

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 >

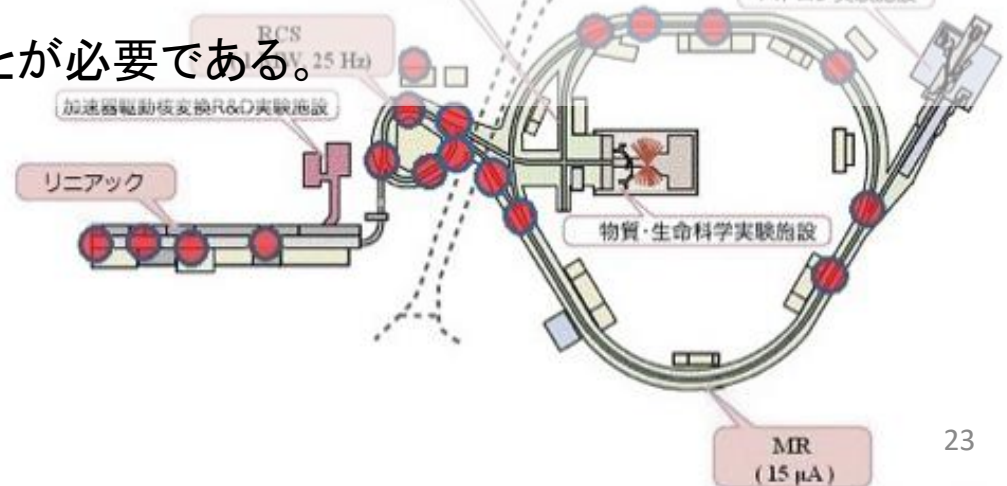
## 前回指摘された課題

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、

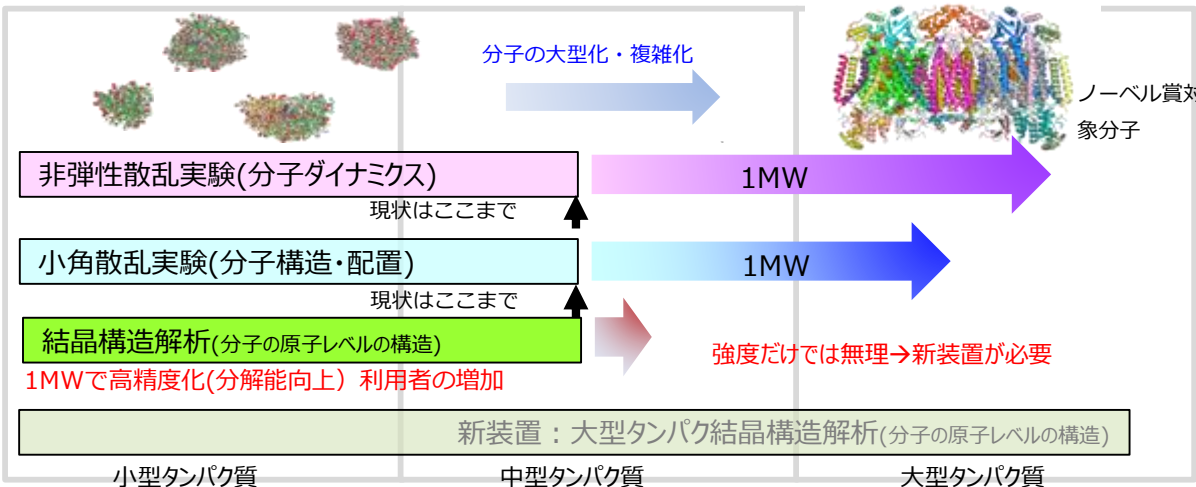
MLFで1MW、

ハドロン実験施設で100kW、ニュートリノ実験施設で750kW(第3回作業部会で議論)

のビーム強度に一刻も早く達することが必要である。



## 生命科学分野:3つの方向性 1)結晶構造、2)溶液構造、3)ダイナミクス



### タンパク質結晶構造解析における課題

生物分子研究のトレンド(研究課題)

