

高湿度環境の改善をテーマとする

KEK とメーカーとの共同研究

○田中 伸晃、垣口 豊

高エネルギー加速器研究機構 素粒子原子核研究所

1. はじめに

高エネルギー加速器研究機構・素粒子原子核研究所（以下、KEK 素核研）で考案された効果的な除湿方式である“ハドロンホール方式”を用いて東海村のハドロンホール他、計7カ所の素粒子原子核施設で除湿効果を実証した。

ハドロンホール方式の2022年度 KEK 技術賞受賞を知った家庭用品メーカーが、除湿の有効性に着目し「自社の倉庫のカビ・湿気対策に活用し、製品の品質向上をはかりたい」との申し出を受け、2023年12月より共同研究としてプロジェクトを開始した。本研究会では、プロジェクトの現状を報告する。

2. 空調機器の設置

家庭用品メーカー（以下、メーカー）は生産の中心拠点を静岡県に持ち、事業を展開している。高湿度によるカビ発生は製品管理のみならず、労働環境改善のためにも対策が求められた。

今回取り組んだのは富士山麓に位置するS倉庫と、太平洋沿岸に位置するY3倉庫とY8倉庫の3カ所である。

高湿度が最も問題な場所は、S倉庫1階である。S倉庫の寸法は、幅が約140m、奥行き約90mあり、1階部の北東側が特にカビ発生が著しいとの報告を受けた。

メーカーには設備技術者が不在のため、導入を目指す空調設備の仕様作成も共同研究の範囲であり、筆者が中心となって検討を行った。

メーカーとKEKで、各倉庫が持っている電気設備の容量、適正な空調機器の位置、およびコストを考慮して仕様を検討した結果、第1案がまとまった。

S倉庫

S倉庫1階部： 28kw 空調機2台 28kw 除湿機3台

S倉庫2階部： 28kw 空調機6台 28kw 除湿機1台

Y3倉庫

Y3倉庫1階部： 28kw 空調機4台 28kw 除湿機2台

Y3倉庫2階部： 28kw 空調機2台 28kw 除湿機1台

Y8倉庫

Y8倉庫1階部： 28kw 空調機4台 28kw 除湿機2台

Y8倉庫2階部： 28kw 空調機2台 28kw 除湿機1台

除湿効果は建物の気密性に依存するが、気密性を知る有効な測定法は存在しない。この理由から気密性が低く「外気流量が大」と見込み、やや過大な仕様と思われたがメーカーの判断で、第1案の仕様で工事を行うことになった。

