

寒冷地型ダブルスキンの熱負荷低減手法に関する研究
その2 熱負荷低減手法による省エネルギー効果の検証

正会員 ○畑中 壮大*1 同 菊田 弘輝*2
同 絵内 正道*3 同 羽山 広文*4
非会員 佐藤 秀紀*1

ダブルスキン 数値解析 年間冷暖房負荷

1. 研究の背景・目的

近年の事務所建物では、ガラスの多用された透明性の高い建物が多くなってきており、寒冷地においてもその傾向が見受けられる。ガラスを採用することで、自然採光の有効利用など長所も多いが、その一方で、夏期における日射負荷の増大など、不快な室内環境をつくることにもなりかねない。これらガラス建築の持つ短所への対処方法として、ダブルスキン(DS)を採用する事例が多くなってきている。

DSの性能は外界条件や使用素材、運用状況等により変動するため、DSの省エネルギー効果を最適に評価するには、夏期や冬期等の期間毎ではなく、年間を通した性能を把握する必要がある。本研究は、年間を通した数値解析を行い、寒冷地におけるDSの有用性、並びにDSの熱負荷低減手法を探ることを目的とする。本報では、熱負荷低減手法による省エネルギー効果について検証する。

2. 数値解析概要

2.1 計算モデル

DSの性能はDS内の通風量によって大きく変動するため、熱系と空気系を連成させた計算を行う必要がある。そのため本研究では、非定常解析法(逐次積分法)と換気回路網との連成解析を試み、年間冷暖房負荷を評価の対象とした。建物モデルは、延床面積7360[m²]のRC造外断熱建物10階建を想定し、DSを設置している3~10階を計算対象とした(図1)。外界条件はHASP気象データを使用し、札幌と東京の2地域で計算を行った。

2.2 分析方法

年間冷暖房負荷に対する各パラメータの関係を効率的かつ合理的に評価する方法としてタグチメソッドを用いた(図2)。各パラメータの組合せが均等になるようにパラメータと水準をL₁₈直交表に割り付け、その組合せで年間冷暖房負荷を算出し、その結果からSN比平均値と影響度を求めた(表1, 2)。

SN比とは信号(データ)とノイズ(誤差)の比で、機能の安定性を評価する尺度である。本研究では望小特性のSN比を用いて分析を行った((1)式)。

SN比平均値から熱負荷低減に寄与するパラメータの水準、SN比影響度から各パラメータで水準を変えた場合の年間冷暖房負荷への影響度を把握することができる。また、SN比平均値を最大とするパラメータの組合せが最も年間冷暖房負荷を小さくする仕様となる。

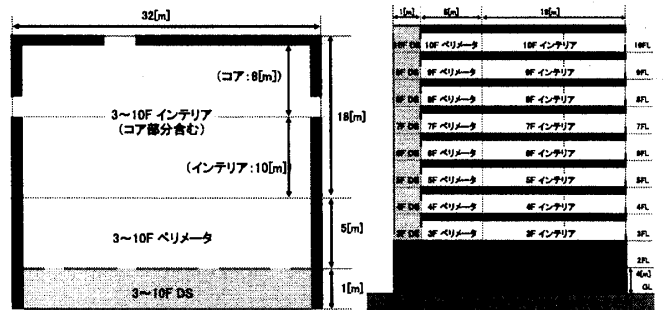


図1 建物モデル



図2 分析フロー

表1 パラメータ

要因	第1水準	第2水準	第3水準
要因1 自然換気(中間)	有	無	有(ダミー)
要因2 ナイトバーン(夏・中間)	有	無	有(ダミー)
要因3 DS内空気利用(冬)	常時ファン運転	DS内28℃以上	無
要因4 DS階数	全層	4層	各層
要因5 DS設置方位	東	南	西
要因6 外側ガラス日射遮蔽性能	$\eta=0.48$	$\eta=0.63$	$\eta=0.78$
要因7 内側ガラス断熱性能	$K=1.8\sim1.8$	$K=2.4\sim2.6$	$K=3.2\sim3.4$
要因8 内側ガラス日射遮蔽性能	$\eta=0.33\sim0.35$	$\eta=0.48\sim0.50$	$\eta=0.62\sim0.64$

