

追加説明

大強度陽子加速器計画共同推進チーム
日本原子力研究所・高エネルギー加速器研究機構

平成12年4月14日

第4回大強度陽子加速器施設計画評価専門部会

中性子科学の位置付け (1)

■ 21世紀に目指す中性子科学の方向

① 生命科学の新展開—ポストゲノム科学

構造解明から機能解明へ

蛋白質の高次構造と集団運動（水素結合、水和水...）

② 物質科学—新機能物質の機能解明

ソフトマテリアル（知的高分子、人工筋肉）、高温超伝導体、

フラーレン (C_{60})

③ エネルギー・環境科学

燃料電池、新エネルギー物質（メタンハイドレート等）、細孔物質、

高性能触媒

■ 世界との競争

① 新材料・新産業を創出する生命・物質科学研究

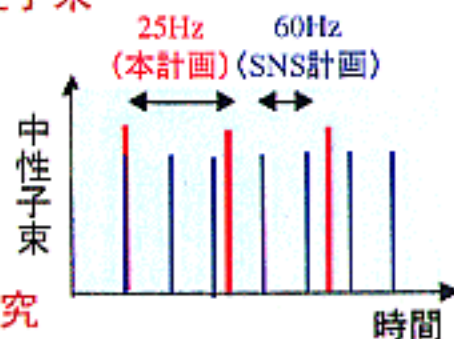
② 世界の3大計画との競争

中性子科学の位置付け (2)

本計画中性子源施設計画の独自性、優位性

欧米の他計画と比較して

- 世界最高性能のパルス冷中性子源を実現
 - 低い繰り返し周波数25Hzは、物質科学・生命科学に最適
 - 2 MWのSNS計画と比べても1.2倍以上高いピーク中性子束
- 5 MWを目指した段階的計画
 - 1 MWは技術上の堅実なステップ
- 物質科学や新機能材料研究の新展開
 - 世界をリードする日本の物質科学や新機能材料開発研究
- 構造生物学研究の新展開
 - 中性子による蛋白質の構造決定の土壌



原子核実験の位置付け

原子核物理学の今後の研究課題

核子の構造:

- 核子の中でのクォーク分布は?
- 核子のスピンの起源は?
- ・クォーク・グルーオン分布
- ・スピン構造

ハドロン多体系としての原子核:

- ストレンジネス、アイソスピン、スピン、核子数、等が極端な原子核の構造を探る
- ・ストレンジネス原子核
- ・中性子/陽子過剰核
- ・超重元素合成
- ・高スピン状態

クォーク多体系としての原子核:

- クォークはどんな条件下でバラバラに?
- ハドロンの質量の起源は?
- グルーオンの塊は?
- ・クォーク・グルーオン・プラズマへの相転移
- ・核物質中でのハドロン
- ・エキゾチック粒子の探索

天体核物理:

- 宇宙の成立ちは?
- 太陽ニュートリノの謎?
- ・元素合成
- ・超新星爆発
- ・太陽ニュートリノ
- ・中性子星

原子核物理学の将来を切り拓く加速器

短寿命核ビーム施設

- ・理研、MSU (米国)、TRIUMF (カナダ)、ISOLDE (欧州)、その他

存在極限の原子核の構造と天体核現象の研究

高エネルギー電子加速器

- ・TJLab (米国) のアップグレード
- ・ELFE計画 (欧州)

核子・原子核のクォークレベルでの構造

大強度陽子加速器

- ・本計画50 GeV PS

QCDに基づくハドロン多体系の研究

高エネルギー重イオン加速器

- ・RHIC (米国) [稼働開始]
- ・LHC計画 (欧州)

クォーク・グルーオン多体系の研究

素粒子実験の位置付け (1)

素粒子物理学の 21 世紀の最重要 4 課題とは？

- **世代問題**：素粒子の世代とその混合の起源は何か？

3 世代クォーク族の混合

3 世代レプトン族の混合

- **対称性問題**：素粒子での基本的対称性の破れの起源は何か？

クォーク族の CP 非保存

ニュートリノ族の CP 非保存

- **質量問題**：素粒子の質量の起源は何か？
ヒッグス粒子の探索

- **大統一問題**：強、弱、電磁相互作用は統一できるか？

超対称性粒子の探索

素粒子物理学の将来を切り開く加速器

大強度フロンティア

- **大強度陽子加速器** (本計画 50 GeV-PS)

