

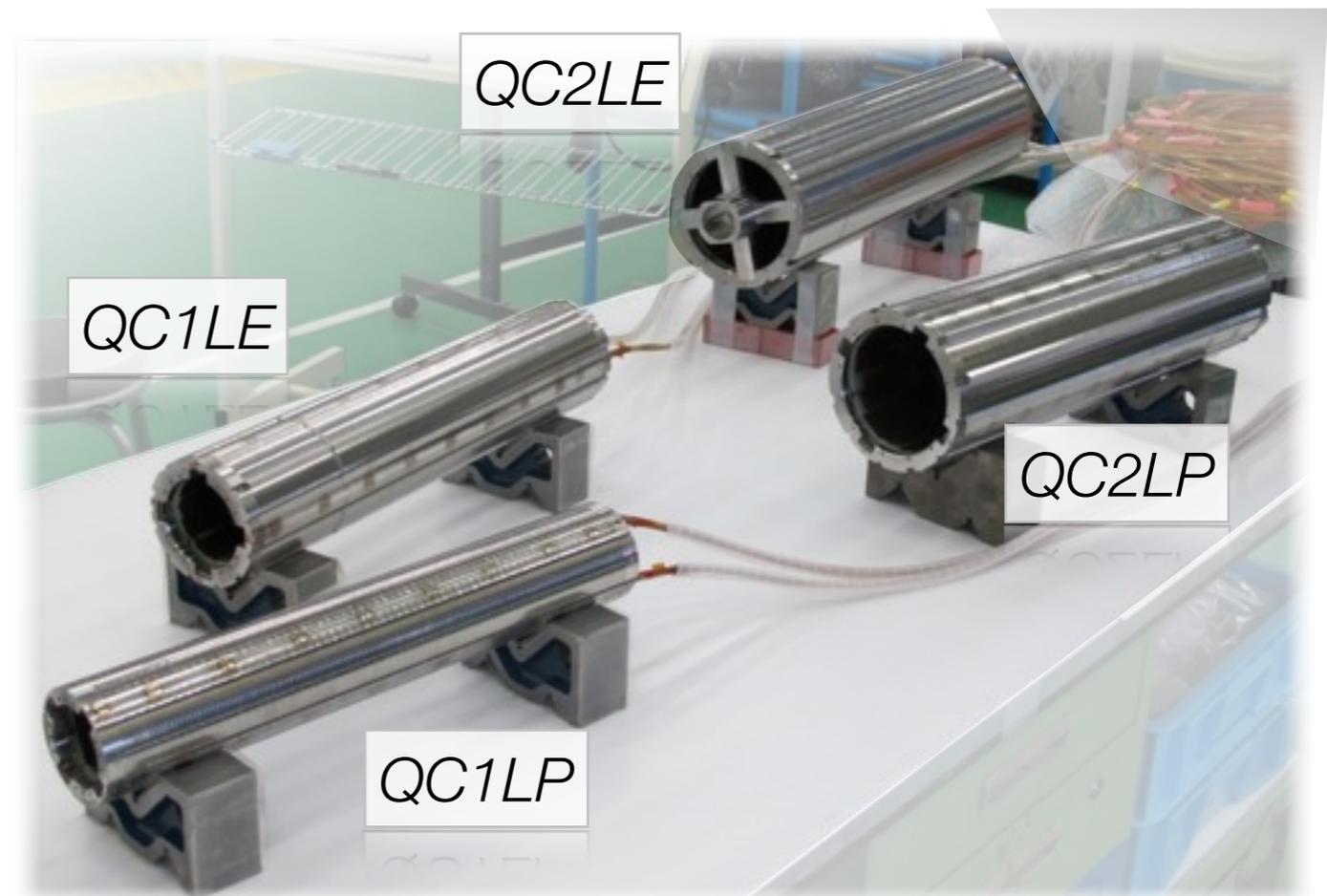
SuperKEKBビーム衝突点用超伝導4極電磁石 システムの開発状況

有本 靖, 大内 徳人, 川井 正徳, 近藤 良也, 宗 占国, 土屋 清澄, 東憲男, 槇田 康博,
山岡 弘, 王 旭東 (KEK/総研大),
村井 隆, 高木 繁行 (三菱電機), 河野 裕史 (三菱電機エンジニアリング)

第11回日本加速器学会年会, 2014年8月10日

目次

- SuperKEKB
- ビーム衝突点用超伝導4極電磁石システム (QCS) 概要
- 4極電磁石製作
- まとめ



SuperKEKB

- 高ルミノシティ電子・陽電子コライダー (電子:7GeV, 陽電子 4GeV)
- KEKB加速器のアップグレード加速器
 - 目標ルミノシティ : $8 \times 10^{35} \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$ (KEKBの40倍)



ナノビームスキームを採用

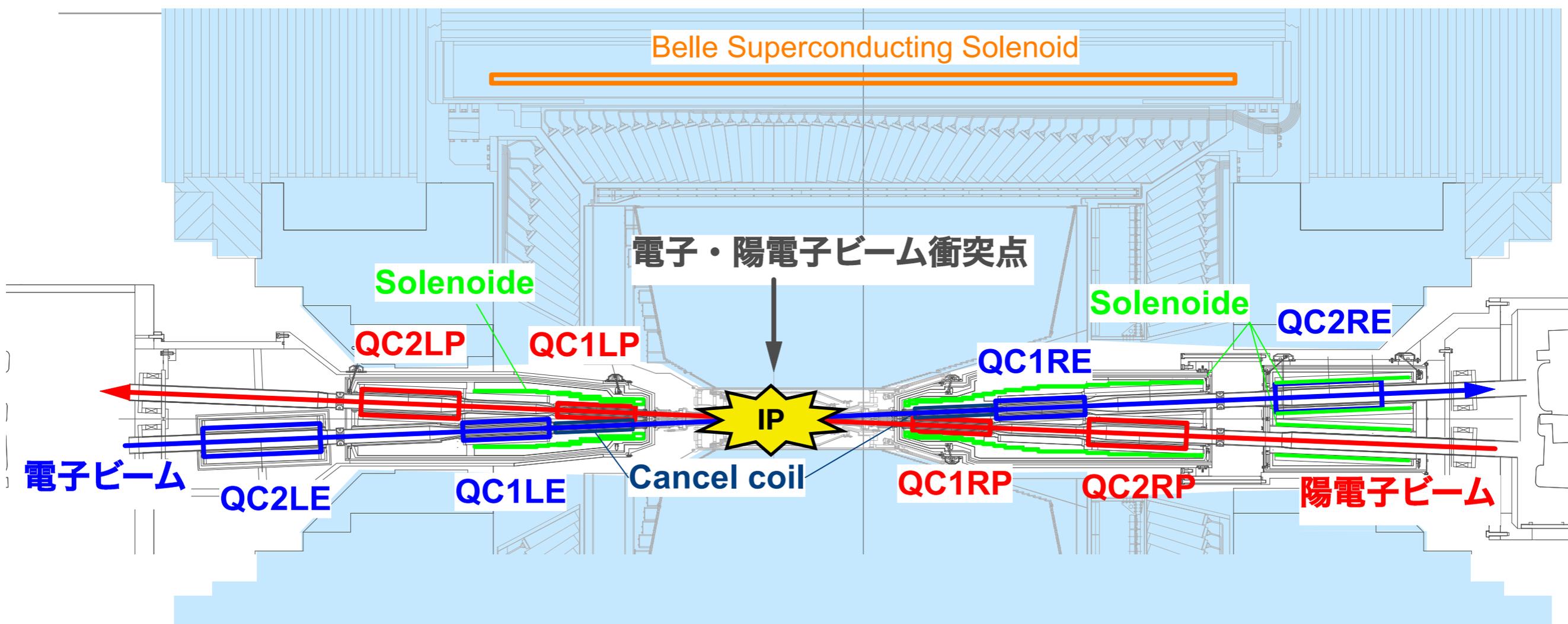
ビームを数十ナノメートルまで絞り、大きなビーム交差角衝突させる。

- ビーム交叉角 83 mrad
- 衝突点でのビームサイズ

x : $\sim 10 \mu\text{m}$

y : $\sim 50 \text{ nm}$

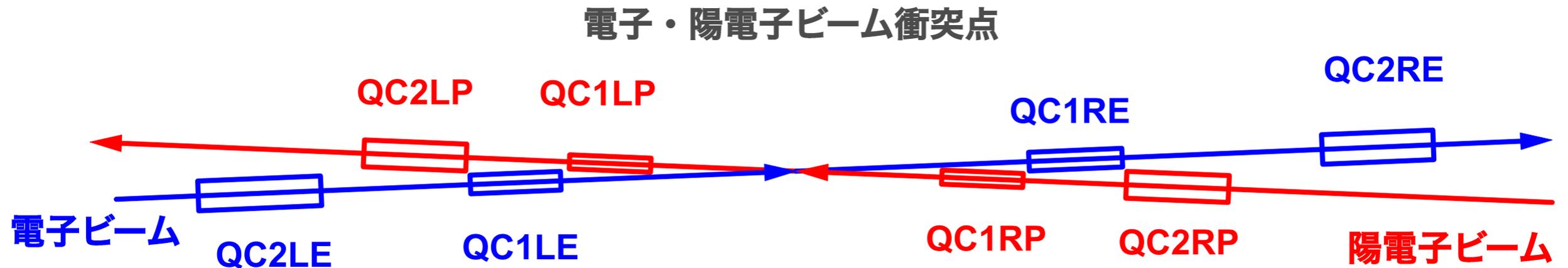
ビーム衝突点用超伝導4極電磁石システム (QCS)



