

自然換気システムの評価・設計法の開発

国立研究開発法人建築研究所

環境研究グループ

赤嶺嘉彦

内容

- I. はじめに
- II. 建築研究所と省エネルギー基準の関係
- III. 自然換気システムの運用実態
- IV. 自然換気システムの評価・設計法の開発への取り組み
- V. おわりに

はじめに(1)

- 対象とする自然換気システム
 - 事務所ビルなどの非住宅建築物に採用されるもの
 - 外部風や室内外の温度差によって、冷涼な外気の取り入れと室内で発生した熱を排気し、室温調節と冷房負荷の削減を行うもの

非住宅建築物は、OA機器や人体等からの発熱が多く、冷房負荷が大きくなる傾向があり、自然換気による省エネ効果への期待が高い。

開口部の例

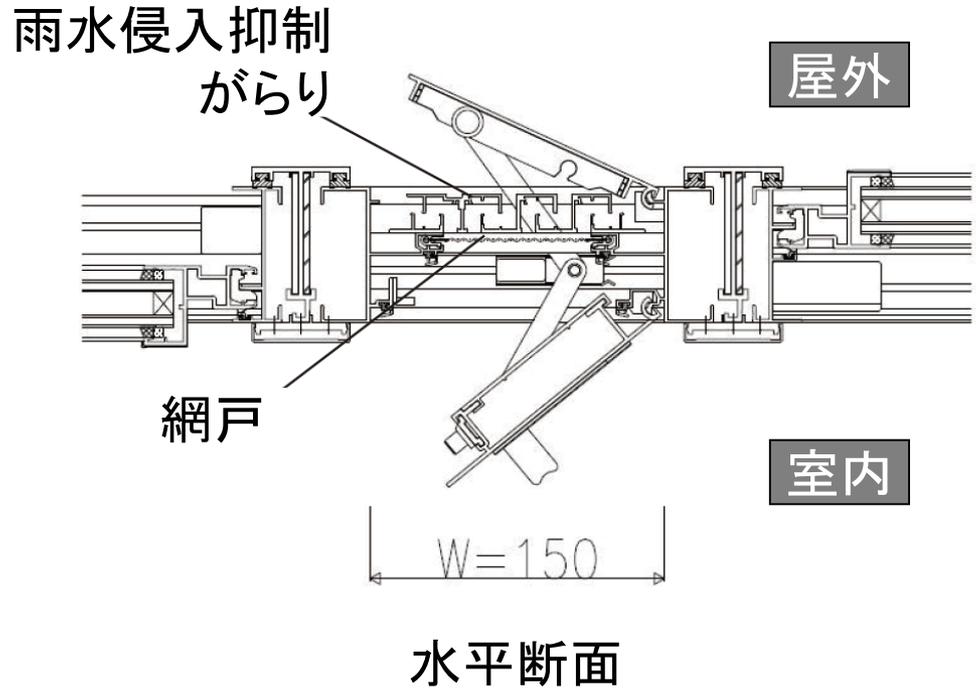
- 窓（採光や眺望を兼ねるもの）



提供：LIXIL

開口部の例

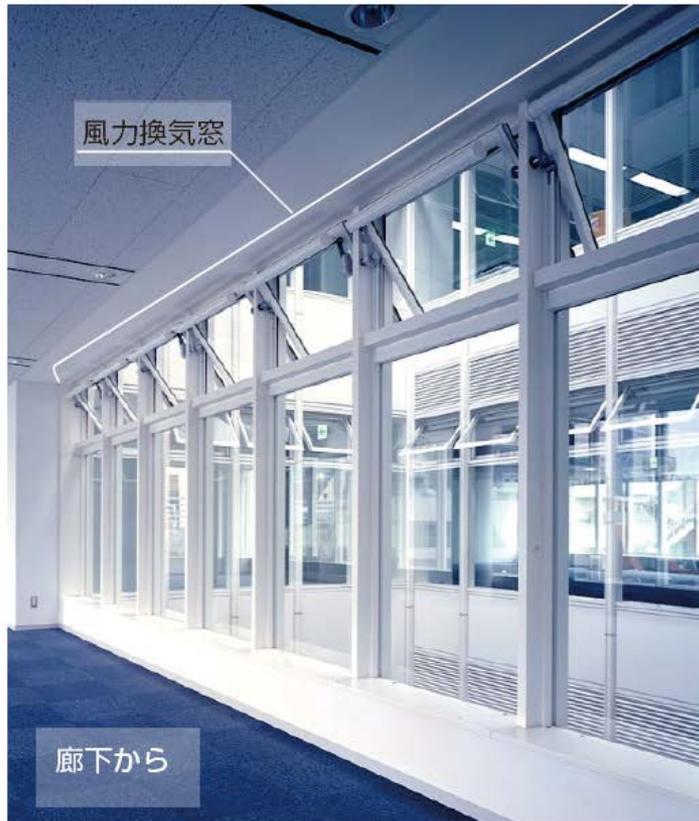
- 窓（採光や眺望を兼ねるもの）＋ 自然換気部材



提供: YKK AP

開口部の例

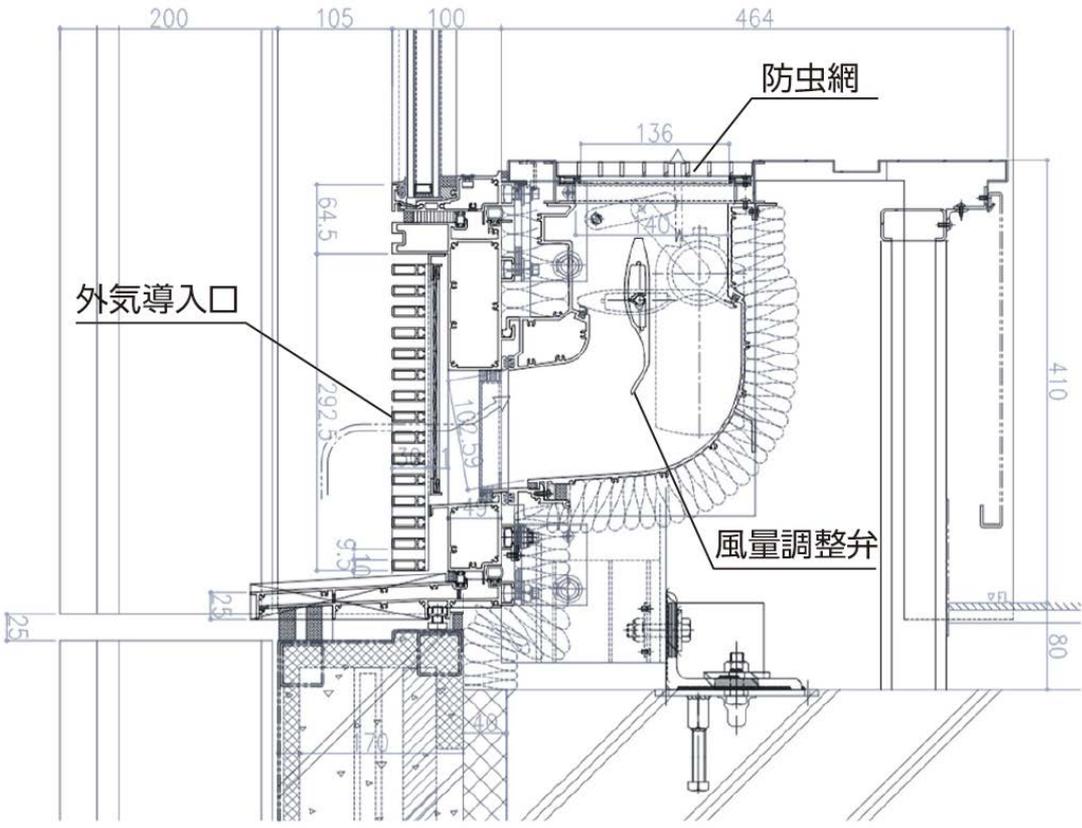
