

国立国会図書館関西館の書庫棟における 空調設備設計について

大西 功一

近畿地方整備局 営繕部 整備課 (〒540-8586大阪府大阪市中央区大手前1-5-44)

国立国会図書館は、法律により納本された出版物を、国民共有の文化的資産として永く保存する施設である。国立国会図書館関西館の増築工事においては、今後も増え続ける出版物に対し、書庫の収蔵能力確保のために新たに500万冊規模の書籍が収蔵可能な書庫棟を建設した。書庫棟内の収蔵スペースは書籍の保存のために年間を通して一定の温湿度に保つ必要があるため、設計においては建物・空調設備について多角的に検討する必要があった。書庫棟の整備にあたり検討した設計手法について報告する。

キーワード 図書館、書庫、空調設計

1. はじめに

国立国会図書館関西館は、東京都千代田区にある東京本館の収蔵能力の補完のために京都府相楽郡精華町に建設された施設である。関西館の施設は、書庫の収蔵能力等を勘案しながら段階的に整備していく計画となっており、2002年に第1期施設として「関西館本館」が竣工、開館した。その後2014年には、今後も増え続ける出版物を収蔵するためには既存書庫スペースでは不足するなどの理由により、第2期施設として「書庫棟」の計画が国会に勧告され、今回、保存を目的とした書庫棟を増築する運びとなった。

書庫内は書籍の保存のために年間を通して一定の温湿度に保つ必要があるため、今回の書庫棟の計画においては建築技術はもとより、設備システムにおいても工夫が求められ、温湿度を一定に保つために設計段階での検証が不可欠であると考えた。

今回、書庫棟を整備するにあたり執った設計手法について報告する。

2. 施設概要

関西館本館は、文化と豊かな自然に恵まれた関西文化学術研究都市の、雑木林が茂る一面に位置する。建物全体の規模に対しボリュームを感じさせないように設計されたものとなっており、景観上の調和を見据えることを設計の基本思想としたものである。今回の書庫棟は関西館本館の南側に位置するが、このような景観への配慮を

踏襲し、関西館本館よりも高さを低くしてボリューム感を抑え、また横幅を揃えることで関西館本館に付随する形で配置している。(写真-1参照)

書庫棟 建物概要

所在：京都府相楽郡精華町

敷地面積：約 82,665 m²

用途：図書館（保存書庫）

構造規模：鉄骨造（一部鉄骨鉄筋コンクリート造）

地上7階、地下1階

延床面積 約 24,998 m²

竣工：2020年2月

書庫内温湿度条件：通年 22℃±2℃、55%±5%
(急激な変動が無いこと)

書籍収蔵規模：約500万冊



写真-1 国立国会図書館関西館全景

3. 空調設備概要

主な空調設備は、以下の構成となっている。

吸収冷温水機	二重効用	冷凍能力	422 kW×1台
チリングユニット		冷凍能力	166 kW×1台
簡易貫流ボイラー		定格出力	313 kW×2台
コンパクト形空気調和機			61台

年間を通して常に一定の温湿度を保つために冷水・温水を同時に作り出し、どのような気候条件であっても冷暖房や加湿・除湿に対応できるシステムとして設計している。



写真-2 地下1階熱源機械室

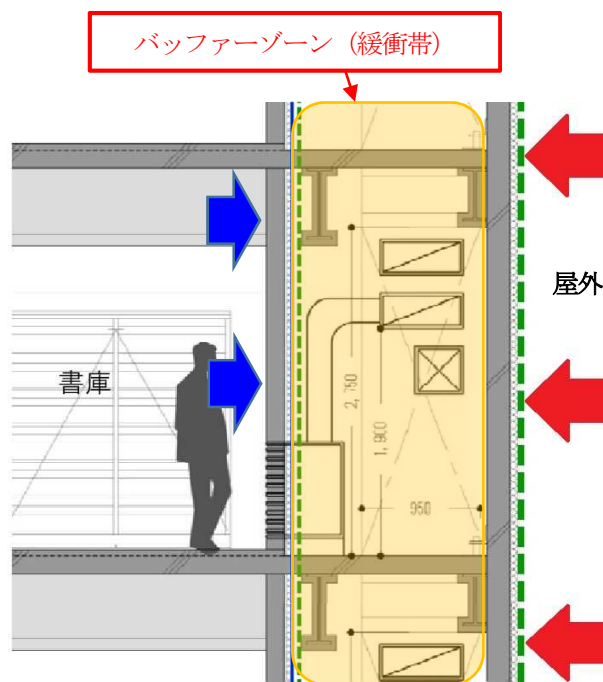


図-1 バッファーズーンのイメージ

今回は、バッファーズーンにかかる空調負荷そのものの軽減を図ることを目的に、外断熱工法の採用とクールピットの導入も行っている。(クールピットのイメージを図-2に示す。)