ニュートリノ振動、 $\mu \rightarrow e$ 変換、K 稀崩壊、
世界最大ビームパワーの陽子加速器

- **大強度陽電子電子衝突加速器** (B 中間子ファクトリー)
B 中間子

高エネルギーフロンティア

- **陽電子電子線型衝突加速器** (リニアコライダー)

- **陽子陽子衝突加速器** (LHC/CERN)

大強度陽子
加速器の
将来の発展の
可能性

ニュートリノ
ファクトリー

ミューオン
コライダー

素粒子実験の位置付け (2)

■ 長基線ニュートリノ振動実験における国際的競争力

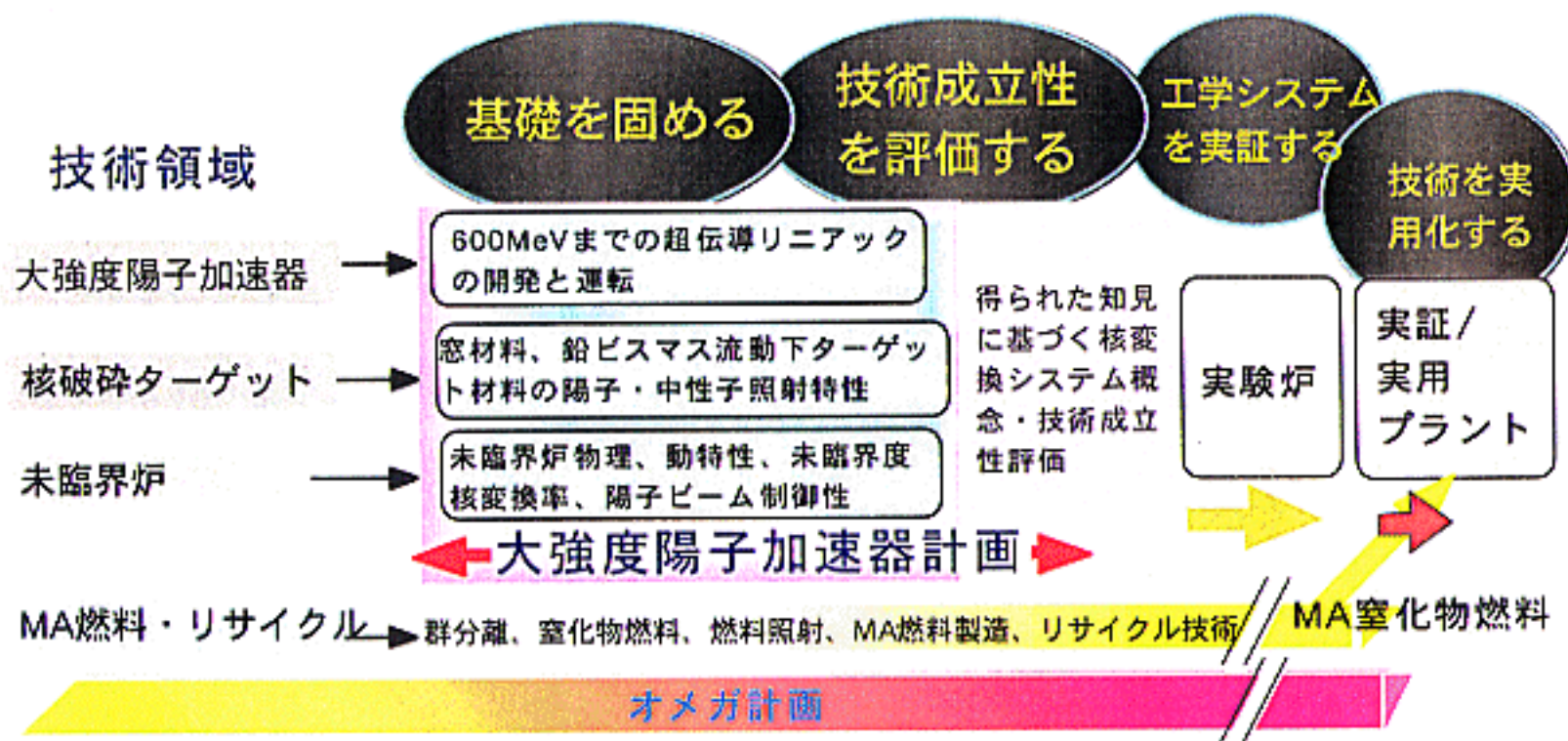
	計画	実験/測定器	距離	探索振動モード	コメント	開始時期
第1世代	K2K	スーパーカミオカンデ (水チェレンコフ) 測定器総量: 50kton	250 km	$\nu_\mu \rightarrow \nu_\mu$ disappearance	ν_μ disappearance でニュートリノ振動を早期に確認。	1999
	NUMI/FNAL (=Neutrino at Main Injector)	MINOS (磁化鉄・シンチレーター) 測定器総量: 5kton	730 km	$\nu_\mu \rightarrow \nu_\mu$ disappearance $\nu_\mu \rightarrow \nu_e$ appearance ($\nu_\mu \rightarrow \nu_\tau$ appearance)	測定器分割が粗く、 τ のような短距離粒子の測定が難しい。	2003 ?
