

自然換気を目的とした吹抜けのあるオフィスの空調設備

The air conditioning system of the office building with a colonnade aimed for natural ventilation

石井 健司*
Kenji Ishii

要 約

昨今、声高く叫ばれている地球温暖化防止を目的に、企業は自社ビルに環境貢献度の高い自然換気空調システムを採用する例が多くなった。本件では昨年四国支店にて施工した愛媛新聞社新社屋に採用された施工例を提示すると共に、自然換気空調システムを導入した場合のエアバランスの考え方、自然換気空調システムの検証について述べる。

目 次

- § 1. はじめに
- § 2. 工事概要
- § 3. 新聞社における空調設備の特色
- § 4. 自然換気空調システムの概要・構成
- § 5. エアバランスの考え方
- § 6. 自然換気空調システムの検証
- § 7. おわりに

§ 1. はじめに

深刻な問題となっている地球温暖化、世界各地ではこの地球温暖化によって様々な影響が現れ始めている。この解決の為に2005年には京都議定書が発効され、さらに本件が引渡しされた2008年からは第一約束期に入り本格的な省エネへの国家的な取組みがはじまった。

同じく2008年には省エネルギー法が改正され、事業者単位でのエネルギー管理が義務付けされた。このような背景から各企業は新築建物の環境負荷低減に取り組み、企業イメージにも省エネルギー貢献度を大きく掲げるようになり傾向が昨今、強まってきた。

本件は24時間稼働するメディアの情報発信基地としての機能を最大限に生かしながら、先に述べた様な国際的なトレンドを総合メディア企業として受け止め、省エネルギーを建物デザインに取り込んだ事例となっている。建物の外観を象徴的に見せるガラスの塔屋と翼のような羽で構成された部位は「風の塔」と呼ばれる自然換気空調システムの排気シャフトとなっており、自然換気システムの排気塔としての機能を有している。

§ 2. 工事概要

- 1) 工事名称：愛媛新聞社新社屋新築工事
- 2) 工事場所：愛媛県松山市大手町 1-12-1
- 3) 工 期：平成18年12月12日～平成19年12月31日
- 4) 企 業 先：(株)愛媛新聞社 他
- 5) 設 計：(株)松田平田設計
- 6) 施工形態：共同企業体（西松建設75%）
- 7) 用 途：事務所
- 8) 建物規模：敷地面積 1,527.86 m²
延床面積 16,983.035 m²
- 階 数：地上7階 PH1階
- 高 さ：29.3 m, 最高高さ：44.98 m
- 9) 構 造：鉄骨造, (免震階) 鉄筋コンクリート造
- 10) 特 徴：自然換気空調, 床輻射冷暖房, 免震装置



写真一 建物全景

* 東関東（支）JUKI 多摩（出）

§ 3. 新聞社における空調設備の特色

24時間365日不休で情報を発信する新聞社では、従来のような閉鎖したオフィスビルを計画した場合、空調が24時間必要とされる。ビル全体で空調エネルギーの削減を検討した場合、24時間稼働が前提である為、蓄熱空調のように、稼働時間が制約を受ける仕組みは客先の要求に一致しない。また新聞社が商品として扱う新聞紙は温湿度の影響を受けやすく、一定の室内温湿度の基準の制約条件が設定された。このことは昨今のOA化された紙面編集のシステムの部署であっても、従来からの温湿度管理に対する強い要求が客先に根付いており、同様の基準が求められている。

§ 4. 自然換気空調システムの概要・構成

4-1 自然換気空調システムの概要

気温のそれほど高くない中間季（春、秋）の外気を積極的に取り入れ新鮮空气の供給と空調換気を同時に行なう考えを「外気冷房」と呼ぶ。室内温度制御に冷温水といった熱エネルギーとそれに伴う搬送エネルギーを消費しない為、従来設備より20~30%程度省エネルギーになる。中間季以外の季節においても冬季は室内負荷の大きい居室において外気冷房を行なうことが可能で、夏季は夜間外気温が室内よりも低い時には躯体に蓄熱した熱を除去する事も可能となる。しかしながら、外気を送風機などの機械的な設備で導入しようとする、室内温と室外温の差が少ない外気を導入することとなるので、かなり大きな風量を要することとなり、それなりに大きな動力エネルギーを消費することとなる。実際、送風機を利用したオフィスビルでは送風機の大きさに驚かされる。本件では各階の外壁（カーテンウォール）に給気ガラリを設置し、吹抜け上部に排気口を設けることで、動力を使わず空気温度差による浮力を利用した自然エネルギーによる「外気冷房」のシステムである。

