



平成23年6月10日
ハドロン研究会

J-PARCの概況と現状

永宮 正治

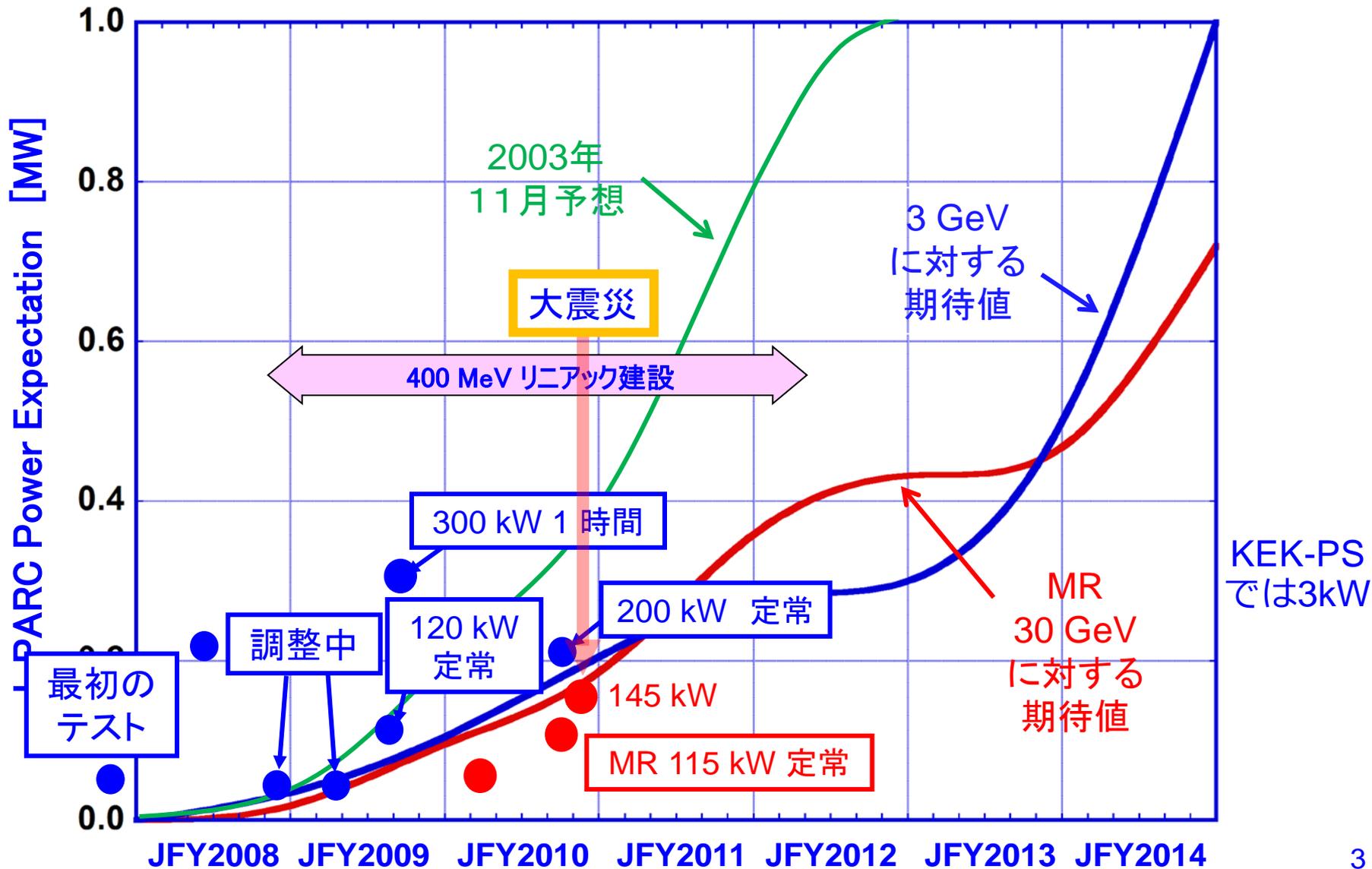
J-PARC センター

日本原子力研究開発機構
高エネルギー加速器研究機構



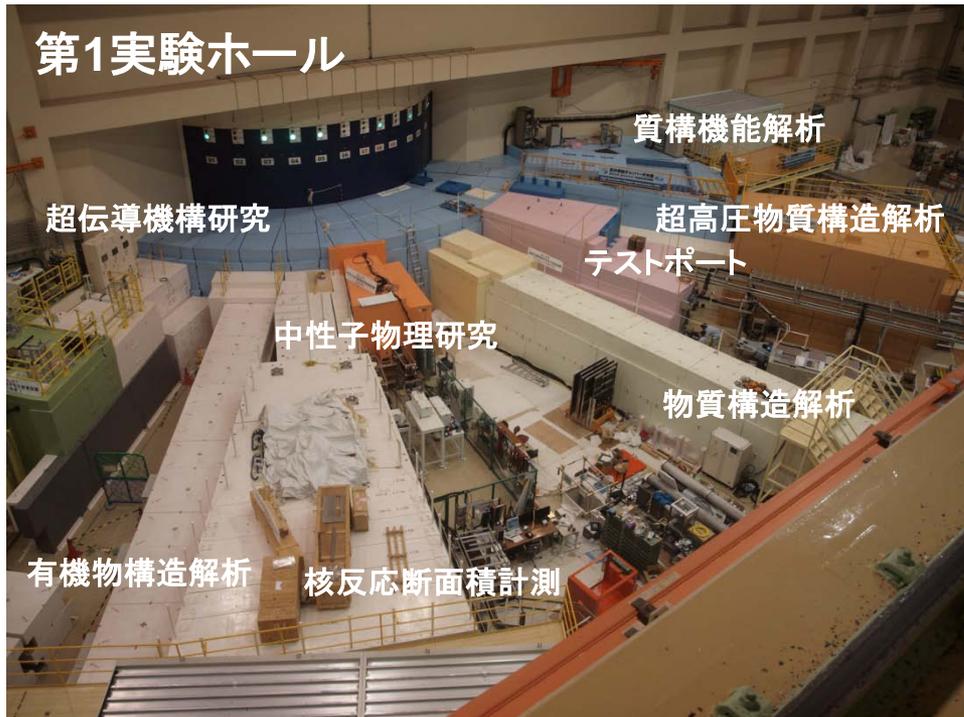
震災前の状況

加速器出力の推移

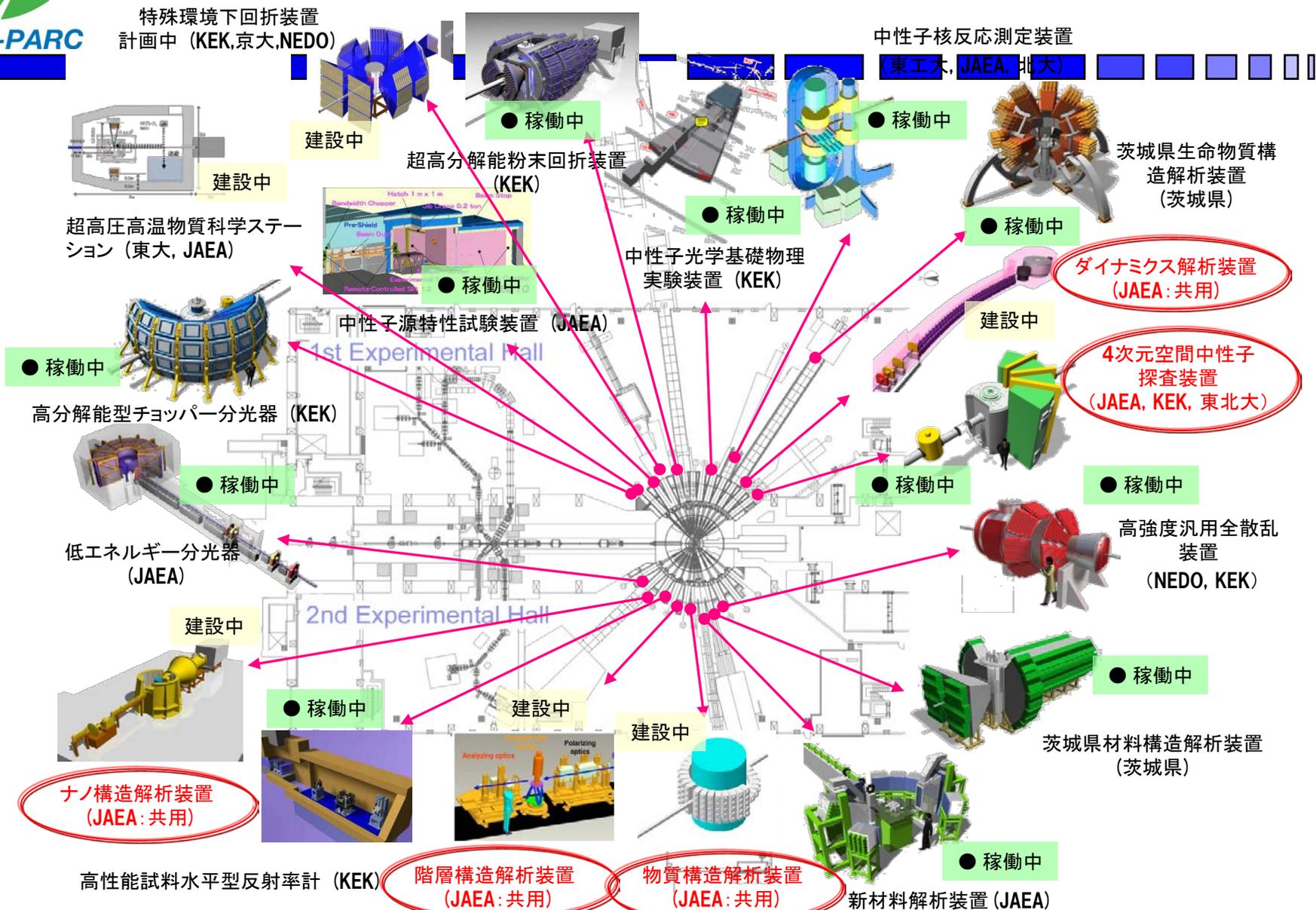


物質・生命科学実験施設(MLF)

