

## セラミック抵抗器の電気抵抗の測定

### ELECTRIC RESISTANCE MEASUREMENT OF SILICON CARBIDE RESISTORS

菅沼 和明<sup>#,A)</sup>, 下山 暢善<sup>B)</sup>, 米久 直幸<sup>B)</sup>, 滝 幸奈<sup>B)</sup>, 金正 倫計<sup>A)</sup>

Kazuaki Suganuma<sup>#,A)</sup>, Nobuyoshi Shimoyama<sup>B)</sup>, Naoyuki Yonekyu<sup>B)</sup>, Yukina Taki<sup>B)</sup>, Michikazu Kinsho<sup>A)</sup>

<sup>A)</sup> Japan Atomic Energy Agency

<sup>B)</sup> Tokai Konetsu Kogyo Co., Ltd.

#### Abstract

This reports the electric resistance measurement of the silicon carbide resistor used by extraction kicker system. We often can have a change of the electric resistance of the silicon carbide resistor used by the kicker system. This change may generate a pulse magnetic field in another occasion generating a magnetic field in need. The cause of the change of resistance is thought as that a crack appears in oil proof film coated on a surface of the resistance and some oil invade the crack. We think of using a resistance that is not coated by oil proof film. Then we put the silicon carbide resistance into a metallic pipe to use resistance measurement, and the inside is a vacuum. The same as we measured resistance that invaded in oil. As a result, in a vacuum or in oil, we made sure of the change compared with first resistance. As long as in oil, the change of resistance converge. We could have resistance been stabilized. We think of this way of using a resistance as a terminal of the kicker system.

#### 1. はじめに

本報告は、J-PARC 3GeV Rapid Cycling Synchrotron(RCS)<sup>[1]</sup>の出射キッカーシステムに使用のセラミック抵抗器の電気抵抗測定に関するものである。キッカー電源に使用のセラミック抵抗器は、電気抵抗の値に変化が生じることが散見される。キッカーシステムにおける抵抗器の抵抗値の変化は、必要とする磁場を発生させる励磁タイミングとは別に、それ以外のタイミングでパルス磁場を発生させる恐れがある。抵抗値変化の原因として、抵抗器表面に塗布した耐油性膜に亀裂が発生し、油がセラミック抵抗器に浸入することが考えられる。筆者らは、あえて耐油性膜の無い抵抗器の使用を考えた。抵抗値測定用に準備した金属容器内にセラミック抵抗器入れ、内部の空気を希薄な状態にしたり、同様に油に浸した状態で電気抵抗の測定を行った。結果、抵抗器を覆う空気が希薄な状態及び油に浸した状態では、初期の抵抗値に比べ値が変化することを確認した。油に浸す時間が長いほど、抵抗値の変化は収束する。油に浸した抵抗器で安定した抵抗値が得られた。この使用方法による抵抗器を J-PARC のキッカー電源の励磁エネルギーの終端抵抗として使用することを考えている。

#### 2. キッカー電磁石電源システム

J-PARC 3GeV RCS のキッカー電磁石電源は、電圧 60kV、電流 3kA、パルス幅 1.2  $\mu$  秒、繰返し 25Hz のパルス電磁石電源システムである。400MeV から 3GeV に加速した陽子を物質・生命科学実験施設 (Material and Life Science Facility : MLF) および 50GeV シンクロトロン (Main Ring : MR) に蹴り出

している。双子型分布定数キッカー電磁石 8 台と高電圧パルス電源 8 台で構成される。Table 1 に代表的なキッカー電磁石電源システムの仕様を示す。1 台のキッカー電磁石電源は 2 本の e2V 社製のサイラトロン (CX1193C) を使用している。サイラトロンの電流立ち上がり時間は約 30nsec で、キッカー電磁石の特性インピーダンスは 10  $\Omega$  である。電磁石の終端は短絡されていて、電流を全反射させ、磁場を発生させている。Table 1 にキッカー電磁石電源システムの仕様を、Figure 1 にキッカー電磁石電源システムの系統図を示す。

Table 1 : Specifications of the Kicker Magnet System

The number of magnet section	8
Magnetic flux density	360~460Gauss
The number of DC power supply	8
The number of thyatron tube	2/magnet
Pulse width	~1200ns
Repetition rate	25Hz
The number of high-voltage coaxial cable	4 cables /magnet section
Impulse withstand voltage of high-voltage cable	690kV
Matching resistor	4/ magnet