4-2 自然換気空調システムの構成

愛媛新聞社新社屋に用いられた自然換気空調システムを基に自然換気空調システムの構成を述べる。図-1に示すように、愛媛新聞社新社屋では一定した外気量を確保するために1~3階、4~7階に分け自然換気空調システムを構築した。空気導入部は建物の外装材であるアルミカーテンウォールの一部に三協立山アルミ(株)製の定風量換気装置「ウィンコン」を設置し一定風量の給気を可能にした。吹抜け部の上部にはバランス型排気窓「スインドウ」を設置し給気時に排気される仕組みとした。

定風量装置及びバランス型排気窓は季節毎に制御切替を行なうことにより、空調機と連動させ最適な制御が可能である。切替については図-2に示すように空調機器、

吹抜け部エアーカーテンを連動させることで、居住者に違和感を覚えさせない快適な省エネシステムが実現される。定風量換気装置は強風時においても内蔵された羽を折り込むことで一定の風量を室内導入する仕組みとなっており、一方排気部に採用されたバランス型の排気窓は風量にあわせ排気開口をバランスウェイトの重さと内部からの風力でバランスをとり通風させる仕組みになっている。それぞれ、自然風による動作の他に中央装置（コンピュータ）による制御運転をすることが可能な仕組みとなっており図-3に示したフロー図に記載されているように「AND」条件により禁止モードとして強風時の開放、雨天時の開放を制限するように設定している。外気冷房の切替は室内外のエンタルピー比較を行ない、中央装置で自動的に判断し、空調機や全熱交換機、吹抜け部のエアーカーテンといった電気にて稼働する従来の空調設備を停止させ自然換気空調が有効に機能するよう切り替えられる。逆に自然換気空調モードで動作している場合においても、気象上の変化があった場合、従来の空調設備に切り替えを自動的にを行なう事ができる。

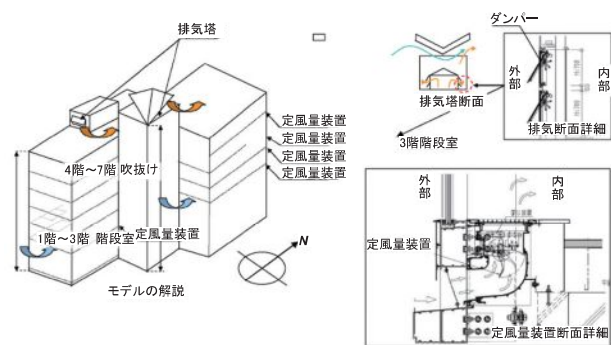


図-1 自然換気空調システムの構成

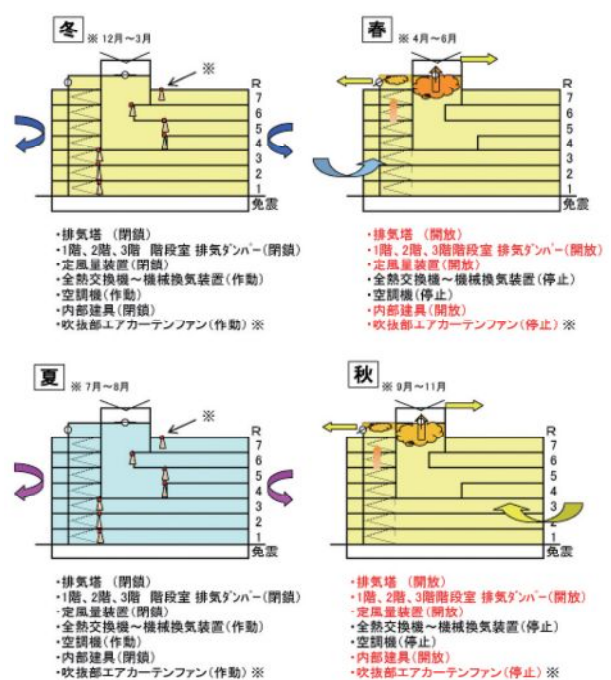
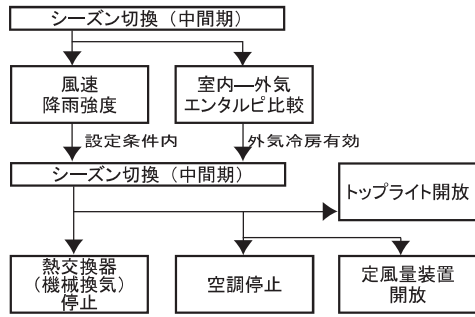