- 発生する二次粒子のうち中性子・ミュオンを利用した研究を実施。
- 陽子ビームによる核破砕反応で大量の中性子が発生し、その中性子源から放射状に配置されるビームライン(23本設置可能)に、世界最高性能の大強度中性子ビームが供給される。
- パルス冷中性子強度が英国のラザフォード研究所のISIS、米国のオークリッジ国立研究所のSNSの強度と同等になり、実質的に世界の3大中性子源として位置付けられる。
- 「特定先端大型研究施設の共用の促進に関する法律」の改正を受け、建設を開始した共用ビームラインが完成し、平成23年10月から、それらの共用を開始する予定。



特定中性子施設 実験装置一覧



最大設置可能BL本数: 23本 / 稼働・建設中のBL本数: 18本 (うち共用BLは5本の予定)

ニュートリノ質量とニュートリノ振動実験

- 素粒子の標準模型ではニュートリノの質量をゼロと仮定している
 - しかし、ニュートリノに質量！
 - ← ニュートリノ振動

地球の上方から飛んでくるニュートリノの数の方が地球の裏側からのニュートリノより数が多い。この観測からニュートリノ振動が発見された。



戸塚 洋二氏
(前KEK機構長)



すでに500名の外国人が参加
(日本人は70名)

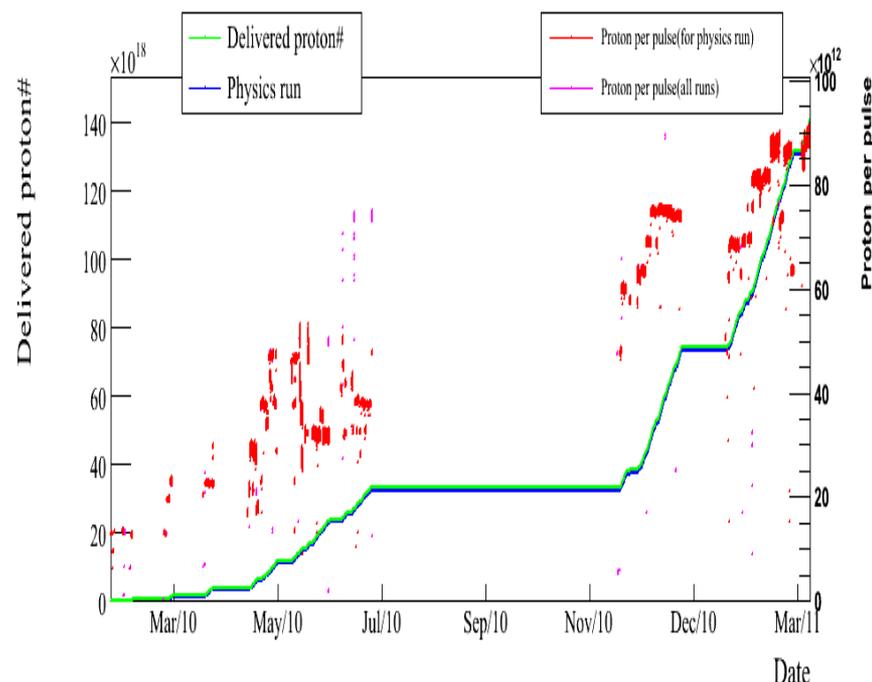
第1と第3のニュートリノ
混合角を世界で初めて測定

電子ニュートリノ出現探索の最新結果

■ 2010年夏までのデータ(0.323E20pot)を用いた振動解析

- **Nue appearance**解析
 - B G期待値 : 0.30 ± 0.07
 - 候補事象 : 1
 - 有意なエクセスとは言えず。
 - 混合角に有限値を与えた。
- この結果はすでにヴェニスを始め海外の会議、セミナーで公表済み。KEKでも22日、中平氏によるセミナー

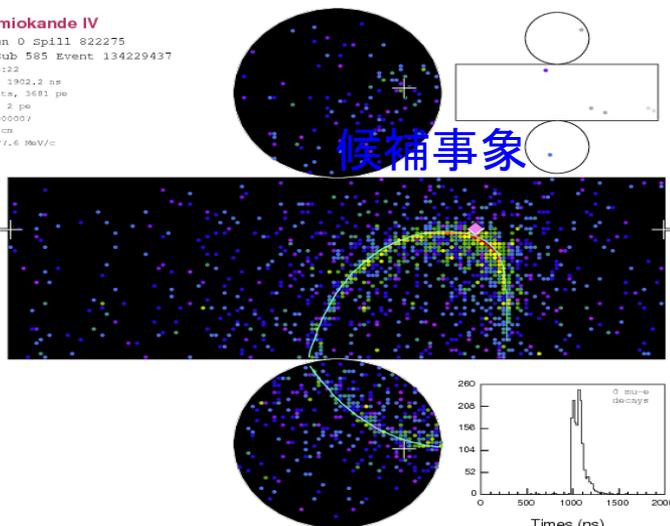
■ 3月11日までのデータも夏のカンファレンスに向け、鋭意解析中。



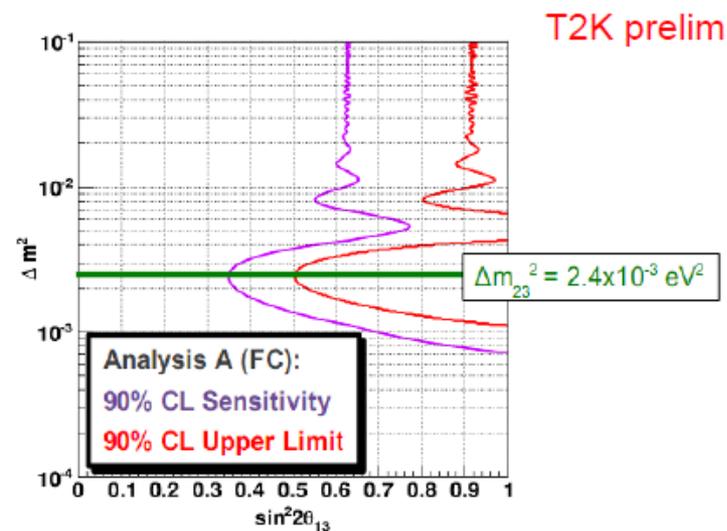
Super-Kamiokande IV
T2K Beam Run 0 Spill 822275
Run 66778 Sub 585 Event 134229437
10-05-1211:03:22
T2K beam dt = 3902.2 ns
Inner: 1680 hits, 3681 pe
Outer: 2 hits, 2 pe
Trigger: 0x80000007
D_wall: 614.4 cm
e-like, p = 377.6 MeV/c

Charge (pe)

- >26.7
- 23.3-26.7
- 20.2-23.3
- 17.3-20.2
- 14.7-17.3
- 12.2-14.7
- 10.0-12.2
- 8.0-10.0
- 6.2-8.0
- 4.7-6.2
- 3.3-4.7
- 2.2-3.3
- 1.3-2.2
- 0.7-1.3
- 0.2-0.7
- < 0.2

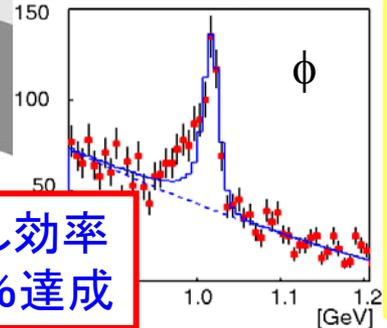
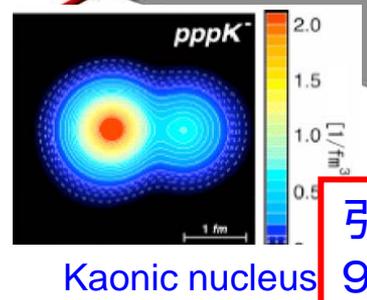
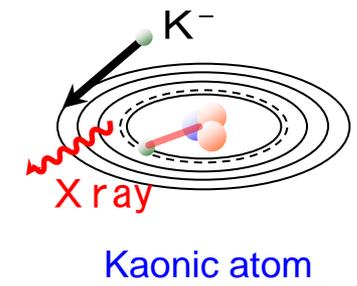
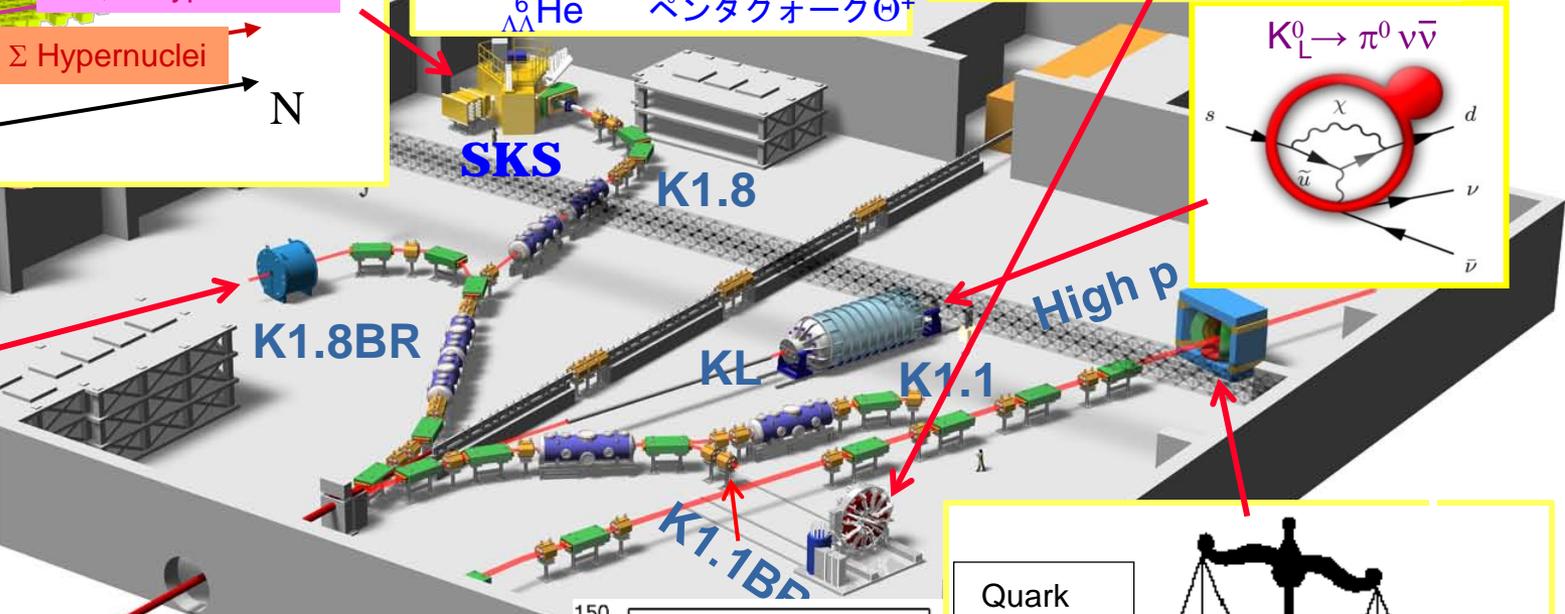
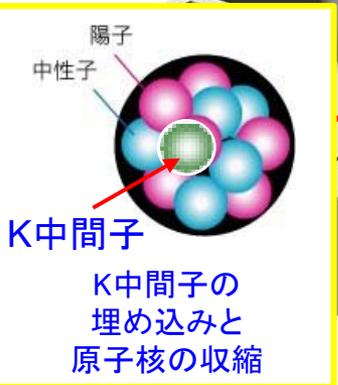
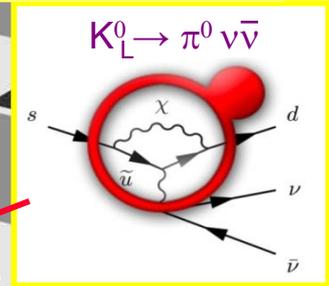
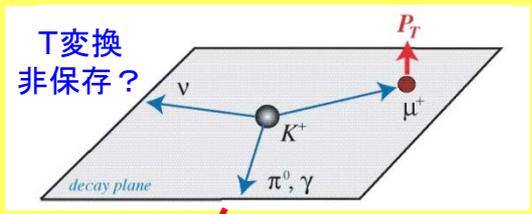
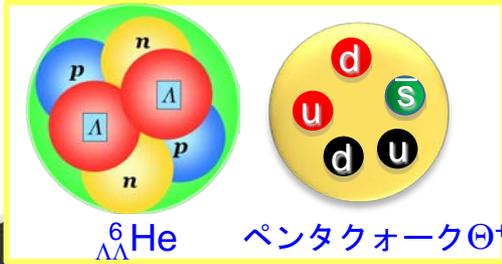
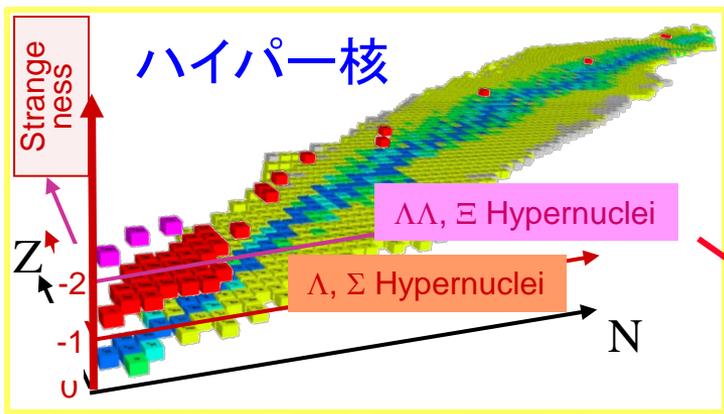