4. 保存書庫としての設計上の課題

今回の書庫棟において体積の大きな書庫全体を一定の温湿度に保つためには、建物外部からの熱の影響を極力抑えるとともに、書庫全体に空調空気を行き渡らせるように空気の流れを作ることが重要であると考えた。そのため、本設計では、主に建物外部からの熱の影響を抑えるための建築計画と、書庫全体に気流をつくるための空調設備計画の2点について検討を行った。

5. 建築計画の検討

(1) 書庫の配置について

今回の計画では、書庫外壁が直接外部環境と接するため、書庫内部の温湿度を変動させる要因となる外乱(外気温湿度や日射など、建物外部から影響を受ける熱変動)が書庫の体積全体に対して影響することとなる。そのため、建物外部と書庫の間に緩衝帯となる空間(以下、「バッファーズーン」)を設け、直接外部環境に接しないことで書庫内部への外乱の影響を最小限に抑えるとともに、書庫内部からの熱の流出も防ぐことが出来るように考えた。(バッファーズーンのイメージを図-1に示す。)

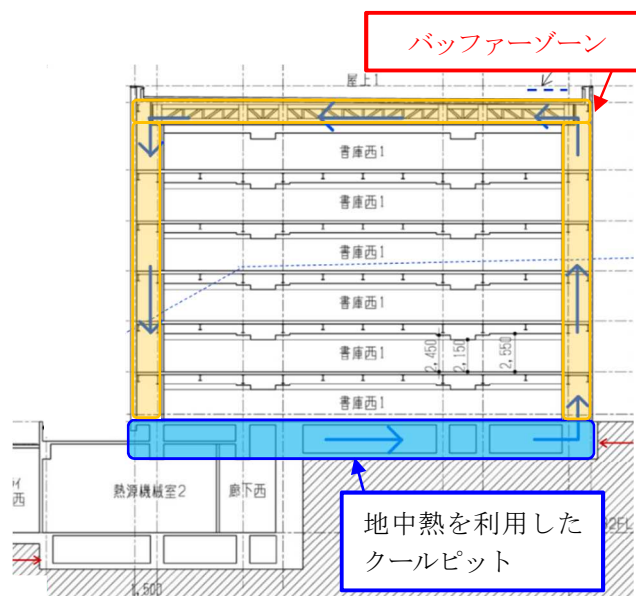


図-2 クールピットのイメージ

6. 空調設備計画の検討

(1) 書庫環境に配慮した空調設備計画について

一般的に、人を対象とした空調設備を設計する場合の温湿度は、建築物等の衛生的環境の確保に関する法律に

基づき建築物環境衛生管理基準に定められた数値の範囲内となる様に設計される。(表-1参照)

表-1 建築物環境衛生管理基準より抜粋

温度	(1) 17℃以上 28℃以下 (2) 居室における温度を外気の温度より低くする場合は、その差を著しくしないこと。
相対湿度	40%以上 70%以下
気流	0.5 m/秒以下

この範囲内において、更に省エネ化を図るために、近年では夏は28℃、冬は19℃を調整目標値として設計している。

これに対し今回の書庫棟設計では、施設管理者との打合せにより、書庫内は書籍の保存環境として温度22℃±2℃、相対湿度55%±5%を調整目標値とし、年間を通して一定の温湿度を維持することが要求され、また書籍の劣化防止対策として気流を作りだし空気を動かすことも求められた。

(2) CFD解析による気流シミュレーションについて

書庫内の温湿度を調整目標値の範囲内で安定させるためには、温湿度を変動させる要因となる外乱や、照明などによる内部発熱が小さければ、一定の温湿度に調整した空調空気を書庫内に気流分布させることで制御可能であると考えた。

今回は保存書庫であることから、基本的に内部発熱が発生する要因が少なく、外乱についてはバッファゾーンにより影響を最小限に抑えているため、一度書庫内の温湿度が安定すれば、その後は変動しにくい状態を維持出来る。そのため、空調設備設計に際しては、場所により温湿度のムラが出ないように、書架や書籍の配置に影響を受けない適切な位置に空調の吹出口と吸込口を配置し、空調機により一定の温湿度に調整した空調空気を書庫内に気流分布させることが重要である。

