

# 環境に配慮した中規模最先端テナントビルに関する調査研究

## その1 建物概要とダブルスキンおよび光ダクトの実測結果



三浦 寿幸\*1

篠ヶ瀬恵市\*2 加藤 昭\*2  
 竹内 淳二\*3 村江 行忠\*1  
 栗木 茂\*1 鈴木 孝彦\*1  
 伊藤 優\*1 護摩堂 淳\*3  
 磯部 滝夫\*2 沢田健太郎\*4  
 泉谷 隆\*5

### 概 要

省エネ法や東京都環境確保条例の改正などにより、ますます省 CO<sub>2</sub> への取組みの強化が求められるようになってきた。当社はこのような要求への対応のひとつとして、環境配慮型の中規模最先端テナントビルを自社事業として計画し、2011年3月に完成させた。現在、その環境性能を検証中である。これまでに話題になっている環境配慮型事務所ビルの多くは大規模な施設や企業の本社ビルであり、こうした中規模なテナントビルで環境性能を重視した事例は少ない。

本報告は、本建物に採用した環境配慮技術のうち、ダブルスキンおよび光ダクトの実測結果について述べるものであり、得られた主な知見は以下のとおりである。

- 1) ダブルスキンの夏季日射侵入率はブラインドのスラット角度 45° の条件で 0.07 程度であり、日射熱の高い遮熱効果があることが確かめられた。
- 2) 冬季に測定したダブルスキンの熱貫流率は約 1.5W/m<sup>2</sup>K であり、高い断熱性能があることが検証され、建物の熱負荷低減と室内温熱環境の向上に寄与していることが確かめられた。
- 3) 光ダクトの放光部中央下の床面昼光照度、測定日の天候に左右されるがこれまでの実測の範囲では最大で8月の昼ごろに 522lx となった。また、放光部中央下の床面昼光照度と屋外照度の比は 0.2% ~ 0.5% の範囲であった。

### Survey on Advanced Medium-Scale Tenant Building

#### Taken Environment into Consideration

#### Part 1 Outline of The Tenant Building and Measurement Results for Double-skin and Sunlight Transmission System

Toshiyuki MIURA\*1      Keiichi SASAGASE\*2      Akira KATO\*2  
 Junji TAKEUCHI\*3      Yukitada MURAE\*1      Shigeru KURIKI\*1  
 Takahiko SUZUKI\*1      Yu ITO\*1      Jun GOMADO\*3  
 Takio ISOBE\*2      Kentarou SAWADA\*4      Takashi IZUMIYA\*5

This report shows the environmental performance of an advanced medium-scale tenant building taken environment into consideration. Field measurements were conducted in order to evaluate the performance of the double-skin and the sunlight transmission system of the building.

The obtained results were as follows:

Thermal transmittance (U-value) of the double-skin in winter was 1.50 W/m<sup>2</sup>K and solar heat gain coefficient in summer was 0.07. The maximum floor surface illumination of the elevator hall which had the sunlight transmission system was 552 lx in August. The percentage of floor surface illumination to outdoor illumination was 0.2% to 0.5%.

\*1 技術研究所 \*2 設備設計部 \*3 計画設計部 \*4 東京支店建築設備部 \*5 横浜支店建築設備部

\*1 Technical Research Institute \*2 Equipment Design Department \*3 Architectural Design Department \*4 Tokyo Branch

\*5 Yokohama Branch

# 環境に配慮した中規模最先端テナントビルに関する調査研究

## その1 建物概要とダブルスキンおよび光ダクトの実測結果

三浦 寿幸<sup>\*1</sup> 篠ヶ瀬恵市<sup>\*2</sup> 加藤 昭<sup>\*2</sup>  
 竹内 淳二<sup>\*3</sup> 村江 行忠<sup>\*1</sup> 栗木 茂<sup>\*1</sup>  
 鈴木 孝彦<sup>\*1</sup> 伊藤 優<sup>\*1</sup> 護摩堂 淳<sup>\*3</sup>  
 磯部 滝夫<sup>\*2</sup> 沢田健太郎<sup>\*4</sup> 泉谷 隆<sup>\*5</sup>

### 1. はじめに

近年話題になっている環境配慮型ビルは大規模な施設や企業の本社ビルが多く、中規模なテナントビルで環境性能を重視した計画事例は少ない。今後より一層のCO<sub>2</sub>排出量削減を推進していくためには、こうした中規模テナントビルの省CO<sub>2</sub>についても並行して進めていく必要がある。

当社は、近年の社会的な環境問題への関心の高まりに対応する省CO<sub>2</sub>への取組みの一環として、環境配慮型の中規模最先端テナントビルを自社事業として計画し、2011年3月に完成させた。現在、その環境性能を検証中である。本報では、建物概要と採用した環境配慮技術のうちダブルスキンと光ダクトのこれまでの検証結果について述べる。

