

J-PARCの現状

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



J-PARC 大強度陽子加速器施設

GeV= 10^9 電子ボルト



日本原子力研究開発機構 と高エネルギー加速器研究機構の共同事業



Linac (330m)



3 GeV Synchrotron (350m)



50 GeV Synchrotron (1600m)

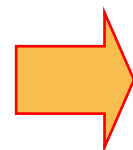
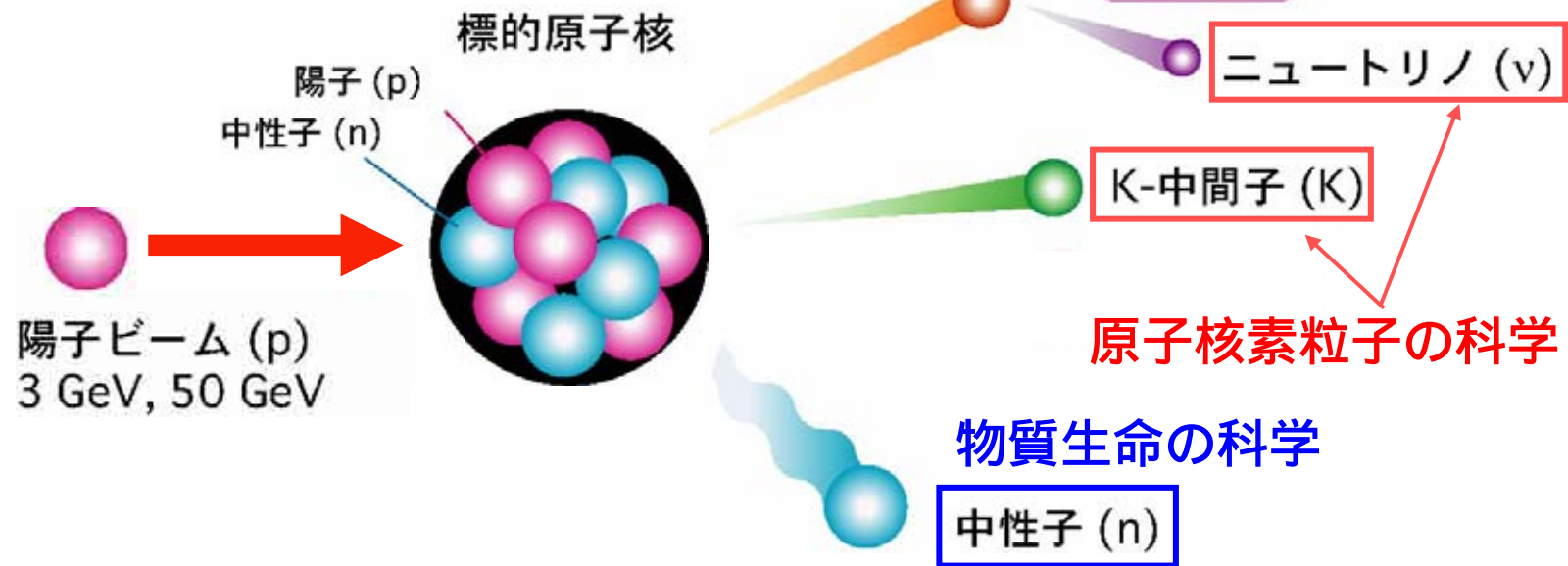


