



資料2
科学技術・学術審議会
大強度陽子加速器施設評価作業部会（第3回）
平成30年4月13日

前回中間評価の主な指摘事項に対する対応(2)

平成30年4月13日

J-PARC センター
中間評価対応チーム



(1) 研究能力の更なる向上

前回指摘された課題

- ・ <加速器・ニュートリノ> ビーム増強:

J-PARCは、世界最高強度の陽子ビームを活用して研究を行う施設であり、世界トップの成果を創出し続けていくためには、ビーム強度の増強が必要である。これまで段階的にビーム強度を向上してきているところであるが、当面の目標として、

MLFで1MW(第2回作業部会で議論)、

ハドロン実験施設で100kW、ニュートリノ実験施設で750kW

のビーム強度に一刻も早く達することが必要である。

- ・ <ハドロン>:

メインリングの高度化、ビームラインの効率的整備の検討

各施設における研究能力の更なる向上に向けて指摘された課題

< 加速器・ニュートリノ >

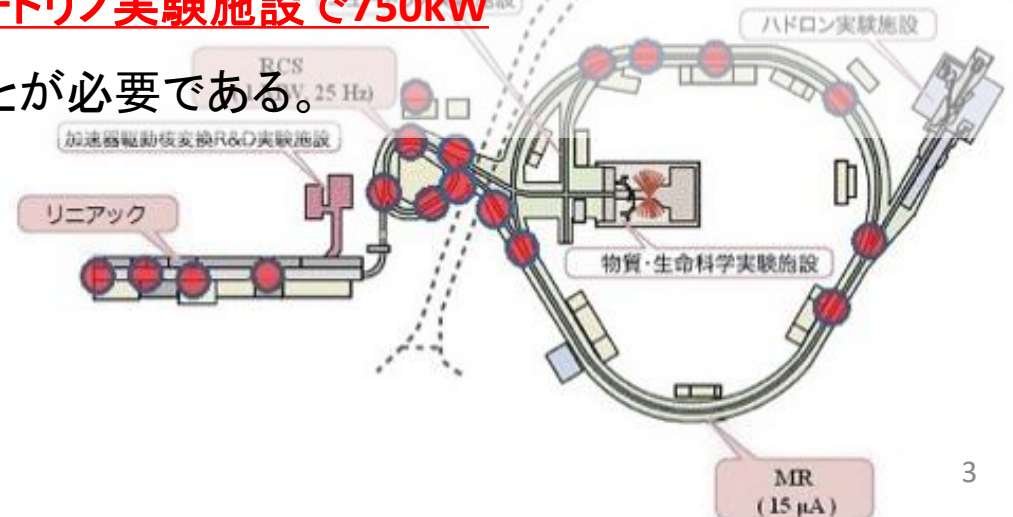
前回指摘された課題

J-PARCは、世界最高強度の陽子ビームを活用して研究を行う施設であり、世界トップの成果を創出し続けていくためには、ビーム強度の増強が必要である。これまで段階的にビーム強度を向上してきているところであるが、当面の目標として、

