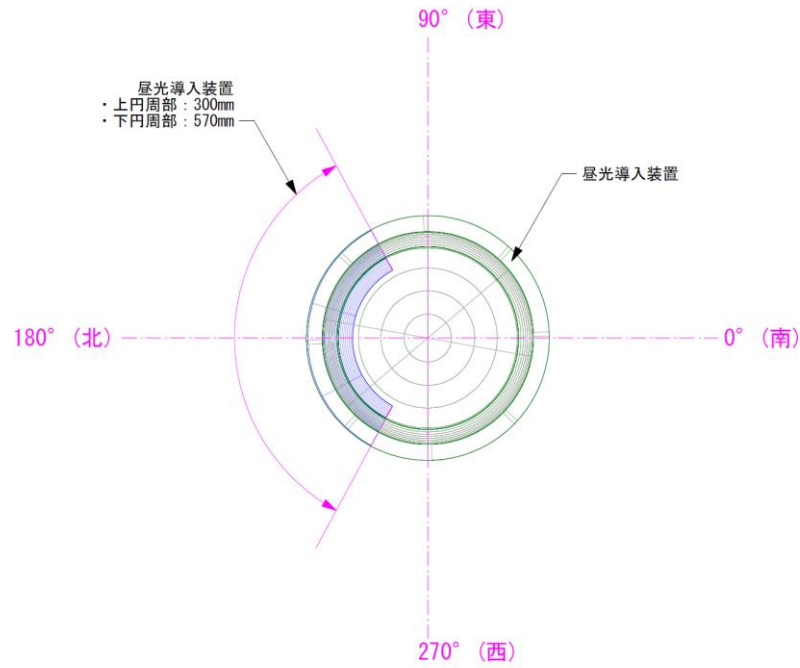


図 4-2 計算モデル（CAD データより）



上面図

図 4-3 計算モデル(CAD データ上面図)

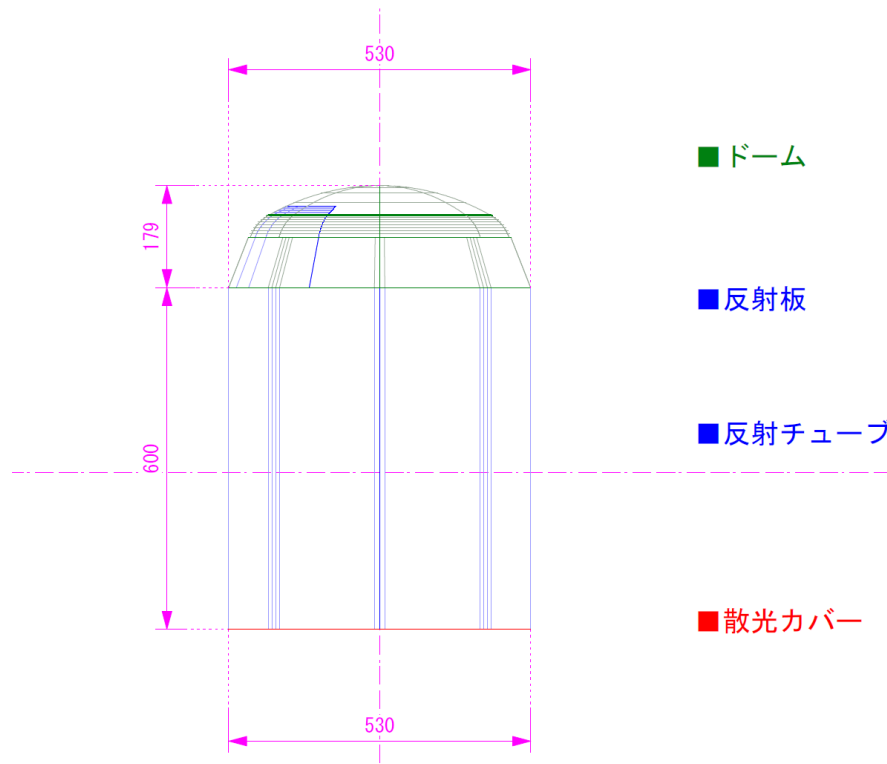


図 4-4 計算モデル(CAD データ寸法入り)

表 4-5 昼光導入装置各素材の入射角別分光データ測定用試験体の概要

項目	内容
寸法	ドーム：150mm×150mm、呼び厚さ 4mm 扇型反射板及び反射板：150mm×150mm、厚さ 0.5mm 拡散板：150mm×150mm、最大厚さ 2.5mm
材質	ドーム：アクリル 扇型反射板及び反射板：アルミニウム 反射板：アルミニウム 拡散板：アクリル
測定機器	機器名称：変角分光測色システム 仕様：製造； 株式会社村上色彩技術研究所 型式；GCMS-4
測定条件	拡散透過 554 条件、正透過 17 条件、拡散反射 552 条件、正反射 14 条件
備考	扇型反射板と反射板は材質が同じであるため、同じ試験体とした。

注 1) 材質は依頼者提出資料による。

(2) 代表日時の入射光束【実証項目】

配光データより、昼光導入装置 1 台から導入される全光束 (lm) を算出した。

(3) 代表日時の照明消費電力低減量【実証項目】

昼光導入装置の代表日時の照明消費電力低減量の算出過程を以下に示す。

まず、表 4-6 に示す条件の比較用照明器具、単位モジュール箱等を設定した場合に、比較用照明器具と比べて、昼光導入装置によって低減可能な比較用照明器具相当台数を、以下の式 (1) により算出した。照明消費電力低減量の計算条件を表 4-6 に示す。

次に、昼光導入装置の代表日時の照明消費電力低減量 Δw を以下の式 (2) により算出した。ただし、 Δw が、比較用照明器具の設定上限 Δw_1 を超えた場合は、 $\Delta w = \Delta w_1$ とした。

なお、作業面平均照度 E_d は、後述 (5) の作業面照度分布の計算で得られた結果を用いた。

$$N = \frac{E_d \times A}{F_0 \times M \times U_0} \dots (1)$$

$$\Delta w = N \times w_0 \dots (2)$$

ここに、 Δw ：昼光導入装置の代表日時の照明消費電力低減量[W]

N ：比較用照明器具相当台数

U_0 ：比較用照明器具の照明率[台]

F_0 : 比較用照明器具の全光束[lm]
 w_0 : 比較用照明器具の入力容量[W]
 E_d : 昼光導入装置一台あたりの作業面平均照度[lx]
 A : 作業面の面積[m²]
 M : 保守率[-](=0.7)
※ $\Delta w > \Delta w_1$ の時は、 $\Delta w = \Delta w_1$ とする。