- 窓（排気用）



提供：三協立山

開口部の例

- 自然換気部材（主に外気取入れ用）

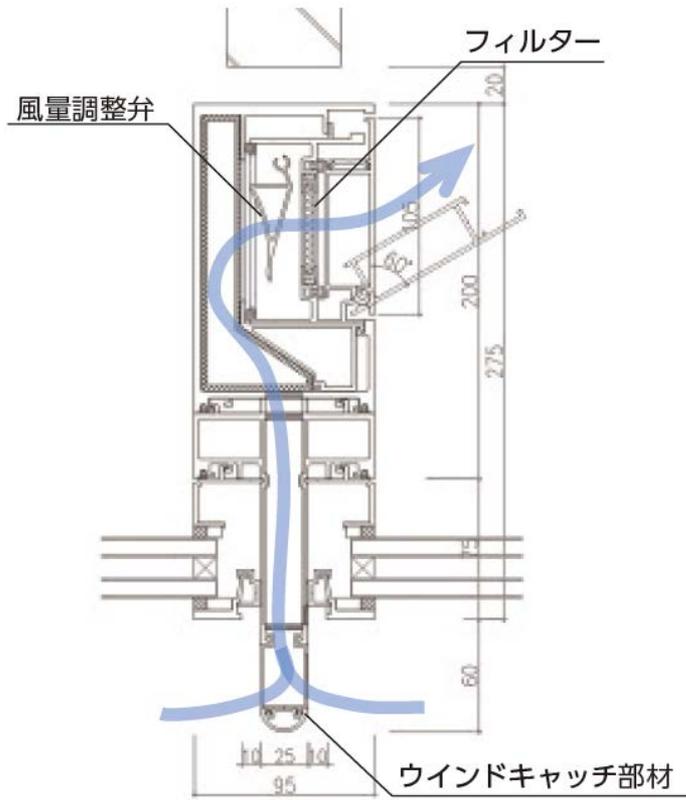


鉛直断面

提供：三協立山

開口部の例

- 自然換気部材（主に外気取入れ用）



水平断面

提供：三協立山

はじめに(1)

- 対象とする自然換気システム
 - 事務所ビルなどの非住宅建築物に採用されるもの
 - 外部風や室内外の温度差によって、冷涼な外気の取り入れと室内で発生した熱を排気し、室温調節と冷房負荷の削減を行うもの

非住宅建築物は、OA機器や人体等からの発熱が多く、冷房負荷が大きくなる傾向があり、自然換気による省エネ効果への期待が高い。

はじめに(2)

- 非住宅建築物における省エネルギー基準では、自然換気システムは評価の対象外
 - 自然換気システムが設計どおりに運用されるか？
 - 一般的な設計法が確立されているか？
 - 現状は、各設計者の豊富なノウハウと高度な技術によって自然換気システムの設計がなされることが多い。
 - 省エネ効果について、設計時の何をどのように評価すべきかが定まっていない。