MLFで1MW(第2回作業部会で議論)、

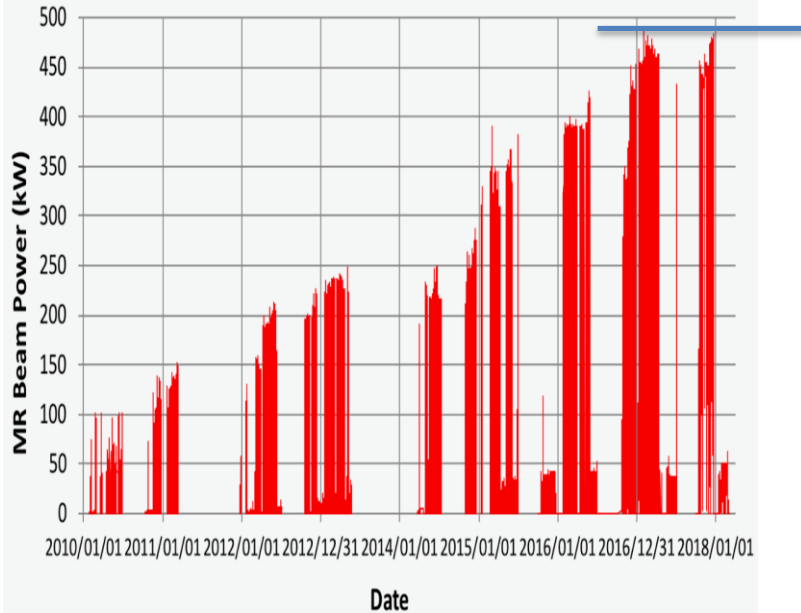
ハドロン実験施設で100kW、ニュートリノ実験施設で750kW設

のビーム強度に一刻も早く達することが必要である。



当初目標: 750kW → 電子ニュートリノ出現の発見

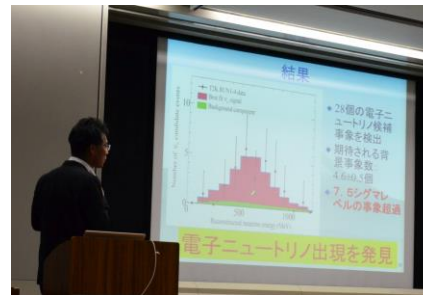
MR Beam Power 481kW達成



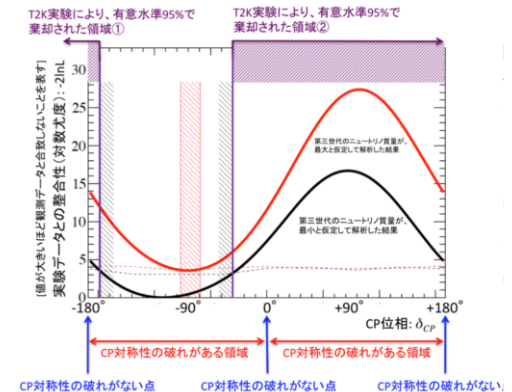
- ニュートリノ(速い取り出し): 481 kW 達成
 - 陽子 2.5×10^{14} 個/パルス (2.48秒)
 - ⇒ パルス当たりの粒子数は世界最高
 - 陽子 3.0×10^{13} 個/バンチ ← LHC の 200倍以上

- 世界に先駆けてミュー型ニュートリノから電子型ニュートリノへの変化を発見！ (2011-2013)
- 世界に先駆けてCP対称性の破れの兆候を捉えた
 - 95%以上の確度
 - 理論予想より大きめの破れ → 未知の法則の兆候？
- 国際的評価
 - 実験全体で6780引用(2017/12/2現在)
 - 数々の世界的な賞を受賞
 - Pontecorvo賞、Breakthrough賞、仁科記念賞、Le Prix La Recherche

電子ニュートリノ出現発見 記者発表(2013)



CP対称性の破れ95%以上の確度！



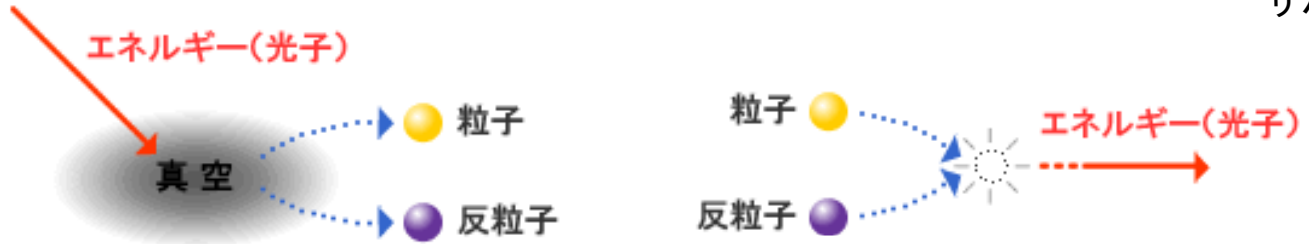
2013年には当初目標達成！
→ 次なる目標へ！

学術的意義

- 宇宙開闢時に粒子と反粒子は同数生まれる
- 粒子と反粒子が出会うと消滅



サハロフ



- 全ての物質(原子)のない宇宙: 星も人間も生まれない(矛盾)
- 宇宙初期にニュートリノの重い仲間が粒子をわずかに増やした可能性が高い。消滅の後におつりが残る(我々の種)

宇宙のはじまり(ビッグバンの頃)		現在
1,000,000,001個 の陽子(物質)	+	1,000,000,000個 の反陽子(反物質)
		=
		1個 の陽子(物質)