表 4-6 照明消費電力低減率の計算条件

条件	単位モジュール	比較用照明器具	その他条件
条件 1	箱①(オフィス相当) 寸法 3600mm×3600 mm、 高さ 2600 mm 室内面の反射率： 天井；0.9(－)、壁；0.6(－)、 床；0.2(－)	直付反射笠付き照明器具 全光束 3110lm 入力容量 34W 使用光源 FHF32EX-N-H	設定基準照度 750lx 比較用照明器具台数 10.63 台 比較用照明器具の設定上限 $\Delta w_1 = 361W$
条件 2	箱②(工場相当) 寸法 10800mm×10800 mm、高 さ 9700 mm 室内面の反射率： 天井；0.9(－)、壁；0.6(－)、 床；0.2(－)	高天井用照明器具 全光束 34399lm 入力容量 360W 使用光源 HID ランプ	設定基準照度 500lx 比較用照明器具台数 3.51 台 比較用照明器具の設定上限 $\Delta w_1 = 1264W$

(4) 発光面最大輝度【実証項目】

発光面最大輝度は、前述の 4.2 の(1)の計算で得られた配光データ及び最大光度を用い、以下の式(3) により算出した。

なお、拡散板の採光有効面積は、有効直径を 508mm とし、最大光度を発散する点を含むビームの断面の面積 $A=0.203 \text{ m}^2$ で計算を行った。

$$L = \frac{I}{A \cos \theta} \dots \dots \dots (3)$$

ここに、 L : 発光面最大輝度[cd/m²]

I : 最大光度[cd]

A : 最大光度を発散する点を含むビームの断面の面積[m²]

θ : その断面の法線とビームとのなす角(下半球鉛直角)

(5) 作業面照度分布【実証項目】

作業面照度分布は、前述の 4.2 の(1)で得られた配光データを用い、DIALux を用いて昼光導入装置を表 4-7 に示す単位モジュールに設置した場合について計算した。

表 4-7 昼光導入装置の作業面照度分布の計算条件

設定条件	内容
単位モジュールの概要	・箱①(オフィス相当)：寸法 3600mm×3600 mm、高さ 2600 mm ・箱②(工場相当)：寸法 10800mm×10800 mm、高さ 9700 mm ・室内面の反射率：天井；0.9(－)、壁；0.6(－)、床；0.2(－)
計算条件	・昼光導入装置の設置：天井中央部に 1 個 ・作業面：床面からの高さ 800 mm ・保守率：0.7
計算に使用するソフト	DIALux4.12

4.3 素材の特性

(1) 可視光透過率【参考項目】

可視光透過率は、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)に準じて試験を行った。波長範囲は、380nm～780nm とした。

なお、試験体寸法は 50mm×50mm とした。また、試験体数量は、ドーム部試験体及び反射板は 1 体とし、拡散板は試験体に凹凸があるため 3 体とした。

(2) 日射透過率、日射反射率、放射率【参考項目】

日射透過率及び日射反射率は、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)に準じて試験を行った。波長範囲は、300nm～2500nm とした。

放射率は、JIS R 3106 の 4.4 常温熱放射の波長域における測定に準じて行った。常温熱放射の波長域における分光反射率の測定は 5.5～25.2μm まで行い、垂直放射率の計算において、波長範囲 25.2μm～50.0μm の分光反射率には、波長 25.2μm の値を用いた。

垂直放射率の算出結果をもとに、JIS R 3107(板ガラス類の熱抵抗及び建築における熱貫流率の算定方法) 付表 1 を用いて修正放射率(長波放射率)を算出した。

可視光透過率、日射透過率、日射反射率、垂直放射率を測定した機器を表 4-8 に示す。

表 4-8 可視光透過率、日射透過率、日射反射率、垂直放射率の測定機器

項目	機器名称	仕様
可視光透過率	自記分光光度計	製 造：株式会社島津製作所
日射透過率		型 式：UV-3150
日射反射率		ISR-3100 (積分球)
垂直放射率	フーリエ変換 赤外分光光度計	製 造：株式会社島津製作所 型 式：FTIR-8700 SRM-8000 (正反射測定装置)

5. 実証試験結果

(1) 代表日時の入射光束

昼光導入装置 1 台から導入される全光束 (lm) を表 5-1 に示す。

表 5-1 昼光導入装置 1 台から導入される全光束 (lm)

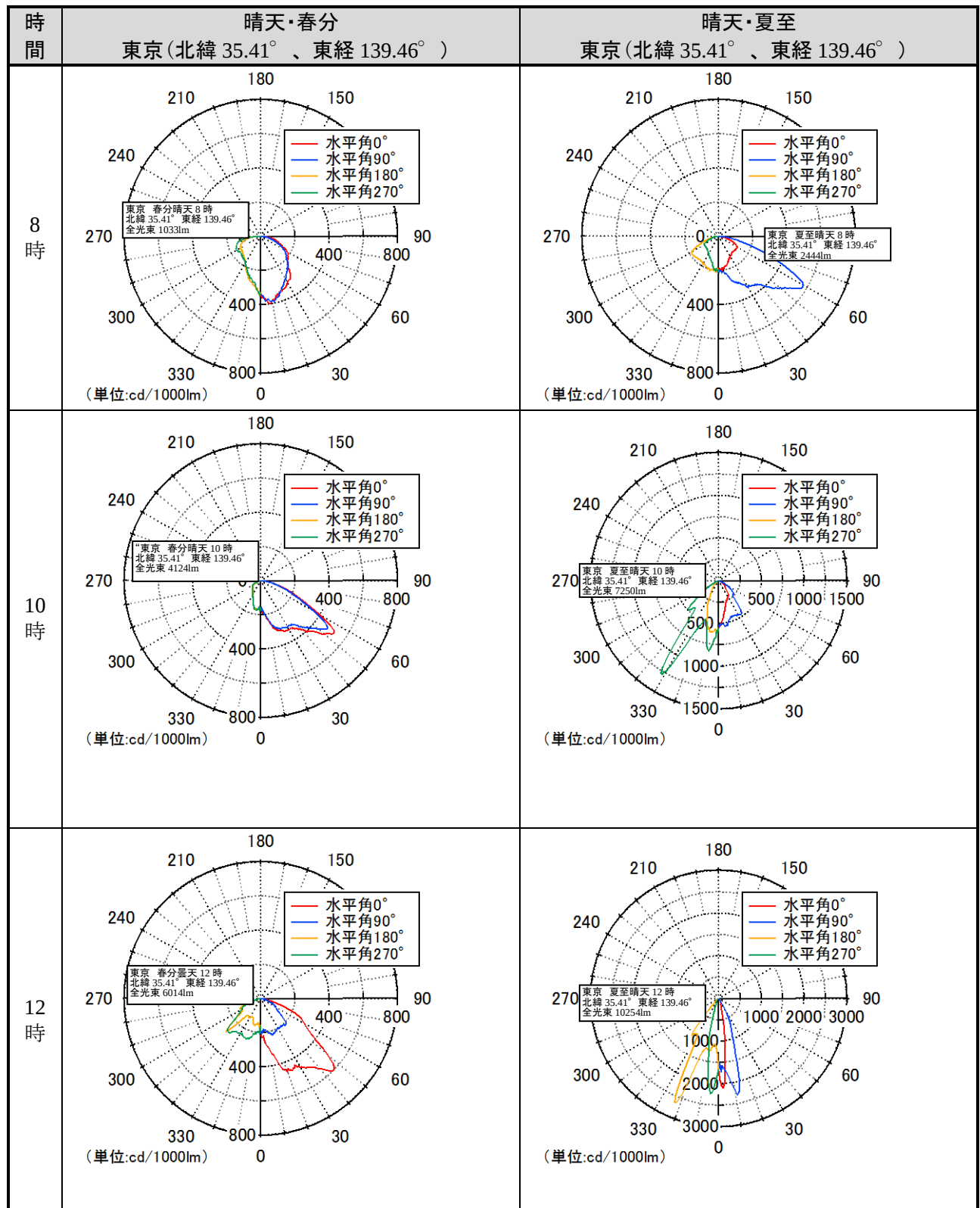
天候	日付	昼光導入装置 1 台から導入される全光束 (lm)		
		8 時	10 時	12 時
晴天	春分	1033	4124	6014
	夏至	2444	7250	10254
	冬至	562	1349	1755
曇天	夏至	860	—	—