当初、2024年4月の工事開始を目指したが、大型公共事業への資材供給が優先されたため、実際の開始が2024年7月となり、8月20日ごろに完了した。



図1 各倉庫の外観

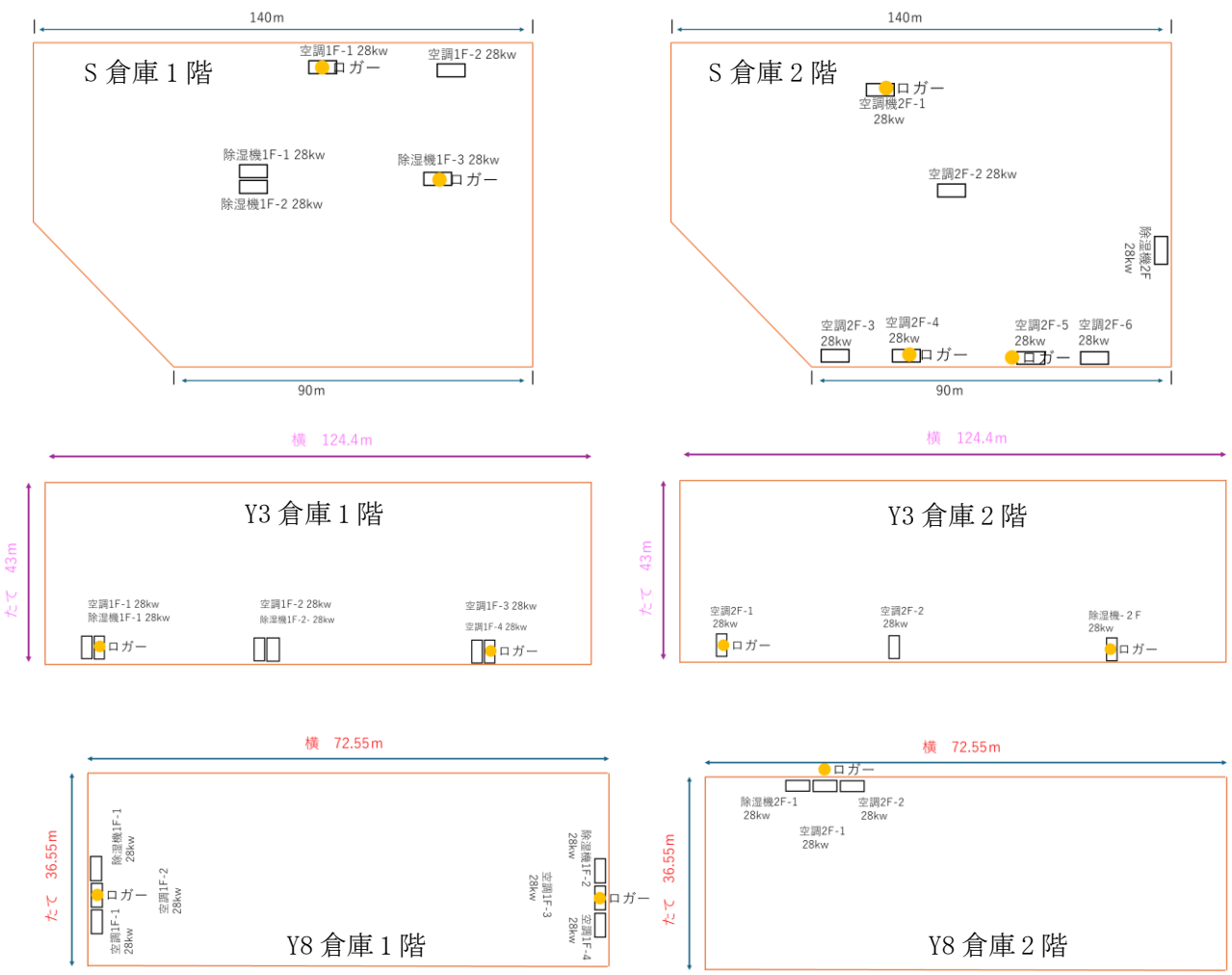


図2 各倉庫の空調配置

3. 事業所の温湿度測定

2024年7月にメーカーとKEKで検討し、温湿度ロガーの位置を「室内機の上」とすることを決めた。理由は、希望する台数が用意できなかったことと、ロガーの紛失防止のためである。

