

KEK-PS における温湿度環境の現状報告

REPORT OF TEMPERATURE AND HUMIDITY AT KEK-PS PART OF IPNS

田中伸晃^{#, A)}
Nobuaki Tanaka^{#, A)}
A) KEK IPNS

Abstract

We have the way to keep appropriate temperature and humidity condition at the physical laboratory facilities. The way is running minimum air-conditioning systems and suitable air ventilation, named “Hadron Hall method”. Applying “Hadron Hall method” to other physical laboratory facilities (IPNS) in Tsukuba makes the high moisture content particularly decreased. According to the result, Hadron Hall method we provided is valid for KEK-PS part of IPNS and expecting Energy-Saving. This article describes the report for the control of temperature and humidity at KEK-PS which is a part of IPNS after 2017.

1. 素核研PSの範囲

KEK-PS 施設のうち、KEK 素粒子原子核研究所が管轄する範囲は概要、以下の施設である (Figure 1 参照)。



Figure 1: Layout of KEK-PS (part of IPNS).

- 北カウンターホールおよび EP1 ライン
- EP1 下流部
- ERL 開発棟および EP2 ライン

他には非管理区域である北カウンターホール実験準備棟、ニュートリノ電源棟、ニュートリノ実験施設などがある。これらの施設でも年間通じての温湿度測定、データ収集を行った。中には高湿度対策を実施し、効果を上げている施設もある。

今回も、EP1 下流部の温湿度を中心に報告する。

2. 前回報告の確認と考察

2.1 EP1 下流部の状況(2006~2013 年)

2006 年にビームライン空調が停止されて以降は、ビームライン内に著しい結露が発生した。

高湿度対策として 2011 年、ビームライン上流部に 14KW 空調機、下流部に 5KW 除湿機を設置。

温湿度観測用にデータロガーを上流部、中間部、下流部の 3 か所に配置し、データ収集を開始した

使用データロガー

上流 TR-72W

中流 MCH-383SD (～2017 年 2 月)

TR-76Ui (2017 年 3 月～)

下流 TR-72Ui

EP1 下流部の全体を Figure 2 に示す。

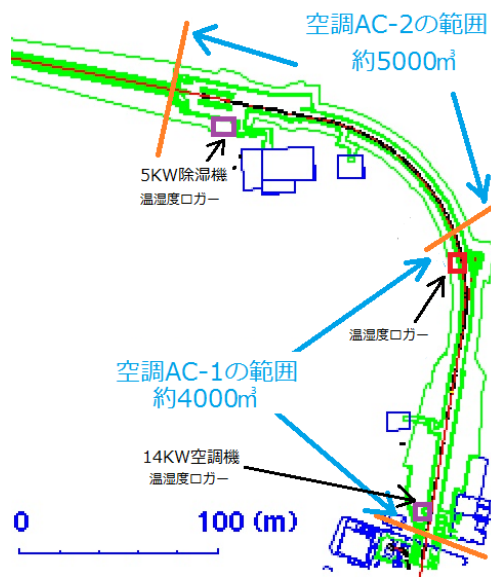


Figure 2: Layout of downstream of EP1 line.

2011 年以降、著しい結露は発生しないが、高湿度状態が続いた。

2.2 ハドロンホール方式

あらためて、ハドロンホール方式について解説する。

KEK 東海キャンパスにある、素粒子原子核研究施設ハドロンホールは2007年の建設当初より、夏場に結露が発生した。結露は地下室等、比較的外気の出入りが少ない場所で発生することから、ハドロンホールは気密性の高い建物と考えた。気密性が高いことは、少ない空調設備で湿度低減の効果が見込めると考え、メーカー

