

[09-A11]

## Improvement of Cavity Performance in the Saclay/Cornell/DESY's SC Cavities

E. Kako, S. Noguchi, M. Ono, K. Saito and T. Shishido  
KEK ; 1-1, Oho, Tsukuba, Ibaraki, 305-0801 JAPAN

in collaboration with  
CEA-Saclay (France), Cornell University (USA) and DESY (Germany)

### Abstract

Development of 1.3GHz Nb superconducting cavities for TESLA (TeV Energy Superconducting Linear Collider) has been carried out with international collaboration. Three Saclay single-cell cavities, one Cornell two-cell cavity and one DESY nine-cell cavity were sent to KEK in order to compare the cavity performance. These cavities were tested at KEK after the following surface treatment : 1) high pressure rinsing, HPR, 2) chemical polishing and HPR, 3) electropolishing and HPR. The test results, especially, improvement of the cavity performance due to electropolishing are reported in this paper.

### Saclay/Cornell/DESY超伝導空洞における空洞性能の改善

#### 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の高加速電界がいくつかのKEK空洞で達成された。さらに最近の研究において、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)、Cornell大学 (米)、DESY (独) から5個のニオブ空洞がKEKに送られた。これらの研究所は、TESLA (超伝導リニアコライダー) への応用を目的とした1.3GHzニオブ超伝導空洞の開発を国際協力で行っており、25MV/m ( $Q_0 > 5 \times 10^9$ ) 以上の高加速電界を安定に達成することが目標である[2]。

#### 2、Saclay/Cornell/DESYにおける空洞性能

各研究所から送られてきた1.3GHzニオブ空洞の特性を表1に示す。これらの空洞 (除くS-3) は、ニオブの熱伝導率を向上するための熱処理 (HT) が行われ、空洞自身の残留抵抗比 (RRR) が調べられた。いずれの空洞も100~200 $\mu$ mのCP (混酸比、HF:HNO<sub>3</sub>:H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>=1:1:2) およびHPR (90~100bar) 後に、各研究所において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4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

表1、1.3 GHz ニオブ空洞

空洞	熱処理	RRR
Saclay 1-cell	S-1 1300°C HT	320
	S-2 1000°C HT	200
	S-3 なし	230
Cornell 2-cell	1300°C HT	(800*)
DESY 9-cell	1400°C HT	600

(\*;空洞自身ではなくニオブサンプルでの結果)

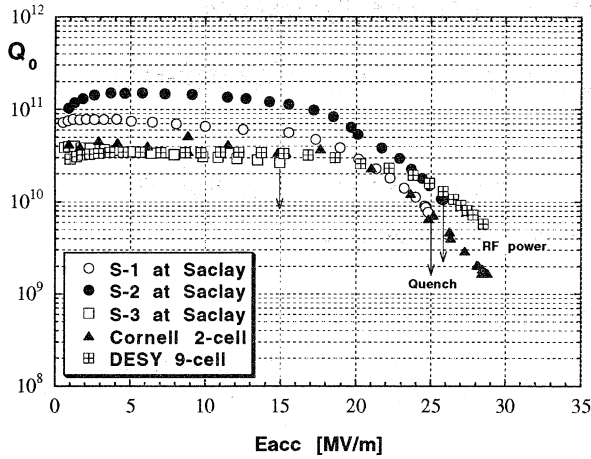


図1、Saclay/Cornell/DESYにおける測定結果

まる著しいQ値の低下を同様に示している。このような高電界におけるQ値の低下は、通常、電界放出電子（フィールドエミッション）に起因するものと考えられるが、この場合においては、放出電子およびX線の検出が極めて少ないかあるいは全く観測されない。同様な現象は、Saclayで測定されたKEK空洞においても観測され[3]、表面温度計測によりQ値の低下とともに空洞全体での発熱が観測された。このように、高電界でのQ値の低下現象は、各研究所における共通の問題である。

### 3、KEKにおける空洞性能

表1に示される各空洞は、KEKにおいて最初にHPR（85bar）のみの処理で測定された。その後、CP（HF:HNO<sub>3</sub>:H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>=1:1:1、25℃）およびHPRによる第2回めの測定、EP（H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>:HF=10:1、30℃）およびHPRによる第3回めの測定が行われた。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。

