

J-PARCニュートリノビームライン用 超伝導電磁石システム(6) — プロトタイプ機及び実証機の製作 —

高エネルギー加速器研究機構

中本建志, 東憲男, 木村誠宏, 安島泰雄, 飯田真久, 大島洋克, 岡村崇弘, 荻津透,
佐々木憲一, 菅原繁勝, 田中賢一, 寺島昭男, 都丸隆行, 槇田康博, 山本明

総合研究大学院大学

尾花哲浩

東芝

折笠朝文, 金原利雄, 橋口英史, 藤井寿朗

2005年度春季低温工学・超伝導学会
6月2日(木) 東京大学

発表内容

- ・はじめに

 - J-PARCニュートリノ振動実験

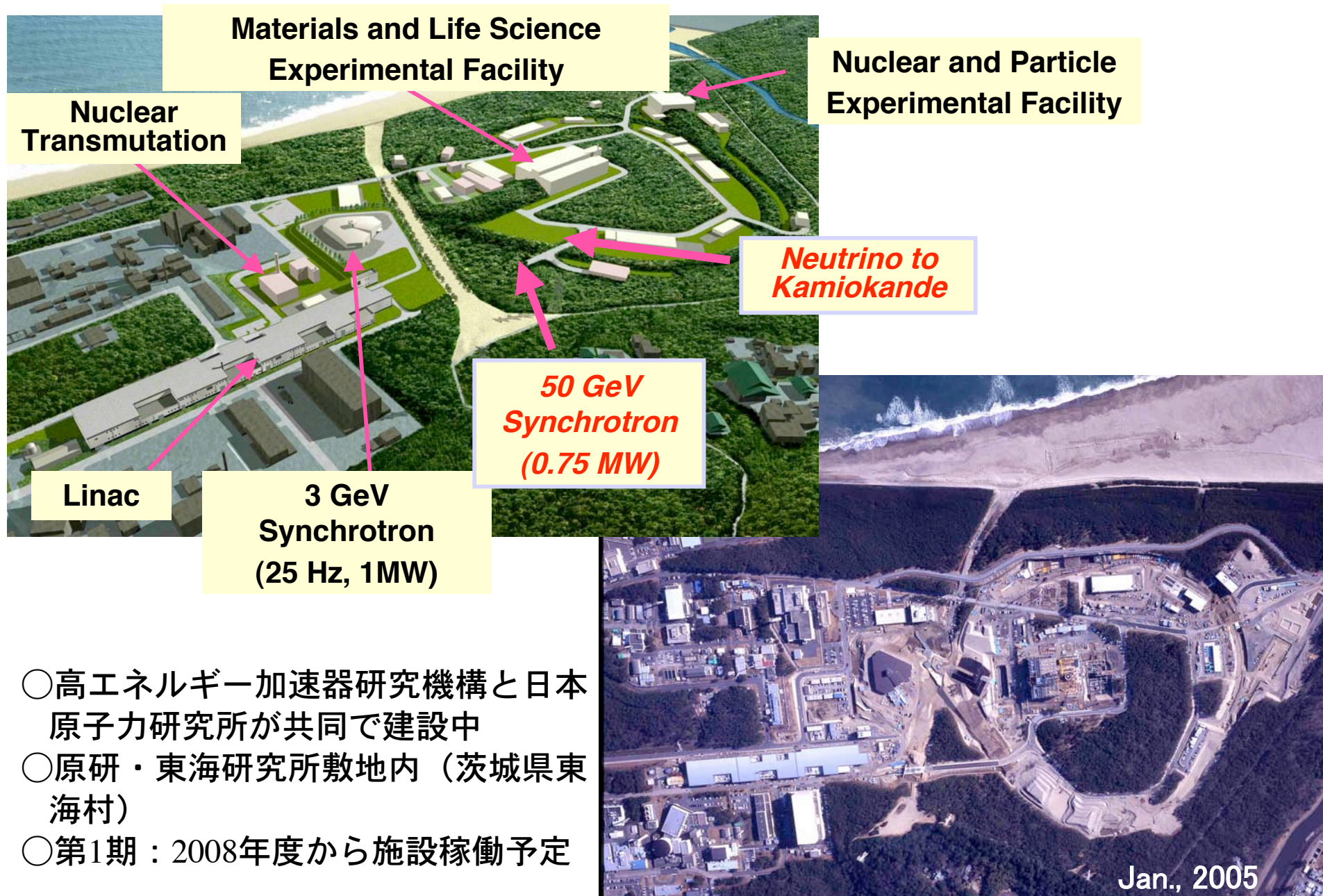
 - コンバインドファンクション超伝導磁石

- ・設計概要

- ・プロトタイプ機及び実証機の製作

- ・まとめ及び今後の予定

Japan-Proton Accelerator Research Complex Facility

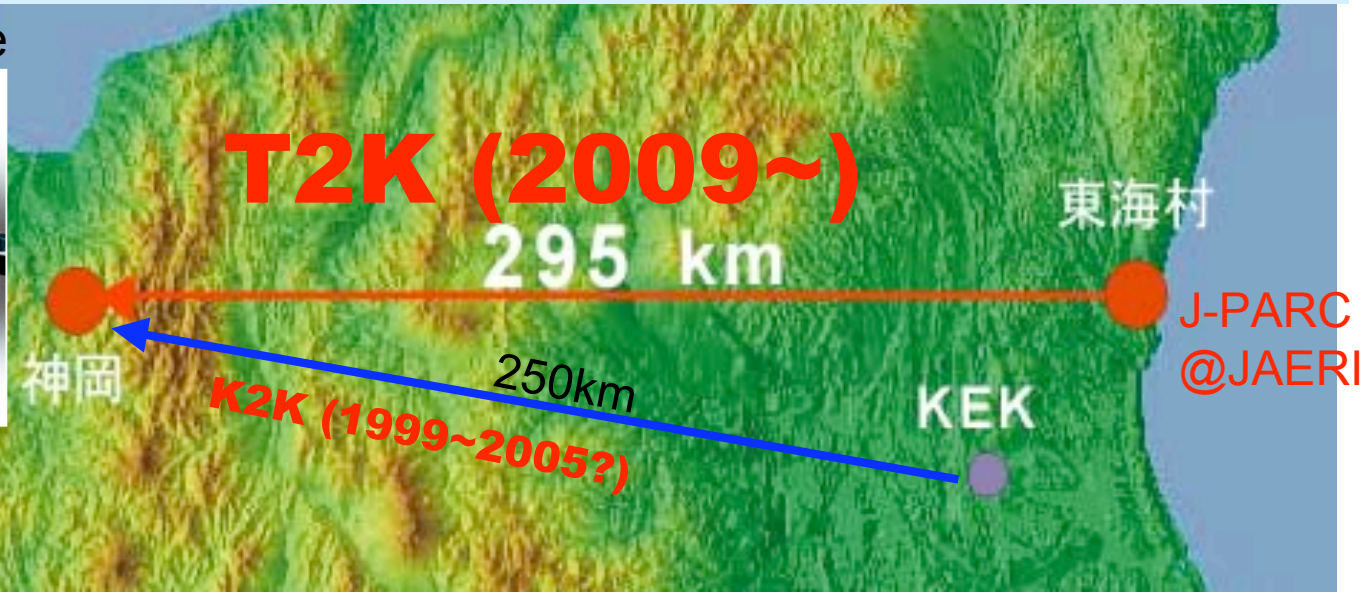
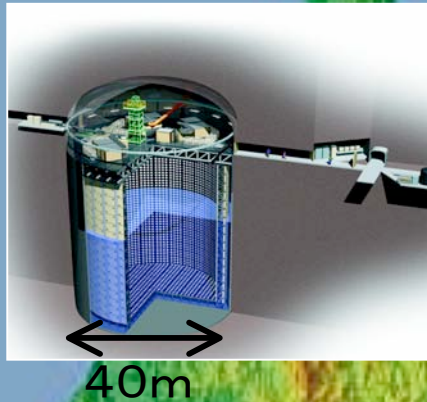