トランジション エネルギーをなくした最初のシンクロトロン
トランジションエネルギーをなくすため、
双極磁石が抜かれている。

J-PARC 計画の目指すもの

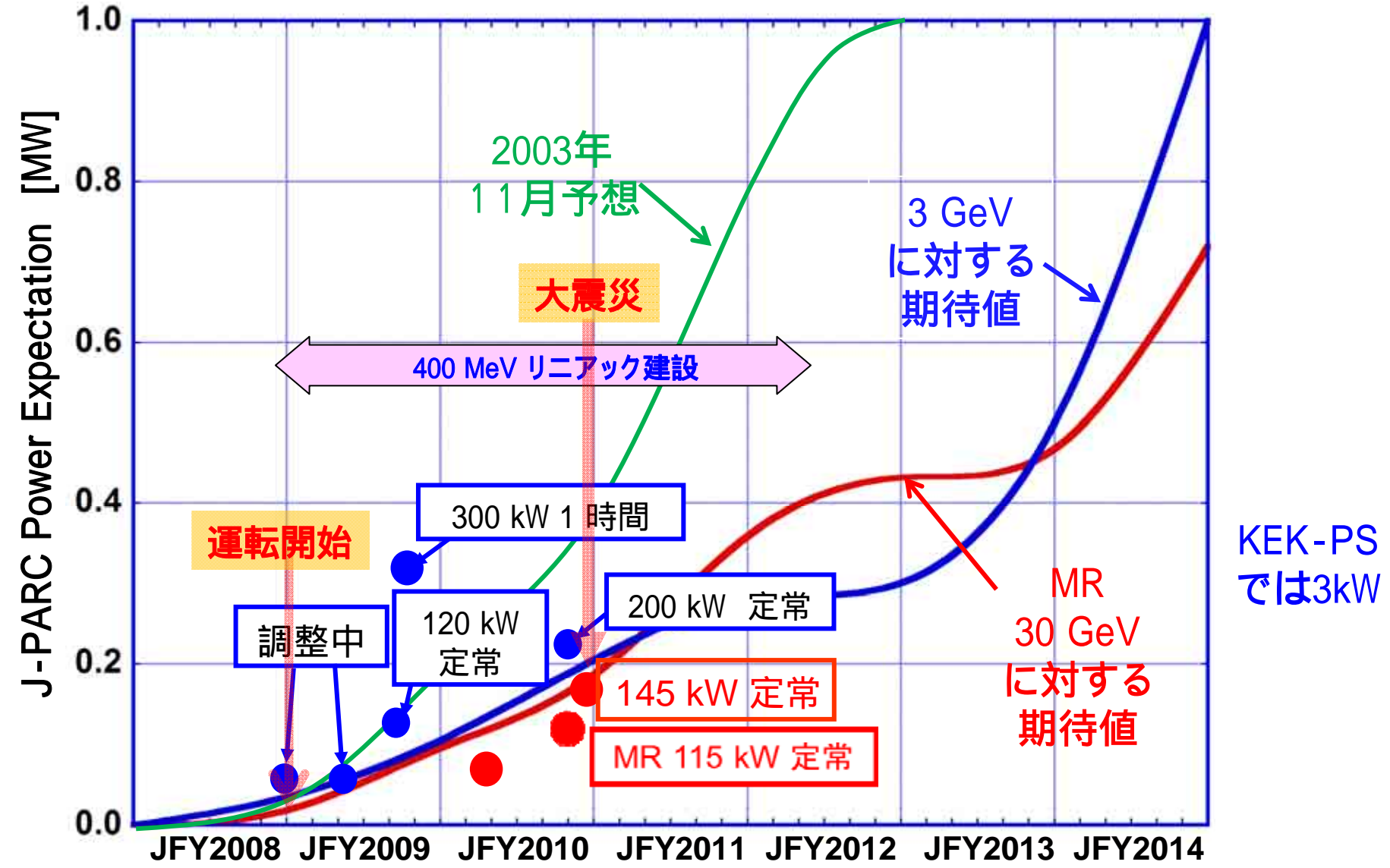
陽子を光速近くまで加速し、原子核と衝突させ
二次粒子ビームを作る。

二次粒子ビームによる多彩な科学



世界最大のビーム強度を目指す

加速器出力の推移



KEK-PS
では3kW



物質・生命科学



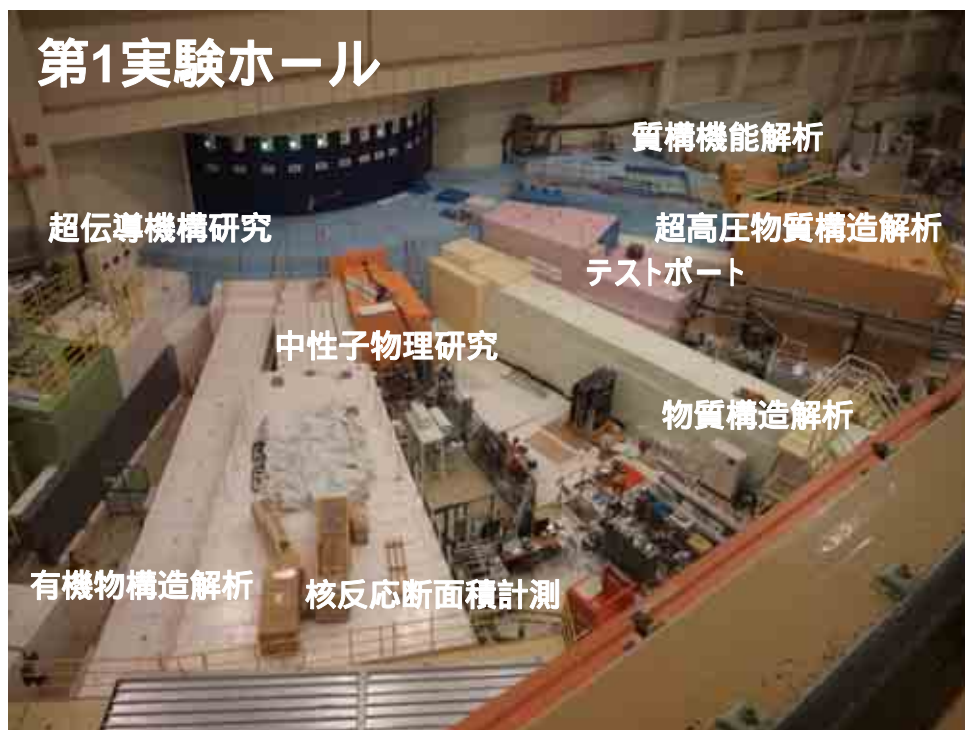
物質・生命科学実験施設

中性子ビーム

ミュオンビーム

物質・生命科学実験施設 (MLF)

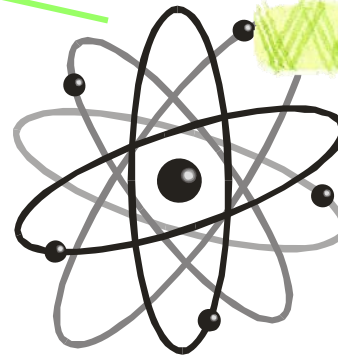
- 発生する二次粒子のうち中性子・ミュオンを利用した研究を実施。
- 陽子ビームによる核破砕反応で大量の中性子が発生し、その中性子源から放射状に配置されるビームライン(23本設置可能)に、世界最高性能の大強度中性子ビームが供給される。
- パルス冷中性子強度が英国のラザフォード研究所のISIS、米国のオークリッジ国立研究所のSNSの強度と同等になり、実質的に世界の3大中性子源として位置付けられる。
- 「特定先端大型研究施設の共用の促進に関する法律」の改正を受け、建設を開始した共用ビームラインが完成し、平成23年10月から、それらの共用を開始する予定。