#### 3-1. Saclay空洞の測定結果

3個の1セル空洞のKEKでの測定結果を図2-a)、b)、c)に示す。すべての測定結果において、最大加速電界はクエンチ（熱的超伝導破壊現象）により制限され、X線は検出されなかった。HPRのみによるKEKでの第1回めの結果とSaclayでの測定結果との比較において、最大加速電界および低電界でのQ値（残留表面抵抗）の両方が、3空洞に共通して悪化していた。この原因として、輸送中に長期間空気に曝されことによる表面汚染が考えられる。この残留表面抵抗の増加は、どの空洞もその後のCPにより回復した。さらに、50μmのEPにより、3空洞においていずれも30MV/m以上の高加速電界が高いQ値（>10<sup>10</sup>）で達成

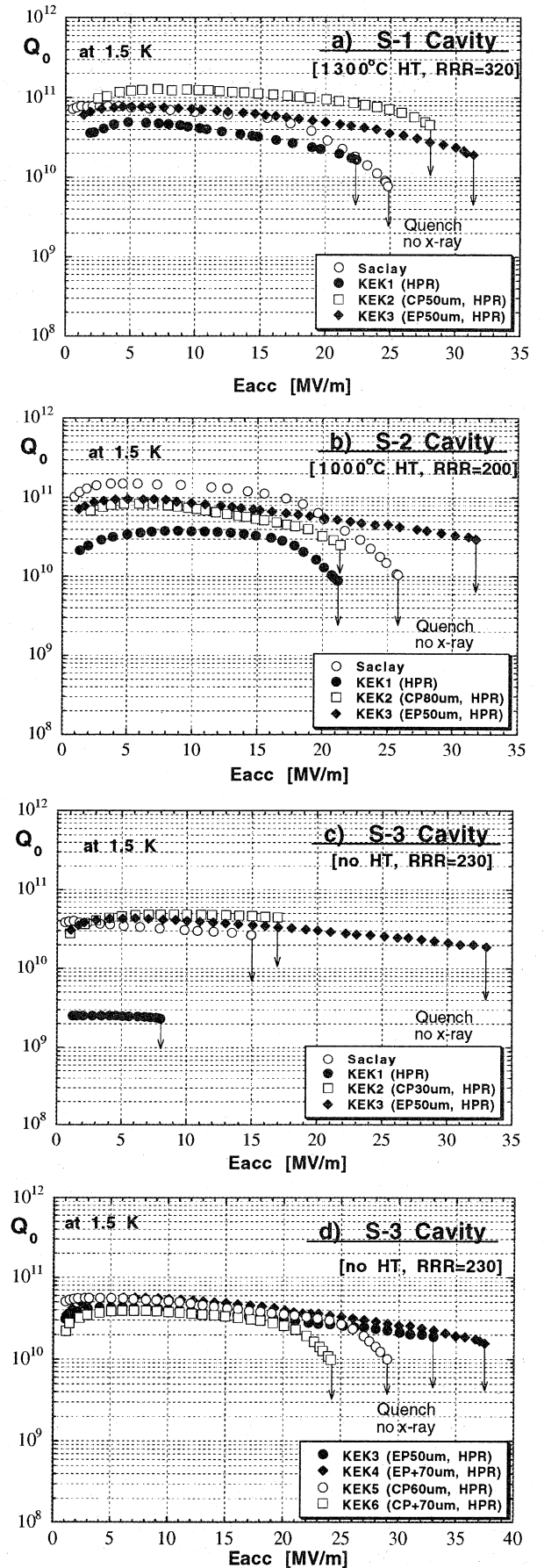


図2、KEKにおけるSaclay空洞の測定結果

された。この結果により、EPによる最大加速電界の著しい改善が確認され、しかも高電界におけるQ値の悪化は観測されなかった。このEP50 $\mu$ mによる効果は、熱処理なしのS-3空洞において最も顕著であり、最大加速電界が17MV/mから33MV/mへ向上した。さらに、この空洞は、図2-d)に示されるように70 $\mu$ mの追加EP後、37MV/mの最大加速電界を達成し、その後のCPにより最大加速電界およびQ値の悪化する現象が観測され、CPとEPによる空洞性能の差がはっきりと明確にされた[4]。また、S-3空洞では、EP時における水素吸収による空洞性能への影響を調べるために、100Kに2時間保持された後に再測定された。しかし、この空洞は熱処理なしにもかかわらず、いわゆる“Q-disease”と呼ばれる悪化現象は観測されなかった。

### 3-2. Cornell空洞の測定結果

この空洞は極端に短いビームチューブで製作されており、図3に示されるKEKでの第1回測定の低いQ値は、上下のステンレス製端板での高周波損失による。第2回測定で上の端板がニオブ製に変えられた結果、80n $\Omega$ の残留表面抵抗値は40n

