



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

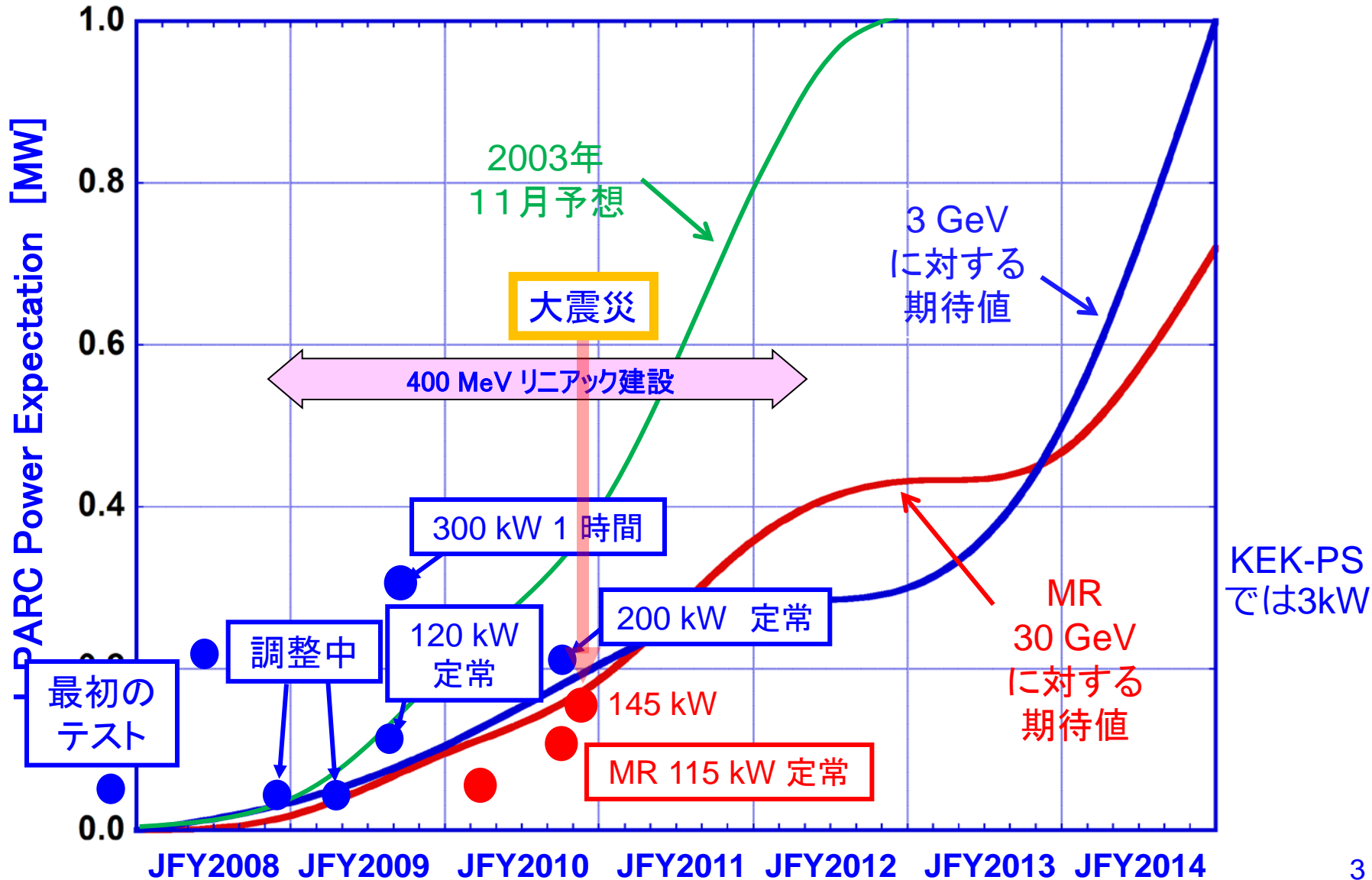
J-PARC センター

日本原子力研究開発機構  
高エネルギー加速器研究機構



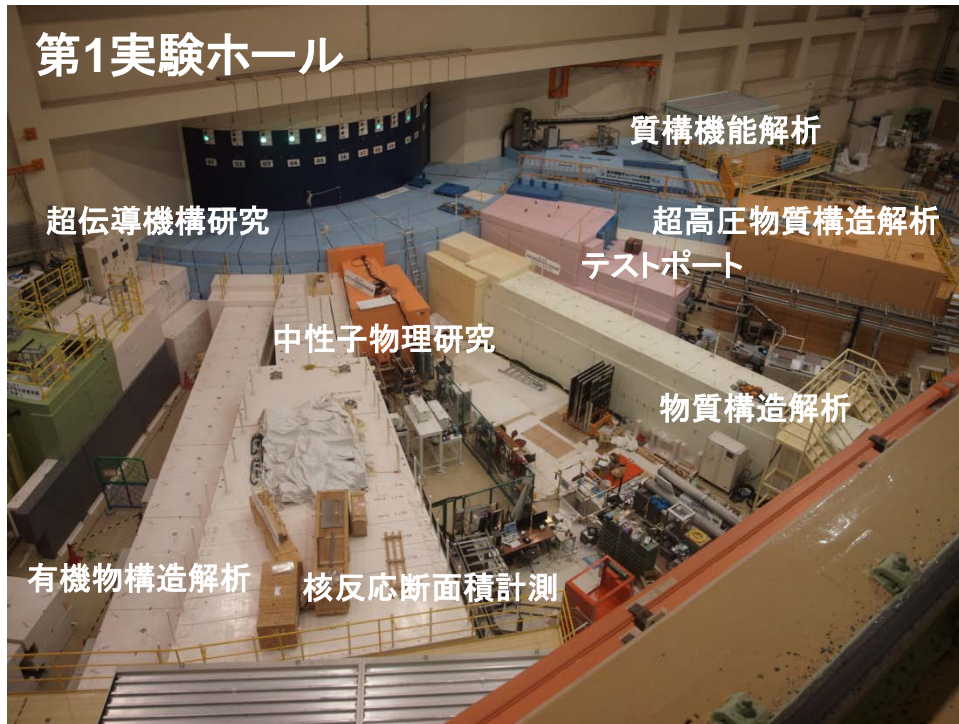
# 震災前の状況

# 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。



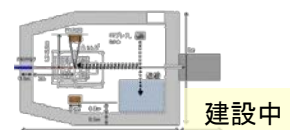
# 特定中性子施設 実験装置一覧



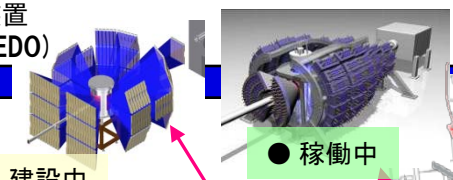
特殊環境下回折装置  
計画中 (KEK,京大,NEDO)

中性子核反応測定装置

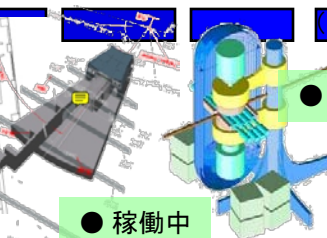
(東工大, JAEA, 北大)



超高压高温物質科学ステーション (東大, JAEA)



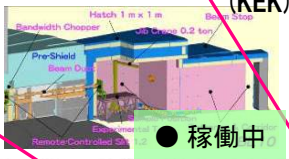
超高分解能粉末回折装置 (KEK)



中性子光学基礎物理実験装置 (KEK)



茨城県生命物質構造解析装置 (茨城県)



中性子源特性試験装置 (JAEA)

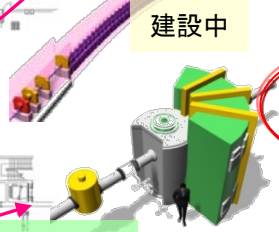
ダイナミクス解析装置 (JAEA: 共用)