図-2 季節毎の制御切替



図一三 自然換気/機械換気切替概念フロー図



写真一二 定風量換気装置施工例



写真一三 吹抜部エアーカーテン施工例

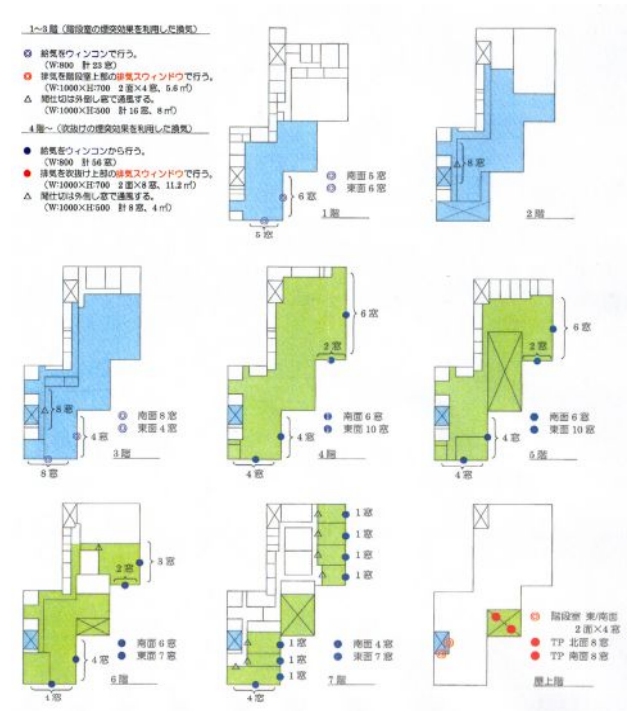


写真一四 バランス型排気窓施工例

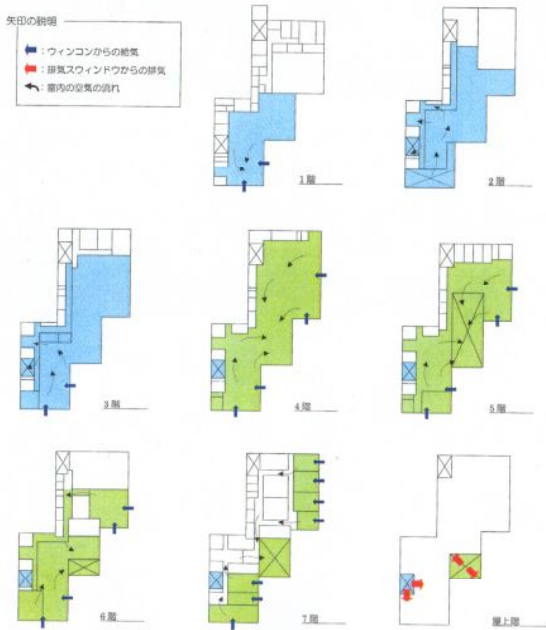
写真一二に定風量換気装置、写真一三にエアカーテン、写真一四にバランス型排気窓の本体での施工例を示す。

4-3 構成機器の配置

定風量換気装置の配置は建設される地域による中間季の気象条件により、最も有効になる外周面に配置の計画がされている。又、各所の設置台数については、部屋の容量に対し十分な換気風量と室内風速が確保できるかを検証し定風量換気装置の設置台数が想定される。図一四に示すように部屋の間仕切りや部屋全体の換気容量によって、台数が設定される。これらの想定を基に、シミュレーションを行ない、自然換気空調システムを採用する居室内で有効に気流が生じるかを検証し各構成機器の配置が決定される。シミュレーションについては後述するが、施工側にて性能検証を行なう上で重要な判断要素となる。自然換気空調システムでは定風量換気装置から建物内に計画されている吹抜けへのエアフローを想定し、建築計画で風の通り道を確認する必要がある。図一五に示すように、定風量換気装置から吹抜けへの室内における空気の流れを想定する。空気の流れ上にある建具は、運用時における開放条件、建具面積の制約を受けることになる。自然換気である為、静圧を一定に持たないので、建具など風の通り道の条件としては開放が最良となる。建具が防火区画等により隔たれる場合、事前に防火ダンパー付の室内壁面ガラリを検討する必要がある。こういった建築的な構成も空調設備のシステムとして考えられる為、エアフローについては客先の運用面での配慮を含め、建築・設備の施工側も十分な理解が必要である。