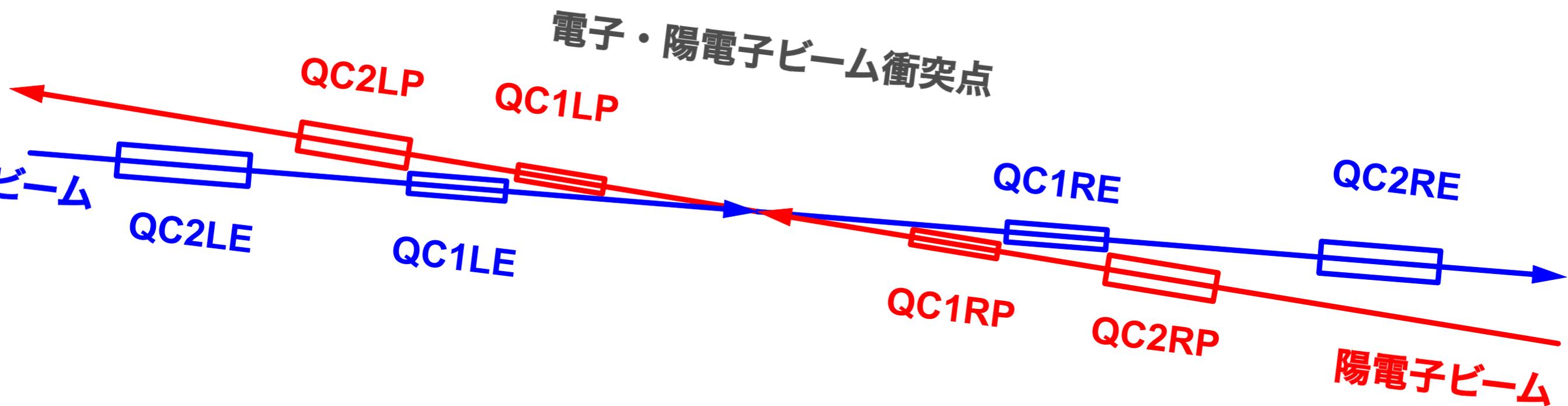
- 衝突点でビームを収束
- BelleII検出器内に設置 ($B_z=1.5T$)

- 構成
 - 超伝導4極電磁石：8台
 - 超伝導補正/キャンセルコイル：43台
 - 超伝導補償ソレノイド：4台

QCS : 超伝導4極電磁石

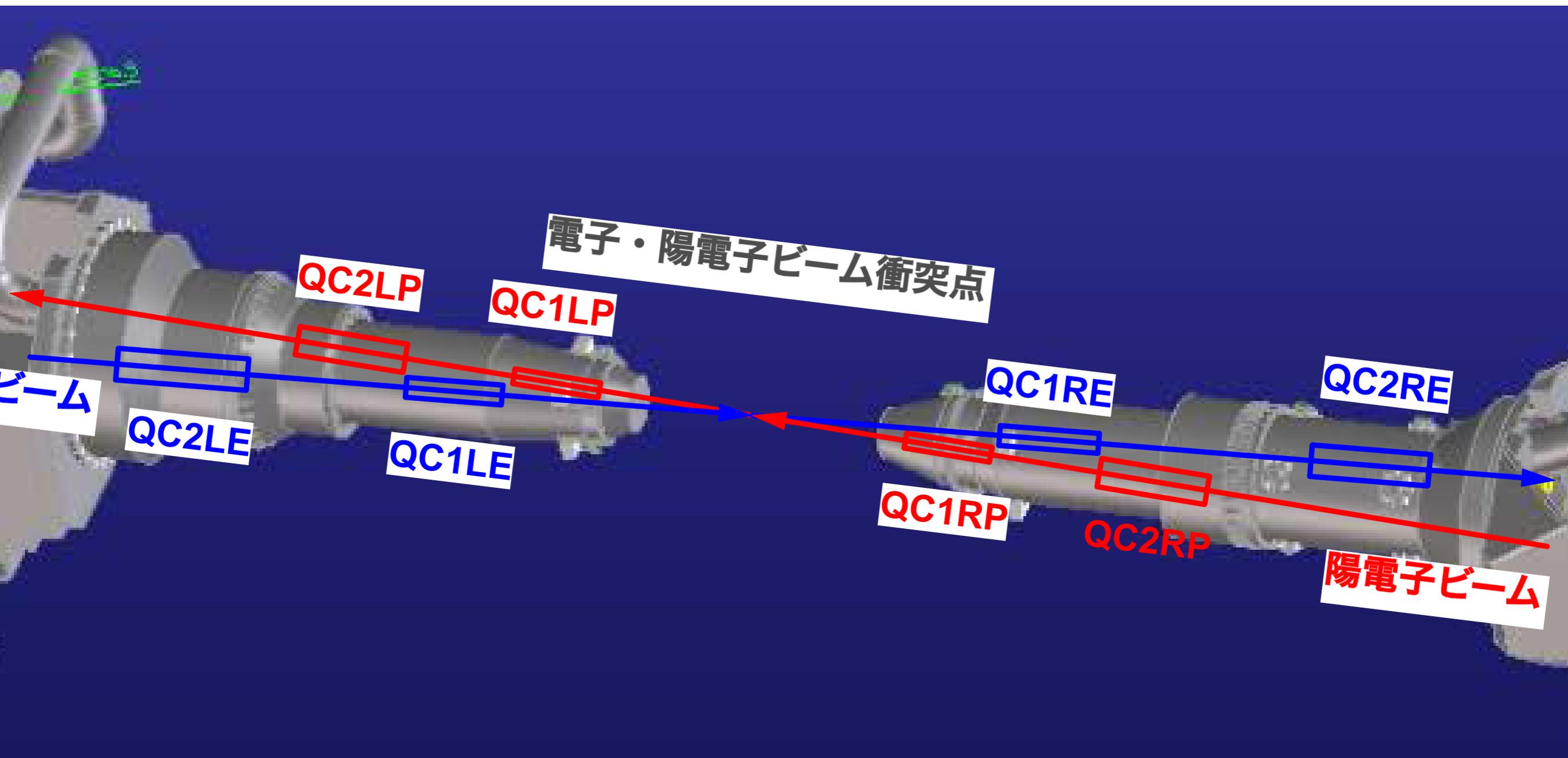


	G [T/m]	I [A]	Inner Radius [mm]	Effective Length [mm]
QC1LP/ QC1RP	68.94 / 68.89	1625 / 1624	25	333.6
QC2LP/ QC2RP	28.05 / 26.28	877.4 / 822.1	53.8	409.9
QC1LE/ QC1RE	72.21 / 70.89	1577 / 1486	33	373.1
QC2LE/ QC2RE	28.44 / 32.41	977.0 / 1068	59.3	537/419