測定点

S倉庫1階部：2台 除湿機上（中央） 室内機上（北東）

S倉庫2階部：3台 室内機上（事務所付近） 室内機上（南西） 室内機上（南東）

Y3倉庫1階部：2台 室内機上（南西） 室内機上（南東）

Y3倉庫2階部：2台 室内機上（南西） 除湿機上（南東）

Y8倉庫1階部：2台 室内機上（北） 室内機上（南）

Y8倉庫2階部：1台 室内機上（南東）

2025年からは点数を増やし、精度を高めた測定を実施する計画である。

4. 温湿度の測定結果

本稿では2024/8/20-26までの温湿度データを取り上げ、考察する。

4.1 倉庫別 気温（℃）の比較

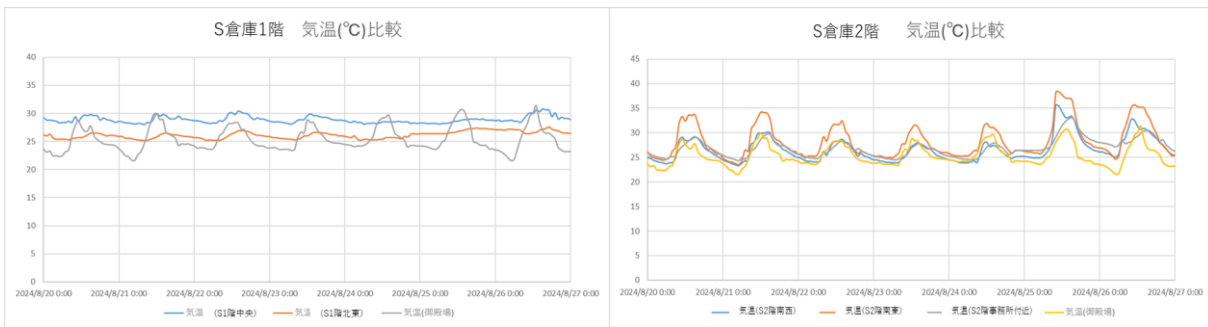


図3 S倉庫の気温比較グラフ

S倉庫1階は、2カ所（倉庫中央部にある除湿機上と、同北東部にある空調室内機上）を比較する。

中央部が高気温なのは、除湿機が温風を吹き出しているためと考えられ、冷風を出している北東部と比べ3℃程度高くなっている。気温変化は外気（御殿場）と比べ、小さくなっている。1階部は日射が入りにくい構造であることも、要因の一つと考えられる。

S倉庫2階は、3カ所（南西部、南東部、事務所付近のいずれも空調室内機上）の気温を比較する。

2階は日射が入ると、日射を受ける屋根からの熱流入による影響からか、1階と比べて高温傾向が伺える。特に、南東部における日中の高気温が特徴的である。

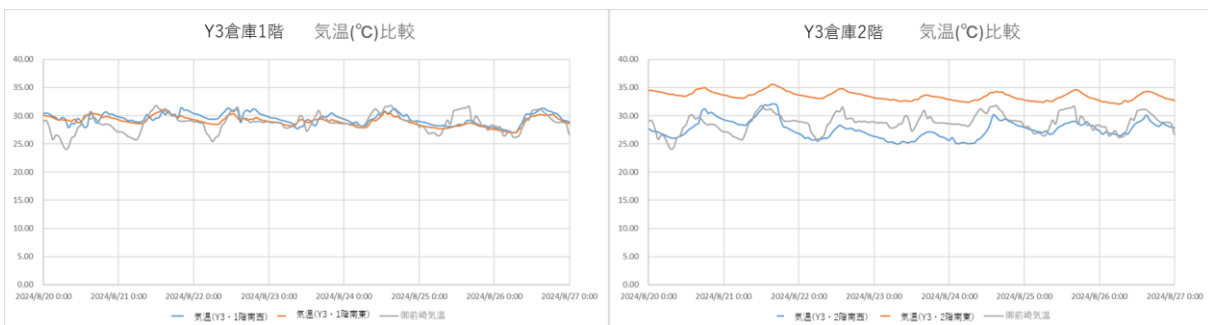


図4 Y3倉庫の気温比較グラフ

Y3 倉庫 1 階は、2 カ所（倉庫の南西部と、同南東部にある空調室内機上）を比較する。南東部と南西部の気温差は小さいのが確認できる。外気（御前崎）との気温差も小さい傾向が確認できる。