4次元空間中性子探査装置 (JAEA, KEK, 東北大)

●稼働中

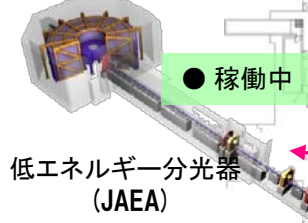


高分解能型チョッパー分光器 (KEK)



●稼働中

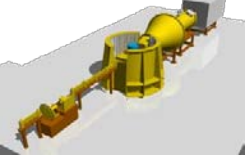
高強度汎用全散乱装置 (NEDO, KEK)



低エネルギー分光器 (JAEA)

●稼働中

建設中



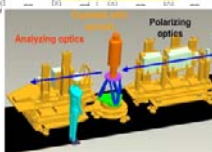
ナノ構造解析装置 (JAEA: 共用)

●稼働中



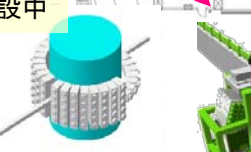
高性能試料水平型反射率計 (KEK)

建設中



階層構造解析装置 (JAEA: 共用)

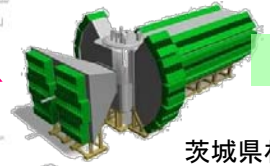
建設中



物質構造解析装置 (JAEA: 共用)

新材料解析装置 (JAEA)

●稼働中



茨城県材料構造解析装置 (茨城県)

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)

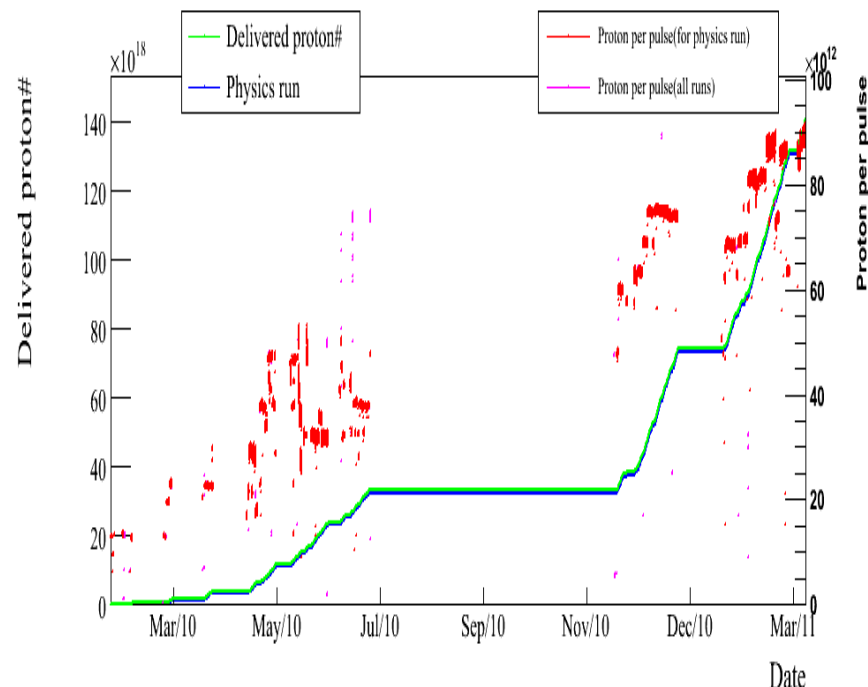
第1と第3のニュートリノ  
混合角を世界で初めて測定

# 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 :  $0.30 \pm 0.07$
  - 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

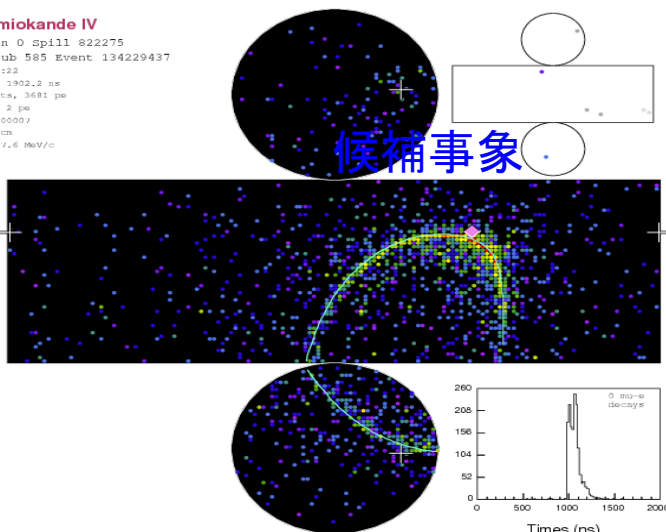
## ■ 3月11日までのデータも夏のカンファレンスに向け、鋭意解析中。



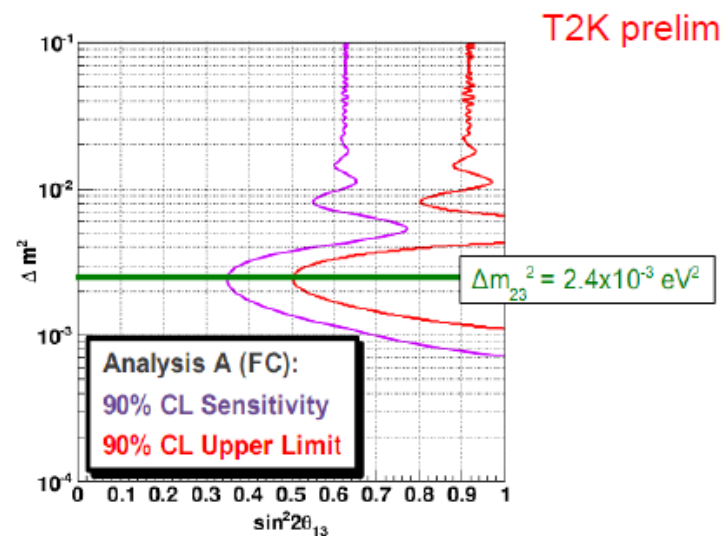
Super-Kamiokande IV  
T2K Beam Run 0 Spill 822275  
Run 66778 Sub 585 Event 134229437  
10-05-1211:03:22  
T2K beam dt = 3902.2 ns  
Inner: 1680 hits, 3681 pe  
Outer: 2 hits, 2 pe  
Trigger: 0x80000007  
D\_wall: 614.4 cm  
e-like, p = 377.6 MeV/c