- ① 巨大分子ならではの特質(量子効果)
- ② 複合体の中での分子の役割
- ③ 夾雑環境下での分子機能の可視化

高いS/N比が必須

### 溶液構造、ダイナミクス研究における課題

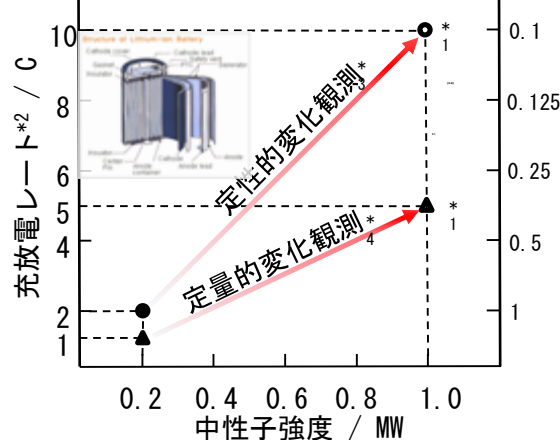
試料の分子サイズが大きいと分子濃度が低い

→ 1MWの出力による強い中性子が必須

生命科学で成果を出していくには試料環境、計算環境、重水素化ラボの整備が重要

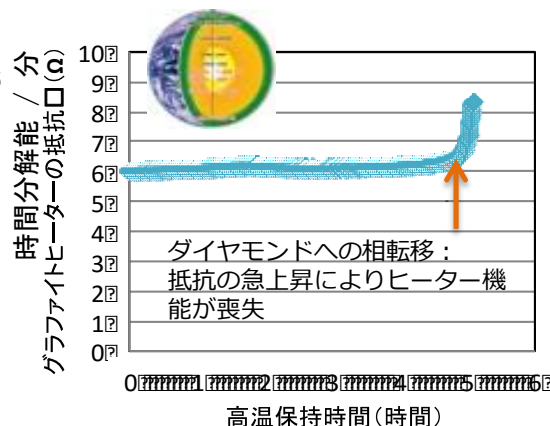
### 電池反応オペランド測定

中性子回折による利用環境と同じレートでの構造変化観測が必須=1MW で実現



### 地球科学:極端条件下での測定

大強度中性子ビームによる短時間(最大4時間程度)の測定が必要



### 世界競争に勝つための1MW



タンパク質結晶構造解析:現時点でJ-PARCで決定された構造は全世界の約4%。1MWに増強することで割合を4%→20%へ。中性子生命科学分野において、日本が欧・米との3極を担うためにはビーム増強は必須。

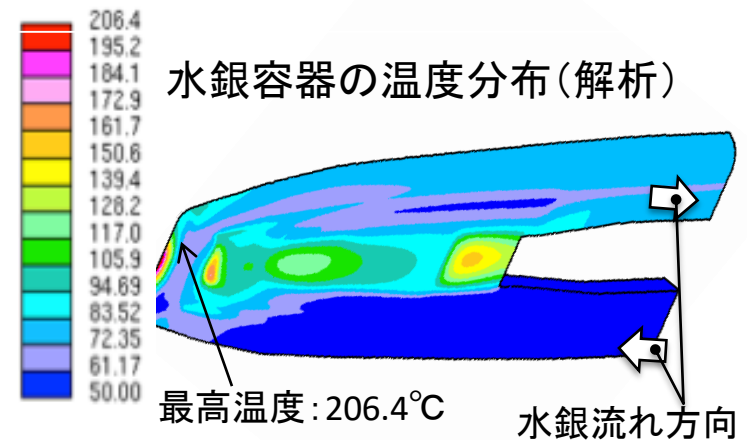
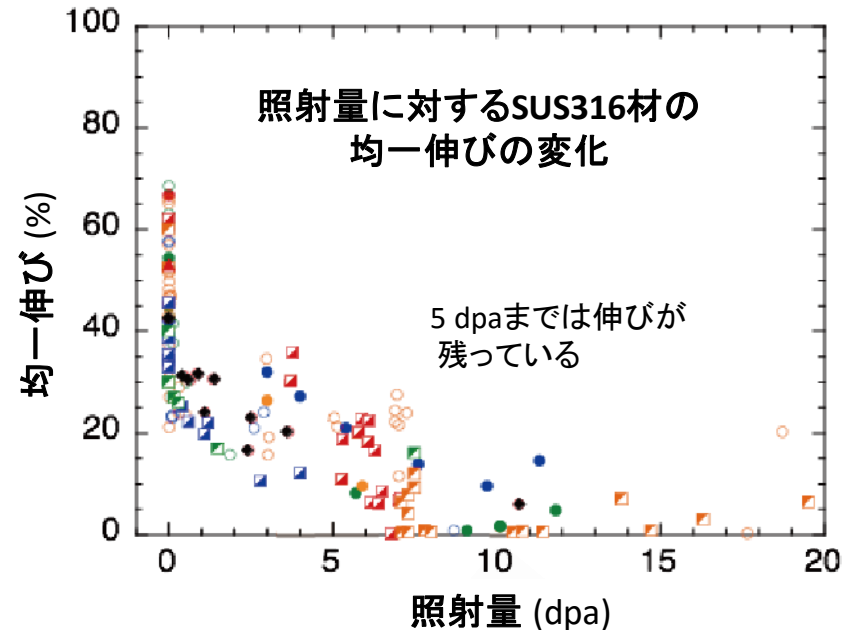
## 中性子標的の設計から、1MWに設定した技術的理由(MLF)