自然換気システムの評価・設計法の開発を実施中

Ⅱ 建築研究所と省エネルギー基準の関係

省エネルギー基準制定の背景と変遷(1)

- S.54 エネルギーの使用の合理化に関する法律(省エネ法)の制定 ← オイルショック
- S.55 省エネ法に基づく省エネ基準の制定(努力義務)
- H.4 住宅における省エネ基準の改正 ← 湾岸戦争
- H.5 非住宅建築物における省エネ基準の改正
- H.11 省エネ基準の改正(水準強化) ← 京都議定書
- H.21 2,000m²以上の非住宅建築物は省エネ基準の評価結果の届出が義務に

省エネルギー基準制定の背景と変遷(2)

H.25 省エネルギー基準の大幅改正

	評価指標	
	改正前	改正後
住宅	外皮性能(Q、 μ)	外皮性能(UA、 ηA)、一次エネルギー消費量
非住宅建築物	PAL、CEC	PAL*、一次エネルギー消費量

H.27 建築物のエネルギー消費性能の向上に関する法律(建築物省エネ法)の制定

H.28 建築物省エネ法に基づく省エネ基準の制定

H.29 2,000m²以上の非住宅建築物は省エネ基準の適合義務

一次エネルギー消費量による評価

共通条件(地域区分、室用途、床面積等)

基準仕様

- 空調エネ消費量
- +
- 換気エネ消費量
- +
- 照明エネ消費量
- +
- 給湯エネ消費量
- +
- 昇降機エネ消費量
- +
- 事務機器等のエネ消費量

- 空調エネ消費量
- +
- 換気エネ消費量
- +
- 照明エネ消費量
- +
- 給湯エネ消費量
- +
- 昇降機エネ消費量
- +
- 事務機器等のエネ消費量

エネ利用効率化設備によるエネ削減量

設計仕様

- 設備の効率化
- 負荷の削減
- 省エネ手法を加味
- 事務機器等の省エネ手法は考慮しない
- エネルギーの創出

基準一次エネ消費量

設計一次エネ消費量

≧

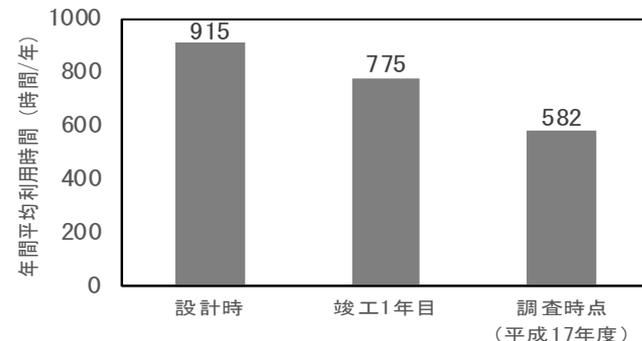


Ⅲ 自然換気システムの運用実態

設計時と運用時の自然換気利用時間の変化

- 山本ら*による自然換気システムの運用実態調査

- 19物件の平均利用時間
 設計時想定: 915時間/年
 竣工1年目: 775時間/年 (-15%)
 調査時点: 582時間/年 (-36%)



- 利用時間減少の理由

- 利用者からの苦情(換気口作動音、異臭・ほこり)
- 換気口制御(開閉の手間、気密性の確保)
- 利用者や管理者の理解が得られない
 苦情発生時に運用停止という安全側の対策へ

建物	用途	設計時	1年目	調査時点 (竣工年数)
A	研究所	1,700	1,700	0 (2年目)
B	オフィス	1,400		一部停止 (1年目)
D	研究所	700	1,000	0 (13年目)
E	オフィス			0 (3年目)
F	研究所			一部停止 (2年目)
G	研究所	980	100	0 (5年目)
H	オフィス			0 (17年目)
I	オフィス	465	35	2,207 (8年目)
J	研究所	860	750	750 (3年目)
K	オフィス	1,300	1,200	1,100 (2年目)
L	オフィス	500	500	500 (5年目)
M	オフィス	400	500	500 (4年目)
N	学校	2,000	1,270	100 (8年目)
O	学校	1,400	1,440	1,700 (3年目)
P	研究所	700	660	660 (3年目)
Q	スポーツ施設	300	350	350 (9年目)
R	スポーツ施設	300	350	750 (3年目)
S	病院	1,500	1,000	700 (4年目)

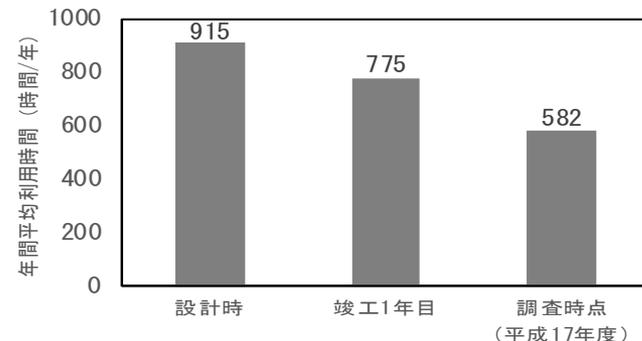
19件中、13件で利用時間減少

*山本他: 自然換気システムの運用実態に関する調査、日本建築学会環境系論文集、第619号、pp.9-16、2007.9

設計時と運用時の自然換気利用時間の変化

- 設計時想定と比べて利用時間が増加、維持されている物件は6件
- 物件I(オフィス)は、設計時の想定465時間/年に対し、竣工後8年目は2,207時間/年と大幅増加
- 利用時間増加の理由
 - 管理者が**自然換気システムの省エネ効果を理解**(竣工後に管理者と設計者が話し合いを実施)

