

# IMPROVEMENT OF AIR CONDITIONING FACILITIES OF SCSS TEST ACCELERATOR

Takashi Tobinaga<sup>#,A)</sup>, Yoshihiro Sekiguchi<sup>B)</sup>, Masakatsu Yamahira<sup>A)</sup>

<sup>A)</sup> Japan Synchrotron Radiation Institute (JASRI/SPring-8)

1-1-1, Kouto, Sayo-cho, Sayo-gun, Hyogo 679-5198

<sup>B)</sup> RIKEN Facility & Utility division

2-1 Hirosawa, Wako-shi, Saitama, 351-0098

## Abstract

The SCSS test accelerator is a prototype of X-ray free electron laser (XFEL). It completed it in an existing building in 2005. The infrastructure installations such as power supplies and the machine cooling were newly established. However, air conditioning facilities were not newly established. And, it was decided. Air conditioning facilities use the original. The air conditioning facilities switch and use air-conditioning and heating. Air conditioning facilities did not offer the dehumidification function. Therefore, there was a problem since the building completion. It is a dewfall and a moldy smell of summer. First of all, the dehumidification improvement was done by the time the installation construction started. Afterwards, the problem that the temperature limiting doesn't go well occurred when driving the SCSS test accelerator started. This had the problem in the position of the klystron gallery and the flow of air. In this announcement, it reports on these corrective strategies.

## SCSS 試験加速器の空調設備の改善

### 1. 概要と背景

X線自由電子レーザー (XFEL) の原型で有る SCSS 試験加速器は、2005年に既存建屋内に完成し、電源及びマシン冷却等のインフラ設備も新設されたが、空調設備については、計画時から既存設備で対応する事が決まっていた。既存の建屋は、実験機器の組立、調整、実験を行う目的で1997年にSPring-8構内に建設された。概要としては、表1に建屋・熱源・空調の概要、表2に室内条件の概要、図1に空調システムの概要を示す。

表1：建屋・熱源・空調の概要

建屋概要		空調
延面積床 (組立実験室)	3,285m <sup>2</sup> (1,771m <sup>2</sup> )	
軒高	11.6m	
外壁・建具仕様	鋼製サンドイッチパネル 35mm石綿吸音板 フッ樹脂塗装	エアハンドリングユニット×2台 冷却162,800kcal/h 加熱122,000kcal/h 外気量12,000m <sup>3</sup> /h シングルコイル(熱源切替方式) 単一ダクト外方式 気化式加湿器
オーバーサイズター (搬入扉)	6,000 <sup>W</sup> ×10,400 <sup>mm</sup> ×4か所、硬質ウレタン	換気 局所排気・ファン×2台 12,000m <sup>3</sup> /h (OA可量)
単位発熱量	0.05人/m <sup>2</sup>	制御 温度 PID制御 湿度 ON/OFF制御(加湿) 熱源 台数制御
顕熱	47.0kcal/人・h	熱源 空冷ヒートポンプチャラー×2台 冷却35kW 加熱400kW 単熱源方式
潜熱	55.0kcal/人・h	
最大熱負荷量	205,000kcal/h	

空調はシングルコイルの単一ダクト外方式、熱源は単熱源方式(季節に応じて冷水か温水を空調機に供給する方式)の空冷ヒートポンプチャラーとなっており、夏期は冷房にて涼しく、冬期は暖房にて暖かればよいという条件の設備で有る。

<sup>#</sup> tobi@spring8.or.jp

表2：室内条件の概要

室名	夏期		冬期		換気 回数	クリーン度 成行	適用時間	給気	排気	室内気圧
	温度	湿度	温度	湿度						
組立実験室	26℃以下	成行	22℃以下	成行	3回/h	成行	8~17時	主給気系	単後再循環 + 局所排気	負圧気味

温度条件は単位発熱量と空調・熱源能力を比較しても全く問題無い。しかし湿度が成行となっている事が建屋竣工後問題となって来ると予測された。そこで、まずSCSS試験加速器の設置工事が始まる迄に除湿改善を行った。

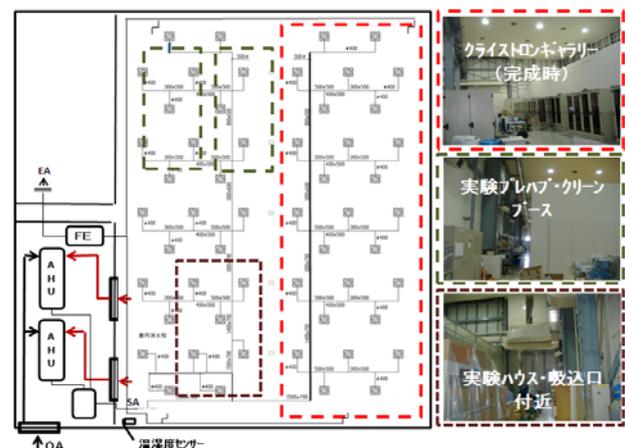


図1：空調システムの概要

その後、工事が完成し加速器の運転が始まると、夏期の冷房運転時期に図1の赤破線エリアのクライストギャラリーの温度が30℃以上となる問題が発生した。クライストギャラリーは空調機の吸込口(還気口)から離れている事及び実験ブレイブに遮られた空気が吸込口