- 高エネルギー加速器研究機構と日本原子力研究所が共同で建設中
- 原研・東海研究所敷地内（茨城県東海村）
- 第1期：2008年度から施設稼働予定

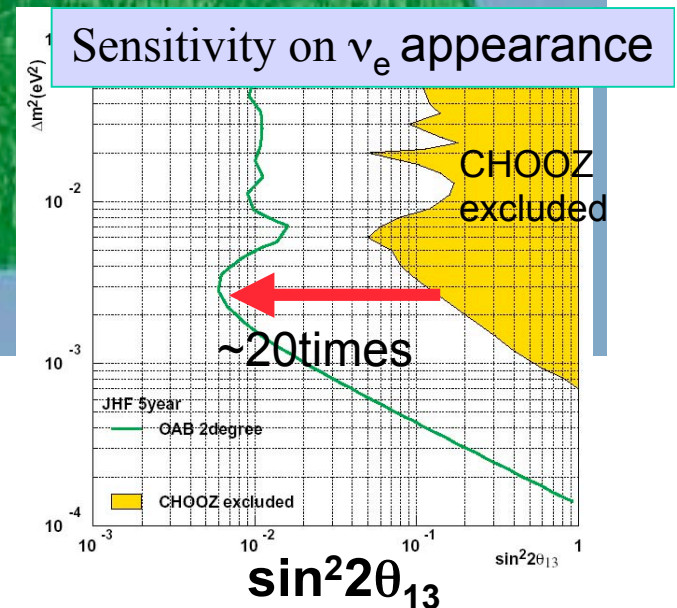
Neutrino physics at J-PARC

Tokai-to-Kamioka (T2K) LBL ν experiment

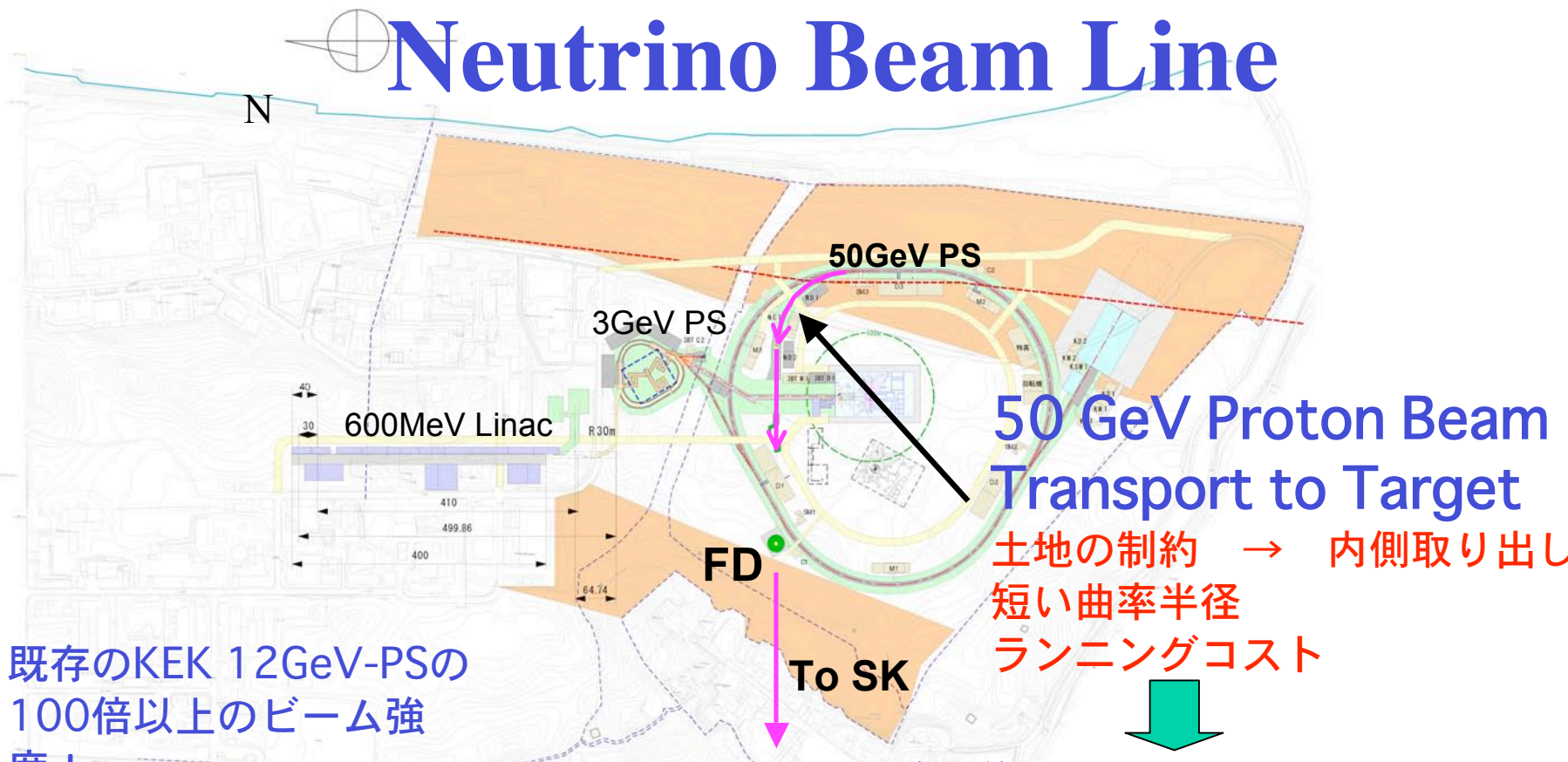
Super-Kamiokande



- Off-axis sub-GeV ν_μ beam from J-PARC 50GeV-PS
- ~ 3000 ν_μ CC int./yr (w/o osc.)
- ν_e appearance discovery
- ν_μ disapp. presice meas.
- 5 year const. Start exp. in 2009.



Neutrino Beam Line



既存のKEK 12GeV-PSの
100倍以上のビーム強
度！

	JPARC	NuMI (FNAL)	K2K
E(GeV)	50	120	12
Int.(10^{12} ppp)	330	40	6
Rate(Hz)	0.275	0.53	0.45
Power(MW)	0.75	0.41	0.0052

超伝導磁石システムの採用

二極 & 四極複合磁場型磁石
(コンバインドファンクション)

実機磁石28台+予備機2台を
製作予定

フルスケールプロトタイプ機及び実証機の開発

目的 磁石設計、治具及び製作方法の確認
磁石性能（クエンチ特性、磁場品質）の検証

プロトタイプ機：高エネ研により製作
フル計装（電圧タップ、クエンチヒーター、歪みゲージなど）
クエンチ保護ヒーターは非装着
補正コイル付きビームチューブ

実証機：メーカーへの技術移転が目的
東芝（入札）が、高エネ研所内で製作（プロト機と同様の治具）
計装無し（実機予備機の可能性）
クエンチ保護ヒーターを装着
実機用ビームチューブ

