

[F17p26]

PERFORMANCE OF A HIGH PRESSURE WATER RINSING SYSTEM IN JAERI FOR SUPERCONDUCTING CAVITIES

N.Akaoka*, J.Kusano, N.Ouchi, M.Mizumoto, S.Noguchi**, K.Saito**,
M.Ono**, E.Kako**, T.Shishido**, O.Takeda***

Japan Atomic Energy Research Institute
Tokai-mura, Naka-gun, Ibaraki-ken, 319-11, Japan

ABSTRACT

Development of superconducting(SC) linac has been continued for the high intensity proton accelerator. High Pressure Water Rinsing(H.P.R.) is an important tool to eliminate field emission. In JAERI, we have installed the H.P.R. system to prepare the SC cavity in the vertical test. This paper presents the H.P.R. system and the results of the performance test.

原研における超伝導加速空洞用高圧水洗浄装置の性能評価

1. はじめに

原研では、大強度陽子ビーム及びそれにより駆動される強力中性子源を用いて基礎科学研究や消滅処理研究を行うための中性子科学研究計画(NSP:Neutron Science Project)を提案している[1]。計画されている大強度陽子加速器は、イオン源、RFQ、DTL、超伝導加速空洞、及び蓄積リングで構成されビームエネルギー1.5GeV、ビームパワー8MWを想定している。本加速器の主要部分となる高エネルギー部(100~1500MeV)は、超伝導加速空洞の採用を第1オプションとしているが、まだ実績のない超伝導陽子加速器の開発にあたり、技術的課題を検討するため、研究開発をKEKと共同で進めている。

原研ではNSP用超伝導加速空洞の加速周波数は600MHzとして検討を進めており、その開発のため東海研究所に空洞の性能を試験する設備として、空洞組立用クリーンルーム、試験用クライオスタット、高圧水洗浄システム、及び計測システムから構成されるテストスタンドを整備してきた[2]。今回テストスタンド構成部の一つである高圧水洗浄システムの性能を評価するためKEKで研究開発を行っているLバンド空洞(1.3GHz, $\beta=1$)を用いて、当高圧水洗浄システムで洗浄を行いKEKのテストスタンドでRF試験を行った。本報告では、高圧水洗浄システムの概要と性能試験結果についてまとめる。

2. 装置概要

超伝導加速空洞の性能を決定づけるものには、材料の特質、製造方法もさることながら表面処理工程が重要な一部を担っている。現在各国で開発されている超伝導加速空洞でも幾つかの方法が試されている。その中で最終表面処理工程に用いる高圧水洗浄は、空洞の電界放出を抑制するために必要不可欠な洗浄方法と考えられる。原研では開発中の600MHzの単セル空洞の性能試験を行っているが、当高圧洗浄システムの水質が原因と考えられるトラブルに何回か遭遇しており、当システムの健全性の管理は重要なものとなっている。

高圧水洗浄システムは、現在の超伝導加速空洞の表面処理工程のうち揺動バレル研磨[3]、電解研磨[4]及び熱処理後の最終洗浄工程で用いている。原研の高圧水洗浄システムの概念図を図1に示す。

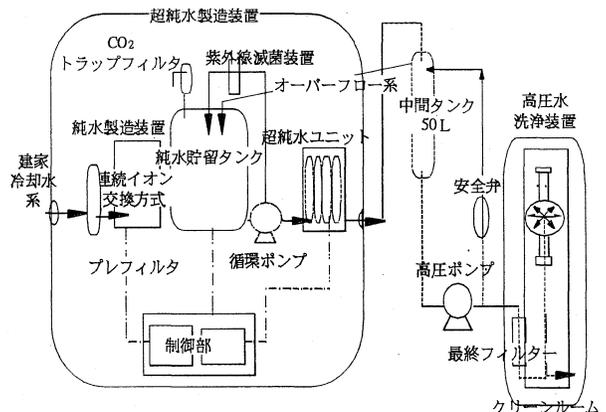


図1 超伝導空洞高圧水洗浄システム概念図

* Nippon Advanced Technology, Co. Ltd

** KEK: High Energy Accelerator Research Organization

*** Toshiba Corporation

当システムは、超純水製造装置と高圧水洗浄装置から構成されている。

(1)超純水製造装置は、純水製造装置、純水貯留タンク、超純水ユニット及び制御部の四系統で構成されている。①純水製造装置には既設の冷却設備のイオン交換水(1MΩ・cm)を一次純水とし供給しており、活性炭フィルター(3μm)、限外濾過フィルター(SFフィルター)及び連続イオン交換装置(ELIX)を有している。特に超純水ユニット及びELIXの目詰まりを防止するために一次純水中のコロイド状成分等を除去する目的でSFフィルターを追加している(次章参照)。ここでの造水能力は360ℓ/h、比抵抗値3MΩ・cm以上である。②純水タンクは1500ℓ貯留することができ、タンク内バクテリアの繁殖を防止するために滅菌用紫外線ランプの循環系を設けている。最終段となる③超純水ユニット部は、プレフィルター(1.2μm)、活性炭フィルター(3μm)、イオン交換カートリッジ及び最終フィルター(0.2μm)で構成され、ここで比抵抗値18MΩ・cm以上、TOC(Total Organic Carbon)100ppb程度となり、最終的には水圧を8~9MPaで使用したときの流量は14ℓ/minで、2時間30分程度空胴を連続して洗浄することが可能である。