まで到達しない事から空気の移動が垂直方向に偏り温度制御されないエリアとなっていた。

## 2. 除湿の改善

### 2.1 問題点の分析

SPring-8 は、標高約 300m に有り夏期でも朝霧が発生する事が有る。その為、夜間の温度低下に伴い地表面や建物の外壁が露点温度以下となり結露が生じる。その空気を室内に導入する事により絶対湿度が高くなり機器や壁、床、天井等あらゆる所で水滴の被膜が発生（表面結露）する。殆どの場合は結露水として存在しないので見過ごされる場合が多い。また、壁の内側や天井裏等見えない所で発生（内部結露）している場合もある。

- 吹出し量（=給気量）が過大で有る。冷房による温度制御では除湿効果が出ない。図：2に空調の系統及び空気線図を示す。夏期 14:00、外気 32.0°C/59.6%Rh の条件下で実熱負荷を測定したところ約 100Mcal/h と計画時の 42%負荷率で有った。空調機の能力に対しては、約 30%負荷率と低負荷で有った為、冷房のみの制御では除湿効果が出ないポイントで吹出されていた。設定の 24.0°C/70%Rh 以下にする為には吹出し温度を 18.2°C (0.0131kg/kgD.A) 以下にする必要が有る。

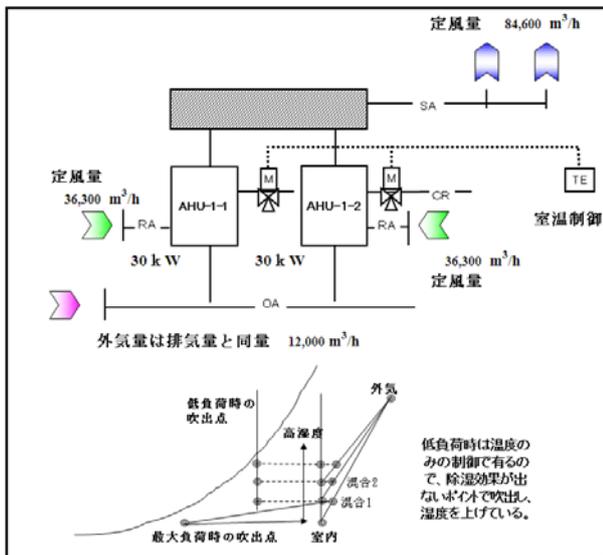


図 2：空調の系統及び空気線図

- 室内が負圧になっている。排気量と同量の外気を取り入れているが、ダクト及びフィルターの圧損により室内は若干の負圧となっている。従って、オーバーサイズ等のすき間から外気の侵入（すき間風）が有る。室内外の温度差が無い日で実測すると約-1.0~3.0mmH<sub>2</sub>O で有った。また、風の影響も確認された。風が建物のある面に当たると、その面での気圧が高まる。一方、反対側の面では気圧が下がる。この作用圧によってオーバーサイズ等のすき間から外気が入り出す。その量は、風向と風速そして

空気の比重量によって変化する。外乱で有るすき間風を防ぐには室内を正圧にする必要が有る。

- 室内温湿度センサーの位置が問題で有る。室内温湿度の制御（湿度は相対湿度による加湿のみ）を行う為のサーモスタットは、空気がよどんでいる隅角部に設けられており、部屋の中央部との差が大きい。従って還気ダクト挿入形への変更が望ましい。また、相対湿度は温度により変化して安定しない為露点温度（絶対湿度一定）による制御への変更が望ましい。

### 2.2 改善内容

一般的な除湿空調方式には、(1)過冷却+再熱、(2)外気処理後に室内導入、(3)除湿器（チー式、デシカト式等）等が有るが、何れの方式も改修規模が大きく設備費用が膨大となる為、検討を重ねた結果、図3に示す改修を行った。

- 温度安定と除湿効果が得られる吹出し量に絞り調整を行った。また、吹出し量を精度良く容易に調整し省エネルギーにもなる為、ファンモーター電源をインバータに改造した。使用風量を 60Hz から 20Hz（定格風量の約 30%）に変更した事により、ダンパーにて調整した時と比べ約 75%の電力が削減された。
- 室内負圧を解消する為未使用の局所排気ファンの運転を停止した。そして、外気取り入れ量を 12,000m³/h（約 400 人分）から 3,000m³/h（約 100 人分）に変更を行った。この事により約 1.5~2.5mmH<sub>2</sub>O の室内正圧となった。
- サーモスタットを還気ダクト挿入形へ変更した。また、湿度制御を相対湿度から露点温度に変更した。