	CNGS/CERN (=CERN Neutrino beam to Gran Sasso)	ICANOE (液体アルゴン・カロリメーター) 測定器総量: 0.6kton $\rightarrow$ 9kton	730 km	$\nu_\mu \rightarrow \nu_\tau$ appearance $\nu_\mu \rightarrow \nu_\tau$ appearance	粒子軌跡を精度良く測定する能力がある。最終的な測定器総量が問題?	2005 ?
		OPERA (鉛・エマルジョン) 測定器総量: 1kton	730 km	$\nu_\mu \rightarrow \nu_\tau$ appearance $\nu_\mu \rightarrow \nu_\tau$ appearance	エマルジョンを使って、 ν_τ への振動を確認する。2x10 ¹⁰ potで 5-20 事象を期待。高統計は望めない。	2005 ?
第2世代	統合計画	スーパーカミオカンデ (水チェレンコフ) 測定器総量: 50kton	295 km	$\nu_\mu \rightarrow \nu_\mu$ disappearance $\nu_\mu \rightarrow \nu_e$ appearance	高統計でニュートリノ振動のパラメーターを数%で決定する。Wide-band beam のスキャンと narrow-band beam の精密探索を組み合わせる。	2006-2007?
第3世代	ニュートリノ・ファクトリー			$\nu_e \rightarrow \nu_\mu$ appearance その他	振動パラメーターの精密決定 CP 非保存の探索	?