両機とも液体ヘリウム冷却下で励磁試験

本発表では、両機の製作結果について報告
（励磁試験結果については、次の発表で報告）

発表内容

- ・はじめに

 - J-PARCニュートリノ振動実験

 - コンバインドファンクション超伝導磁石

- ・ **設計概要**

- ・ プロトタイプ機及び実証機の製作

- ・ まとめ及び今後の予定

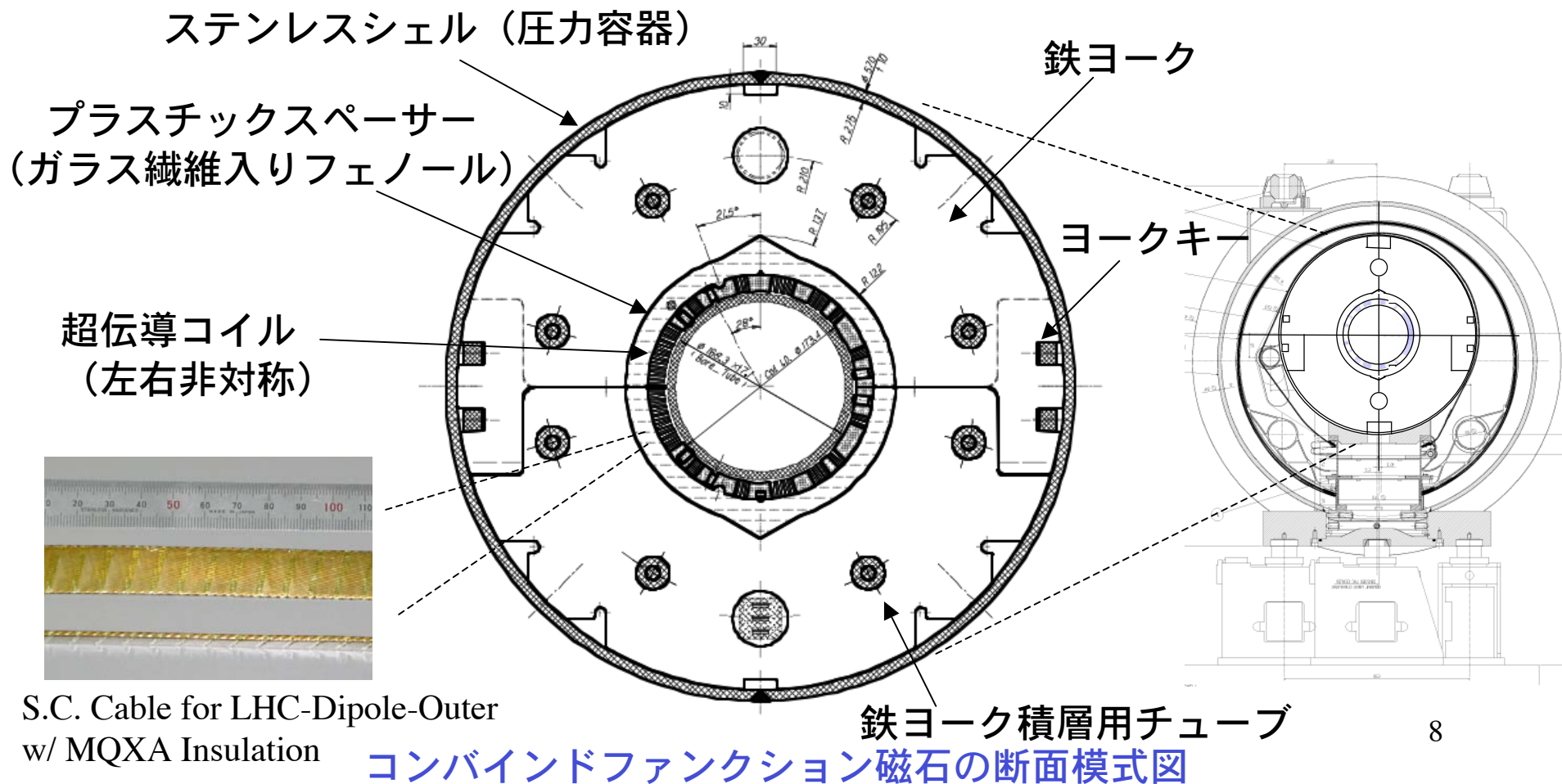
Magnet Overview

コスト削減の強い要求→製作の簡易化

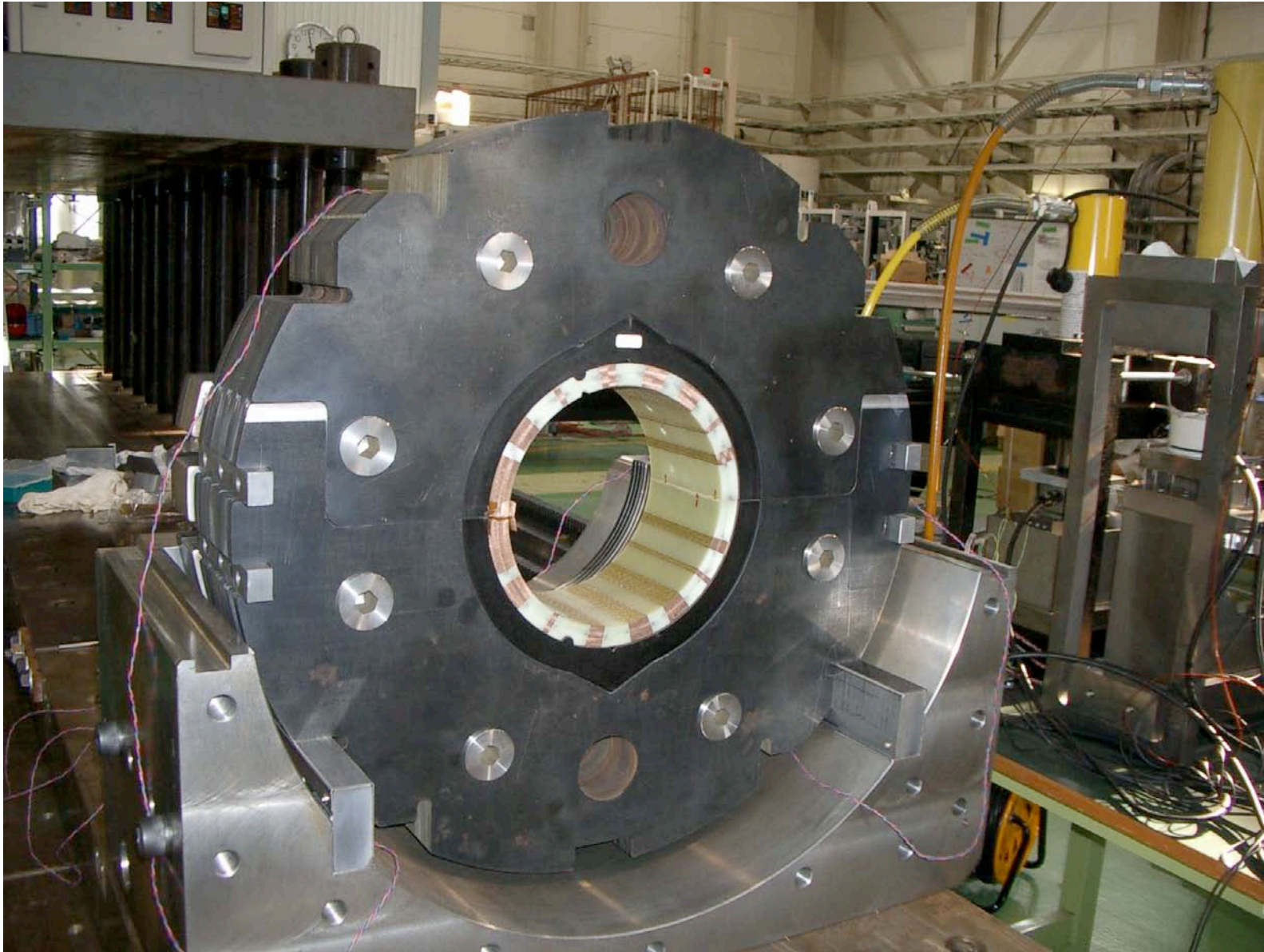
コイル電磁設計: コンバインドファンクション型単層コイル

機械設計: 絶縁プラスチックスペーサー、キー式ヨーク (RHIC dipole@BNL)

