

Comparison of Cavity Performance in the Saclay-KEK SC Cavities

E. Kako, K. Saito, B. Visentin* and H. Safa*

KEK ; 1-1, Oho, Tsukuba, Ibaraki, 305-0801 JAPAN

*CEA-Saclay ; 91191 Gif-sur-Yvette, FRANCE

Abstract

Three Saclay single-cell cavities were sent to KEK in order to compare the cavity performance. Surface treatment by electro-polishing (EP) was carried out at KEK, so that every cavity achieved an accelerating gradient (Eacc) higher than 30 MV/m with a Qo of more than 10^{10} . One cavity has attained an Eacc of 40 MV/m at KEK and also 43 MV/m at Saclay. It was confirmed that baking around 100°C for some-tens hours has been effective to improve a Qo-drop observed at high gradients (>25MV/m) in both chemical polished (CP) and EP cavities. The latest cavity test results obtained at KEK and at Saclay are reported in this paper.

S a c l a y と K E K 間の超伝導空洞の性能比較

1、はじめに

超伝導空洞の高電界性能は、空洞内表面の表面処理技術に大きく依存し、滑らかで清浄な表面を得るために、空洞の内表面は化学研磨 (CP) や電解研磨 (EP) による表面研磨が行われる。また、その後に行われる高圧洗浄 (HPR) は、表面上の化学的残留物やゴミを除去し、空洞組み立て時の清浄環境とともに、電界放出電子の抑制に有効である。このような表面処理を適用することにより、KEKでは30~40MV/mの高加速電界が再現性よく達成され、EPにより処理された空洞が、CPで処理された空洞より優れた高電界性能を有することが示された[1]。この観測結果を確認するとともに、空洞性能における表面処理の効果をより組織的に試験するために、CEA-Saclay (仏) で作製および性能測定が行われた3個のニオブ空洞がKEKに送られた。これらの空洞は、KEKにおいて各種の表面処理による性能評価が行われた後[2]、再びSaclayに返送され空洞性能の測定が続けられている。また最近、100°C位のベーキングがQ値の向上に有効であることが他研究所から報告されている[3,4,5]。ここでは、電解研磨による性能改善およびこのベーキング効果を確認するために、これら3空洞についてKEKとSaclayで行われた空洞性能の測定結果を報告する。

2、1.3GHz単セルニオブ空洞

Saclayから送られてきた1.3GHzニオブ空洞の特性を表1に示す。S-1およびS-2空洞は、ニオブの熱伝導率を向上するため熱処理 (HT) がSaclayにおいて行われた。各々空洞自身の残留抵抗比 (RRR) も調べられた。Saclayではいずれの空洞も100~200 μ mの化学研磨 (混酸比、HF:HNO₃:H₃PO₄=1:1:2、18°C) による表面処理およびHPR (90~100bar) 後に、性能測定が行われた。その測定結果を図1に示す。熱処理なしのS-3空洞は、15MV/mで最大加速電界が制限されているが、他の熱処理後の2空洞は、いずれも25MV/m以上の加速電界を達成している。しかしながら、どの空洞も20MV/m附近からはじまる著しいQ値の悪化が同様に観測された。この現象は、これまでのKEKでの実験結果と比較して顕著に異なる特徴であった。

表1、Saclayから送られたニオブ空洞

空洞	ニオブ材料	熱処理	RRR
Saclay S-1	東京電解	1300°C HT	320
S-2	ヘラウス	1000°C HT	200
S-3	ヘラウス	なし	230

3、電解研磨による空洞性能の改善

表1に示される3空洞は、KEKにおいて電解研磨（混酸比、 $H_2SO_4:HF=10:1$ 、 $30^\circ C$ ）およびHPRによる表面処理が行われた。空洞は、クラス10のクリーンルームでの組み立て後、真空引き、ベーキングが行われた。50 μm の電解研磨後における3空洞の性能測定の結果を図2に示す。いずれの空洞においても、30MV/m以上の高加速電界が著しいQ値の悪化なく同様に達成された。この結果は、電解研磨された空洞においては、ニオブ材料、高温熱処理、RRRなどに依存せずに高加速電界が得られるということを示している。さらに、この電解研磨の効果をより直接的に確認する目的で、電解研磨で処理された空洞に化学研磨を行った測定結果を図3に示す。60 μm の化学研磨の後には、クエンチにより制限される最大加速電界が低下し、Q値の悪化現象も再び起こっている。さらに50 μm の化学研磨後には、空洞性能は一段と悪化した。この空洞に再び電解研磨を行うと、図4に示されるように空洞性能は以前の状態に回復した。これにより、電解研磨による空洞性能の改善の効果がより明確になった。