- 第2世代の実験として、統合計画では、他の計画では達成できない**高統計高精度**で振動パラメーターを決定する。

加速器駆動核変換技術(1)

— 本計画の研究と実用化への筋道 —

本計画では、加速器駆動核変換技術で重要な超伝導加速器技術、中性子発生ターゲット技術、及び未臨界炉特性に関する基礎実験を行い、技術の成立性を評価するための基礎を固める。その成果を次段階で想定する実験炉の検討に反映させ、システムの実証、技術の実用化を目指す。



加速器駆動核変換技術 (2)

ー 本計画とこれまでの中性子科学研究計画の違い ー

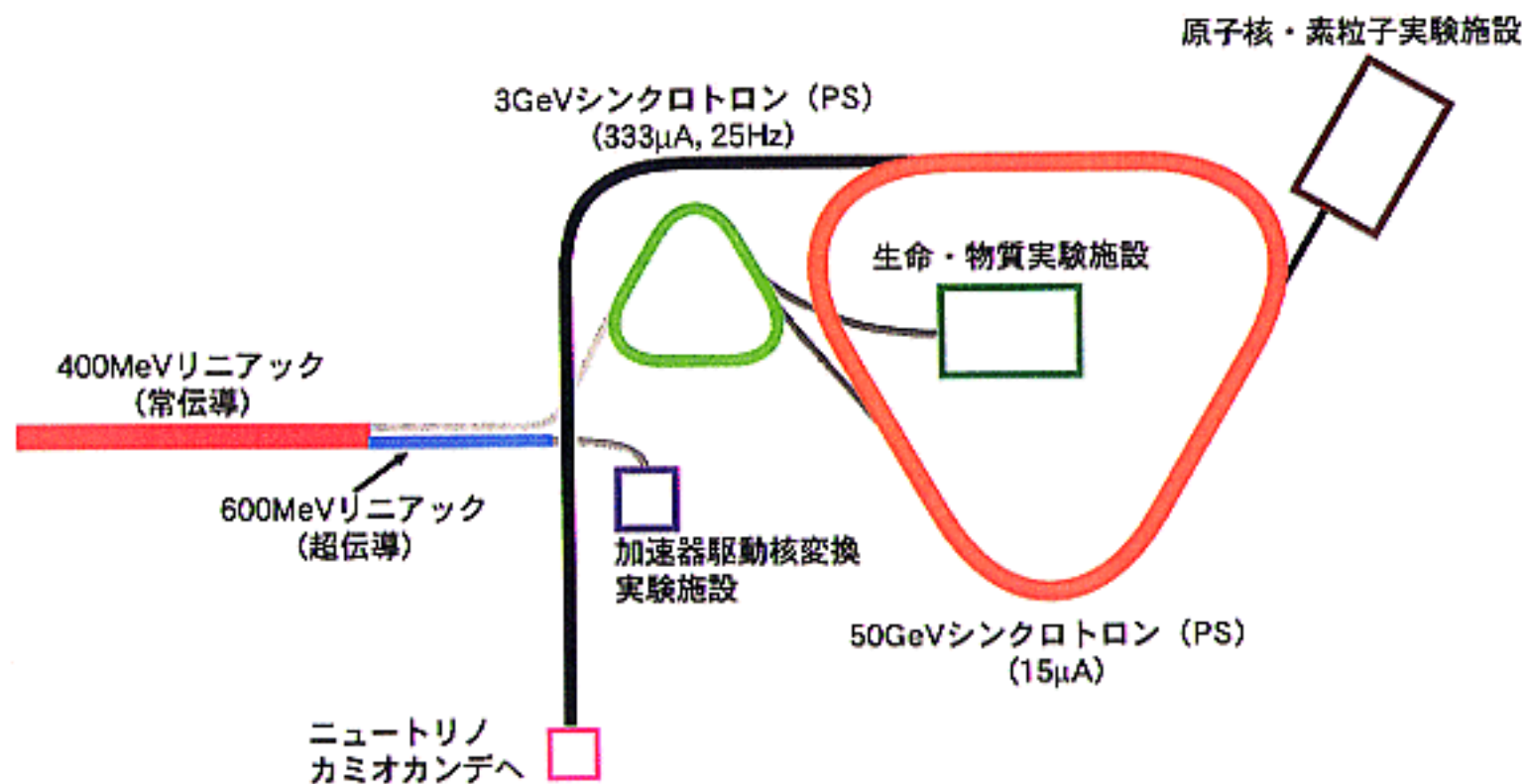
計画の比較

計 画	加速器仕様	超伝導加速器の位置付け	核変換技術の位置付け
中性子科学研究計画	陽子エネルギー=1.5GeV CW (連続) ビーム利用	・ 加速駆動システム用の超伝導線形 加速器の実証	実験炉を含んだ技術開発 工学的成立性
大強度陽子加速器計画	陽子エネルギー=0.6GeV パルスビーム利用	・ 超伝導加速器は、技術開発の要素 として 600MeV で実証。	物理的・技術的基礎研究 に限定