候補事象



まだ4倍ほどのデータがある！

ハドロン実験施設における実験計画



引き出し効率 99.5%達成

Quark

バラバラのクォーク

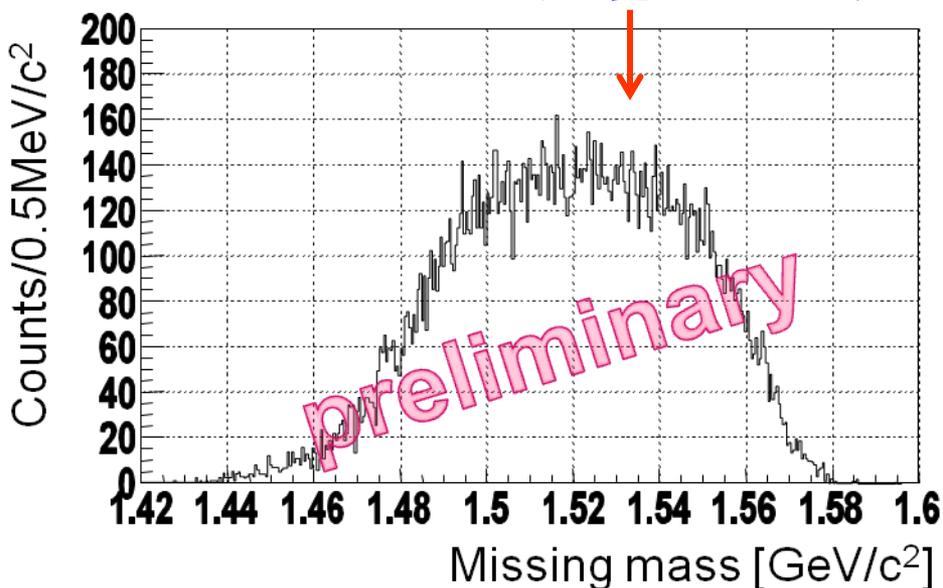
クォークの集合体

なぜ重い方が安定?

Mass without Mass Puzzle

ペンタクォーク探索実験

もしあるとすれば、
この辺りに見つかるはず



sensitivity : 0.3 $\mu\text{b}/\text{sr}$

• efficiency 0.10

• worse than 0.25 (at proposal)

← strict vertex cut & multi-track

• #beam 7.8×10^{10}

• #target $5.3 \times 10^{23} / \text{cm}^2$

• acceptance 0.1sr

• mass resolution 1.5MeV(FWHM)

• better than 2.5MeV (at proposal)

$\sqrt{(1.5/2.5)} / \sqrt{(0.1/0.25)} \sim 1.2$

→ can keep the sensitivity under the current spectrometer performance.

■ これまでのところ、見つかっていない。

■ upper limit with current statistics : 0.3 ~ 0.4 μb (90%C.L.)
(very preliminary) cf. 3.9 μb (KEK-PS E522)

The first CKorJ-PARC and J-PARC Collaboration Meeting

(Aug. 26, 2010
IQBRC Meeting Room)

IQBRC



S.Nagamiya



Je-Geun Park



A.Ando



Kye-Ryung Kim



M.Arai



Y.Miyake



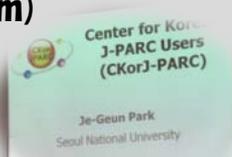
N.Saito



T.Kobayashi



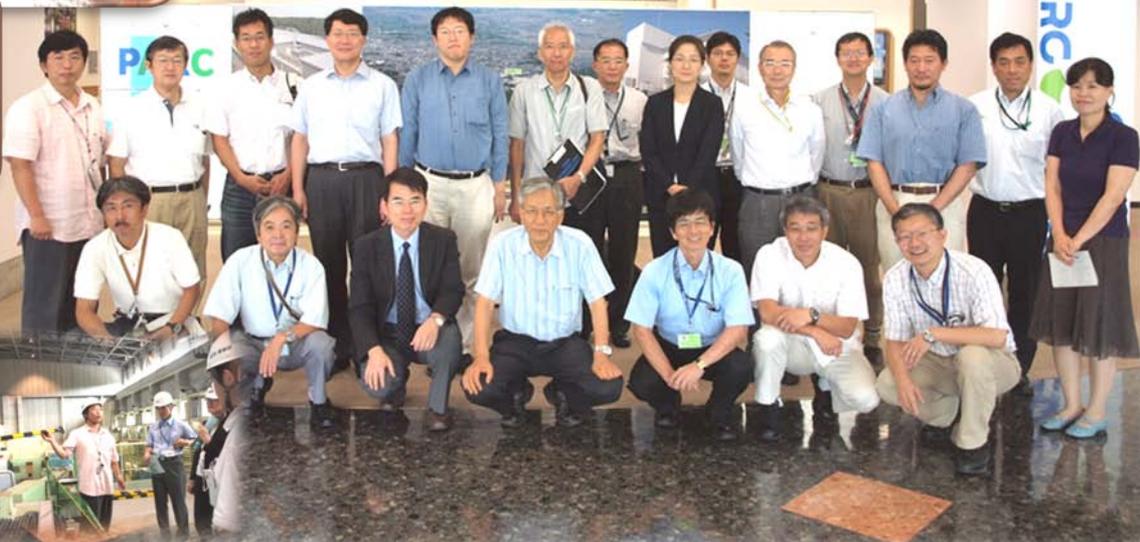
Soo-Bong Kim



Je-Geun Park speech



S.Nagamiya speech





ま と め



■ ユニークな加速器プロジェクト ... 多目的施設

- 世界最大強度の大型陽子加速器 → 多種類の二次・三次粒子 → 多目的施設。
- 広範囲の科学 (物質・生命科学、原子核素粒子科学、原子力工学) → 学際複合施設。
- 2009年度より、全施設での運転開始。

■ 最近の成果

- ビーム出力が200kWに (KEK-PSでは3kW)。400kWテスト運転も順調に。
- 物質生命からは、中性子やミュオンを使った成果が論文発表されつつある。
- ニュートリノも145kWに達し、順調にデータを集積。
- ハドロンホールでは、きれいなK中間子ビームが得られ、最初の実験も開始。
- JAEA：共用促進法の適用

■ 国際社会や産業界への積極的な開放 ... 今後の重点項目

- 中性子、ミュオン、ハドロン、ニュートリノの全領域に亘って、国際化は重要。外国人受け入れ体制の整備に努力中。
- 特に中性子では、産業界への積極的な解放が必要。