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

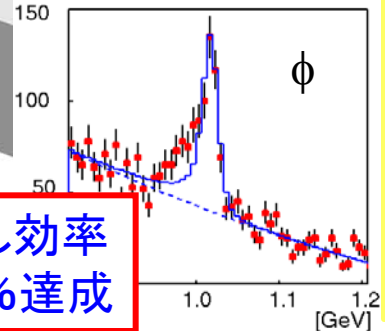
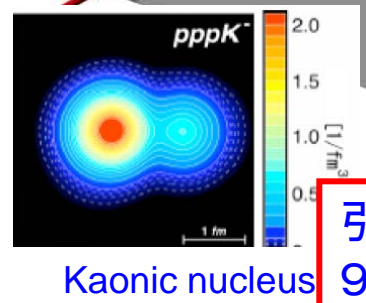
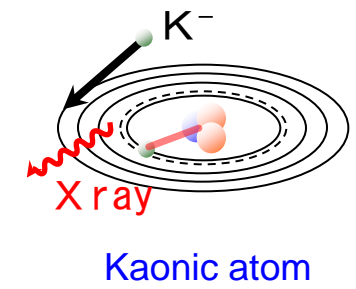
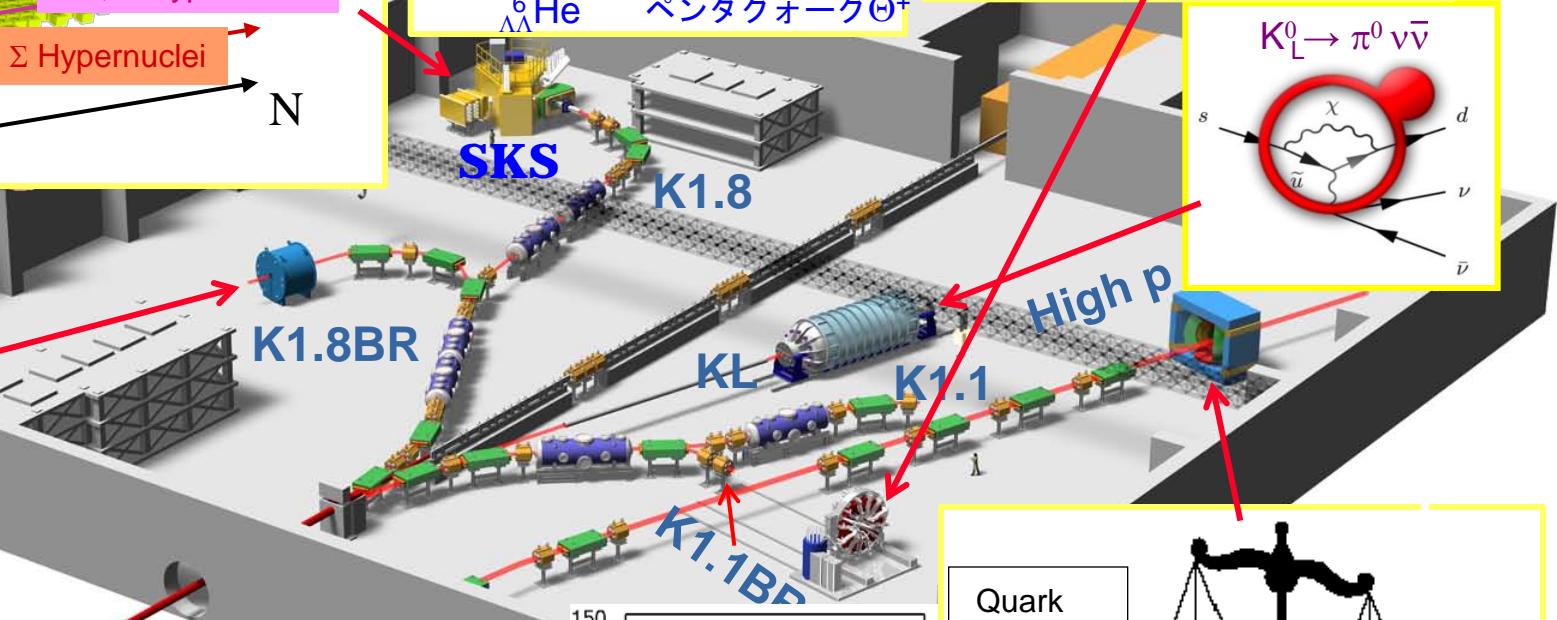
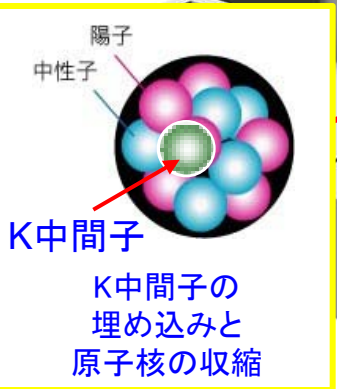
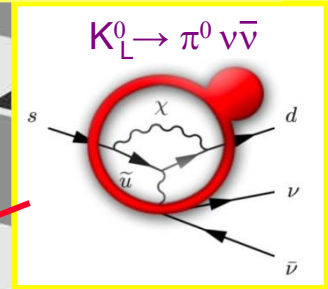
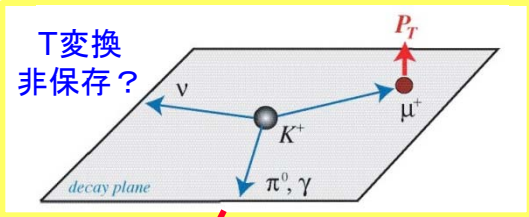
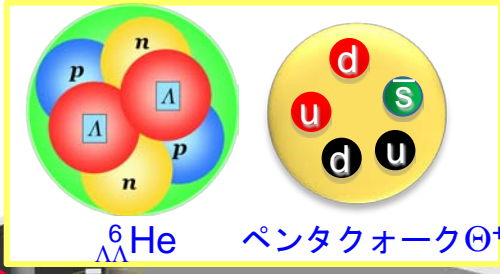
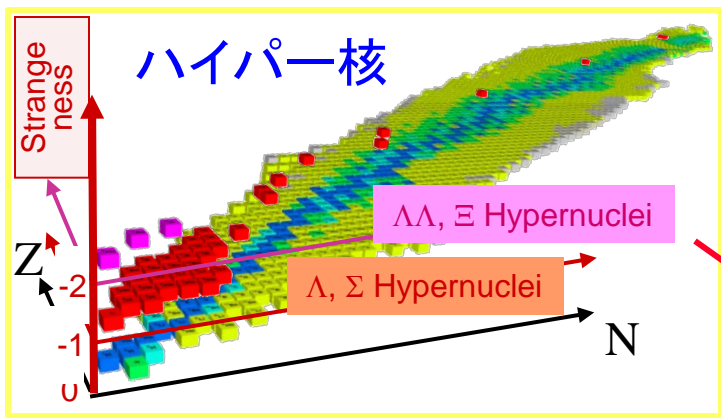


候補事象



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

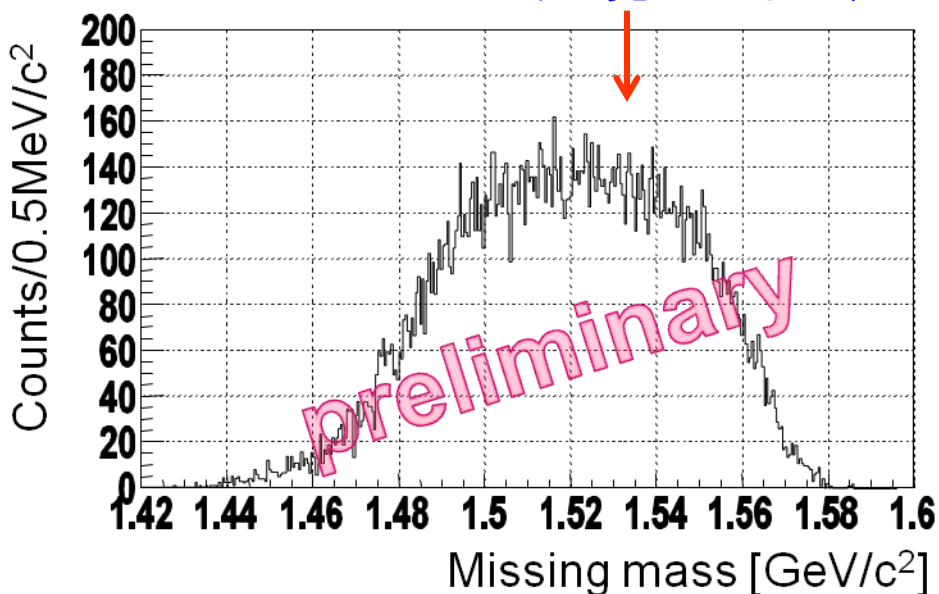
バラバラのクォーク      クォークの集合体

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  $7.8 \times 10^{10}$

• #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  $\mu\text{b}$  (90%C.L.)  
(very preliminary) cf. 3.9  $\mu\text{b}$  (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**