(2)高圧水洗浄装置は、高圧ポンプ、空胴装荷架台とノズルの駆動部、及びフィルター(0.1μm)で構成されている。空胴は5回/分で回転させ、ノズルを上下動することで洗浄を行う。ノズル部はステンレス製で上下方向に水平より30°のところへ各3ヶ、水平部へ2ヶの計8ヶ設けている。高圧ポンプはダイヤフラム式で水圧を8~9MPaまで加圧して使用している。この高圧水洗浄装置のうち空胴とノズルの駆動部及びフィルター(0.1μm)部は、クリーンルームのクラス100エリアに設置しており、超伝導加速空胴の組立、洗浄の一連の作業は、このクラス100エリアとクラス10エリアのクリーンルーム内で行われる。

3. 試験

高圧水洗浄システムの健全性の評価のために三回シリーズの試験を行った。

一回目は1997年の六月から七月にかけて行った。本試験では、KEKで研究開発を行っているLバンド空胴(1.3GHz,β=1)を、KEKでの測定終了後に空胴研磨を行わずに、原研の高圧水洗浄システム(比抵抗値8~12MΩ・cm、TOC160~180ppb、水圧8~

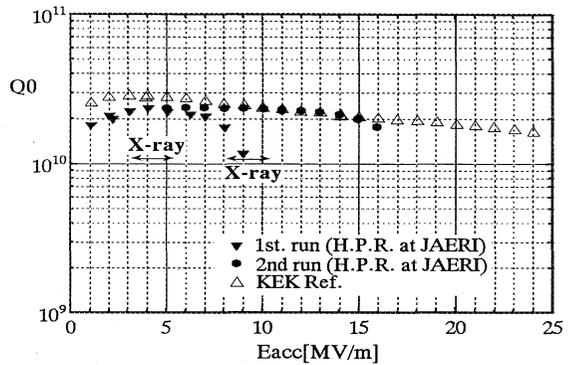


図2 K-11空胴試験結果

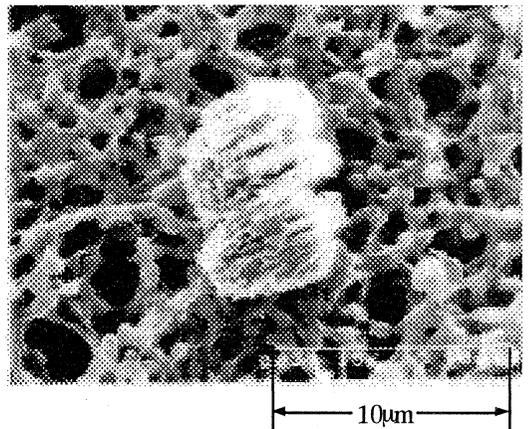


図3 フィルター目詰まり状況(Cu粒子)

9MPa)で90分洗浄を行い、封じりのままKEKへ運び、約80℃でベーキングをしながら到達真空度 $10^{-9} \sim 10^{-10}$ Torrまで真空に引き、KEKのテストスタンドでRF特性試験を行った。結果を図2に示す。図は空胴のQ値と加速電場強度(Eacc)の関係を示している。K-11と呼ばれている空胴を用いた試験のもので、図で示されるように2つの空胴とも、加速電界(Eacc)が低い段階から電界放出電子によるX線が観測された。加速電界上限もそれにより制限され、高圧水洗浄での水の異常が認められた。このときは、超純水ユニットの目詰まりが早く一日程度の運転で目詰まりを起こしており、比抵抗値が10MΩ・cm前後と悪くなっていた。その後超純水ユニットの目詰まり原因を調べるにあたり日本ミリポア(株)の協力で水質分析調査を行った結果、原因は供給水に活性炭フィルターで捕捉できない鉄分等を含んだ粒子で特に~2μmの粒子が、目詰まりを起こしていることが分かった。この汚染物質のフィルター上のトラップ写真を図3に示す。これは一次純水での汚染と考えられ、対策として純水製造装置部に一次純水とし供給されているイオン交換水中のコロイド状成分等を除去するために、限外濾過フィルター(SF