#### 3. キッカー用終端抵抗器

Figure 2 にキッカー電磁石電源システムの終端抵抗器の外観を示す。

<sup>#</sup> suganuma.kazuaki@jaea.go.jp

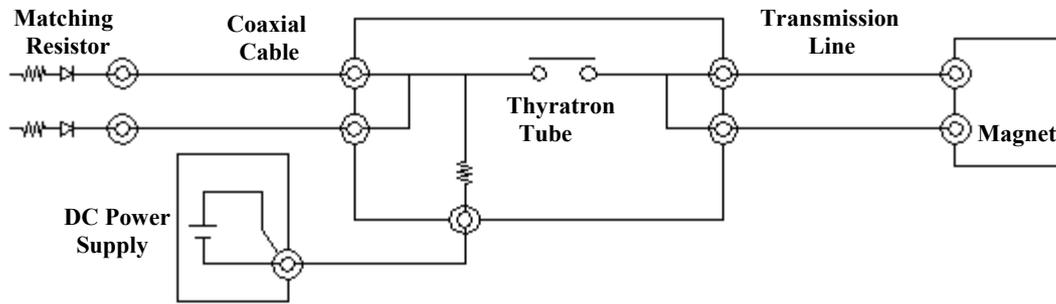


Figure 1: Schematic diagram of the kicker magnet system.



Figure 2: Matching resistor.

終端抵抗器は東海高熱工業株式会社製のエレマ抵抗器（型式：ER65ASH、油中仕様）25本とオリジン電気株式会社製の整流スタック（型式：MD-O65SN1K）からなる。エレマ抵抗器（型式：ER65ASH）は、長さ455mm、直径14mmで、両端の電極以外は全面にエポキシ樹脂の塗装が施されている。抵抗器1本あたりの抵抗値は512.5Ωである。終端抵抗器としては、25本を並列に接続し一組としている。合成抵抗は20.5Ωである。キッカー電磁石電源で使用する抵抗器の総数は32組、800本である。

## 4. セラミック抵抗器の抵抗測定

### 4.1 測定装置

セラミック抵抗器の抵抗値の測定にあたって、測定装置を準備した。Figure 3 にセラミック抵抗器用電気抵抗測定装置の外観を示す。測定装置は、市販の真空配管（ISO-KF Flange Size NW-40）を主な部品に用いた。配管は抵抗器が配管内部に設置可能な長さに連結している。内部に耐油性膜の無い抵抗器を1本入れる事が出来る。抵抗器を覆う空気を希薄な状態にするため、油回転ポンプ及びブルドン管圧力計又はピラニ真空計を準備した。その他、L型バルブ及び大気開放用のバルブを取り付けている。電気抵抗測定のための電流挿入端子を抵抗器の電極に近い位置に各1本配置した。オイルに浸すことを考え、脱気時の脱泡の様子を観察する目的でISO-KF規格のビューポートを数個準備し閉止フランジと交換して取り付ける事が可能となっている。



Figure 3: Measuring device of electrical resistance.

### 4.2 電気抵抗の測定

電気抵抗の測定はADCテクノロジー株式会社製、デジタルマルチメーター、型式7461Aを用いた。以下に3つの条件で実施の電気抵抗の測定について記

述する。測定1は、金属容器内に抵抗器を入れ密封する。内部の空気を油回転ポンプを用いて希薄な状態にする。排気前から電気抵抗の測定を開始。一定時間排気を続けた後、大気開放を行った。測定2は、前述と同様に希薄な状態での電気抵抗の測定を行った。その後窒素ガスで容器内を満たしてみた。測定3は、前述と同様の作業を行った後、容器を開放しオイルを注入した。その後、再度容器を密閉し、油回転ポンプで排気した。それぞれの測定について Figure 4、Figure 5 及び Figure 6 に経過時間と電気抵抗の測定値の関係を示す。