### 2. 建物概要

表-1に建物概要、写真-1に建物外観、図-1に基準階平面図を示す。所在は東京都港区で、H23年3月に竣工した8階建て延床面積3,755m<sup>2</sup>のテナントビルである。1階が駐車場であり、2~8階が事務室となっている。

採用した主な環境配慮技術を表-2に示す。3~8階の西面ファサードにはダブルスキンが採用されている。内側ガラスはLow-Eペアガラスとし、外側ガラスの約40%の面積にシースルー型太陽光発電パネル(3.9kW)を用いるとともに、発電だけでなく事務室からの眺望も確保した。また、屋上には16.5kWの太陽光発電パネルを設置した。

光ダクトは屋上に採光部を設置し、6階のELVホール天井に放光面を設けるシステムとした。

オフィスの照明については人感センサーによる制御と昼光利用制御を組み入れた。

空調は基本的に顕熱・潜熱分離で計画し、2階は水熱媒の輻射空調システム、3~8階は高顕熱型パッケージで、外気処理はいずれの階もヒートポンプ利用型デシカント外調機を採用した。また、熱交換杭(30m、9本)とボアホール(100m、1本)および専用のヒートポンプを設置し、2階輻射空調システムの熱源とした。

各階には「エネまど」と呼ぶテナントの自主的な省CO<sub>2</sub>活動を促す「気づき」マネジメントシステムを開発、導入した。具体的には、各テナントにモニターを設置し、積極的に省CO<sub>2</sub>情報を発信することで、省エネ結果をその場で確認でき、楽しみながらエコに取り組める仕組みとした。

表-1 建物概要

建物名称	TODA BUILDING 青山
竣工	平成23年3月
建設地	東京都港区赤坂
建物用途	事務所(テナントビル)
構造規模	S造、地上8階
建築面積、延床面積	512m <sup>2</sup> 、3,755m <sup>2</sup> (貸室面積:2,719m <sup>2</sup> )



写真-1 建物外観(西面)

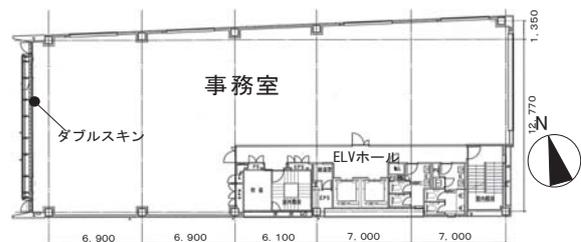


図-1 基準階平面図

表-2 採用した主な環境配慮技術

1 ダブルスキン	外側ガラス:単板透明、シースルー型太陽光発電パネル 内側ガラス:Low-Eペア
2 顕熱、潜熱分離空調	輻射天井パネル、ヒートポンプ利用デシカント外調機(2階) 高顕熱型PAC、ヒートポンプ利用デシカント外調機(3~8階)
3 地中熱利用	熱交換杭、ボアホール、地中熱ヒートポンプ(輻射天井パネルの熱源)
4 光ダクト	採光部:屋上、放光部:6階ELVホール
5 照明制御	人感センサー制御、昼光利用制御

<sup>\*1</sup> 技術研究所 <sup>\*2</sup> 設備設計部 <sup>\*3</sup> 計画設計部 <sup>\*4</sup> 東京支店建築設備部 <sup>\*5</sup> 横浜支店建築設備部

CASBEEは2010年版による評価でSランク、BEE=3.4で第3者認証を受けており、PALは224 MJ/年・m<sup>2</sup>、ERR(東京都)は36%である。

### 3. ダブルスキン

#### 3.1 実測概要

図-2に、ダブルスキンの立面図および断面図を示す。3階から8階までの多層タイプで、奥行きは750mmである。下部は常時開放とし、上部は可動ガリを設け冬季は閉鎖している。先述したように、外ガラス面積の40%にシースルー型太陽光発電パネルを用いており、事務室からの眺望を確保しつつ、発電による省エネルギー効果を図っている。また、中空層内の内ガラス側に電動ブラインドを設置するとともに、内ガラスをLow-Eペアガラスとして断熱性を高めている。

実測は夏季(8月下旬)と冬季(2月中旬)に5階で行った。測定概要を表-3、測定点を図-3に示す。測定項目は、5階執務室の上下温度分布、ダブルスキンのガラス表面温度、ブラインド表面温度(夏季実測時のスラット角度は45°固定)のほか、内と外のガラスについてそれぞれの透過日射量を測定した(写真-2)。また、屋上で水平面および西側鉛直面日射量、外気温湿度を測定した。ダブルスキンの3~8階の中空層内空気温度も測定し、測定点は図-2に併記した。