図一四 定風量換気装置配置計画



図一五 エアフロー想定図

§ 5. エアバランスの考え方

5-1 各階のエアバランス

定風量換気装置の配置を含め、自然換気空調システムのシミュレーションは外乱を考慮しないで行なわれている。実際の建物では無風状態やエアバランスが各階で均衡することはありえない状態であるが、それらの情報を事前に考慮に入れると、煩雑化する為、便宜的に外乱を考慮に入れていない。しかしながら、吹抜部のエアバランスが不均衡になったり、各階の気流において自然換気浮力以上の排気量を排気してしまえば、空気の流れによるシステムの概念が成立しなくなる。本件では定風量換気装置が許容する最大風量の各階合計値の1/3~4程度の2,000 m³/hrを目処に各階の風量バランス誤差を±5%として第3種機械換気フロア別基準風量を設定し表一に示すようにエアバランス表を作成し、第3種機械換気の運用基準を概念的に選別した。換気目的毎に整理する事で換気対象を整理し、各階の風量バランスを確保できた。

5-2 エアバランスの配置

自然換気空調システムにおいて、各階における気流分布は重要である。気流が生じなければ室内の空気の置換が行なわれない。各階のエアバランスの配置においては最終的にシミュレーションによる判断が必要になる。成否の判断については換気などの外乱を想定していない場合との比較において、十分な気流が確保されるかが判断基準となる。その為、気流のバランスを各階でプロットしシミュレーションで比較検証を行なう必要が生じる。

表一 エアバランス変更表

| 系統 | 階 | 名称 | 床面積 (m ²) | 天井高 (m) | 容積 (m ³) | 人員 (人) | 人員容積 (m ³ /h) | 換気回数 (1/h) | 換気量 (m ³ /h) | 法定換気量 (m ³ /h) | 換気回数 (1/h) | 換気量 (m ³ /h) |
|--------|---|--------|-----------------------|---------|----------------------|--------|--------------------------|------------|-------------------------|---------------------------|------------|-------------------------|
| FE-1-1 | 1 | ゴザ倉庫 | 18.0 | 3.0 | 54.0 | 1 | 1.0 | 1.0 | 54.0 | 10 | 468 | 54.0 |
| FE-1-2 | 1 | ガスボンベ庫 | 10.0 | 3.0 | 30.0 | 1 | 1.0 | 1.0 | 30.0 | 10 | 400 | 30.0 |
| FE-1-3 | 1 | AC | 9.0 | 3.0 | 27.0 | 1 | 1.0 | 1.0 | 27.0 | 10 | 400 | 27.0 |
| FE-1-4 | 1 | 読書机C | 18.0 | 3.0 | 54.0 | 1 | 1.0 | 1.0 | 54.0 | 10 | 400 | 54.0 |
| FE-1-5 | 1 | 読書机D | 18.0 | 3.0 | 54.0 | 1 | 1.0 | 1.0 | 54.0 | 10 | 400 | 54.0 |

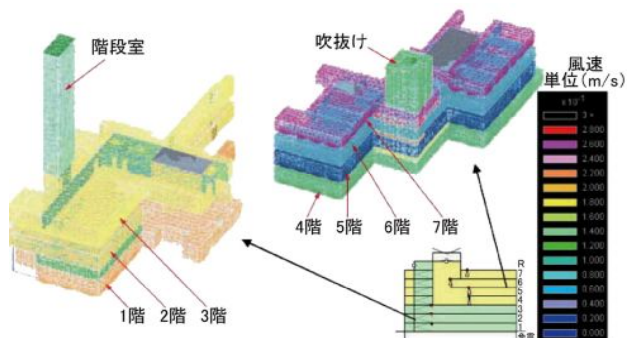
§ 6. 自然換気空調システムの検証

6-1 シミュレーション

自然換気空調システムの施工に当たっては、空調設備における設計変更を織り込んだ施工情報と建築における設計変更を織り込んだ施工情報を最終的に確認し、シミュレーションにて気流分布を検証する必要がある。