[#] ntanaka@post.kek.jp

公称で除湿能力200L/dayの除湿機設置を提案した。

2010年に同除湿機3台の稼働後は、結露が発生しなくなった。ハドロンホールが負圧管理される前の2012年までは、外気と比べ明らかな低湿度環境を維持した。

ハドロンホールでの「最低限の空調設備と適切な換気」を基調とする高湿度対策を、筆者は「ハドロンホール方式」と呼ぶ。

筆者の放射線区域担当者任命の2015年4月より、EP1 下流部の温湿度管理を「ハドロンホール方式」とすることを決定した。

2.3 EP1 下流部(2015年4月～2016年6月)

2015年4月以降のデータには、次のような傾向が見られる。

- ① 2015年4月～6月
絶対湿度は、ほぼ外気と同じ
 - ② 2015年7月～9月
絶対湿度は、外気と比べ明確な低湿度。気温は20℃前後で、前年比で低下の傾向。
 - ③ 2015年10月～12月
絶対湿度は、10g/m³程度。気温は20℃程度で上流部から下流部まで温湿度ともほぼ、均一な環境となった。
 - ④ 2016年1月～3月
絶対湿度は、外気比3g/m³高い8g/m³程度。気温は18℃～19℃程度であった。外気比で絶対湿度が上がるのは初めて、見られる傾向であった。
 - ⑤ 2016年4月～6月
前年比、上流は気温が低下し、湿度は上昇している。下流は気温湿度とも若干、上昇している。
- 以上から、2015年4月から2016年6月の期間においては、ハドロンホール方式がEP1 下流部において温湿度管理上、有効であったと考える。

Figure 1、Figure 2 参考文献[1]より引用。

3. 施設内環境に関する報告

3.1 空調機器運転の見直し

2015年4月より、KEK 施設部が設置したビームライン全体の空調をオフし、外気導入量の調整を開始したが、それ以降、夏季の上流部の室温が20℃前後となった。

これは上流部14kw空調機がほとんど、稼働していない状態であると考えた。空調機は設定温度に達するとサーモスタットが働き、室内機は送風運転となる。室内機の蒸発器フィンに水滴を蓄えているため、送風運転時は蒸発器にたまった水蒸気が室内に拡散し、湿度を上げる。この現象を“湿度もどり”という。

空間管理上、十分な温湿度条件が得られたことと、湿度もどり現象回避のため、2016年以降は上流の14kw空調を停止した。

2017年7月、上流に除湿能力16L/dayの小型除湿機を設置した(Figure 3 参照)。

本節にて、参考文献[2]を参考にした。



Figure 3: Dehumidifier (16L/day).

3.2 施設内の温湿度環境

今回は、2016年7月から2018年6月までのEP1 下流部の温湿度環境に関して報告する。

はじめに、2016年の温湿度を見る(Table 1 参照)。

Table 1: Average Data of Air in 2016

2016年7月～9月の平均値データ

場所	気温	湿度	絶対湿度
つくば市	24.73 °C	82.49 %	18.61 g/m ³
ν上流	21.62 °C	68.01 %	12.95 g/m ³
ν下流	19.77 °C	57.44 %	9.7 g/m ³

2016年10月～12月の平均値データ

場所	気温	湿度	絶対湿度
つくば市	11.03 °C	73.46 %	7.86 g/m ³
ν上流	19.77 °C	58.93 %	10.09 g/m ³
ν下流	20.11 °C	45.62 %	7.95 g/m ³

7月から9月までのデータを見ると、施設内は外気比で気温、湿度、絶対湿度とも、外気より低い。

10月から12月までのデータを見る。この期間、基本的に除湿機は運転せず。気温は外気より高い。絶対湿度は外気比で、上流部は高く、下流部はほぼ外気と同じであった。

次に、2017年の温湿度データを見る(Table 2 参照)。

Table 2: Average Data of Air in 2017

2017年1月～3月の平均値データ

場所	気温	湿度	絶対湿度
つくば市	5.01 °C	58.28 %	3.89 g/m ³
ν上流	17.33 °C	39.21 %	5.78 g/m ³
ν中間部	データなし		
ν下流	19.35 °C	37.51 %	6.25 g/m ³

2017年4月～6月の平均値データ

場所	気温	湿度	絶対湿度
つくば市	17.59 °C	74.05 %	11.21 g/m ³
ν上流	17.83 °C	72.86 %	11.14 g/m ³
ν中間部	18.12 °C	66.89 %	10.35 g/m ³
ν下流	19.34 °C	58.40 %	9.69 g/m ³

2017年7月～9月の平均値データ

※2017/7/7～8/6まで欠測

場所	気温	湿度	絶対湿度
つくば市	23.54 °C	83.57 %	17.69 g/m ³
ν上流	20.88 °C	60.96 %	11.09 g/m ³
ν中間部	18.48 °C	63.67 %	10.09 g/m ³
ν下流	19.96 °C	47.41 %	8.17 g/m ³