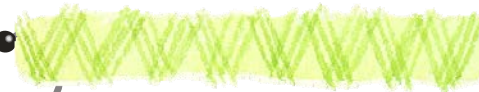
X線と中性子線



電子の数が少ない原子
(水素など)は見にくい



原子



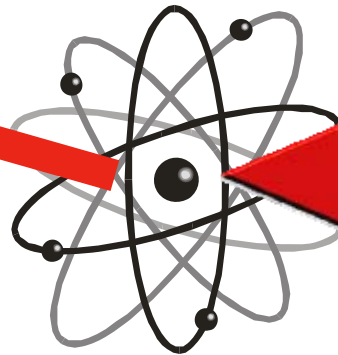
X線

電子に当たって跳ね返る

同じ点：
どちらも波である



どんな原子でも同じ
ように見られる



原子



中性子線

原子核に当たって跳ね返る

中性子はミクロな磁石



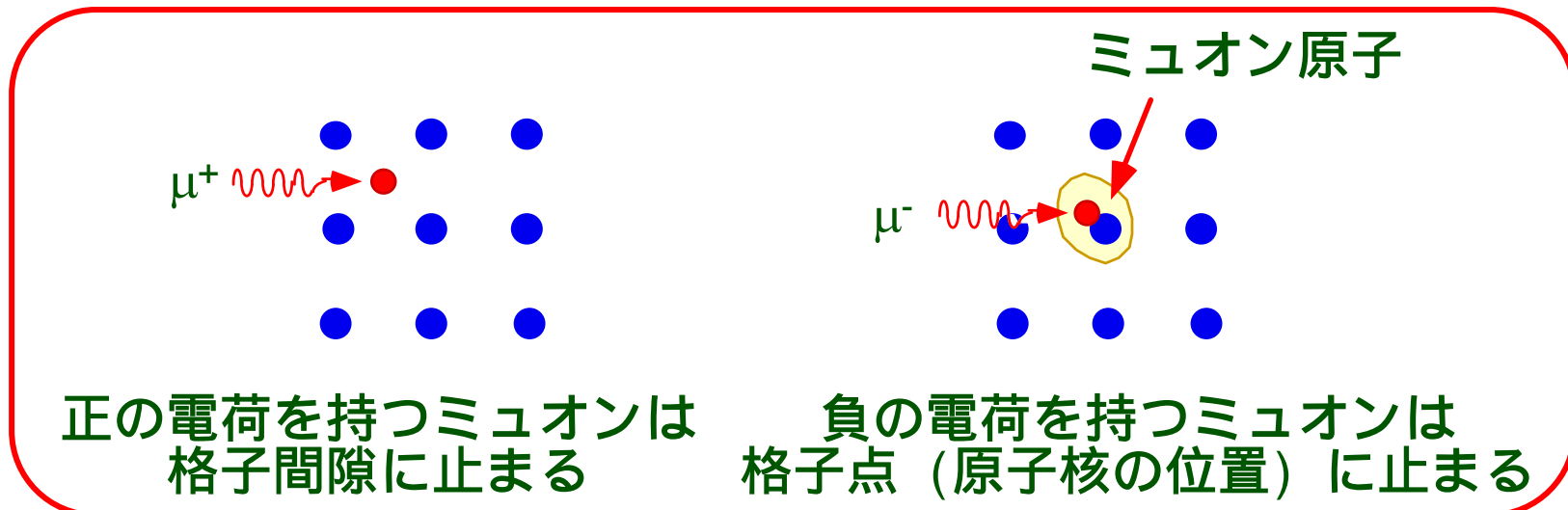
Spin 0 Spin 1/2

↓ ↓ ↓
 π $\mu + \nu$

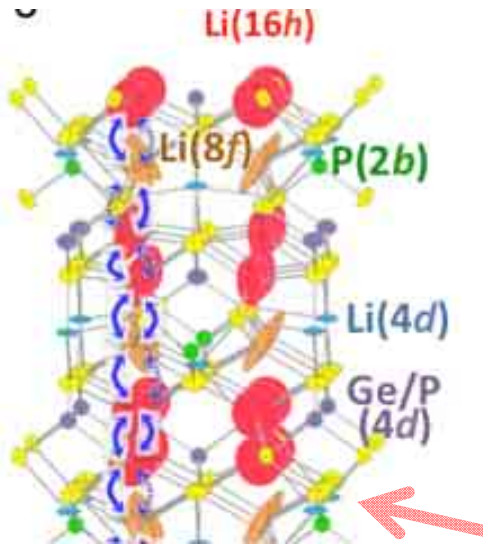
ミュオンは
 自然に偏極する

ミュオンの
 ラーモア
 歳差運動
 から物質の
 磁性の研究
 が可能に

2つのビームラインが認可

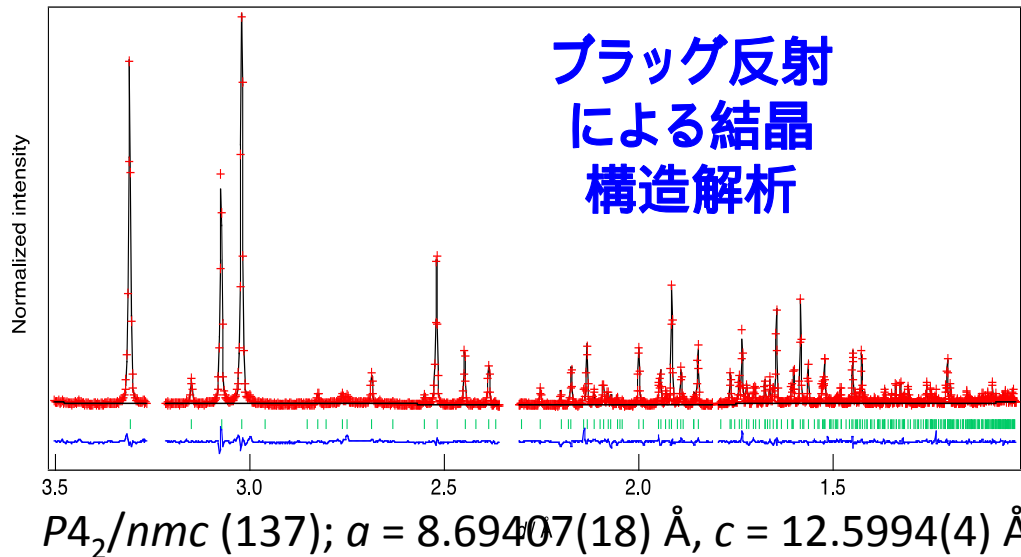
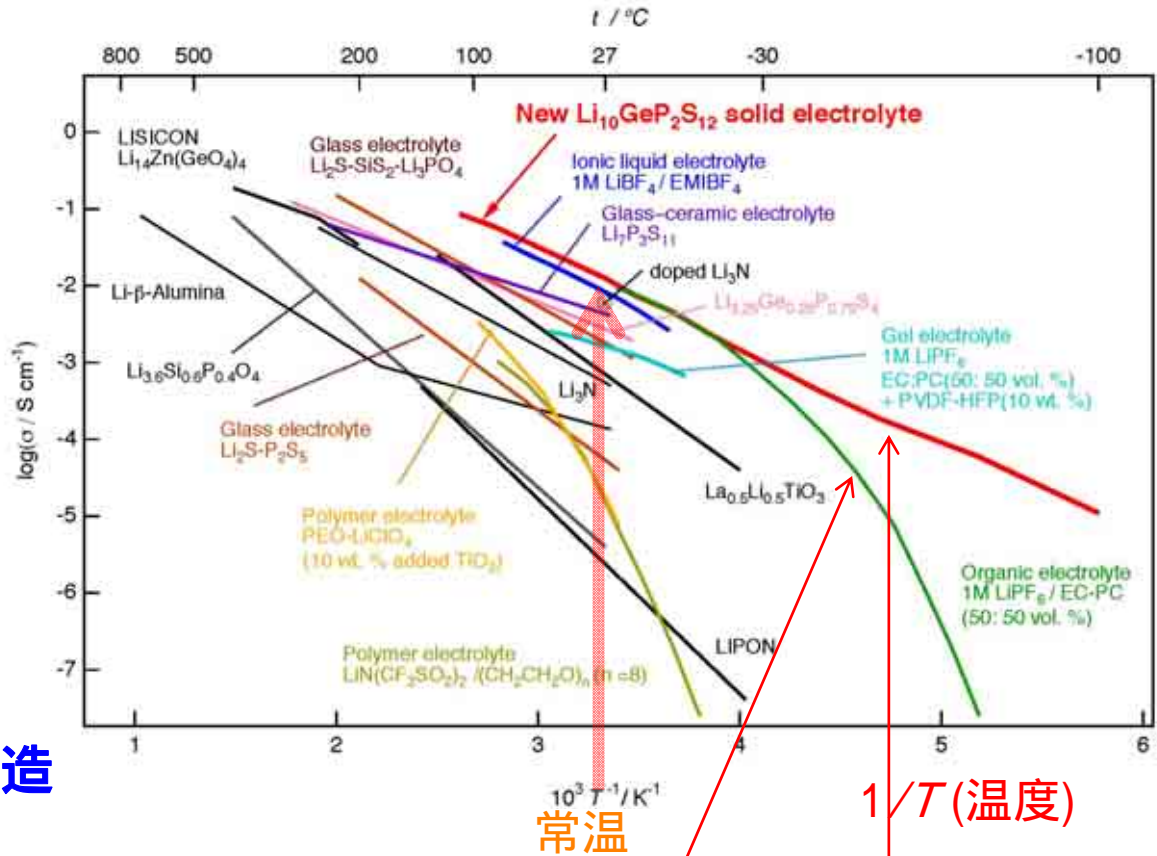


セラミックス電池の開発



結晶構造

log(伝導率)



ブラッグ反射による結晶構造解析

これまでの有機電解液
新しいセラミックスリチウム電池材料

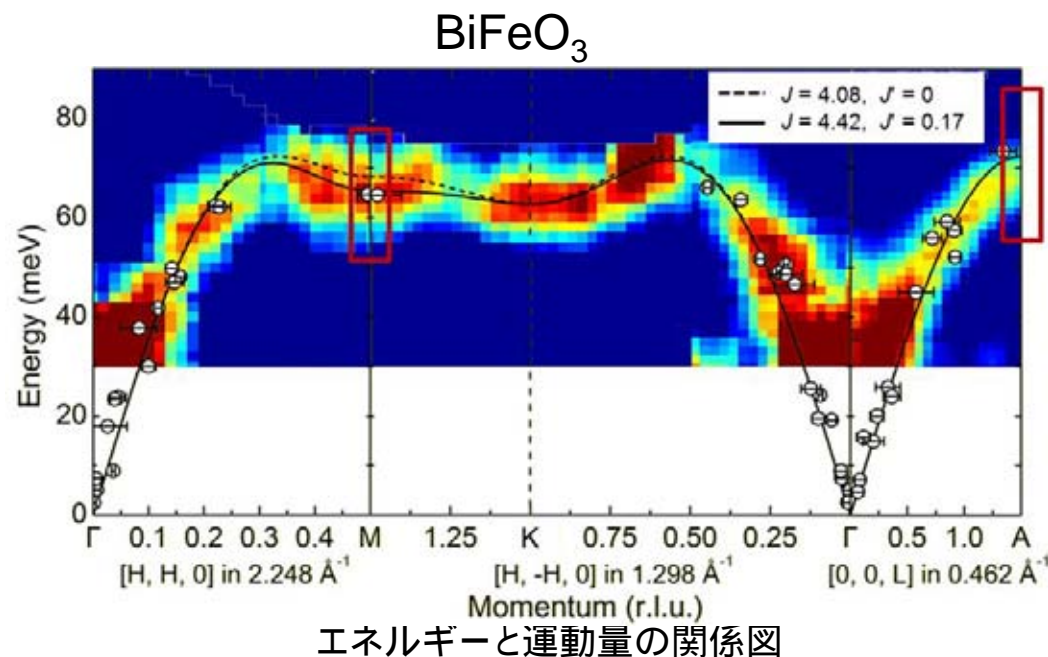
東工大、豊田中研、KEK、等
「Nature Materials」の
2011年7月31日号掲載

日本経済新聞の朝刊1面に
Li電池が掲載され、その一例として、紹介された。

電子とスピンの織りなす新しい物性の開拓

マルチフェロイック物質の機構解明に向けて

- **マルチフェロイック物質とは:** 誘電性と磁性が構造を通じて結合し、磁気的性質と電気的性質が相互に結びついている物質
- **中性子で何がわかるか:** 鍵となる**原子構造** + 構造の揺らぎである**原子の微小振動の様子** (格子振動の運動量・エネルギー依存性) + **磁性**。
- **J-PARCにおける研究とその成果:** 格子振動の影響を受けて変化する磁気励起の様子 (図と論文) が初めて観測された。これらの実験結果はマルチフェロイック物質の機能発現の機構の理解に重要な手がかりを与えている。

