

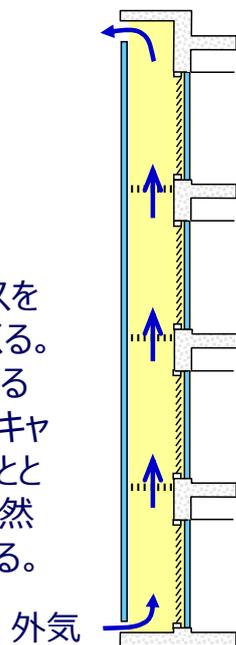
## 高性能窓システムの熱性能

BEST建築計算例

## 高性能窓システムとは

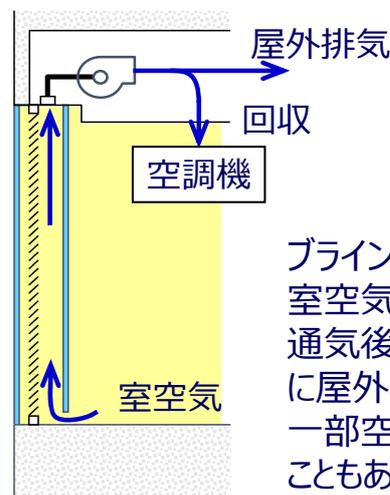
高性能窓システムは、窓内に外気や室空気を通すことにより、窓の熱性能を向上させる手法を指す。代表的な高性能窓システムに、ダブルスキン(DSF)やエアフローウィンドウ(AFW)がある。

外皮の外側にガラスを張り温室空間をつくる。日射遮蔽性を高めるために、ブラインドをキャビティ側に設置するとともに、キャビティを自然換気できるようにする。



ダブルスキン(DSF)

## 高性能窓システムとは



ブラインド内蔵窓に室空気を通す。通気後は、基本的に屋外へ排気するが、一部空調機に戻すこともある。

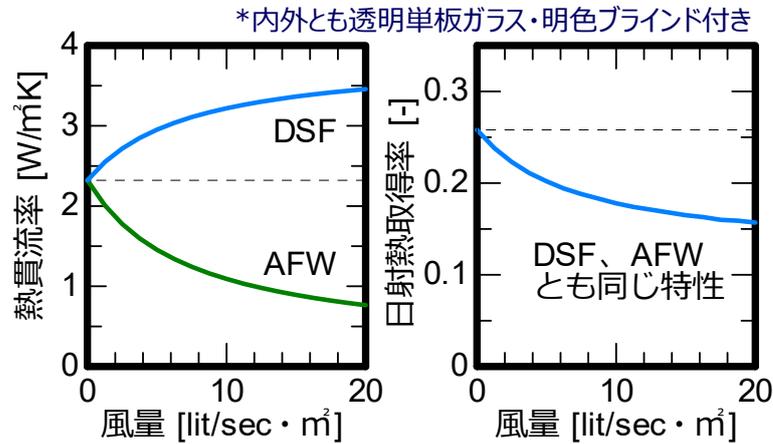
エアフローウィンドウ(AFW)