#### 3.2 実測結果

##### 3.2.1 ダブルスキン内の上下温度分布

晴天日(夏季8/30、冬季2/17)および曇天日(夏季8/31、冬季2/15)におけるダブルスキン内の時刻別の上下温度分布を図-4に示す。夏季はダブルスキンの最上部に設けたガリが開けられた状態であり、冬季は閉じられた状態である。夏季、冬季ともに曇天日のダブルスキン内上下温度差はどの時刻でもおよそ5°C以内であったが、晴天日は日射が当たる時刻で温度差が大きくなり、上部温度は夏季に40°C程度、冬季に25°C程度まで上昇している。

##### 3.2.2 ダブルスキン廻りの温度変動

図-5、7に、夏季および冬季の5階室内空気温度(床上1.1m)、ダブルスキン内空気温度、外気温湿度等の経時変化を示す。夏季はテナントが入居前であり、8/26の室内は模擬負荷を与えて冷房運転を行っているが、8/27~8/31は冷房運転を行っておらず、成り行きの状態である。これに対して冬季はテナントが入居済みで、空調がなされている状態である。

図-6に外ガラスの仕様の違いによる夏季の透過日射量を比較して示す。シースルー型太陽光発電パネル(以後、太陽電池と呼ぶ)の透過日射量は透明ガラスのその約29%程度となっており、太陽電池の開口率30%の数値に近似している。図-5よりブラインド表面温度は外ガラス仕様の影響を受け、太陽電池背後のブラインド表面温度は8/30の午後のピーク時に約45°Cであるのに対し、透明ガラス背後のそれは約50°Cであることがわかる。8/28から8/30にかけて晴れ日が続いたが、空調運転がなされていないにもかかわらず室温はさほど上昇していない。これはダブルスキンの日射遮蔽効果が有効に働いた結果と考えられ

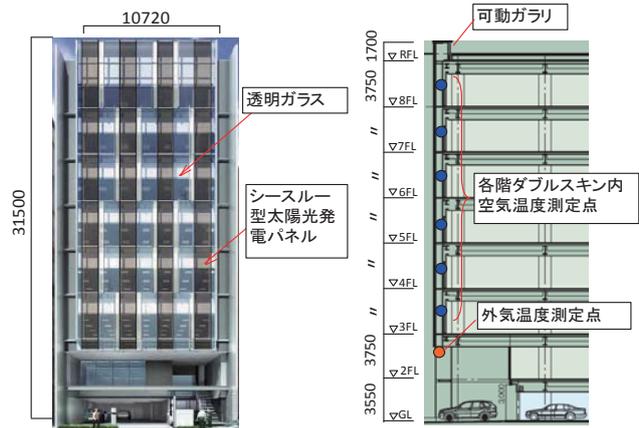


図-2 ダブルスキンの立面図、断面図

表-3 測定項目・機器等

測定項目	測定箇所	センサー、測定機器等
空気温度	・室内空気温度 (FL+0.1m,0.6m,1.1m,2.0m,CL-0.1m)	温湿度データロガー (T&D TE-72Ui)
	・室内空気温度 (FL+1.1m) ・ダブルスキン内空気温度 (3~8階、各1点) ・外気温度 (2階西側、屋上、各1点)	T型熱電対
	表面温度	外ガラス内表面温度、ブラインド表面温度、内ガラス両表面温度 (外ガラスが透明側、太陽電池側で2セット)
日射量	屋上水平面および西鉛直面全天日射量 ダブルスキン外側ガラス透過日射量 (2カ所) 内側ガラス透過日射量 (2カ所)	全天日射計 (英弘精機 MS-601)
測定期間	夏季: 2011/08/26 ~ 2011/08/31 (テナント未入居、8/26のみ空調運転) 冬季: 2012/02/13 ~ 2012/02/17 (テナント入居済み、空調運転)	

