



リニアックのエネルギー回復について

高エネルギー加速器研究機構
日本原子力研究開発機構

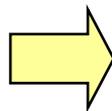
(発表者: 永宮正治 (J-PARCセンター長))



リニアックエネルギーの回復とは

- リニアックは、当初400MeVで計画されていたが、前回平成15年評価部会において、3GeVシンクロトロン設計変更に伴い、200MeV(181MeV)で運転を開始することが認められた。
- 入射エネルギーが181MeVの場合、3GeV陽子ビーム出力は1MWの当初目標($3\text{GeV} \times 0.333\text{mA} = 1\text{MW}$)が達成できず、最大0.6MWとなる。
- 入射エネルギーを400MeVとすることにより、3GeV陽子ビーム出力1MWが達成される。

リニアックエネルギー回復
181MeV ⇒ 400MeV



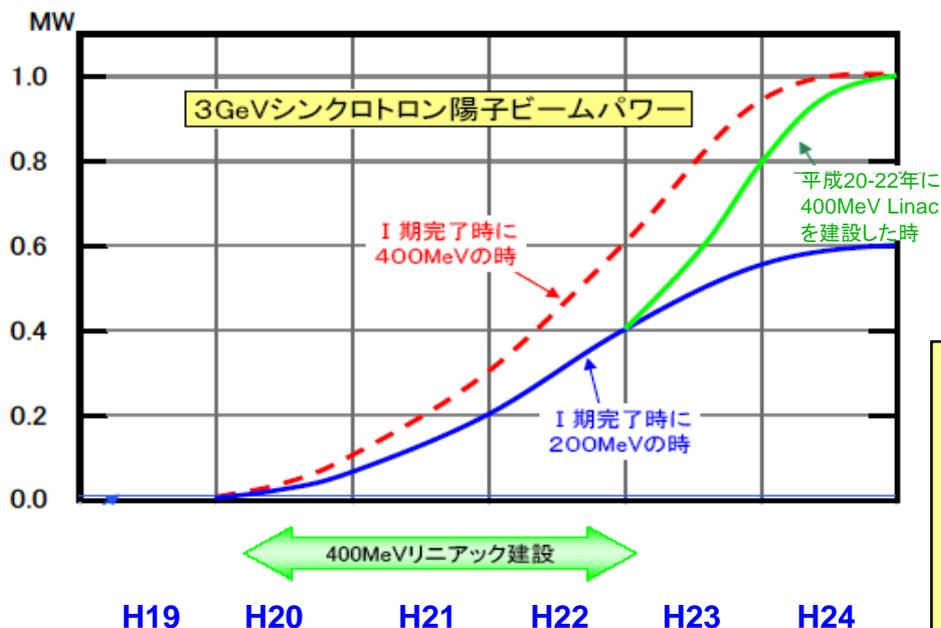
- 中性子源出力の0.6MWから1MWへ性能回復
- 0.75MWのニュートリノビーム強度を定常的に確保

平成15年度の中間評価での結論

4. 大強度陽子加速器建設計画の今後の進め方について (抜粋)

(1) 計画全体の見直しと今後の進め方について

第I期計画については、まず実験を開始することが重要であることから、リニアックについては、200MeVで当面建設を進めることが適切である。しかしながら、長期的には研究に影響があるため、当初求められている400MeVまでリニアックの性能をできるだけ早く回復する必要がある。したがって、200MeVでのリニアックの運転開始後速やかに整備に着手し、3年程度で完了することが適当である。

