

KEK-PS における温湿度環境の現状報告 2019

REPORT OF TEMPERATURE AND HUMIDITY AT KEK-PS PART OF IPNS IN 2019

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

Abstract

We report that we have applied suitable air condition to Muon Monitor room by “Hadron Hall method”. The room there is bellow “downstream of EP1 line”. Hadron Hall method: the way is running minimum air-conditioning systems and suitable air ventilation.

1. ν ミュオンモニター室の位置

今回取り上げるニュートリノミュオンモニター室(以下モニター室)は、ホーン電磁石とニュートリノホール(Fig. 1 中 Front Detector)の間に位置する。
面積は約 45 m²、深さ約 15 m の地下構造である。

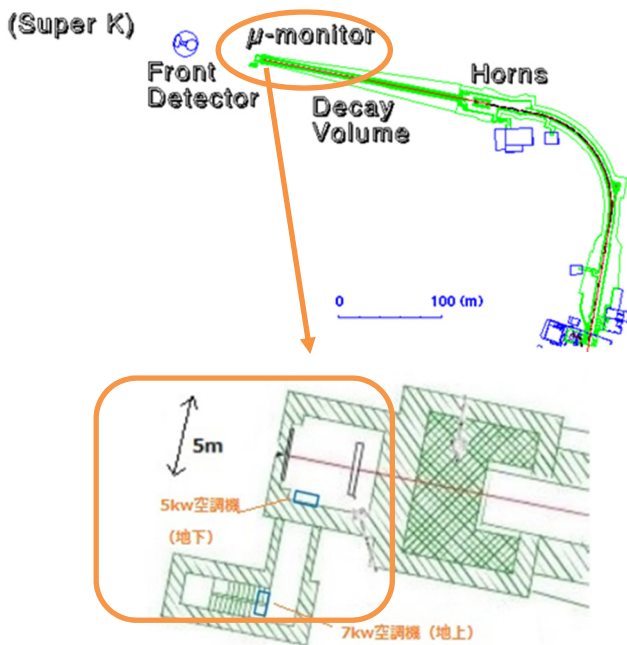


Figure 1: Panoramic view of μ -monitor.

2. これまでの状況

2.1 K2K 実験期間(1996~2005 年)

K2K 実験期間中、モニター室にはミュオン検出器が設置され、計測を行っていた。

空調は地上部に 7 kW 空調機。地下部に 5 kW 空調機が設置され、温湿度管理を行っていた。

この期間は、結露などの現象は観測されず、実験期間中は良好な温湿度環境であったと思われる。

2.2 K2K 実験終了後(2006~2011 年)

実験終了から間もなく、地上部の空調が効かなくなり、十分な除湿が出来なくなったと考えられる。

地下には除湿機があったが、十分な除湿量でなかったと思われる。

モニター室内のエポキシ塗装は複数個所で剥がれ、配管保温材にはカビの跡があることから、常態的に高湿度であったと考えられる。



Figure 2: Peeled epoxy coating at μ -monitor.



Figure 3: Near the entrance of μ -monitor.

3. ハドロンホール方式の導入

3.1 地上部の空調復活

2006年以降、機能していなかった地上部 7 kW の代わりとして、2012年6月にトヨミ製 2 kW 冷暖房兼用スポットエアコンを設置した。設置場所は、出入口を下った最初の踊り場である。

メーカー公称の除湿能力は、36 L/day (30℃、70%時)。

除湿したドレン水は塩ビ管を引き、地下の排水ピットへ流して処理する。地下のマンホール容量は、3.4 m³ である。

地上部の空調復活により、夏場の地下および途中の階段の結露の解消と、冬場の地上部の結露の改善が期待された。

地下には老朽化した除湿機に代わり、除湿能力 6 L/day の除湿機を設置。ドレン水は排水ピットに流す。

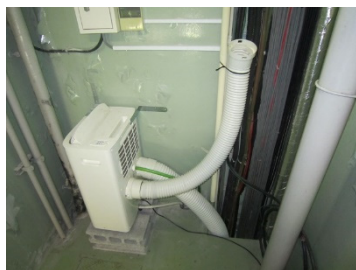


Figure 4: Air conditioning combined spot air conditioner.