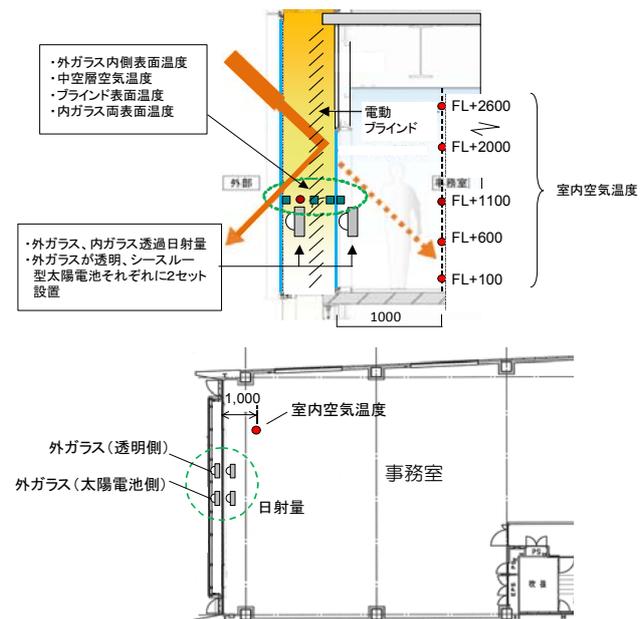


図-3 5階におけるダブルスキン廻りの測定点

る。また、内ガラス室内側表面温度への外ガラス仕様の影響は小さい。次に冬季については、図-7より測定期間中の空調時室内温度が25℃前後であり、夏季に比べて内外温度差が大きい、空調時の内ガラス表面温度はおおむね20℃以上となっている。また、晴れ日(2/17)には日射によりダブルスキン内空気温度およびブラインド表面温度が25℃前後まで上昇し、ダブルスキンの日射取得熱が室内からの熱損失の低減に有効に作用していると考えられる。

### 3.2.3 ダブルスキンの日射侵入率

図-8に夏季8/30におけるダブルスキン廻りの日射侵入熱の経時変化を示す。「③+④ 室内への日射侵入熱量」は「③内ガラス透過日射量」に「内ガラスの両表面温度差と熱コンダクタンスから求めた貫流熱量」を加算し、「室内外温度差起因の貫流熱量」を差し引

いた値である。13:30~14:30頃に日射量が落ち込んでいるのは、西側に建つ高層マンションの影が影響したことによる。直達日射を受ける15:00~17:00の時間帯の日射侵入率  $\{=(③+④)/①\}$  を算出した結果、7%