(2) 配光曲線

実証対象技術(昼光導入装置)の器具本体について計算を行った配光曲線の結果を表 5-2 及び表 5-3 に示す。また、配光データを表 5-4～表 5-7 に示す。

なお、計算結果は表 5-1 の代表日時の入射光束を用い、単位を cd/1000lm に換算して示した。

表 5-2 晴天・春分及び晴天・夏至の配光曲線



注 1) 時間は中央標準時である。

注 2) 鉛直角 1 度間隔、水平角 2 度間隔で計算を行った結果から、水平角 90°ごとの結果を抜粋して記載した。

表 5-3 晴天・冬至及び曇天・夏至の配光曲線

時間	晴天・冬至 東京(北緯 35.41°、東経 139.46°)	曇天・夏至 東京(北緯 35.41°、東経 139.46°)
8 時	東京 冬至晴天 8 時 北緯 35.41° 東経 139.46° 全光束 562lm (単位:cd/1000lm)	東京 夏至曇天 8 時 北緯 35.41° 東経 139.46° 全光束 860lm (単位:cd/1000lm)
10 時	東京 冬至晴天 10 時 北緯 35.41° 東経 139.46° 全光束 1349lm (単位:cd/1000lm)	90°(東) 180°(北) 0°(南) 270°(西) 扇型反射板 屋光導入装置 水平角 <上面図>
12 時	東京 冬至晴天 12 時 北緯 35.41° 東経 139.46° 全光束 1755lm (単位:cd/1000lm)	180° 90° 0° 屋光導入装置 鉛直角 <側面図>

注 1) 時間は中央標準時である。

注 2) 鉛直角 1 度間隔、水平角 2 度間隔で計算を行った結果から、水平角 90°ごとの結果を抜粋して記載した

表 5-4 配光データ(晴天・春分) (単位: cd/1000lm)

設定条件		晴天・春分(東京)											
時間		8 時				10 時				12 時			
水平角(度)		0	90	180	270	0	90	180	270	0	90	180	270
下半球 鉛直角 θ (度)	0	336	336	336	336	162	162	162	162	194	194	194	194
	10	385	386	282	273	230	226	171	173	305	200	153	214
	20	343	341	230	227	312	300	129	132	457	215	137	254
	30	316	287	180	180	334	314	89	94	468	202	132	236
	40	263	241	156	163	376	354	72	76	540	205	143	251
	50	208	197	141	153	489	443	58	63	511	164	207	217
	60	173	155	137	163	396	358	49	54	296	101	129	133
	70	114	88	118	148	172	162	24	27	144	47	74	64
	80	63	37	81	112	45	41	8	9	21	9	10	10
	90	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

注 1) 鉛直角 1 度間隔で計算した結果のうち、10 度ごとの値を抜粋して記載した。

表 5-5 配光データ(晴天・夏至) (単位: cd/1000lm)

設定条件		晴天・夏至(東京)											
時間		8 時				10 時				12 時			
水平角(度)		0	90	180	270	0	90	180	270	0	90	180	270
下半球 鉛直角 θ (度)	0	195	195	195	195	552	552	552	552	1678	1678	1678	1678
	10	193	220	200	186	375	528	602	786	769	2171	1245	1372
	20	157	290	196	140	261	456	396	498	146	946	2081	249
	30	133	345	184	119	220	458	194	1207	74	249	1008	80
	40	127	373	174	103	135	314	97	435	50	37	514	48
	50	128	470	185	98	98	226	63	366	22	21	47	21
	60	126	569	178	98	50	119	33	95	14	13	15	13
	70	76	294	93	59	12	20	10	16	6	6	5	6
	80	23	79	27	18	3	4	3	3	2	2	2	2
	90	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

注 1) 鉛直角 1 度間隔で計算した結果のうち、10 度ごとの値を抜粋して記載した。

表 5-6 配光データ(晴天・冬至) (単位: cd/1000lm)

設定条件		晴天・夏至(東京)											
時間		8 時				10 時				12 時			
水平角(度)		0	90	180	270	0	90	180	270	0	90	180	270
下半球 鉛直角 θ (度)	0	365	365	365	365	382	382	382	382	410	410	410	410
	10	380	406	331	320	478	415	245	293	424	369	232	370
	20	360	411	270	247	455	344	194	228	425	275	170	290
	30	301	363	215	186	455	298	154	166	364	213	145	236
	40	252	343	192	154	313	238	137	135	283	162	138	184
	50	196	307	177	146	246	193	131	132	204	153	133	169
	60	151	242	125	105	164	158	143	136	176	161	150	161
	70	75	120	72	62	86	97	130	118	122	139	137	137
	80	24	34	26	22	35	53	95	86	45	73	77	72
	90	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0

注 1) 鉛直角 1 度間隔で計算した結果のうち、10 度ごとの値を抜粋して記載した。

表 5-7 配光データ(曇天・夏至) (単位：cd/1000lm)

設定条件		曇天・夏至(東京)			
時間		8 時			
水平角(度)		0	90	180	270
下半球 鉛直角 θ (度)	0	663	663	663	663
	10	583	609	637	611
	20	415	481	519	479
	30	267	330	356	329
	40	203	241	249	237
	50	153	169	167	167
	60	117	117	117	118
	70	59	56	50	55
	80	17	15	14	16
	90	0	0	0	0