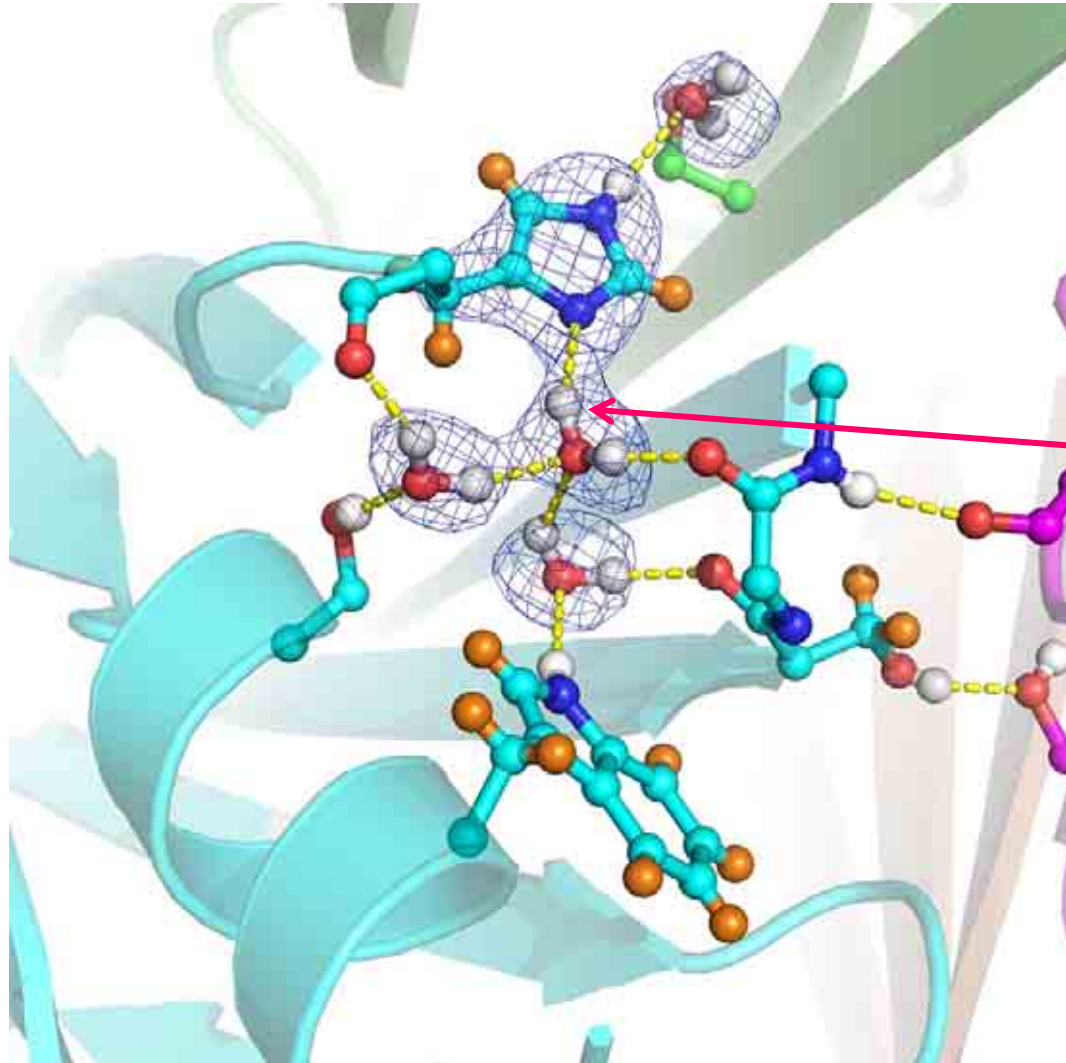


使用ビームライン: BL08, 14

研究グループ: ソウル国立大、東北大、JAEA、KEK、STFC、J-PARC

発表論文: R. Kiyonagi他, J. Phys. Soc. Jpn., in press J. Jeong他, accepted to Phys. Rev. Lett.

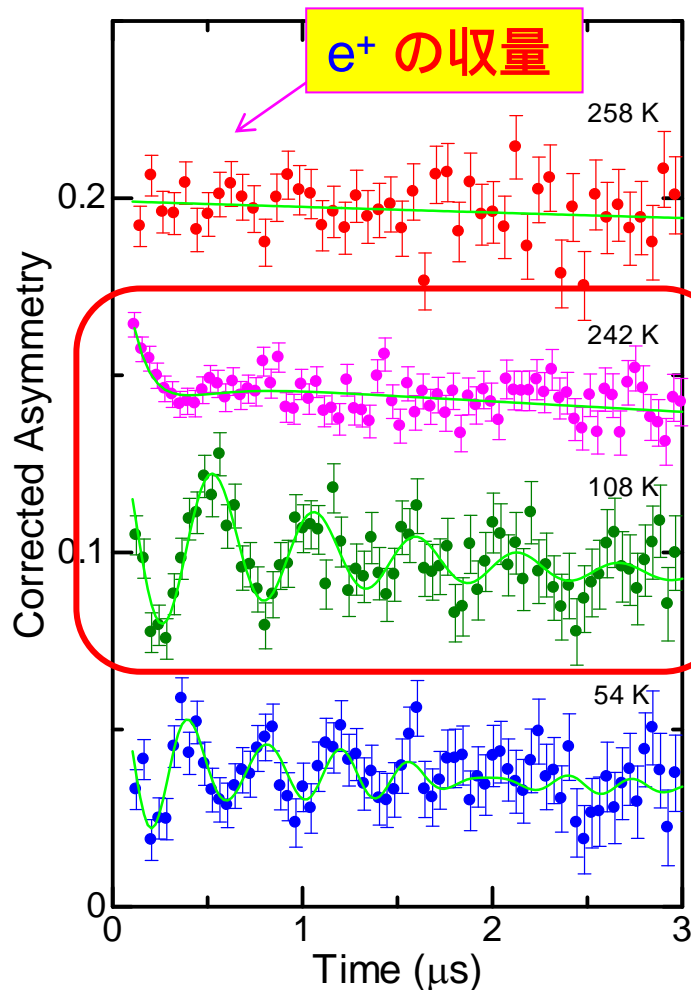
アミロイドー疾患の原因物質 トランスサイレチンの中性子結晶構造解析



トランスサイレチン (TTR) の中性子構造解析を行い、水素原子を含む水分子の方向性を決定 (黄色い点線は水素結合)

低pHで水分子ネットワークのどの部分が影響を受け、タンパク質集合体構造が壊れるかが分かった。

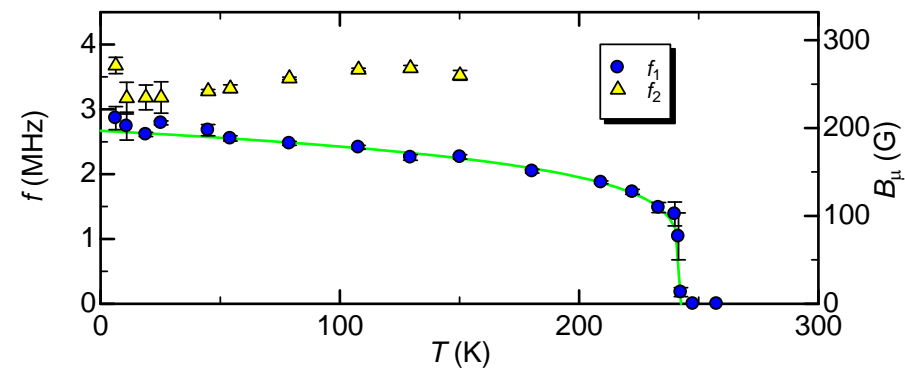
「銅酸化物と類似の新物質Ba₂IrO₄の発見」



Ba₂IrO₄は銅酸化物と同じペロブスカイト構造を持つ絶縁体 / 銅酸化物と同様、帯磁率等の巨視的物理量に異常なし
原子スケールで磁性はどうなっている?

ゼロ磁場中でのミュオンspin回転法により、240 K以下で均一な内部磁場の発達を発見。
→ 銅酸化物類似の反強磁性!

反強磁性モット絶縁体であることを示唆



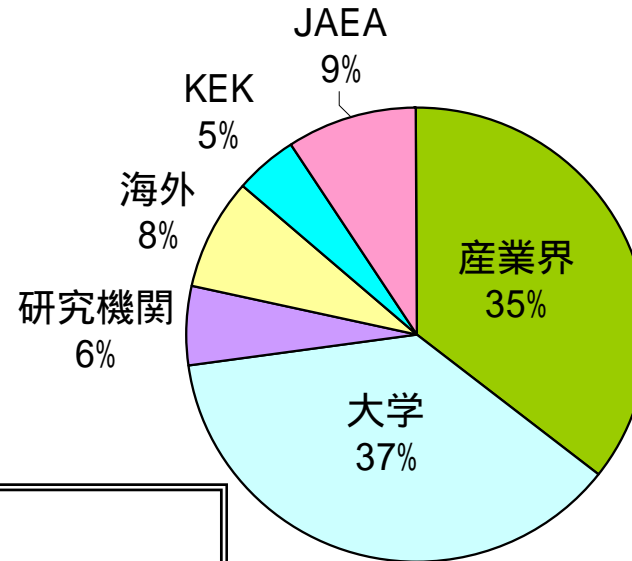
ゼロ磁場中のミュオンspin回転時間スペクトル (左)とそのフーリエ変換 (右)

左の図で見られる回転信号の周波数 f_i ($i=1,2$).