執務室側 中空層側  
写真-2 日射計の設置状況

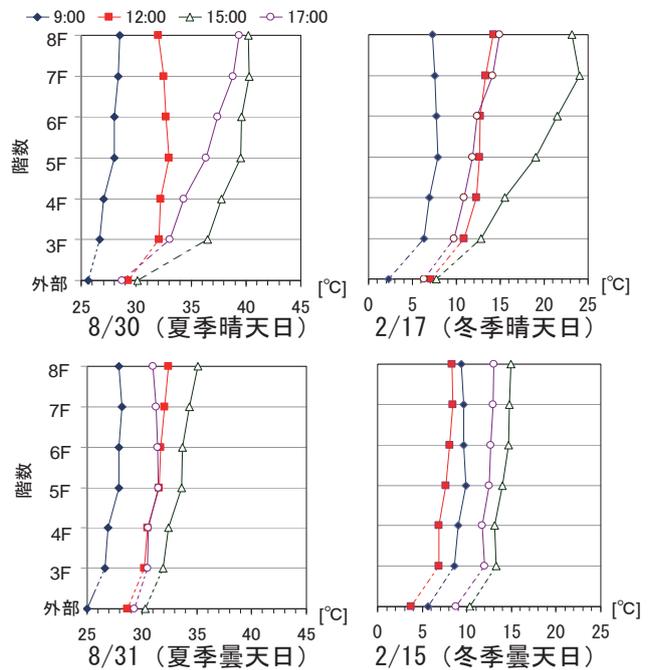


図-4 ダブルスキン内空気温度上下分布

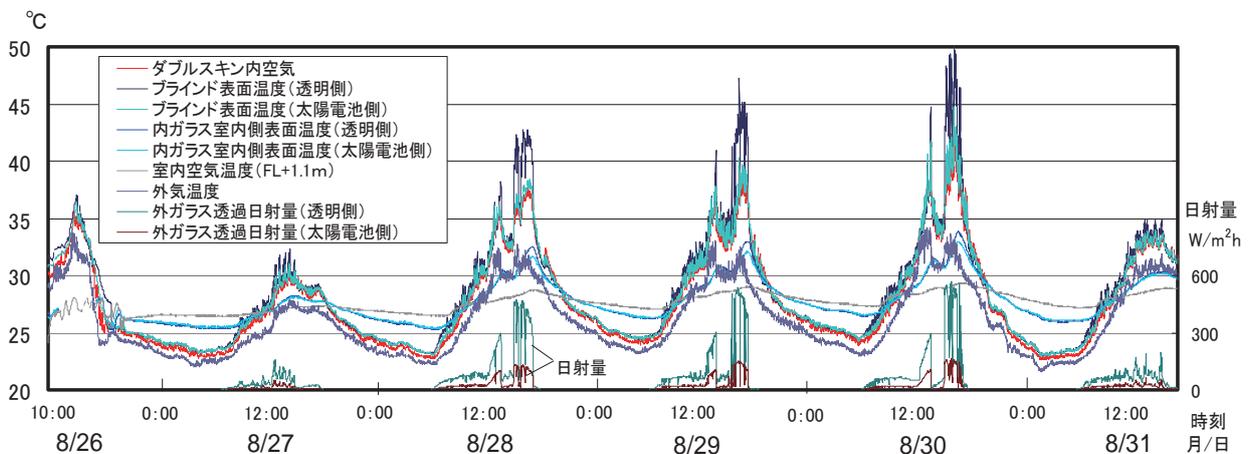


図-5 夏季の室温およびダブルスキンまわりの実測値の経時変化(8/2 空調運転、8/27~空調運転なし)

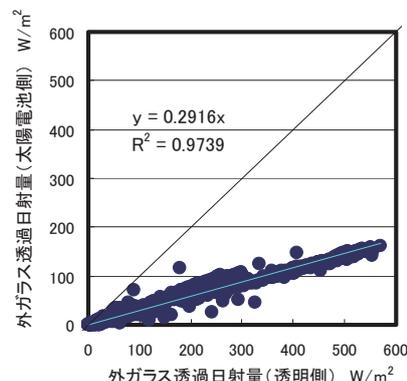


図-6 外ガラスの仕様による透過日射量の比較

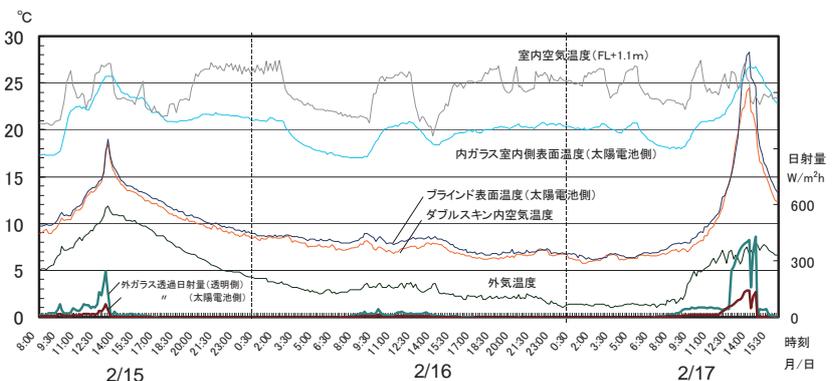


図-7 冬季の室温およびダブルスキンまわりの実測値の経時変化

### 透過日射量の比較

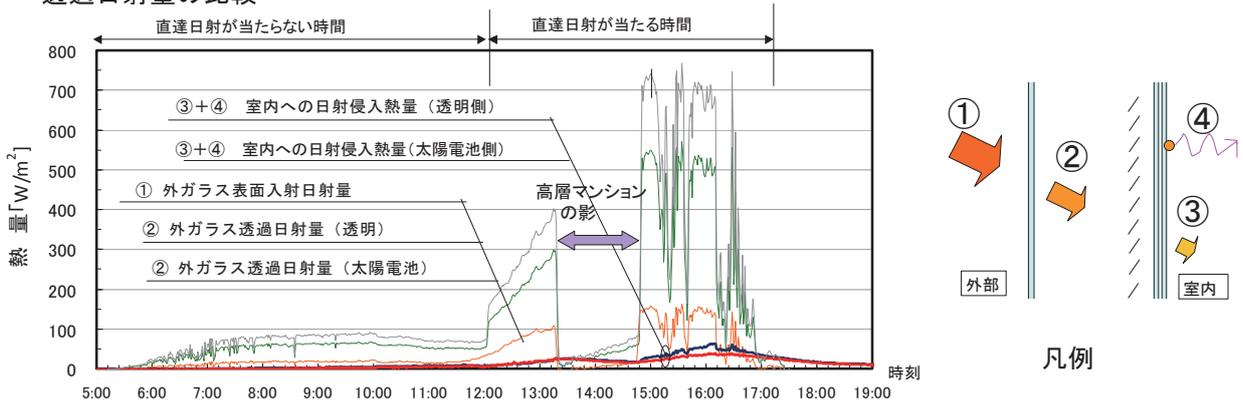


図-8 夏季の日射侵入熱量の実測結果 (8/30)

程度（透明ガラス側）となり、ダブルスキンの高い日射遮蔽性能が確認できた。当建物のダブルスキンでは外ガラスに採用した太陽電池による日射遮蔽効果も日射侵入率の低減に寄与したと考えられる。