$\Omega$ へ半減した。さらに、第3回測定ではニオブ製延長チューブが下部に挿入され、7n $\Omega$ の残留表面抵抗値が得られた。しかしながら、この時加速電界の上昇と共に低電界からのQ値の悪化が観測され、100Kで2時間保持された後の再測定で、吸蔵水素によるQ-diseaseが原因と確認された。その後、ニオブ中の水素の脱ガスのための760 $^{\circ}$ Cでの熱処理が行われた結果、このQ値の悪化は改善した。一方、Cornell大学での測定結果と同様に、20MV/m以上の高電界でのQ値の低下がEP後でさえ観測された。これは、EP後の1セル空洞の結果と異なっており、高RRRのニオブ空洞に起因している問題かもしれない。

### 3-3. DESY空洞の測定結果

実機モデルとなる9セル空洞において、1セル空洞と同様にEP後に30MV/m以上の加速電界を達成することが目標であるが、現在のところ図4に示すように最大加速電界は22MV/mで制限されている。この原因は、約17MV/mよりはじまる空洞内でのマルチパクタリング現象にある。1セル空洞では、通常数分程度のRFエージングによりプロセスされ、比較的容易に通過できる。しかしこの場合、多セルであるために、6時間にも及ぶRFエージングにもかかわらずプロセスできなかった。したがって、9セル空洞におけるこの問題の理解と対策が今後の課題である。

## 4. まとめ

EP後の1セル空洞において、30MV/m以上の加速電界がQ値の悪化なく3空洞全てにおいて達成され、EPによる空洞性能の改善が明確に示された。一方、高RRRの2セル空洞では、EP後でさえ高電界でのQ値の低下が観測され、またQ-diseaseの影響も受けやすい。9セル空洞においては、最大加速電界はマルチパクタリングにより制限されており、高電界の達成のためにはこの現象の抑制が重要である。

## 参考文献

- [1] K. Saito, et.al, "Superiority of Electropolishing over Chemical Polishing on High Gradient", Proc. of 8<sup>th</sup> SRF Workshop, Abano Terme, Italy, (1997) p795-813.
- [2] M. Pekeler, "Experience with Superconducting Cavity Operation in the TESLA Test Facility", PAC'99, New York, USA, (1999), to be published.
- [3] E. Kako, et.al, "Cavity Performance in the 1.3 GHz Saclay/KEK Nb Cavities", ibid. [1], p491-502.
- [4] E. Kako, et.al, "Improvement of Cavity Performance by Electropolishing in the 1.3 GHz Nb Superconducting Cavities", ibid. [2], to be published.

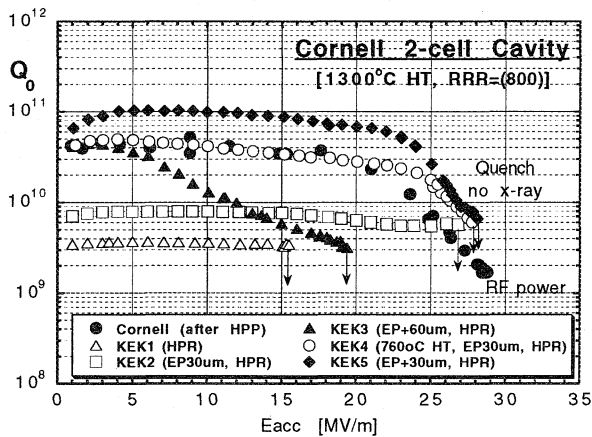


図3、KEKにおけるCornell空洞の測定結果

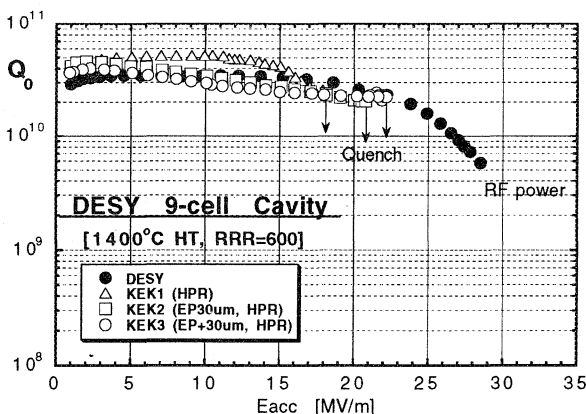


図4、KEKにおけるDESY空洞の測定結果