その他の設計概念はKEKで開発したLHC-MQXA四極磁石を踏襲

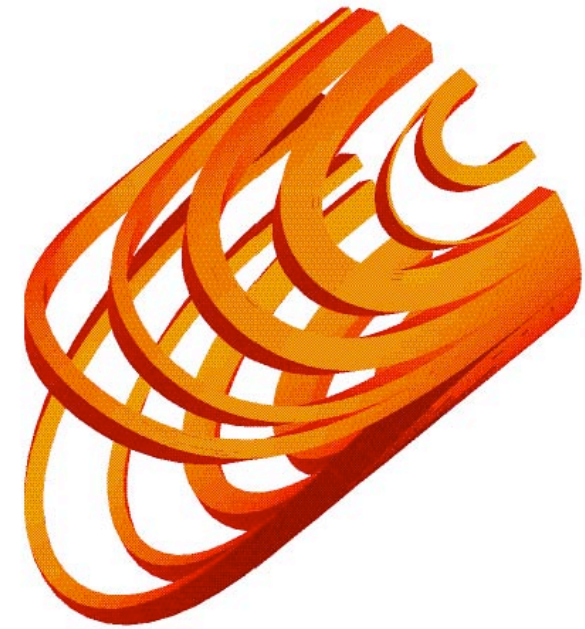
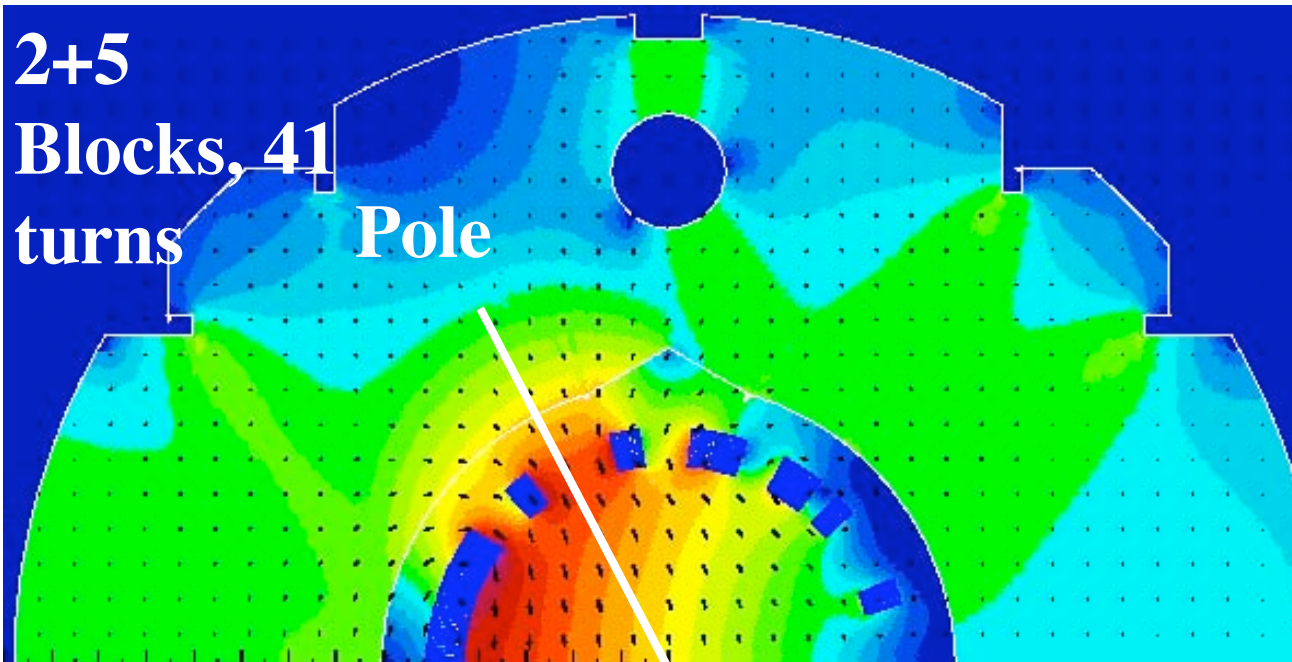


Mechanical Short-section Model Study



Specification

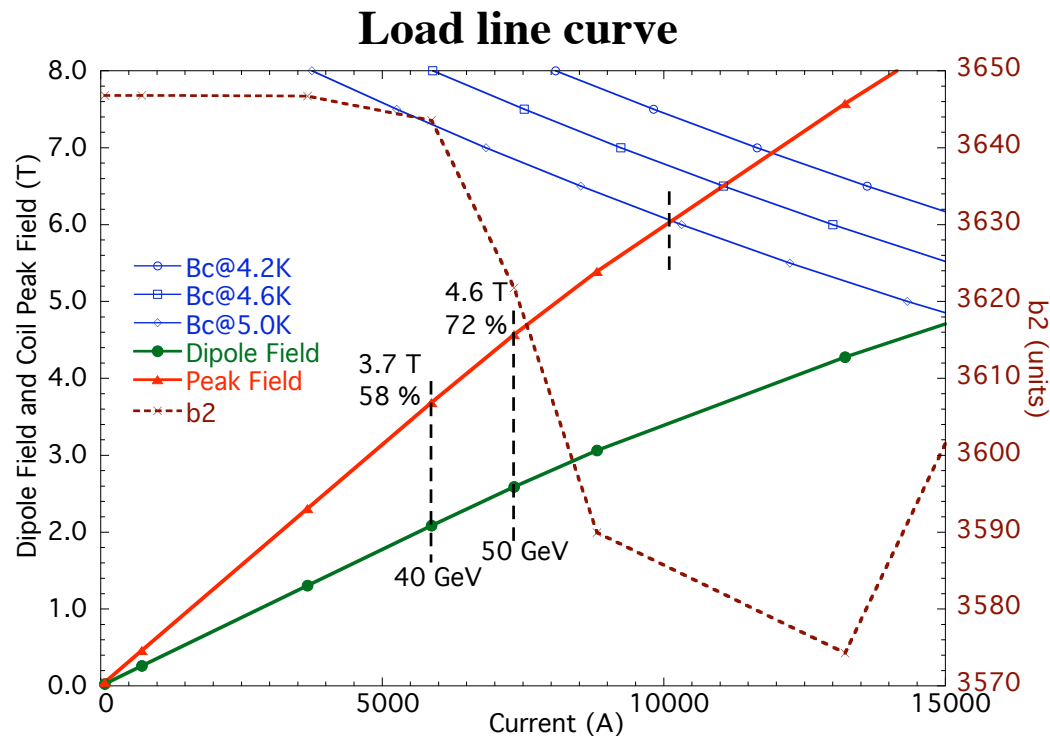
2D & 3D Model by ROXIE



Coil ID.: 173.4mm
Mag. Length: 3300 mm
Mech. Length: 3630 mm @RT
Tmax: < 5.0K
(Supercritical Helium)
Dipole Field: 2.59 T
Quad. Field: 18.6 T/m
Field Error: < 10⁻³ (@Rref=50mm)