今回の設計では、書庫内の気流分布の状況を確認するために、CFD解析を用いた気流シミュレーションを行った。

CFD解析とは、数値流体力学(英: computational fluid dynamics)の略称で、流体力学の方程式とコンピュータシステムを駆使することによって流体の流れを観察する数値解析・シミュレーション手法のことで、モックアップなどの試作品を作ること無く様々な状況をシミュレーションできるのが特徴である。

このCFD解析を利用し書架の周囲の気流をシミュレーションにより検証した。シミュレーションは柱間の1モジュールをモデル化し、実運用での収蔵率をもとに70%程度書籍が配置されている状態を条件とした。(CFD解

析モデルを図-3に示す。)

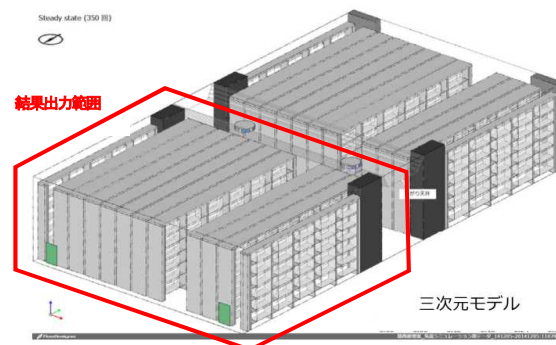


図-3 CFD解析モデル

また書架内にも空調空気が循環する様に、通路の上部に吹出口を、下部に吸込口を配置したモジュールとした。(書庫内気流イメージを図-4に示す。)

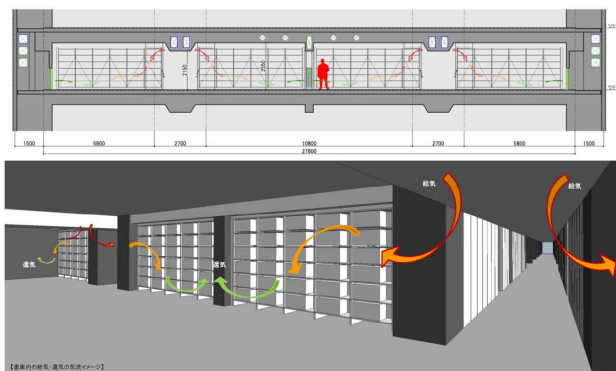


図-4 書庫内気流イメージ図

(3) CFD解析結果について

図中、波のように広がっている箇所が空気の動きを表しており、気流の方向や速さを確認することが出来る。(各図中の矢印はCFD解析結果の気流の流れが分かりやすいように追記したもの。)

図-5は高さ2,450mmでの水平断面を表しており、書庫の上部付近の状態となっている。吹出口がある通路部分から吸込口に向かって、全体的に気流が生じていることが確認できる。

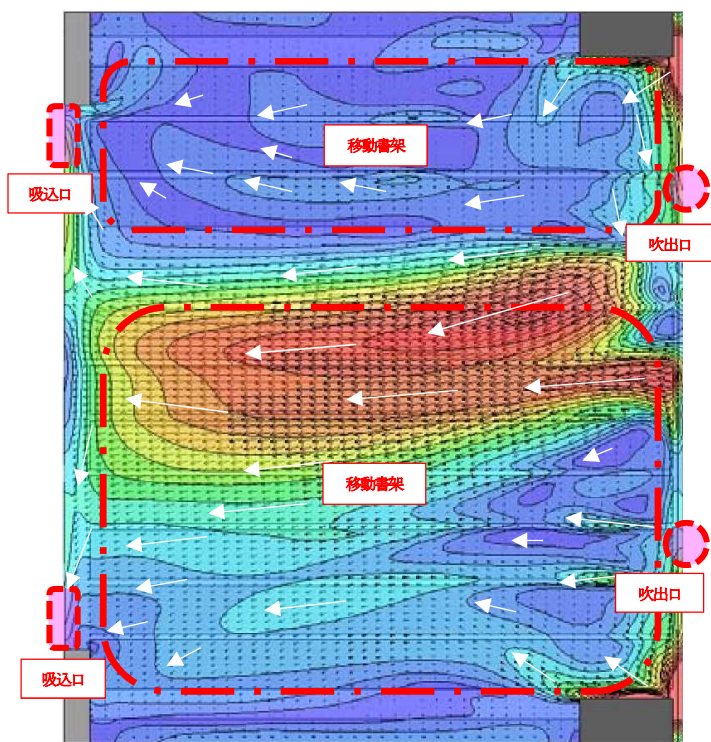


図-5 CFD解析結果 (高さ=2,450mm)