**Je-Geun Park speech**



**S.Nagamiya speech**



**Y.Miyake**



**N.Saito**



**T.Kobayashi**



**Soo-Bong Kim**



# 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



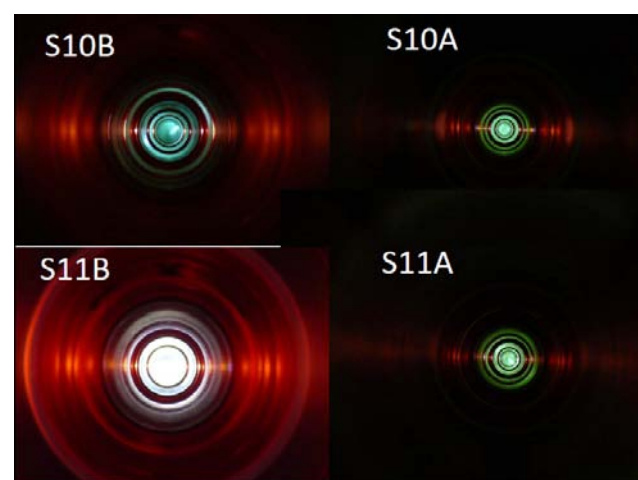
リニアック棟の前でのプレスとの会合。



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。



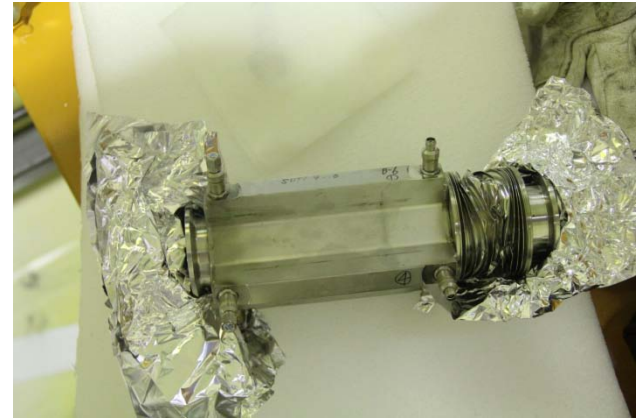
途中で約4cmの沈下がみられる。しかし  
ビームモニターの異常の他は、ほぼ正常。  
(途中までビームを落とし、磁石で曲げて  
持ちあげての調整。来年には真っ直ぐにする)



# 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)

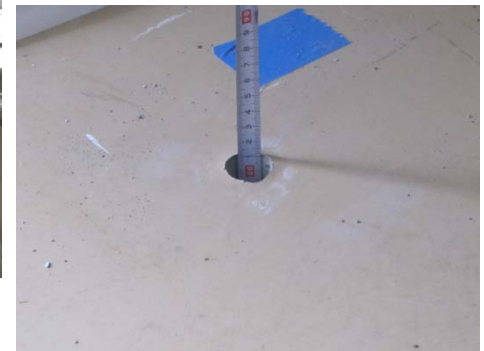
- ・建屋の損傷は大きいですが、目視点検では機器の異常は認められない。
- ・さらに調査を進めるためには、天井クレーン、高圧電源、冷却水などの復旧が必要。
- ・土間床の穿孔による事前調査で、床下部に空間がありそうなことが判明。今後詳細に調査。



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



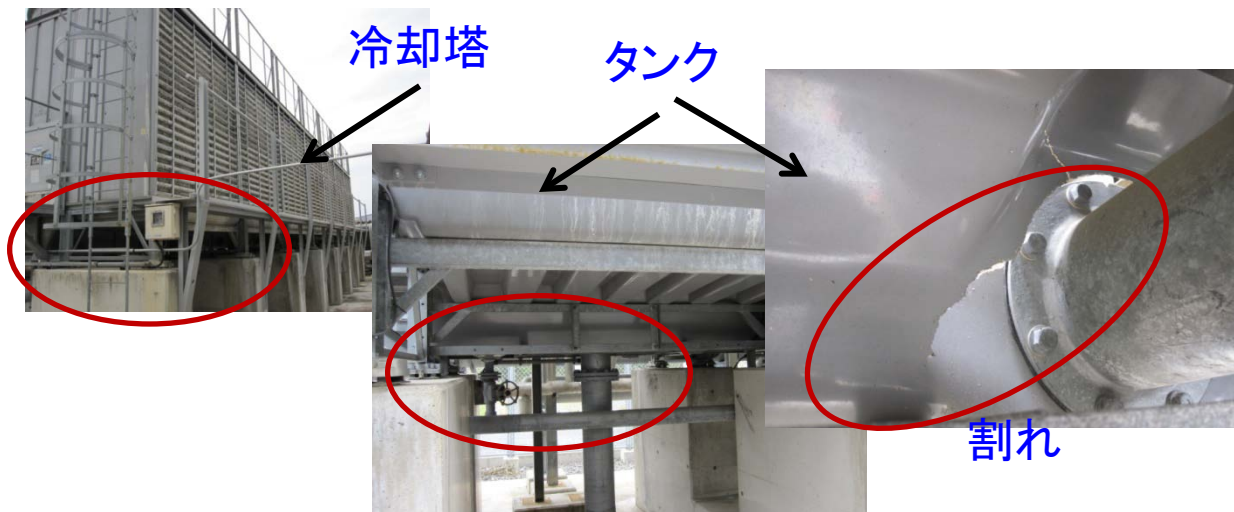
配管のズレ  
を応急処置

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

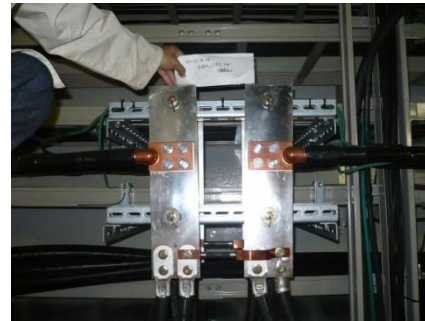


外見からだけは損傷は見えない。

# 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

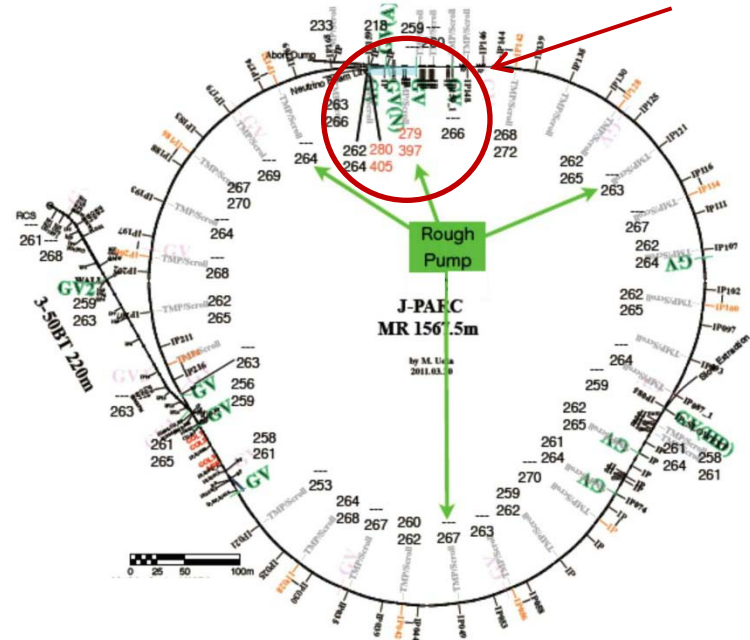
- ・トンネル内湿度は順調に低下し、RF空胴インピーダンスの測定を開始。
- ・RF空胴のインピーダンスが全体的に低下。今後詳細に調査。