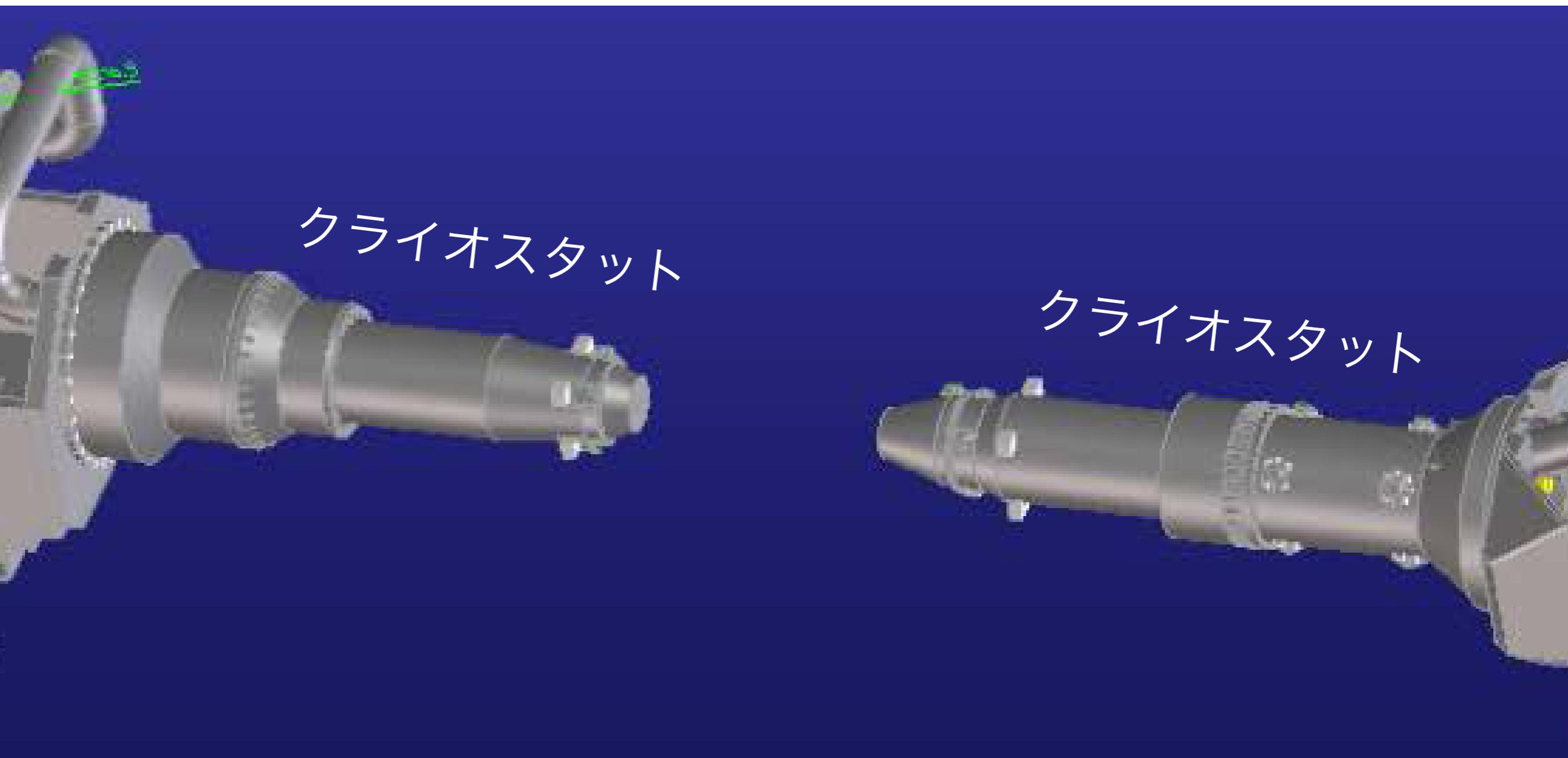


QCSシステム外観図

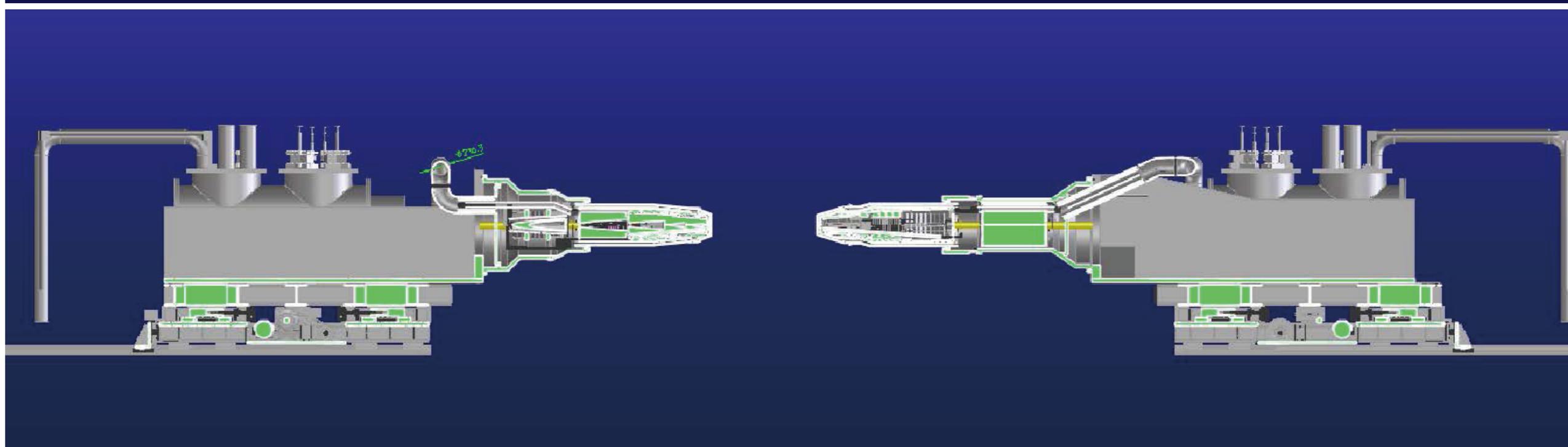
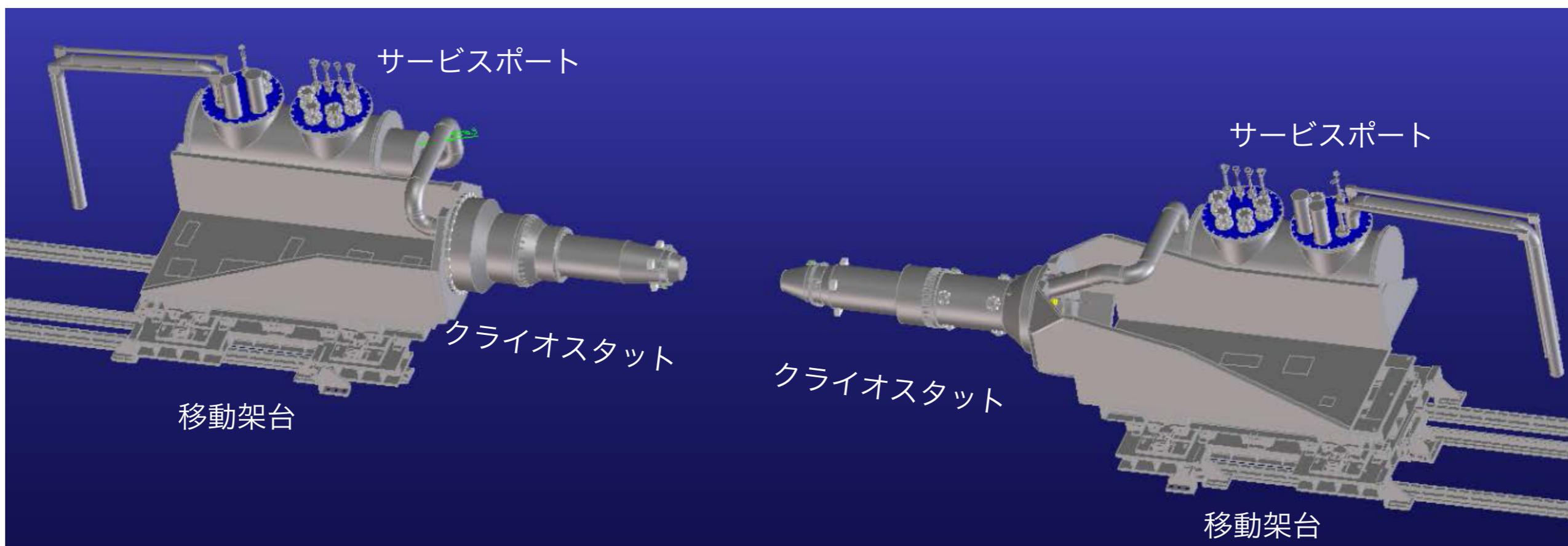




QCSシステム外観図

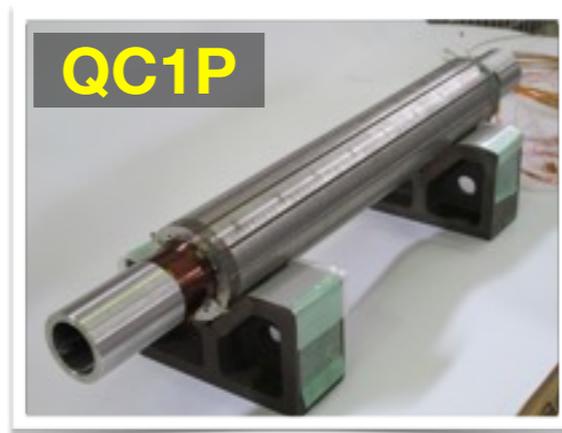


QCSシステム外観図



試作機の製作

- 試作機：2012年製作



試作機が多極成分の大きさ
($n=2$ での大きさを10000とする。)

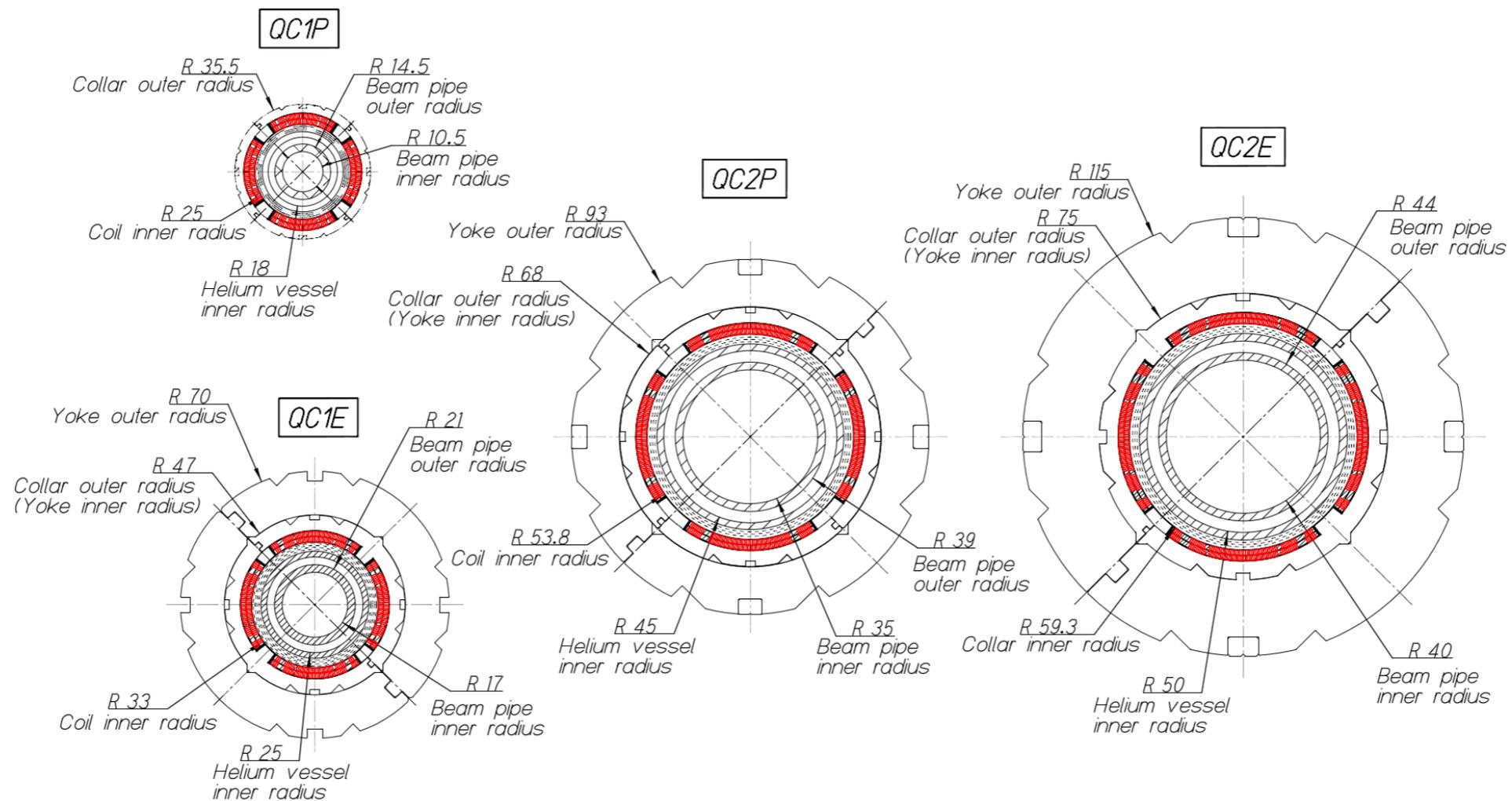
- 低温試験の結果

- 大きなエラー磁場(6極成分)が発生していた
- 原因：断面形状の変形
 - 動径方向に約 $\pm 30\mu\text{m}$

極	QC1P	QC1E
4	10000	10000
6	4.62	8.77
8	2.09	0.81
10	0.42	1.84
12	0.59	1.89
14	0.15	0.13
16	0.03	0.69
18	0.09	0.52
20	0.02	0.63