震災後の状況



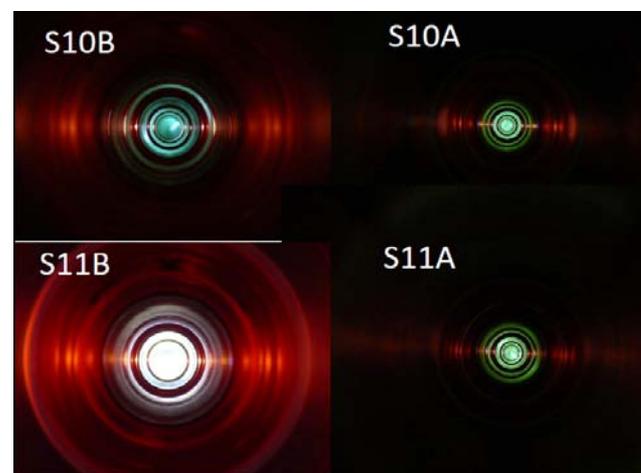
リニアック棟の前でのプレスとの会合。



リニアック棟周りでは、給排水設備配管が多数寸断された。
修復に向けて準備中。



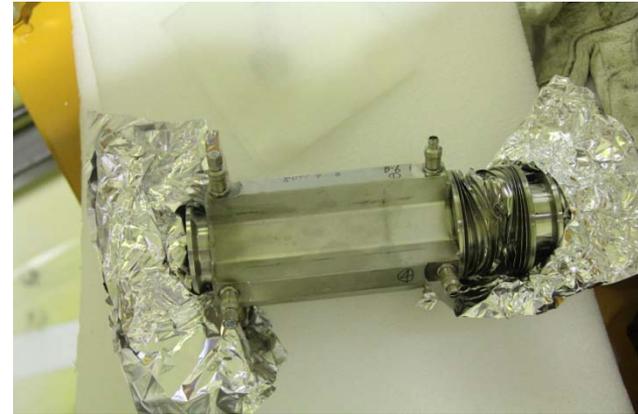
途中で約4cmの沈下がみられる。しかし
ビームモニターの異常の他は、ほぼ正常。
(途中までビームを落とし、磁石で曲げて
持ちあげての調整。来年には真っ直ぐにする)



5月の状況 (リニアック)

モニター関係

- ・多数のCTとBPMが破損、空洞が大気曝露。
- ・モニターを取り外し、単体のリーク試験、ワイヤーの動作試験、ケーブルの確認などを継続。
- ・破損したモニターは、交換するために発注作業を進めている。



Q磁石の中から取り外したBPM（ビーム位置モニター）ベローが変形している。

イオン源本体及びイオン源電源

- ・耐圧試験(50kV)を行い異常がないことを確認。

RF関係(クライストロンなど)

- ・建屋の損傷は大きいですが、目視点検では機器の異常は認められない。
- ・さらに調査を進めるためには、天井クレーン、高圧電源、冷却水などの復旧が必要。
- ・土間床の穿孔による事前調査で、床下部に空間がありそうなことが判明。今後詳細に調査。



レーザーによるクライストロンギャラリーの測定(西側に10mrad程度の傾きがある)



クライストロンギャラリーのクレーンレール(一部脱落)



冷却水コールド機械室(1)入口部屋外陥没部近傍: 試掘して深さ測定(床下に~50cmの空間がありそう)16

脱落しかかっている空調ダクト

3 GeV 付近の道路



道路の波打ち現象。中央部の盛り上がった所の下は
ビームパイプ。その両サイドが陥没している。



3GeVシンクロトン屋外では、周回道路、電源ヤード、
給水ラインなどの修復工事に着手。

5月の状況(RCS【3GeVシンクロトロン】)

建屋工事関係

- ・沈下していた周回道路部の復旧工事開始。



屋外受電ヤード

- ・沈下した受電ヤード配電盤の測量を開始。ジャッキアップの可能性を探る。



5月の状況(RCS-2)

工水復旧工事

5/18



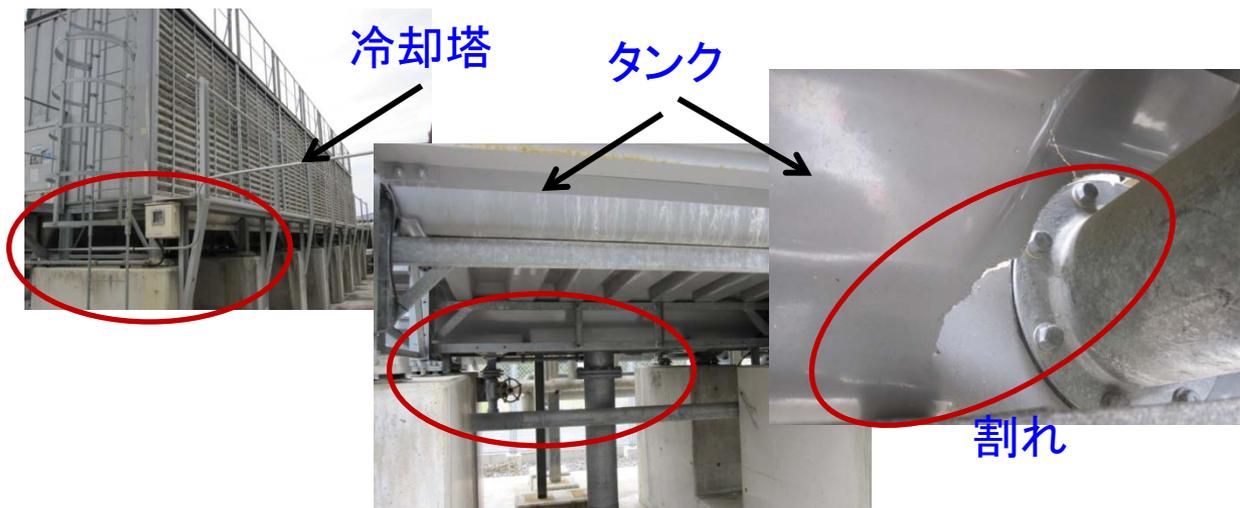
配管のズレ
を応急処置

5/25



屋外冷却塔の点検

・タンクと配管の接続部に大きな破断がある。配管支持具基礎の一部は浮き上がった状態。



3 GeV 主リング



加速器本体は、目視の限り大丈夫。

(3月29日撮影)

50 GeV 加速器本体



外見からだけは損傷は見えない。

50GeVシンクロトロンその後

電磁石の点検

- ・目視点検終了。一部冠水するも大きな損傷無し
- ・主回路端子板の一部にずれ。大きな問題なし



↑ 端子板(通称;羽子板)のずれ

高周波装置の点検

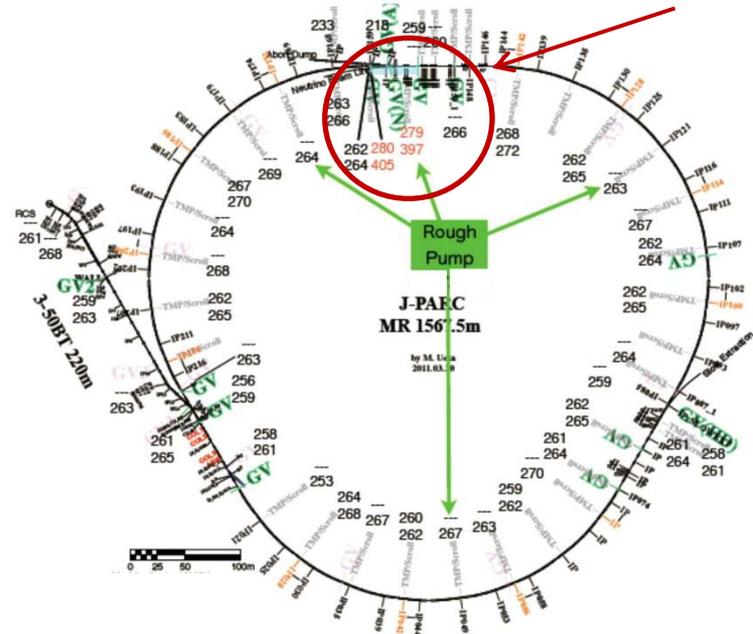
- ・トンネル内湿度は順調に低下し、RF空胴インピーダンスの測定を開始。
- ・RF空胴のインピーダンスが全体的に低下。今後詳細に調査。

電源、冷却水、建家設備関係

- ・トンネル内の水の排水完了、トンネル内換気中。
- ・高圧受電電源設備点検は、担当メーカーと日程を調整中。作業員の手配などが難航。
- ・冷却水などは5月中旬の復旧に向け作業中。

真空機器の点検

- ・速い取り出し部、遅い取り出し部、入射部のセプタム磁石部に微少($\sim 1E-12$)のリーク。
- ・今後イオンポンプなどを稼働させ、調査を継続。
- ・これ以外には大きな真空リークは、なさそう。



モニター類の点検

- ・電磁石全数、BPMモニター全数の点検終了。大きな問題なし。
- ・ロスモニターの約6割の目視点検終了。

加速器全体ビームライン

①リニアック

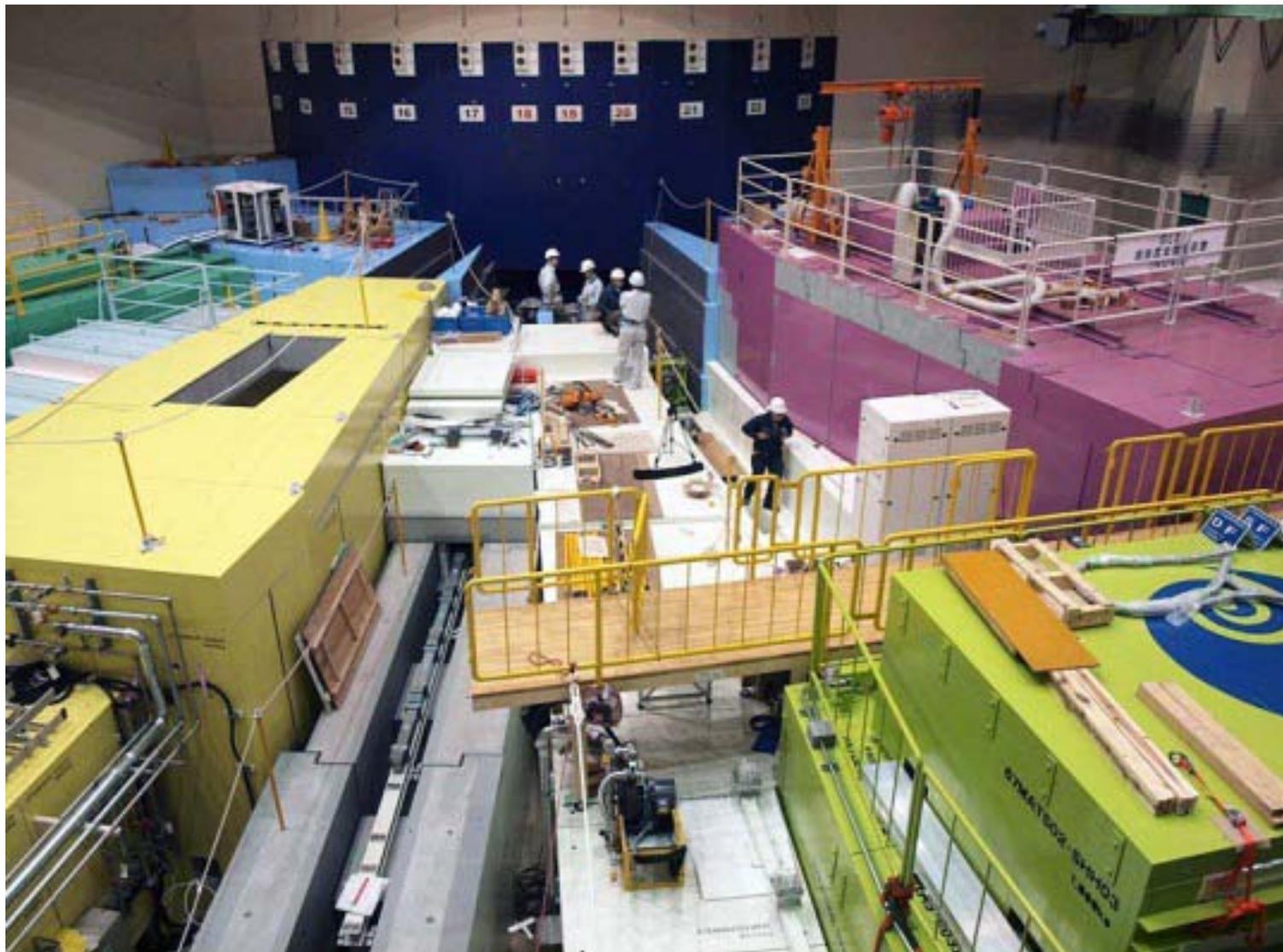
- ・トンネルの変形を調査（長さの測定は今後）。全体が西側（海岸と反対方向）へ傾斜。
- ・中央部の電磁石が西側方向に最大約3mrad傾斜している。
- ・床面も一部で40mmを超える沈下がある。
- ・今後、レーザートラッカーなどを利用して詳細な測量を実施する。