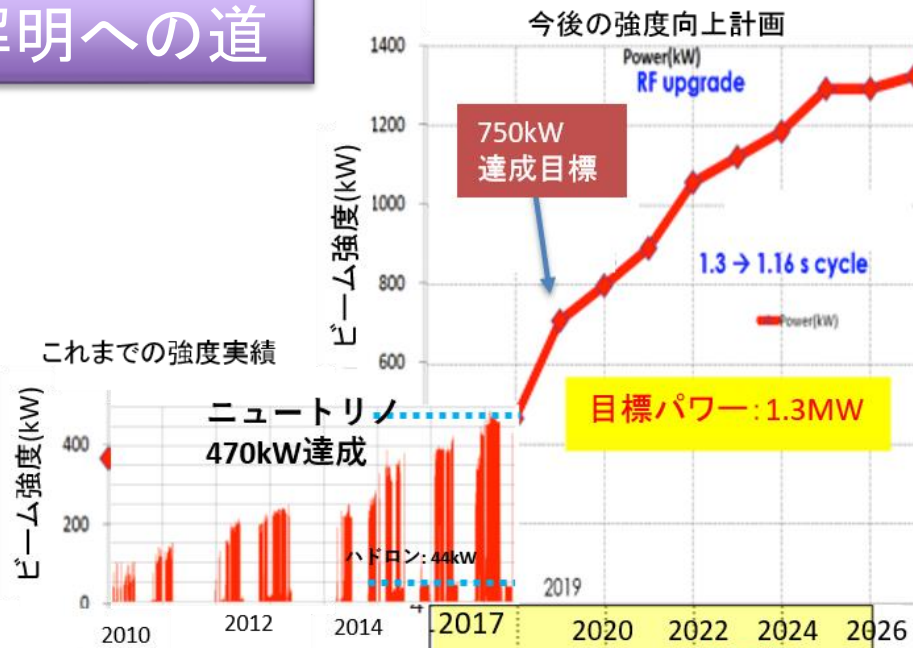
消えた反粒子の謎 = CP非保存

→素粒子物理学の緊急課題、世界的競争

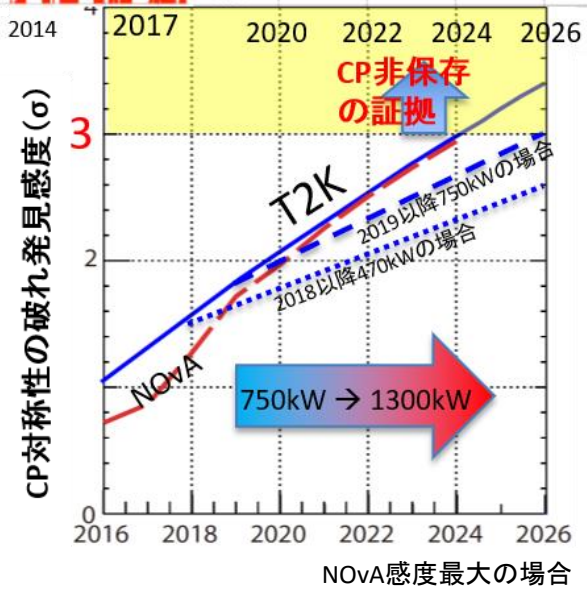
T2KからT2K-II: 宇宙の物質起源解明への道

新たな目標: 750kWから1.3MWへ
反電子ニュートリノ出現発見
CP対称性の破れ発見 をめざして。

- **CP対称性の破れ 3σ (99.7%)以上の確度で証拠を捉えることを目指す**
 - CP対称性の破れが最大の場合
 - **1. 3MWの必要性**
 - 反電子ニュートリノ反応3分の1
 - 小さい変化同士の違いを精密に測定
 - 国際競争: 米国NOvAと熾烈な競争
- さらなる大強度が必要(MR21億円+NU12億円)