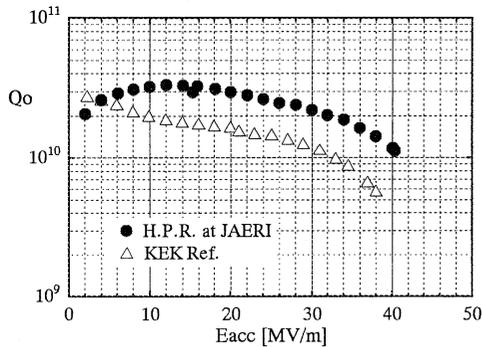


図4 K-8 空胴試験結果

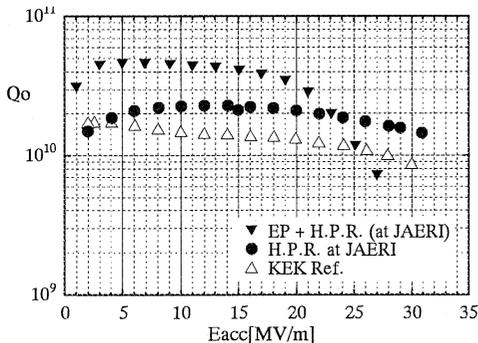


図5 K-10 空胴試験結果

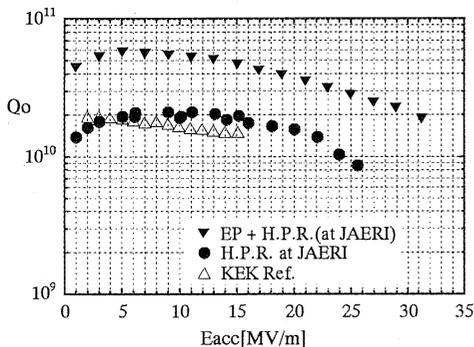


図6 K-11 空胴試験結果

フィルター)を追加した。

二、三回目は1998年の四～六月に行った。原研では、昨年9、11、12月、今年2月に600MHz、 $\beta=0.5$ の単セル空胴の試験を行ってきた。昨年9、11月では良好な空胴性能($E_{peak}=44\text{Mv/m}$)を達成したが[5]、その後の試験では強い電界放出が確認され、そのためにRFピックアップコネクタで真空リークが発生した。その電界放出の原因が、高圧ポンプから高圧水洗浄装置のノズルまでの間の一部に用いていた高圧ホースの内面のゴムが削られ洗浄水中に混入していたことによるものであることが解り、高圧ホースの内面がテフロン製のものと交換した。この評価のため一回目と同様の方法で二回目の試験を行った。二回目の試験で以前にKEKで測定したもの

に比べ残留抵抗が若干大きめの空胴がありその確認のため三回目の試験を行った。三回目の試験ではKEKでの試験後の保管状態等の影響を避け、H.P.R.の効果が試験によく反映されるように、空胴はH.P.R.前に電解研磨(EP:研磨厚 $27.5\mu\text{m}$)を施した。これらの試験結果を、図4、5、6に示す。二回目の試験結果(●H.P.R. at JAERI)は、KEKでの測定結果(△KEK Ref.)と同等以上の性能を達成しており、電界放出もほとんど観測されなかった。また、図4に示すK-8空胴では、 $E_{acc}=40\text{MV/m}$ と非常に良好な性能を得ている。三回目の試験(▼EP+H.P.R. at JAERI)では空胴の残留抵抗を正確に導出するために、 $1.46\sim 1.8\text{K}$ まで冷却した。ここで測定された残留抵抗値は $3.21\sim 5.41\text{n}\Omega$ と十分低いことを確認した。図6に示すK-11空胴では高加速電界($E_{acc}=31.8\text{MV/m}$)を達成し、電界放出も観測されなかった。しかしながら、K-10空胴では 16MV/m あたりから電界放出がみられた。この原因については、H.P.R.によるものであるか今後の検討課題である。

4. まとめ

テストスタンド構成部の一つである高圧水洗浄システムの健全性を評価するためLバンド空胴($1.3\text{GHz}, \beta=1$)を用いて性能試験を行った。本結果により、いままでの幾つかの改善点により、現在のシステムで良好な性能が出ることを確認した。

今後の空胴開発においては、現在、多連セルの製作を進めており、テストスタンドの高圧水洗浄システムも多連セルの洗浄が可能ないように高圧水洗浄装置の駆動部等改造の検討を進めている。

参考文献

- [1] M.Mizumoto et al., "A High Intensity Proton Linac Development for Neutron Science Research Program", Proc. of the XVIII International Linear Accelerator Conference, Geneva, Switzerland, (1996) 662
- [2] N.Ito et al., "Present Status of the Development for the Superconducting Proton Linac in JAERI", Proc. of the 21st Linear Accelerator Meeting in Japan, Tokyo (1996) 328
- [3] T.Higuchi et al., "Finished Niobium Cavity Surface with Barel Polishing", *ibid*, 228
- [4] K.Saito et al., "R&D of Superconducting Cavities at KEK", Proc. of the 4th Workshop on RF Superconductivity, Tsukuba, Japan (1989) 635
- [5] J.Kusano et al., "Present Status of Superconducting Cavity Development for High Intensity Proton Linac", these proceedings.