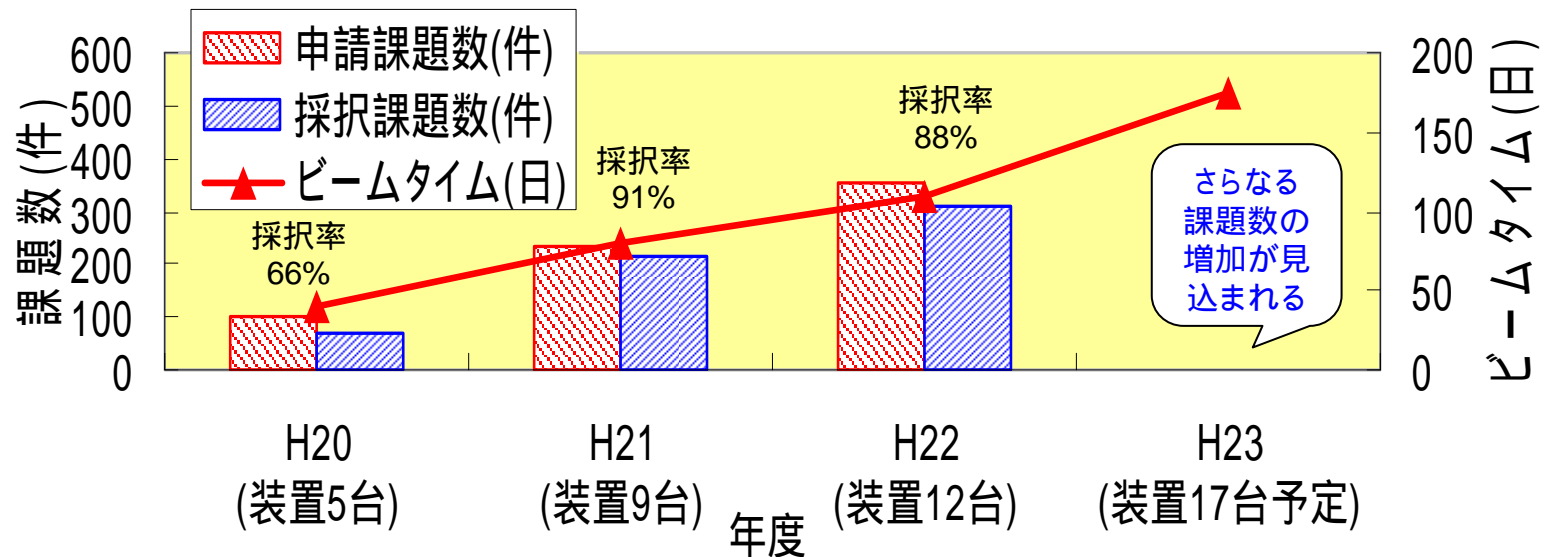
物質・生命科学実験施設への課題申請・採択状況

ビームタイム増加に伴い、申請・採択課題数も着実に増加。

一般課題への課題申請の割合

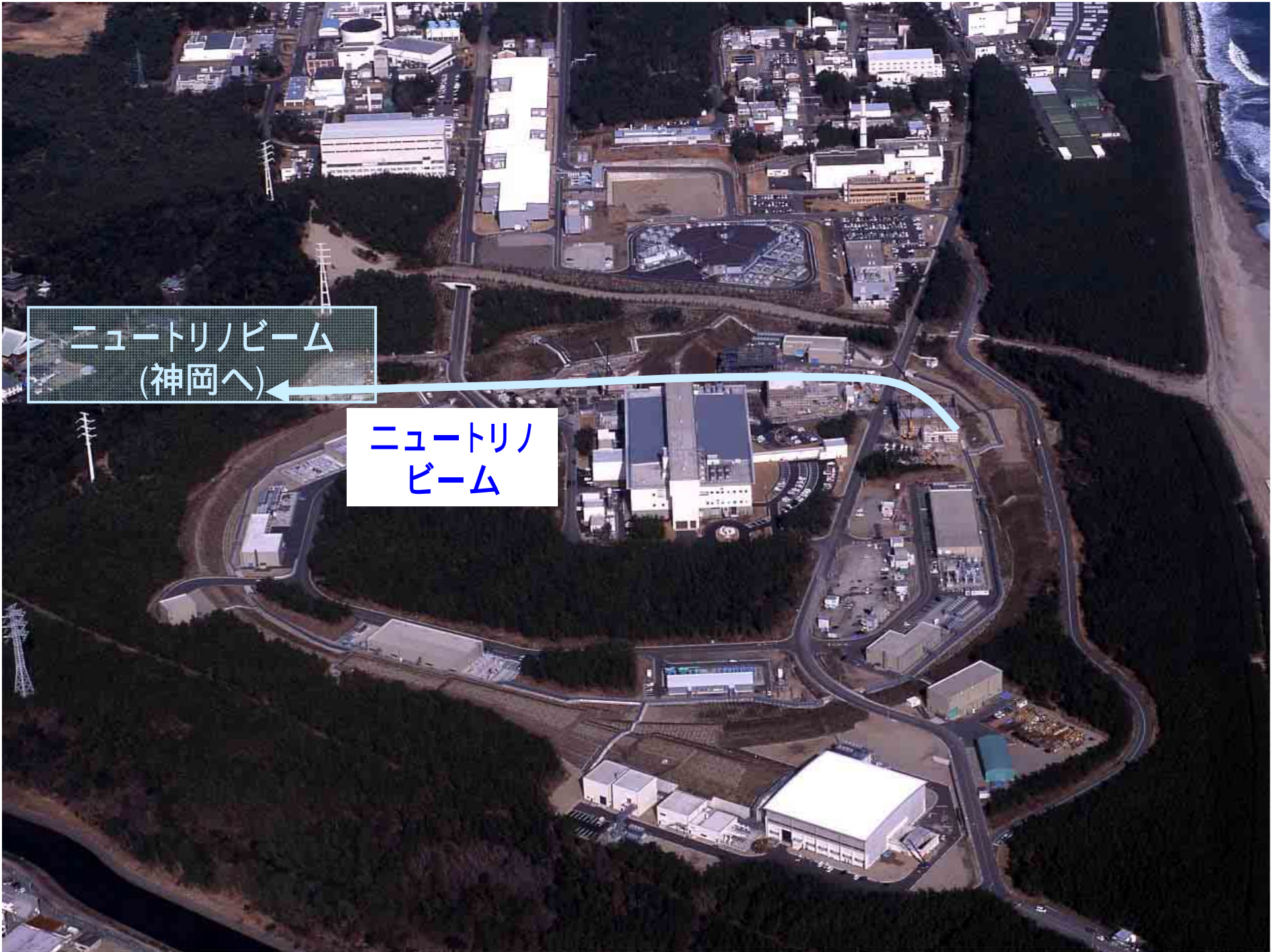


課題申請と採択課題数の推移 (プロジェクト利用、装置グループ利用を含む)





素粒子・原子核科学



ニュートリノビーム
(神岡へ)