#### 3.2.4 ダブルスキンの熱貫流率

内ガラスの両表面温度差と熱コンダクタンスをもとに熱流を算出し、室内外温度差で除す事によって熱貫流率Uを推定した。冬季の日射がない時間帯（22:00～6:00）における熱貫流率Uの算定結果を図-9に示す。外ガラスが透明ガラス側、太陽電池側の2箇所の測定点でいずれも1.50W/m<sup>2</sup>K前後の良好な断熱性能を確認できた。

#### 3.2.5 シースルー型太陽光パネルの発電量

2011年8月～2012年4月におけるダブルスキン外側ガラスのシースルー型太陽光発電パネル発電量はおよそ500～900 [Wh/m<sup>2</sup>月]であり、夏季が最も大きかった。

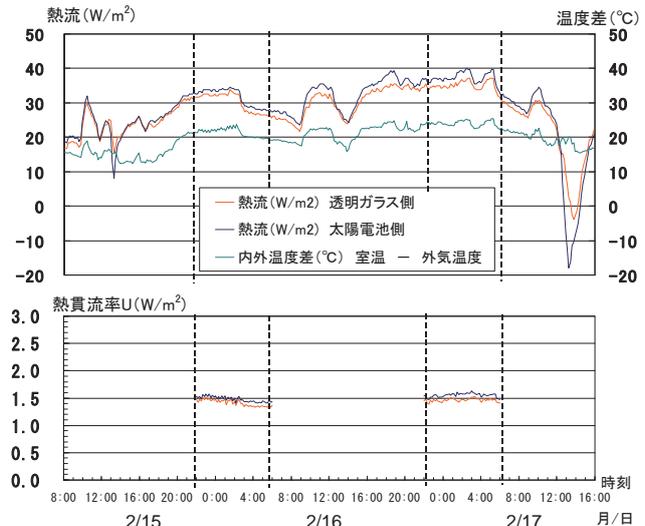


図-9 冬季のダブルスキン熱貫流率の推定

## 4. 光ダクト

### 4.1 実測概要

光ダクトのシステム図と仕様を図-10、表-4、採光部と放光部を写真-3、写真-4に示す。垂直型の光ダクトであり、屋上に設置した採光部から光を取り入れ、6階ELVホールの天井面（床下2,150mm）より放光する構造となっている。採光部の主方位は、真南から東側へ約18.7°振れている。採光部は、午後の日射を有効に取り込むために反射板を北面だけでなく東面にも設置している。敷地の西南西に46階建の高層ビルがあり、1年を通して夕刻に採光が遮られる条件となる。また、南の20階建ビルにより、冬期に採光を遮られる。

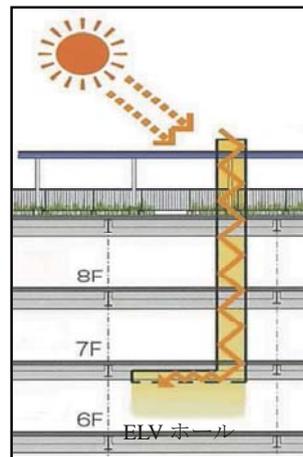


図-10 光ダクトのシステム図



写真-3 光ダクト採光部



写真-4 光ダクト放光部

分光測色計（コニカミノルタ CM-600d、正反射光除去方式）にて測定したELVホールの壁仕上材の全反射率（可視光域550nm）は表-5に示すとおりである。

実測は2011年5月から2012年3月の間に5回行った。測定点は図-11に示すようにELVホール床面にて光ダクト放光部下3点および廊下側3点の計6点とし、測定時は人工照明をすべて消灯し、外部からの光の影響がないように遮光を行った。

### 4.2 実測結果

天気が最も安定していた春季（3月20日）の屋外

照度と6階ELVホール床面照度の経時変化を図-12に示す。10:30から12:00において、放光部下A～C点の照度が大きく上下し、垂直ダクトに近い側の測定点Aと遠い側の測定点Cの照度が同程度の照度となる時間もある。これは、反射板により取り入れた直射光の影響で、放光部の輝度分布が変化しているためである。

図-13に2012年3月20日11時の床面照度コンターを示す。放光部中央より垂直ダクト側に最高照度があり、放光部下の床面照度分布は均一にならないことがわかる。表-6に各測定日の放光部中央下床面照度が最も高かった時間のデータを比較して示す。これまでの測定では、8月が最も照度が高く、522lxであった。人工照明と比較し、200lx以上の照度が得られた場合