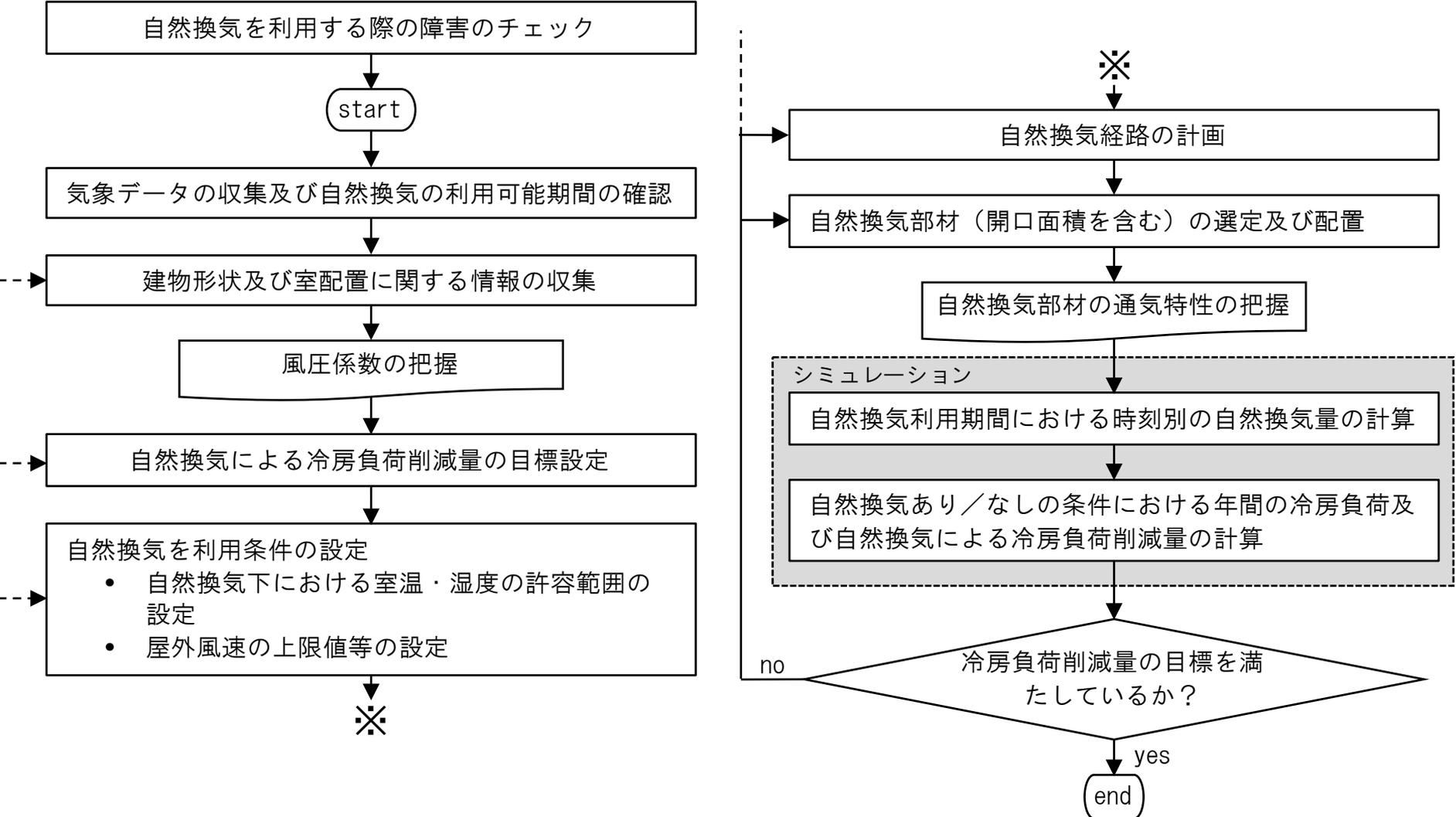
管理者への自然換気の適切な運用に関するマニュアルなどの整備が重要



建物	用途	設計時	1年目	調査時点 (竣工年数)
A	研究所	1,700	1,700	0 (2年目)
B	オフィス	1,400	/	一部停止 (1年目)
C	病院	/	/	夜間停止 (3年目)
D	研究所	700	1,000	0 (13年目)
E	オフィス	/	/	0 (3年目)
F	研究所	/	/	一部停止 (2年目)
G	研究所	980	100	0 (5年目)
H	オフィス	/	/	0 (17年目)
I	オフィス	465	35	2,207 (8年目)
J	研究所	860	750	750 (3年目)
K	オフィス	1,300	1,200	1,100 (2年目)
L	オフィス	500	500	500 (5年目)
M	オフィス	400	500	500 (4年目)
N	学校	2,000	1,270	100 (8年目)
O	学校	1,400	1,440	1,700 (3年目)
P	研究所	700	660	660 (3年目)
Q	スポーツ施設	300	350	350 (9年目)
R	スポーツ施設	300	350	750 (3年目)
S	病院	1,500	1,000	700 (4年目)

IV 自然換気システムの評価・設計法の 開発への取り組み

自然換気システムの設計フロー(図7)



自然換気の運用阻害要因と対策例(表2)