## ❶ 断熱性能

内部に外気を通すDSFは低下、室空気を通すAFWは向上する。

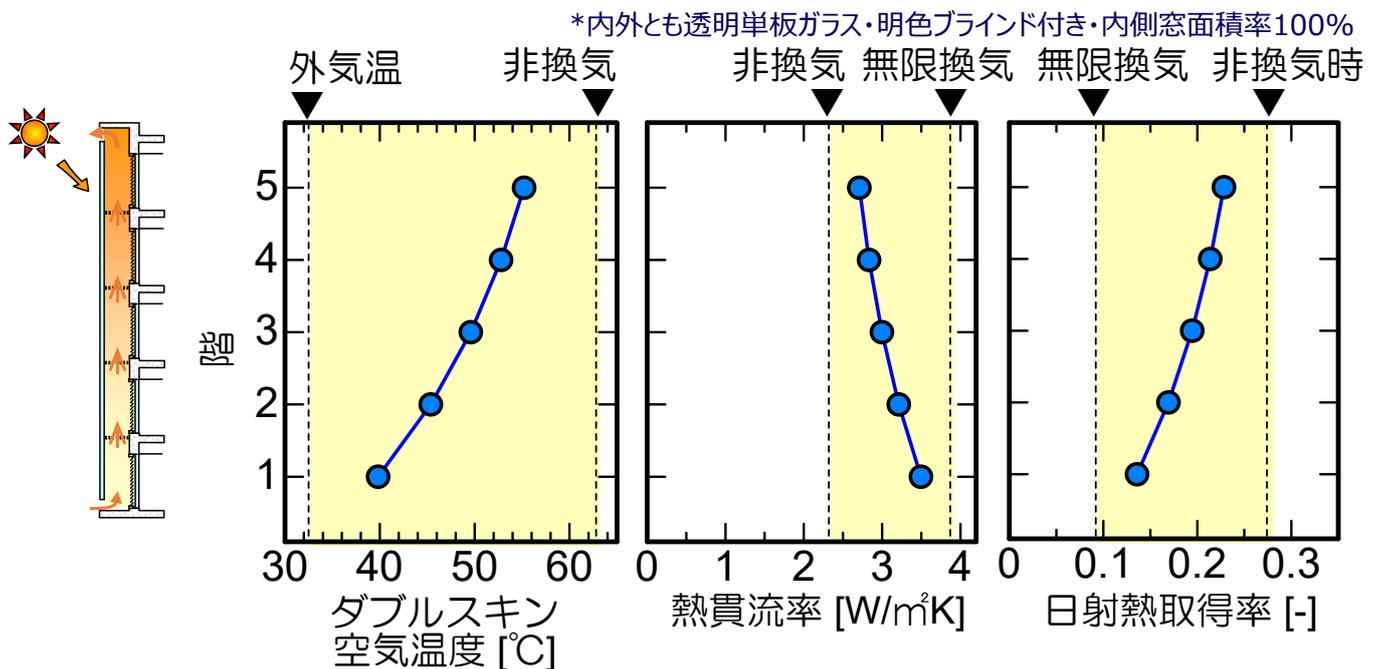
## ❷ 日射遮蔽性

内部に外気を通して室空気を通して、同じ日射遮蔽性能が得られる。  
換気・通気による日射熱の排出効果をもつため、ブラインドの使用が重要である。



DSFとAFWの熱性能風量特性の例

多層吹抜DSFの内部を自然換気すると上下温度分布が生じ、その結果、層により熱貫流率や日射熱取得率が変化する。



自然換気時のDSF熱性能値の上下分布

DSF、AFWの熱貫流率、日射熱取得率、さらにキャビティ空気温度は、共通の理論式で表すことができる。

## 窓システム(DSF・AFW)の空気流入層からn層目の熱性能

熱貫流率 [W/m <sup>2</sup> K]	$U_V = U + \Delta U \cdot r^n$
日射熱取得率 [-]	$\eta_V = \eta + \Delta\eta \cdot r^n$
通気効果率 [-]	$r = c_p \rho V / (K_C + c_p \rho V)$
キャビティ空気温度 [°C]	$t_C = t_{IN} + \Delta t_C (1 - r^n)$

ただし、  
 $\Delta t_C = T_O(t_{Oe} - t_{IN}) + (1 - T_O)(t_{Re} - t_{IN}) + T_{SR} \cdot I$

$V$  : 通気量[lit/sec・m<sup>2</sup>]

$U$ 、 $\eta$  : 非通気時の熱貫流率[W/m<sup>2</sup>K]、日射熱取得率[-]

$\Delta U$ 、 $\Delta\eta$  : 無限風量を通したときの極限効果[W/m<sup>2</sup>K]、[-]

$K_C$  : 窓内対流熱取得係数[W/m<sup>2</sup>K]、 $c_p$ 、 $\rho$  : 空気の比熱[J/gK]、密度[g/lit]

$\Delta t_C$  : 非通気時の温度変化量(流入空気温度基準)[K]