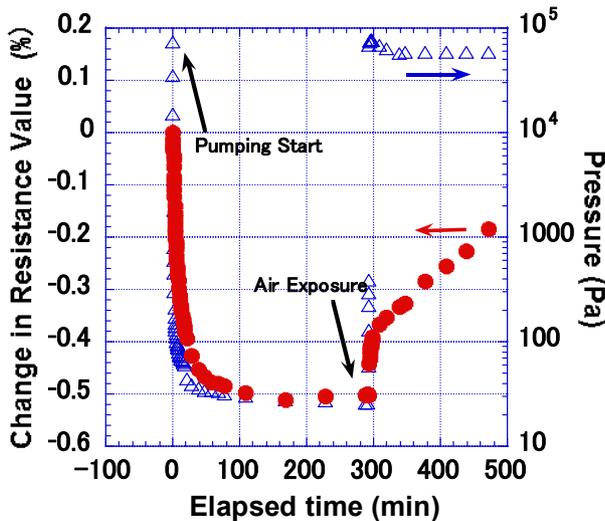


Figure 4: Electric resistance measurement 1.

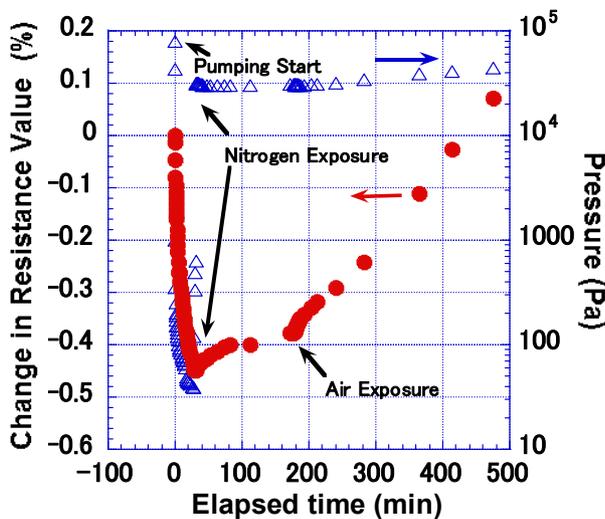


Figure 5: Electric resistance measurement 2.

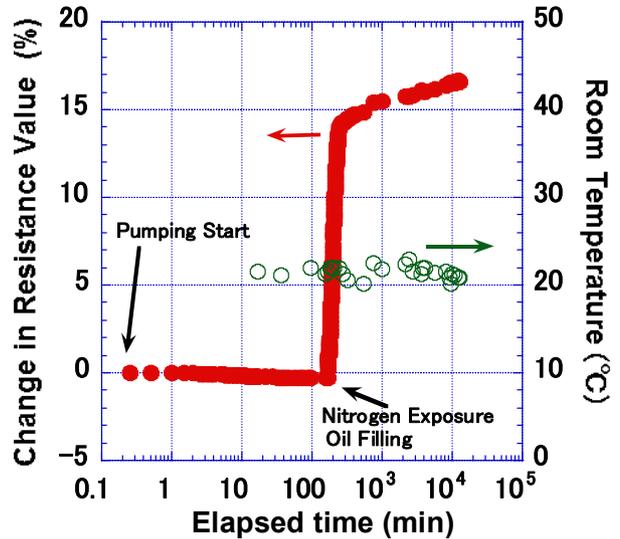


Figure 6: Electric resistance measurement 3.

## 5. まとめ

J-PARC RCS の出射キッカー電源用の励磁エネルギーの終端抵抗器として使用する目的で、耐油性膜の無いセラミック抵抗器の電気抵抗の測定を行った。以下に本報告のまとめを記す。

- ・抵抗器を覆う空気を希薄な状態にすると、抵抗値は0.5%程度減少する。
- ・抵抗器を油に浸すと初期の抵抗値から18%程度値が上昇する。
- ・油に浸した抵抗器の抵抗値の上昇は時間経過とともに値が上昇したまま安定する。

今後は、油に浸したセラミック抵抗器をキッカー電源に取り付け電圧印加試験を行う予定である。

## 謝辞

電気抵抗測定装置の設計にあたり、株式会社京都タカオシン、高尾健慈氏にご協力を頂きました。この場をお借りしてお礼申し上げます。

## 参考文献

- [1] 山崎良成. “Accelerator technical design report for J-PARC”, KEK-report 2002-13(2002).