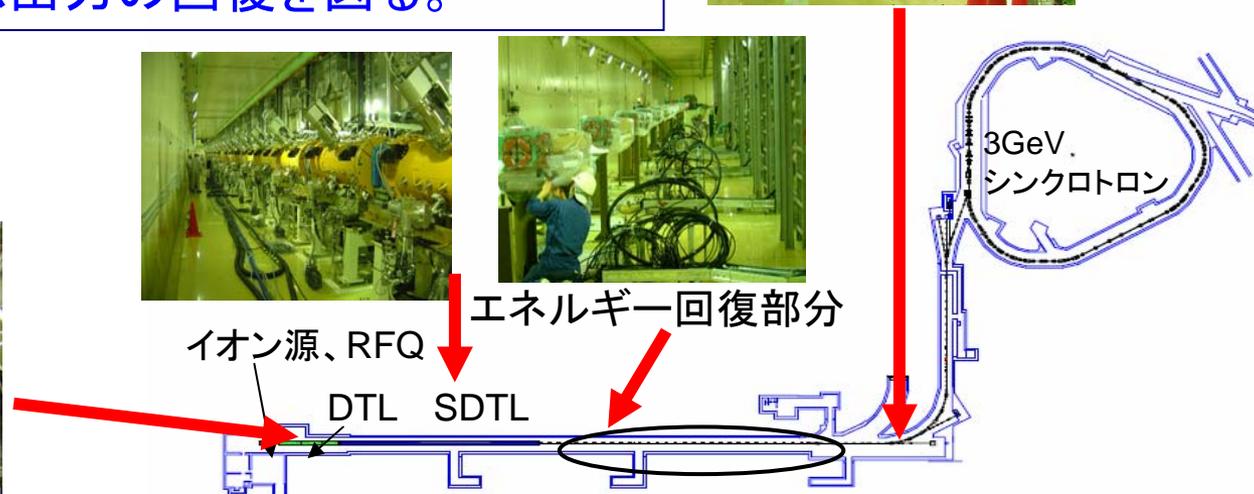


200－400MeVリニアックを平成20年から3年間で整備した場合のリニアック陽子ビーム出力の増強シナリオ

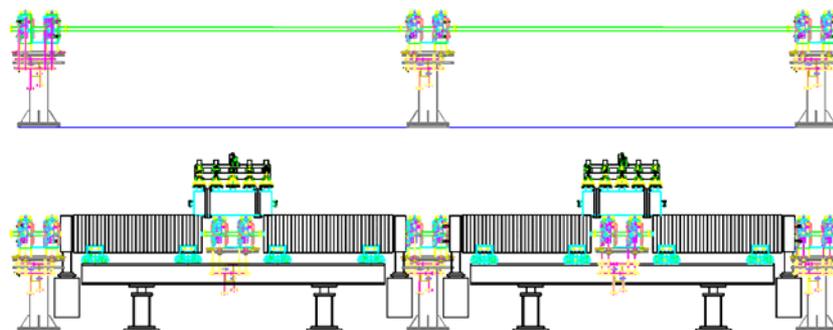
CSTPでの毎年の概算要求における科学技術関係施策における優先順位付けにおいても留意事項とされている。
○リニアックの当初計画性能への回復については速やかに対処する必要がある。

リニアックエネルギーの回復計画

目的: 当初計画であるリニアックのエネルギーを400MeVに回復し、3 GeVシンクロトロン(0.6MWから1MWへ)や50 GeVシンクロトロン(0.45MWから0.75MWへ)のビーム出力の回復を図る。



ビーム輸送系を
加速空洞に変更





400 MeVリニアック準備状況

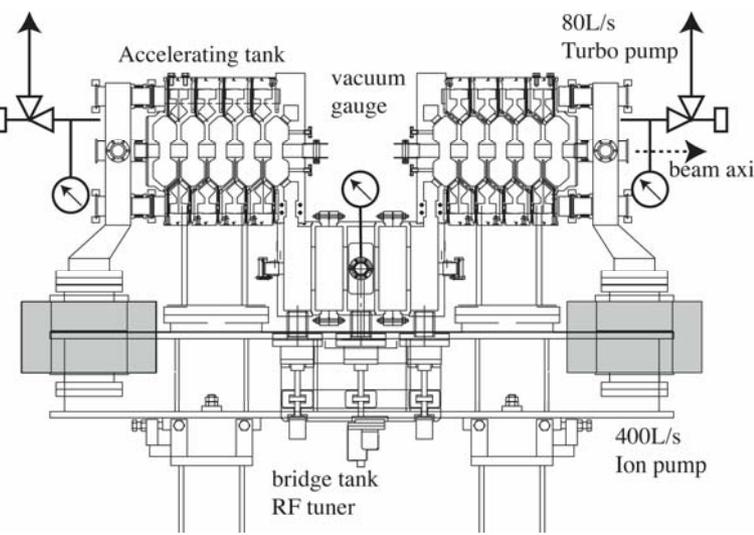
(技術的にはすでに製作開始可能)