ニュートリノ
ビーム



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

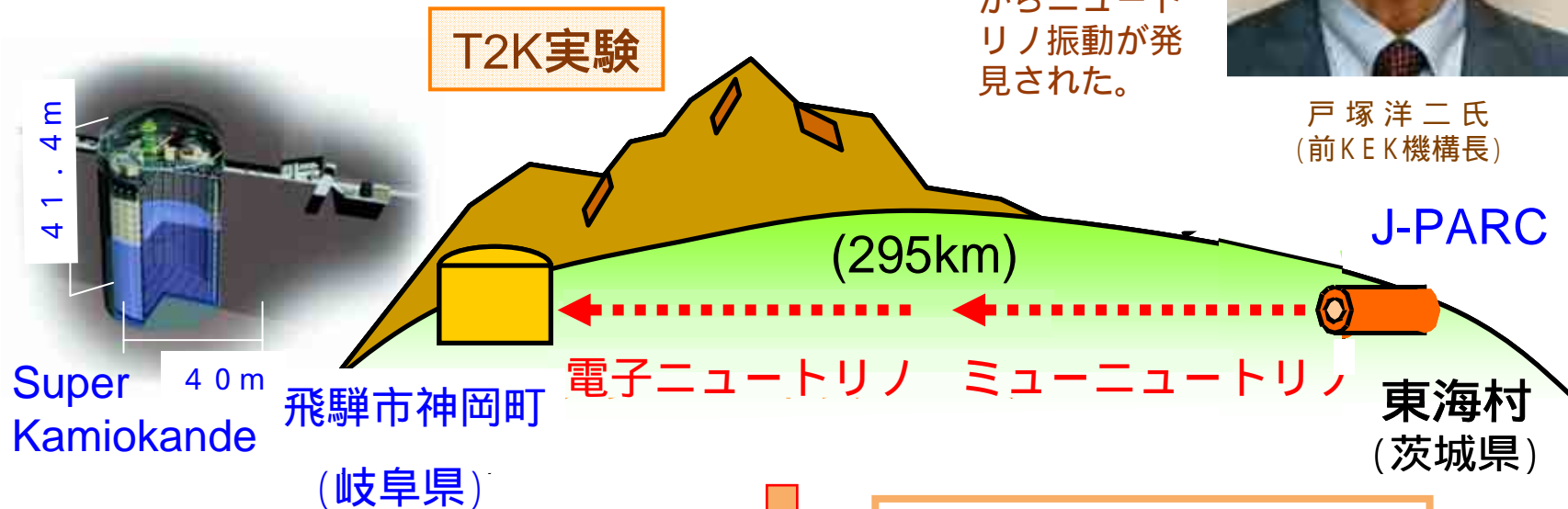
しかし、ニュートリノに質量！

← 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ほう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

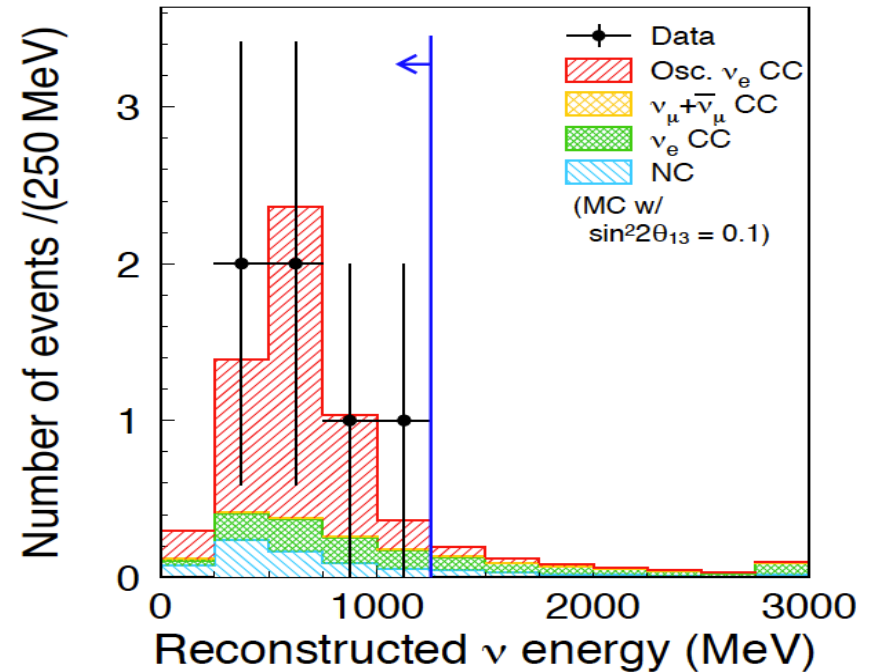
T2K実験の最新結果

- 2010年1月から2011年3月11日までに蓄積された 1.43×10^{20} POTのデータを解析。
- $\nu_\mu \rightarrow \nu_e$ 振動を探索した結果、予想されるバックグラウンド数 1.5 ± 0.3 に対して、実験データからは **6事象**検出された。
 - $\nu_\mu \rightarrow \nu_e$ 振動がない仮説は、99.3%で棄却された。(2.5 σ 相当)

Phys.Rev.Lett.107:041801,2011.

英国のPhysics World 2011年の top 10 Breakthroughs に選ばれた。

<http://physicsworld.com/cws/article/news/48126>



スーパーカミオカンデで検出された $\nu_\mu \rightarrow \nu_e$ 振動による電子ニュートリノのエネルギー分布。

期待されるエネルギー分布(赤)に一致し、予想される背景事象(緑 / 水色)よりも有意に多い。

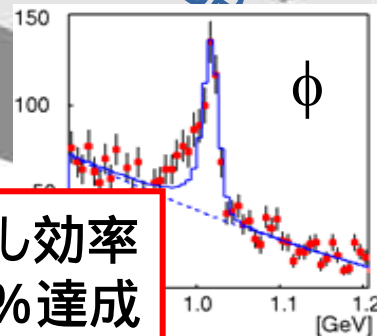
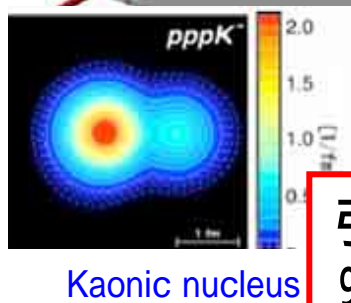
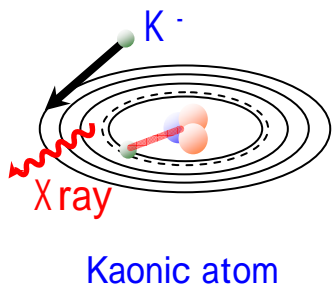
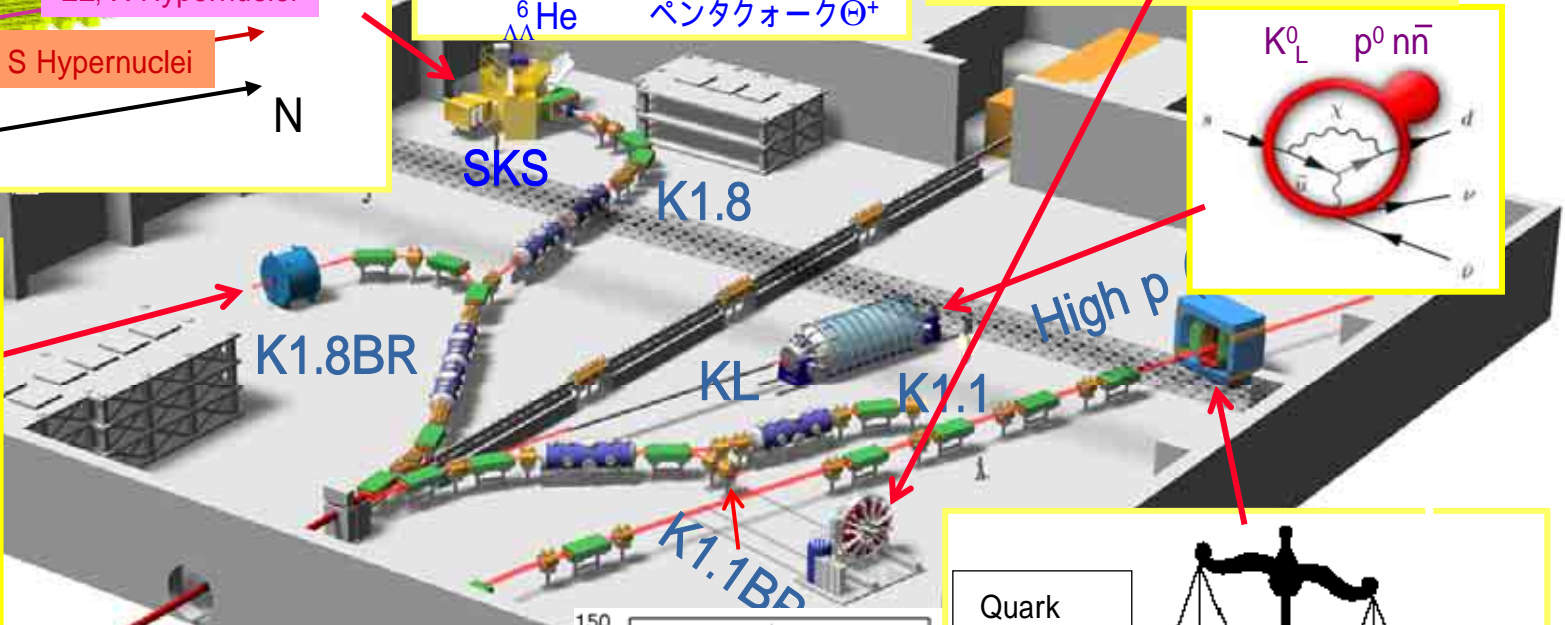
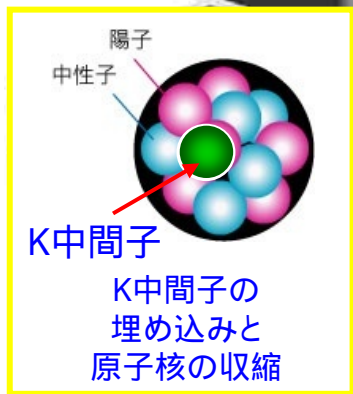
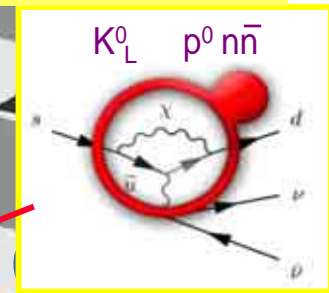
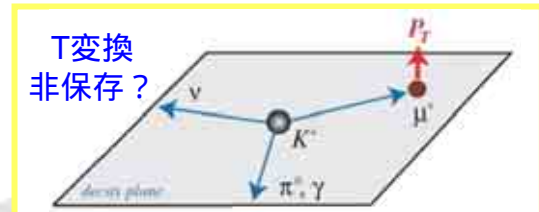
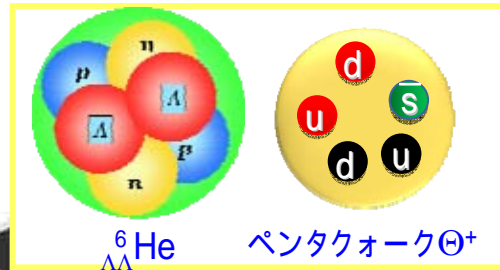
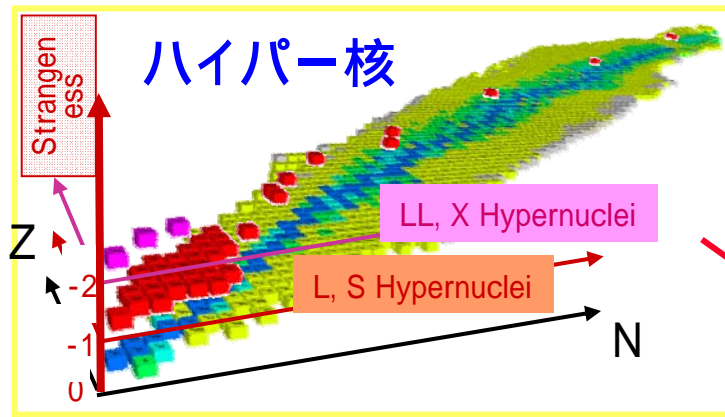