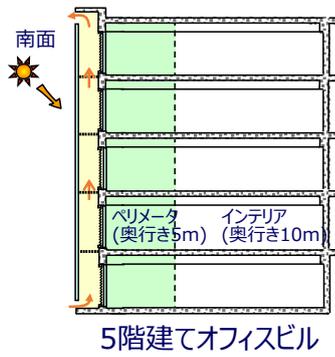
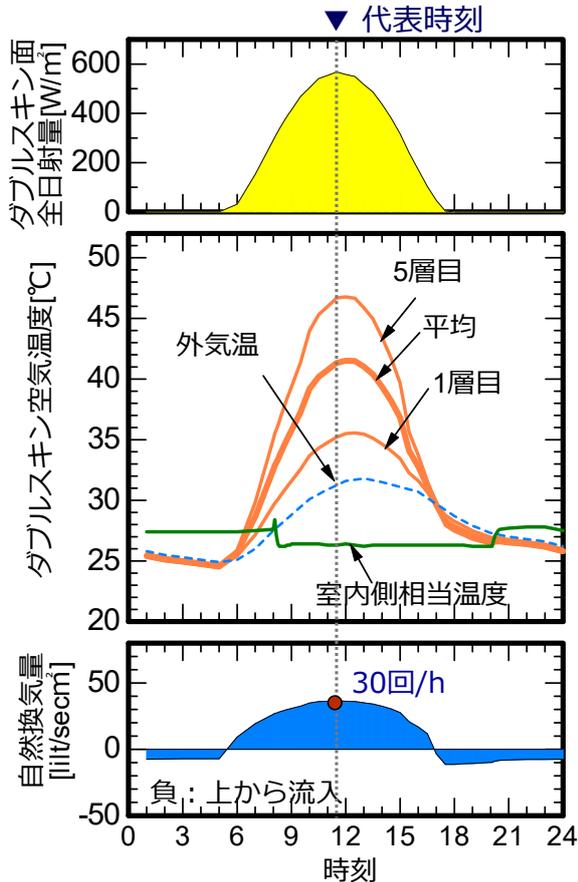
$t_{IN}$ 、 $t_{Oe}$ 、 $t_{Re}$  : 流入空気温度、外側相当温度、内側相当温度[°C]、 $I$  : 外表面日射量[W/m<sup>2</sup>]

$T_O$ 、 $T_{SR}$  : 貫流、日射用温度重み係数[-]、[Km<sup>2</sup>/W]

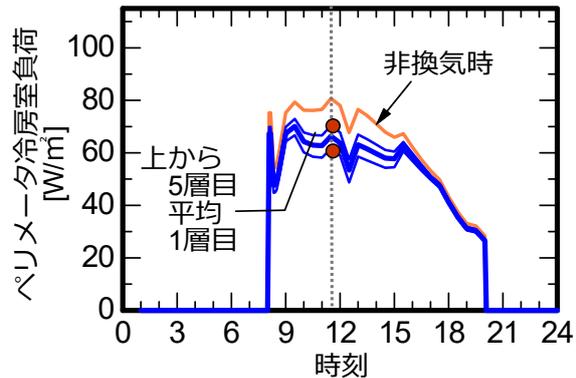
\* 緑字はデータベース化された特性値

- ① 計算例1** 最大熱負荷計算  
 多層吹抜DSF建築の冷房負荷  
 DSFキャビティの上下温度分布の影響を受けて、ペリメータゾーンの冷房負荷が階によりどの程度差があるかを検討
- ① 計算例2** 最大熱負荷計算  
 ガラスファサードの方位と冷房最大負荷  
 ガラスファサードの熱性能を高めることにより、冷房最大負荷の方位差をどこまで小さくできるかを検討
- ① 計算例3** 最大熱負荷計算  
 AFWの通気効果と排気回収の影響  
 AFWの通気による室内熱環境の改善効果と通気後に全て屋外排気する場合の熱負荷低減効果、窓排気の一部を空調機に戻す場合の影響を検討
- ① 計算例4** 年間熱負荷計算  
 3つの高性能ファサード(AFW、DSF、ルーバー)の地域適性  
 国内の地域によりどのファサードが適するかを検討