表-4 光ダクトの仕様

採光部反射板設置角度	15度 (光ダクト内側へ傾斜) 北面、東面の2面に設置
採光部ガラス透過率	可視光 82.1% (網入りガラス 6.8mm)
導光部長さ	全長 15.7526m (垂直部 11.6276m 水平部 4.125m) ※反射板除く 反射板高さ: 473.2mm
導光部反射率	95%
導光部寸法	900mm × 600mm
放光部透過率	フッ素樹脂フィルムガラスクロス 日東紡 ダングレア
放光部面積	2.28m <sup>2</sup> (ダクト開口面積) 2.923m <sup>2</sup> (ガラスクロス面積)
放光部透過率	95%
放光部高さ	6FL+2,150mm

表-5 6階ELVホール壁面仕上げ材の全反射率

仕上部分	仕上材	550nm 全反射率 (%)
ELV ホール壁	EP 塗装	71.7
同上	床タイルカーペット	3.4
廊下 天井	岩綿吸音板	86.1
ELV 扉	化粧シート貼	11.9
ELV 壁	化粧シート貼	28.2

表-6 測定日の放光部中央下の最大床面昼光照度

日時	放光部中央床面照度 (lx)	全天空照度 (lx)
2011/7/26 10:50	470	108,000
2011/8/2 11:38	522	128,000
2011/10/16 11:26	363	95,300
2011/12/10 11:14	220	(ビルの影)
2012/3/20 11:14	405	94,700

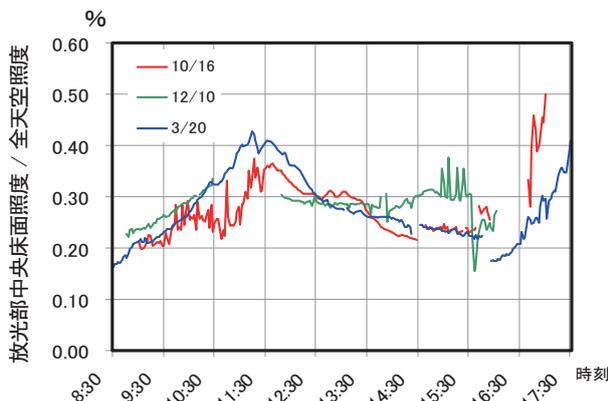


図-14 全天空照度と放光部中央下床面昼光照度の比率

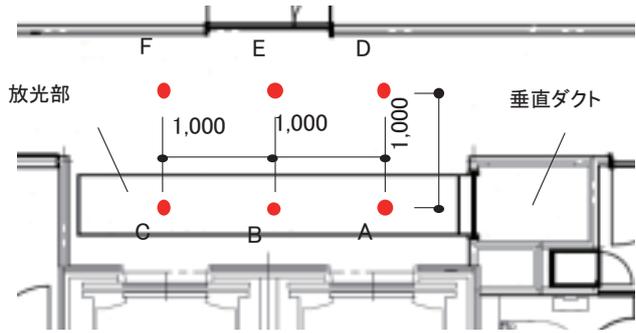


図-11 6階ELVホールの床面昼光照度測定点

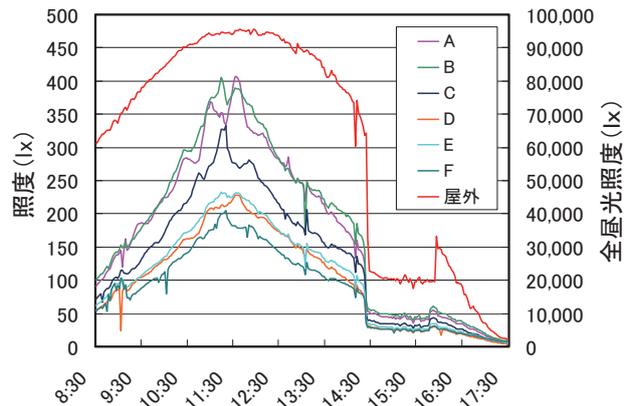


図-12 春の床面昼光照度経時変化 (2012年3月20日)

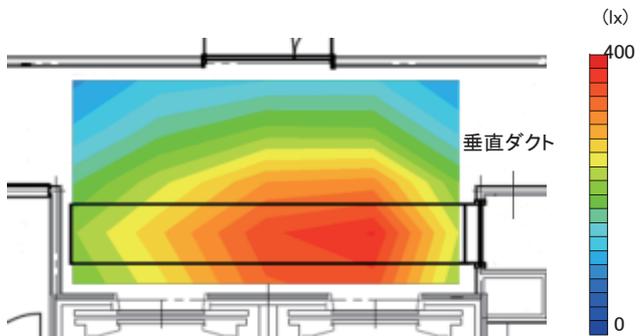


図-13 床面昼光照度コンター (3月20日 AM11:00)