図-6は高さ1,175mmでの水平断面を表しており、書庫の中間付近の状態となっている。吹出口と吸込口がある付近については書架内まで気流が確認できるが、中央付近については気流が生じにくい状態となっていることが確認できた。

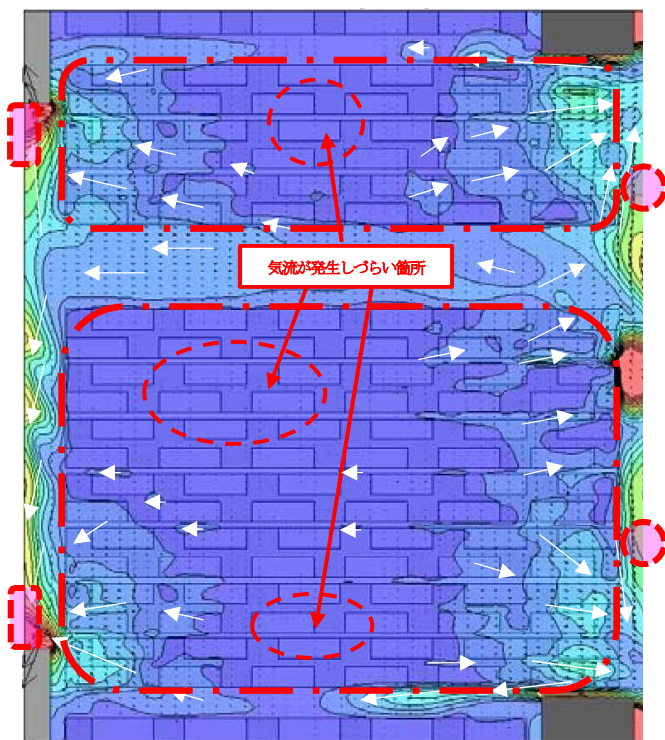


図-6 CFD解析結果 (高さ=1,175mm)

図-7は高さ100mmでの水平断面を表しており、書庫の床面付近の状態となっている。吹出口がある通路部分から吸込口に向かって、全体的に気流が生じていることが確認できる。

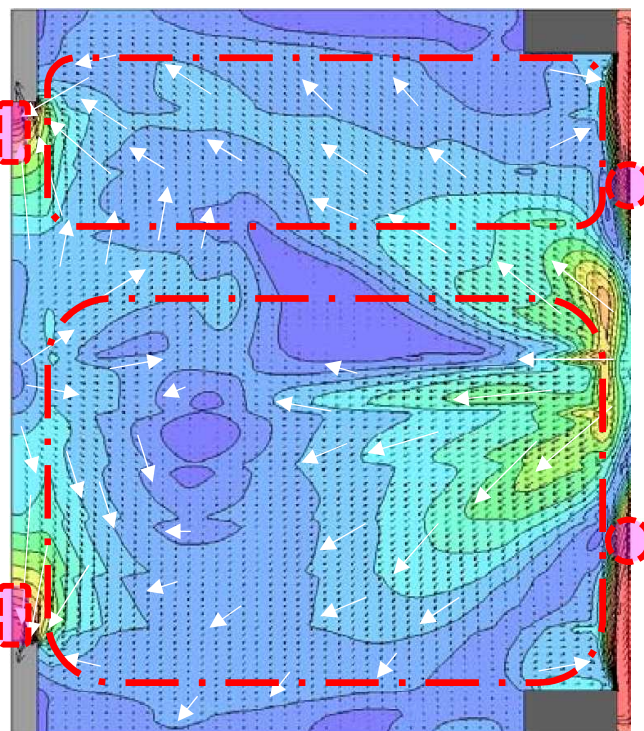


図-7 CFD解析結果 (高さ=100mm)

CFD解析結果より、空調の吹出口と吸込口を、天井と対角の下部にそれぞれ配置することで、書籍が70%程度配置されている状態であっても書架の周りには気流が廻り込んでいることが確認できたが、書架の内部付近については気流が入り込みにくい状態となっていた。このため、書架の内部にまで空調空気を循環させるように、写真-3の様な風が通り抜けやすい構造の書架を採用した。