注 1) 鉛直角 1 度間隔で計算した結果のうち、10 度ごとの値を抜粋して記載した。

(3) 代表日時[※]の照明消費電力低減量

(3) -1 代表日時の照明消費電力低減量

昼光導入装置一台あたりの代表日時の照明消費電力低減量を、計算により求めた。算出結果を表 5-8 及び表 5-9 に示す。

表 5-8 照明消費電力低減量〔条件 1(直付反射笠付き照明器具、単位モジュール箱①)の場合〕

天候	日時	昼光導入装置一台あたり			
		作業面 平均照度 ^{注1)}	(参考) 均斉度 ^{注2)}	比較用照明器具 相当台数 ^{注3)}	昼光導入装置の 代表日時の照明 消費電力低減量 ^{注4)}
		E_d (lx)	(－)	N (台)	Δw (W)
晴天	春分 8 時	43	0.5	0.61	21
	春分 10 時	170	0.3	2.41	82
	春分 12 時	280	0.2	3.97	135
	夏至 8 時	95	0.4	1.35	46
	夏至 10 時	383	0.1	5.43	185
	夏至 12 時	588	0.1	8.33	283
	冬至 8 時	25	0.4	0.35	12
	冬至 10 時	58	0.4	0.82	28
	冬至 12 時	72	0.5	1.02	35
曇天	夏至 8 時	42	0.4	0.60	20

(条件 1 の詳細)

比較用照明器具：直付反射笠付照明器具；全光束 3110lm、入力容量 34W、照明率 0.42(－)

単位モジュール箱①：寸法 3600mm×3600mm、高さ 2600mm、作業面の面積 $A=12.96m^2$

反射率；天井 0.9(－)、壁 0.6(－)、床 0.2(－)

作業面：床面からの高さ 800mm

その他：設定基準照度 750lx、比較用照明器具台数 10.63 台、比較用照明器具の設定上限 $\Delta w_1=361W$

注 1) 作業面平均照度は、後述(5) 作業面平均照度の計算で得られた結果を用いた。

注2) 均斉度は、作業面の平均照度に対する最小照度の比を示した。

注3) 比較用照明器具相当台数は、比較用照明器具が0～100%調光可能であると仮定して算出した。

注4) 昼光導入装置の代表日時の照明消費電力低減量が、比較用照明器具の設定上限である 361W を超えた場合は、361W とした。

注5) 単位モジュール箱は、無窓空間を想定している。

表 5-9 照明消費電力低減量〔条件 2(高天井照明器具、単位モジュール箱②)の場合〕

天候	日時	昼光導入装置一台あたり			
		作業面 平均照度 ^{注1)} E_d (lx)	(参考) 均斉度 ^{注2)} (-)	比較用照明器具 相当台数 ^{注3)} N (台)	昼光導入装置の 代表日時の照明 消費電力低減量 ^{注4)} Δw (W)
晴天	春分 8 時	3.4	0.6	0.02	7
	春分 10 時	12	0.5	0.08	29
	春分 12 時	20	0.5	0.14	50
	夏至 8 時	7.02	0.6	0.05	18
	夏至 10 時	32	0.2	0.22	79
	夏至 12 時	60	0.1	0.42	151
	冬至 8 時	1.95	0.6	0.01	4
	冬至 10 時	4.61	0.5	0.03	11
	冬至 12 時	5.77	0.5	0.04	14
曇天	夏至 8 時	3.56	0.5	0.02	7
(条件 2 の詳細) 比較用照明器具：直付反射笠付照明器具；全光束 34399lm、入力容量 360W、照明率 0.69(-) 単位モジュール箱②：寸法 10800mm×10800mm、高さ 9700mm、作業面の面積 $A=116.64\text{m}^2$ 反射率；天井 0.9(-)、壁 0.6(-)、床 0.2(-) 作業面：床面からの高さ 800mm その他：設定基準照度 500lx、比較用照明器具台数 3.51 台、比較用照明器具の設定上限 $\Delta w_1=1264\text{W}$					

注 1) 作業面平均照度は、後述(5) 作業面平均照度の計算で得られた結果を用いた。

注 2) 均斉度は、作業面の平均照度に対する最小照度の比を示した。

注 3) 比較用照明器具相当台数は、比較用照明器具が 0~100%調光可能であると仮定して算出した。

注 4) 昼光導入装置の代表日時の照明消費電力低減量が、比較用照明器具の設定上限である 1264W を超えた場合は、1264W とした。

注 5) 単位モジュール箱は、無窓空間を想定している。

(3) -2 照明消費電力低減量の算出に関する注意点

照明消費電力低減量は、実証対象技術を単位モジュールという無窓空間のもとに設置した場合に、その照明用エネルギー低減効果は比較対象技術何台分、また何ワット分に相当するかを示したものである。また、その他の前提条件のもとで計算を行った結果であり、実際の導入環境とは異なる。

(4) 発光面最大輝度

前述の(1) で得られた配光データ及び最大光度を用い、算出した結果を、表 5-10 に示す。

表 5-10 発光面最大輝度算出結果

天候	日時	最大光度 I (cd)	下半球鉛直角 θ (°)	(参考) 水平角 (°)	発光面最大輝度 L (cd/m ²)
晴天	春分 8 時	505	34	38	3001
	春分 10 時	3938	55	44	33821
	春分 12 時	4984	46	320	35344
	夏至 8 時	1610	59	122	15399
	夏至 10 時	12840	36	248	78183
	夏至 12 時	28591	24	160	154171
	冬至 8 時	322	46	50	2283
	冬至 10 時	749	32	38	4351
	冬至 12 時	846	2	18	4170
曇天	夏至 8 時	605	2	140	2982

(5) 作業面照度分布

前述の(2) で得られた配光データを用い、DIALux4.12 を用いて昼光導入装置を設置した場合の作業面照度分布を計算した。計算結果を表 5-11～表 5-14 に示す。

なお、各代表日時における作業面の平均照度及び均斉度を、前述の表 5-8 及び表 5-9 に示した。

表 5-11 晴天・春分及び晴天・夏至の作業面照度分布(単位モジュール箱①の場合)