Op. Current: 7345 A
Op. Margin: 72%
Inductance: 14.3 mH
Stored Energy: 386 kJ
of Magnet: 28
SC Cable: NbTi/Cu for LHC
Dipole Outer-L

Load line & Field Quality



3D Field Quality (Rref=50 mm)

	3D-SS	3D-LE	3D-RE	3D-Integral
Lmag (m)	1.94	0.78	0.58	3.3
B1 (T)	2.591	2.602	2.603	2.601
b2 (unit)	3628	3567	3517	3581
b3 (unit)	-0.93	-58.1	-101.5	-33.7
b4 (unit)	5.01	-11.1	-23.5	-2.3
b5 (unit)	2.07	-8.9	-16.0	-3.5
b6 (unit)	-6.36	-7.9	-9.8	-7.2
b7 (unit)	-1.16	-3.5	-5.3	-2.4
b8 (unit)	-3.95	-2.9	-3.6	-3.7
b9 (unit)	-8.86	-7.7	-7.9	-8.4
b10 (unit)	-0.25	0.3	0.3	-0.0
b11 (unit)	-3.10	-2.7	-2.6	-2.9
b12 (unit)	2.07	1.7	1.6	1.9

**Good
at SS**

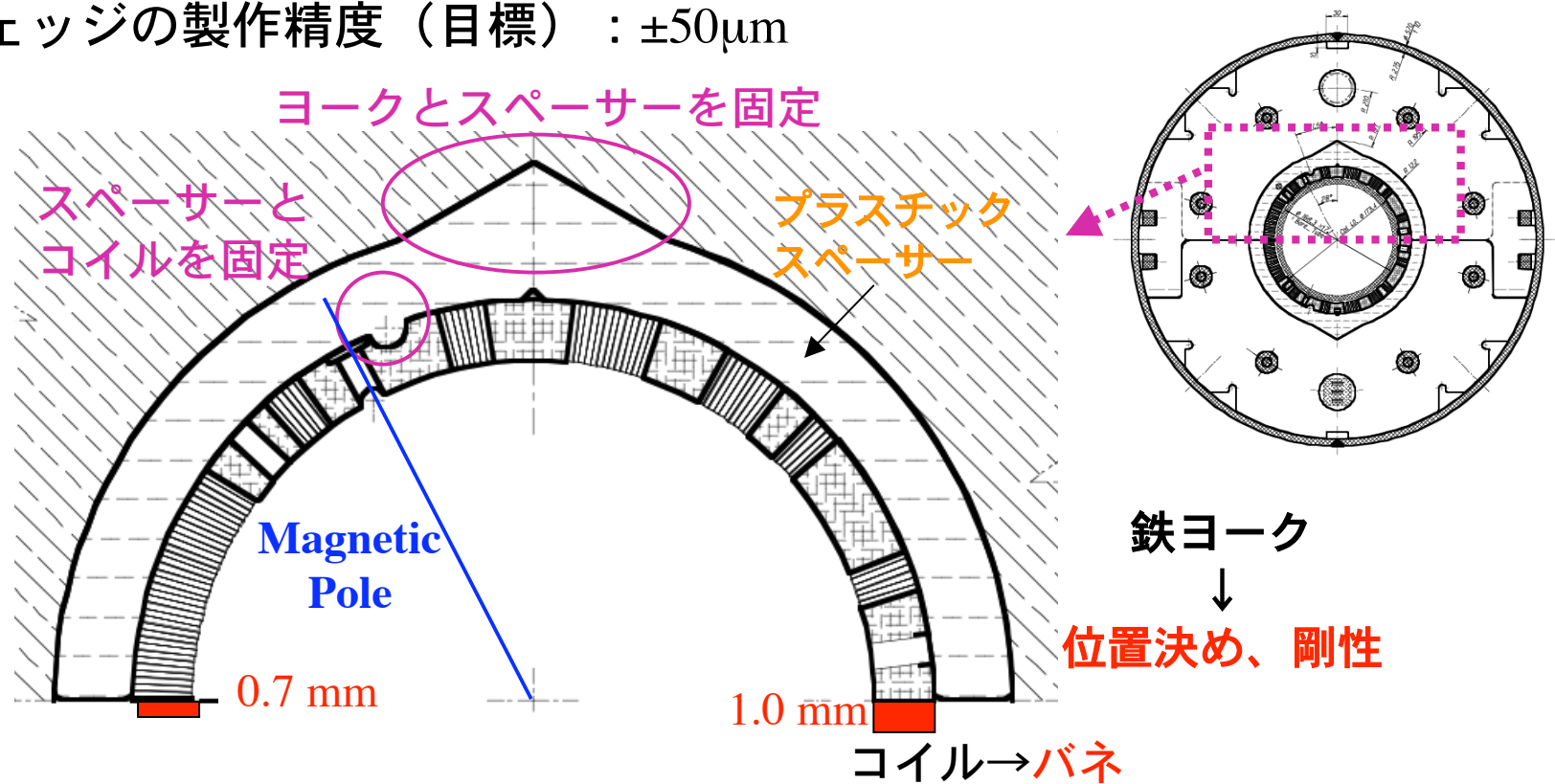
**Not so
good
at ends**

**Good
enough**

- 超伝導コイル最高磁場は約4.6 T (50GeV運転時)
- 5 Kでのロードライン比は58 %及び72 % (それぞれ40及び50GeV運転時)
- 参照半径50mmでの誤差磁場は 10^{-3} 以内で、仕様を満足

Coil Alignment

- ・コンバインドファンクション磁場 → 左右非対称 (2+5ブロック)
- ・ポールを固定 → 機械特性 (周長、ヤング率、熱収縮) の左右非対称
- ・組み立て時コイル周方向予備圧力 : 80MPa → オーバーサイズ0.7&1.0mm
- ・ G11ウェッジの製作精度 (目標) : $\pm 50\mu\text{m}$