阻害要因	対策例
ほこり	<ul style="list-style-type: none"> ●ほこりの発生源が特定できる場合は、その近くに換気口を設けない。 ●防塵フィルターの採用(ただし、通気抵抗が大きくなる)。 ●粉塵センサーを利用した換気口の開閉制御の導入。
花粉	<ul style="list-style-type: none"> ●換気口内の経路を屈曲形状とする。 ●花粉センサーを利用した換気口の開閉制御の導入。 ●花粉の多い期間の自然換気利用は見込まない。
虫・鳥	<ul style="list-style-type: none"> ●防虫網・防鳥網の設置
におい	<ul style="list-style-type: none"> ●においの発生源が特定できる場合は、その近くに換気口を設けない。
雨水	<ul style="list-style-type: none"> ●換気口周辺の雨仕舞に配慮した建築的工夫。 ●水密性を確保した換気口の採用。 ●降雨センサを利用した換気口自動閉鎖制御の導入。

自然換気の運用阻害要因と対策例(表2)

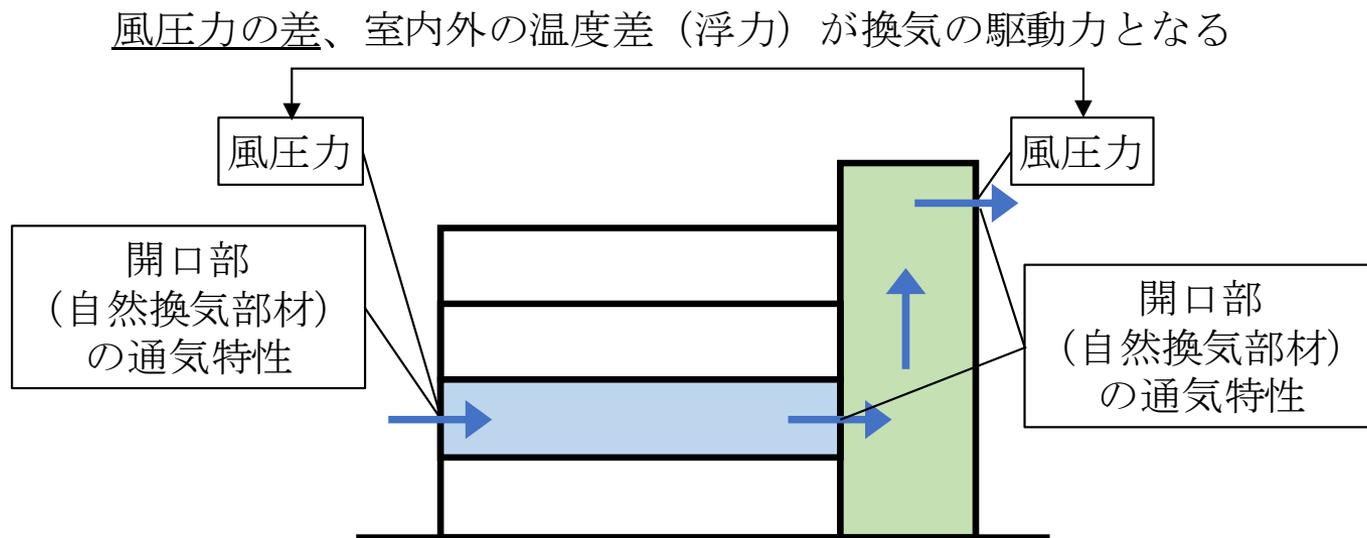
阻害要因	対策例
外部騒音	<ul style="list-style-type: none"> ●吸音材を内蔵した換気口の採用。 ●ダブルスキンやピットなどのバッファ空間を經由した給気経路の確保。
換気口作動音	<ul style="list-style-type: none"> ●作動音の原因は自動開閉のモーター駆動音なので、静穏性が求められる室には、駆動音の小さい換気口を採用。
風切り音	<ul style="list-style-type: none"> ●気密性を確保した換気口の採用。 ●外部風速が速い場合に開度が調整できる換気口の採用。 ●冬期の煙突効果による風切り音に対して室内のエアバランスの確保。
突風	<ul style="list-style-type: none"> ●定風量装置を備えた換気口の採用。 ●外部風速センサによる自動閉鎖制御の導入。
ドラフト	<ul style="list-style-type: none"> ●自然換気を行う際の外気下限温度の調整。 ●共用部などのバッファ空間を經由した給気経路の確保。 ●換気口を人の近くに配置しない。

自然換気の運用阻害要因と対策例(表2)

阻害要因	対策例
煙突効果による建物上部の温度上昇	●吹抜け等の煙突効果を換気駆動力としている場合、上層部で熱気が室へ逆流する場合があるため、中性帯より上となる場合は別の換気経路を設ける。
湿度・乾燥	●自然換気を行う際の外気条件(温度・湿度)の調整。
開閉の手間	●自動開閉制御、閉め忘れ防止制御、手動開放・自動閉鎖とする制御などの採用。
メンテナンス	●点検ルート・スペースの確保。 ●防虫網・防鳥網、換気可動部のメンテナンス計画の策定。