## 計算例1



- ◆ 気象  
東京  
冷房設計用Js-t基準(9/15)
- ◆ ダブルスキン  
外側透明単板  
+内側Low-E複層ガラス  
明色ブラインド付き  
内窓面積率: 70%  
奥行: 0.7m  
換気口有効開口面積:  
上下に0.06m<sup>2</sup>/m

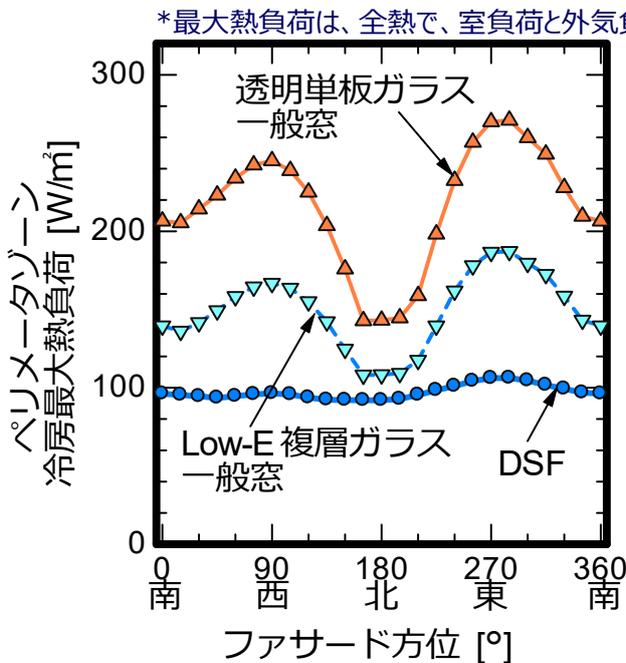


DSF自然換気によりペリメータ冷房負荷が、  
1F 24%減、5F 13%減

## 南面5層吹抜けDSFをもつオフィスの夏期熱特性

BEST建築計算例

## 計算例2



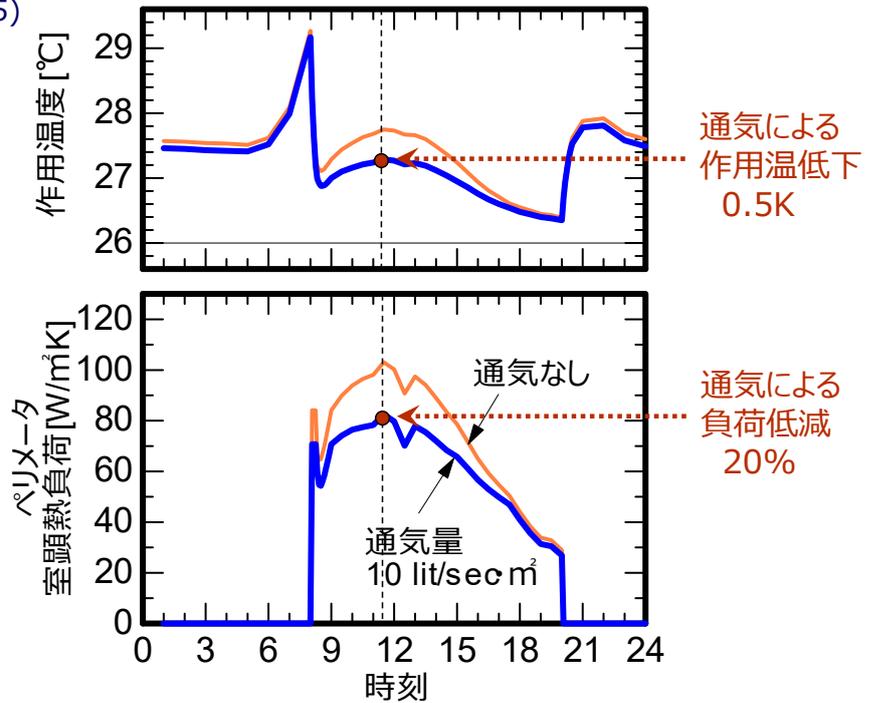
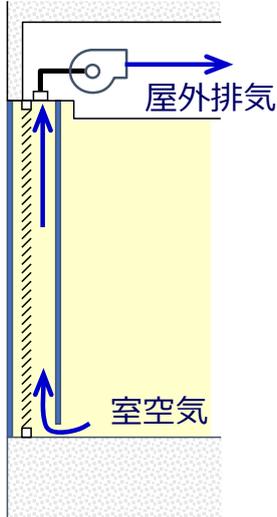
- 計算条件
- ・気象: 東京冷房設計用気象データ
- ・対象室: オフィス(ペリメータゾーン奥行5m)  
窓面積率100%、外気導入量3.75CMH/m<sup>2</sup>
- ・DSF: 単層タイプで自然換気あり  
ガラス: 外側 透明単板  
内側 Low-E複層  
明色ブラインド  
換気口有効開口面積:  
上下に0.04m<sup>2</sup>/m
- ・一般窓:  
明色ブラインド(内側)