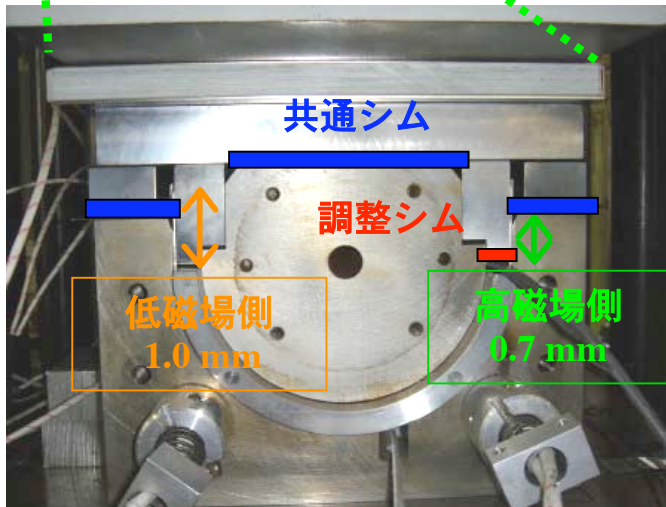
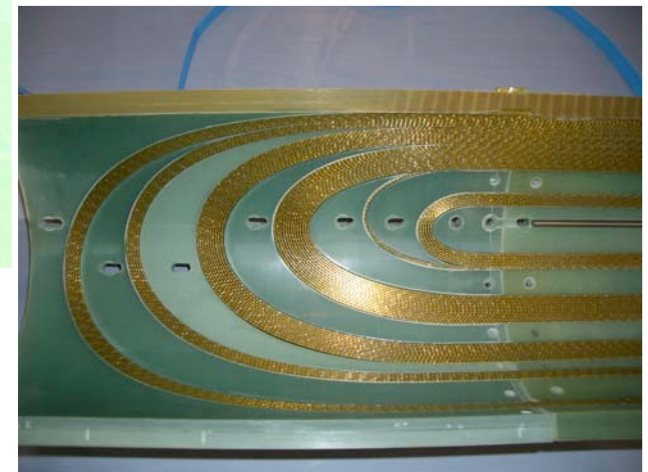
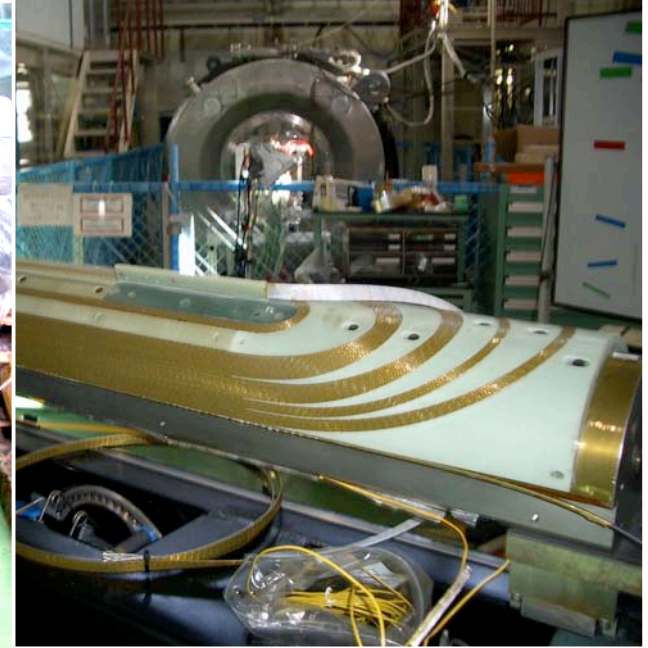
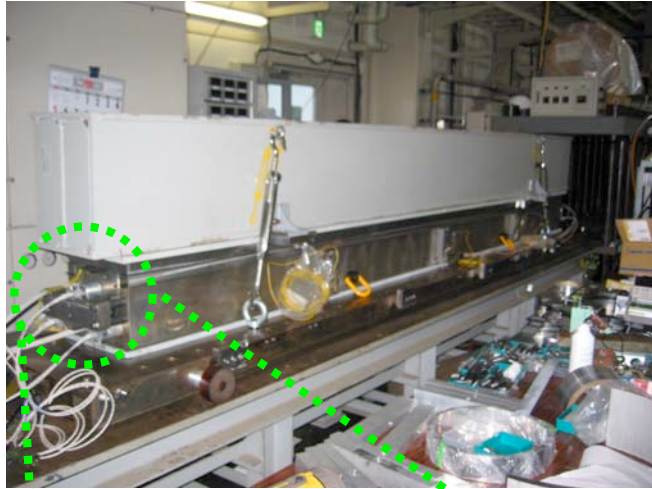


プラスチックスペーサー及びコイルの破損を防ぐ

発表内容

- はじめに
 - J-PARCニュートリノ振動実験
 - コンバインドファンクション超伝導磁石
- 設計概要
- プロトタイプ機及び実証機の製作
- まとめ及び今後の予定

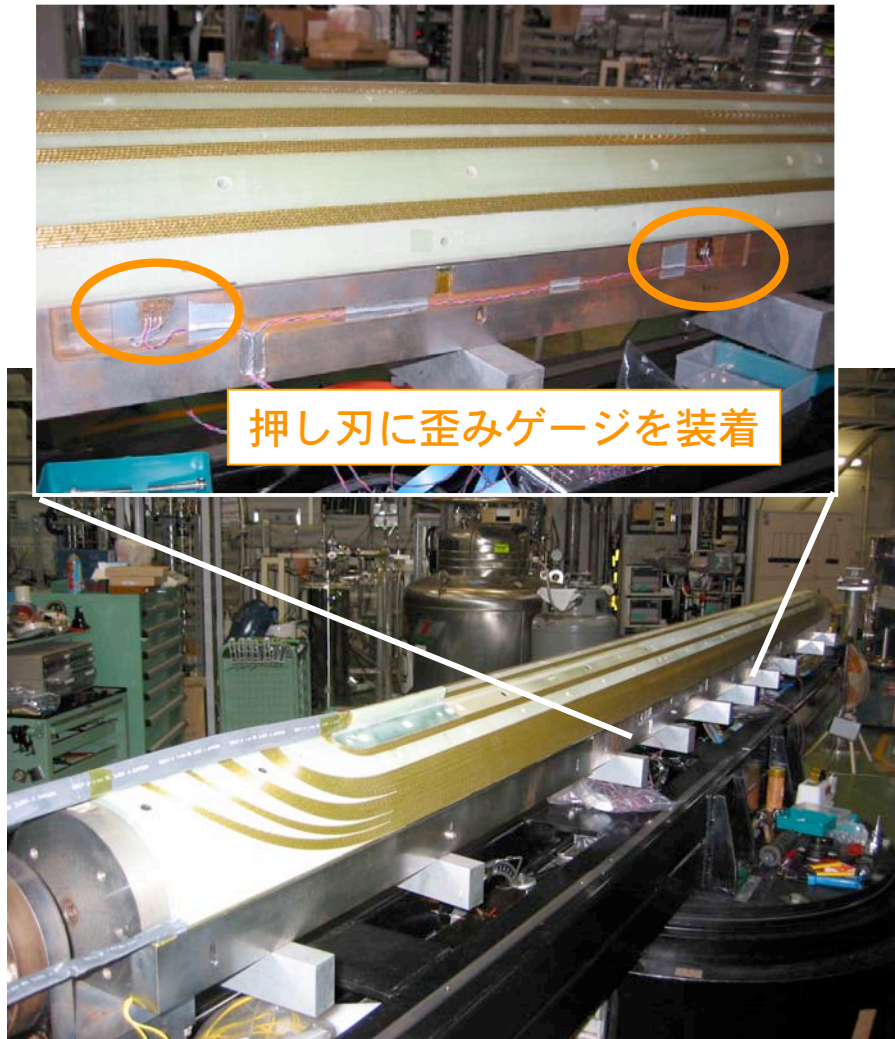
Coil Winding for Prototype Magnet



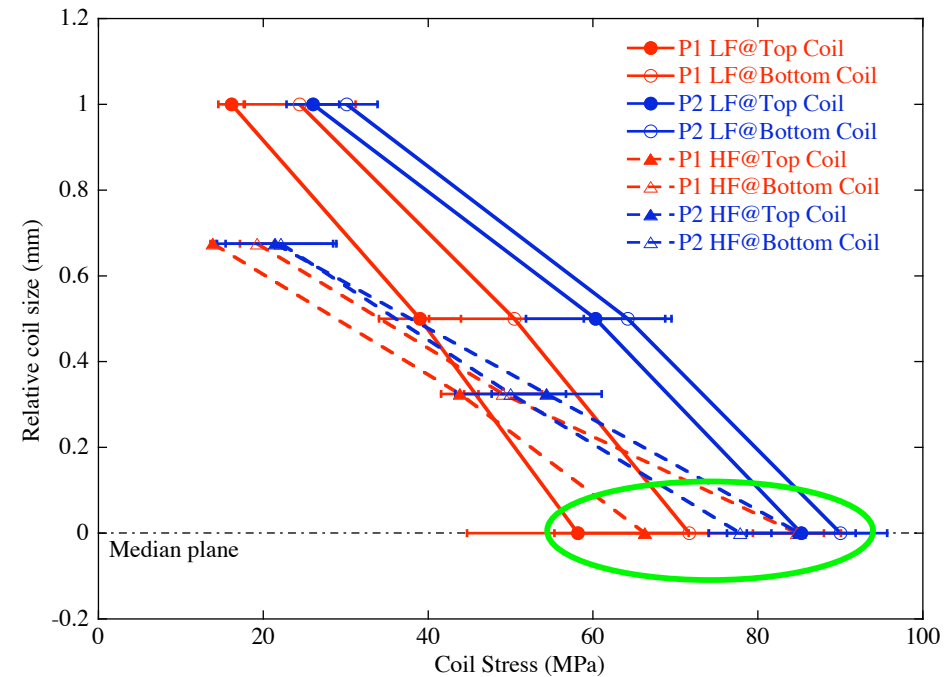
プロトタイプ用トップ
& ボトムコイル
(鏡対称)