熾烈な国際競争



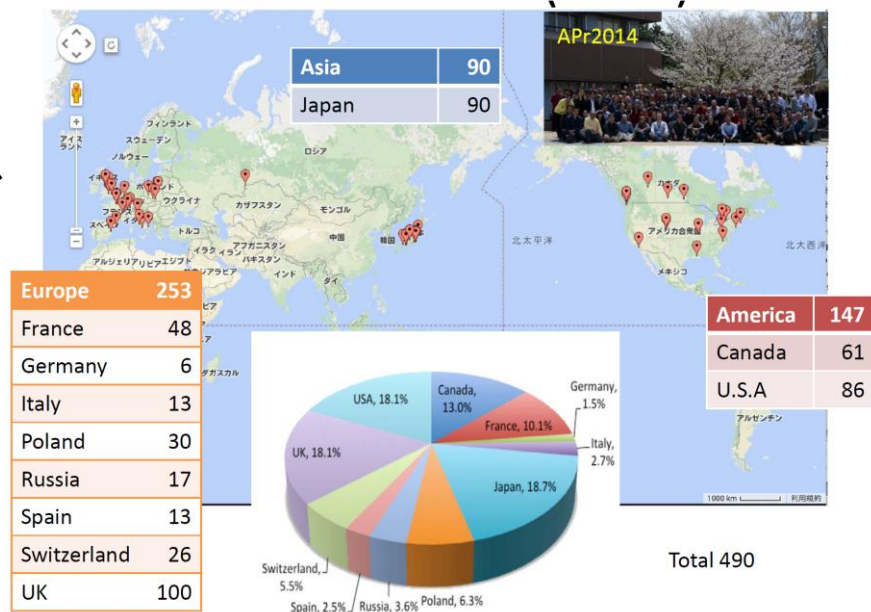
ニュートリノ実験施設

国際協力の状況

- 世界に先駆けた新たな発見への期待、日本の実験への信頼から、国内でははじめての真の国際共同実験
 - 12カ国、約500人の国際コラボレーション (日本~100)
 - T2K-IIの物理感度が世界の興味を再びあつめ、新しい参加機関
 - 最近ベトナムが参加、12カ国に
 - CERN
 - 建設、運転においても外国から大きな貢献
 - 実験施設建設: 33億円
 - 検出器運転経費: 毎年度約0.8億円

電源アップグレードによるビーム強度増強遅延、運転時間の深刻な不足により、国際競争、国際協力ともに危機的状況。

共通の運転維持費 1.1億円



実験装置建設費

国際貢献総額: 33億円

参加国、参加機関と貢献額	
北米	
カナダ、アメリカ	7.7億円
ヨーロッパ	
イギリス、フランス、スイス、スペイン、ドイツ、イタリア、ロシア、ポーランド	15.5億円
CERN、DESY(ドイツ電子シンクロトロン)	9.6億円(現物)
アジア・オセアニア	
韓国	0.2億円

主な実験装置



より速い繰返し:

2.48 s → 1.28 s → 1.16 s

- 主電磁石電源の増強
- RF空洞の高勾配化
- 入出射用パルス磁石の高繰返し化
- コリメータの増強

より多い陽子数/パルス:

- RF電源の増強
- RFシステムの増設
- フィードバックによるビーム不安定性対策

→ 750kW

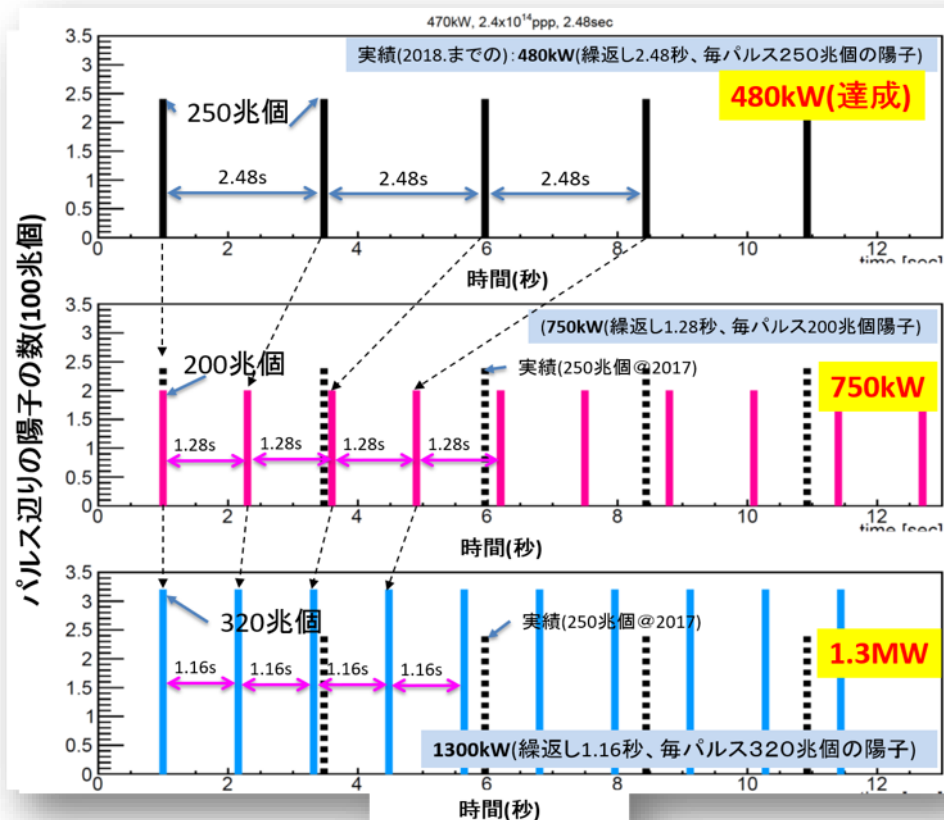
技術的には確立している。電源製作中。(予算待ち)