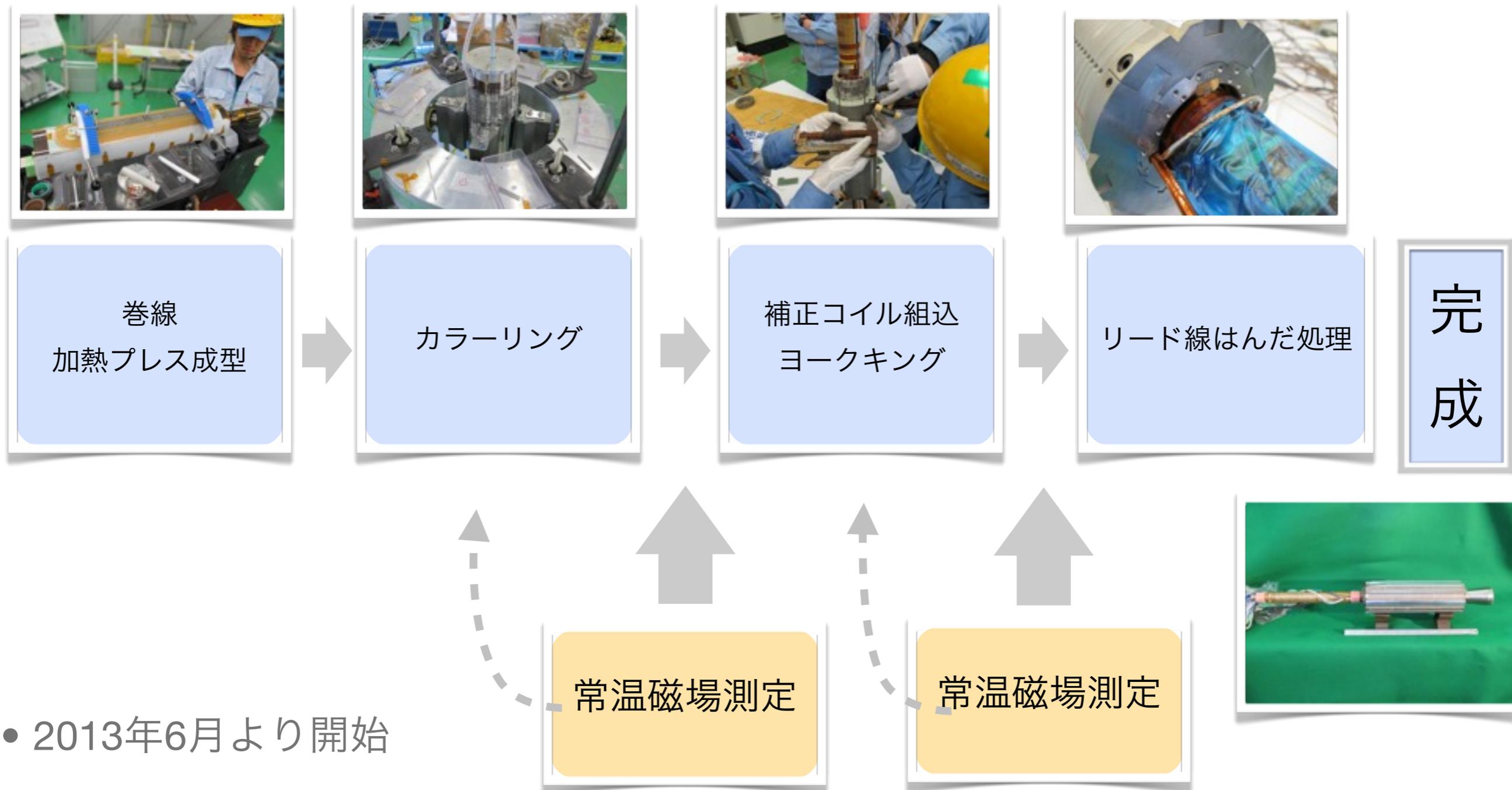
試作機の結果を踏まえて

- 4極電磁石の再設計



- 右側の4極電磁石システムに6極補正コイルを追加
- 実機の製作工程に磁場測定を追加

4極電磁石製作のながれ

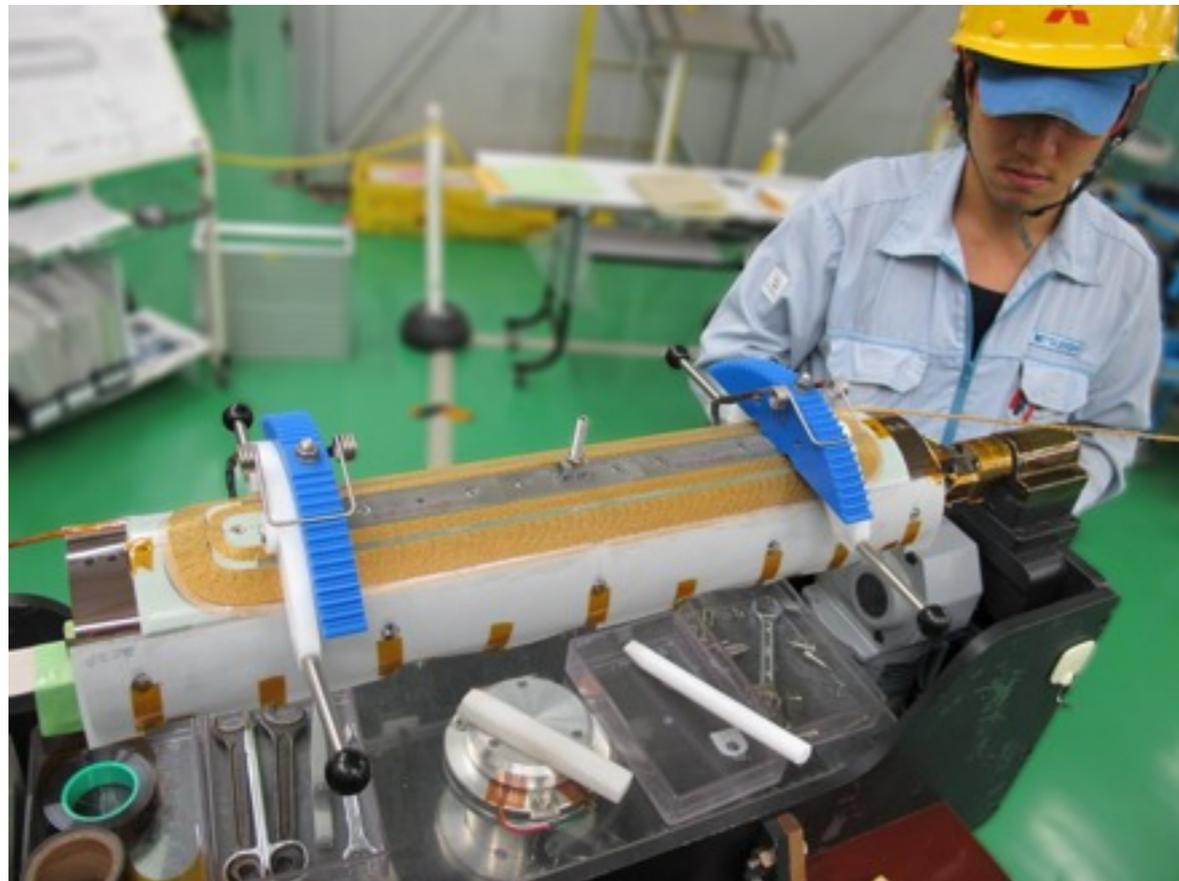


- 2013年6月より開始
- 三菱電機神戸工場にて製作

巻線、加熱プレス成形(キュアリング)