- ・キュアリング：寸法規定によるコイル成形
→ 130°C、5時間 (エポキシ)
- ・2種類のシムによる左右コイルのオーバー

Coil Size Measurement



コイルサイズと面圧の関係

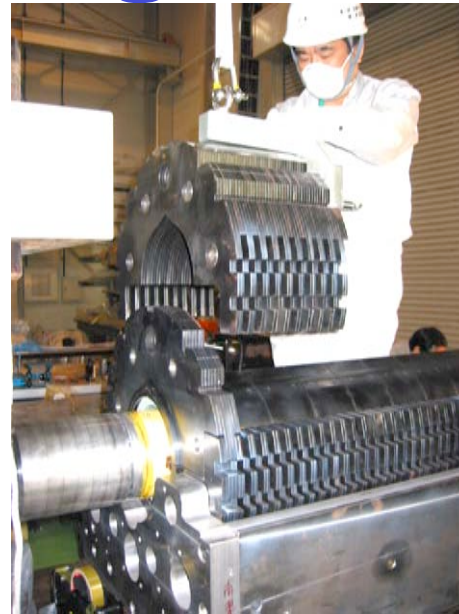
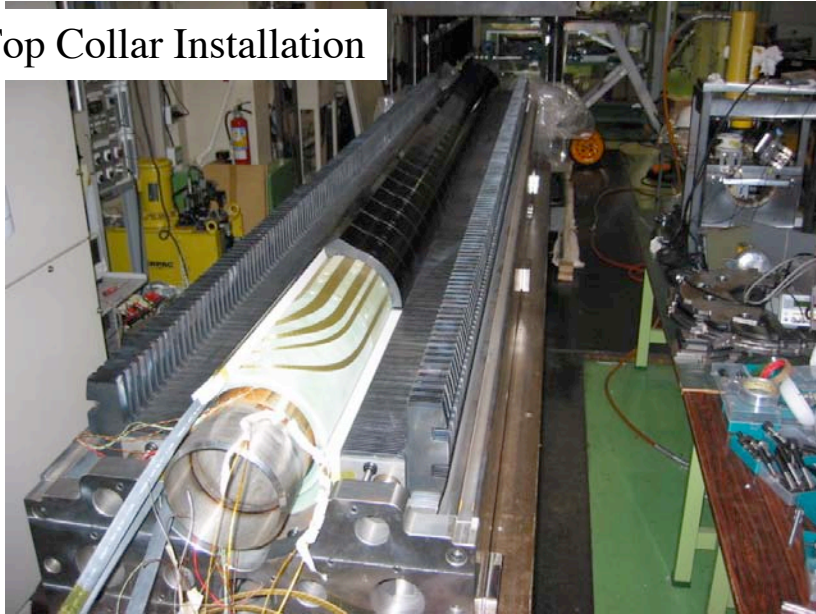


