

前段加速超伝導空洞

1

加古 永治

加速器研究施設
高エネルギー加速器研究機構

発表内容

2

- はじめに（メンバー、活動報告）
- 現在の開発状況
 1. 2セル超伝導空洞
 2. 入力結合器
 3. クライオモジュール
 4. 高圧ガス申請
- スケジュール
- まとめ

ERL入射器超伝導空洞グループ

3

- **メンバー紹介**

加古 永治、野口 修一、穴戸 寿郎
佐藤 昌史、渡邊 謙、山本 康史
(STF空洞グループ)

- **サポートメンバー**

NAT、K-Vac

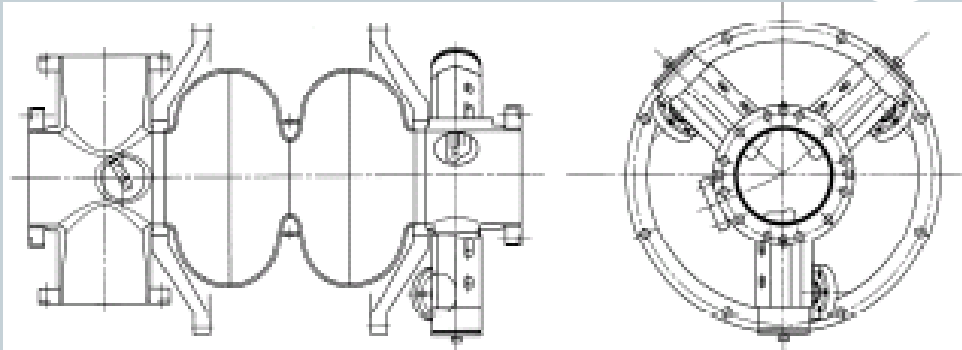
ERL入射器超伝導空洞に関する活動報告

4

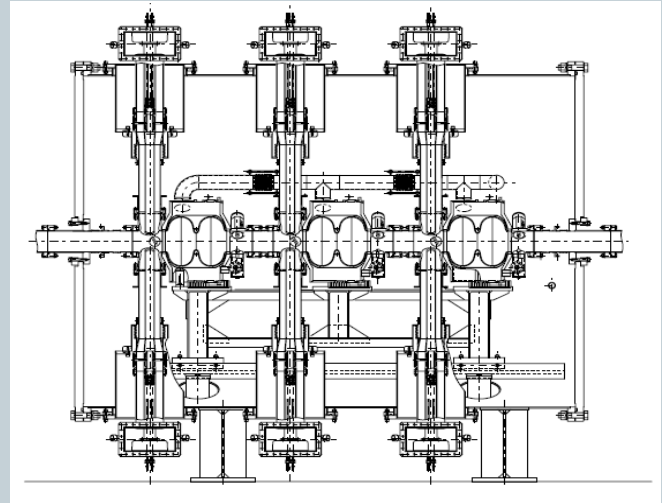
- **第5回加速器学会(2008)東広島**
 - cERL入射器用2セル超伝導空洞システムの開発 (口頭発表)
 - KEKにおけるERL入射器用HOMカップラーの開発 (ポスター)
- **第6回加速器学会(2009)原研・東海**
 - ERL入射器用超伝導空洞システムの開発 (口頭発表)
- **PAC09@Vancouver**
 - Development of 2-cell SC Cavity System for ERL Injector LINAC at KEK
- **SRF09@Berlin**
 - Development of the Superconducting Cavity System for ERL Injector at KEK
- **IPAC10@Kyoto**
 - Present status of Superconducting Cavity System for cERL Injector LINAC at KEK
- **第7回加速器学会(2010)姫路**
- **LINAC10@Tsukuba**

ERL入射器超伝導空洞システムの開発項目

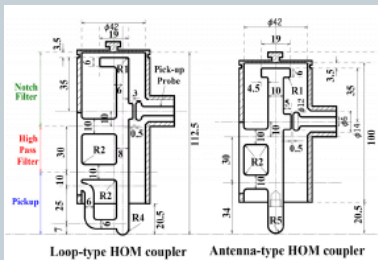
5



ERL2セル超伝導空洞

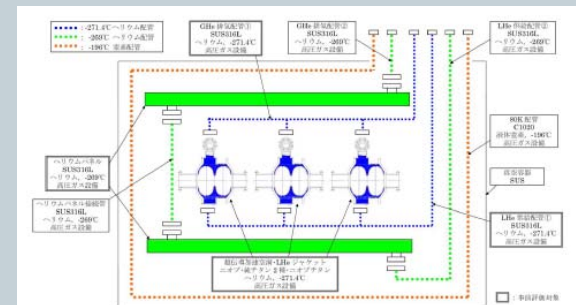
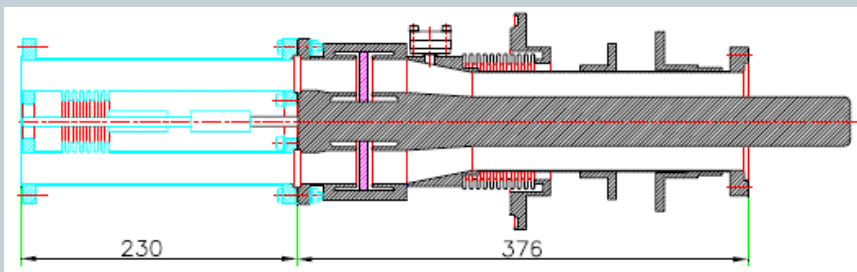


