

# SuperKEKBのための 球形空洞型パルス圧縮器の熱解析

野村 伊久磨, 佐治 晃弘#, 井原 功介 (トヤマ) ,  
肥後 壽泰, 恵郷 博文, 東 保男 (KEK) ,  
坂東 佑星 (総研大) , 林 显彩 (清華大学)

## 要旨

SuperKEKBでは、高いルミノシティを得るために、入射器には長期的に安定な運転が望まれている。KEKでは昨年度よりこの入射器で使用する新規の高周波パルス圧縮器の開発を進めている。電気的特性はこれまで使用してきたパルス圧縮器と同等のまま、2個のシリンダー状空洞を1個の球形空洞におきかえる設計となっており、株式会社トヤマは熱解析と機械設計を行った。本稿では、開発中であるパルス圧縮器の熱解析結果について報告する。

# 1. 序論

- KEKは、KEKBより使用しているパルス圧縮器の老朽化が進んでいるため置き換え可能なパルス圧縮器の開発を始めた。
- 近年SLACや清華大で開発実績のある球形空洞型を採用[1]。

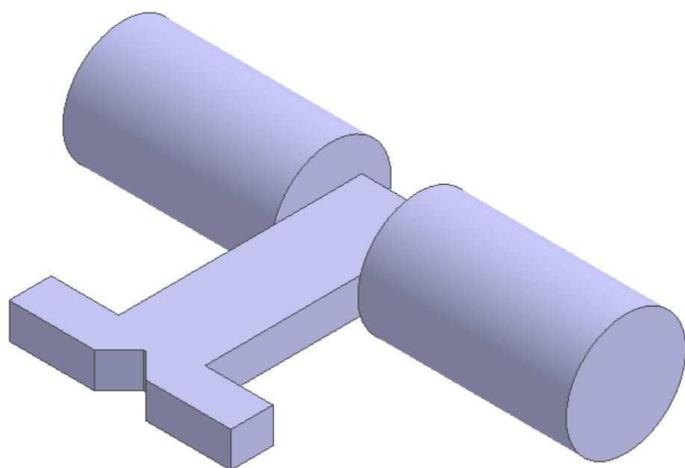


図1. 既存の2孔結合型  
パルス圧縮器



- ✓ 共振部は2ヶから1ヶ
- ✓ 軽量化・小型化

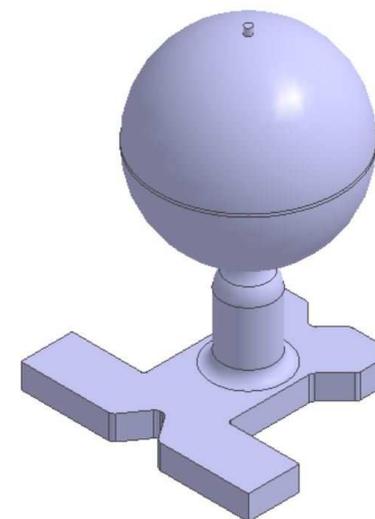


図2. 開発中の球形空洞型  
パルス圧縮器

- 本発表内容  
開発機を製作するにあたり行った冷却機構の設計  
及び熱解析を報告。

[1] Wang, Ping, et al. "Development of an S-band spherical pulse compressor." Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section A: Accelerators, Spectrometers, Detectors and Associated Equipment 901 (2018): 84-91.

## 2. 解析条件①

- 定常運転条件 (Sバンド)

投入電力：40 MW

パルス幅：4  $\mu$ s

繰り返し：50 Hz

- 熱損失条件

空洞内壁での熱損失率：15%  $\left( = \frac{\text{空洞内壁損失}}{\text{入力平均電力}} \right)$

定常運転時の熱損失量：1200 W (0.58 W/cm<sup>2</sup>)