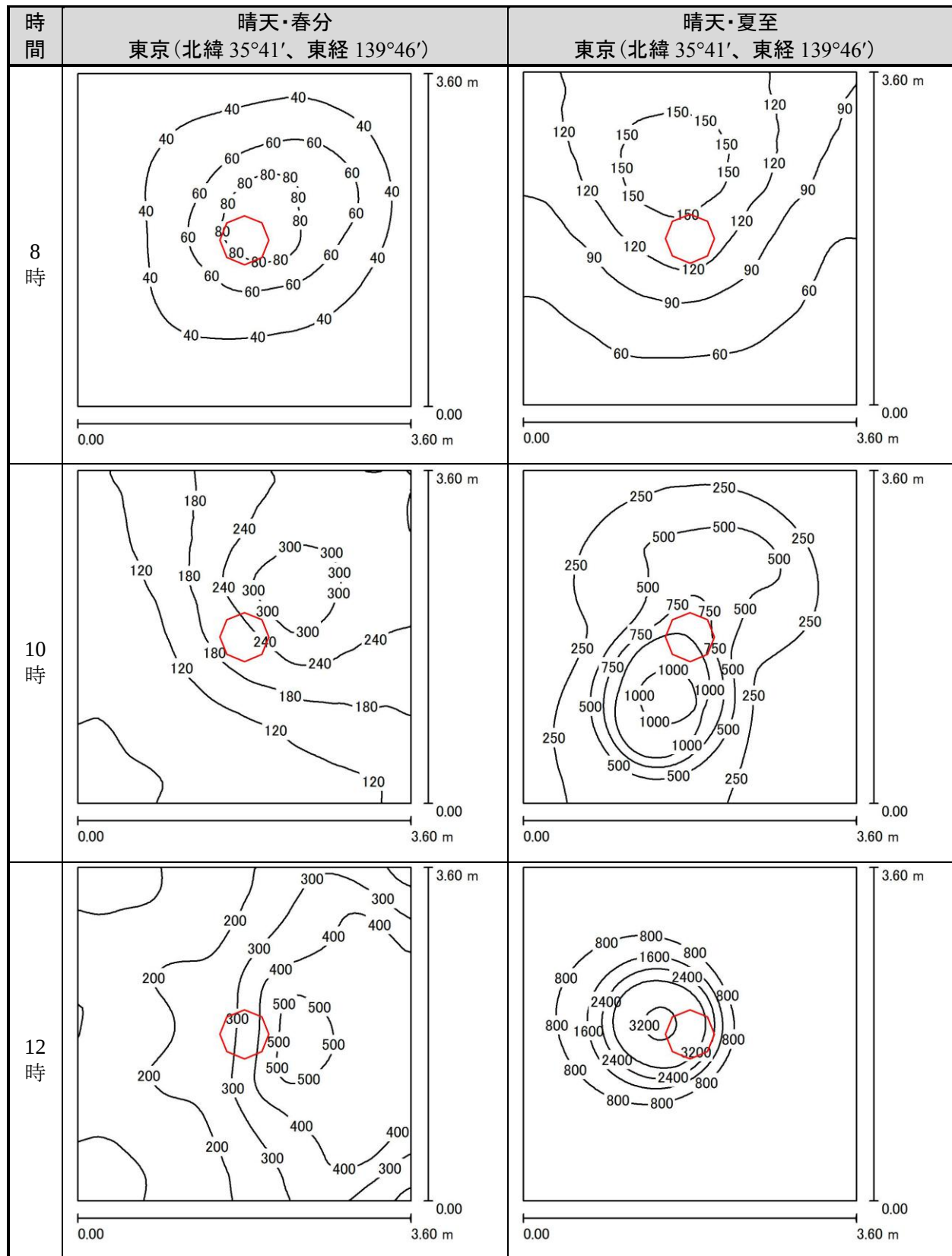


表 5-12 晴天・冬至及び曇天・夏至の作業面照度分布(単位モジュール箱②の場合)

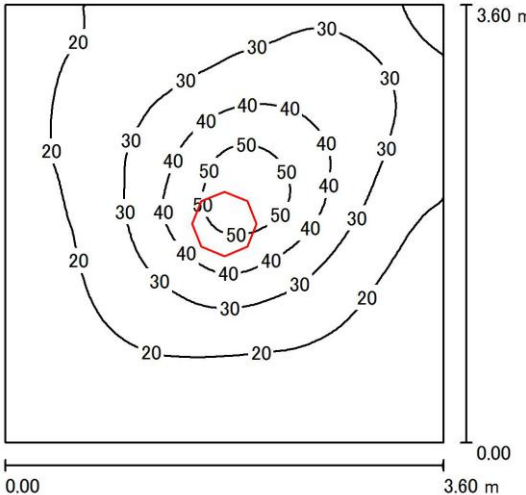
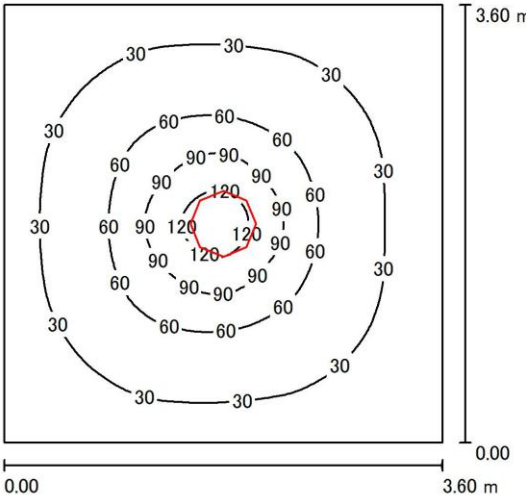
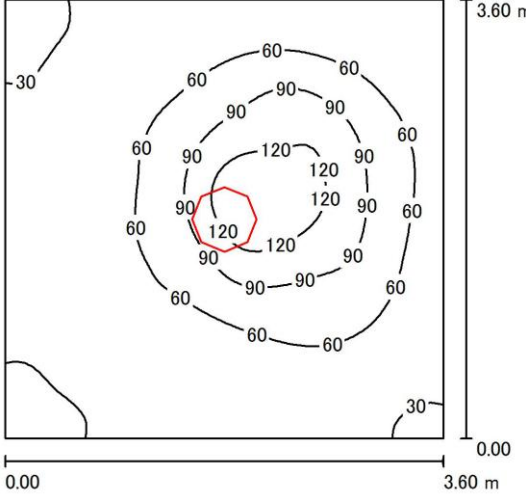
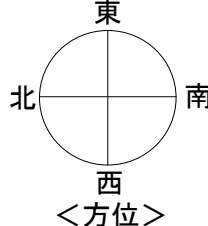
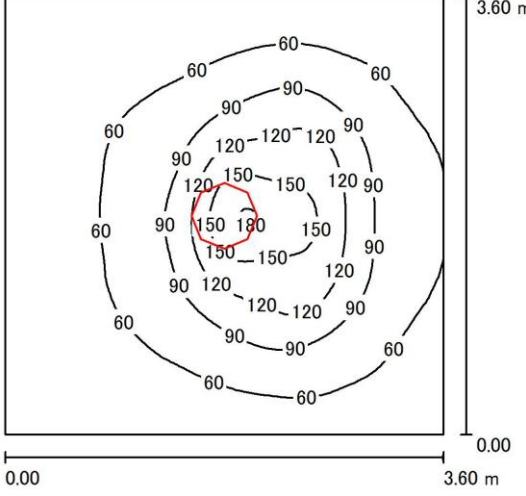
時間	晴天・冬至 東京(北緯 35°41'、東経 139°46')	曇天・夏至 東京(北緯 35°41'、東経 139°46')
8 時		
10 時		注 1) 作業面照度分布の方位は以下の通り  <方位>
12 時		注 2) 設定条件： 単位モジュール箱①； 寸法 3600mm×3600mm、高さ 2600mm 反射率；天井 0.9(－)、壁 0.6(－)、床 0.2(－) 昼光導入装置の設置；天井中央部に 1 個 作業面：床からの高さ：800mm 保守率；0.7 (－)

