

高性能窓システムをもつ建築の熱負荷解析  
第4報 最近のダブルスキン事例と熱負荷

正会員 ○小笹拓朗\*  
正会員 郡公子\*\*  
正会員 石野久彌\*\*\*

ダブルスキン BEST 熱負荷

1. はじめに

本報では、文献調査を行いダブルスキン（以降 DS と省略）建築の動向と仕様を把握したうえで、ピックアップした代表的な DS 建築をもとに熱負荷解析を行い、空調熱負荷の低減の観点からダブルスキン建築の性能の傾向を明らかにしようとした。

2. ダブルスキン建築の動向

これまでの研究で、文献調査から高性能窓システムの動向解析を行った<sup>1)</sup>。ここでは、ダブルスキンのみに着目して、最近の文献を追加調査し、過去 32 年間に竣工した計 61 件の DS 建築について改めて解析した。結果を図 1 に示す。(a)より、1982 年から DS 建築は出現し、以降数年置きに少数竣工している。本格的に増え始めたのは 2000 年に差し掛かる頃からである。それから現在までは平均して年 3~4 件のペースで竣工されている。(b)より、DS に使われるガラスは外側が透明単板、内側が Low-E 複層または透明単板が多い。ただし内側ガラスに関しては現在 Low-E 複層を採用するケースが殆どである。(c)より、90 年代にはアトリウムに DS が利用されていたことがわかる。複数階タイプ（吹抜け DS）、各階タイプの採用比率は 2:1 程度であり、DS 奥行きは、各階タイプの場合 500mm 程度以下が多い。

3. ダブルスキン建築の熱負荷解析

3.1 解析ケース

DS を採用した実在のオフィスのビルを数件ピックアップして参考として、シミュレーション用モデルを作成し、BEST を利用してケーススタディを行った。表 1 に共通計算条件を、表 2 に解析対象概要を示す。なお、ペリメータゾーン

【表 2 注記】内外比窓比は全ゾーンに隣接する外皮（外壁・窓）と内壁に対する窓の比率、外皮窓比は外皮に対する窓の比率を指す。ガラス①は透明 8+A12+(Low-E8+透明 8) (mm)、ガラス②は①とセラミックプリント 8+A12+(Low-E8+透明 8) (mm) を複合したものを指す。

表 2 解析対象概要

名称	所在地	内外比窓比	外皮窓比	ダブルスキン					特徴	
				使用方位	タイプ	使用階	吹抜け層	奥行(m)		ガラス
Aビル	東京都	0.62	1	E,S,W	各階	2階-21階	1層×20	0.8	①	東西に非常に長く(約90m)、南面の受光面積が大きい。
Bビル	東京都	0.58	0.87	SE,SW,NW	複数階	7階-27階	3層×7	0.9	①	ほぼ全周DSで覆われている。3層1単位のDSモジュール。
Cビル	東京都	0.64	1	SE,SW,NW,NE	複数階	2階-13階	12層	0.36	①	ほぼ全周DSで覆われている。薄型の複数階DSファードを採用。
Dビル	東京都	0.58	0.9	SE,SW,NW,NE	各階	3階-15階	1層×13	0.3	①	床面積が最も大きい。DS換気口を縦方向に設置している。
Eビル	大阪府	0.66	1	S,N	各階	10-32階	1層×23	0.17	①	東と西にコアを配置した両端コア型。
Fビル	北海道	0.46	0.76	SE,SW	複数階	3-9階	7層	3.8, 2	②	DSファード面が曲面*になっている。DS下部が1階と連続している。

【図 1 注記】調査対象文献は次の通り。新建築 1976 年 1 月号~2013 年 12 月号、ディテール 61 号~198 号(1979 年~2013 年)、日経アーキテクチャ No. 545~No. 1014(1989 年~2013 年)