②RCS（3GeVシンクロトロン）

- ・床基準座の傾斜や沈み込みを水準器を用いて計測。
- ・RCS床基準座は全て内周側に傾き、RF直線部で最大0.3mm/mの傾斜が観測された。
- ・出射直線部からRF直線部にかけて沈下傾向にある。

③MR（50GeVシンクロトロン）

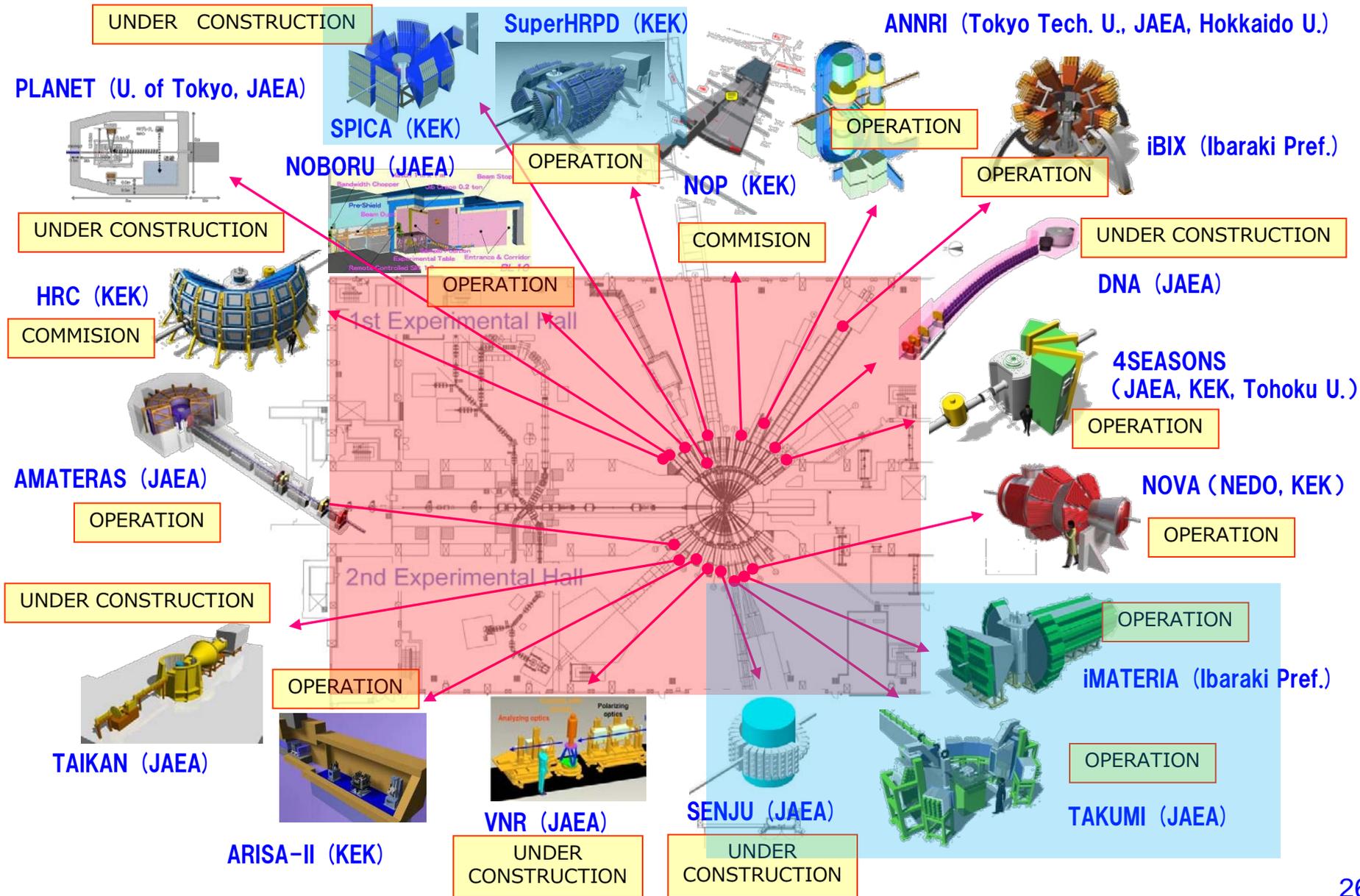
- ・特定点(MAR096)の壁基準座を基準として、相対的な沈下を計測。
- ・リングの内側に向けて沈下しているようである。
- ・床に細い亀裂のあるSDA61とQFX061の間に、0.3mm程度の段差が確認できる。
- ・入射部から下流に行くに従って沈下する傾向。



MLF実験ホールでは、ずれた遮蔽体を一時撤去し、
点検後組み立て直す作業を実施中。

Neutron Instruments at Materials and Life Science Facility

In operation: 10, Beam commissioning: 2, Under construction: 6



MLF 西側増築建屋

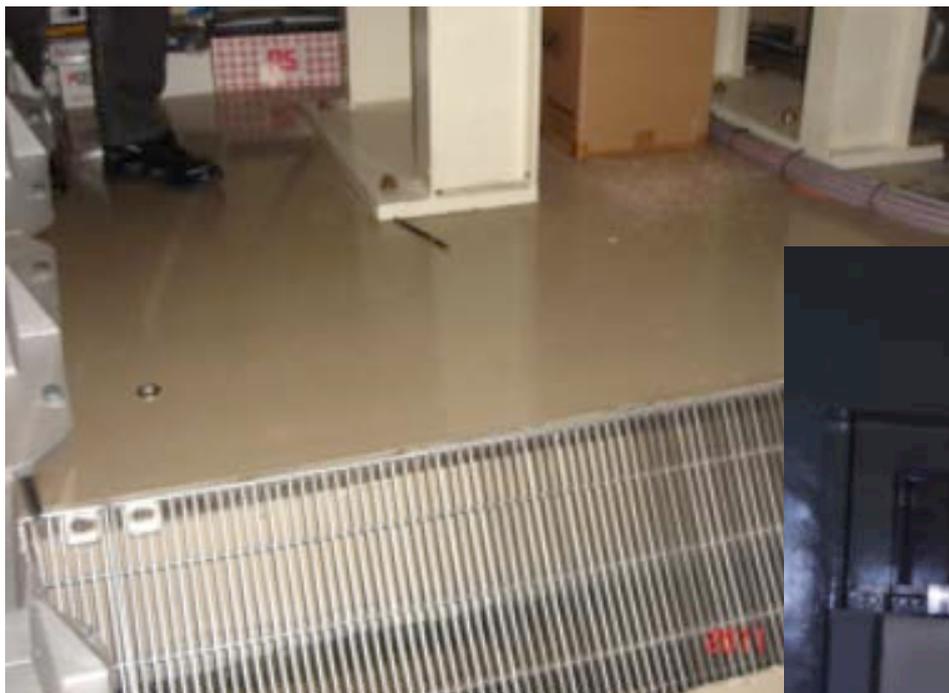


西側増築部分が30cm垂直方向に沈下。BL18, BL19, BL20 の3つのビームラインに大きな損傷。右の図は、元来垂直方向に平行なものが大きくずれている。



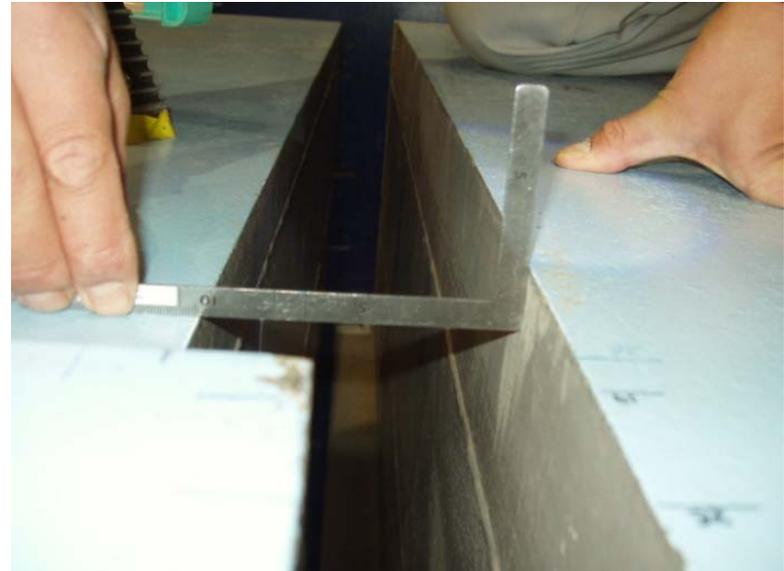
BL18~20中性子ビームラインでは、遮蔽体を移動して
装置の健全性を確認。

MLF 東側増築建屋



東側増築部分も30cm垂直方向に沈下。BL08, BL09 の2つのビームラインに大きな損傷。BL08は蛇行 (右図)。ガイド管のミラーが全部割れた。

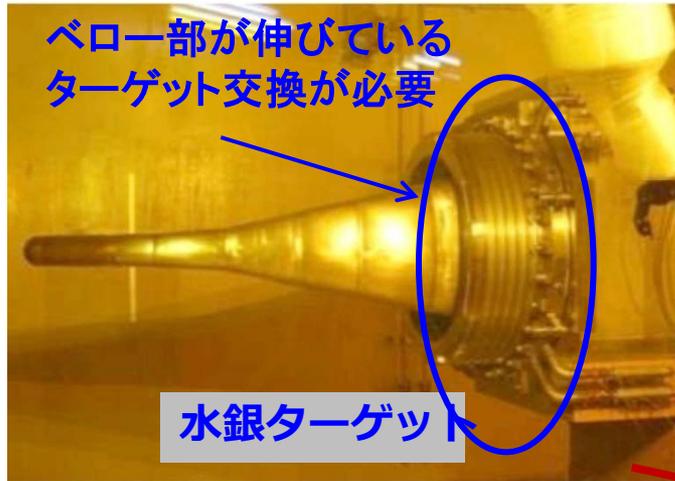
中性子の遮蔽壁



この修正には数千トンの遮蔽体を一旦
外に出してから修復

MLFのその後(1)