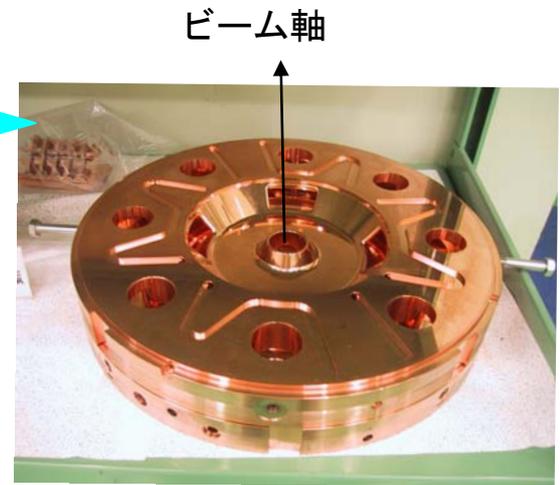
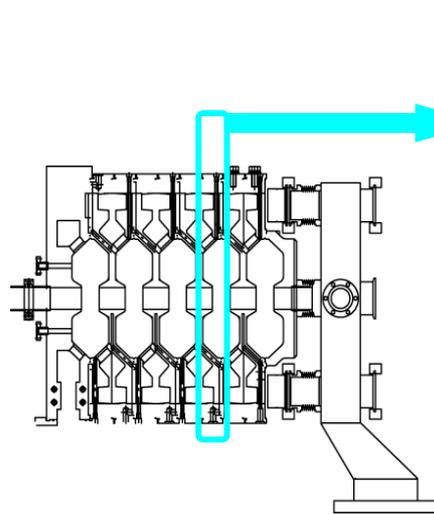
J-PARC用に新たに開発された大電力高周波源(クライストロン)



J-PARC用に新たに開発された軸対称な高周波加速空洞の原型機 (200-400MeV用)



大電力高周波投入準備中の高周波加速空洞原型機

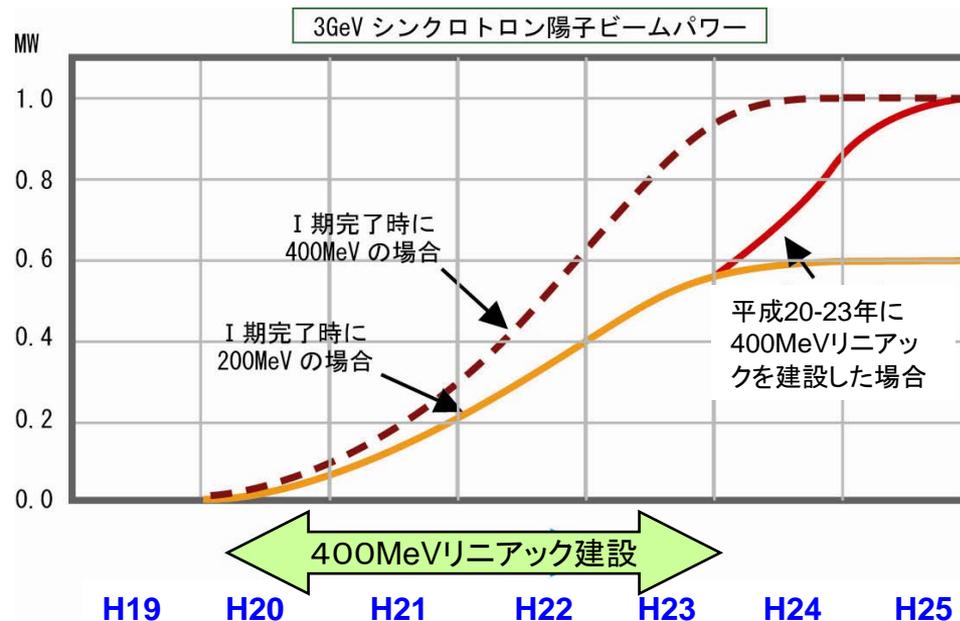


リニアックの増強計画

リニアック増強計画

(合計9,100百万円)