6-2 解析モデルの解説

図一六に解析モデルを示す。本件では4-2項で述べた構成に添って1~3階の系統と4~7階の系統に分けてシミュレーションを行なった。速度分布を明確にする目的で0~0.3 m/sを15分割し、0.02 m/sでごとに色を変化させ気流のベクトル解析としてシミュレーション結果を表示させた。また十分な置換が行なわれているかを判断する材料として等速度分布を示したコンター図を解析結果として表示させた。想定高さは1mを想定面とし、エアバランスや理想的な開口情報を織り込んだ内容のものを「外乱なし」、最終的な建具情報やエアバランスの条件加えたものを最終版としてシミュレーションを行なった。



図一六 解析モデル図

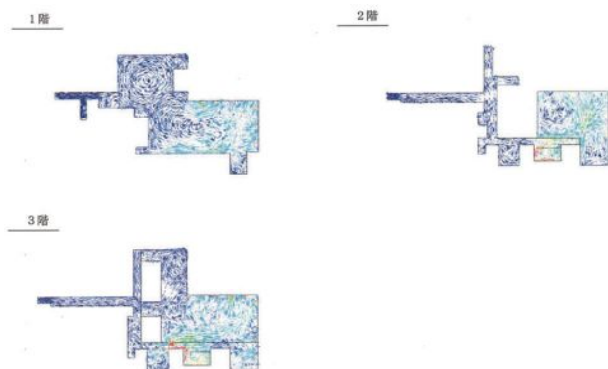


図-7 (気流ベクトル図) 外乱なし 1~3階

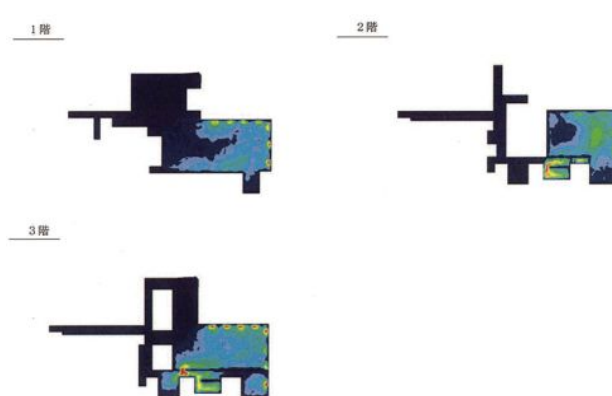


図-11 (等速度分布図) 外乱なし 1~3階

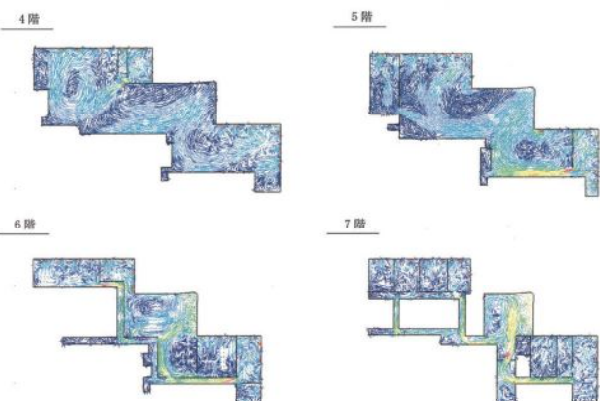


図-8 (気流ベクトル図) 外乱なし 4~7階

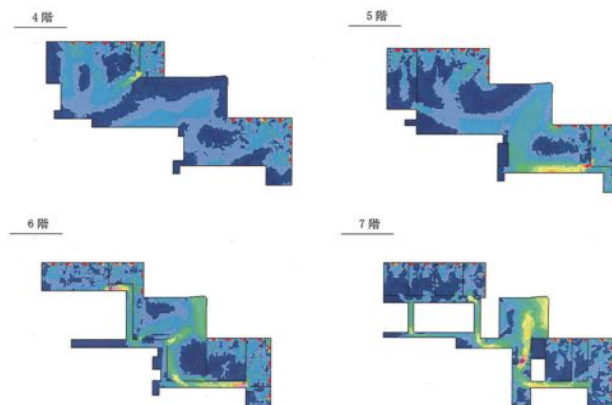


図-12 (等速度分布図) 外乱なし 4~7階

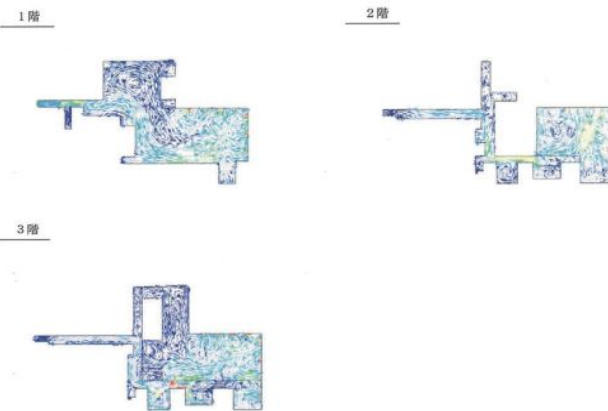