表2 解析Case

No.	自然換気	ナイトバーン	DS内空気利用	DS階数	DS設置方位	外側ガラス日射遮蔽性能	内側ガラス断熱性能	内側ガラス日射遮蔽性能
1	有	有	常時ファン運転	全層	東	$\eta=0.48$	$K=1.8\sim1.8$	$\eta=0.33\sim0.35$
2	有	有	DS内28℃以上	4層	南	$\eta=0.63$	$K=2.4\sim2.6$	$\eta=0.48\sim0.50$
3	有	有	無	各層	西	$\eta=0.78$	$K=3.2\sim3.4$	$\eta=0.62\sim0.64$
4	有	無	常時ファン運転	全層	南	$\eta=0.63$	$K=3.2\sim3.4$	$\eta=0.62\sim0.64$
5	有	無	DS内28℃以上	4層	西	$\eta=0.78$	$K=1.8\sim1.8$	$\eta=0.33\sim0.35$
6	有	無	無	各層	東	$\eta=0.48$	$K=2.4\sim2.6$	$\eta=0.48\sim0.50$
7	有	有(ダミー)	常時ファン運転	4層	東	$\eta=0.78$	$K=2.4\sim2.6$	$\eta=0.62\sim0.64$
8	有	有(ダミー)	DS内28℃以上	各層	南	$\eta=0.48$	$K=3.2\sim3.4$	$\eta=0.33\sim0.35$
9	有	有(ダミー)	無	全層	西	$\eta=0.63$	$K=1.8\sim1.8$	$\eta=0.48\sim0.50$
10	無	有	常時ファン運転	各層	西	$\eta=0.63$	$K=2.4\sim2.6$	$\eta=0.33\sim0.35$
11	無	有	DS内28℃以上	全層	南	$\eta=0.78$	$K=3.2\sim3.4$	$\eta=0.48\sim0.50$
12	無	有	無	4層	東	$\eta=0.48$	$K=1.8\sim1.8$	$\eta=0.62\sim0.64$
13	無	無	常時ファン運転	4層	西	$\eta=0.48$	$K=3.2\sim3.4$	$\eta=0.48\sim0.50$
14	無	無	DS内28℃以上	各層	東	$\eta=0.63$	$K=1.8\sim1.8$	$\eta=0.62\sim0.64$
15	無	無	無	全層	南	$\eta=0.78$	$K=2.4\sim2.6$	$\eta=0.33\sim0.35$
16	無	有(ダミー)	常時ファン運転	各層	南	$\eta=0.78$	$K=1.8\sim1.8$	$\eta=0.48\sim0.50$
17	無	有(ダミー)	DS内28℃以上	全層	西	$\eta=0.48$	$K=2.4\sim2.6$	$\eta=0.62\sim0.64$
18	無	有(ダミー)	無	4層	東	$\eta=0.63$	$K=3.2\sim3.4$	$\eta=0.33\sim0.35$

SN比 = $10 \log(1/y^2)$ (1) y: 各Caseの年間冷暖房負荷

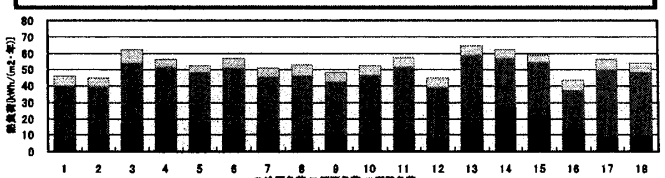


図3 年間冷暖房負荷(札幌)