巻線作業

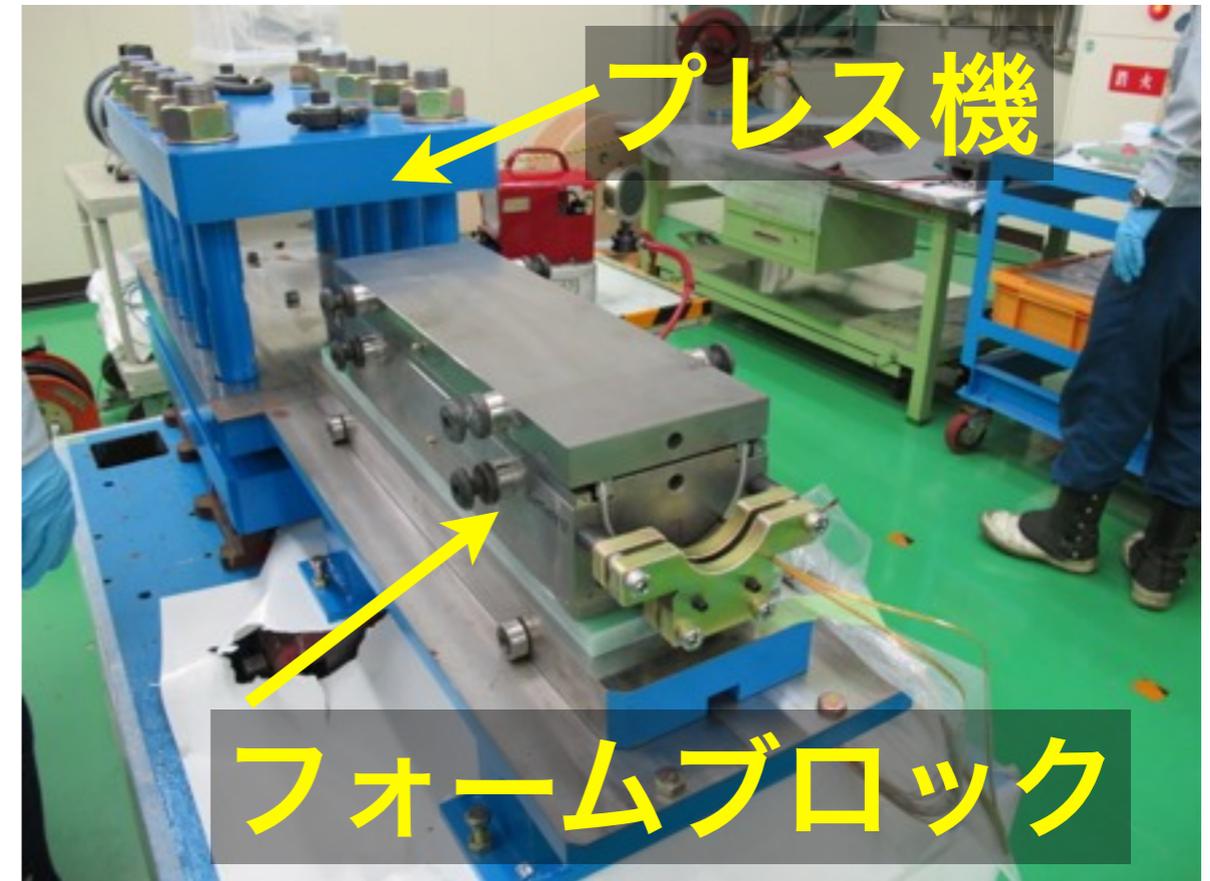


ダブルパンケーキ巻

巻き始め：120 N

巻き終わり：60 N

キュアリング

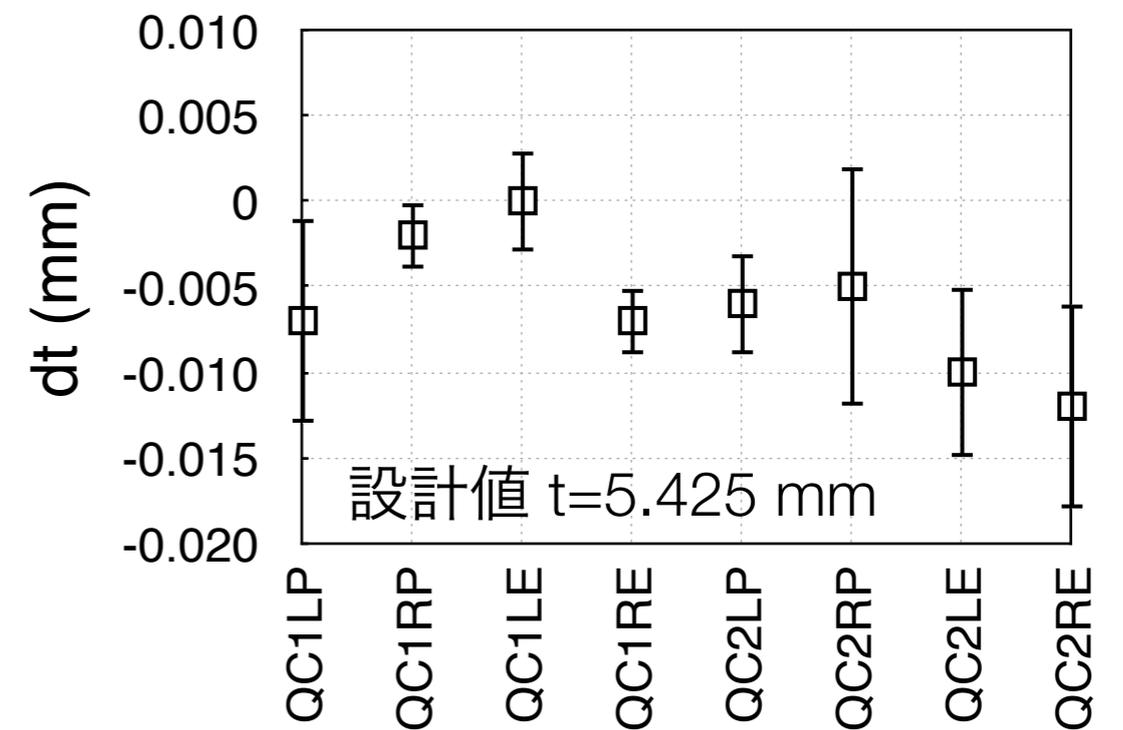
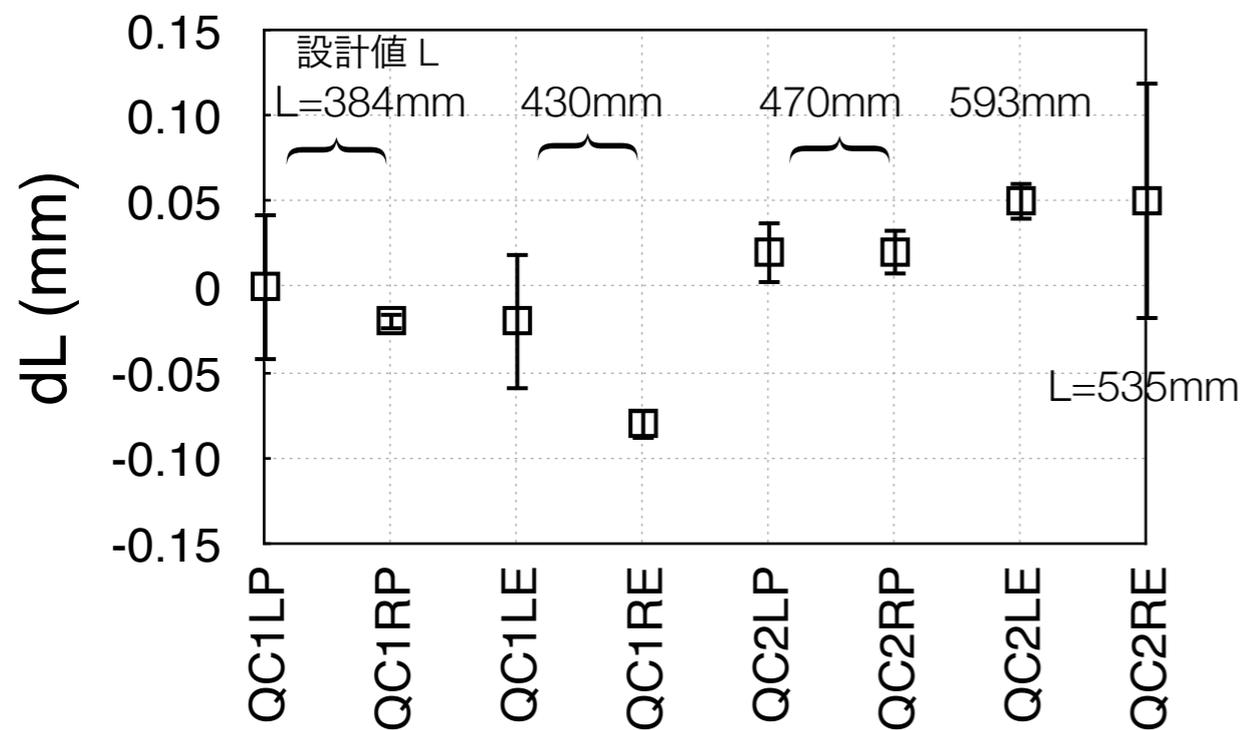
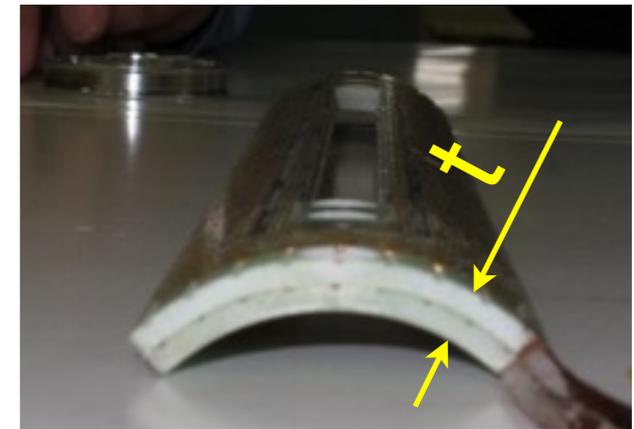
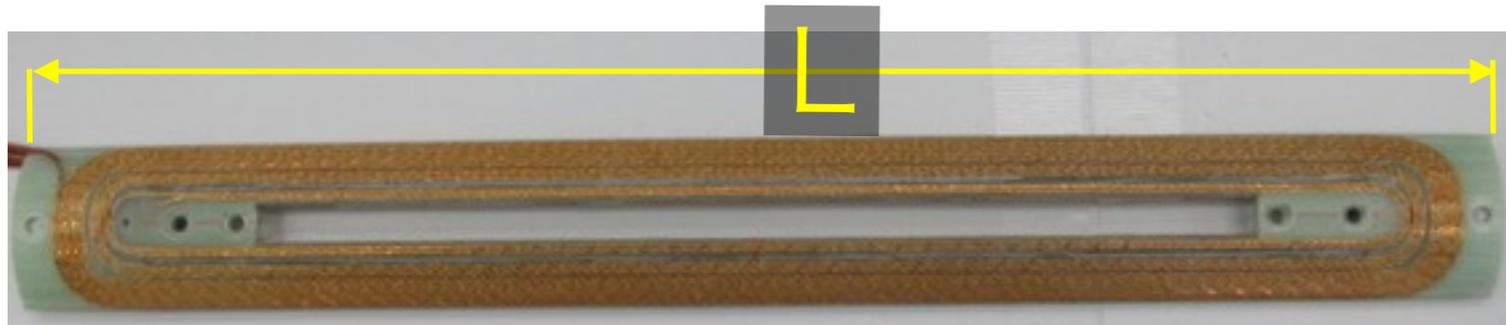