K中間子ビーム

ハドロン実験施設



ハドロン実験施設における実験計画



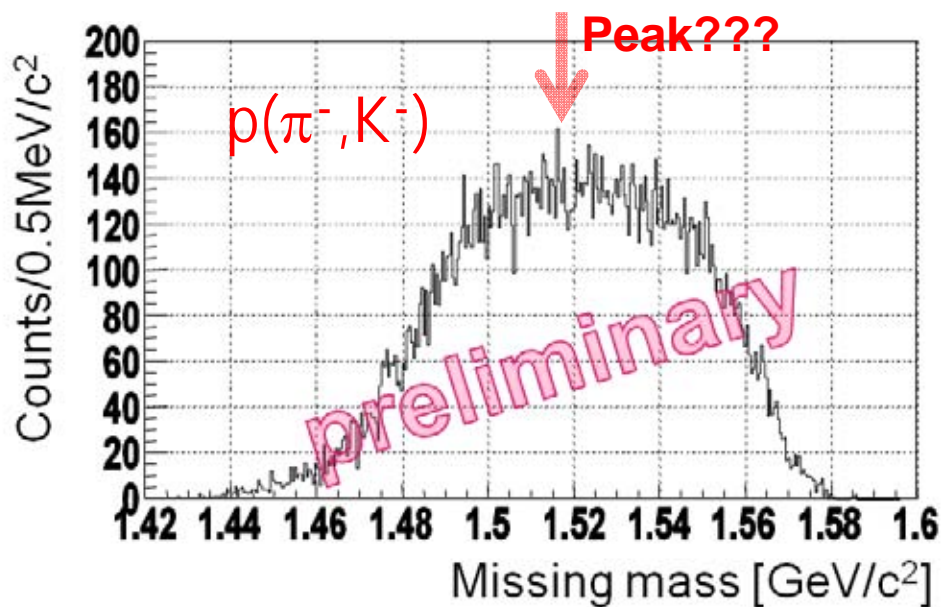
引き出し効率
99.5%達成

Quark

バラバラのクォーク クォークの集合体

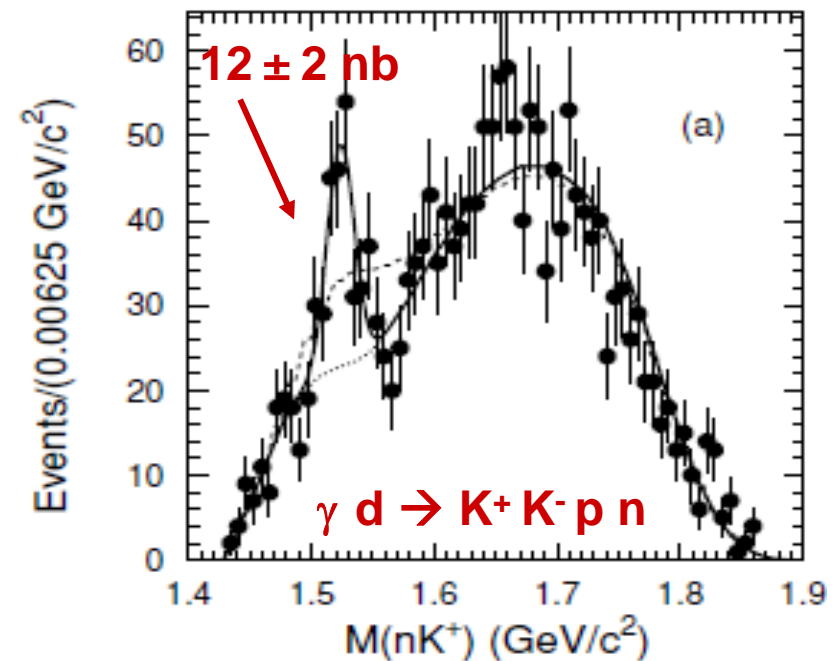
なぜ重い方が安定?
Mass without Mass Puzzle

ペンタクォーク探索実験



今のところはっきりとした兆候は見つかっていない

J-PARCの実験



T. Nakano et al., PRC79 (2009) 025210

SPring-8 での実験

国際センターとしての J-PARC

- 物質生命科学: 世界の3極の一つ. 特にアジアオセアニア圏の利用者
- ハドロン物理: 世界ではユニークな Kaon Factory
- ニュートリノ物理: 世界をリードしつつ3極の一つ



- ニュートリノのセンター
- ハドロン(K中間子)
- 中性子のセンター
- ハドロン(反陽子)

国際化は
今後の重要課題!