• 750kW → 1.3MW

技術的にはほぼ確立している。(大きなジャンプはない)

• 課題はビームロスの低減

スタディを重ねて改善していく

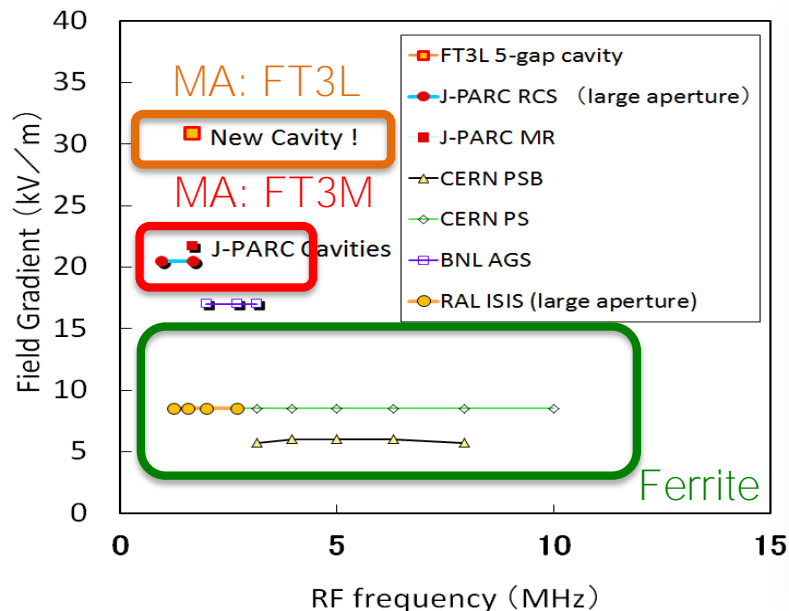


ビーム強度 (kW)	480 (Achieved)	930	1300 (Goal for T2K-II)
#p/p(10 ¹²)	250	250	320 (+28%)
Rep T (s)	2.48	1.28	1.16

電源アップグレード (建設中)

+13%⁸

新たに開発された金属磁性体(MA)による高勾配化は完了



高繰返し電源用
新電源棟3棟完成(2017年度)



新入射セプトム(1Hz対応)完了



高繰返し用
偏向電磁石電源初号機



現在、高繰返し用電源の製作(量産)を継続中。予算待ち。

JFY	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
Event	New buildings		HD target		電源更新 長期停止			
FX power [kW]	475	>480	>480	>480		>700	800	900
SX power [kW]	50	50	50	70		> 80	> 80	> 80
Cycle time of main magnet PS	2.48 s	2.48 s	2.48s	2.48s		1.32 s	<1.32s	<1.32s
New magnet PS		Mass production installation/test						
High gradient rf system 2 nd harmonic rf system		Manufacture, installation/test						
Ring collimators	Add.collimators (2 kW)				Add.colli. (3.5kW)			
Inject FX sy	Kicker PS improvement, Spoke manufacture/test							
SX coll shield								
Ti ducts and SX devices with Ti chamber	Ti-ESS-1	(Ti-ESS-2)						

- 電源完成予定: 当初2018年度から2019年度
- さらに、このまま予算措置がなければ、2021年度以降に遅れる
- 国際競争、国際協力が極めて深刻な状況にある

運転経費の確保

- 目標: 9サイクルx90%以上**
 - T2K: 熾烈な国際競争:5サイクル
 - ハドロン/COMET: 4サイクル
 - 物理的意義をPACで認められた多くの実験がビームタイム待ち
- 現状: 約2/3にとどまる**
 - 効率: 要保守、予備経費増
 - サイクル: 6割にとどまる
- クリティカルな保守、予備経費を犠牲にして辛うじて確保**
 - 故障すれば年オーダーの停止
 - 例: 電磁ホーン、ハドロン標的予備なし
 - 世界の研究をリードし続けるのは「神頼み」
 - そうなればユーザーのニーズに答えられない、かつ国際競争、国際協力が危機的状況に。
 - 世界の研究拠点たり得ない。
- 運転経費の増額が喫緊の最重要課題**

ハドロン+ニュートリノの物理測定時間



維持費(億)	2017
MR電源	4.5
MLF(K)	5.1
ニュートリノ	1.8
ハドロン施設	2.0

物理測定時間	配分時間	運転効率	物理測定
目標	198	>90%	>178
実績 (FY2014-2017)	139	79%	110 (5cycle)
比			62%