平成20年から平成23年の4カ年をかけて200－400MeVリニアックの製作及び据付調整を行う。平成20年度後半からの施設共用開始を妨げることはないよう、夏季メンテナンス期間などを有効に使うが、最終年度については夏季メンテナンス期間を超えた停止期間が必要である。



	第1年度	第2年度	第3年度	第4年度
製作、組立				
設計、準備	■			
製作、試験	■	■	■	■
夏季メンテナンスのための停止	←→	←→	←→	←→
アップグレードのためのビーム停止				←→
据付		■ (据付準備)	■ (据付準備)	■
エージング、調整試験				■
予算 (百万円)	600	2,500	3,000	3,000



1MW パルス中性子源となることによる効果

中性子強度増加の効果

- 測定時間半減による成果創出速度の増大
 - より多くのデータが取得でき、精度の高い成果を短期間で得ることができる。
 - 新規分野の開拓が促進されるなど、より多くのユーザーが利用可能となる。
- 実験精度の向上による成果領域の拡大
 - 中性子強度の向上により、測定データにおけるノイズ(バックグラウンド)の影響を小さくすることができるため、実験精度を向上させることができる。
 - これにより微小結晶での測定が可能となり成果領域が拡大される。
 - 高温超伝導材などの新材料の試料やタンパク質結晶の多くは大きく結晶化させることが、一般的に困難である。
 - 解析可能なたんぱく質の種類は、0.6MWと比較して、1MWでは2倍程度に増大

1 MWで加速する生体高分子の中性子構造解析

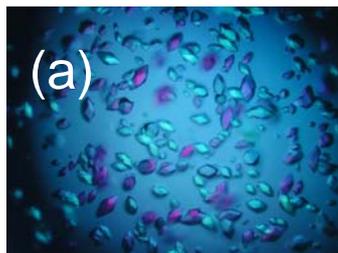
ビーム強度の増大↗



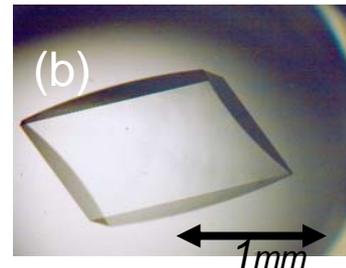
結晶体積の低減↘

and/or

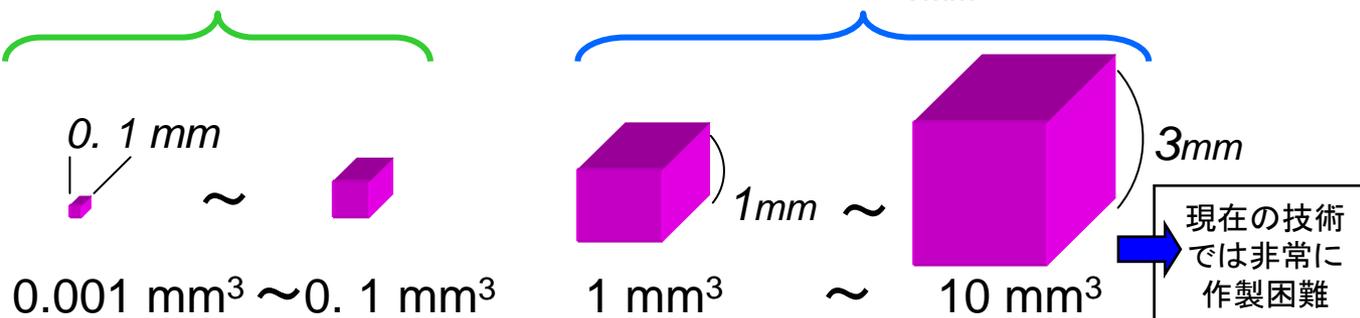
測定可能な格子長の増大↗



X線結晶構造解析に用いられる微小結晶。



中性子結晶構造解析に用いられる大型結晶。



構造解析に必要なタンパク質結晶

■ J-PARCで測定可能な結晶サイズ

J-PARC 0.6MW では 0.2mm³まで測定可能 (DB登録タンパク質の45%)