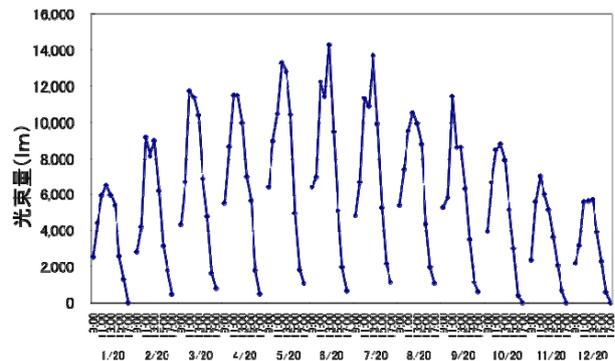


図-15 各月代表日の光束量解析結果

表-7 ピーク時光束量解析結果

ピーク時光束量 (lm)				年間平均 光束量 (lm)
3月	6月	9月	12月	
9,228	11,918	7,022	4,633	4,828

表-8 実測値と解析結果の比較

照明器具	実測中央 床面照度 a (lx)	解析中央 床面照度 b (lx)	比率 (b/a)	実測平均 照度 c (lx)	解析平均 照度 d (lx)	比率 (d/c)
A	325	319	0.98	205	242	1.18
B		378	1.16		286	1.39
C		345	1.06		269	1.31

に照明を消灯できると考えると、冬至に近い12月の測定では南中時間帯に南側ビルにより採光が遮られるため1時間程度となったが、春分から秋分の期間は4時間程度消灯できることが確認された。

日射があり、安定している時間帯の全天照度と放光部中央下床面照度の比率を図-14に示す。太陽高度が最も高い時間に比率が高くなった。また、日没前においても比率が高くなり、これは採光部東面設置した反射板により直射光が有効に取り入れられているためと考えられる。全時間帯の平均は0.278%となった。

#### 4.3 数値解析と実測との比較

図-15と表-7に光路追跡法による1年間各月代表日の光束量の数値解析結果を示す。実測での最大光束量は、太陽が採光部の正面となる11時から12時の間であったが、数値解析では6月、7月においては15時が最も光束量が大きくなった。数値解析では、北面と東面の両方の反射板の効果で最高採光量が得られる結果となったのに対して、実際には採光部のサッシ枠の影響により光束量が小さくなったと考えられる。

表-8にサッシ枠の影響が少ないと考えられる3月20日の12時の実測と解析の比較を示す。図-15の光束量を配光特性の異なる3種類の照明器具に置き換え、照度解析ソフト(DIALux ver.4.10)にて求めた床面照度と実測値を比較した。実測と数値解析では全天照度に違いがあるため、数値解析の光束量を補正した。壁面の反射率は実測の表-5の値を用いた。照明器具

Aの中央床面昼光照度はほぼ同等となったが、器具B、Cの場合は、数値解析の結果のほうが高くなった。また、測定25点の床面平均昼光照度の比較では、いずれの器具でも数値解析の結果のほうが高くなり、光ダクトの解析に適した配光特性をもつ照明器具を検討する必要があることが示唆された。

## 5. おわりに

環境に配慮した中規模最先端テナントビルのダブルスキンおよび光ダクトの実測を行った。

その結果、ブラインドのスラット角度45°におけるダブルスキンの夏季日射侵入率は0.07程度であり、日射熱の高い遮熱効果があることが確かめられた。また、冬季に測定した熱貫流率は約1.5W/m<sup>2</sup>Kであり、高い断熱性能があることが確かめられ、建物の熱負荷低減と室内温熱環境の向上に寄与していることが検証できた。光ダクトは屋外照度と6階ELVホールの放光部中央下床面昼光照度を測定した。床面昼光照度は測定日の天候に左右されるが、放光部中央下の床面昼光照度の最大は8月の昼ごろの522lxであった。また、放光部中央下の床面昼光照度と屋外照度の比は0.2%~0.5%の範囲であった。

今後は輻射空調などの他の環境配慮技術の効果や運用エネルギー消費量、CO<sub>2</sub>排出量について、さらに調査を継続する予定である。

### 謝辞

本建物の計画に際して貴重なご助言を頂いた早稲田大学・田辺教授に謝意を表します。また、光ダクトの実測にご協力頂いた東洋鋼板(株)の関係各位に感謝します。

### 文献

- 1) 三浦、伊藤、栗木他 「環境に配慮した中規模最先端テナントビルに関する調査研究 その1~3」、日本建築学会大会学術講演梗概集 環境工学 D2 p.511-516 2012.9
- 2) 三浦他 「環境配慮型中規模最先端テナントビルに関する調査研究 その1」、空気調和衛生工学会大会学術講演論文集 p.989-992 2012.9