## 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。

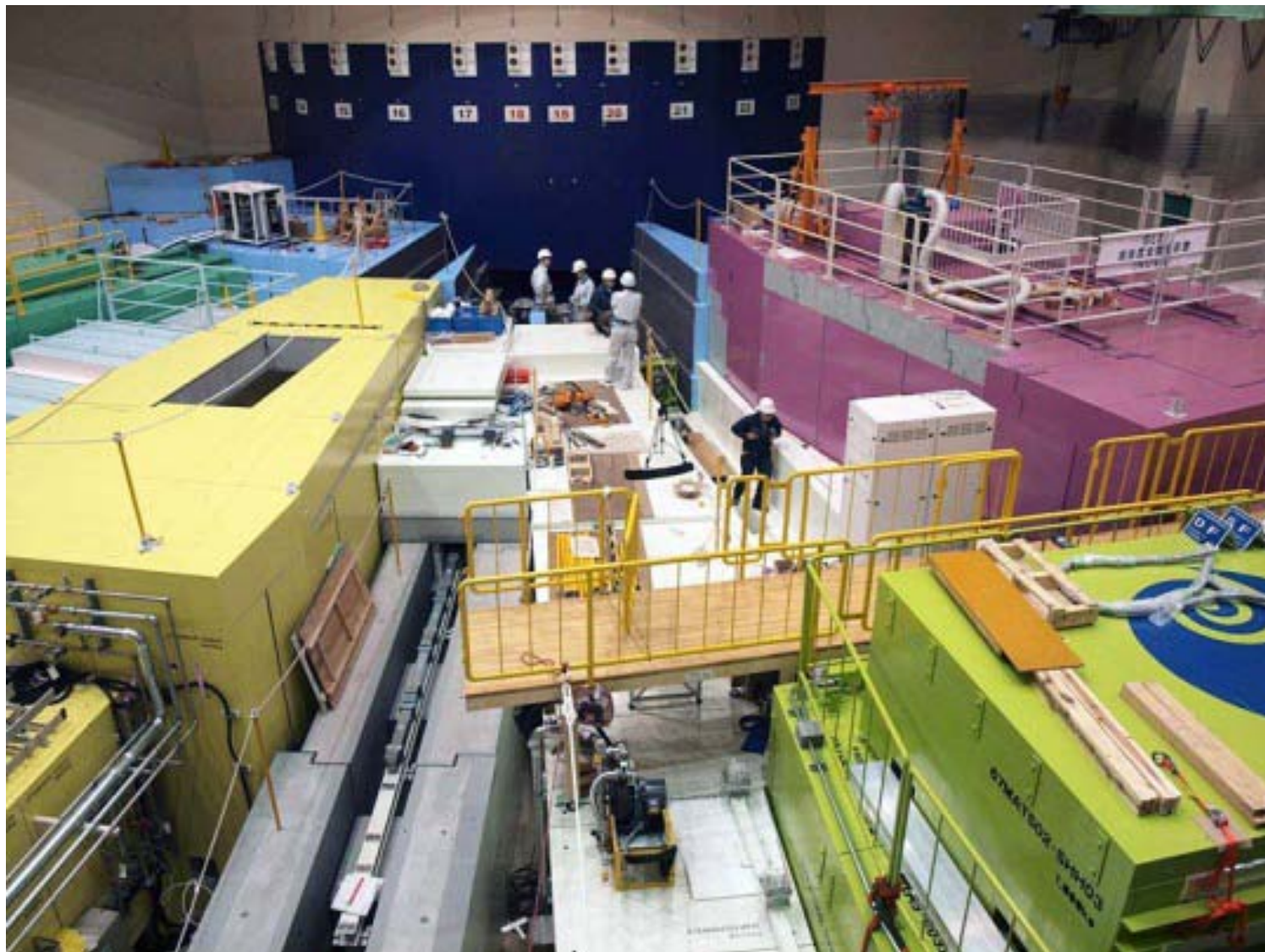
## ②RCS（3GeVシンクロトロン）

- ・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。

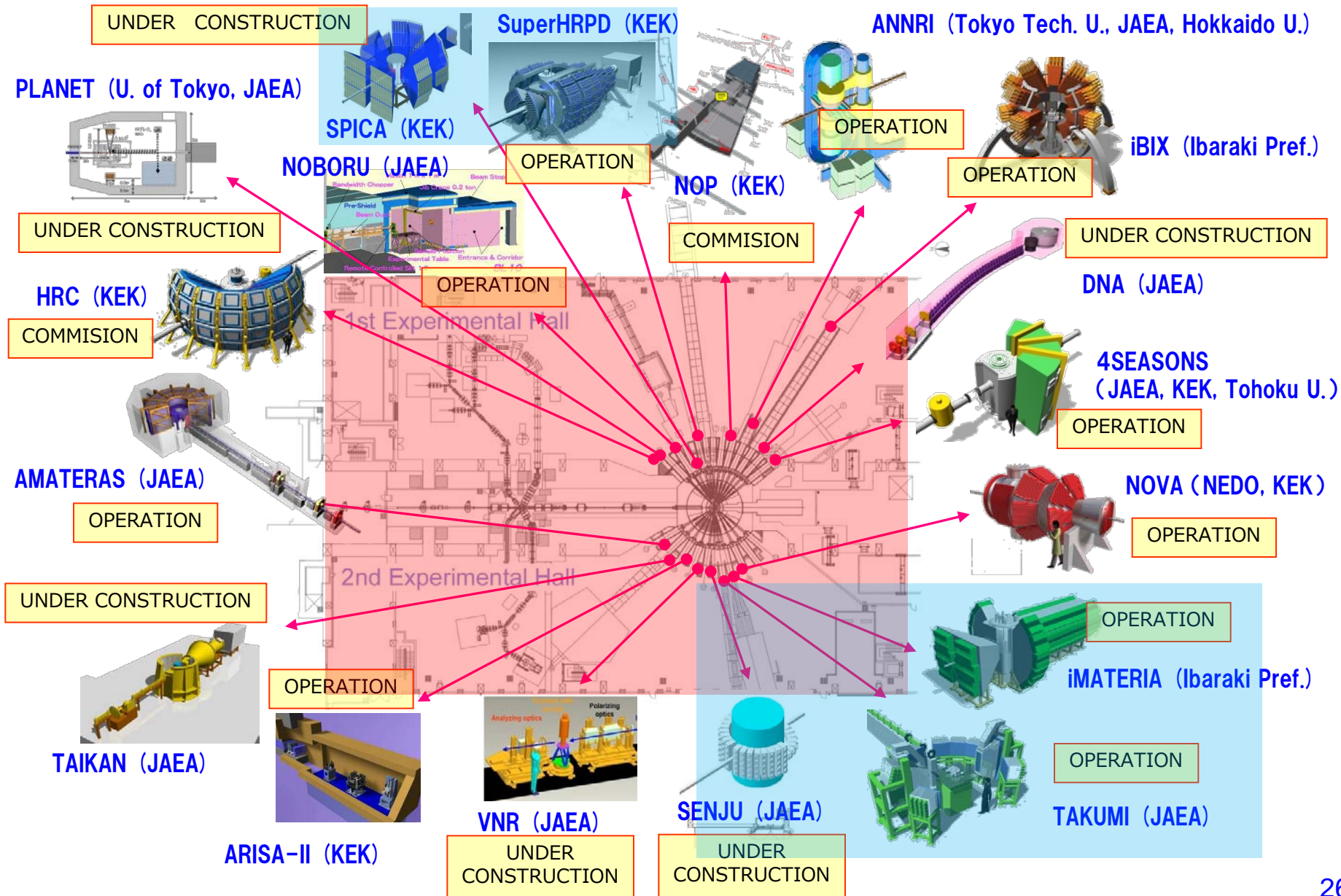




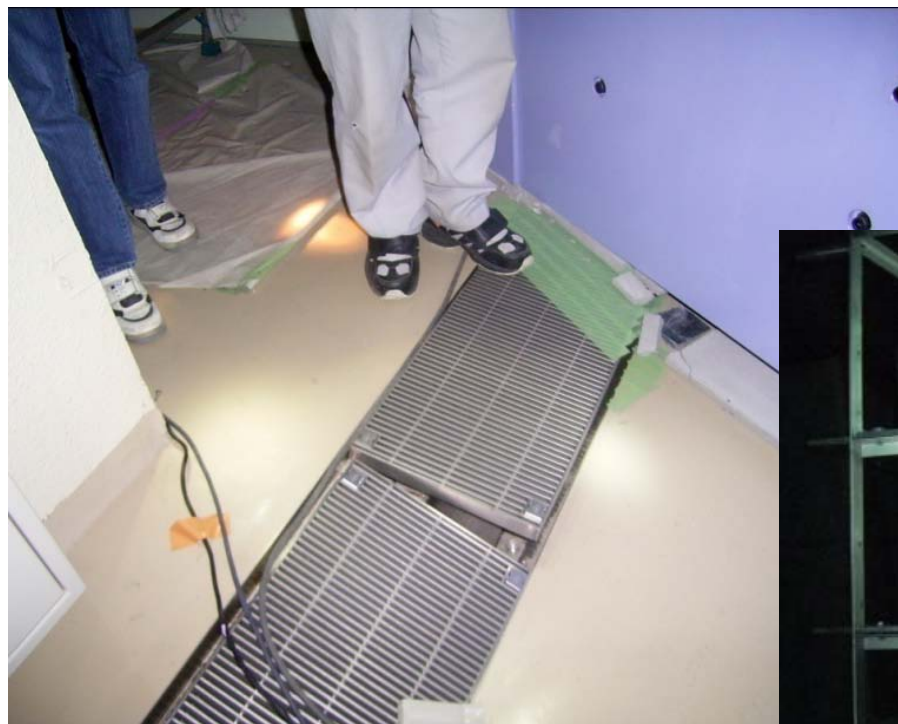
MLF実験ホールでは、ずれた遮蔽体を一時撤去し、  
点検後組み立て直す作業を実施中。

# 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。



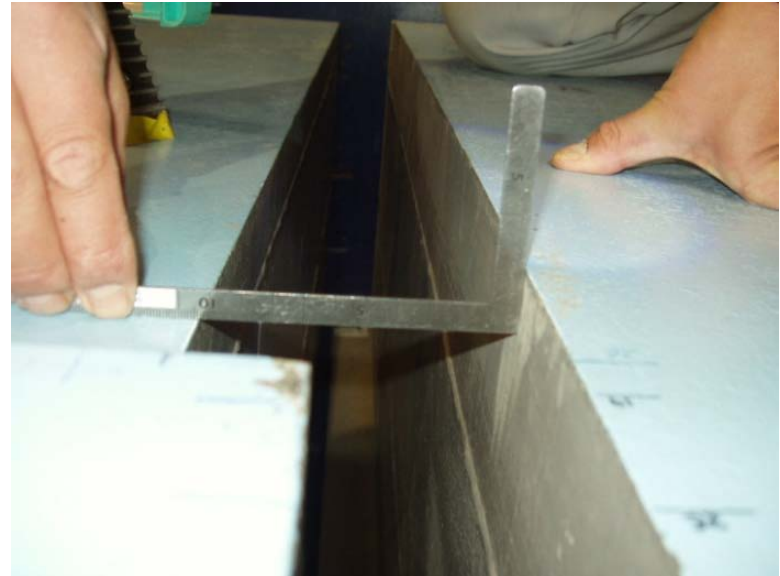
BL18~20中性子ビームラインでは、遮蔽体を移動して  
装置の健全性を確認。