入射器クライオモジュール
高圧ガス申請



HOMカップラー

入力結合器

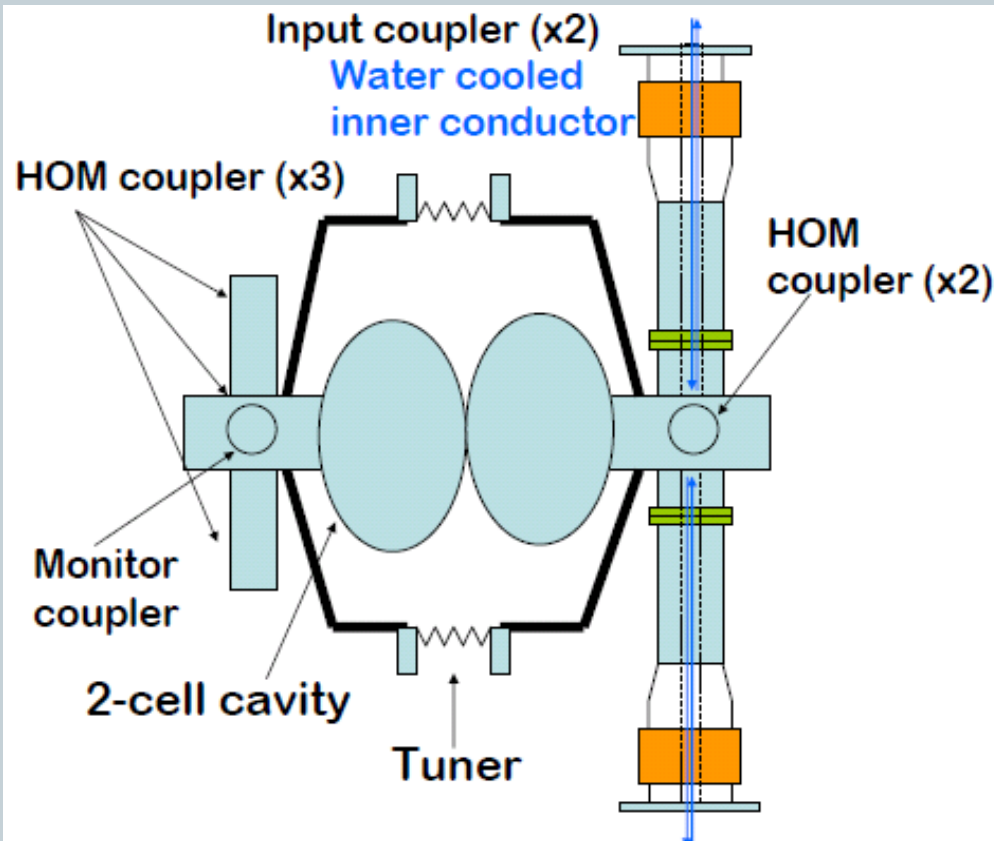


***2009年、2010年、2011年の複数年契約にて、実機の製作が進行中。**

ERL-2セル超伝導空洞 (設計)

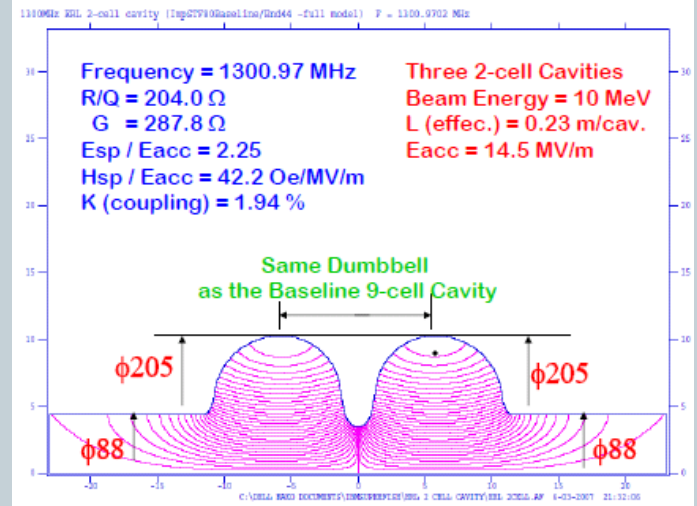
6

1 Cryomodule = 3 x 2-cell Cavity



Beam Energy = 10 MeV
Beam current = 100 mA
Eacc = 14.5 MV/m (3.3 MV)
Prf = 170 kW /coupler, $Q_{in} = 3.3 \times 10^5$

1.3 GHz 2-cell Cavity for ERL Injector Linac



Beam Energy = 5 MeV
Beam current = 10 mA
Eacc = 15.2 MV/m (3.5 MV)
Prf = 18 kW /coupler, $Q_{in} = 1.7 \times 10^6$

ERL-2セル超伝導空洞 (製作)

7



ERL 2-cell #1 Cavity
2 loop-type & 2 antenna-type
HOM couplers



ERL 2-cell #2 Cavity
5 loop-type
HOM couplers



**ERL 2-cell
#3, #4, #5 Cavity**
under fabrication



ERL-2セル超伝導空洞 (表面処理@STF)