DSFは、キャビティ内に配置したブラインドの吸収日射を自然換気で排出するので、日射遮蔽性が高い。また、日射が強いほど自然換気が促進され日射遮蔽性が向上するという特長をもつ。DSFを採用することで、方位を気にせず設計できる可能性がある。

## ガラスファサードと冷房最大熱負荷

### 計算例3

- ・気象：東京冷房設計用Js-t基準(9/15)
- ・対象室：オフィス南ゾーン  
ペリメータゾーン奥行き5m
- ・AFW  
窓面積率68% (窓高さ2.7m)  
内外とも透明単板ガラス  
通気量10lit/sec・m<sup>2</sup>(97CMH/m)  
全て屋外排気



高さ2.7mのAFWに約100CMH/mの室空気を通し全て屋外排気すると、AFWの通気により、ペリメータゾーンの作用温度は0.5K低下し、室顕熱負荷は約2割減少。室内熱環境の向上と省エネの両方を確認できる。

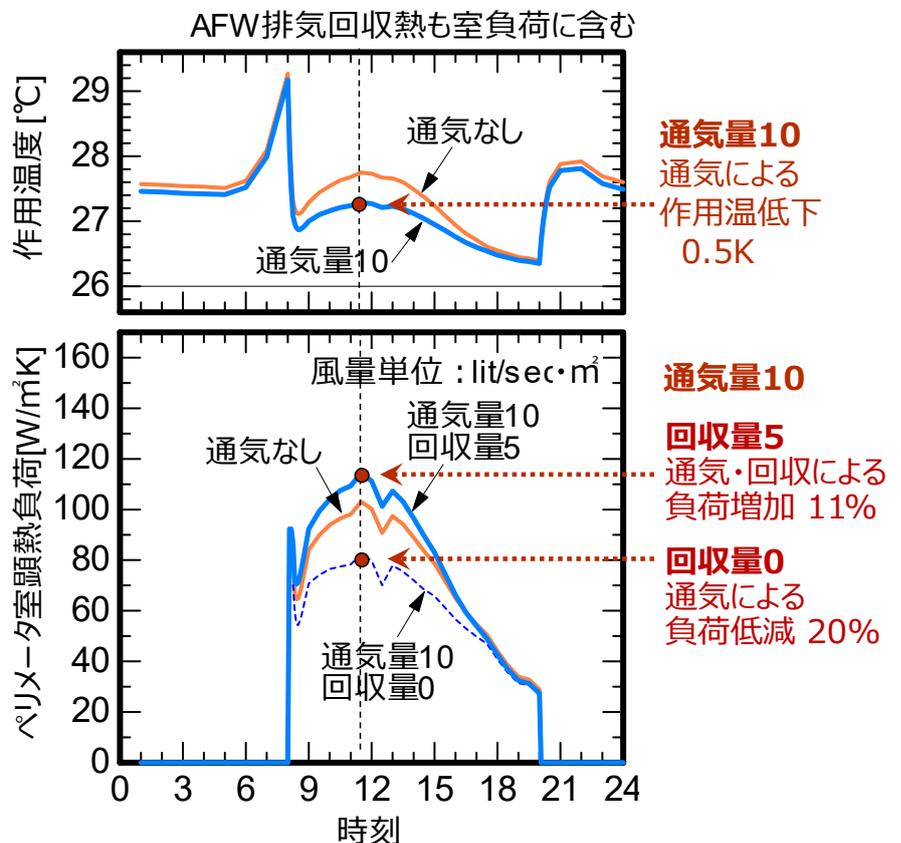
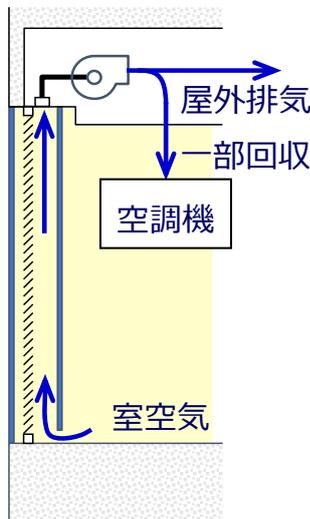
### AFWの通気効果 (オフィス南ゾーン)