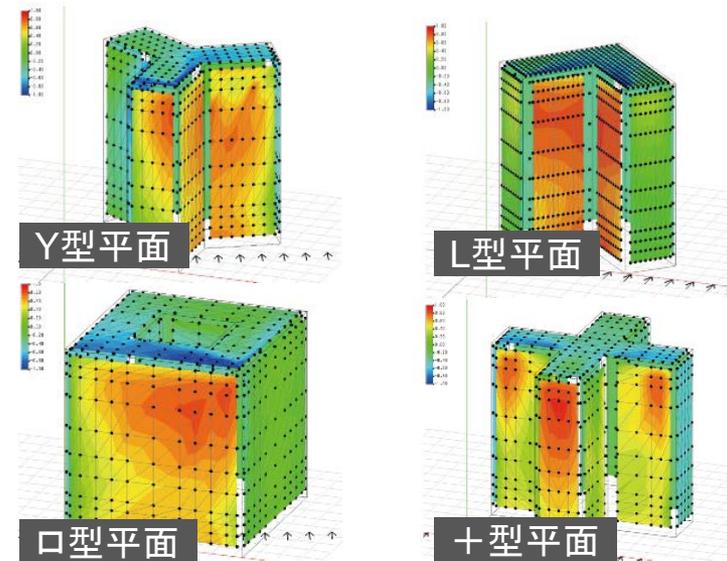
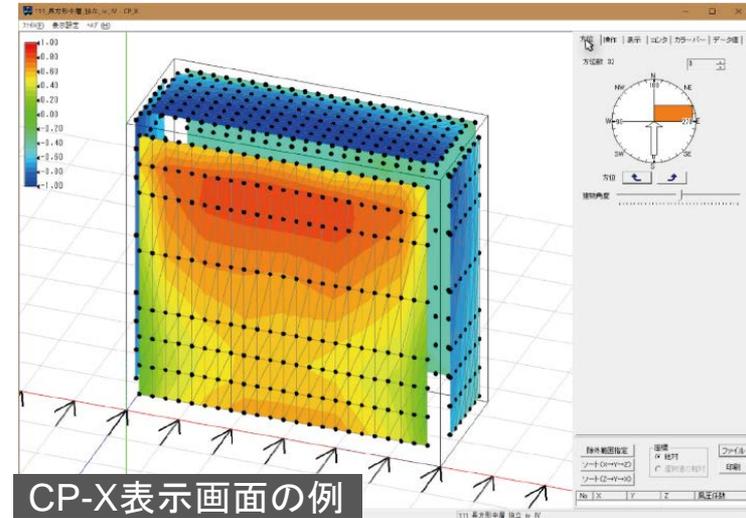
設計に用いるデータの透明性確保

- 自然換気の駆動力は、各開口部に作用する**風圧力の差**と室内外の温度差。
- 風量計算には、外部気象、開口部に作用する風圧力(**風圧係数**)と**開口部の通気特性**(αA やP-Q特性)が必要。



風圧係数データの公開

- 建築研究所を中心とした研究の中で実施した風洞実験^{*1}による風圧係数データを公開
 - － 建築研究資料No.189
 - － データベース+データ管理プログラム(CP-X)をウェブ上に公開^{*2}
 - 長方形平面(隣接建物の有無)、特殊な平面形状(Y、L、口、+、コ、H、へ型)の低層(15m)、中層(30m)、高層(45m)の建物
 - 体育館・工場を想定した屋根形状が異なる建物、戸建住宅

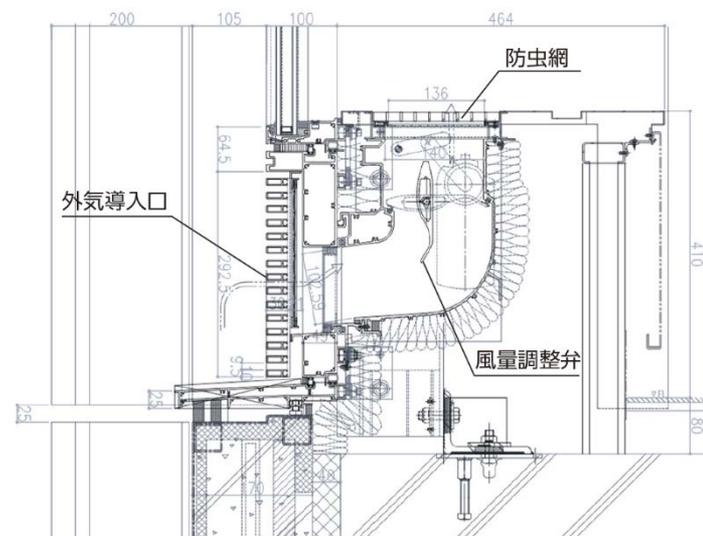


*1 風洞実験: 日本大学 丸田研究室(当時)