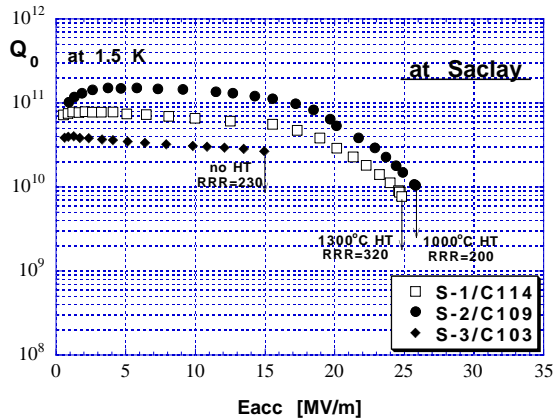


図1、Saclayでの空洞性能の測定結果

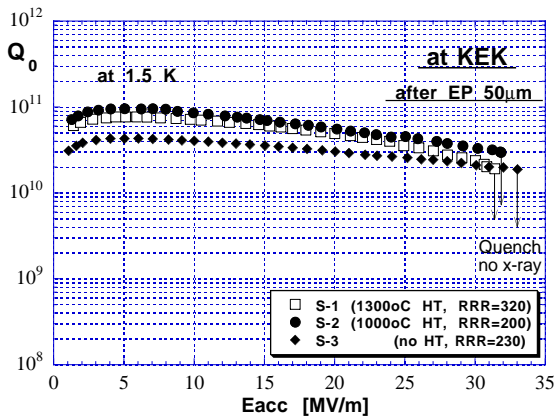


図2、KEKにおける電解研磨後の測定結果

4、100°Cベーキングによる空洞性能の改善

SaclayとKEKにおける表面処理に関する相違点として、研磨方法(CP、EP)の他に、水洗後の乾燥方法が異なる。Saclayでは、HPR後にクリーンルーム内で清浄空気流下で3時間放置することにより空洞を乾燥させるが、KEKではベーキングを行って空洞を乾燥させる。したがって、図1ではベーキングなし、図2、3、4は、ベーキング後の測定結果である。高加速電界でのQ値の悪化現象の改善にベーキングを行うことが有効であることがSaclayで最初に見い出され[3]、その後DESY[4]およびCEBAF[5]においても同様な結果がすでに報告されている。図5は、KEKでの電解研磨での測定後にSaclayに送り返されたS-2空洞の少量化学研磨によるベーキング前後での空洞性能の測定結果である。ベーキング前には25MV/m以上で著しいQ値の悪化が起こるが、ベーキング後にはかなり改善されている。しかし、高電界においてはなおQ値の悪化が見られ、図3におけるKEKでの化学研磨による測定結果（ベーキング後）と良く一致している。一方、電解研磨した空洞においても図6に示されるように、ベーキング前には同様に29MV/m以上で著しいQ値の悪化が観測され、