9

BEST建築計算例

### 計算例3

- ・AFW  
窓面積率68% (窓高さ2.7m)  
内外とも透明単板ガラス
- ・通気量10lit/sec・m<sup>2</sup>(97CMH/m)  
排気回収0、5lit/sec・m<sup>2</sup>



室内熱環境を良好に保つためにAFWに約100CMH/mの室空気を通すが、50%しか屋外排気できない場合、排気回収熱を上乗せした室顕熱負荷は、通気しないときに対して約1割増加。

### AFWの通気効果と排気回収の影響 (オフィス南ゾーン)

10

BEST建築計算例

## 気象

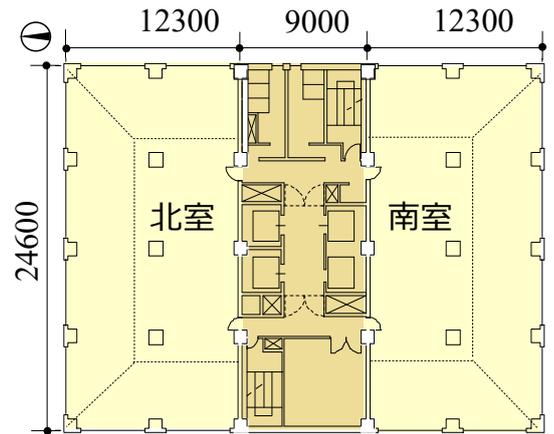
国内836地点EA標準年データ

## 計算対象オフィスビル

- ・窓面積率68%
- ・内部発熱  
照明5W/m<sup>2</sup>、機器10W/m<sup>2</sup>、在室者0.15人/m<sup>2</sup>
- ・空調  
設定温度(年間共通)：上限26℃ 下限22℃  
設計外気量：4.5CMH/m<sup>2</sup>

## ファサードケース

- **ルーバファサード**  
水平ルーバ：奥行・ピッチ比1.0 (外ブラインド状)  
窓：Low-E複層ガラス一般窓
- **高性能DSF**  
内側Low-E複層ガラス、外側透明単板ガラス  
自然換気：夏・中間期は常時、冬はキャビティ温度30℃以上
- **高性能AFW**  
内側透明単板ガラス、外側Low-E複層ガラス  
通気量28CMH/m<sup>2</sup>・全て屋外排気