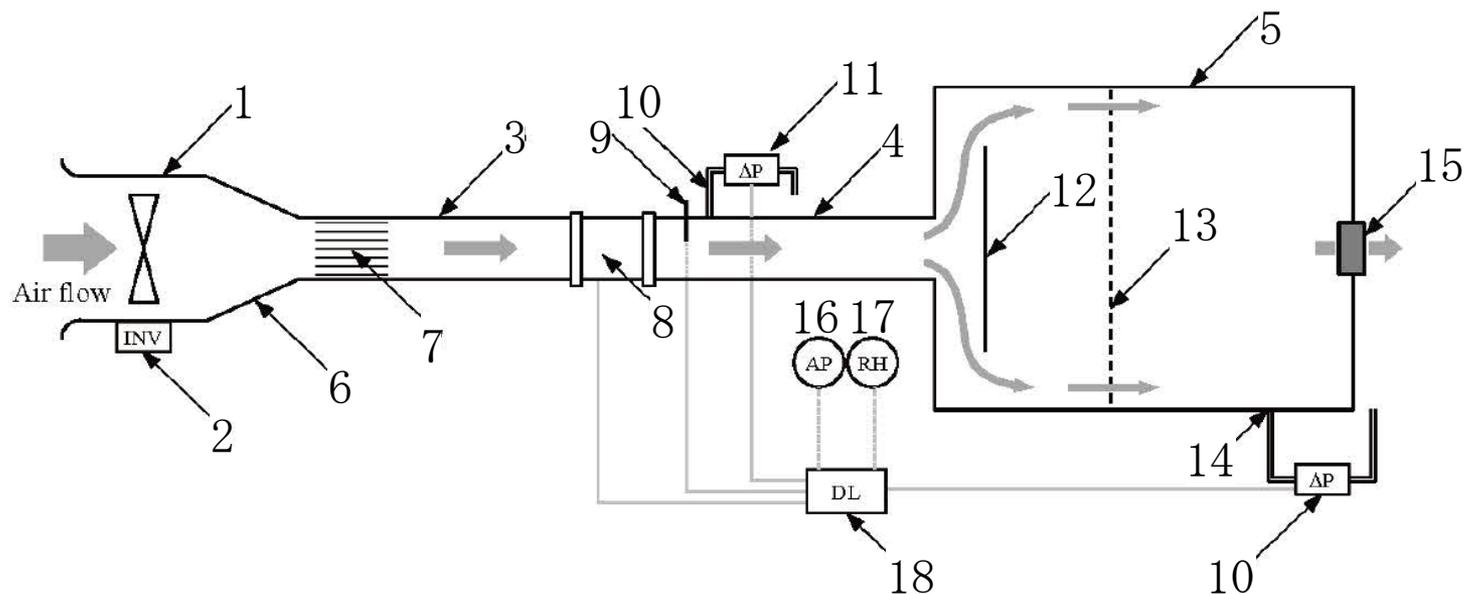
*2 <https://www.jji-design.org/program/cp-x/>

自然換気部材の通気特性

- 自然換気部材は、一般的な窓と比べて非常に複雑な機構を持つ。
- 通気特性(P-Q特性)をメーカーなどから入手する必要がある。
- 一方で、自然換気部材に特化した通気特性の試験方法はJIS等の規格がない。
- チャンバー法による試験方法と数値流体解析(CFD)による解析方法の検討を実施中。



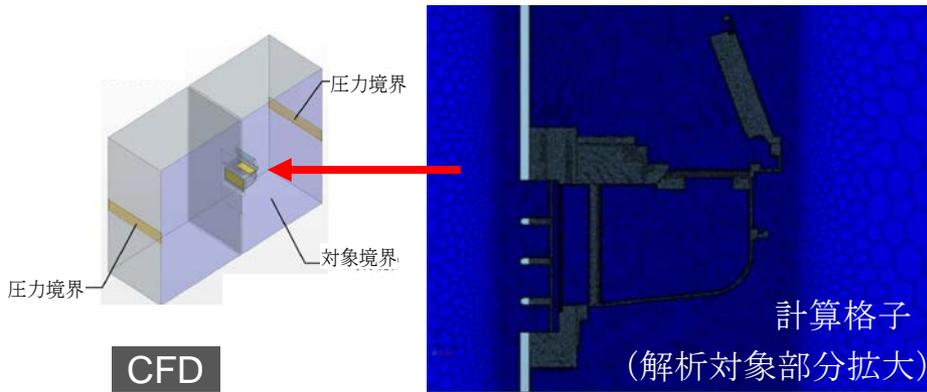
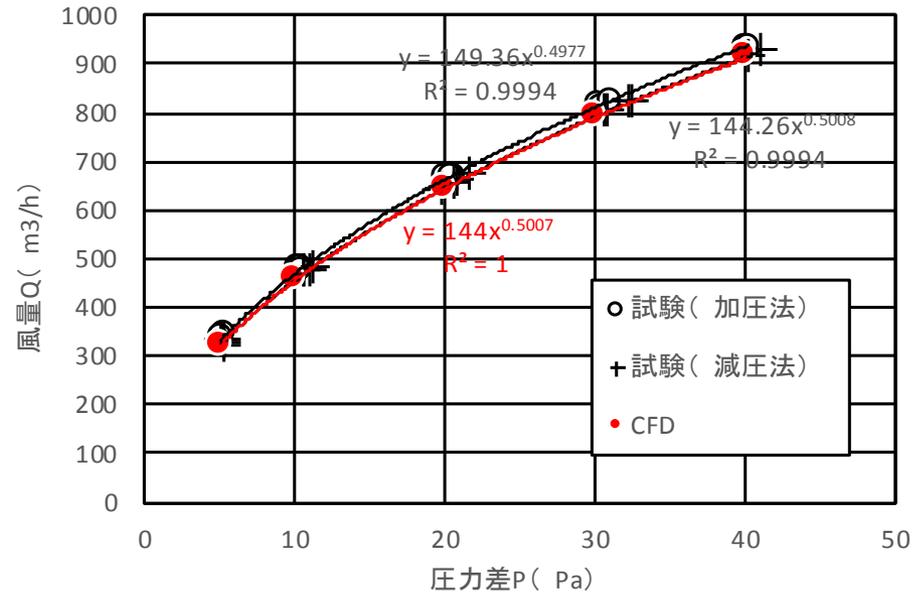
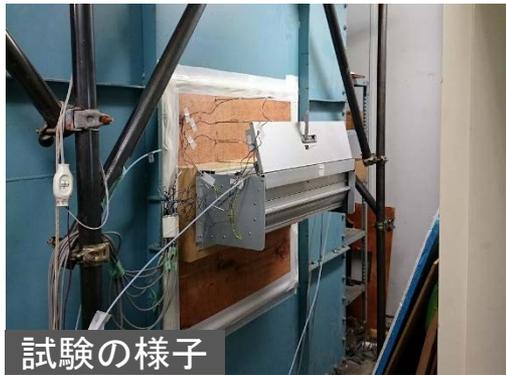
チャンバー法による試験方法の検討