3.2 施設内の温湿度環境

1月～3月(冬季)と、7月～9月(夏季)の3か月の温湿度データに関して2014年と、最新のデータとを比較する。

Table 1: Average Data of Air in Winter

2014年1月～3月の平均値データ

	気温℃	湿度%	絶対湿度g/m ³
つくば市	4.84	60.79	4.41
μ 地上気温	8.71	74.55	6.46
μ 中間気温	12.51	59.4	6.56
μ 地下気温	17.54	42.5	6.34

2019年1月～3月の平均値データ

	気温℃	湿度%	絶対湿度g/m ³
つくば市	5.73	64.19	4.57
μ 地上気温	13.53	58.43	6.89
μ 中間気温	16.51	50.74	7.17
μ 地下気温	23.55	31.34	6.66

温湿度データ測定・収集は、2013年11月に開始した。2006年～2012年にかけて空調はほとんど、機能していなかったと考えられる。

唯一、地下部に設置した小型除湿機のみ、機能し

ていたと考えられる。

2013年～2015年は、地上部スポットエアコンによる暖房が機能していたと思われるが、運転状況の詳細は、不明である。

2015年4月、筆者がモニター室管理者に就任以降、地上部のスポットエアコンの暖房運転と、地下部空調機の通年暖房運転。および地下除湿機の通年運転を実施している。

1月から3月までのデータに関して、データ収集を開始した2014年時と最新の2019年を比較すると、気温は2019年の方が地上、中間部、地下とも高くなっている。

絶対湿度は若干上がっている。気温の上昇は、地上部スポットエアコン運転の継続と、地下空調機の通年暖房運転による蓄熱が、影響していると考えられる。

Table 2: Average Data of Air in Summer

2014年7月～9月の平均値データ

	気温℃	湿度%	絶対湿度g/m ³
つくば市	23.93	80.33	17.38
μ 地上気温	25.86	50.64	12.03
μ 中間気温	21.51	58.19	10.97
μ 地下気温	20.06	56.59	9.8

2018年7月～9月の平均値データ

	気温℃	湿度%	絶対湿度g/m ³
つくば市	25.56	82.15	19.46
μ 地上気温	27.49	39.11	10.15
μ 中間気温	26.25	38.6	9.23
μ 地下気温	24.12	42.95	9.42

2006年～2012年にかけては、冬季と同様に空調はほとんど機能していなかったと考えられる

2013年～2015年の地上部スポットエアコンの運転状況の詳細は、不明である。

2016年以降、地上部スポットエアコンの冷房運転(20℃～22℃設定)と、地下部空調機の通年暖房運転(22℃設定)、および地下除湿機の通年運転を実施している。

7月～9月のモニター室の温湿度平均値を比較する。2014年と最新の2018年とを比較すると、気温は地上、中間、地下とも上昇。湿度、絶対湿度は低下している。気温の上昇は、地上部スポットエアコン運転の継続と、地下空調機の通年暖房運転による蓄熱が、影響していると考えられる。

4. 排水量と外気流入量

KEK 放射線科学センターが行った水位測定記録によると、モニター室はここ2年、水位がほぼゼロで、変化が観測されていない。このため、排水量は極めてわずかであると思われる。

夏場における絶対湿度の平均値は、10 g/m³ 以下であり、除湿機がほとんど機能していないとも考えられる。

KEKでは夏季に、電気設備点検のため3日程度停電になり、この間は空調が効かない。この停電期間前後のデータをもとに、外気流入量を推定する。

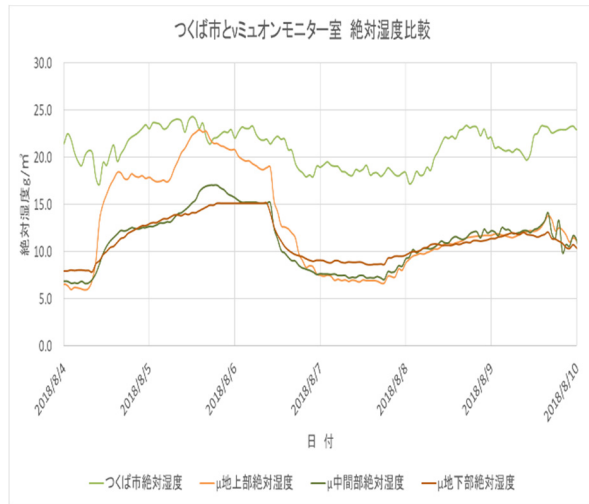


Figure 5: Graph of air before and after a power failure at μ -monitor in 2018.