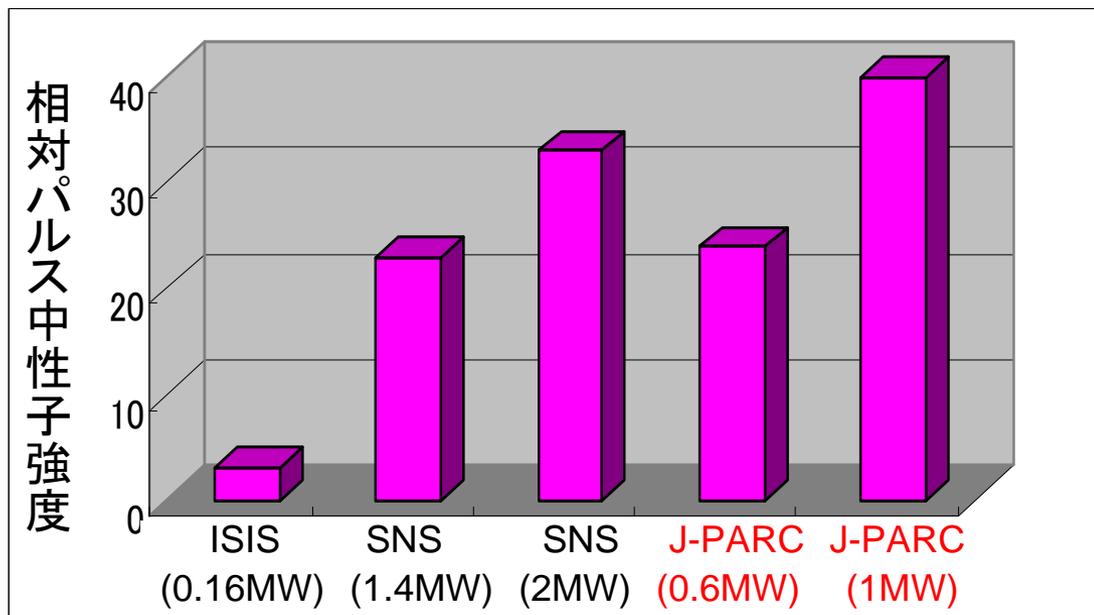
J-PARC 1MW では 0.08mm³まで測定可能 (DB登録タンパク質の80%)