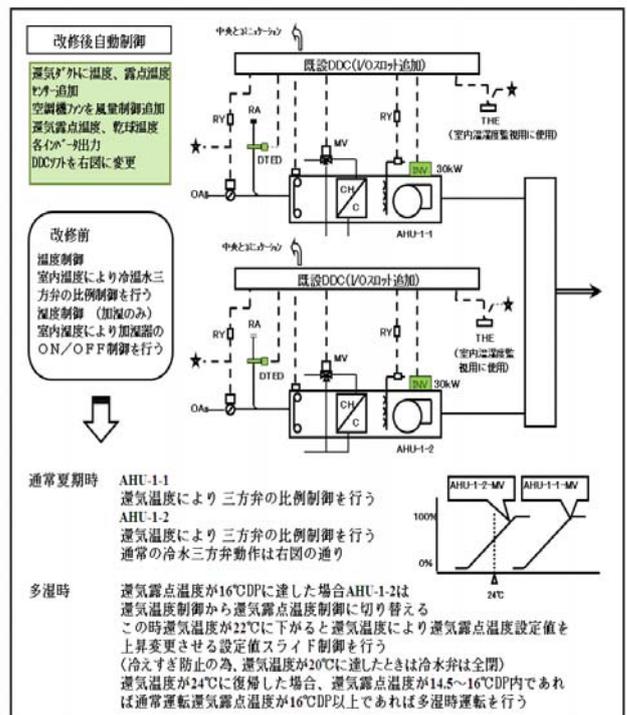


図 3：除湿の改善・改修後自動制御の概要

### 2.3 改善後の結果

改修前後の計測データ（省略）にて確認を行った結果改善前  $24.0 \pm 2^\circ\text{C}/70 \sim 90\% \text{Rh}$ 、改善後  $24.0 \pm 2^\circ\text{C}/40 \sim 60\% \text{Rh}$  となり結露は認められなくなった。

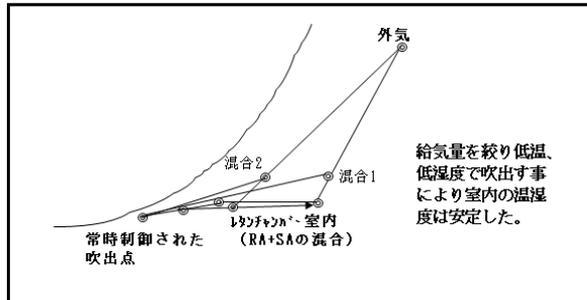


図4：除湿改善後の空気線図

## 3. 温度の改善

### 3.1 問題点の分析

天井の給気口から吹出された冷風は、周囲の空気を巻き込みながら下降して来る。一方クライストロンギャリ付近では、熱対流により空気の上昇が起こる。従ってクライストロンギャリ上部で、加熱された冷風と上昇して来た空気の混合が起こり熱溜まりが発生する。図1にて確認出来るが、温度制御対象で有る空調機の吸込口とクライストロンギャリとの位置関係及び従来から有る実験プラットフォームに遮られた空気が吸込口まで到達しない。

### 3.2 改善内容

ゾーン別個別空調として空冷ヒートポンプエアコン、チラーファンユニット等の増設を検討したが、設置スペースも無く、電源、ドレン処理等の問題や設備費用が膨大となる事から断念した。温度の上昇を改善するには、クライストロン上部の熱溜まりの排出が有効で有る。温度の分布を改善するには、強力な誘引ファンによる空気の攪拌が有効で有るが熱溜まりも攪拌され全体の温度を上昇させる事になる。そこで熱対流が起こっているクライストロン付近には比重の重い空気が周辺より集まってくる事に着目しディスプレイ空調（冷風を床面近くから吹出し上部から高温空気を排気することにより、室内の発熱や空気を効率よく排出することが可能な空調方式）に近い事が可能ではないかと考え図5に示す通り熱溜まりと天井の給気口から吹出された冷風が混合する部分と少しなまされた混合空気を温度制御対象にする事とし図5、図6に示す方法を仮設にて検証した。

- 排気は、未使用の局所排気設備を使用リストを押さえた。
- 排気運転による室内負圧の影響を調査した。除湿に影響なく室内正圧が保たれる量の外気を導入する事となった。給気口から吹出される風速の調整（インバーク設定を20Hzから60Hz迄10Hzずつ変更）を行い温度制御が有効で有る風速を調査した結果