写真-3 書架

7. 施工から運用管理へ

(1) 工事施工段階での確認について

設計段階でシミュレーションを行い確認した気流分布について、工事施工段階においても試運転調整を通じて確認・調整し、書籍搬入前の状態ではあるが設計の目的であった一定の温湿度となっていることを確認した。

(2) 施設運用段階での測定結果について

工事完成引渡し後、施設管理者と協力し施設運用段階における書庫内の温湿度測定を実施した。

測定は、書籍が保管されている書庫内の書架部分にデータロガー付き温湿度センサーを設置し、2020年8月下旬から24時間連続して測定している。温湿度センサーの設置位置は、高さや吹出口・吸入口からの距離によりムラが出来ていない事を確認するために、床面からの高さはそれぞれ約600mm、約1,550mm、約2,150mmの3段階にし、センサー相互の間隔を約1,000mm空けて各高さごとに5個ずつ、計15個を設置した。

図8～10は床面からの高さごとの温湿度測定データをグラフ化したものである。15個全ての測定結果で、調整目標値である温度 $22^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ 、湿度 $55\% \pm 5\%$ の範囲内で運用出来ていることを確認しており、設計段階のCFD解析シミュレーションで懸念があった書架の中央付近についても一定の温湿度となっていることが確認できた。

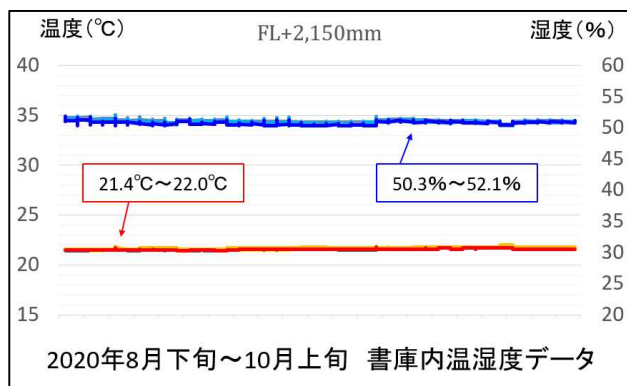


図8 書庫内温湿度測定データ (高さ=2,150mm)

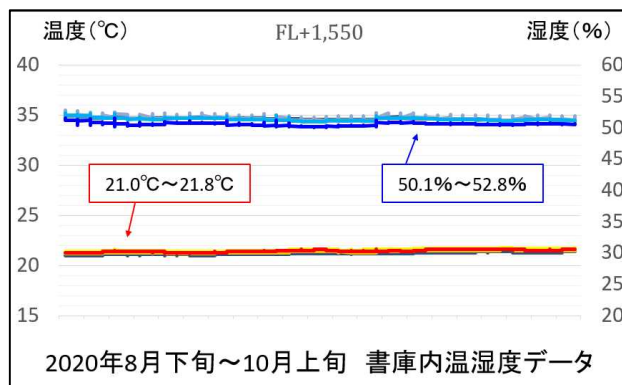


図9 書庫内温湿度測定データ (高さ=1,550mm)

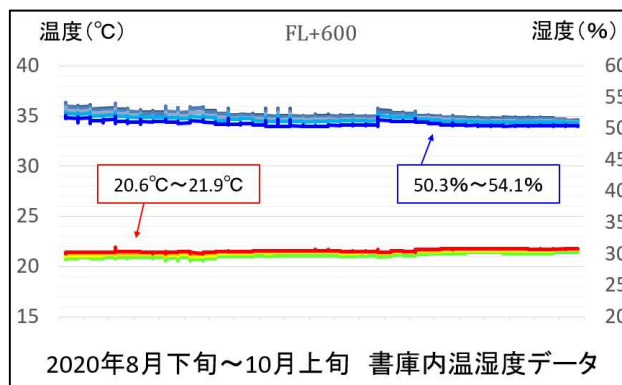


図10 書庫内温湿度測定データ (高さ=600mm)

8. まとめ

年間を通して書庫内を一定の温湿度に保つために行った設計段階での各種工夫について、CFD解析シミュレーションにより事前にその効果や懸念となるポイントについて把握することができ、そのシミュレーション結果を実施設計に活かすことで当初の目的を達成することができた。

今後も特殊条件による空調システムを要求される案件についてはCFD解析などの技術を取り入れ、事前検証を行いながら検討を進めたいと考える。