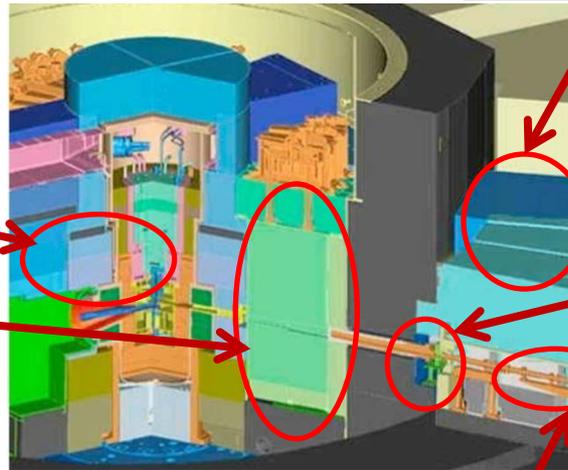
- ・水銀ターゲット台車が振動で約30cm移動。
台車を引き出して調査



中性子源



- ・前置き遮蔽体のズレは、スペーサーなどで、横ズレを防止。



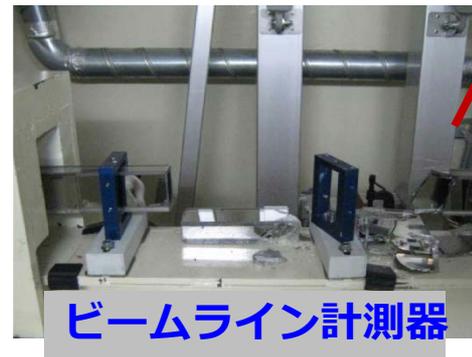
中性子シャッター

- ・ほぼ全数の中性子シャッター一部から真空リーク。
- ・フランジ部のボルトの緩みが原因と思われる。

ミュオン実験施設

- ・遮蔽体を外して真空関係の健全性、真空シールなどを確認。
- ・ケーブルラックの一部に損傷あり。

- ・遮蔽体はズレたが、高速チョッパーなどは健全



- ・一部ビームラインの検出器に被害。それ以外はほぼ健全。

5月の状況(MLF【物質・生命科学実験施設】)

3NBT(RCS-MLF接続ライン)の状況

- ・トンネル内測量を実施。RCS(3GeVシンクロトロン)から見て、MLFは約12mm沈下している。



3 NBTトンネル内での
測量作業の様子

中性子ビームシャッターの確認

- ・シャッター不具合究明のため、シャッターブロックを取り外して確認。
- ・激振動によりフランジねじが緩む、インパクト効果によるものと判明。



シャッターブロックの吊り上げと、大型機器取扱作業室での点検の様子

5月の状況(MLF-2)

実験ホール内前置き遮蔽体の移動作業

- ・ BL20の崩落しかけた前置き遮蔽体を、安全対策を施して無事に撤去。



撤去作業の様子

ミュオンターゲットの確認

- ・ 遮蔽体を撤去して、ミュオンターゲット周囲の健全性を確認。

極低温水素システムの点検

- ・ 膨張タービンなどを点検。総合試験で詳細を確認予定。

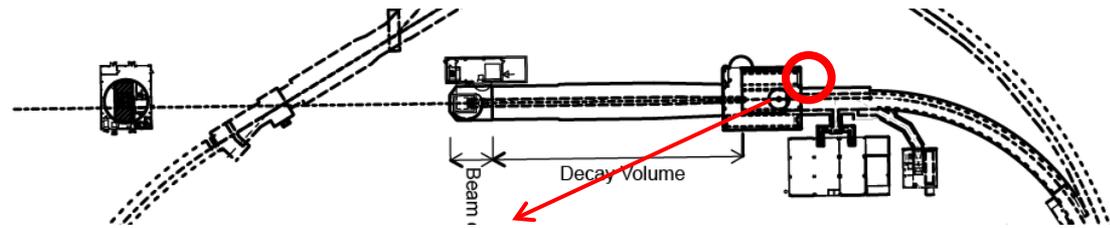


膨張タービンの点検の様子

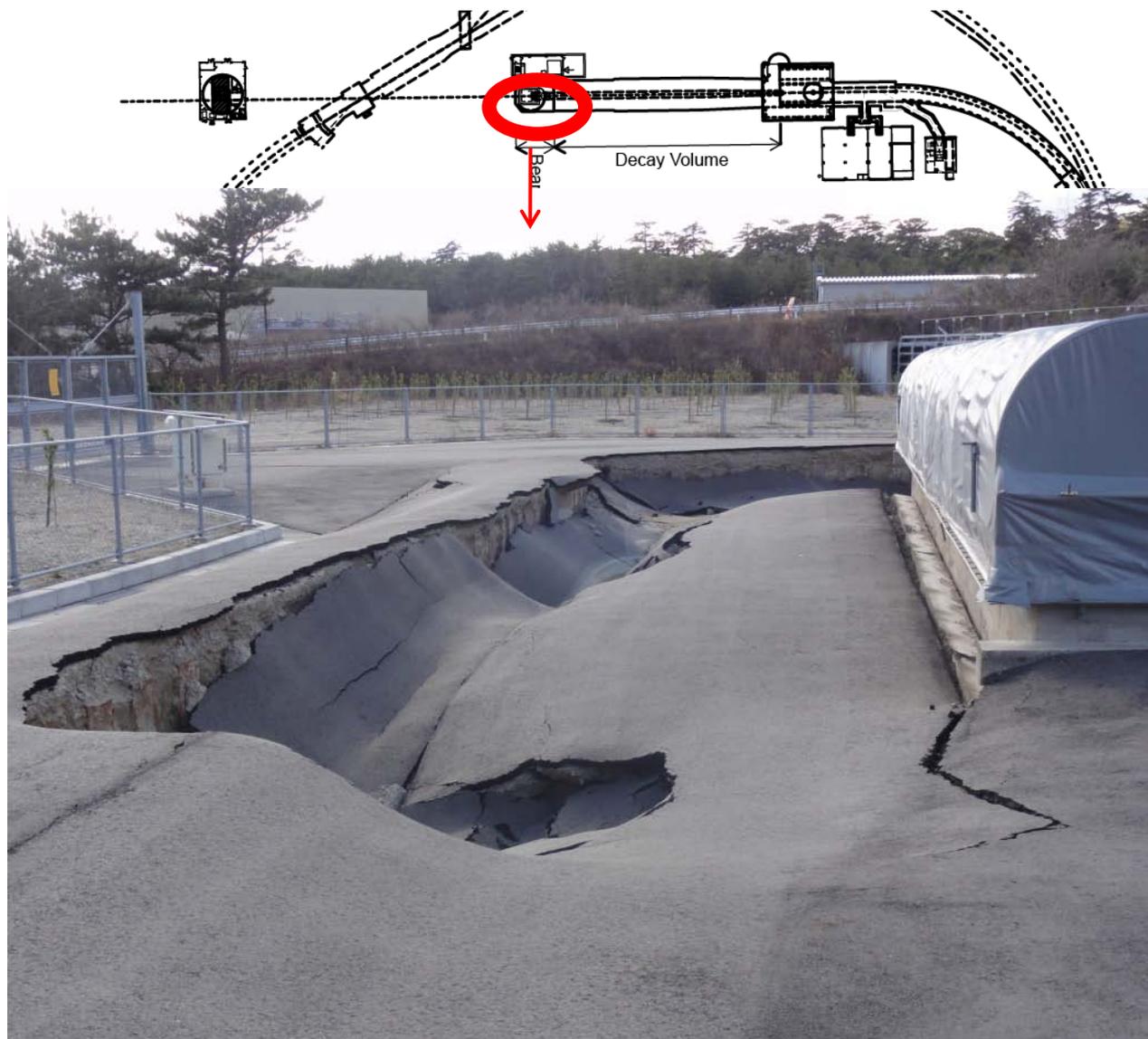


ミュオンターゲット部の点検

ニュートリノ空調室外機



ニュートリノビームダンプ周辺



南側 (ビーム上流から下流を見る)



ニュートリノミュオンモニター棟。震災時に液状化現象で
陥没した個所の修復作業を実施。

5月の状況(ニュートリノ実験施設)

電磁石関係

- ・超伝導磁石、常伝導磁石とも目視点検作業は ほぼ終了。特に大きな問題なし。
- ・常伝導磁石はトンネル接合部で3.5mmの沈下、超伝導磁石は下流に向かって2.5mm沈下。

ターゲットステーション部

- ・ヘリウム容器の気密は健全。
- ・本格的な点検には換気作業が必要。換気準備の真空引きでは大きなリーク無し。
- ・標的と第一電磁ホーンは交換予定。第二、第三電磁ホーンは目視点検。