表 5-13 晴天・春分及び晴天・夏至の作業面照度分布(単位モジュール箱②の場合)

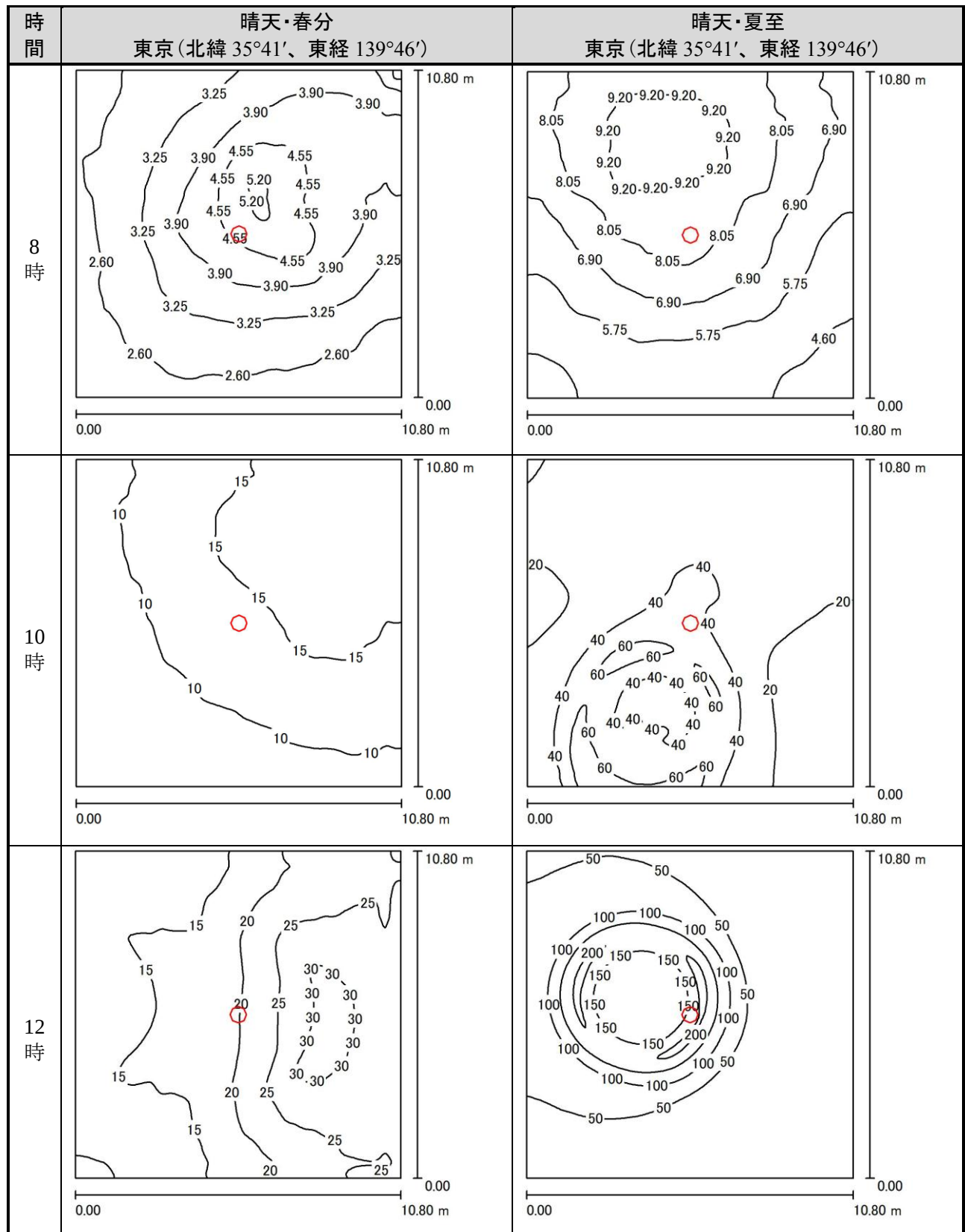
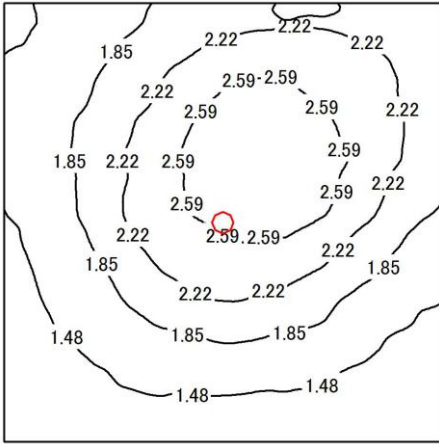
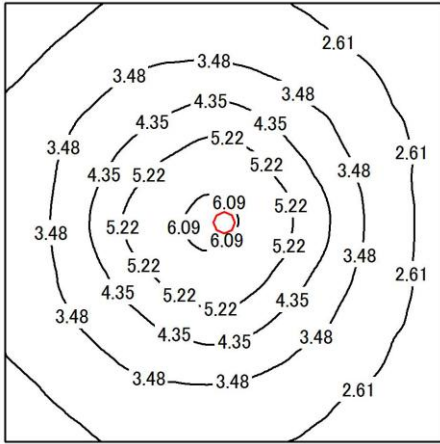
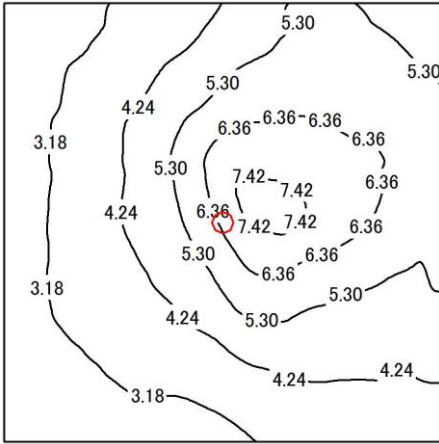
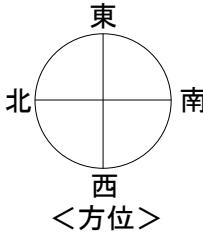
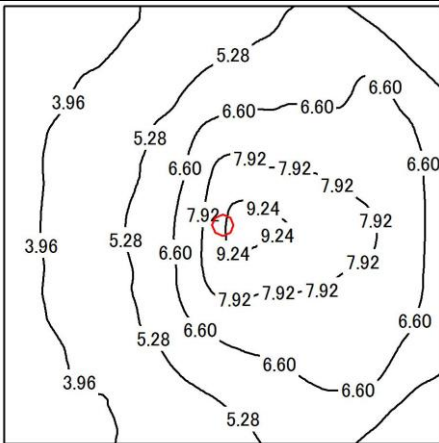