温度 130°C

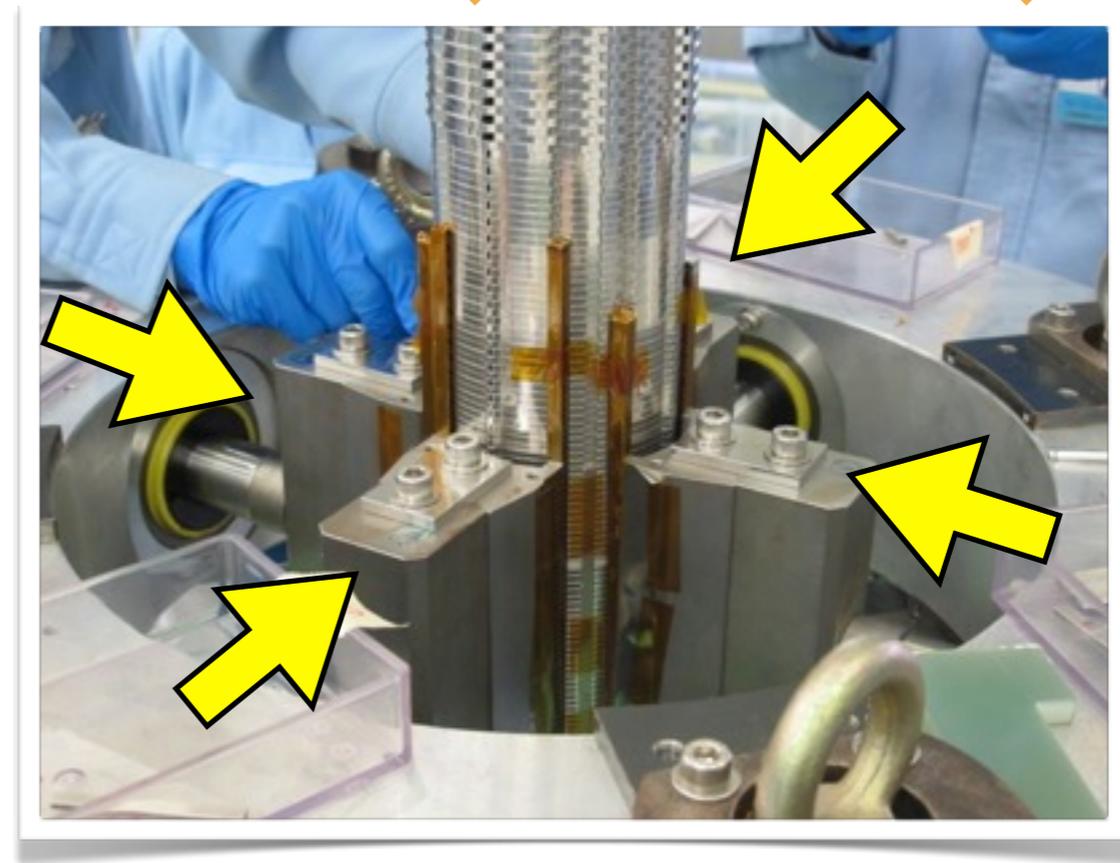
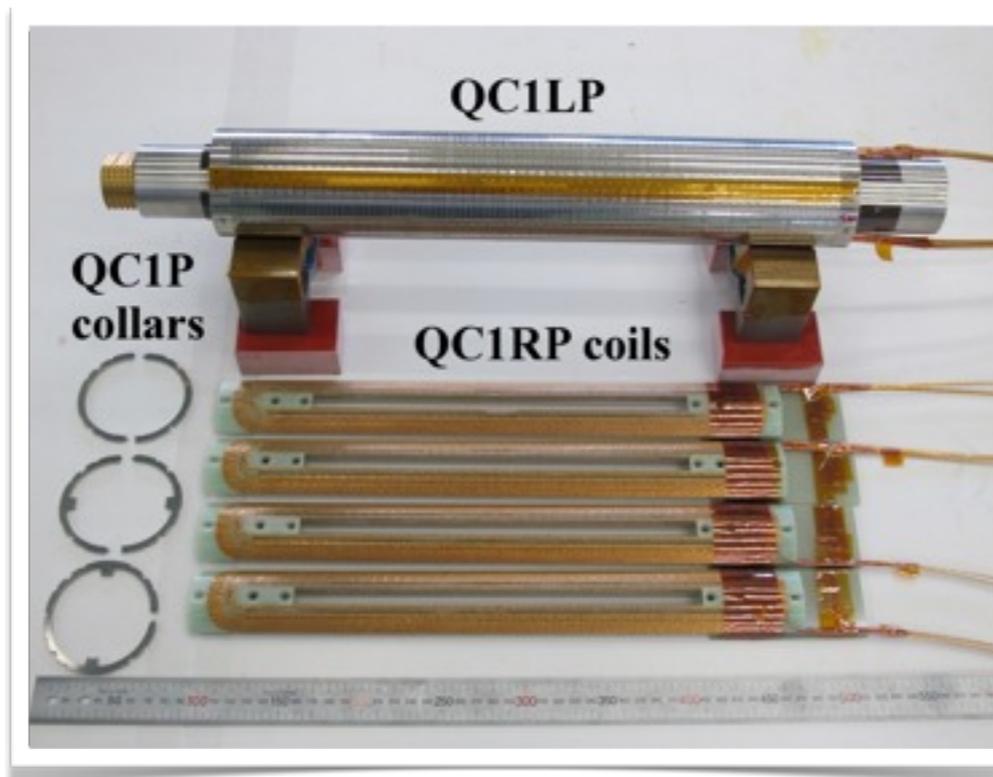
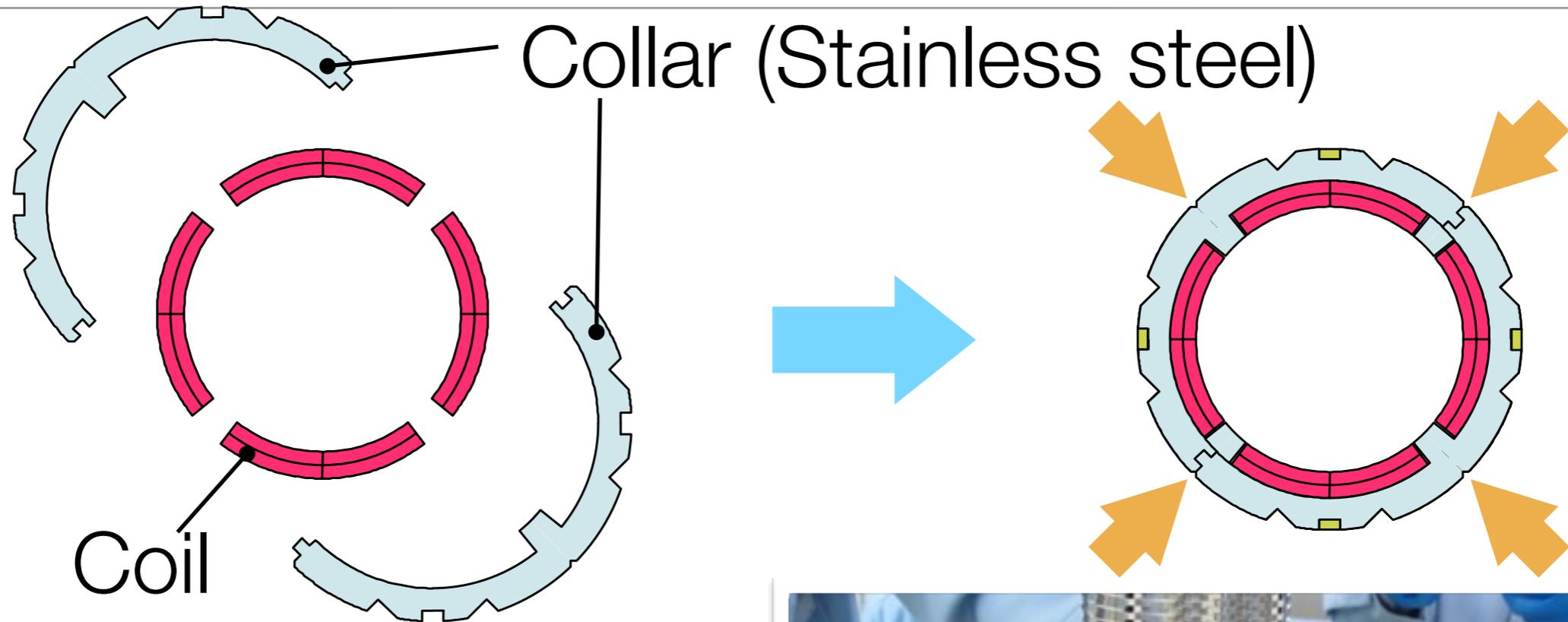
圧力 20 MPa