熱流束分布：右図

空洞材質：無酸素銅

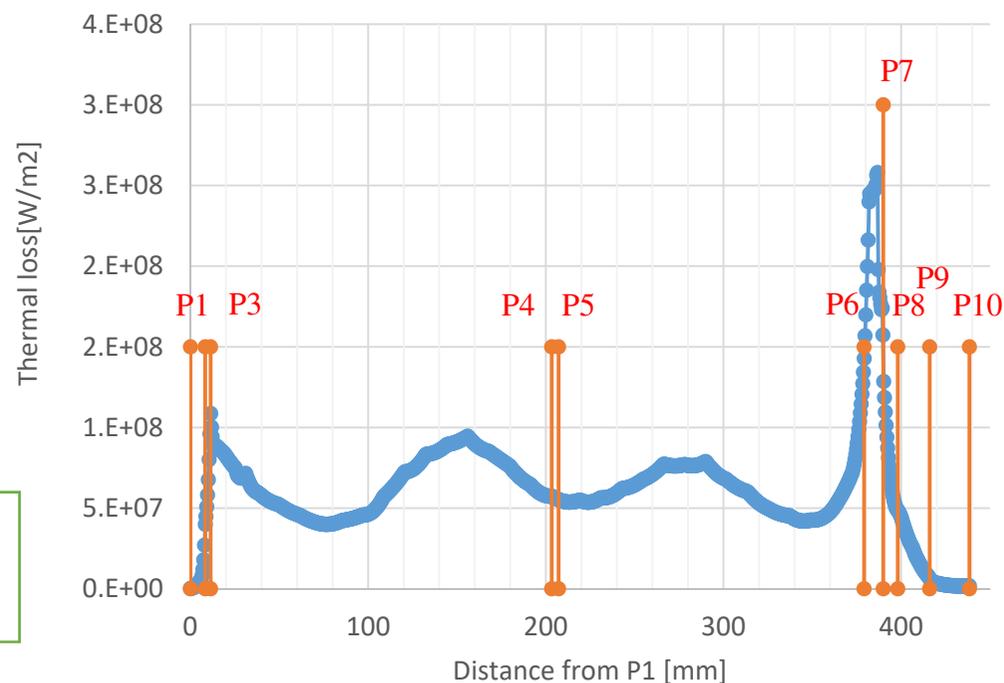
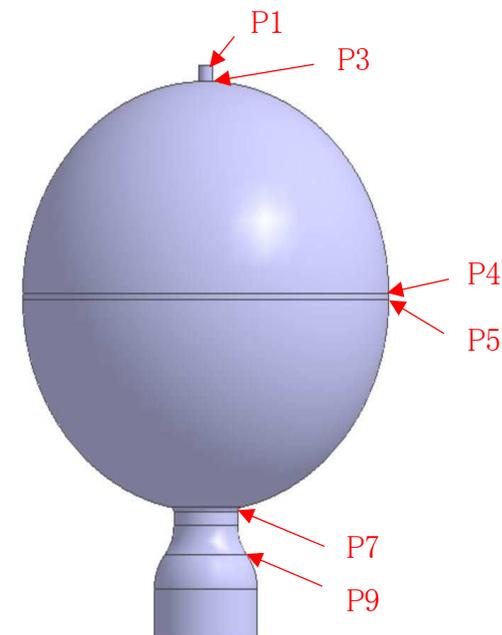
(開発機はC1020で製作中)