空調8ゾーン・非空調コア1ゾーン

基準階平面図

## 計算例4

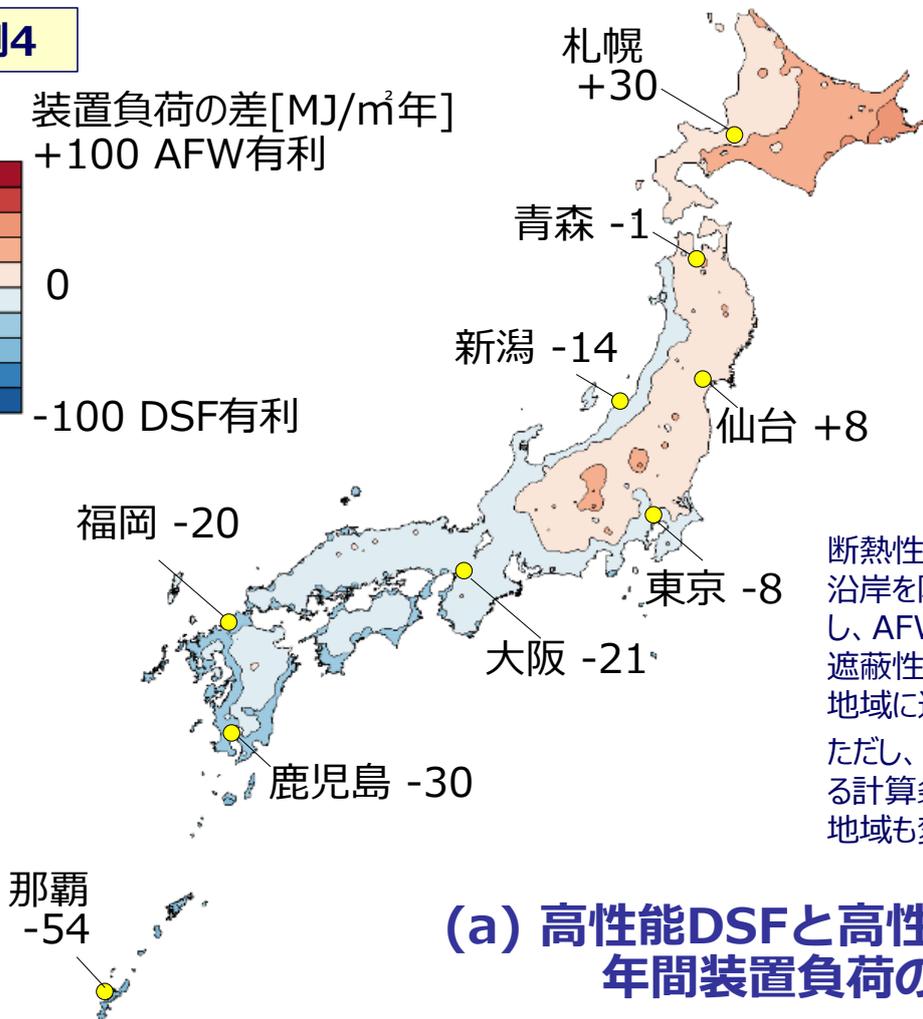
装置負荷の差[MJ/m<sup>2</sup>年]