8



Anneal

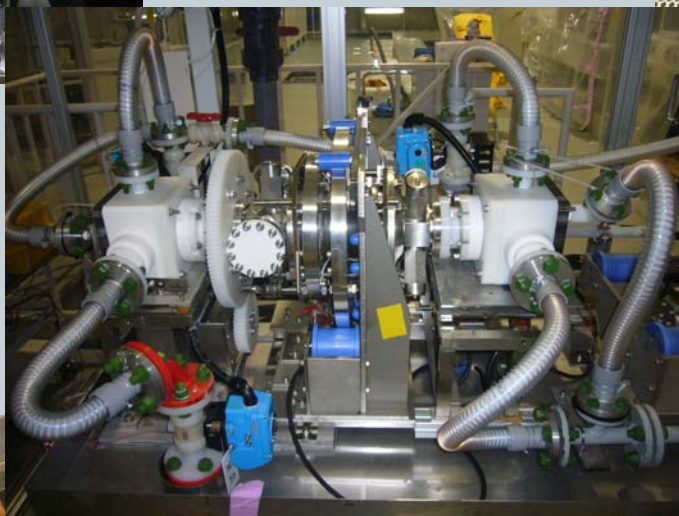
HOM
pick-up
probes



Assembly in CR



Hot bath
rinsing



EP device

HPR



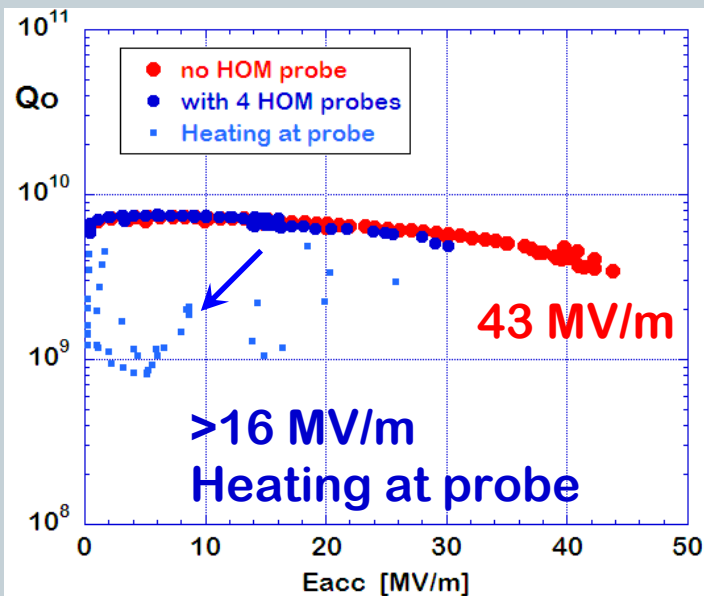
ERL-2セル超伝導空洞 (性能試験@STF)

9



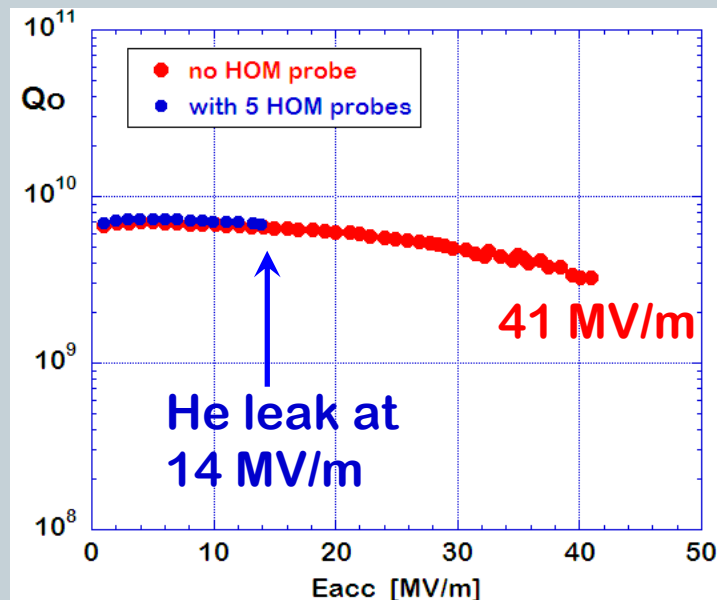
ERL 2-cell #1 Cavity

1. no HOM pick-up probe
2. with 4 HOM pick-up probes



ERL 2-cell #2 Cavity

1. no HOM pick-up probe
2. with 5 HOM pick-up probes



#1 Cavity & #2 Cavity ともに $E_{acc,max} > 40 \text{ MV/m}$ を達成。
#2 Cavity (with 5 HOM probes) の再測定を計画中。

HOMカップラー (設計、製作、測定)