高エネルギー加速器研究機構(以下、KEK)では毎年夏季に、電気設備点検を目的に一斉停電を実施している。2018年の夏季停電は、8月4日午前8時頃から、5日午後6時頃にかけて実施された。この期間の夜間は復電するが、モニター室は6日の朝まで空調はオフであった。

8月4日午前8時の停電開始時からの、モニター室地上部の絶対湿度の変化を見る。停電直後から湿度が上昇し、5時間後の13時にピーク値となった。その後も高湿度を維持し、5日の正午には外気とほぼ、同じ湿度となった。地下深くの中間部と地下部は、地上部より湿度が上がらないが同様に、湿度上昇の傾向を見せている。

停電終了後、8月6日の10時頃より、地上部スポットエアコン稼働した。稼働直後から湿度は下降し、稼働直後は 19 g/m^3 だった絶対湿度は、24時間後の7日10時には約 7 g/m^3 と 12 g/m^3 下降しその後、安定した。

モニター室の面積は約 45 m^2 、容積は約 700 m^3 である。

グラフからの大まかな推定であるが、外気から入った湿気が地下に達するまでのおおよそ、24時間と考えると、推定の外気流入量は、約 $700 \text{ m}^3/\text{day}$ と考えられる。すなわち、ファンなどの動力を使わない自然換気では、1日に1回、モニター室の全空気が入れ替わると考えることができる。

外気の絶対湿度が平均 20 g/m^3 で、モニター室の平均絶対湿度が 10 g/m^3 。

以上のデータをもとに、除湿量を計算する。

$$\{(10(\text{g}) \times 700(\text{m}^3)) / 1000\} = 7 \text{ L}$$

一日あたり7Lの除湿量と極めて少ない。KEK放射線科学センターの観測ではここ2年、モニター室では水の存在が確認されていないことから、塩ビ管に入ったドレン排水が地下のマンホールに達することなく、途中蒸発。もしくは、マンホール壁面に湿潤をもたらしているのみで、水位として観測されないとも考えられる。

5. 考察

モニター室における“ハドロンホール方式”の効果について、考察する。

まず結露対策についてであるが、最新のデータでは冬季、夏季ともに平均湿度は50%台以下である。

全データを確認しても、結露発生が疑われる湿度90%以上は観測されていないことから、結露発生は無く適正な湿度環境と考えられる。

次に、施設規模に対する空調設備の規模について。一般的な事務所では面積 100 m^2 、容積 250 m^3 程度で

14 kW 程度の空調機を使用している。モニター室は地下構造という特殊で断熱性ある施設であるが、約 700 m^3 の容積で 7 kW 程度の空調設備だけで、施設規模に対して十分な温度調整と除湿が出来ていることから、設備投資の面でも低予算で十分な機能を果たしていると考えられるものである。

次に、ハドロンホール方式の省エネ性に関して述べる。

スポットエアコンの消費電力は約 600 W 、地下空調は約 1500 W 、地下除湿機は約 150 W である。地下空調の稼働率は10%程度。その他は稼働率50%程度と考えると、推測であるが電力料金は年間、数万円程度と考えられる。

消費電力については今後、電力量データを蓄積し、正確な数値を示す必要があるが、施設規模に比して少ない消費電力で機能していることから、省エネ性についても一定の効果を上げていると考えるものである。

6. 今後の展望

モニター室など、気密性ある施設こそ、少ない除湿設備で効果を上げられることがわかってきた。

大学等の研究施設の中で、地下構造で気密性ある施設で高湿度、結露の課題があることを聞くが、そのような現場でこそ、ハドロンホール方式が活きると思う。

人の入る空間では、外気流入が必要になるので、必要換気量と除湿についても今後、研究を続けていく。