### ➤ 材料損傷の寿命:5 dpa を設定

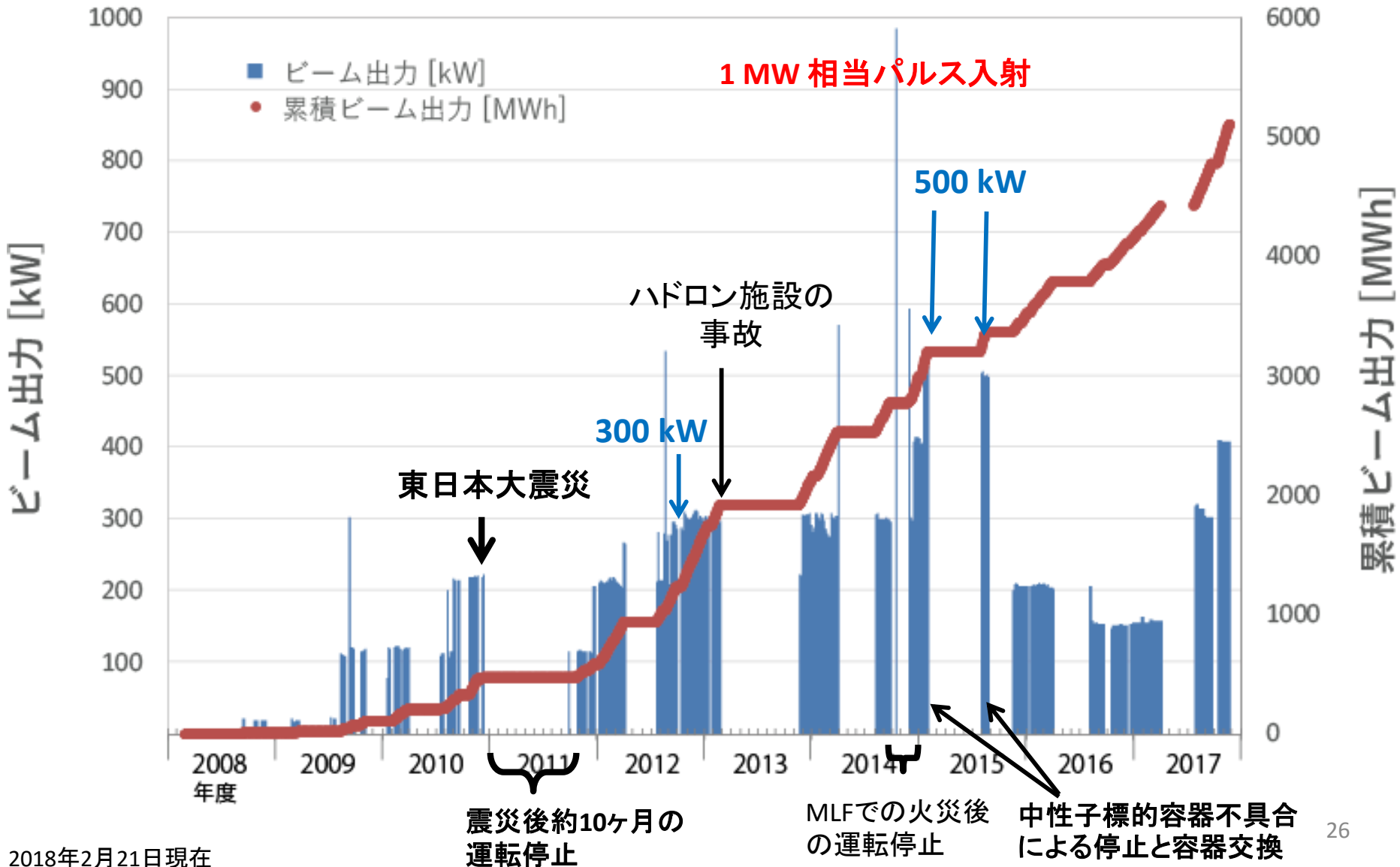
- 標的容器材料(SUS316L)の均一伸びを指標
- 1 MW時に 2500 時間(半年運転)で 5 dpaに到達
- 米国 SNSでも標的容器の運転期間を半年に設定