10

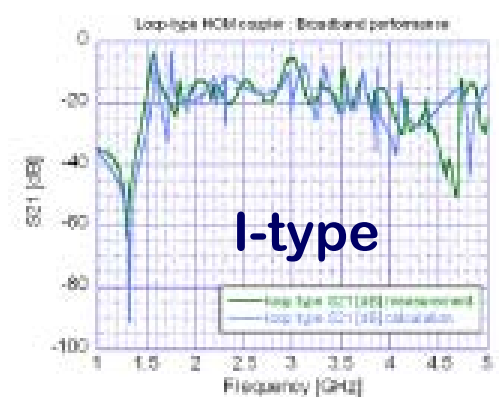
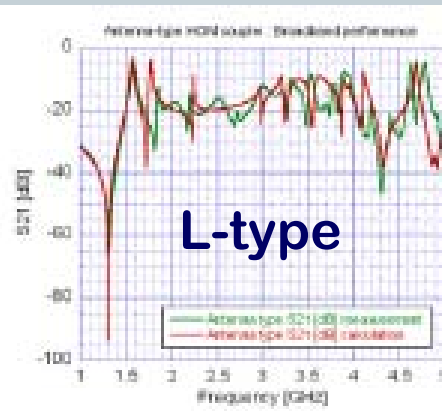
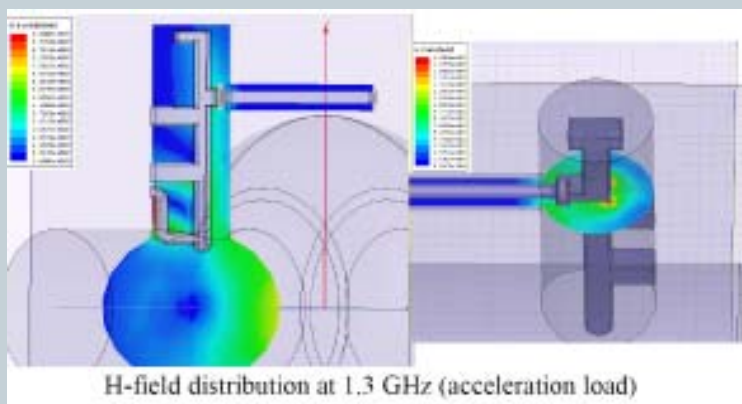
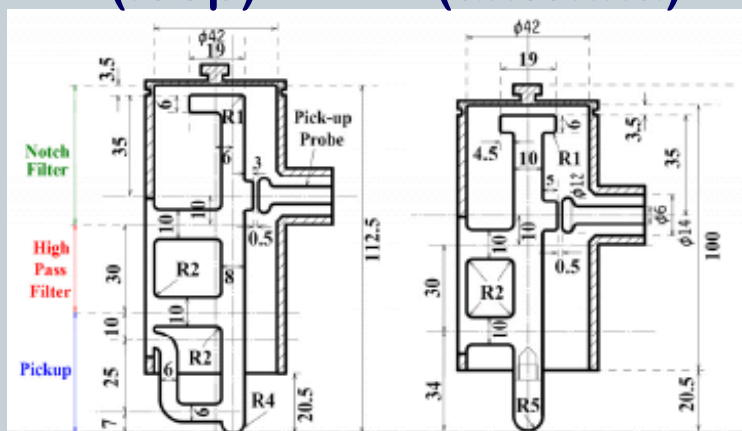
L-type
(loop)

I-type
(antenna)

L-type

I-type

by K. Watanabe



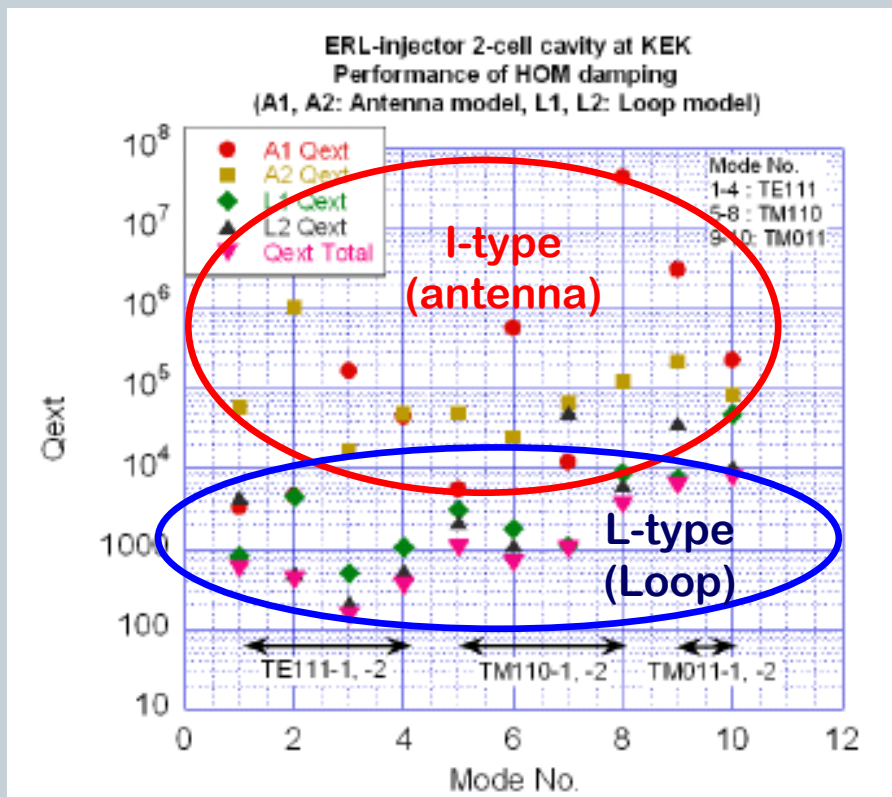
HOMフィルター特性の計算結果と測定結果

HOMカップラー (低温試験)

11

ERL 2-cell #1 Cavity
with 2 L-type & 2 I-type HOM couplers

ERL 2-cell #2 Cavity
with 5 L-type HOM couplers



at 1.4 K	Qext
Monitor	2.62E+11
HOM 1	6.03E+11
HOM 2	7.08E+11
HOM 3	7.98E+11
HOM 4	1.37E+12
HOM 5	6.66E+11

Mode	Frequency	QL
TE111	1537.321	938
TE111	1547.901	456
TE111	1599.612	355
TE111	*	*
TM110	1647.325	726
TM110	*	*
TM110	1773.188	363
TM110	1802.513	3548
TM011	2261.562	922
TM011	2299.639	1152

I-type HOMカップラーは、結合が弱い(Qextが高い)

入力結合器 (設計)