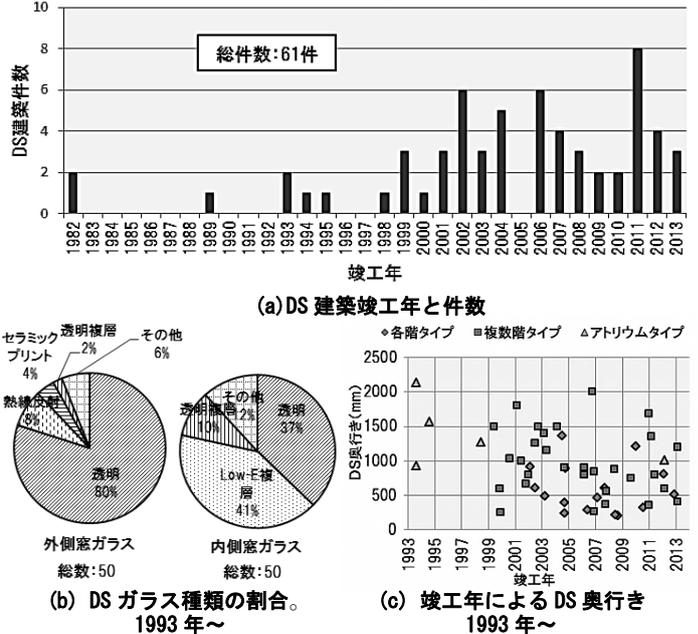


図 1 ダブルスキン建築の動向

表 1 共通計算条件

気象データ	拡張アメダス標準年データ
空調設定温度	夏期(6-9月):26℃、冬期(12-3月):22℃ 中間期(4.5,10,11月):24℃、
隙間風	換気回数:0.2回/h
ゾーン間換気	境界1mあたりの風量:250CMH/m
ゾーン空調	外気取入量:3.0CMH/m <sup>2</sup>
隣室温度差係数	空調:0.1、非空調:0.3
内部発熱	機器:10W/m <sup>2</sup> 、照明:10W/m <sup>2</sup> 、人数:0.15人/m <sup>2</sup>
DS自然換気期間	1-4月:閉鎖、5-10月:開放、11-12月:閉鎖
DS上下換気口	有効開口面積:0.15m <sup>2</sup> /m
DSブラインド仕様	ブラインド色:白色、ブラインド操作:常時閉

は窓際から5mの範囲とし、コア部は隣室温度差係数を使用する計算により影響を考慮した。

### 3.2 6件のDS建築の熱負荷の傾向

図4に、6件のDS建築の年積算室顕熱負荷を示す。DS採用効果を確認するために、DSを一般窓の透明単板ガラスやLow-E複層ガラスに変更したケースも加えた。また、透明単板ガラスの一般窓のケースに対する負荷低減率も示した。東京・大阪のA～Eビルは暖房室負荷より冷房室負荷の方が非常に多く、北海道のFビルでは冷房室負荷と暖房室負荷が半々の値を示している。また各ガラス種類による室負荷削減量は、A～Eビルは冷房・暖房共に5～50MJ/m<sup>2</sup>程度であるが、Fビルでは透明単板に対しDS・Low-Eの暖房室負荷削減量が非常に多い。さらに冷房・暖房室負荷の合計値を比較すると、DSの場合各ビルとも250MJ/m<sup>2</sup>程度を示しており殆ど差が無い。次に透明単板に対するDSの負荷低減率に着目すると、最も高い低減率を示したのがFビルで、透明単板とDSを比べるとおよそ40%室負荷を削減している。以上を踏まえると寒冷地の建物ほどDSの効果が高い事がうかがえる。一方最も低い低減率を示したのがDビルであるが、これは床面積が最も多くインテリアの割合が多いため変化が少なかった事が考えられる。他の建物もばらつきがあるものの、床面積が大きいほど低減率は低くなる。

図5に各DS建築の1月・8月におけるDS平均状態値を示す。DS温度は1月の場合15℃程度で、8月の場合30℃程度となっている。自然換気量は複数階タイプのDSほど多いが室負荷への影響はあまりない。ブラインドを常に使用しているためDS奥行の変化による影響もあまりない。

### 3.3 Bビルにおける熱負荷解析

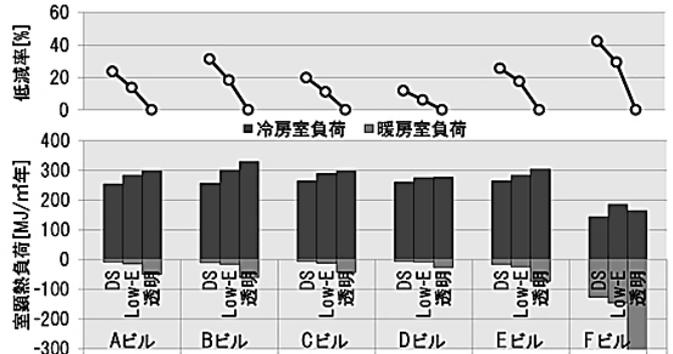
Bビルを取りあげて、詳しい解析を行った。図6に、ゾーン別室負荷を示した。ペリメータゾーンに比べインテリアゾーンの室負荷は小さい。また窓面日射量の多い方位のペリメータゾーンほど合計室負荷が大きい。透明単板ガラス一般窓に対するDSの負荷低減率は、50%程度である。