### ➤ 標的の熱負荷(冷却性能)

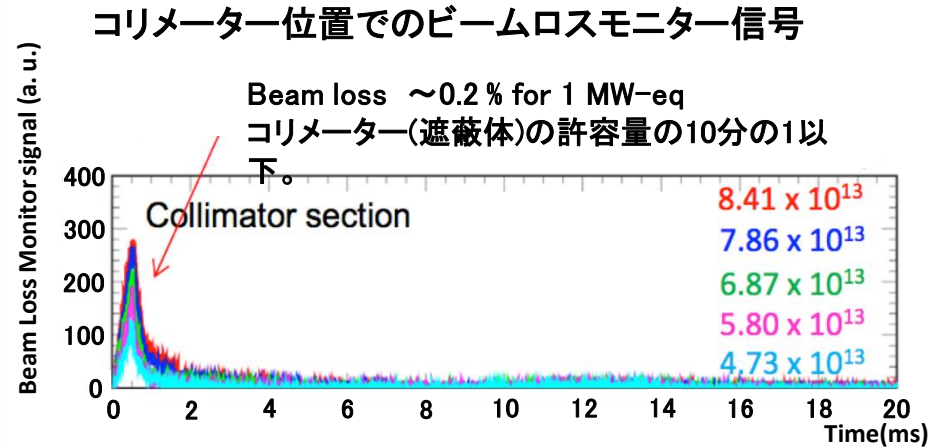
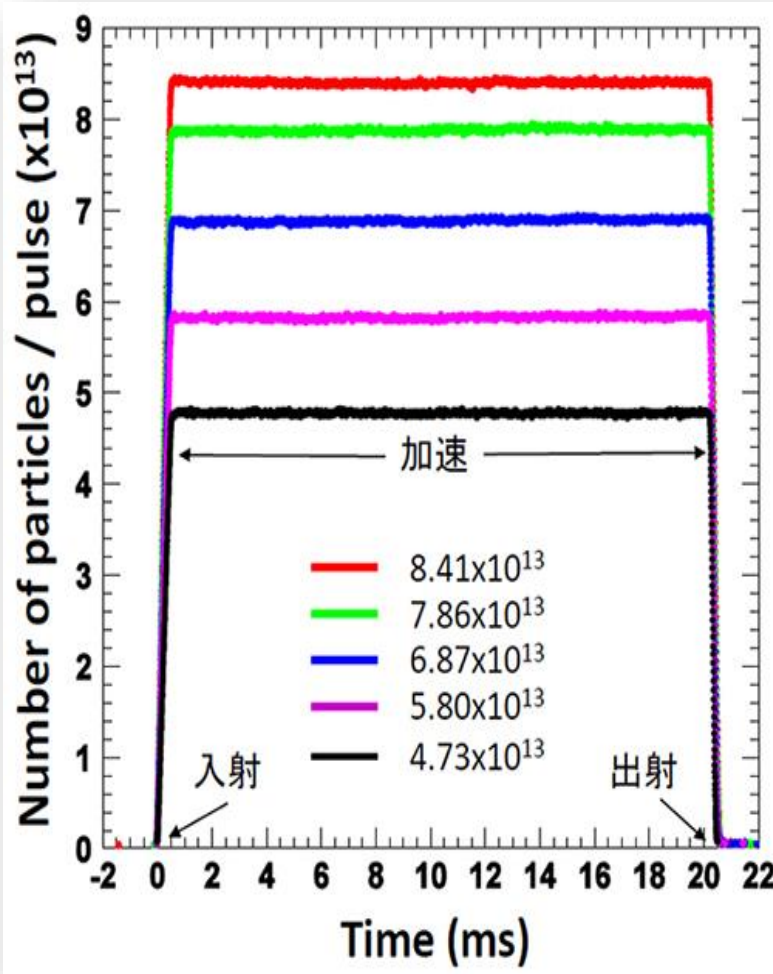
- 中性子標的容器の設計で準拠するJIS圧力容器の構造設計基準では、材料の許容応力が温度の上昇とともに低下.
- 構造健全性を確保するために、容器の最高温度の設計条件を200°Cに設定.
- 熱流動解析による評価で、1MW出力時に中性子標的容器の先端(陽子ビーム入射部)の温度が約200°Cまで上昇.