キュアリング後のコイル寸法

- 各コイルの長さの設計値からのずれはおおむね ± 0.1 mm以下
- コイルの厚みのずれは ± 0.02 mm以下であった

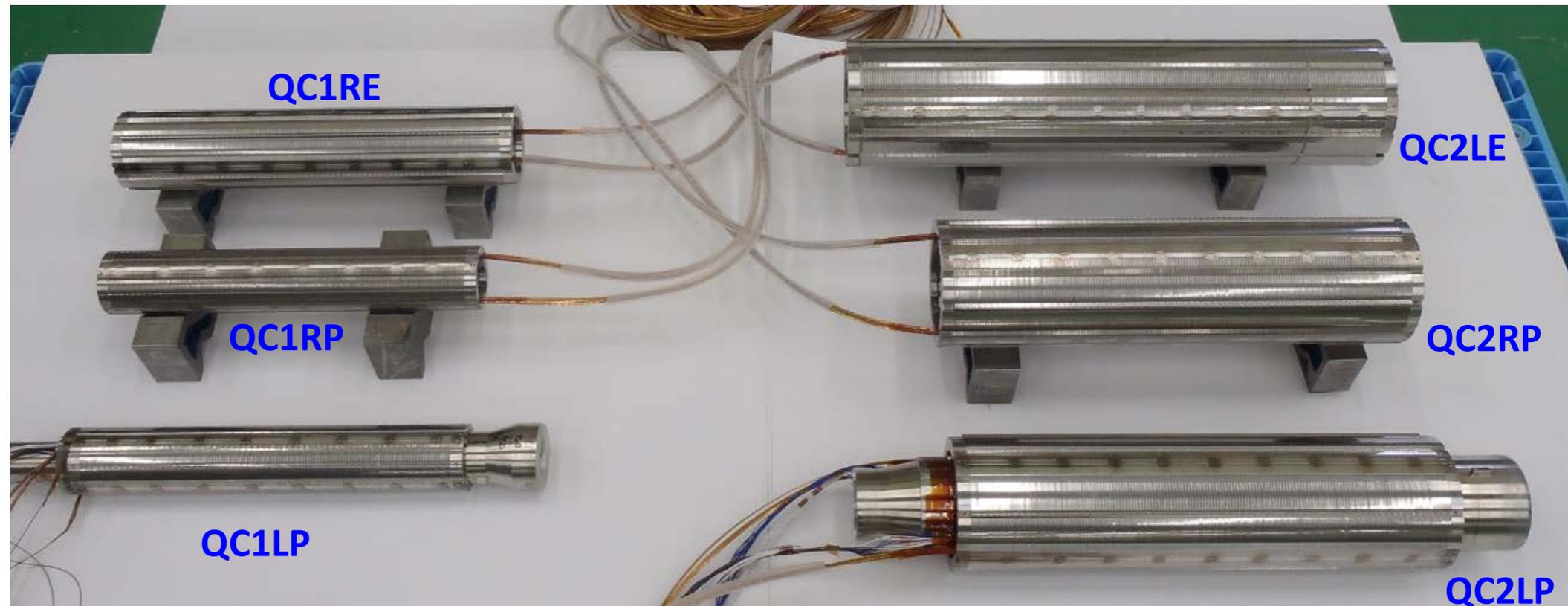


カラーリング



カラーリングされた電磁石

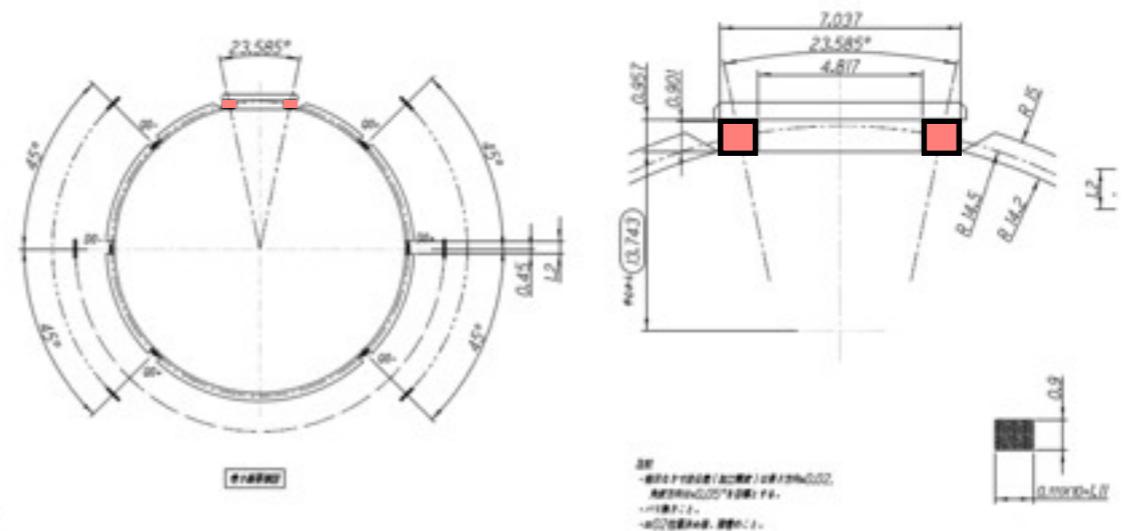
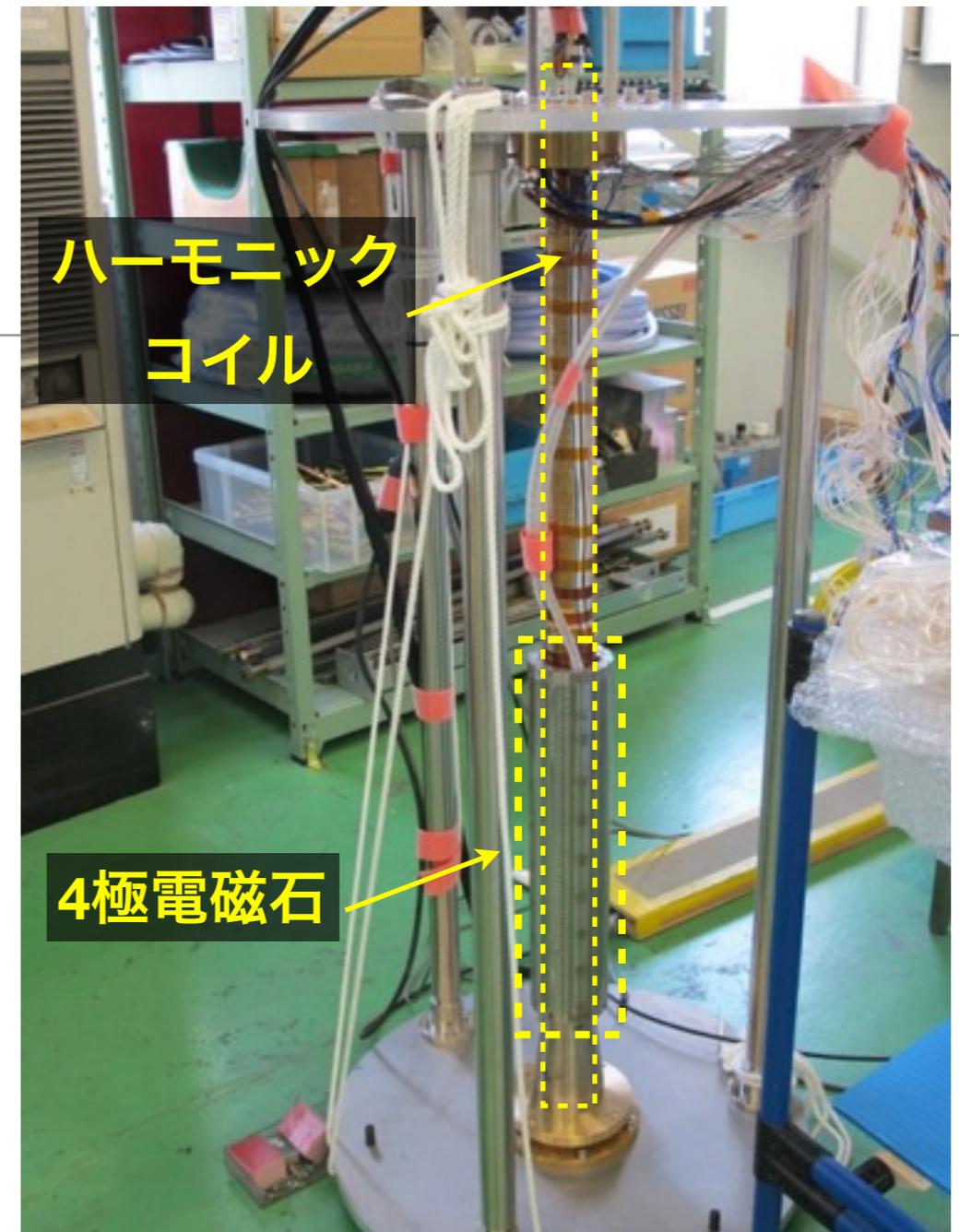
Completed collared magnets



カラーリングは8台すべて終了 (2014年4月)

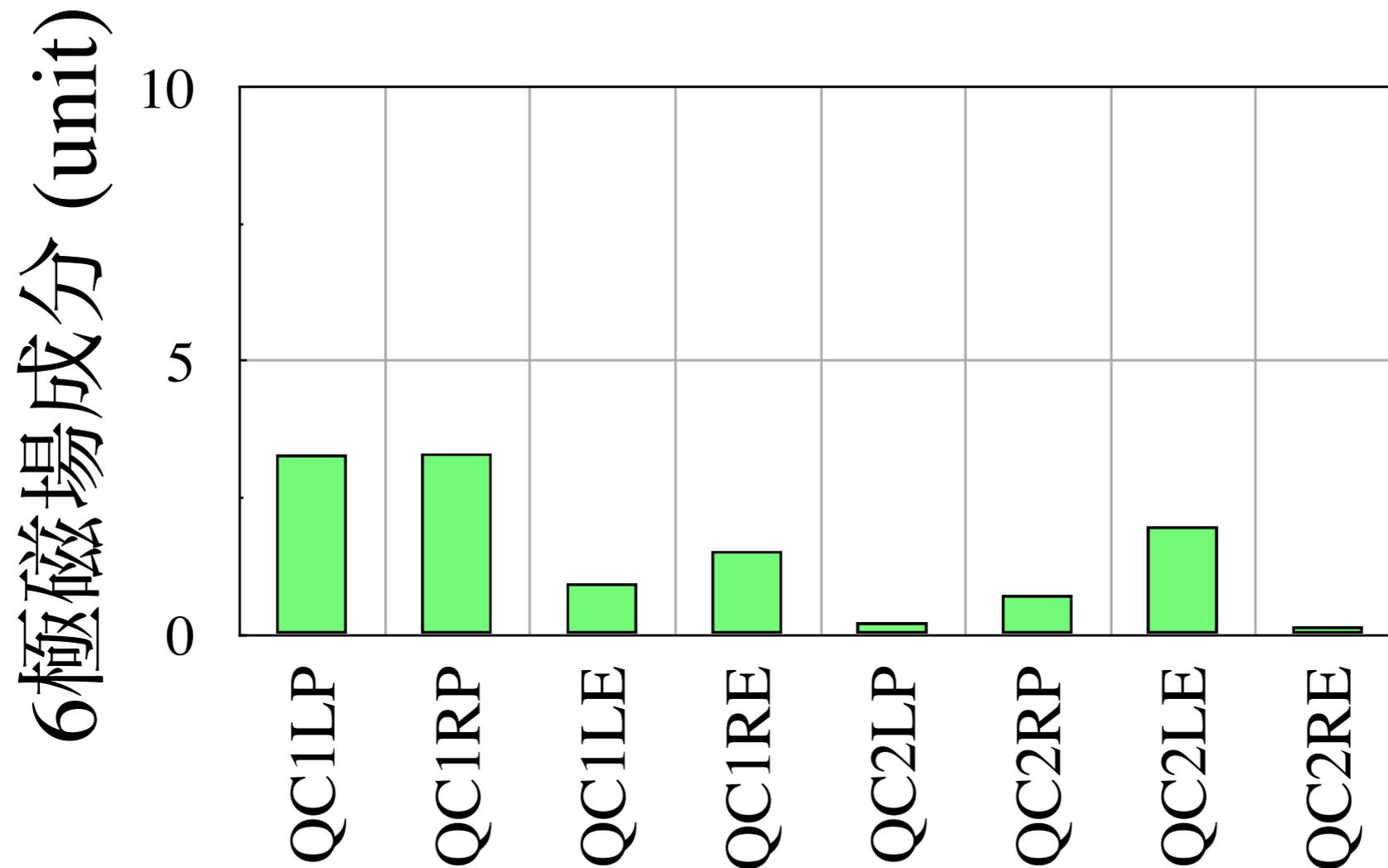
常温磁場測定

- エラー磁場である6極成分を測定
- ハーモニックコイル (コイル長1 m)
 - Tangentialコイル
100 ターン
 - バックリング用Dipole コイル
10 ターン
 - バックリング用Quadrupole コイル
10 ターン
- メイン4極成分
 - Tコイル
- 6極成分
 - T-D-Q コイル (DとQのバックリング)



常温磁場測定結果

4極磁場成分を10000とした時の6極磁場成分で評価
(この単位は"Unit"と呼ぶ)