+100 AFW有利



0

-100 DSF有利

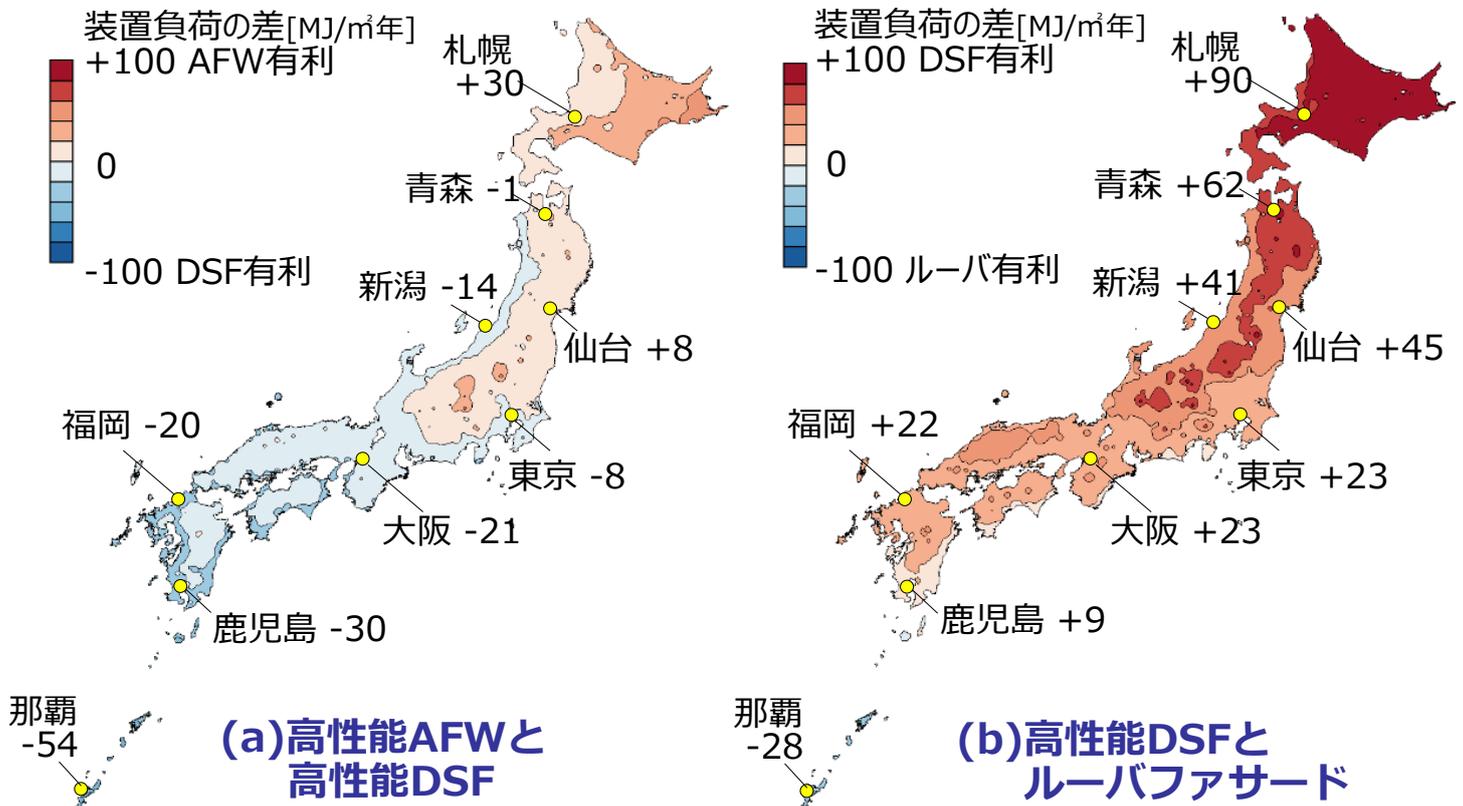


断熱性の高いAFWは、日本海沿岸を除く中部以北の地域に適し、AFWより断熱性が低く日射遮蔽性の高いDSFは、その他の地域に適する。

ただし、AFW通気量をはじめとする計算条件が変わると、適する地域も変わる。

(a) 高性能DSFと高性能AFWの  
年間装置負荷の差

## 計算例4



(b)より、DSFより日射遮蔽性が高く断熱性の低いルーバファサードは、鹿児島離島と沖縄に適する。2つのカラーマップから、AFWは寒冷地から温暖地に、DSFは温暖地から暑熱地に、ルーバファサードは暑熱地に適することがわかる。

## 年間装置負荷の差 13

BEST建築計算例

## 参考文献

- 1) 郡・石野：熱負荷計算のための窓性能値に関する研究 第3報 ダブルスキン、エアフローウィンドウの熱性能式の提案、日本建築学会環境系論文集Vol.77、No.682、pp.997-1002、2012.12
- 2) 郡・石野・長井・村上周三：外皮・躯体と設備・機器の総合エネルギーシミュレーションツール「BEST」の開発（その116）BESTへの高性能窓システム新計算法の導入、空気調和・衛生工学会学術講演論文集、pp.17-20、2013.9
- 3) 郡：外皮の高性能化技術の変遷と性能予測、日本建築学会シンポジウム「多角的な視点から見た今後の外皮性能のあり方」、pp.1-6、2019.3
- 4) BEST-P 建築操作マニュアル、[https://www.ibec.or.jp/best/tec\\_info.html](https://www.ibec.or.jp/best/tec_info.html)
- 5) TRYBEST、[https://www.ibec.or.jp/best/tec\\_info.html](https://www.ibec.or.jp/best/tec_info.html)