表 5-14 晴天・冬至及び曇天・夏至の作業面照度分布(単位モジュール箱②の場合)

時間	晴天・冬至 東京(北緯 35°41'、東経 139°46')	曇天・夏至 東京(北緯 35°41'、東経 139°46')
8 時	 10.80 m 0.00 10.80 m	 10.80 m 0.00 10.80 m
10 時	 10.80 m 0.00 10.80 m	注 1) 作業面照度分布の方位は以下の通り  東 北 南 西 <方位>
12 時	 10.80 m 0.00 10.80 m	注 2) 設定条件： 単位モジュール箱②； 寸法 10800mm×10800mm、高さ 9700mm 反射率；天井 0.9(ー)、壁 0.6(ー)、床 0.2(ー) 昼光導入装置の設置；天井中央部に 1 個 作業面：床からの高さ：800mm 保守率；0.7 (ー)

(6) 素材の特性

素材の特性試験結果を表 5-15～表 5-17 に、分光透過率及び分光反射率測定結果を図 5-1～図 5-3 に示す。また、試験体を写真 5-1～写真 5-3 に示す。

表 5-15 光学性能測定結果(試験体：ドーム部試験体)

項目	測定結果
可視光透過率 (%)	89.8
日射透過率 (%)	81.0
日射反射率 (%)	6.7
垂直放射率 (—)	0.96
修正放射率 ^{注1)} (—)	0.902

注 1) 修正放射率は、垂直放射率を JIS R 3107 付表 1 に規定する係数によって換算した。

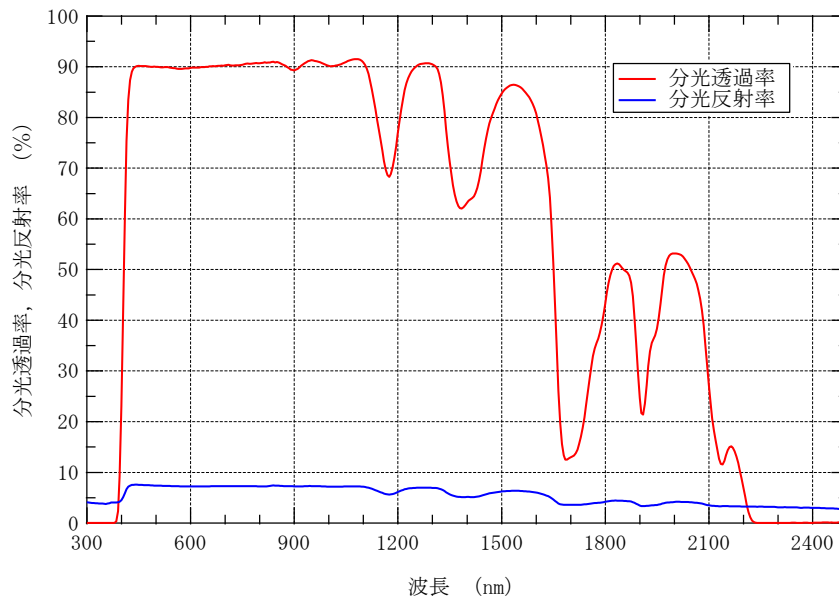


図 5-1 分光透過率及び分光反射率測定結果(試験体：ドーム部試験体)

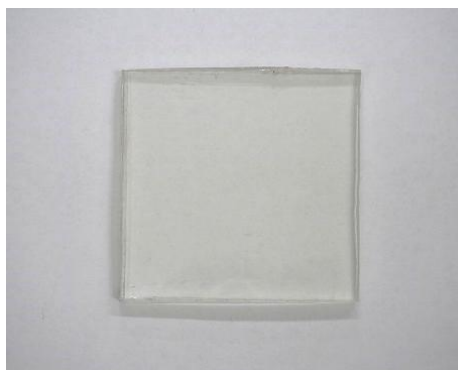


写真 5-1 ドーム部試験体

表 5-16 光学性能測定結果（試験体：反射板）

項目	測定結果
日射反射率 (%)	72.9
垂直放射率 (—)	0.88
修正放射率 ^{注1)} (—)	0.828

注 1) 修正放射率は、垂直放射率を JIS R 3107 付表 1 に規定する係数によって換算した。

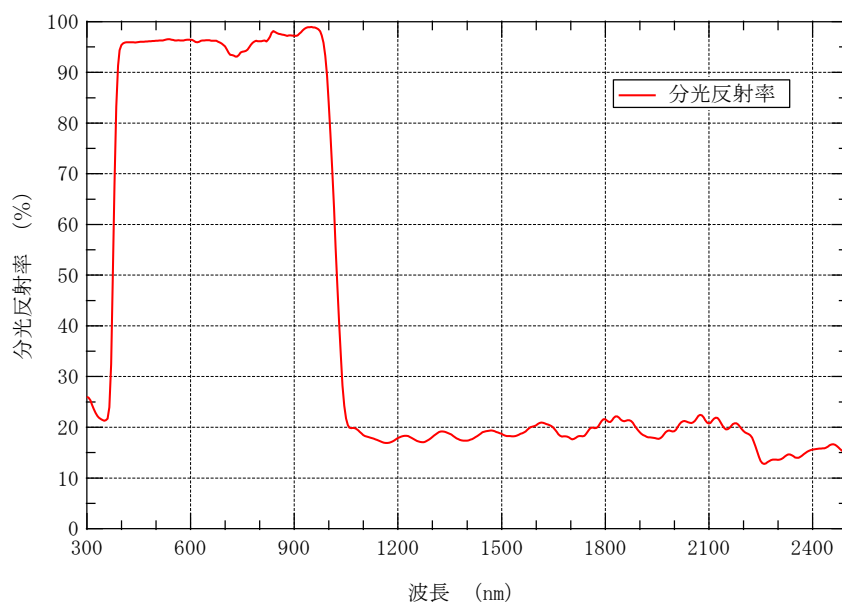


図-2 分光反射率測定結果（試験体：反射板）

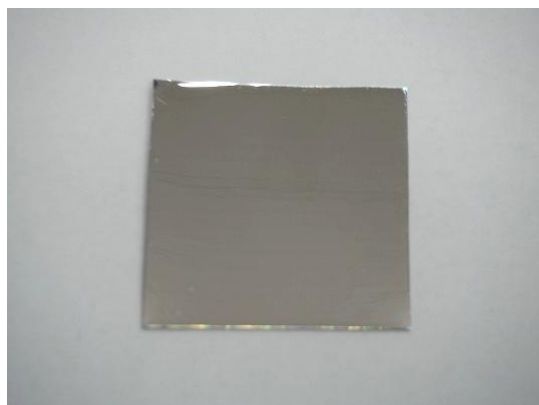


写真 5-2 反射板試験体

表 5-17 光学性能測定結果(試験体：拡散板)