12

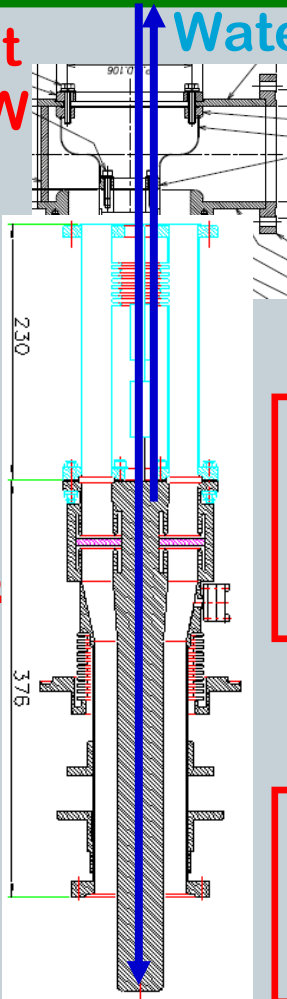
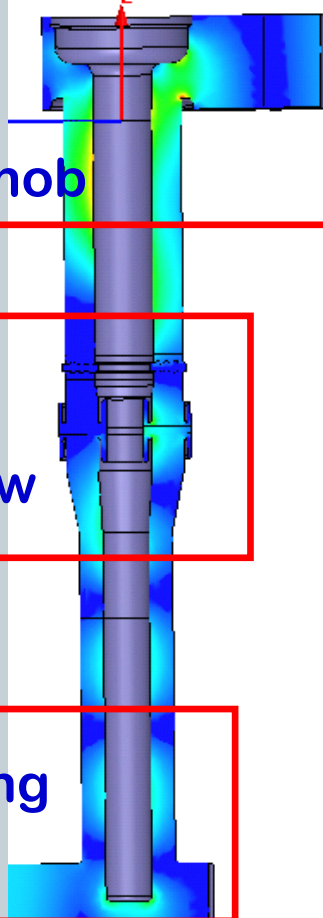
Target
170 kW
CW

Water Cooling

Doorknob

Warm Window

Coupling WG



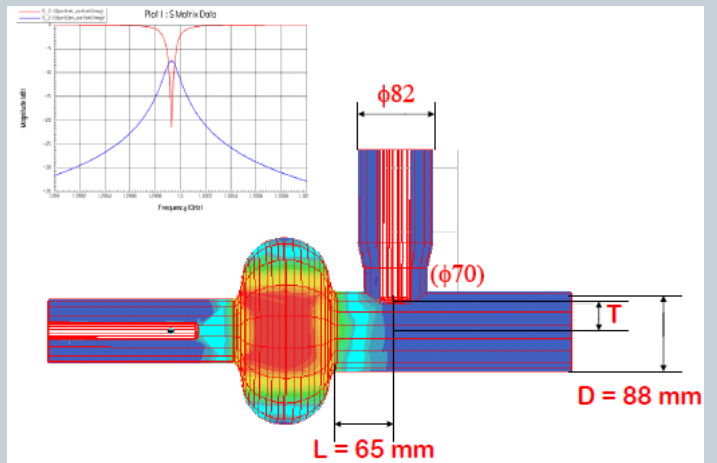
$Z_0 = 41.5 \Omega$

300 K

80 K

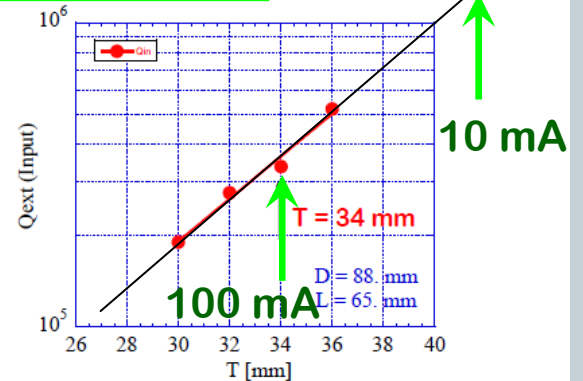
5 K

(2 K)



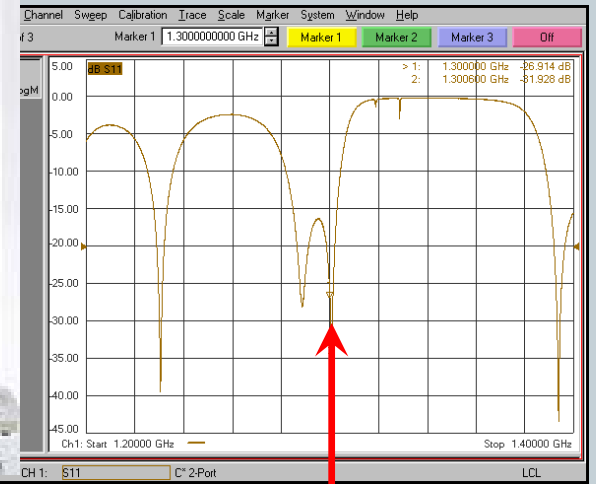
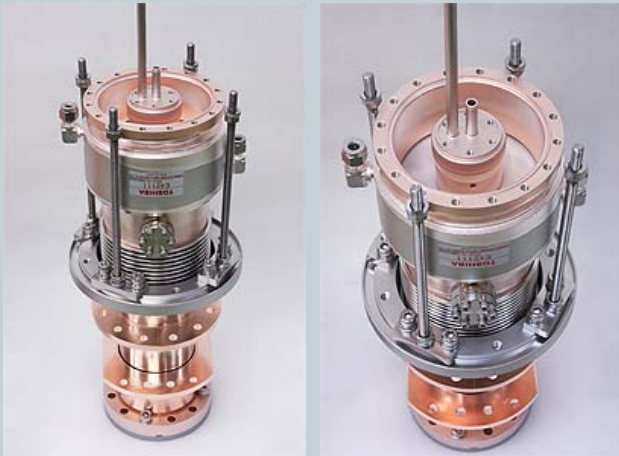
$E_{acc} = 14.7 \text{ MV/m}$, $V_{acc} = 3.4 \text{ MV}$
 $I_b = 100 \text{ mA}$, $P_b = 340 \text{ kW}$
 $R/Q = 204 \Omega$, $Q_{in} (opt.) = 1.67 \times 10^5$