(参考) JRR-3での測定では、特殊な技術でのみ作製可能な8mm³の結晶サイズが必要

- 現在の一般的技術で作製できる結晶の大きさは最大0.1mm³程度
- 0.2mm³以上のサイズの結晶作製は極端に難度がアップ

中性子ビームのパルス強度

- J-PARCは1MWにすることで、SNS(2MWが目標)を超える世界最高のパルス強度を持つことになり、他施設の及ばない国際競争力を獲得できる。



リニアックエネルギーと中性子源出力

リニアックエネルギー	中性子源平均出力
200MeV	0.6MW
400MeV	1MW

$$\text{パルス強度} \sim \frac{\text{中性子平均出力(MW)}}{\text{1秒間の繰り返し数(Hz)}}$$

SNSは繰り返し60Hz、J-PARCは繰り返し25Hzであるため、一つのパルスあたり強度は実効的に大きくなる優位性がある。

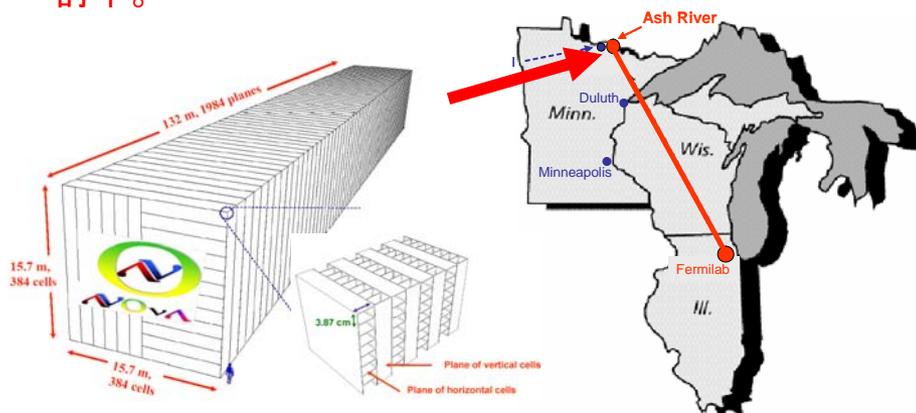
パルス強度は瞬間的な明るさに相当しており、より鮮明な情報を得るために必要

MW 級ニュートリノ源の必要性

- 電子ニュートリノ出現発見の熾烈な国際競争
- NOvA実験(米): 予算要求中(*)
 - FNALの既存のビーム、新たな検出器
 - 平成20年(2009年)検出器建設開始、平成23年(2011年)5千トンの検出器で部分的開始
 - 最終的には~3万トン級の検出器
 - 平成21年(2009年)までは700kWビーム。その後増強、平成24年(2012年)からは1.2MWビーム
 - 感度はT2Kに匹敵

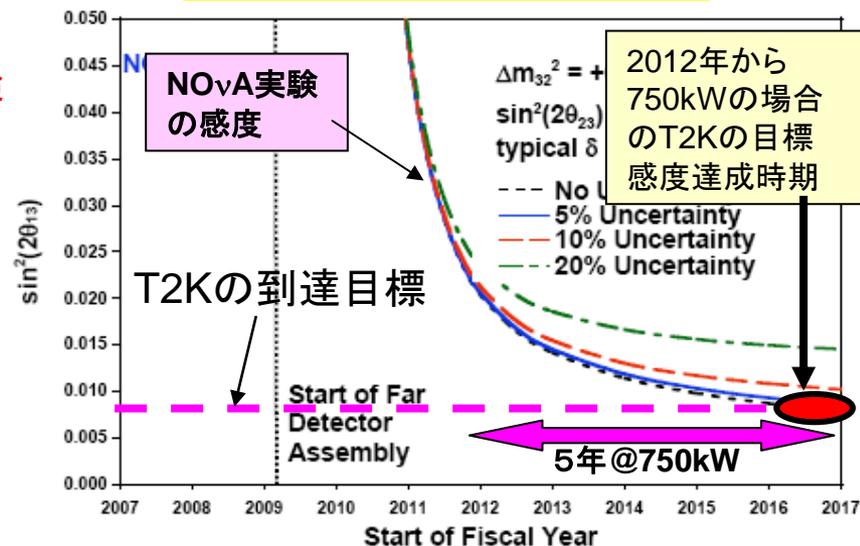
■ T2K感度の増強

- T2Kの目標感度達成には設計強度(750kW)で5年。
- NOvAを凌駕するために、T2Kに2km検出器の設置を検討中。



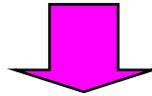
速やかにリニアックのエネルギーを回復し、所期のビームパワー目標を早急に達成することが極めて重要。

実験の感度の比較



リニアック性能回復のハドロン実験への効果

- 陽子ビームパワー増大による、K中間子ビーム強度の増大→実験課題毎の期間短縮(~0.6倍)



- 効率よく実験成果を挙げることが可能

リニアック性能回復前	リニアック性能回復後
三ハイパー核の発見(数ヶ月必要)	三ハイパー核の系統的研究(毎月1個の観測が可能)
ハイパー核ガンマ線の観測(2ヶ月に1ハイパー核)	ハイパー核ガンマ線の系統的研究(1ヶ月数個のハイパー核)
K中間子原子核の存在の確立	K中間子原子核の系統的研究
中性K中間子の稀崩壊モードの観測(世界最初の1事象の観測)	中性K中間子の稀崩壊モードの精密測定(より高統計の観測へ)
K中間子崩壊における時間反転対称性の破れの検証(1万分の1の精度)	K中間子崩壊における時間反転対称性の破れの検証(精度の向上へ)