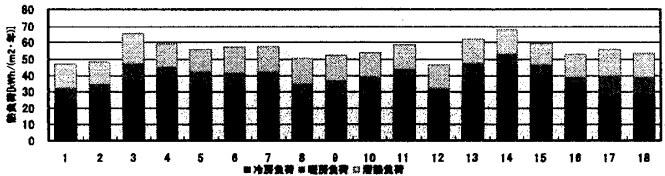


図4 年間冷暖房負荷(東京)

A Study on Thermal Load Reduction Method for Double Skin in Cold Regions
Part2 Energy Saving Effect of Thermal Load Reduction Method

HATANAKA Masahiro et al.

3. 解析結果

3.1 各パラメータの比較

両地域における年間冷暖房負荷(図3, 4)より, SN比平均値(図5, 6)とSN比影響度(図7)を算出した。

札幌では内側ガラスの断熱性能による影響度が最も大きく, 断熱性能の高いガラスの使用が有効であった。内外ガラスの日射遮蔽性能は, 夏期(日射遮蔽)と冬期(日射取得)の影響が打ち消しあい, 大きな差は見られなかった。また, DSを南側に設置することで, 冬期の日射取得による暖房負荷低減効果が確認できた。

一方, 東京では冷房負荷が大きいいため, 日射遮蔽性能の高いガラスの使用が有効であった。また, 札幌と同様に, 内側ガラスの断熱性能を上げることで熱負荷低減効果があることが分かった。

両地域共にナイトパージによる影響度が大きくなっており, 夜間の冷涼な外気を利用することで冷房負荷を低減できることを確認した。

3.2 省エネルギー効果

熱負荷低減に寄与する上位3パラメータの省エネルギー効果を検証した(表3, 図8, 9)。

札幌において内側ガラスの断熱性能を変更(第2水準→第1水準)した場合, 暖房負荷が削減され, 9.7[%]の熱負荷低減効果が得られた。また, DS方位を変更した場合, 冬期における日射の影響により暖房負荷が削減され, 東→南:11.1[%], 西→南:13.7[%]の熱負荷低減効果が得られた。このことから寒冷地の冬期においても, DSを使用することで省エネルギー効果を期待できることが確認できた。

東京において内外ガラスの日射遮蔽性能を変更しても大きな低減効果は得られず, 第3水準と第1水準の差は5[%]程度であった。このことからガラスの日射遮蔽性能だけではなく, ブラインド等を使用する必要があると推測される。

ナイトパージを行うことで札幌では16[%], 東京では11[%]の熱負荷低減効果が得られ, 寒冷地特有の冷涼な外気利用による省エネルギー効果が最も大きかった。

4. 総括

非定常解析法(逐次積分法)と換気回路網との連成解析により, 寒冷地におけるDSの有用性, 並びにDSの熱負荷低減手法について検討した。

寒冷地では断熱性能の高いガラスを使用し, 南面にDSを設置することで熱負荷を低減できることを確認した。また, 自然換気やナイトパージなど, 寒冷地特有の冷涼な外気を積極的に利用することで, 更なる省エネルギー化につながることを確認した。

- *1 株式会社 北海道日建設計
- *2 北海道大学大学院工学研究科 助教・博士(工学)
- *3 北海道大学 名誉教授・工博
- *4 北海道大学大学院工学研究科 准教授・博士(工学)

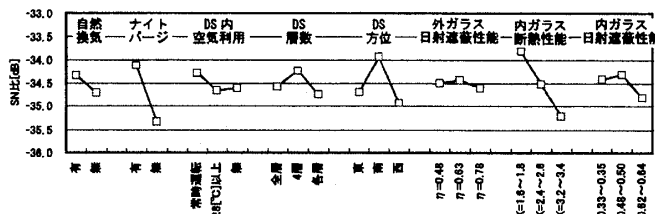


図5 SN比平均値(札幌)