- 冷却水

総流量：55  $\ell$ /min

冷却水温：30  $^{\circ}$ C

全体に均一にロスがあり、局所的には結合孔 (P7付近) での増加がある。



# 3. 水路配置

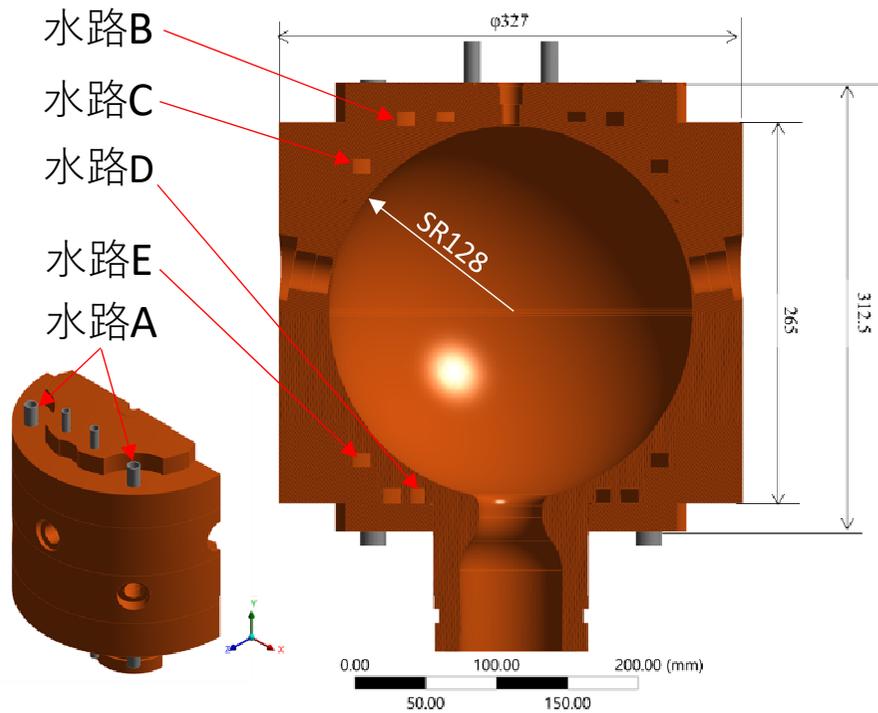


図4. パルス圧縮器の外観図、断面図

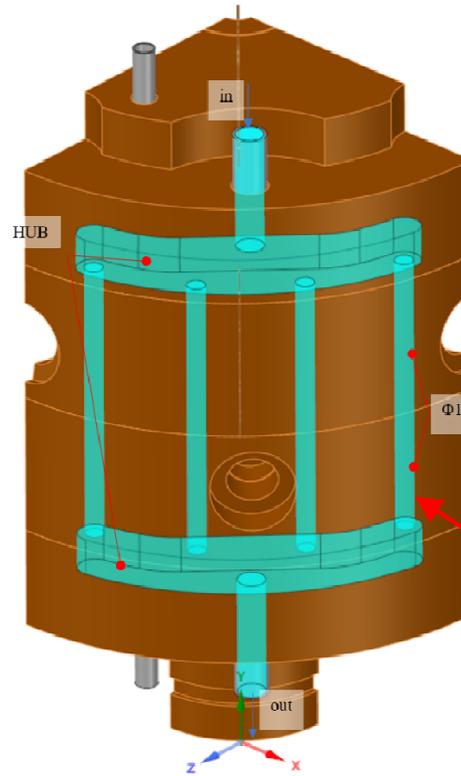


図5. 冷却システムA

表1. 冷却系統

系統	流量 [L/min]
A (軸対象に4カ所)	10.5
B	3.25
C	3.25
D (Cと同等)	3.25
E (Bと同等)	3.25

主系統  
チューナーを避けるように  
円周上16か所に配置

- 材質
- 茶色部：無酸素銅  
(物性値引用元は[2])
  - 灰色部：SUS316L  
(物性値引用元は[3])

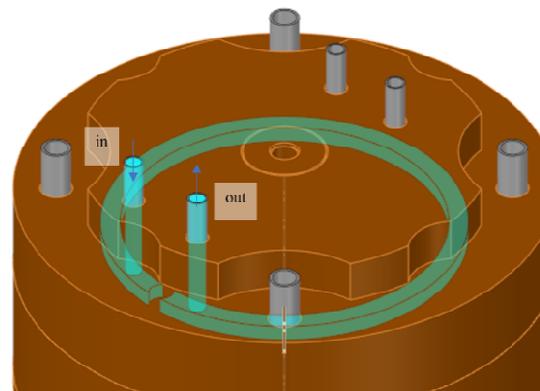


図6. 冷却システムB

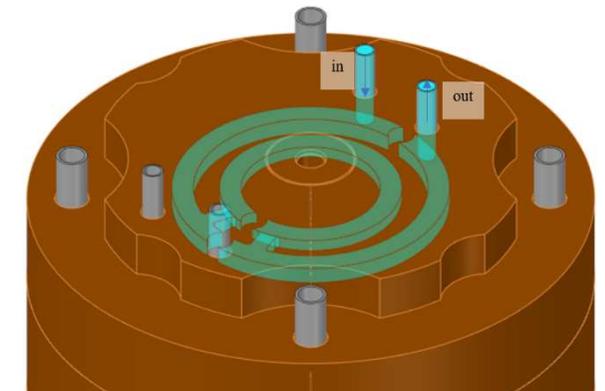


図7. 冷却システムC

[2] ITER Materials Properties Handbook

[3] SUS316L | シリコロイラボ

<https://www.silicolloy.co.jp/material/sus316l/>

# 4. 解析結果

表2. 解析手順

手順1	水温が30°C一定の時の熱解析
手順2	手順1の結果を受け、水温が水路内で線形に上昇すると仮定したときの熱解析
手順3	手順2の解析結果から得た温度分布を与えたときの静的構造解析