# 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。

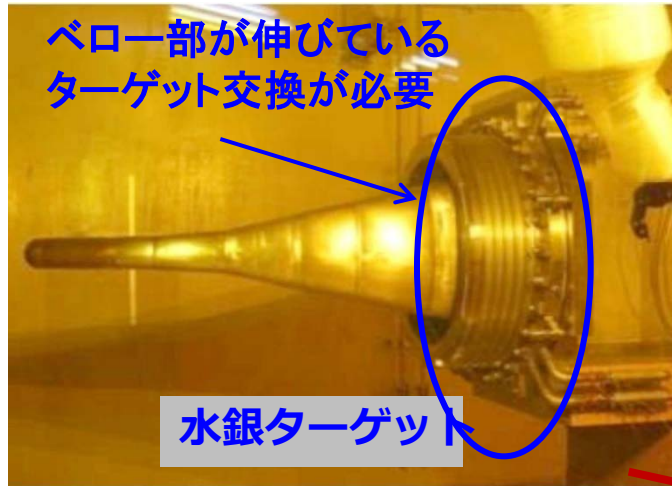
# 中性子の遮蔽壁



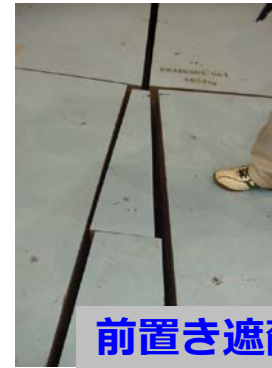
この修正には数千トンの遮蔽体を一旦  
外に出してから修復

# MLFのその後(1)

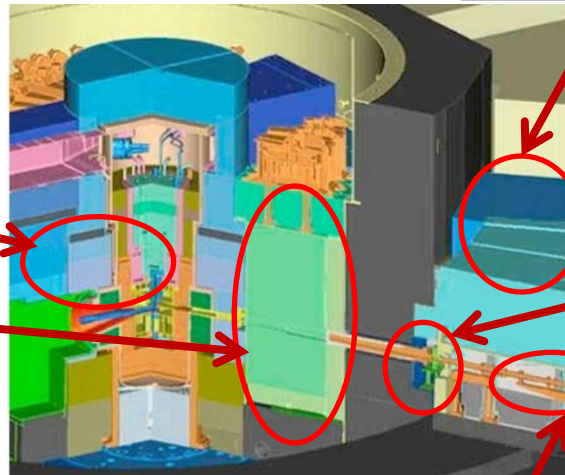
- ・水銀ターゲット台車が振動で約30cm移動。  
台車を引き出して調査



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。



- ・遮蔽体はズレたが、高速チョッパーなどは健全

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。