図-9 (気流ベクトル図) 最終版 1~3階

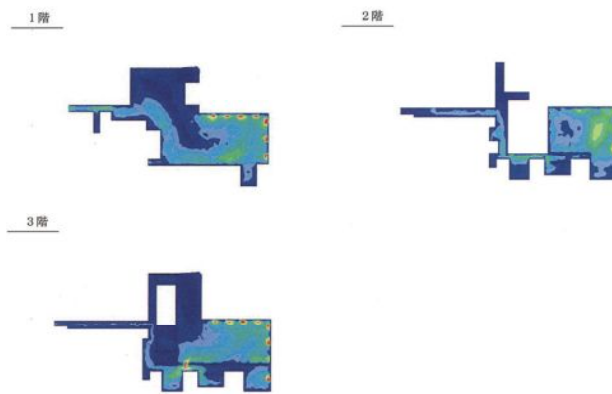


図-13 (等速度分布図) 最終版 1~3階

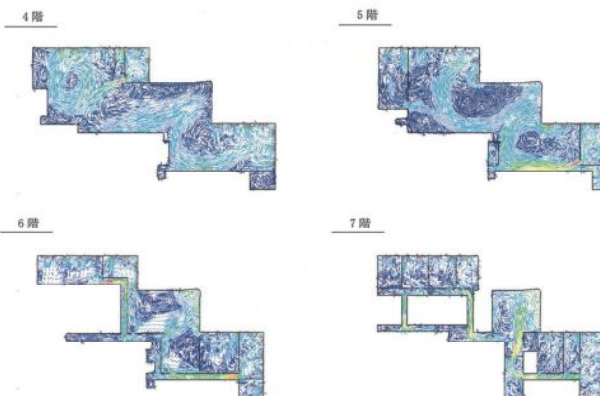


図-10 (気流ベクトル図) 最終版 4~7階

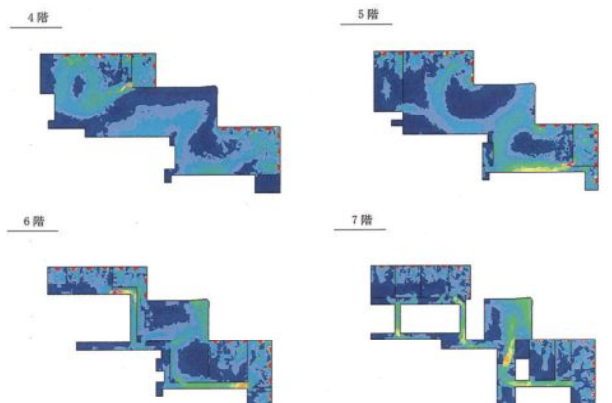


図-14 (等速度分布図) 最終版 4~7階

6-3 シミュレーションの比較と検証

シミュレーションの結果は北西にトイレ等の第3種機械換気によりエアバランスが不均衡である部分があり、定風量換気装置の配置と逆方位となっているため、気流速度の弱かった北西面において、気流速度が改善された。その他の比較において気流分布及び気流方向は大きく変わることなく、エアバランスによる影響が最小に留まる事が確認された。実際の検証は空間内の風速は非常に微弱である為、スモークテスター等により各階の気流のベクトル上にある建具周りで気流の方向と風速を最終版のシミュレーション結果と比較し検証する事になる。今回の施工例では最大で±35%程度の誤差で気流速度が確認された。また気流においてはシミュレーションと一致する結果を観測できた。測定に時間がかかる事、測定時期が冬季であった事、想定されていない隙間などの施工状況が結果に影響する事を考慮に入れると充分な施工結果を得たと判断できる。