2017年10月～12月の平均値データ

場所	気温	湿度	絶対湿度
つくば市	9.89 °C	76.17 %	7.76 g/m ³
ν上流	19.69 °C	54.21 %	9.29 g/m ³
ν中間部	19.79 °C	54.09 %	9.24 g/m ³
ν下流	19.89 °C	47.44 %	8.15 g/m ³

1月から3月までのデータを見ると、気温は外気比で12°C～14°C高い。絶対湿度は2 g/m³以上高い結果が出た。この間、空調機、除湿機等の温調機器はオフである。データからEP1下流部は、断熱効果に加え、保湿効果を持つことがわかる。

4月から6月までのデータを見ると、施設内3か所の測定地において、気温、湿度、絶対湿度とも、比較的外気に近い数値を示している。前年の2016年のデータもほぼ、同様の傾向を示していた。この間、温調機器は稼働させていない。

7月から9月までのデータを見ると、施設内3か所の測定地において外気比で、気温、湿度、絶対湿度とも、外気より低い数値を示している。この期間に稼働させた温調機器は、上流の小型除湿機と下流の5KW除湿機である。

10月から12月までのデータを見る。この期間、基本的に除湿機は運転しなかった。施設内環境は、気温は外気より高い。絶対湿度は外気比で、上流は高く、下流はほぼ外気と同じである。前年の2016年とほぼ、同様の傾向を示している。

次に、2018年1月～6月までに温湿度を見る(Table

3参照)。

Table 3: Average data of air in 2018

2018年1月～3月の平均値データ

場所	気温	湿度	絶対湿度
つくば市	5.42 °C	66.10 %	4.76 g/m ³
ν上流	17.43 °C	44.83 %	6.67g/m ³
ν中間部	19.59 °C	39.13%	6.61g/m ³
ν下流	19.29 °C	37.75%	6.26g/m ³

2018年4月～6月の平均値データ

場所	気温	湿度	絶対湿度
つくば市	18.44 °C	76.99 %	12.23 g/m ³
ν上流	17.97 °C	74.63 %	11.51 g/m ³
ν中間部	18.36 °C	67.08 %	10.52 g/m ³
ν下流	18.73 °C	64.94 %	10.43 g/m ³

1月から3月までのデータを見ると、気温は外気比で12°C以上高い。絶対湿度は1.5～2g/m³程度高い。この間、空調機、除湿機等の温調機器はオフである。

前年の結果と同様、断熱効果、保湿効果を保っていることがわかる。

4月から6月までのデータを見ると、施設内3か所の測定地において、気温については比較的外気に近い数値を示している。2016年、2017年とほぼ、同様の傾向。この間、温調機器は稼働させていない。

3.3 施設内のCO2濃度

施設内は通常時、外気流入量を調整しているため、空気の汚れの指標であるCO2濃度についても観測している。2017年3月から2018年6月までの、EP1下流部中間部CO2濃度測定をFigure 4に示す。

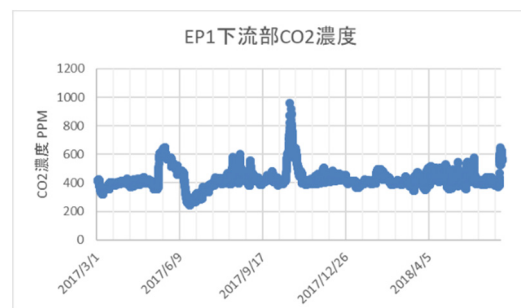


Figure 4: CO2 concentration in the facility.