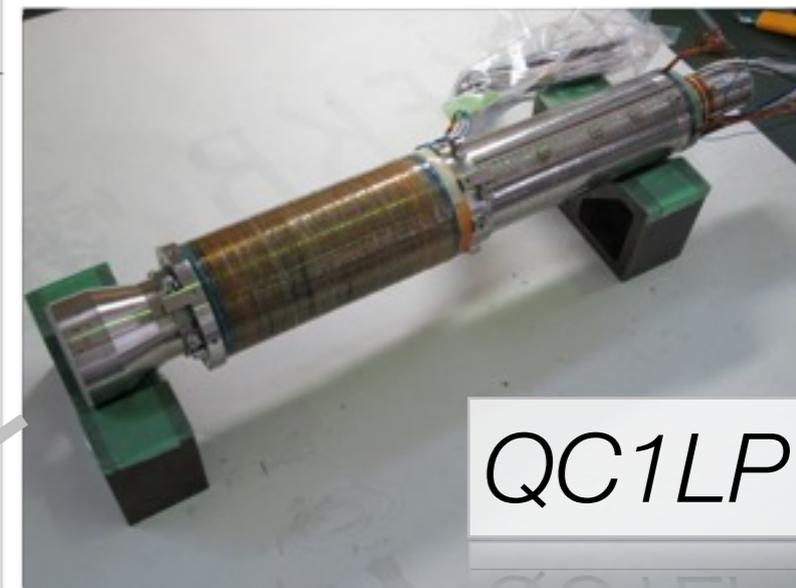


すべて仕様の上限値(10 unit)以下であった

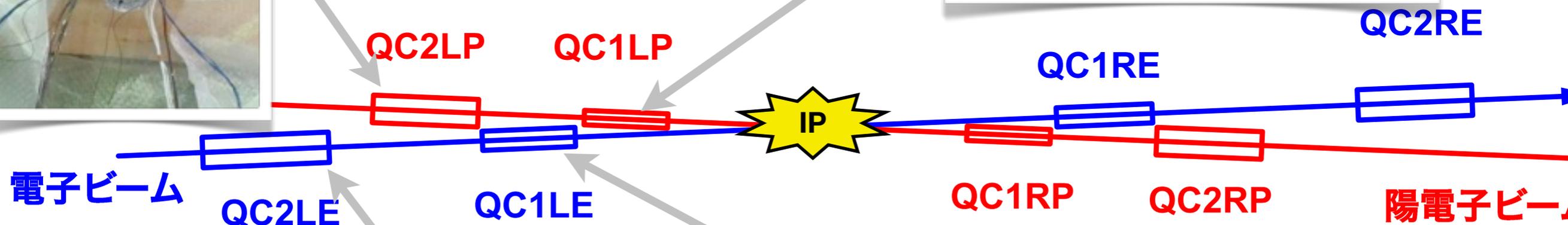
単体として完成した4極電磁石



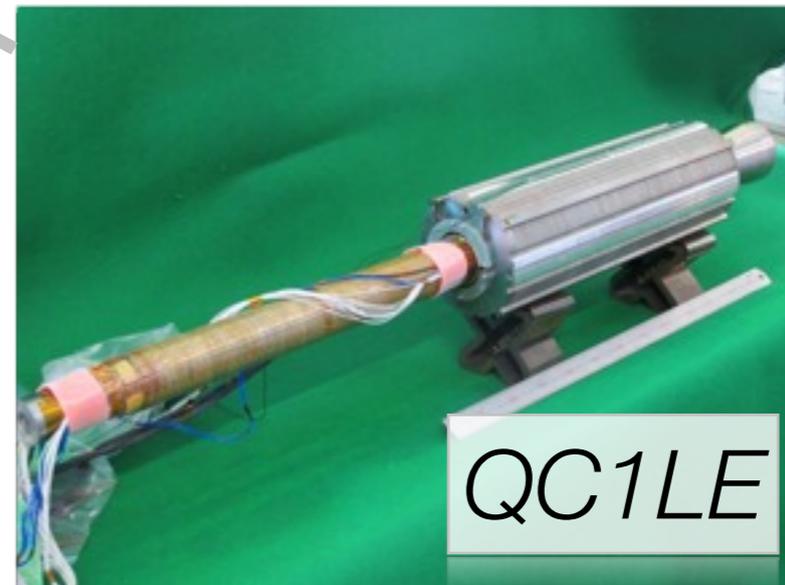
QC2LP



QC1LP



QC2LE



QC1LE

低温試験

• 以下の4台の超伝導4極電磁石の低温試験は終了

- QC1LP, QC1LE, QC2LP, QC2LE

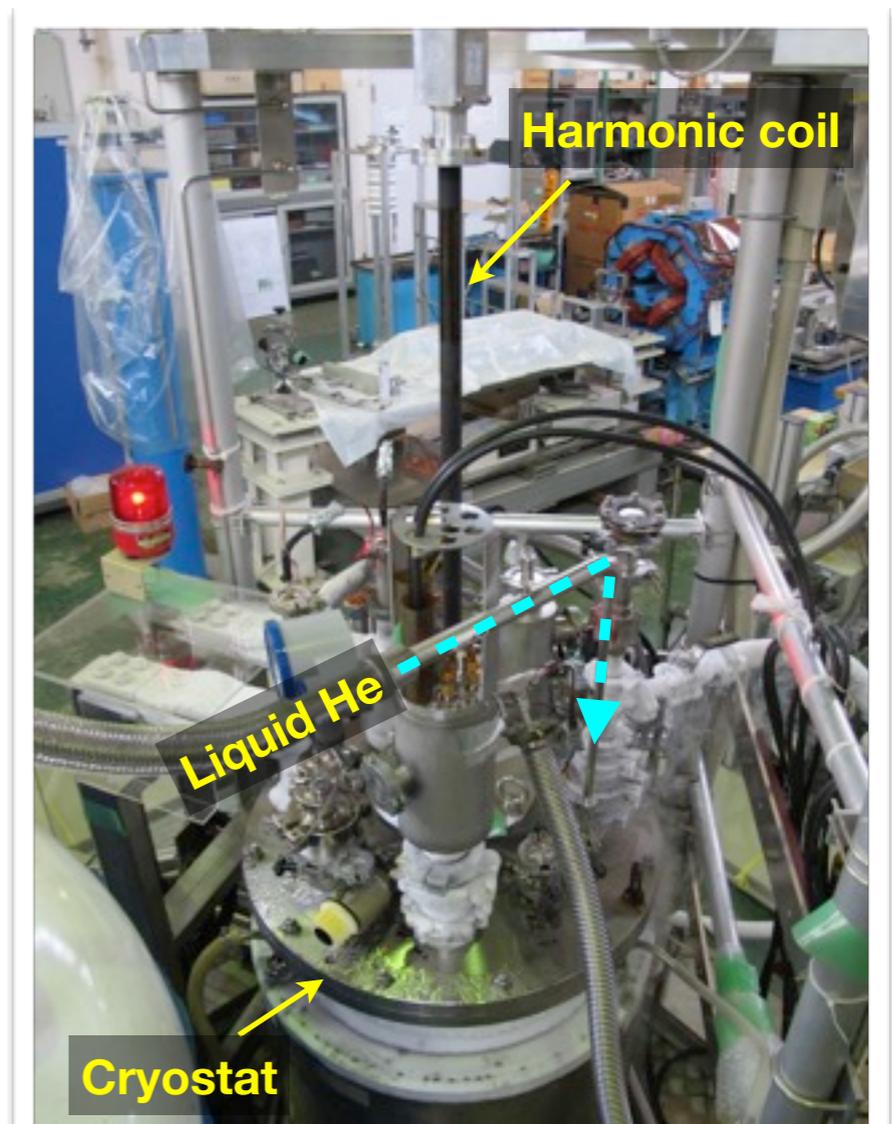
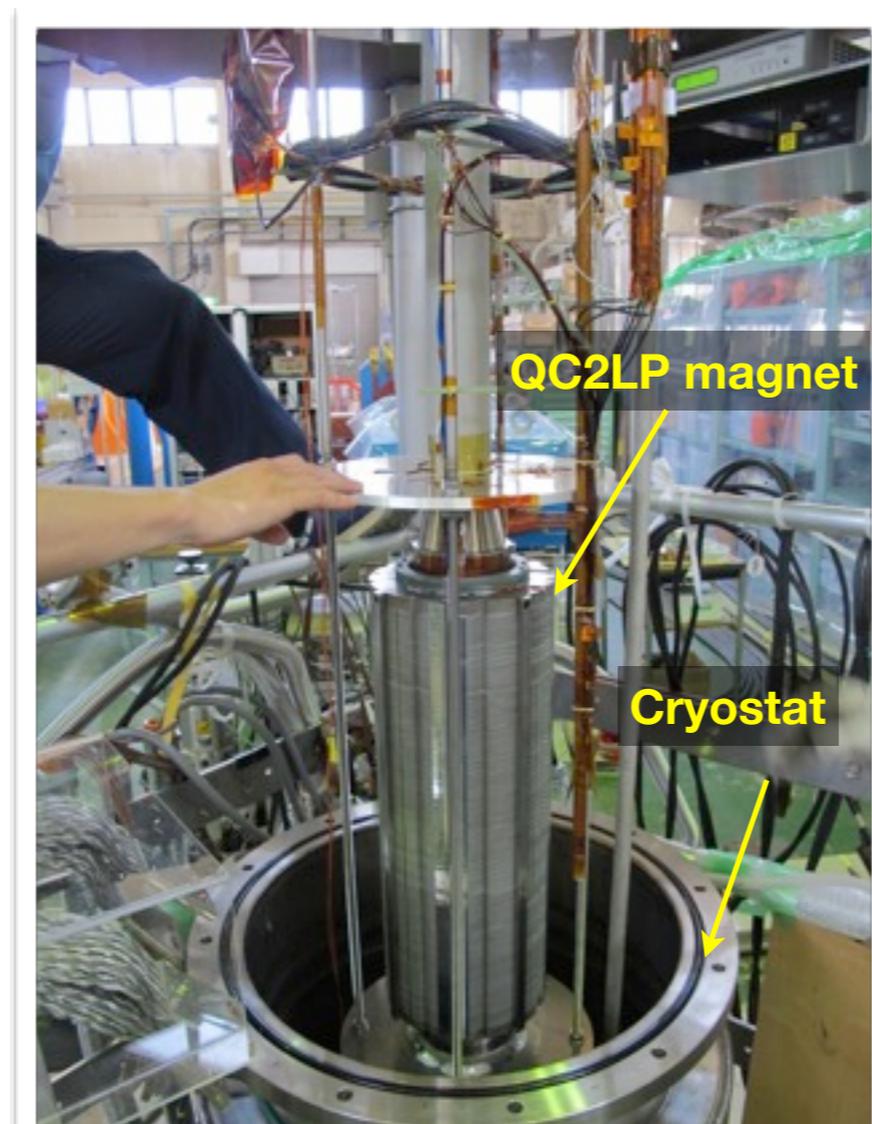
- Liquid Helium
- T=4.2 K
- Measured by harmonic coil

Installation of the magnet
into the cryostat

Cryostat



Harmonic coils



まとめ

- SuperKEKBビーム衝突点用超伝導4極電磁石システム構成
 - 超伝導4極電磁石：8台
 - 超伝導補正/キャンセルコイル：43台
 - 超伝導補償ソレノイド：4台
- 超伝導4極電磁石の製作
 - 2013年6月開始
 - 2014年4月に8台すべてのカラーリングが終了
 - そのうち4台は単体として完成
- 完成予定
 - 2014年12月：衝突点左側のQCSシステム完成
 - 2015年7月：右側のQCSシステム完成