建家周辺の復旧工事

- ・ビームダンプ周囲などの陥没した部分の補修工事を開始。



前置検出器

- ・エレベーター、天井クレーンはまだ使用不可。
- ・磁石内部の点検は、海外研究者による点検が開始。

ハドロン実験室外周



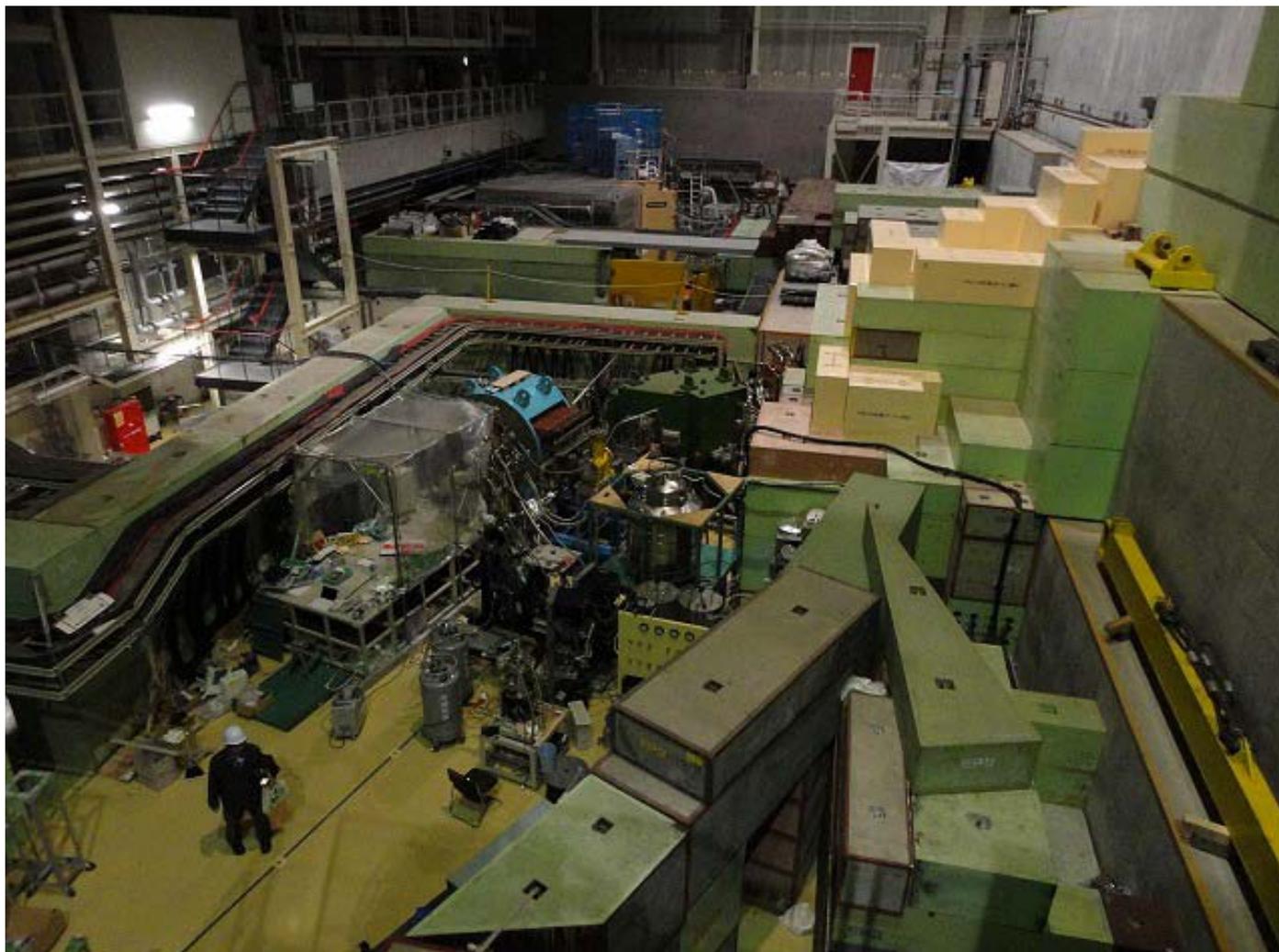
周辺部が約30cm陥没。

ハドロンビームライン



ほぼ正常

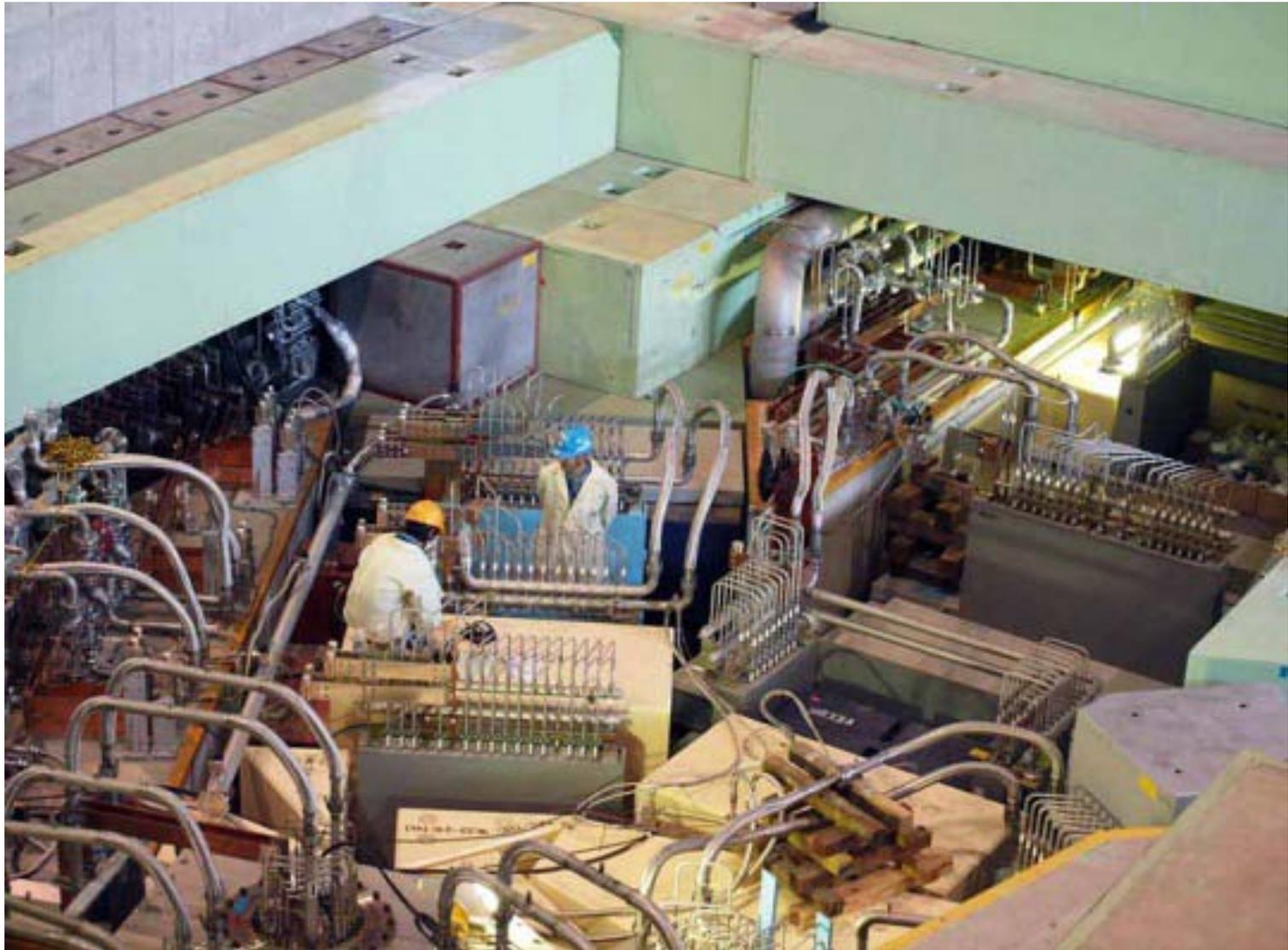
ハドロン実験ホール



ハドロン実験ホールの内部も、多数の杭打ちのお陰で、ほとんど損傷がない。しかし、数千トンの遮蔽体の入れ替えが必要。



ハドロン実験施設では、トレーラー出入り口周辺の陥没修復を実施し、重量物の輸送手段の確保がされた。



ハドロン実験施設のビームライン電磁石、電源配線、冷却水配管などについて、健全性の確認が進められている。ただし、数千トンの遮蔽体のを一旦出すことは必要。

ハドロン実験室のその後

- ・実験ホール建家周辺の陥没大。冷却水配管などが損傷。



← 実験ホール
入り口の陥没。
1m以上の段差。



↑ 宙づりになった配管
配管ベロ一部のゆがみ →



- ・実験ホール機器の目視確認。

- ・機器の目視確認、重大な真空リークなし。



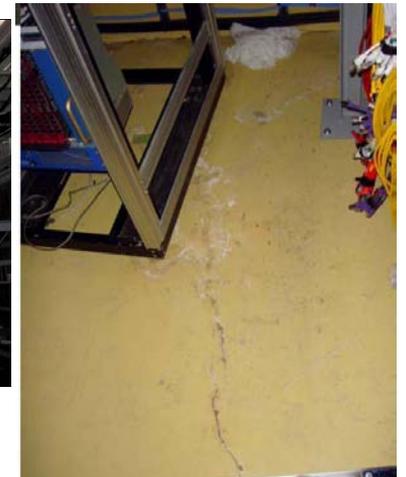
← スイッチヤード
機器は健全。
換気により
湿度も低下。



今後ビームダンプ部を点検 →
マニホールド部は健全



実験ホール遮蔽体のズレ



実験ホール床面にクラック
少量の漏水有り。

二つの大きな作業

全体アライメント作業

- ・J-PARC敷地全体にわたり、
 - ①GPS測量
 - ②基準点水準測量
 - ③レーザートラッカーによる精密測量の順に早急を実施して、夏までに結果をまとめる。
- ・機器のアライメント後は、精密多角測量を実施。



GPS測量

電気と冷却水

- ・電気： 主電源からは、RCSを除いて、ほぼ復旧。(Linac一部は未復旧)
- ・冷却水： 全施設で、未だ復旧していない。これから徐々に復旧。
RCSが大きな問題。



加速器トンネルを乗越える道路。一部陥没したが大型トレーラーなどの通行に支障が生じないように最優先で復旧させた。

J-PARC各施設 5月の状況

リニアック

- ・建物の被災状況調査。クレーンなどの被害が大きい。
- ・加速空洞などトンネル内機器の点検や測量を継続中。



リニアック加速器トンネル
天井クレーンレールの点検

RCS(3GeVシンクロトロン)