Two Input Couplers
 $Q_{in} = 3.33 \times 10^5$
 $P_{in} = 170 \text{ kW/cw}$



入力結合器 (製作)

13



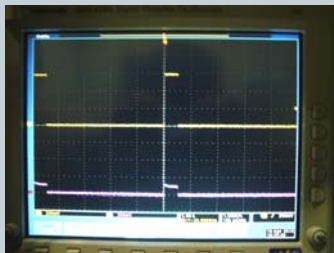
1.3 GHz, S11 = -27 dB

入力結合器 (大電力試験@PF電源棟)

14



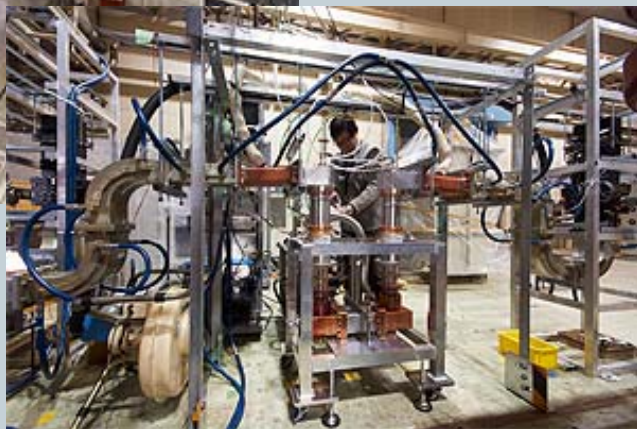
0.5s, 0.2Hz, 130kW



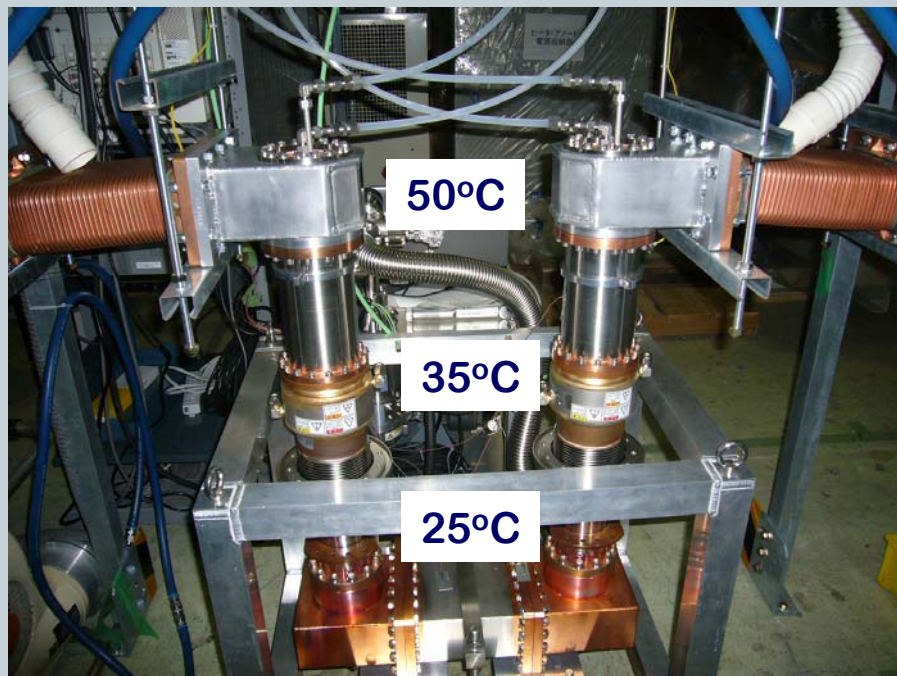
50 liter/h



1.3 GHz
300 kW
CW

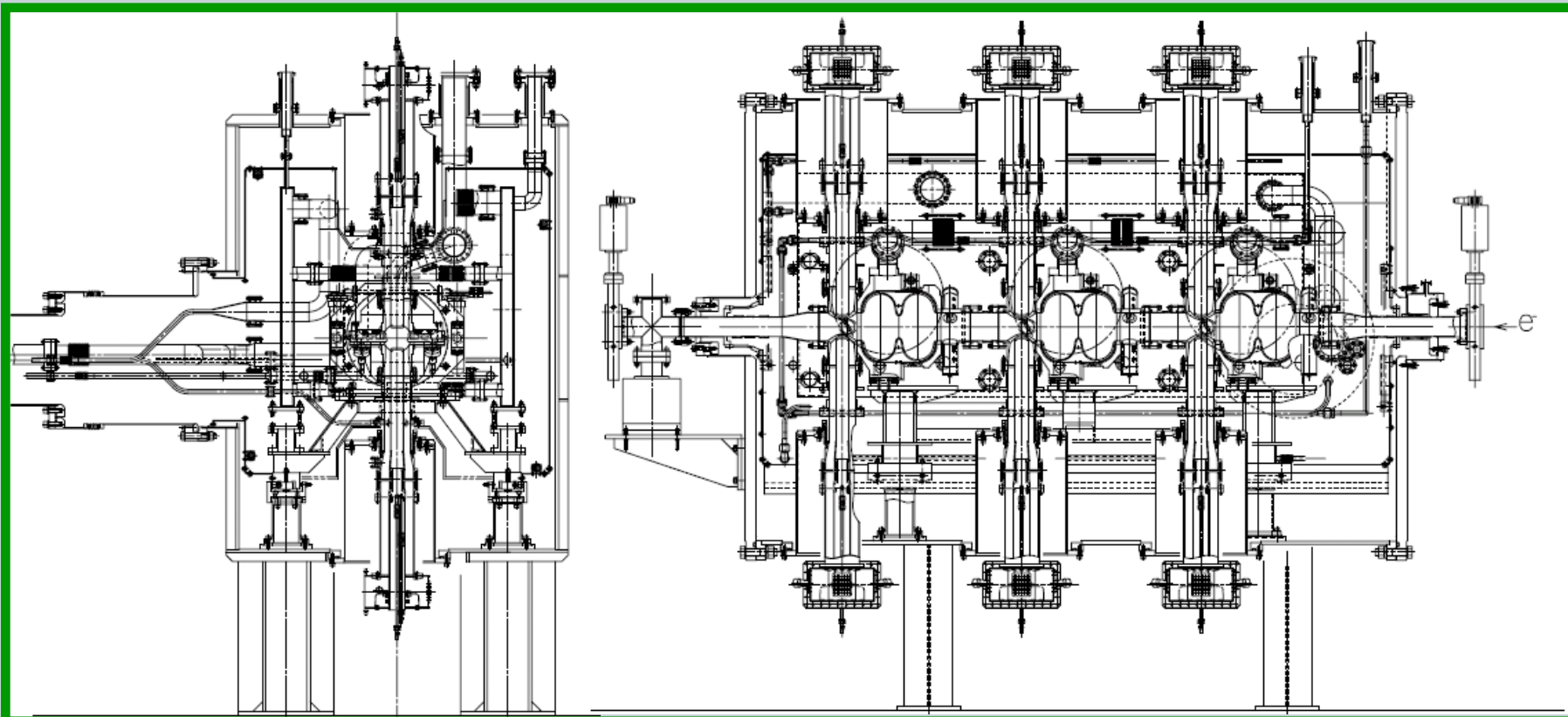


Apr. 07; 10 μ s, 10Hz, 110kW, (0.01 %)