MLF(目標1MW):500kWの利用運転実施(H27年4月、11月)  
 1MW相当パルスでの試験運転成功(H27年1月)



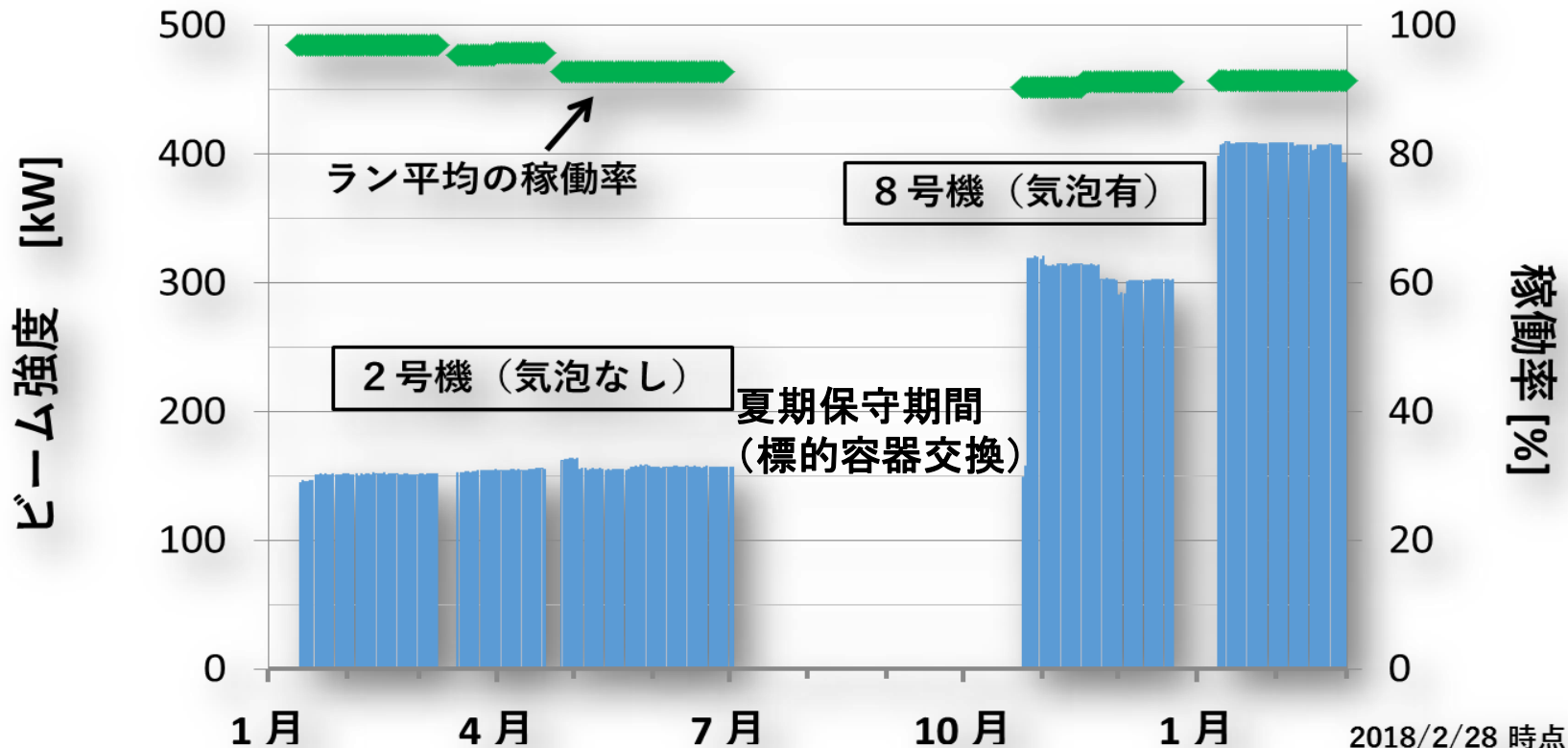
MLF(目標1MW):1MW相当パルスでの試験運転成功(H27年1月)