図7は、建物形状を変更した場合の室顕熱負荷をゾーン別に比較したものである。床面積を50%にした場合、冷房負荷は減るものの、暖房負荷が増えるため基準時より大きい負荷となった。窓面積を50%とすると、暖房負荷は少し増加するものの冷房負荷が削減され、総合的に基準より良好な結果となった。南西と北東の2方位の窓を閉鎖し壁とした場合、日射量の多い南西方位では冷暖合計で50MJ/m<sup>2</sup>程度減少しているが、日射量の少ない北東方位ではあまり変化しなかった。

## 4. 結論

文献調査とシミュレーションを行う事で、近年のダブルスキン建築の仕様の傾向を踏まえた上で、その熱負荷・熱性能の特徴を明らかにした。

【文献】1) 守・郡・石野：高性能窓システムの仕様と熱性能の動向解析、日本建築学会大会学術講演梗概集D-2、pp.1253-1256、2012.9



【図4注記】Low-E・透明とはDSに対してLow-E複層、透明単板の一般窓に変更したケース。低減率とは透明単板ガラス一般窓のケースに対する冷暖房合計年積算室負荷の比。

図4 冷房・暖房別年積算顕熱室負荷および低減率

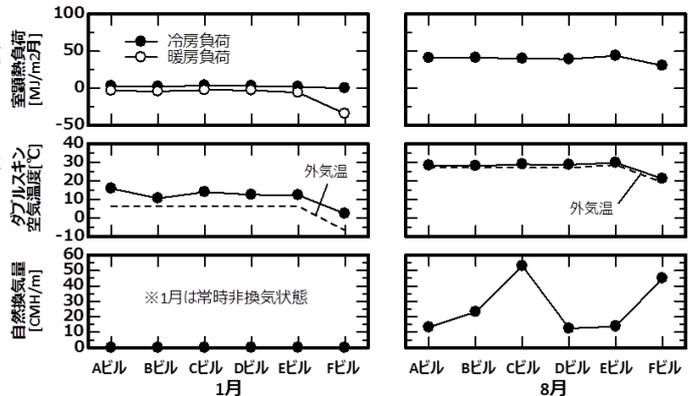


図5 冬期・夏期におけるDS熱性能値

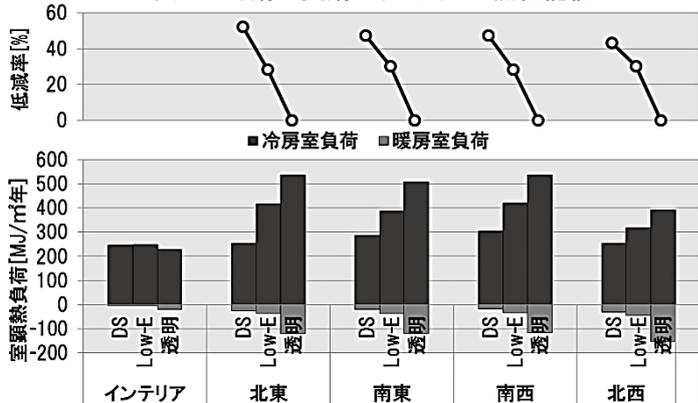


図6 ゾーン別年積算室顕熱負荷 (Bビル)

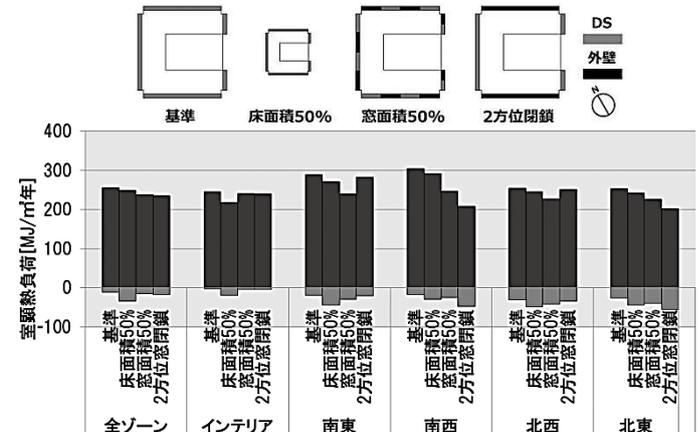


図7 建物条件と年積算室顕熱負荷 (Bビル)

\*千葉大学大学院 (当時宇都宮大学)

\*Chiba Univ.

\*\*宇都宮大学大学院工学研究科 教授・工博

\*\* Prof, Graduate School of Engineering, Utsunomiya Univ., Dr.Eng

\*\*\*首都大学東京大学院 名誉教授・工博

\*\*\*Emeritus Prof., Tokyo Metropolitan Univ., Dr.Eng