- ・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。



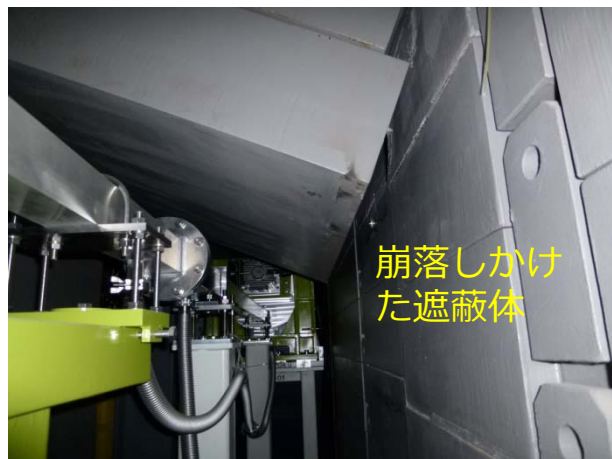
シャッターブロックの吊り上げと、大型  
機器取扱作業室での  
点検の様子



# 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。

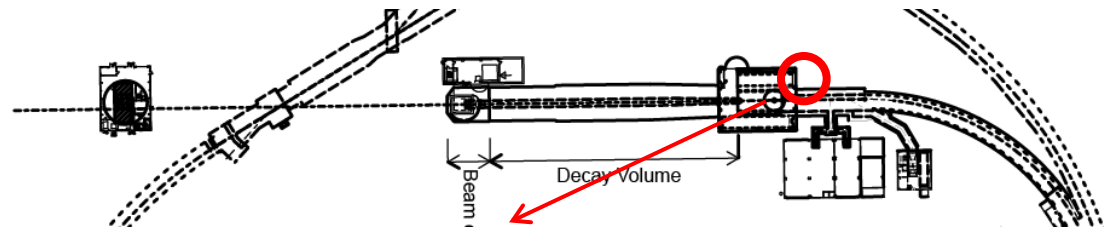


膨張タービンの点検の様子

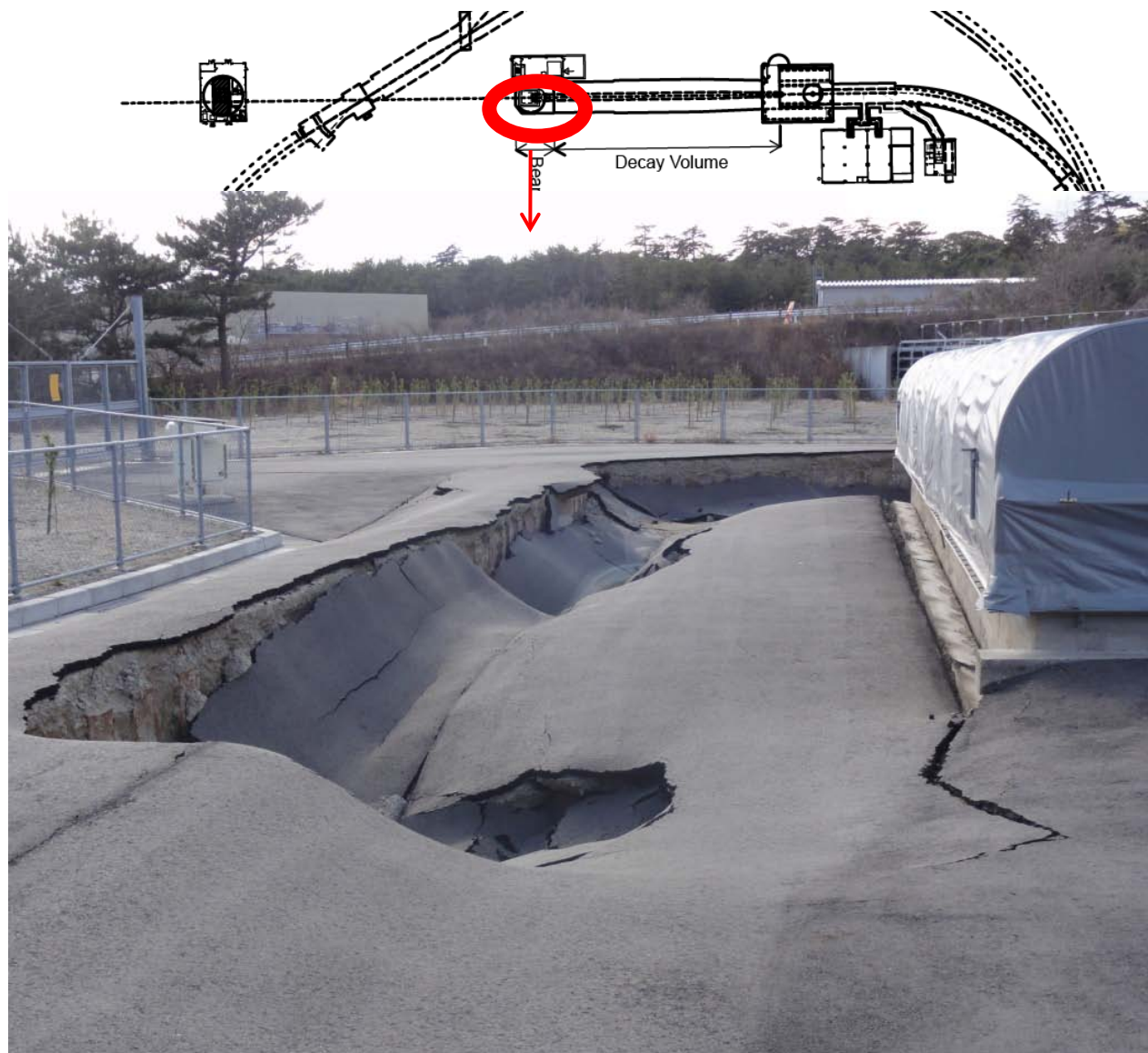


ミュオンターゲット部の点検

# 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



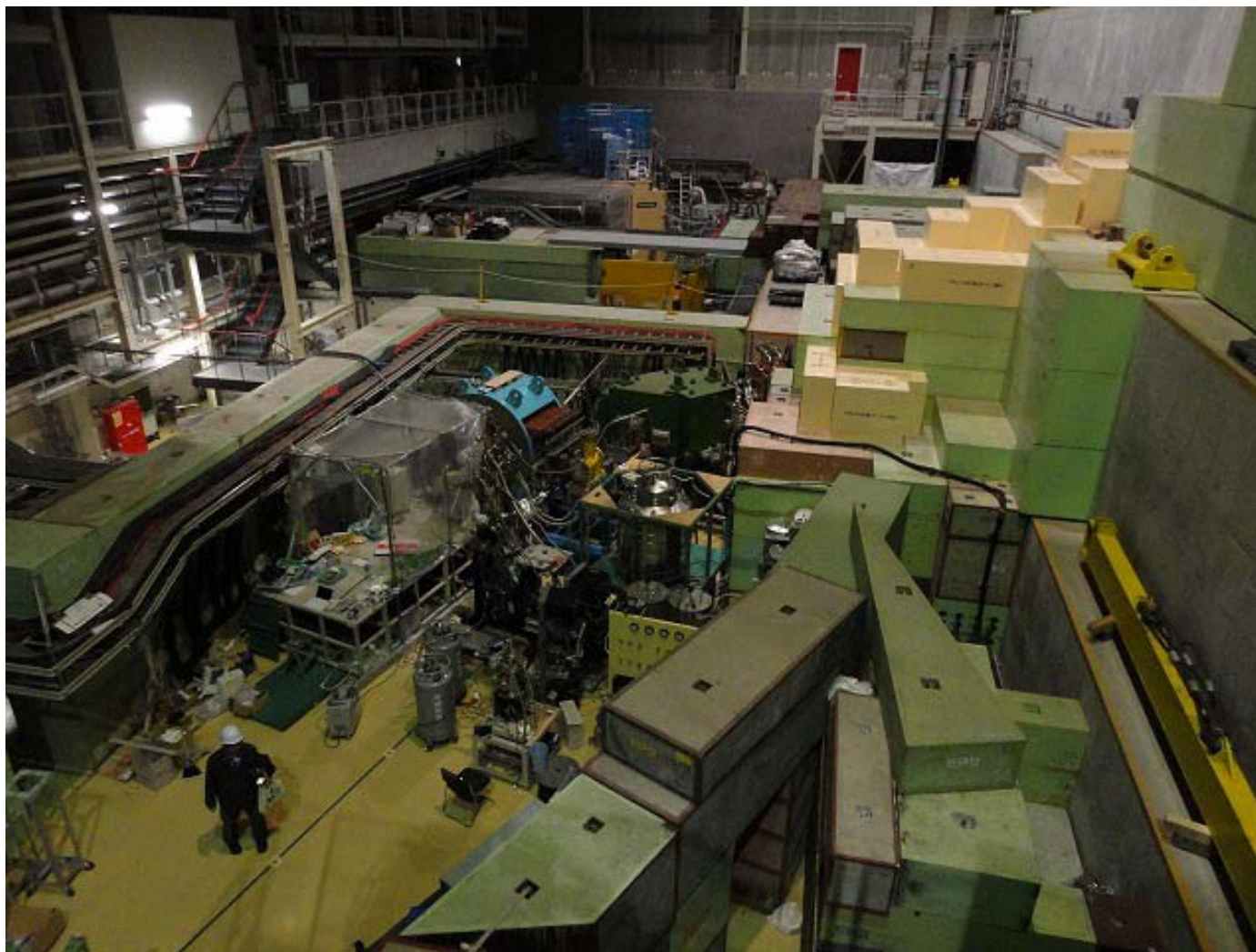
周辺部が約30cm陥没。