2017年10月に一時、1000ppm 近くになったが、それ以外は600ppm以下であり、人の入域には充分であるといえる。

2018年3月、下流部のファン稼働用に制御用タイマーを設置した。ファンの連続運転は外気導入を伴い、空調負荷になるので、タイマーを活用した間欠運転で外気を導入する。当初は、午前9時と午後9時の2回、それぞれ30分間の運転を行い、理論値で10,000 m³/day程度でほぼ、全体の空気が入れ替わる換気である。

4. 考察

2015年4月に始まったEP1下流部におけるハドロンホール方式による温湿度管理に関して、2回にわたり報告した。除湿機の基本的な運転状況は、次の通り。

- 1月～3月 上流、下流とも停止
- 4月～6月 6月途中より上流、下流とも運転開始
- 7月～9月 上流、下流の除湿機とも運転
- 10月～12月 10月まで運転。以後は停止

以下、これまでの研究からわかったことを述べる。

- ① 温調機器が無いが、施設内の最大気温差は3℃以内である。グラフ Figure 5 を参照。
- ② 1月～3月においては、気温、湿度とも上昇した
- ③ 7月～9月においては、気温、湿度とも低下した
- ④ 3か月ごとの平均値データを見ると、上流部から下流部まで、温度、湿度差とも少ない傾向である。場所ごとの違いが少ない温湿度分布である。
- ⑤ 2016年7月～2018年6月まで、3か月ごとのデータを比べるとほとんど、差がない

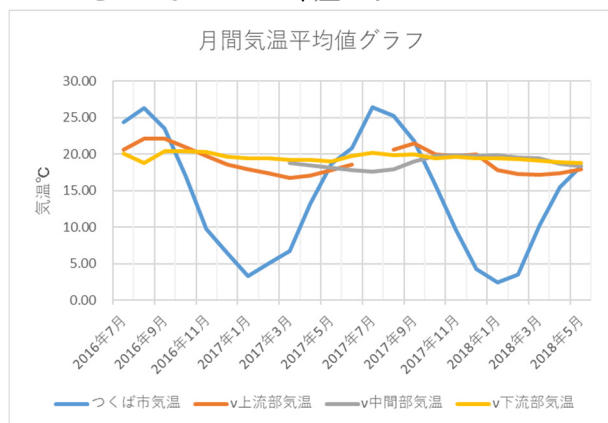


Figure 5: Monthly mean temperature Tsukuba city and in the facility from July 2016 to June 2018.

以上から、現状の上流配置の除湿機(16L/day)、下流配置の除湿機(80L/day)を夏季に運転することで、施設維持に十分な温湿度環境を保てると考える。

5. 課題と展望

5.1 施設内の空気管理

必要以上の換気が、施設内の温湿度環境を低下させるため、連続的な外気導入を2015年4月より、停止している。人の出入りは少ないが、設備点検や諸作業で人が入城する際は、空気の質を維持する必要がある。

温湿度環境の向上、空気の質の維持、省エネの三立を目指して、下流部にある「フィルター付排気設備の間欠運転」を提案した。

仕様の概要を以下に示す。

電動機 7.5kw

風量 10,900 m³/H

運転電流 23.5A

タイマー設定による間欠運転

2018年7月より毎日、午前9時と午後9時にそれぞれ1時間で計2時間、運転している。換気量は排気設備仕様で1日あたり、20,000 m³程度である。

空気の質を数値的に示すCO₂濃度を、中間部の温湿度ロガーにより常時表記し、データ収集を行っている。

観測を継続し、空気の質の維持と省エネの両面から、有効な運用を実施する。

5.2 今後の展望

人の環境安全のため、換気は必要である。同時に換気は空調負荷であり、必要以上の換気は温湿度環境の低下を招くマイナス面を、EP1下流部の事例を通じて示した。外気は空調上、決して万能ではない。

ハドロンホール方式による、もしくは参考にした高湿度対策を、北カウンターホール、EP1ライン、ニュートリノミュオンモニター室においても、実施している。これら他の実施例、排気設備の間欠運転の省エネ効果についても、研究を継続する。

今後もハドロンホール方式の有効性を検証し、他への活用の可能性についても考えていく。

謝辞

これまで、安全で快適な温湿度環境作りに取り組んできたが、そのきっかけは、ハドロンホールにおける経験である。“ハドロンホール方式”の名称には、そうした思いが込められている。

ハドロンホール関係者には良き、研究の機会を提供いただきました。この場をお借りして、感謝申し上げます。

参考文献

- [1] KEK, “Beam Channel Group”, KEK Annual Report 2005.
- [2] Takashi OGINO *et al.*, “空気調和・衛生工学会大会学術講演論文集 2016.9.14～16(鹿児島)”, 空気調和・衛生工学会大会 鹿児島市, 2016.9.14～16.