- ・建家周囲の道路などの復旧工事が開始された。
- ・電源設備が一部復旧、トンネル内機器の点検や測量を継続中。

MR(50GeVシンクロトロン)

- ・冷却水設備や空調関係設備が復旧。大型車両が通行可能なように道路を補修。
- ・加速空洞やモニターなどの点検や測量を継続中。

MLF(物質・生命科学実験施設)

- ・遮蔽体の撤去、内部機器の点検作業などを継続中。
- ・実験ホール内の測量などを実施。

ニュートリノ実験施設

- ・建屋周辺の陥没の復旧工事を実施。
- ・通水試験、真空リーク試験などを実施中。

ハドロン実験施設

- ・建屋周辺の陥没の復旧工事を実施。冷却水施設も復旧。
- ・遮蔽体の撤去、内部機器の確認、実験ホール内の測量などを実施中。



道路や建家周辺の工事。
大型車両通行に支障ない
ように復旧



J-PARC復旧計画について

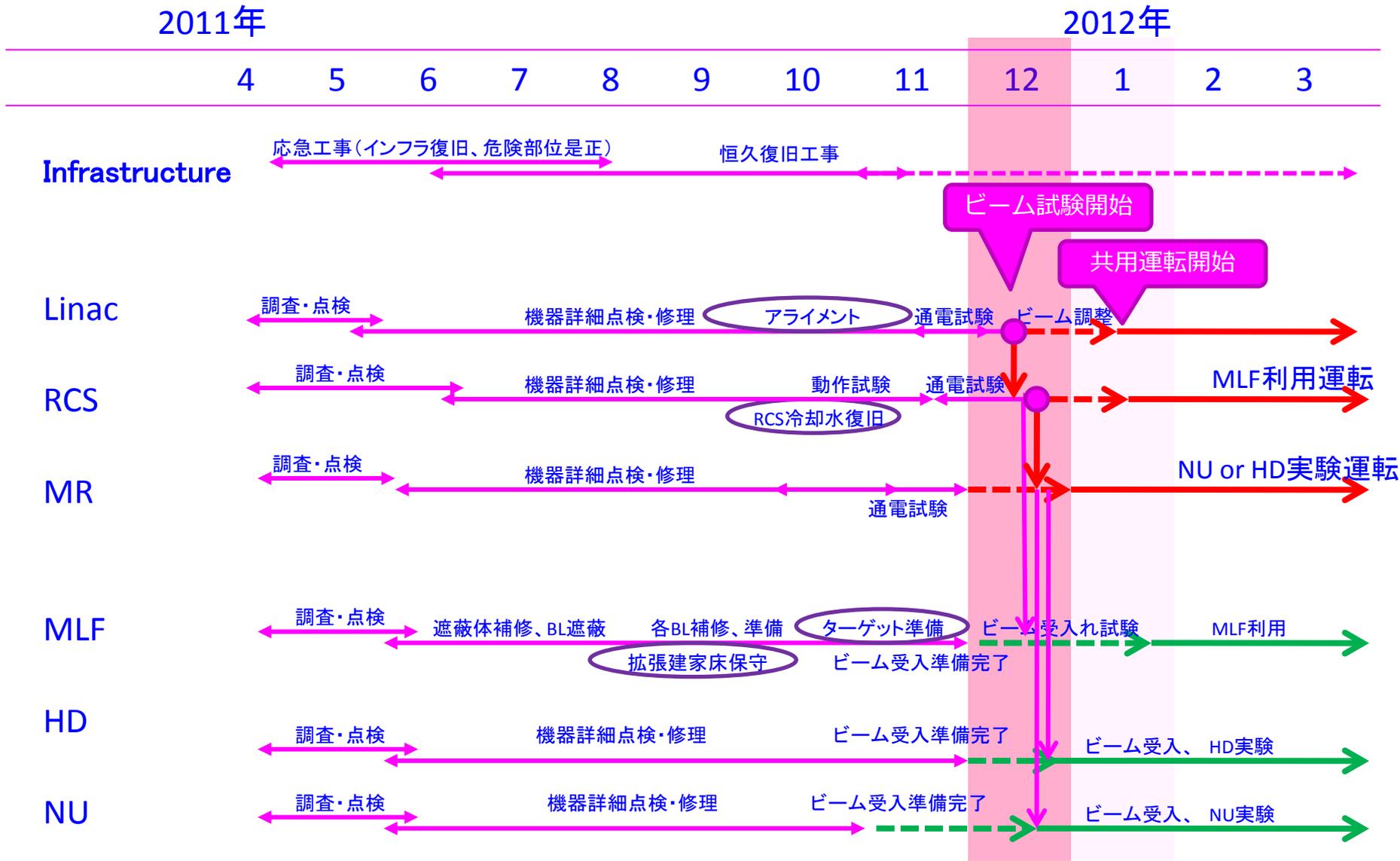
J-PARCセンター

- 3月11日の震災により被災し停止しているJ-PARC施設を復旧し、ユーザーへのビーム提供を可能な限り速やかに再開することを目標を掲げ、復旧計画の策定を進めてきた。
- 3月24日に復旧計画策定方針を確認、4月8日までに第1次調査集約、4月末にJ-PARCセンターとしての復旧計画案をまとめた。5月中旬に公開を目標とした。
- その結果、本年12月からのビーム調整運転再開、年度内に2サイクル以上の共用運転時間の確保を基本とするスケジュールに集約。

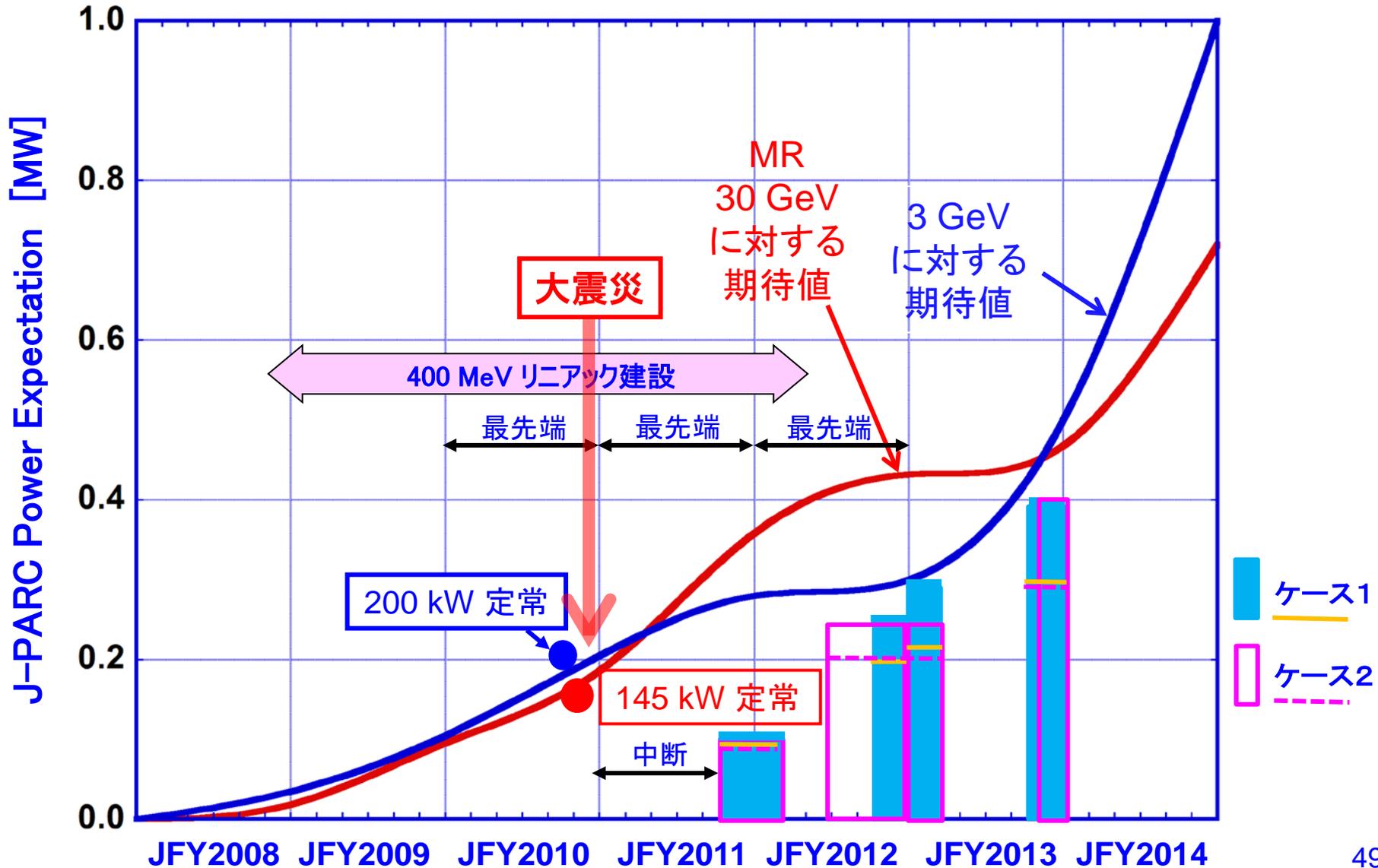
別紙参照

- 計画は、当然、施設・機器の修復に必要な予算が適宜執行可能で、震災対策の1次、2次補正予算が遅滞なく、手当てされることを前提とした。
- 加速器上流部のリニアック、RCSの施設インフラ（電気、水、建家）に損傷が激しく、JAEA建設部が主導している9件の緊急契約で行う応急インフラ回復の進捗が全体復旧スケジュールに整合することが必須の条件。

J-PARC復旧スケジュール (@2011.5.20)



加速器出力の増強への影響





まとめ

- 津波の影響はなかった
 - 8メートルまで津波の予防をしてあった.
- 主たる建物はほとんど大丈夫
 - 多くの杭打ちのお陰.
- しかし、ユーティリティ建屋、道路、増築建屋は大きな被害
- いつ回復？
 - 今年の末までの運転再開に向けて努力.
 - 今年度中には2サイクル運転を企画.
- ハドロングループへ
 - これから数年間、こういった計画で進めたいと思っているか、議論を進めて欲しい (高運動量, $K=1.1$, その他).
 - 来年度に、これまでの成果と今後の計画に対する評価.