6-4 吹抜部の熱溜り

図-2に示すように中央装置にて季節毎の切替を設定する事を説明した。竣工時は冬季であった為、夜間の外気と夜間の室内温度との差を想定できなかつたことにより、夏季の状態を把握できなかつた。引渡し当初、夏季においては空調機を稼働させる状態として竣工した。竣工後、最上階の熱溜まりになりやすい6階の執務エリア(7階は吹抜け部直下が存在しない)にて温度分布の検証を行ない、空調条件について確認を行なった。

別件の自然換気空調システムを用いた施工事例においては最上部の温度は直射日光により40℃を超えるような温度が観測されていた。本件においても、夜間の躯体放熱、下層階からの熱溜まり、東面の日射による負荷の影響で空調の稼働時に想定以上の負荷がかかっていたことが判明した。図-15に示すように、夜間の空調停止後は躯体・外装材による蓄熱負荷が放熱側に作用し外気温度の傾向(下がる)と室内温度の傾向(上がる)傾向が逆転することが判った。このことにより、夏季においても外部気温が十分に室内気温より低く有効に外気冷房が可能であり空調機の立ち上がりの負荷を抑えるよう設定を変更できる事が判明した。

§7. おわりに

新築のオフィスビルは昨今、窓が開かないものが圧倒的に多い。窓が開かないようにしておけば、室内の温度や気流の速度を設計上制御しやすくなるし、防犯性に優れる。しかし、地球の温暖化防止が声高に叫ばれる中で、涼しい外気があるのに冷房をしている事が、どれほど不効率で矛盾した事なのか考える必要がある。

元々、日本における建築文化は正倉院に代表されるように自然の力を利用して、より良い環境を建物で成立させてきた高度な建築技術があった。

環境負荷低減をうたった商品にはイメージばかりが先行している製品やシステムもあるが、外気冷房に代表される空調システムの変更は比較的インシャルコストの回収が行ないやすい。自然換気空調システムの採用は建築主へのプラン上の理解も必要になるし、建築-設備の概念を融合させる技術力も必要になる。本件のような事例が今後の対外的な啓蒙活動のきっかけとなれば幸いである。

本論文執筆時に竣工後1年が経過した。降雨センサーによるトップライトの開閉タイミングが昨今のゲリラ豪雨に対応せず、クレームとなった。降雨センサーのセンシングからタイムラグを少なくする事、センサーを増設することで信頼性を上げ対応する事とした。自然環境をシステムに取り入れる事で、予測できないクレームも発生することもある。運用に当たってはトップライトの開閉タイミングの調整など、自然環境の変化に注力していかなくてはならない部分もある。しかし、それ以外の空調環境はそういった注意点と引換えても非常に好評であることを最後に付け加えたい。

謝辞：シミュレーションの実施と検証及び機器の製品データを提供いただいた三協立山アルミ(株)ビル建材事業本部殿、気流測定及び温度分布測定に協力いただいた高砂熱学工業(株)四国営業所殿、本件の施工にあたりJVとして協力いただいた門屋組殿、本件の設計を担当された(株)松田平田設計殿、施主であり、本件の空調システムについて御理解いただきました愛媛新聞社殿の皆様に御礼を申し上げます。

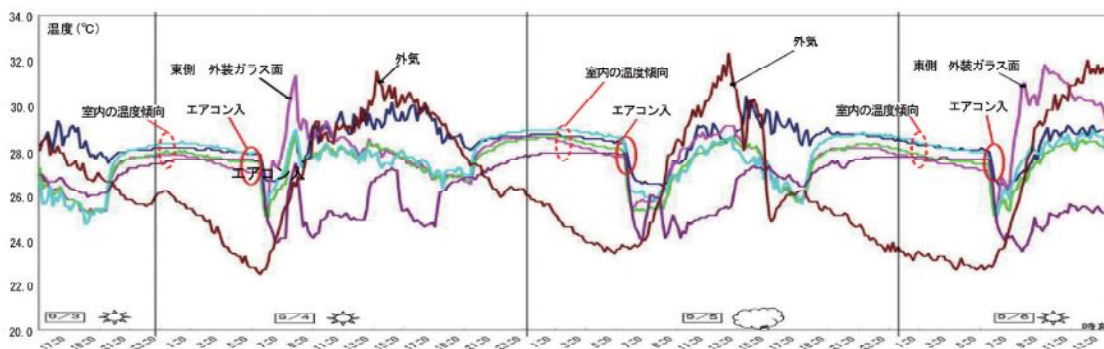


図-15 吹抜け部直下の温度計測結果