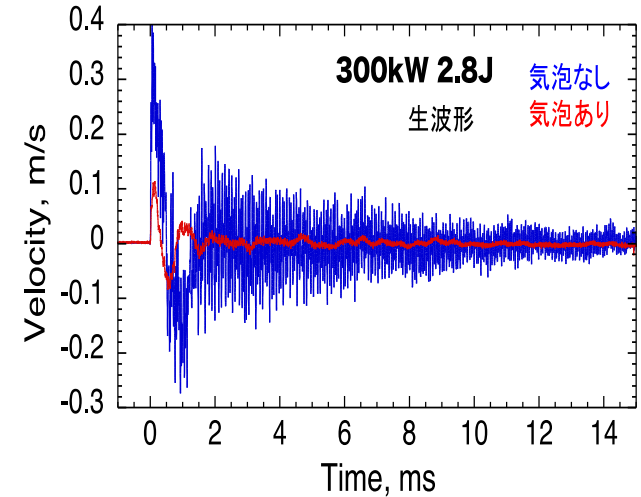
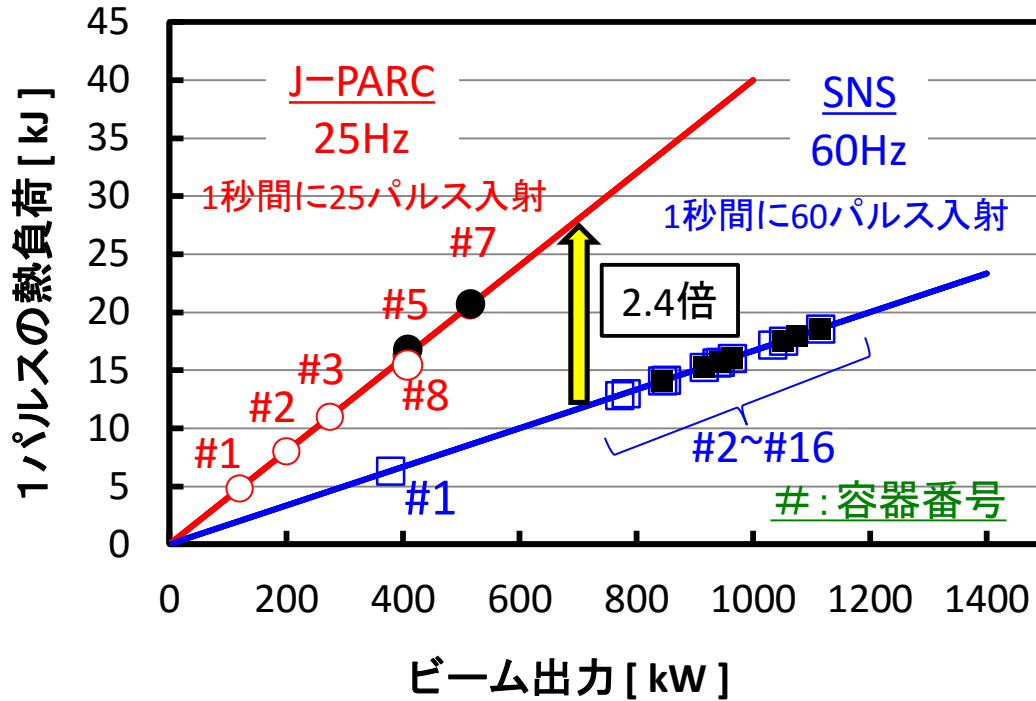
|   | 1パルス当たりの粒子数           | 25Hz運転時のパワー換算値 |
|---|-----------------------|----------------|
| — | $8.41 \times 10^{13}$ | 1010 kW        |
| — | $7.86 \times 10^{13}$ | 944 kW         |
| — | $6.87 \times 10^{13}$ | 825 kW         |
| — | $5.80 \times 10^{13}$ | 696 kW         |
| — | $4.73 \times 10^{13}$ | 568 kW         |