- 中性子科学研究計画では実用システムの工学的成立性の実証
 - ー 実用システムでは中性子生成効率の陽子エネルギー依存性から 1~1.5 GeV を最適値として設定。
 - ー 熱応力の観点から大きな熱出力 (数十MW) では連続ビームが重要。
- 大強度陽子加速器計画では核変換技術の基礎研究
 - ー 核変換技術は基礎研究の段階。
 - ー 核破砕中性子は陽子エネルギーが約 0.5 GeV 以上あれば得られる。
 - ー 炉物理基礎研究は 0.6 GeV 陽子ビームの核破砕中性子源で可能。
 - ー 材料照射実験研究ではパルスビームでも基礎的な実験は可能。

施設建設の進め方 (1)

建設する施設の概念図



施設建設の進め方（２）

■ 短寿命核ビームに関する方針

- 短寿命核ビーム実験に関しては、原研タンデム加速器の場所を利用した実験を希望。世界に先駆けた核分裂片ビームによる核物理・核化学・物質科学の研究をスタートする。これに伴い、本統合計画における短寿命核ビーム実験は２期計画とする。

■ 計画全体の進め方

- 計画を実現するには、理想的には総額 1,890 億円（Ⅰ期）が必要。
- 計画全体の経費が５－６年で出資不可能な場合でも、全体計画を出資可能な年次計画に変更して全体計画を進めたい。
- その場合、時期的な順序付けを行って建設する。いかに順序づけるかは、財政当局と相談しながら柔軟に対応する。そのための検討も推進チームで行っている。

RALでのミュオン研究との違い

施設名	陽子 エネルギー	平均電流	パルス 繰り返し	ポート数	運転開始年
KEK-MSL	500 MeV	5 μ A	20 Hz	3	1980
EC-MUON	800 MeV	200 μ A	50 Hz	3	1987
RIKEN-RAL				3	1995
統合計画	3 GeV	333 μ A	25 Hz	13	2006 (予定)

- 統合計画では日本国内に大強度のミュオン施設ができ、日本国内外の共同利用者に使い易い研究環境が構築される。
- RAL と比較して6 倍増の出力の陽子加速器が得られる。
- RIKEN-RAL ではミュオン触媒核融合の基礎実験を中心に研究が展開されている。
- 統合計画では物質・生命科学研究ならびに原子核・素粒子物理実験等、幅広い分野での研究が展開される。

SNS や ESS との比較

大強度陽子加速器計画 (I 期)



多目的

1 MW中性子散乱

ミュオン科学

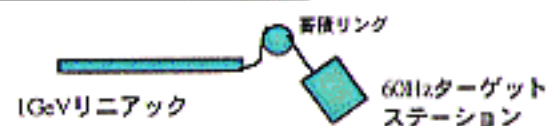
原子核・素粒子

ニュートリノ

核変換技術

1,890億円

SNS計画 (米国、建設中)

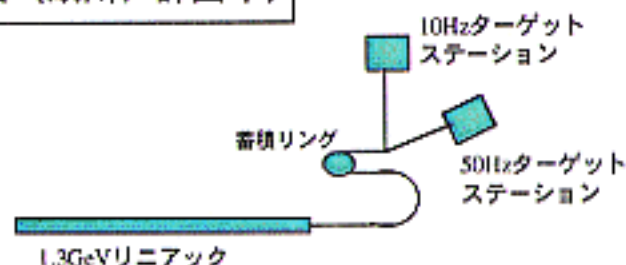


単目的

2MW中性子散乱

1.3B \$ (約1,400億円)

ESS計画 (欧州、計画中)



単目的

5MW中性子散乱

935MECU (約1,300億円)

ユーザー層の拡がり

■ 世界最高性能の施設 ⇒ 世界の研究者の魅力

- 中性子研究者数の増加傾向から、完成後には利用者数は倍増すると予測。
 - 特に、国内およびアジアオセアニア地区からの多くの参加が期待される。総勢2000-3000人規模が期待される。
 - * さらに啓蒙活動及び利用環境の整備により、民間利用を促進
- 原子核・素粒子実験では世界各国に国際的実験チームが結成
 - 特に、欧州および米国からの多くの参加が期待され、すでに諸外国で実験チームが結成されつつある。
 - 総勢1000人強の規模が期待される。
- 核変換では世界初の専用加速器駆動実験施設として研究者が世界から集結すると予想。