40Hzが最も有効で有る事が解った。60Hzにすると床面まで風が届き空気の攪拌が起こる。

- 給気温度一定制御及び排気温度一定制御にて調査した。排気温度一定制御は有効で有ったが、オーバーシュートによる給気温度のバツクが起る事が確認された。そこで、排気温度の変化に伴い追従がやや緩慢な制御が有効で有ると考え給気温度設定値を可変させる制御を追加し調査を行った結果、給気温度が安定した。



図5：仮設排気ダクト

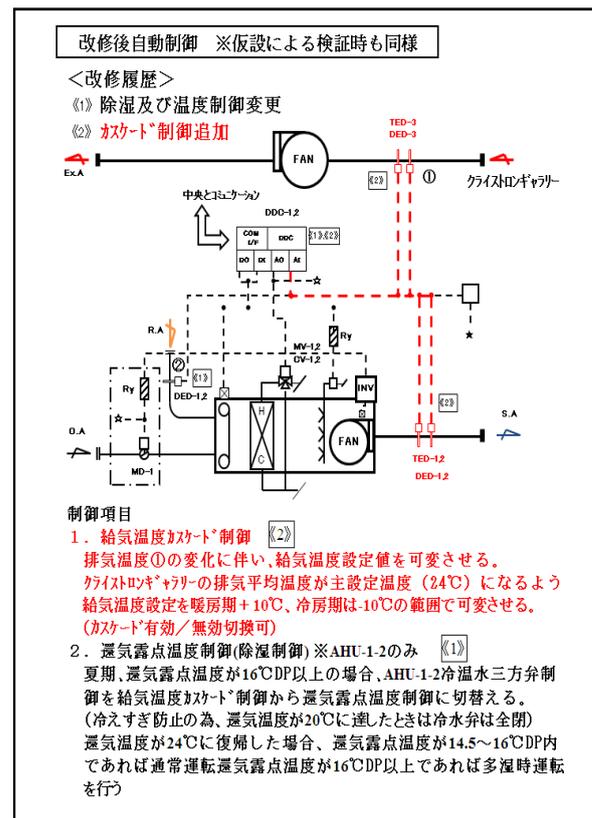


図6：温度の改善・改修後自動制御の概要

### 3.3 改善後の結果

関係者による評価を行った結果、室内温度高及び温度分布の改善、室内正圧の確保、夏期の除湿維持について、加速器が運転出来る空気環境で有る事が確認され2009年1月に図6、図7に示す本設改修を行った。

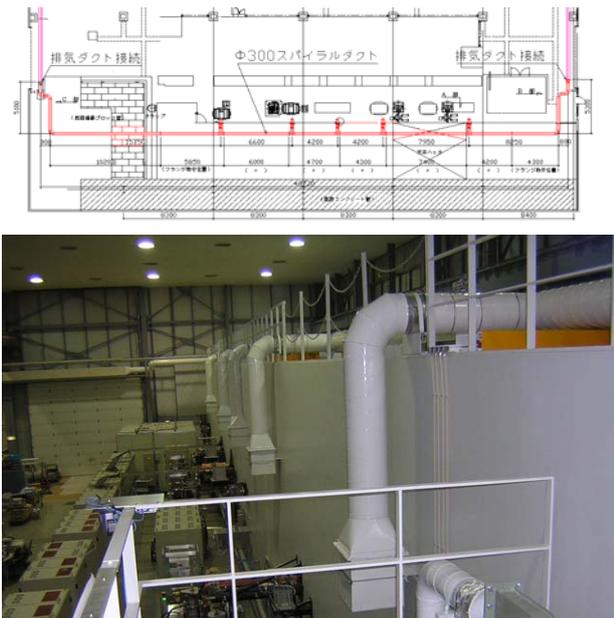


図7：本設排気ダクト

図8に夏期の温湿度が高い日(2009.07.28)の排気ダクト温度(クライストロンギャラリーの平均温度)、外気温湿度を示す。加速器運転中の9:00~20:00の温度差は、0.9℃と安定している。



図8：排気ダクト温度

#### 4. まとめ

今回の検証で、8GeV 実用機のクライストロンギャラリーで採用されたディスプレイメント空調は有効である事が実証された。しかしSCSSでは中間期に温度の変動が大きく見られるという課題が残っている。特に暖房運転中に外気温度が17℃を超えると室温が27℃以上となる。改善方法としては、外気量制御(フリーリング)の導入を検討している。

#### 謝辞

本報は、(財)高輝度光科学研究センター 施設管理部内に設置された「組立調整実験棟空調改善WG(山平正勝リーダー、山崎賢一主務)」の活動成果で有りご協力頂いた関係各位に謝辞を表すものである。