Y3 倉庫 2 階は、2 カ所（倉庫の南西部の空調室内機上と、同南東部にある除湿機上）を比較する。総じて除湿機上の南東部が、室内機上の南西部より高い。

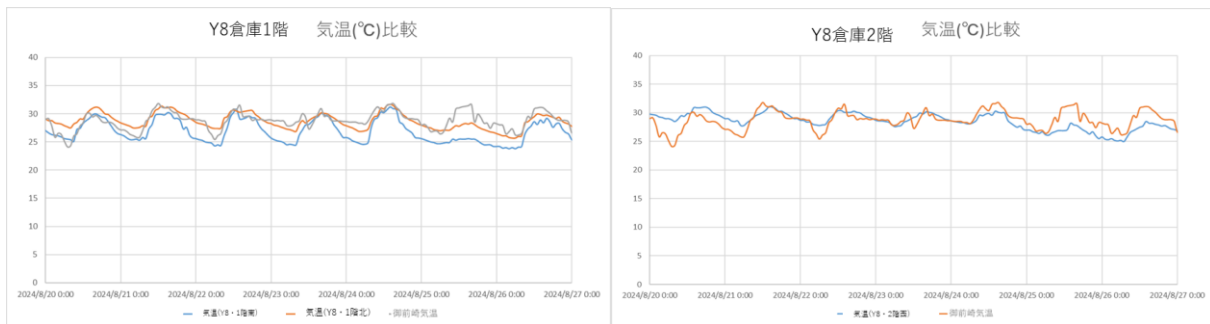


図5 Y8 倉庫の気温比較グラフ

Y8 倉庫 1 階は、2 カ所（倉庫の南部と、同北部にある空調室内機上）を比較する。日中の気温は外気に近い値で、夜間早朝および休日は、外気より低い傾向が確認できる。Y8 倉庫 2 階は、倉庫西部の空調室内機上のみ。1 階と同様、日中の気温は外気（御前崎）に近い値で、夜間早朝および休日は、外気より低い傾向が確認できる。

4.2 倉庫別 相対湿度 (%) の比較

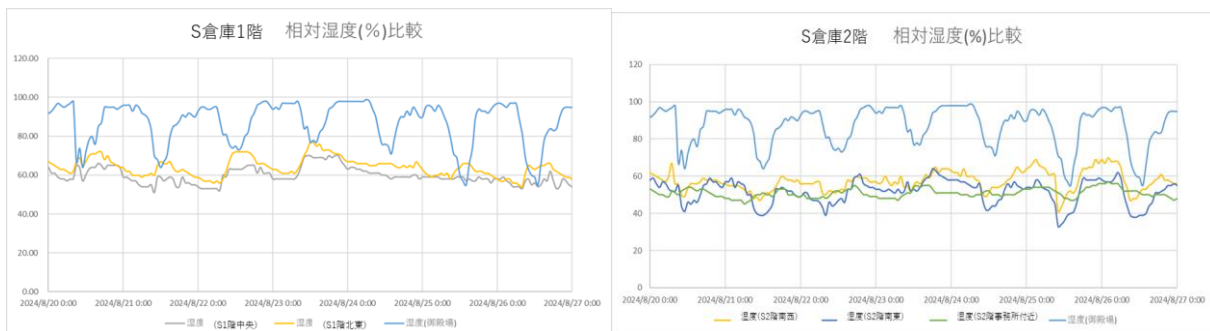


図6 S 倉庫の相対湿度比較グラフ

S 倉庫 1 階の 2 カ所の相対湿度を比較すると、倉庫中央部にある除湿機上の方が若干低くなっている。S 倉庫 2 階の 3 カ所の相対湿度を比較では、南西部が他の 2 カ所より高い傾向が見えるが、最大で 10% 程度の差で大きな差はないことが確認できる。

外気比（御前崎）では大部分、S 倉庫が外気より低い値になっている。

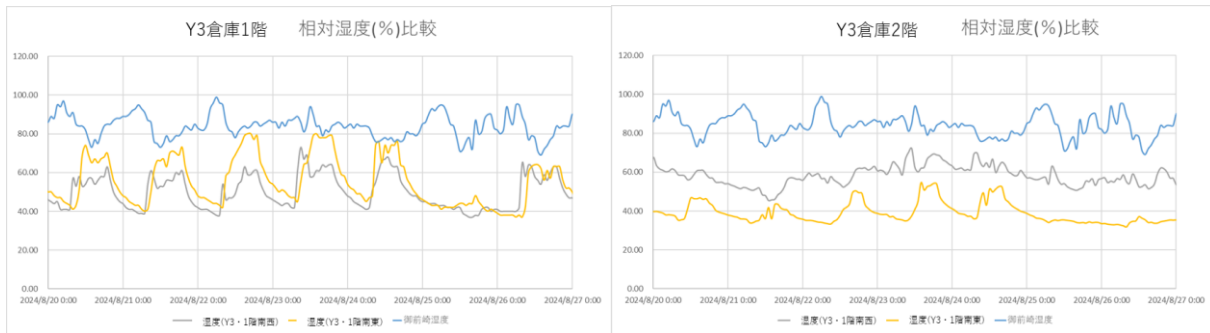


図7 Y3 倉庫の相対湿度比較グラフ

Y3 倉庫 1 階は、2 カ所の相対湿度を比較すると南東部が南西部より高い値を示している。
 Y3 倉庫 2 階は、2 カ所の相対湿度を比較すると南西部が南東部より高く、1 階と逆の結果である。
 外気比（御前崎）では、Y3 倉庫のどの地点も外気より低い値になっている。