チューナー  
内壁薄肉部

平均温度：31.7 °C  
最高温度：32.5 °C

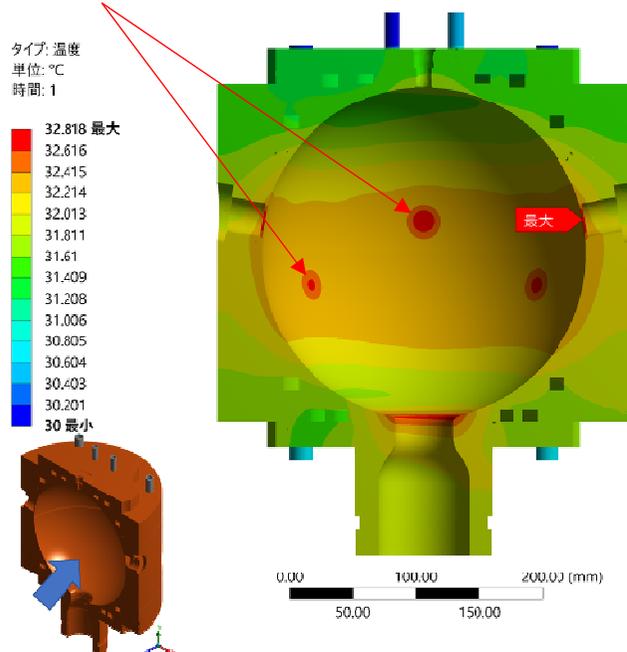


図8. 熱解析結果

球形内変形量最大値：4.4 μm  
変形量最大値と最小値の差：1.3 μm

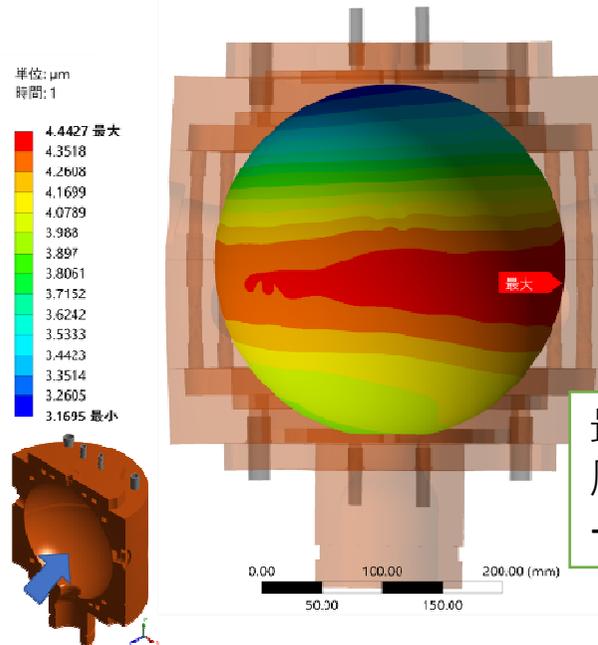


図9. 球形内の熱変位量

$$\Delta f \approx -f \frac{dr}{r} \approx -90 \text{ kHz}$$

(r = 128 mm)

最大変形量が4.4umとなるので、  
周波数変化は -90 kHz未満が見込まれる  
→ チューナーでの調整範囲内

# 5. まとめ

- 球形空洞型パルス圧縮器の熱構造解析の結果、定常運転時の熱変形量は最大4.4  $\mu\text{m}$ となるので、周波数変化は-90 kHz未満が見込まれる。これはチューナーでの調整範囲内である。
- 本パルス圧縮器に関する開発の詳細については、9/4のポスター発表「講演番号：FRPP39」をご覧ください。  
タイトル：SuperKEKBのためのSバンド球形空洞型パルス圧縮器の設計