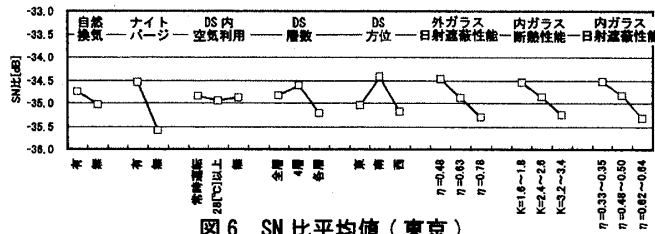


図6 SN比平均値(東京)

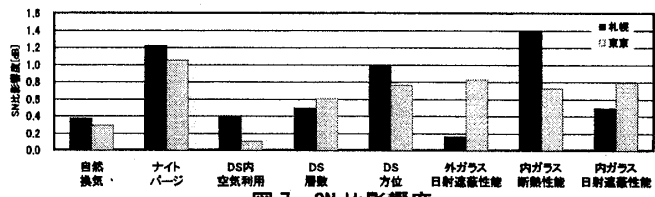


図7 SN比影響度

表3 熱負荷低減に寄与する上位3パラメータの水準

地域	第1位	第2位	第3位
札幌	内側ガラス断熱性能 (第1水準: K=1.8~1.8)	ナイトパージ (第1水準: 有)	DS方位 (第2水準: 南)
東京	ナイトパージ (第1水準: 有)	外側ガラス日射遮蔽性能 (第1水準: η=0.48)	内側ガラス日射遮蔽性能 (第1水準: η=0.33~0.35)

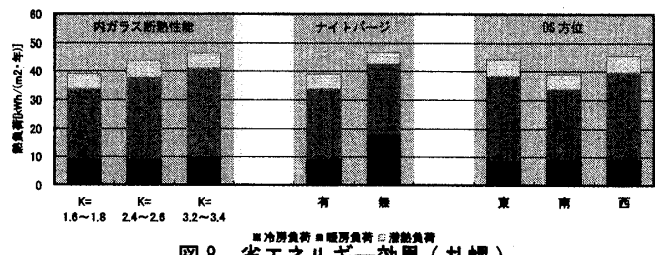


図8 省エネルギー効果(札幌)

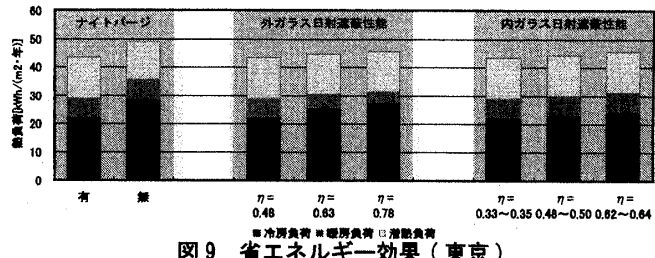


図9 省エネルギー効果(東京)

【参考文献】

- 1) 荒谷登, 鈴木憲三: 建築家のための熱環境解析入門, 北海道大学図書刊行会
- 2) 石原正雄: 建築換気設計, 株式会社 朝倉書店
- 3) 渡部義晴: 実践タグチメソッド, 日科技連
- 4) 空調調和衛生工学便覧[第13版] 1.基礎編, 3.空調調和設備設計編: 空調調和・衛生工学会
- 5) 田中俊六, 武田仁, 岩田利枝, 土屋喬雄, 寺尾道仁: 最新建築環境工学[改訂3版], 株式会社 井上書院
- 6) 鉾井修一, 池田哲郎, 新田勝通: エース建築環境工学II, 株式会社 朝倉書店

Hokkaido Nikken Sekkei Corporation
 Assis. Prof., Graduate School of Eng., Hokkaido Univ., Dr. Eng.
 Professor Emeritus, Hokkaido Univ., Dr. Eng.
 Assoc. Prof., Graduate School of Eng., Hokkaido Univ., Dr. Eng.