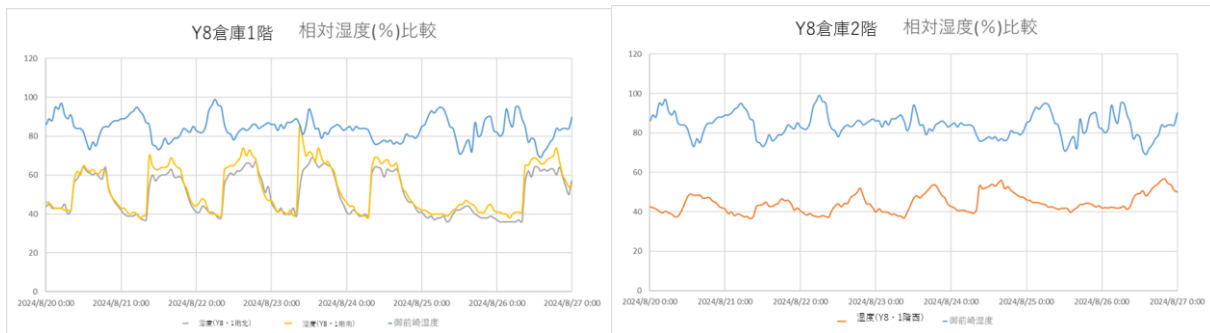


図8 Y8 倉庫の相対湿度比較グラフ

Y8 倉庫 1 階は、2 カ所の相対湿度を比較では南部が北部より高いがほとんど差は無い。
 Y8 倉庫 2 階の測定点は西側の 1 カ所のみで、1 階との比較では昼間の湿度が低く、夜間早朝は 40% 程度と低い湿度を記録している。
 外気比（御前崎）では、Y8 倉庫のどの地点も外気より低い値になっている。

4.3 各倉庫 絶対湿度 (g/m³) の比較

絶対湿度とは空気の単位容積あたりの水蒸気量をいい、ここでは単位 (g/m³) を用いる。

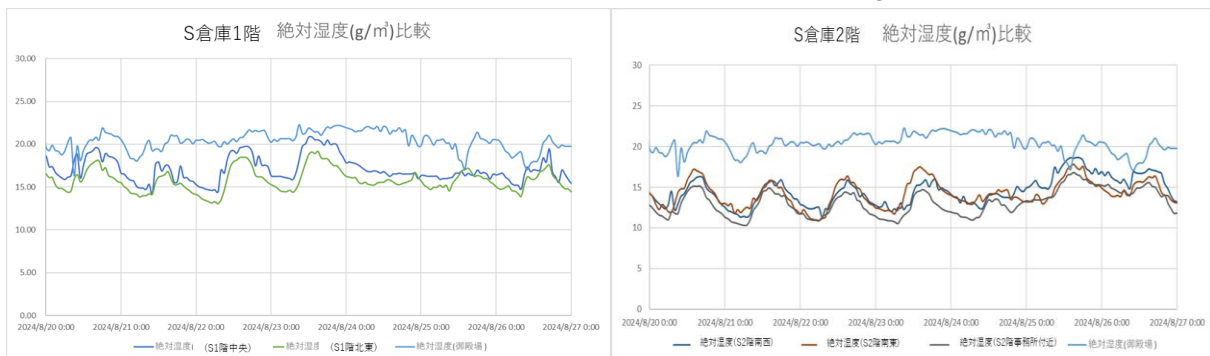


図9 S 倉庫の絶対湿度比較グラフ

S 倉庫 1 階の 2 カ所の絶対湿度を比較すると、倉庫北東部にある空調機上の方が低い。
 S 倉庫 2 階の 3 カ所の絶対湿度の比較では、事務所前-南西-南東の順に湿度が高くなっている。相対湿度の比較では南西が高い湿度だが、絶対湿度では異なる結果となった。