- ・各コイル、左右でコイルサイズが大体揃っている
- ・組み立て時の推定コイル面圧 (60~90MPa) は、ほぼ設計通り

- ・キュアリングと同じ治具を使用
- ・3通りのシム厚さの組み合わせで、プレスを押し切ったときの面圧を測定

Yoking

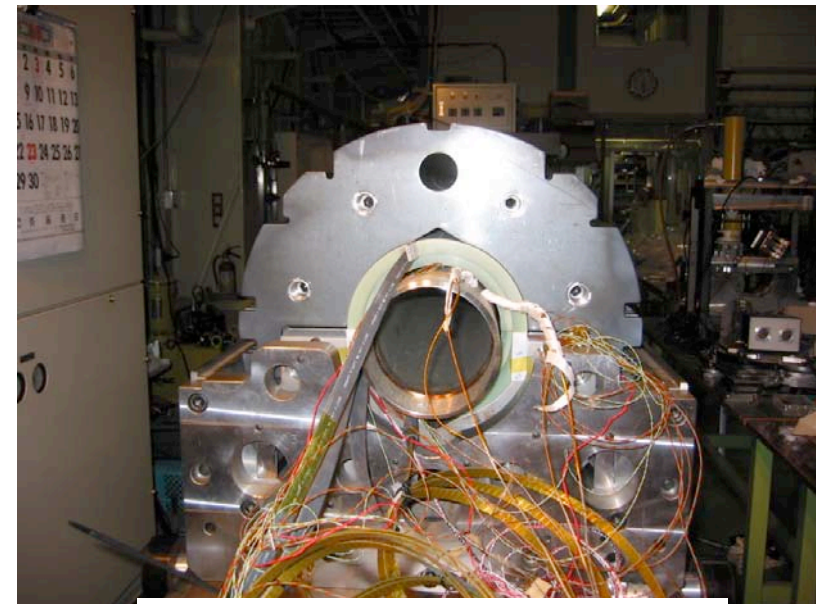
Top Collar Installation



Top Yoke Installation

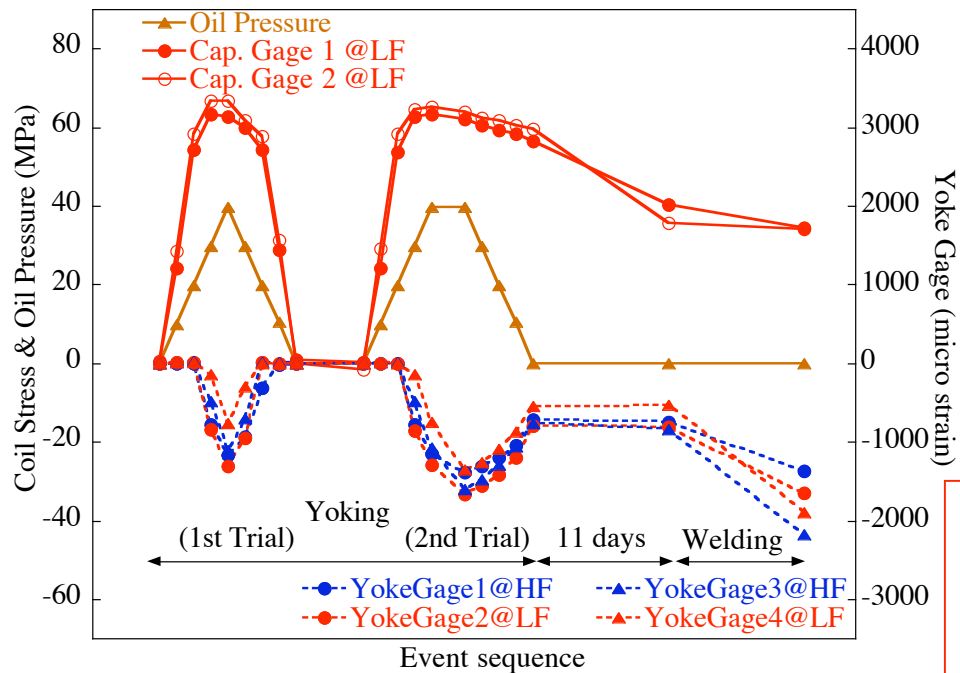
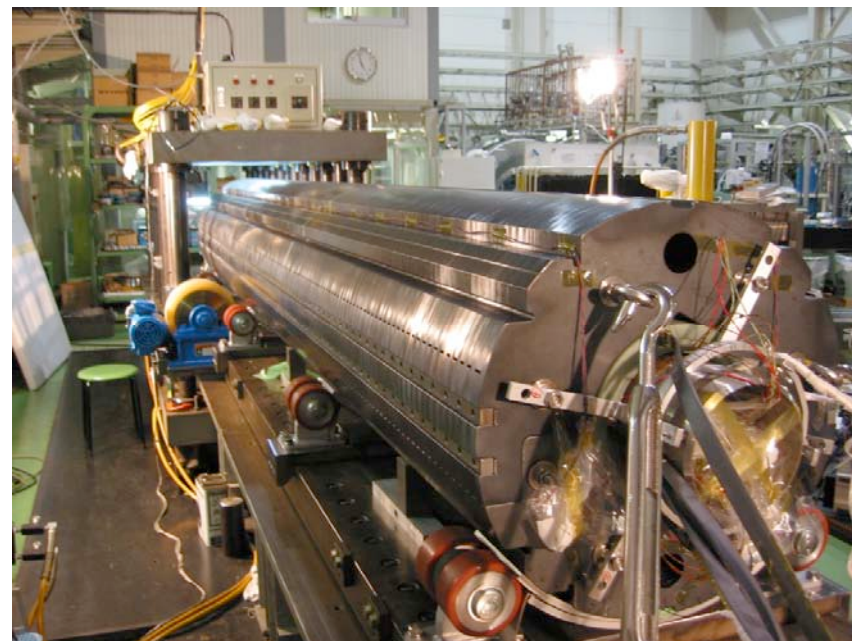
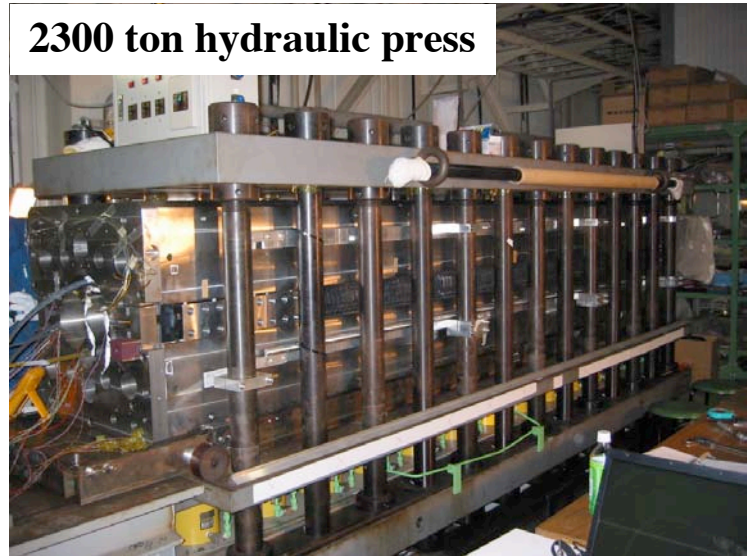


Top lead Collar Installation



Top Yoke Installation Complete

Yoking -Keying-



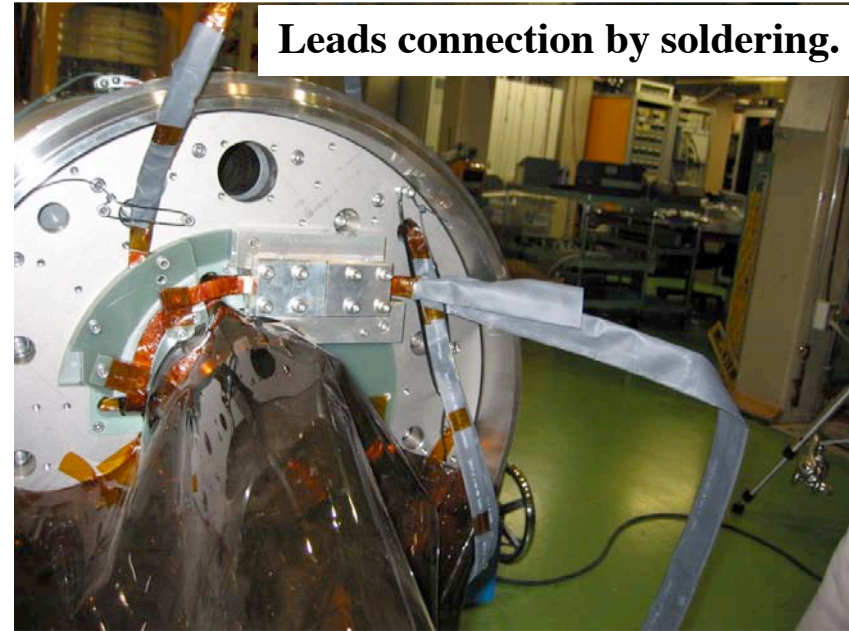
- コイル予備圧力は約60 MPa
- ➡ コイルサイズ測定結果と一致
- 上下ヨークの隙間は閉じている

Shell Welding, Ends Works

Longitudinal shell welding by two automatic welding machines.



Leads connection by soldering.



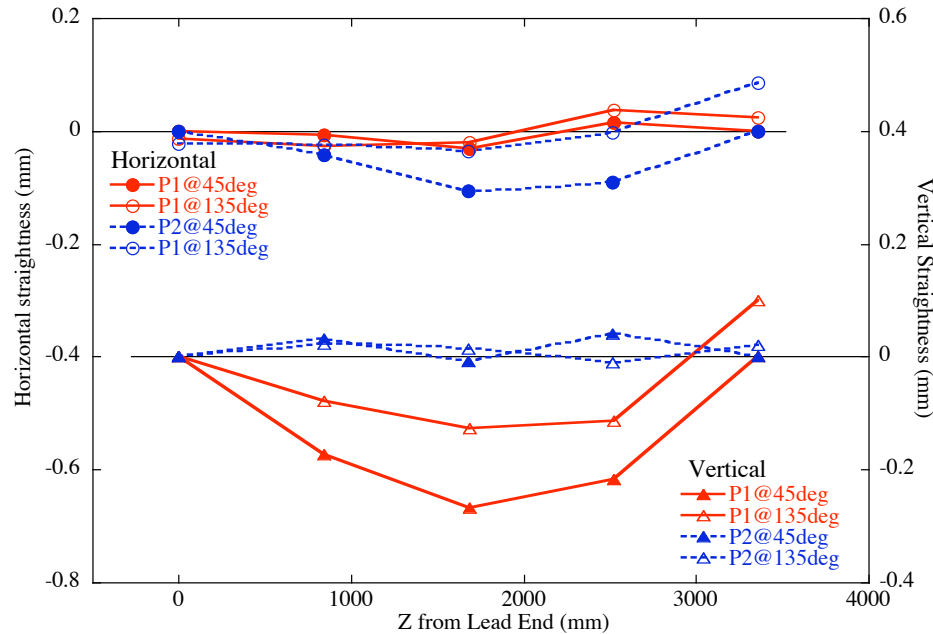
End-ring welding



Point-welding of Alignment target base

Mechanical Measurement - After Shell Welding

磁石の直線性



磁石直径



+0.25 mm



- 磁石のねじれ、たわみなどは十分小さい
- 磁石断面の縦楕円変形を確認：ヨーク構造に起因



十分仕様を満足

レーザートラッカーによる機械測定
(直線性など)

Complete