1MW相当のビーム加速に成功。今後は、高出力条件下での安定運転技術の確立、及び構成機器の経年劣化対策が不可欠。

- 夏期保守期間に、従来より構造の堅牢性を改良した新しい中性子標的容器(8号機)に交換
- 中性子標的容器8号機では、高出力運転時に不可欠なピッチング損傷対策として、微小気泡の注入機能等を装備
- 2017年10月から300 kWの運転を行い、2018年1月からは、400 kWに増強
- 年度を通して安定な運転を実施: 166日の利用運転、**約92%の良好な稼働率**(2月末現在)

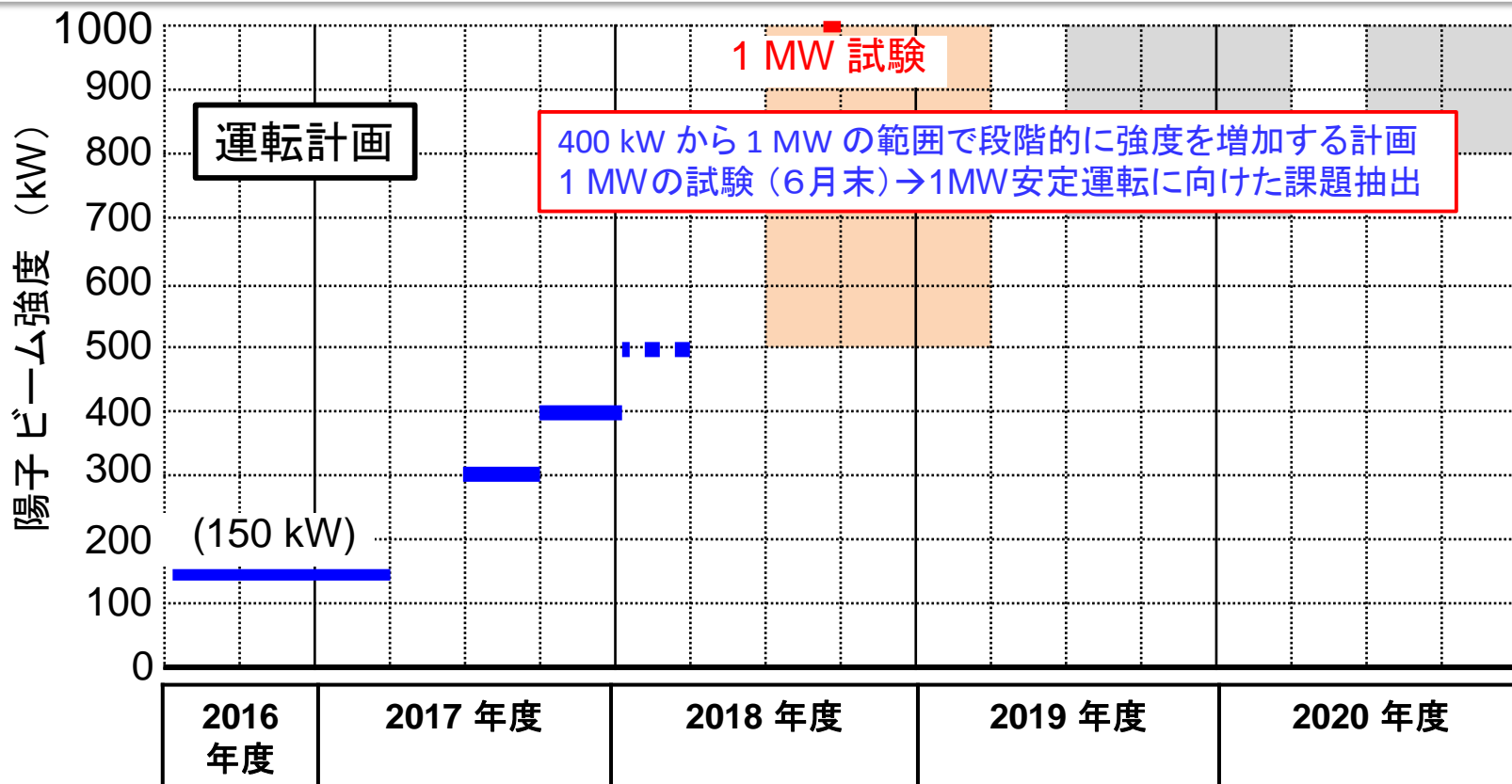


## —J-PARCと米国SNSの水銀ターゲットが受ける陽子ビーム条件の比較—



流動水銀への微小気泡注入技術開発により陽子線励起圧力波(衝撃)の低減に成功  
 但し、同出力下の1パルス当たりの熱負荷はJ-PARCがSNSの2.4倍

- 陽子ビーム入射による**衝撃損傷は1パルスの熱負荷が支配要因**
- J-PARCの水銀ターゲットが受ける**1パルスの熱負荷は既に世界最高レベル**
- SNSの水銀ターゲットは、これまで稼働した16基のうち7基が水銀容器の不具合で計画外停止(■印)



- 世界最高強度の核破砕中性子源であり、未知の領域で新たな基礎データを構築しながら、耐久性能の予測精度を向上させてゆくプロセスが必須。