南西部が他の2カ所より高い傾向が見えるが、最大で10%程度で大きな差はないことが確認できる。外気比では大部分、S倉庫が外気より低い絶対湿度を示している。

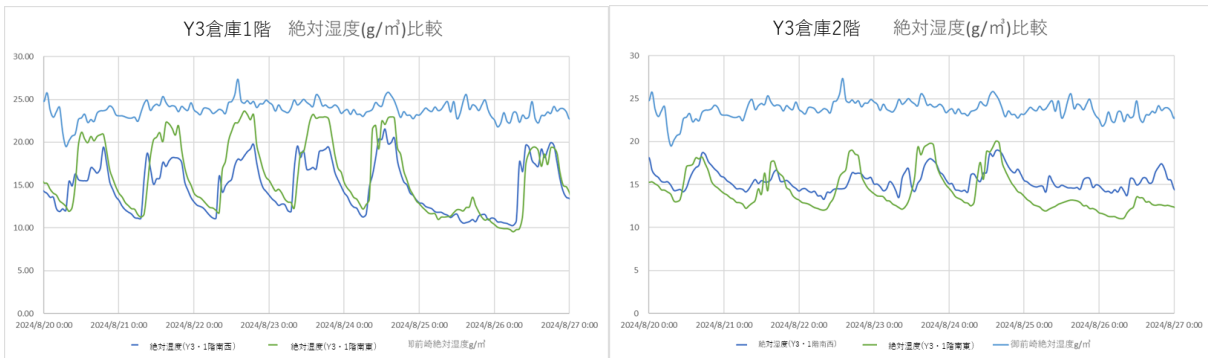


図10 Y3倉庫の絶対湿度比較グラフ

Y3倉庫1階の2カ所の絶対湿度を比較すると、南東部が南西部より高い。

Y3倉庫2階の2カ所の絶対湿度の比較では、日中はほぼ同じ数値だが、夜間早朝棟は南東の方が低くなり、1階とは異なる傾向を示している。

外気比ではすべて、Y3倉庫が外気より低い絶対湿度を示している。

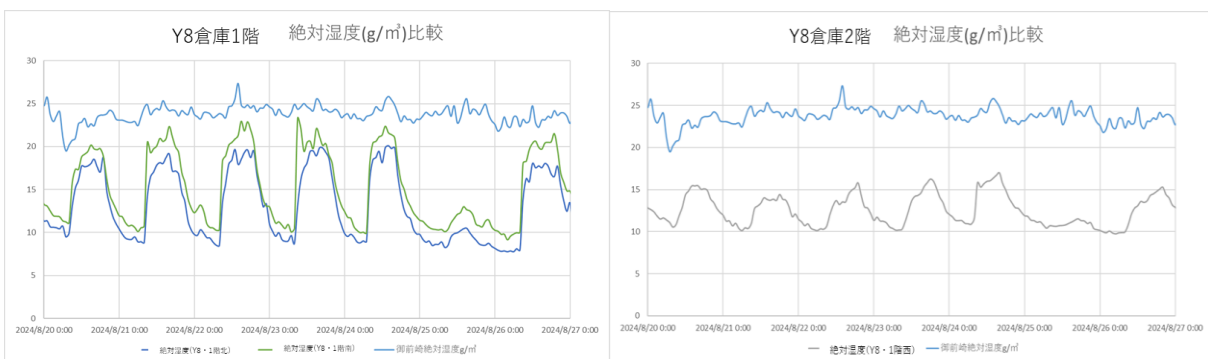


図11 Y8倉庫の絶対湿度比較グラフ

Y8倉庫1階の2カ所の絶対湿度を比較すると、南部が北部より高い。

Y8倉庫2階の測定は1カ所で、1階と比較して昼間の値が低くなっている。

外気比ではすべて、Y8倉庫が外気より低い絶対湿度を示している。

5. 考察と展望

3倉庫、計6カ所のデータから、非作業時間帯はいずれも低湿度であり、自然換気のみでの開口部閉塞条件における「ハドロンホール方式」を支持する結果となった。

今後は、日中の湿度管理に向けた換気制御、外気導入低減に関する検討を進めていく。

謝辞

ともに研究を進めるメーカー様には日頃より、理解と協力をいただいております。KEK 外部連携推進部においては、研究の締結に事務面で尽力いただきました。この場を借りて感謝申し上げます。今後も「ハドロンホール方式」を活用した「安全で快適な環境づくり」を更に、進めてまいります。