- | | | |
|----------|--------------|--------------|
| 1 送風機 | 7 整流格子 | 13 整流網 |
| 2 流量調整装置 | 8 流量測定装置 | 14 静圧孔（空気槽部） |
| 3 風上側測定間 | 9 温度計（測定管部） | 15 試験対象部材 |
| 4 風下側測定間 | 10 静圧孔（測定管部） | 16 大気圧計 |
| 5 空気槽 | 11 差圧計 | 17 湿度計 |
| 6 接続管 | 12 緩衝板 | 18 データ収集装置 |

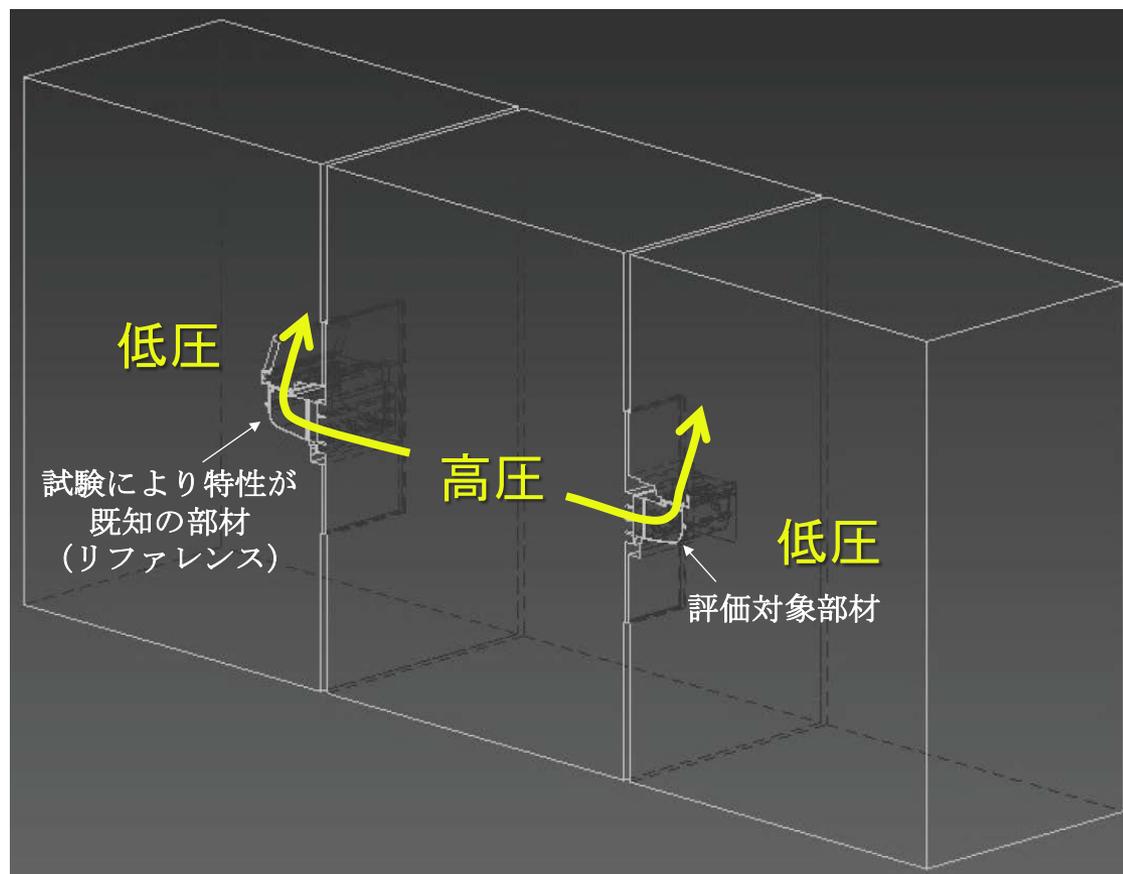
CFDによる解析方法の検討

- チャンバー法による試験をCFDで再現した結果、P-Q特性は3%以内の誤差で解析可能であることを確認。



CFDによる解析方法の検討

- CFDは計算時の設定(乱流モデル、計算格子、境界条件等)が結果に大きく影響。
- 特性が既知の部材(リファレンス)と評価対象を同時に解析する方法を新たに検討中。
 - 乱流モデルの要件
 - 計算格子の要件
 - 境界条件の設定方法に関する要件等



おわりに

- 自然換気システムの評価・設計法の開発の取り組み状況について紹介。
- 自然換気システムの設計法は、国際的にも関心が高く、国際規格化（ISO化）が進められている。
 - ISO/TC205/WG2*において「Design process of natural ventilation for reducing cooling demand in non-residential buildings: 非住宅建築物における冷房負荷削減のための自然換気設計」の検討が進められている（2017～2021年、プロジェクトリーダー；赤嶺）

*TC205: Building environment design (建築環境設計)、
WG2: Design of energy-efficient buildings (省エネ建築設計)