項目		測定結果		
		No.1 注1)	No.2 注1)	No.3 注1)
可視光透過率	(%)	(参考値) 注2) 88.6	(参考値) 注2) 90.3	(参考値) 注2) 89.1
日射透過率	(%)	(参考値) 注2) 82.9	(参考値) 注2) 84.0	(参考値) 注2) 83.5
日射反射率	(%)	(参考値) 注2) 6.4	(参考値) 注2) 6.0	(参考値) 注2) 5.9
室内側	垂直放射率 (—)	(参考値) 注2) 0.98	(参考値) 注2) 0.98	(参考値) 注2) 0.98
	修正放射率*3 (—)	(参考値) 注2) 0.921	(参考値) 注2) 0.921	(参考値) 注2) 0.921

注1) 3体の試験体を測定した。

注2) 表面に凹凸のある試験体のため、参考値とした。

注3) 修正放射率は、垂直放射率を JIS R 3107 付表 1 に規定する係数によって換算した。

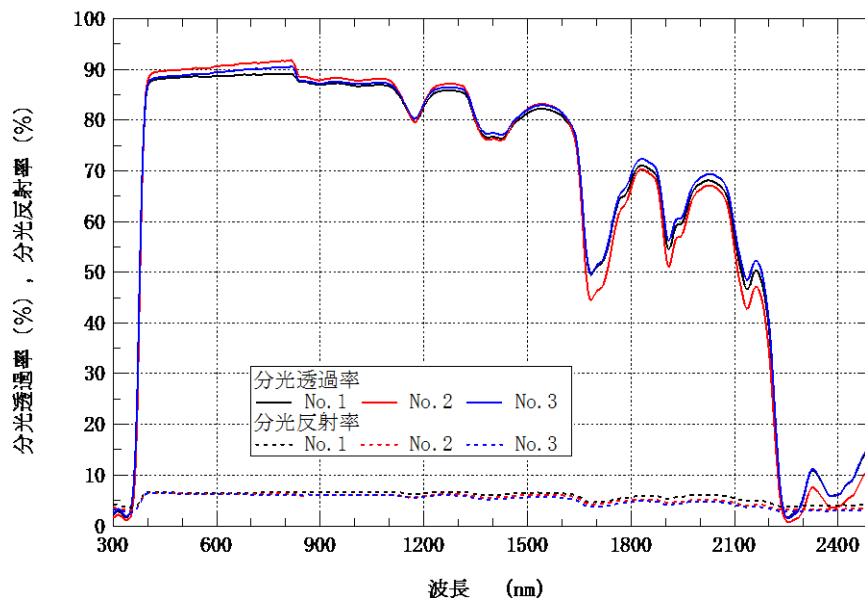


図 5-3 (参考) 分光透過率及び分光反射率測定結果(試験体：拡散板)

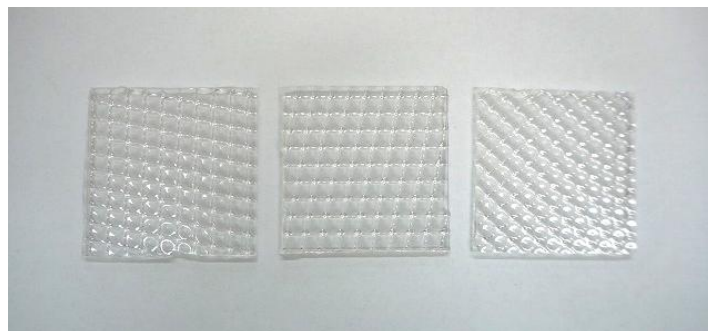


写真 5-3 拡散板試験体(左から No.1、No.2、No.3)

○付録

1. 用語の定義

1.1 一般

- ・ 実証 : 環境技術の開発者でも利用者でもない第三者機関が、環境技術の環境保全効果等を試験等に基づき客観的なデータとして示すこと。一定の判断基準を設けて、この基準に対する適合性を判定する「認証」とは異なる。
- ・ 実証対象技術 : 実証試験の対象となる技術。実証対象技術は、明確な科学的根拠に基づく効果を持つものでなければならない。
- ・ 実証対象製品 : 実証対象技術を製品として具現化したもののうち、実証試験で実際に適用するもの。
- ・ 実証項目 : 実証対象技術の性能を測るための項目。
- ・ 参考項目 : 実証対象技術の性能を測るうえで、参考となる項目。例えば、昼光導入装置の日射熱取得率、熱貫流率など。
- ・ 測定項目 : 実証項目を求める際に、直接測定したり、算出したりする項目。
- ・ 実証運営期間 : 環境技術実証事業に設置される各技術分野の事業の取りまとめを行う機関。
- ・ 実証機関 : 実証対象技術の企業等からの公募、実証対象とする技術の審査、実証試験計画の策定、技術の実証(実証試験の実施等)、実証試験結果報告書の作成を行う機関。
- ・ 試験実施機関 : 実証機関からの外注により、実証試験を実施する機関。
- ・ 技術実証検討会 : 実証機関により設置される検討会(委員会)。技術の実証にかかる審査等について実証機関に助言を行う。
- ・ 実証申請者 : 技術の実証を受けることを希望する者及びその後実証対象技術として選定され実証を受けた者。
- ・ 技術開発企業 : 実証対象技術の開発者(保有者)。

1.2 試験

- ・ 可視光透過率 : 透光性の材料に垂直に入射する光の光束について、透過光束の入射光束に対する比。
- ・ 日射透過率 : 日射(波長範囲：300nm～2500nm)の透過光の放射束と入射光の放射束の比。
- ・ 日射反射率 : 日射(波長範囲：300nm～2500nm)の反射光の放射束と入射光の放射束の比。
- ・ 放射率 : 空間に放射する熱放射の放射束の、同じ温度の黒体が放射する熱放射の放射束に対する比。
- ・ 配光曲線 : 光源を含むある面内の光度又はその相対値を方向の関数として表した曲線。一般に、光源を原点とする極座標で表す。
- ・ 代表日時の入射光束 : 所定の日時における昼光導入装置からの入射光束を指す。

- 代表日時の照明消費電力低減量：所定の時刻に実現しようとする照明環境を達成するのに必要となる一般的な照明器具による照明消費電力が、昼光の導入によってどの程度低減されるかを指す。
- 発光面最大輝度：発光面における発光体の単位面積当たりの明るさ。*一般に、発光面最大輝度が高いほど、室内は明るくなるが、日射熱取得率は大きくなる。

2. 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。

2.1 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。

2.2 精度管理に関する情報

JIS Q 17025:2005 (ISO/IEC 17025:2005)「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。

3. データの管理、分析、表示

3.1 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した。

3.2 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した。

4. 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。