Apr. 09; 40 μ s, 5Hz, 130kW, (0.02 %)
Apr. 13; 150ms, 1Hz, 132kW, (15 %)
Apr. 16; 1.0s, 0.2Hz, 110kW, (20 %)
(total 23h) 0.5s, 0.2Hz, 130kW, (10 %)



クライオモジュール（設計検討、1）

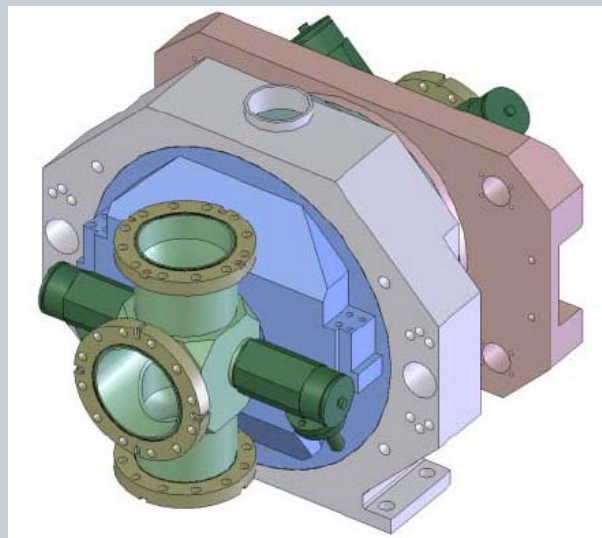
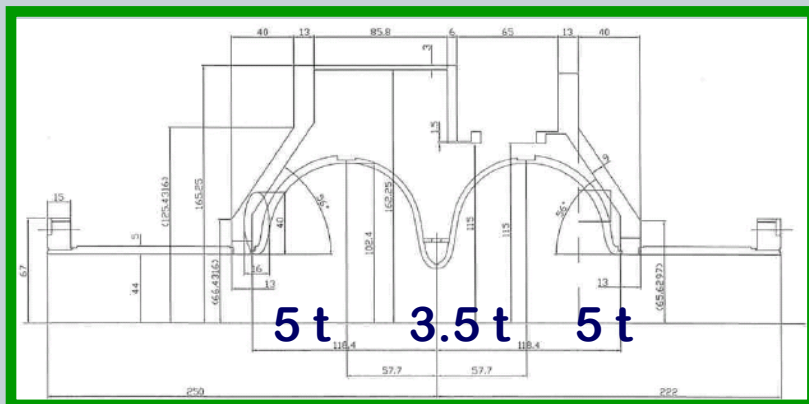
15



入射器クライオモジュール

クライオモジュール（設計検討、2）

16



強度計算
応力解析

0.2 MPa

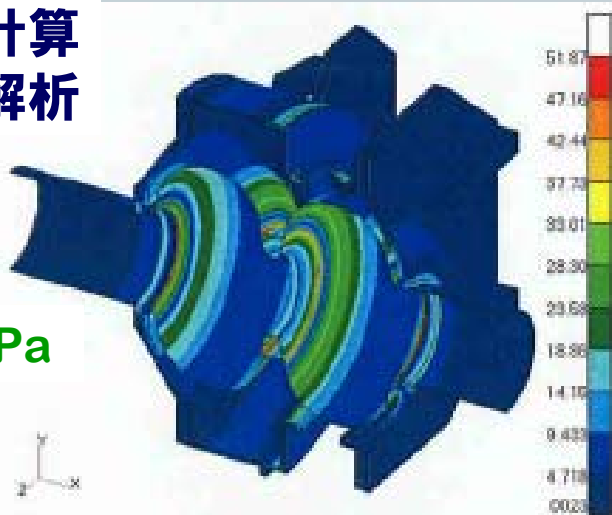
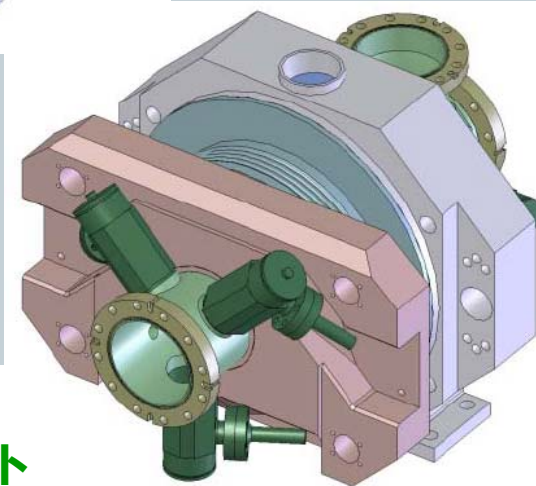