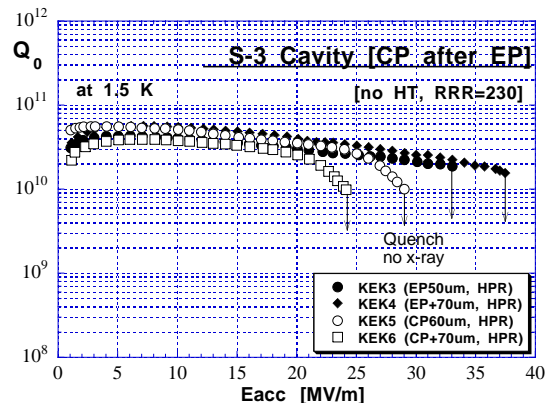


図3、電解研磨後の化学研磨による性能悪化

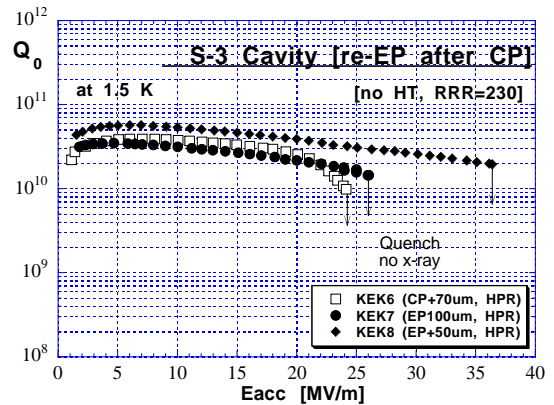


図4、“再”電解研磨による空洞性能の回復

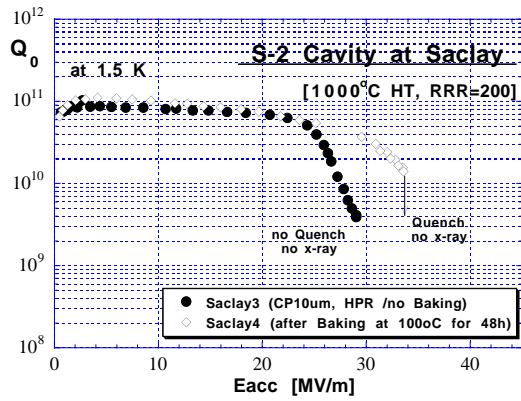


図5、化学研磨空洞におけるベーキングの効果

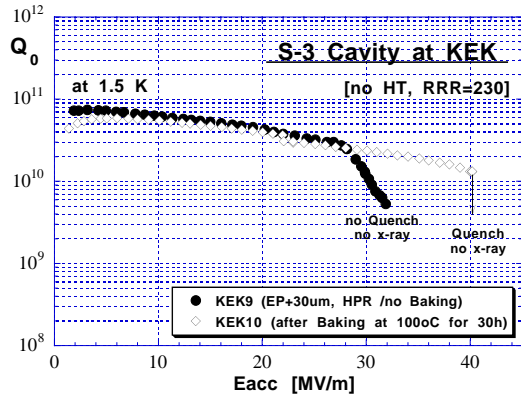


図6、電解研磨空洞におけるベーキングの効果

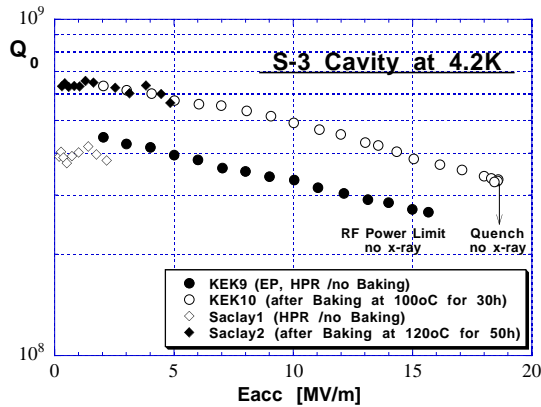


図7、ベーキングによる4.2KでのQ値の変化

加速電界が制限される。100°Cで30時間のベーキング後には、高電界でのQ値の悪化はなくなり40MV/mが達成された。したがって、高加速電界をQ値の悪化なく安定に達成するためには、電解研磨による表面処理と100°C程度のベーキングを相乗的に行うことが本質的に重要である。もう一つのベーキングによる効果として、4.2KでのQ値の向上が報告されている[3]。図7にベーキングによる4.2KでのQ値の変化を示す。KEKとSaclayにおいて一致したQ値の改善が観測された。

5、KEK-Saclay間での高電界性能の比較

KEKにおける最終空洞性能とその後のSaclayでの空洞性能の比較を図8に示す。これらはすべて、ベーキング後の測定結果である。空洞はKEKでの最終電解研磨後に真空保持の状態でも空輸されSaclayにおいて、S-2空洞では少量化学研磨と高圧水洗、S-3空洞では高圧水洗のみが行われた。両空洞について、KEKでの測定結果と同様な高加速電界とQ値が、劣化なくSaclayにおいても再現された。特に、S-3空洞においては、43 MV/mの最大加速電界が達成された。

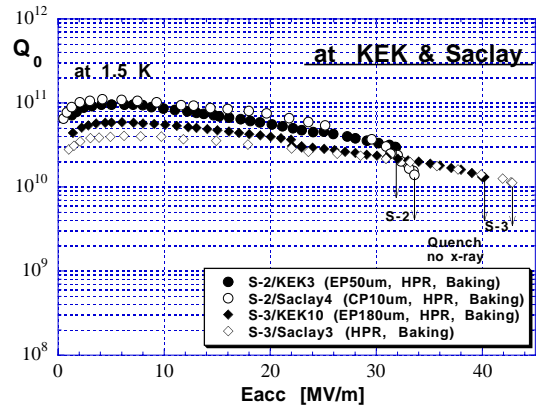


図8、KEK-Saclay間での空洞性能の比較

6、まとめ

30MV/m以上の高加速電界をQ値の悪化なく安定に達成するためには、電解研磨による表面処理と同時に100°C程度のベーキングを行うことが本質的に重要であることが確認された。また、電解研磨およびベーキング後の1空洞において、40 MV/mを超える最大加速電界が、KEKとSaclayの両方において同様に得られた。

参考文献

- [1] K. Saito, et.al, "Superiority of Electropolishing over Chemical Polishing on High Gradient", Proc. of 8th SRF Workshop, Abano, Italy (1997) p795-813.
- [2] E. Kako, et.al, "Improvement of Cavity Performance by Electropolishing in the 1.3 GHz Nb Superconducting Cavities", Proc. of PAC'99, New York, USA, (1999) p432-434.
- [3] B. Visentin, et.al, "Improvement of Superconducting Cavity Performances at High Accelerating Gradient", Proc. of 6th EPAC, Stockholm, Sweden (1998) p1885-1887.
- [4] L. Lilje, et.al, "Electropolishing and in-situ Baking of 1.3 GHz Niobium Cavities", Proc. of 9th SRF Workshop, Santa-Fe, NM, USA (1999), to be published.
- [5] P. Kneisel, "Preliminary Experience with in-situ Baking of Niobium Cavities", ibid [4].