- ユーザーへの **安定なビーム供給と、1MWへの出力増強**を両立させるミッションの達成。



**照射後材料試験(PIE)技術**を整備し、新たな領域の現象を捉えて評価し、中性子標的容器の耐久性の評価及び向上と、経済的かつ合理的運転につながる基礎データを構築する。

SNSの標的容器で観測されたピitting損傷の実例



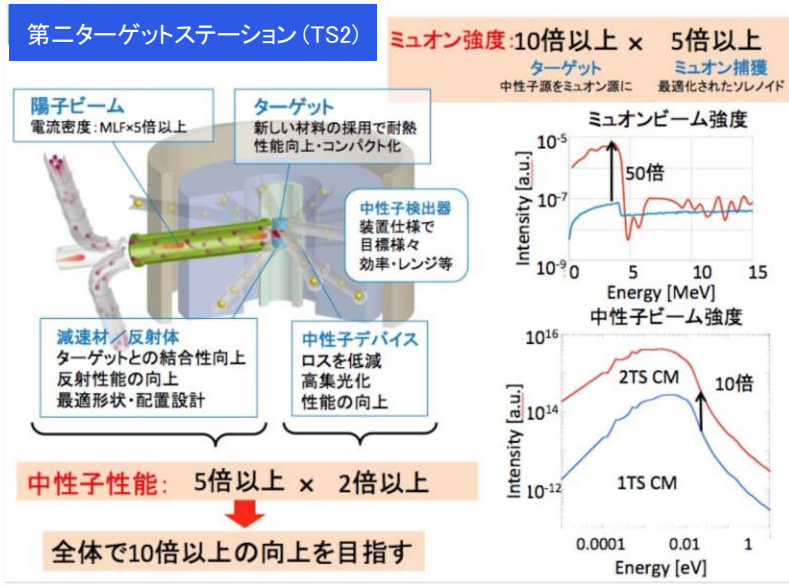


# ビーム強度の増強 MLF:1 MW に対する今後の課題(案)

➤ MLFについては、安定運転を第一としつつ、1MWを着実に目指していくべきではないか。

今後、安定運転を第一としつつ、1MWを着実に目指していく為には、**高出力条件下での安定運転技術の確立**、及び施設全体を構成する機器を単に代替機器を取り付けるのではなく、最新の技術を反映した機器を導入していく。これにより、**施設全体の高度化**を促進すると共に、**機能喪失・劣化を最小化**する。併せて、**高度に放射化した機器の取り扱い技術を整備**することも重要であると考えている。

また、将来のニーズや国際競争を見据えて、世界最先端の施設であり続けることを念頭に、**次期計画を具体的に策定**を進めることも行っていく。



TS2 で実現するサイエンスの展開