# 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

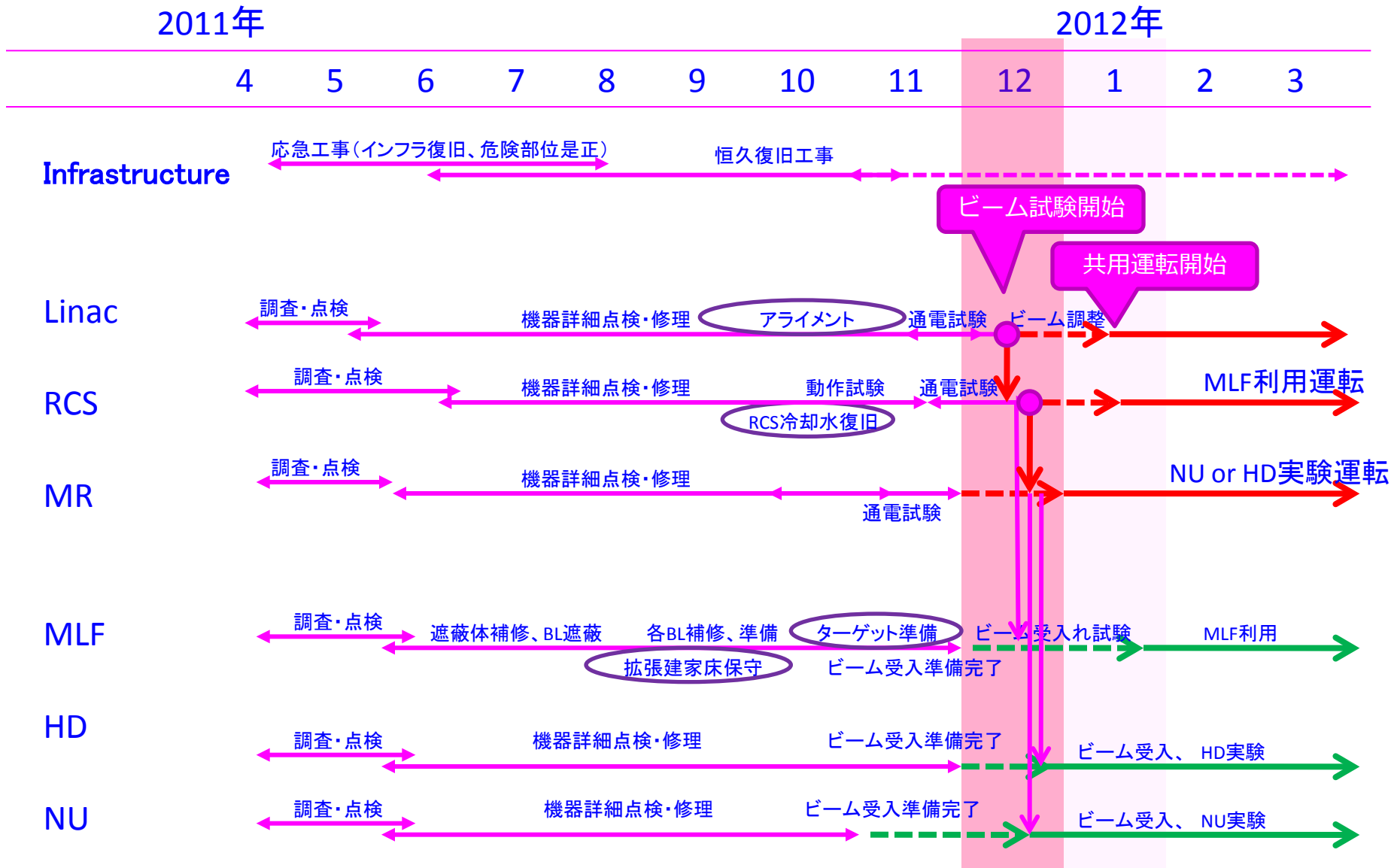
J-PARCセンター

- 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

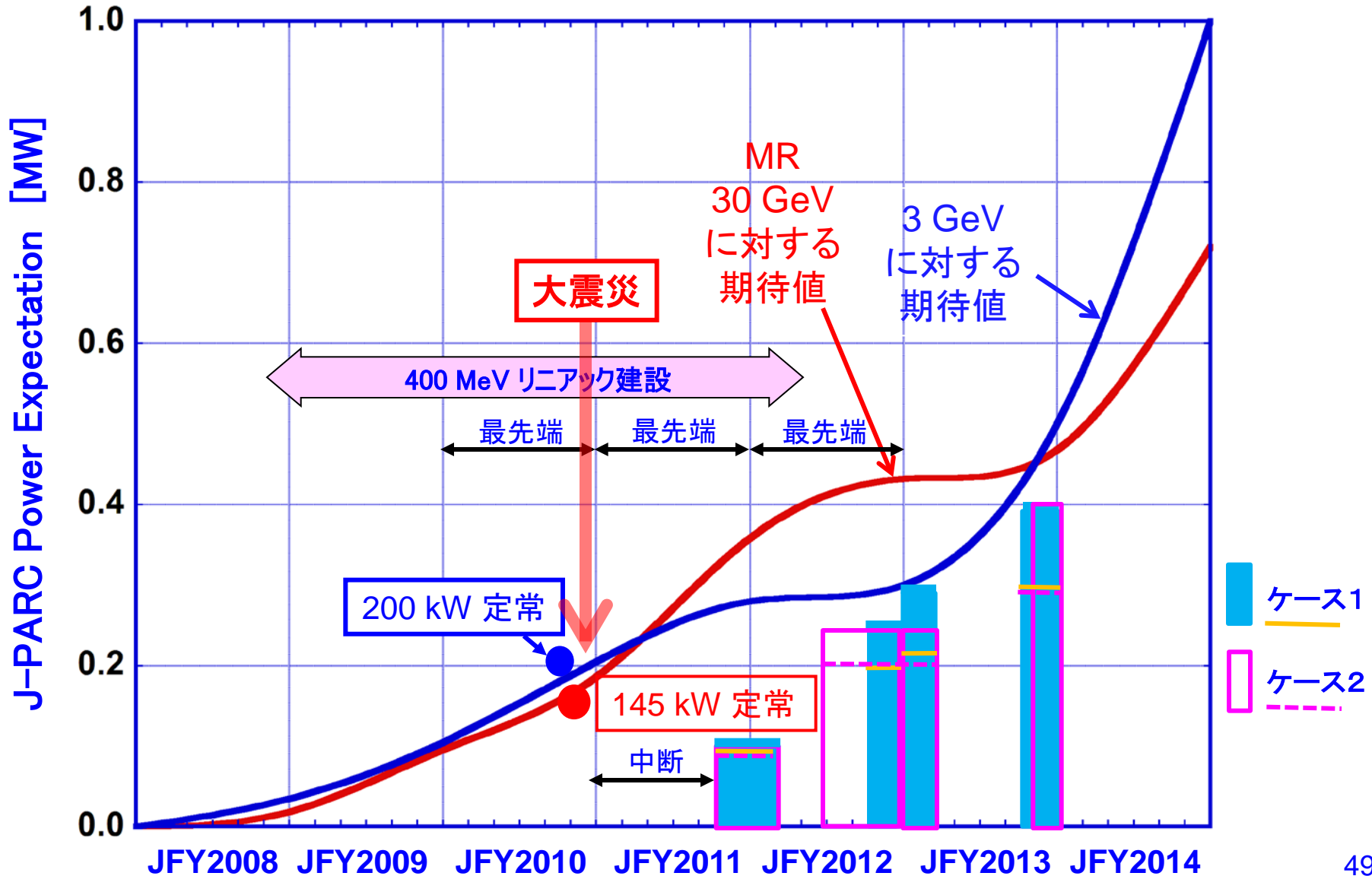
- 計画は、当然、施設・機器の修復に必要な予算が適宜執行可能で、震災対策の1次、2次補正予算が遅滞なく、手当てされることを前提とした。
- 加速器上流部のリニアック、RCSの施設インフラ（電気、水、建家）に損傷が激しく、JAEA建設部が主導している9件の緊急契約で行う応急インフラ回復の進捗が全体復旧スケジュールに整合することが必須の条件。

# 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、ど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.