図 2.1-1 トレスカ応力コンター図 (CASE-B 内面)

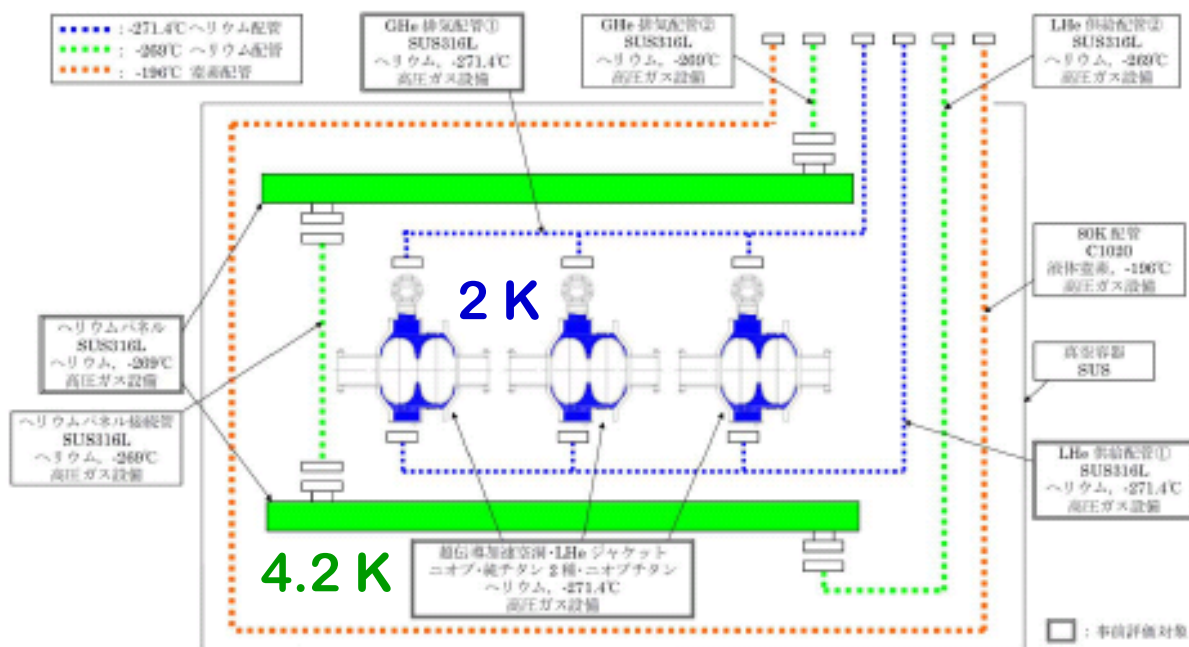
ヘリウムジャケット
チューナーベースプレート



高圧ガス申請 (KHK)

17

入射部超伝導空洞の構成



ERL入射部超伝導加速空洞 構成図

- 「高圧ガス設備」をフランジ締結
- 真空容器内のフランジ部はKHK委託検査を受検

ヘリウムジェット
ヘリウムパネル

$$P \times V < 0.004$$

P [MPa]: Design pressure
V [m³]: Inner volume of vessel

(特定設備にはならない)

一般高圧ガス詳細基準事前評価申請にて、簡略な対応が可能。

入射器超伝導空洞システムの開発スケジュール

18

- **～11月(2010年)**
 - ・ **2セル空洞3台の製作**
- **12月～4月(2011年)**
 - ・ **2セル空洞3台のたて測定**
 - ・ **入力結合器6台の製作**
- **5月～7月 (2011年)**
 - ・ **3空洞へのジャケットの溶接**
 - ・ **入力結合器6台のエージング**
- **9月～10月 (2011年)**
 - ・ **クライオモジュールの組立て**
- **11月 (2011年)**
 - ・ **入射部設置**
 - ・ **完成検査**
- **12月 (2011年)**
 - ・ **冷却試験 (低電力試験)**
- **1～3月 (2012年)**
 - ・ **冷却試験 (大電力試験)**
- **4月～ (2012年)**
 - ・ **ビーム運転が可能**

まとめ

19

- **2セル超伝導空洞**

- ・ 2台のプロトタイプ空洞で、 $40\text{MV}/\text{m}$ 以上を達成。
- ・ HOMピックアップアンテナ装着での再測定を計画中。

- **入力結合器**

- ・ 130kW (パルス幅1秒、繰返し0.2Hz、デューティー20%)
平均電力 26kW までのエージングを完了し、現在継続中。

- **クライオモジュール**

- ・ 設計の最終段階。一般高圧ガス事前申請にて製作を開始。

- **スケジュール**

- ・ 2011年12月に、冷却試験を開始する予定で進行中。