ISIS: 英国ラザフォード研究所の中性子源、SNS: 米国オークリッジ国立研究所の中性子源
 CERN: 欧州合同原子核研究機構、FNAL: 米国フェルミ国立研究所、GSI: ドイツ重イオン研究所

The first CKorJ- PARC and J- PARC Collaboration Meeting

IQBRC



S.Nagamiya



Je-Geun Park



A.Ando

(Aug, 26, 2010
IQBRC Meeting Room)



Kye- Ryung Kim



Je-Geun Park speech

S.Nagamiya speech



Y.Miyake



M.Arai



N.Saito



T.Kobayashi

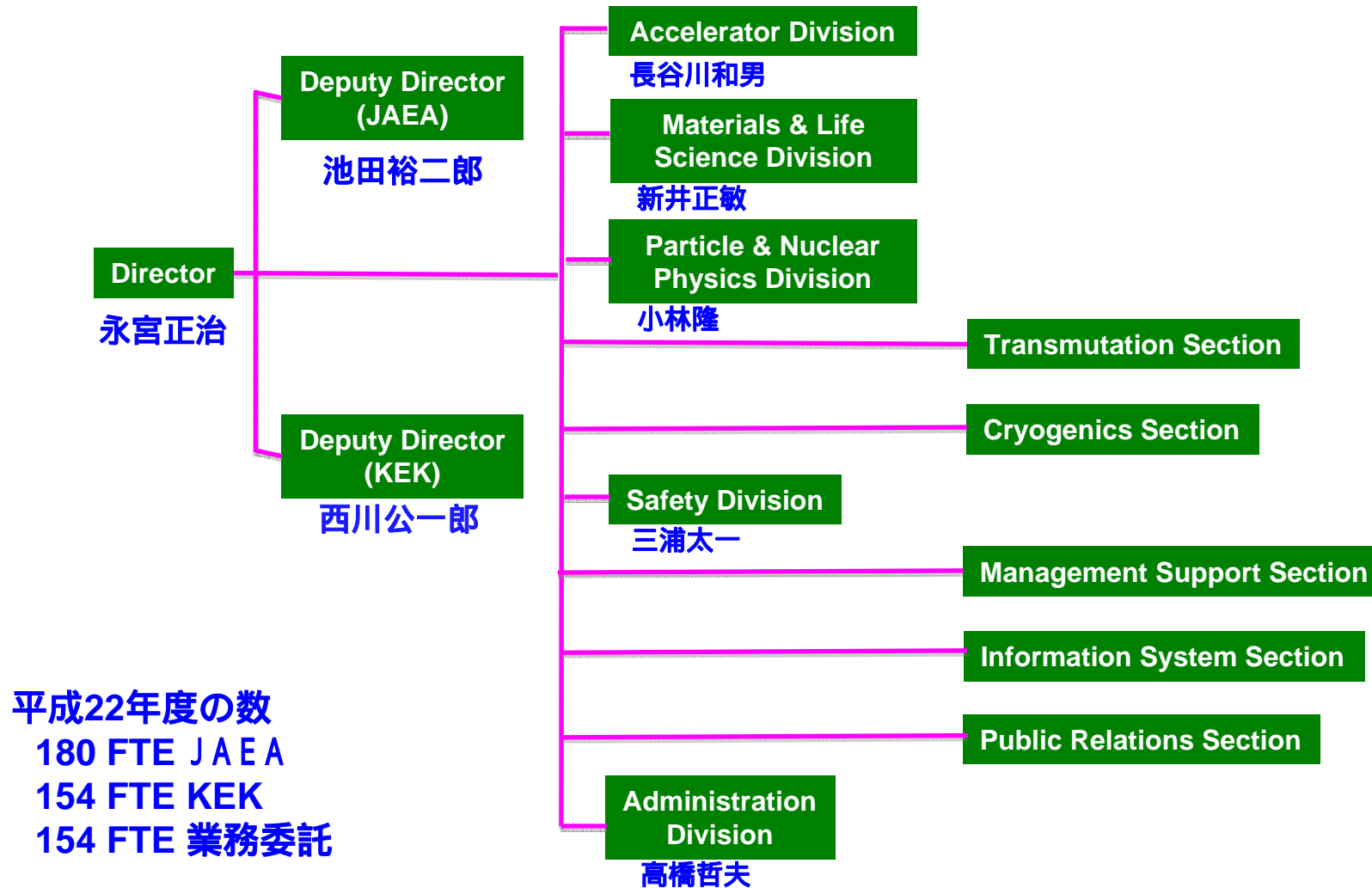
Soo -Bong Kim





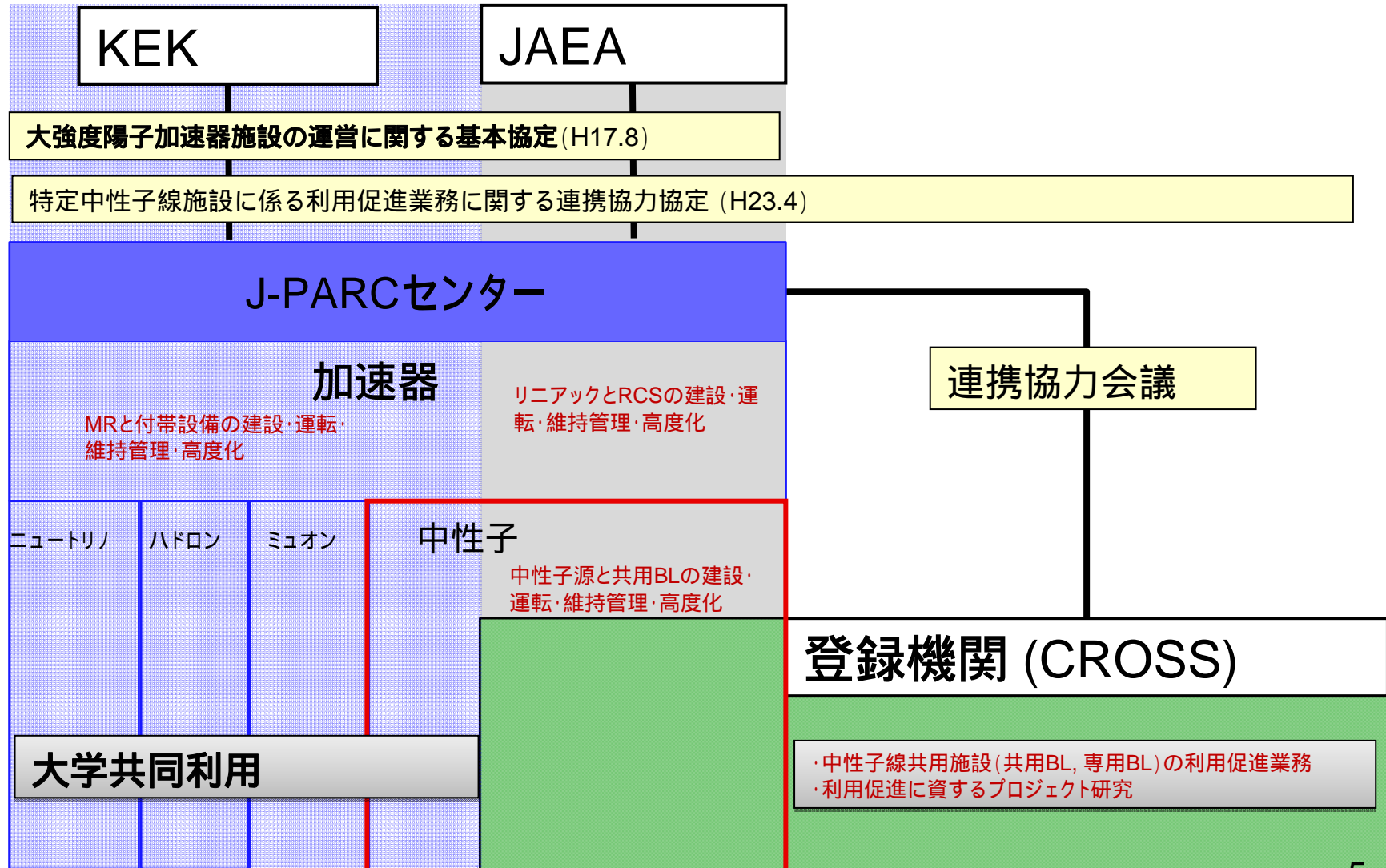
J - P A R C の組織

as of October 1, 2011





JAEA, KEK, J-PARCセンターとCROSS





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。
- 平成21年度(2009年度)より、全施設での運転開始。

● 震災前の成果

- ビーム出力が 200kW に (KEK-PSでは3kW)。400kWテスト運転も順調に。
- ニュートリノも145kWに達し、電子ニュートリノを6事象検出。
- 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。
- 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。
- 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開放が必要。