

東海to神岡 長基線ニュートリノ実験

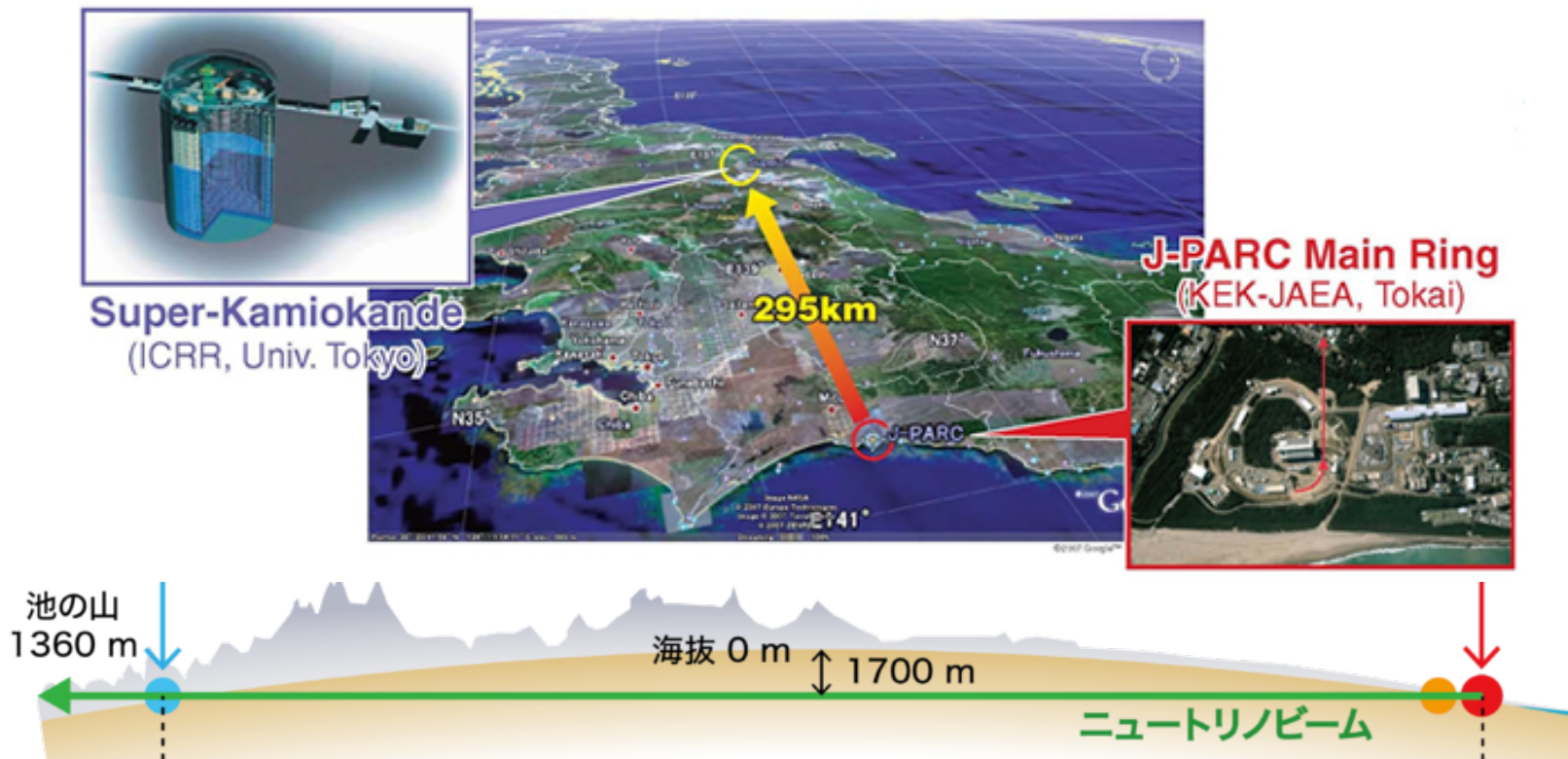


東京大学宇宙線研究所共同利用研究成果発表会 (2021年2月8日)

松原 綱之 (KEK) for the T2K Collaboration

T2K実験

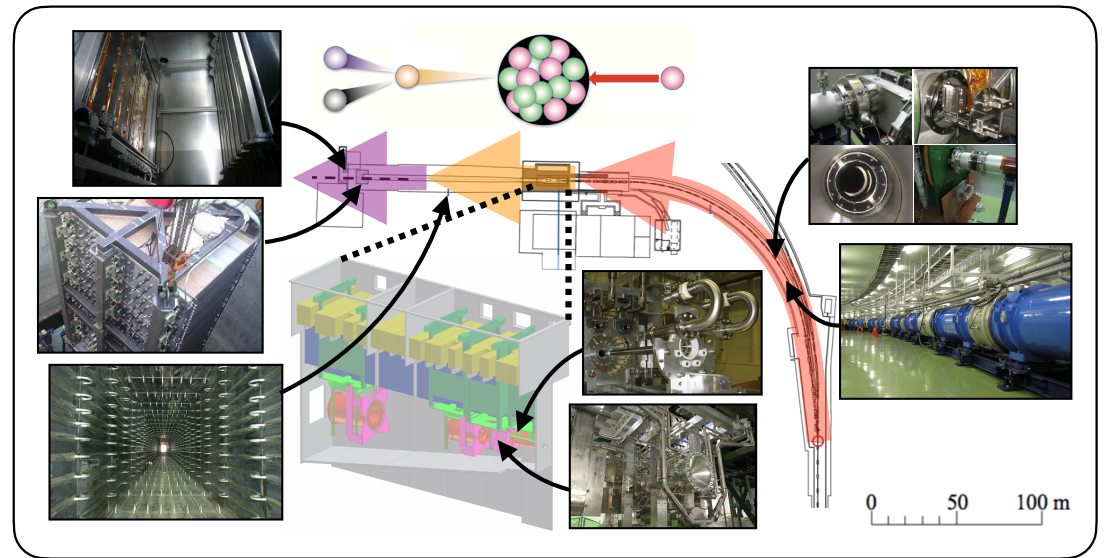
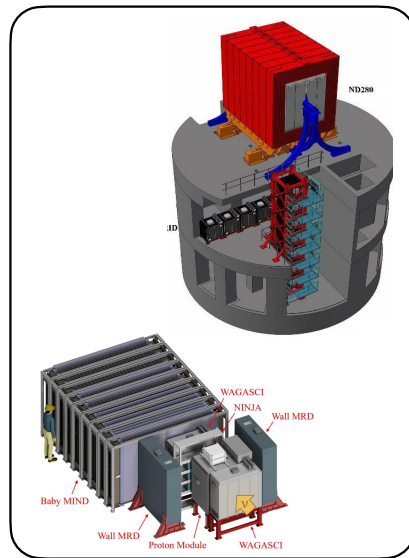
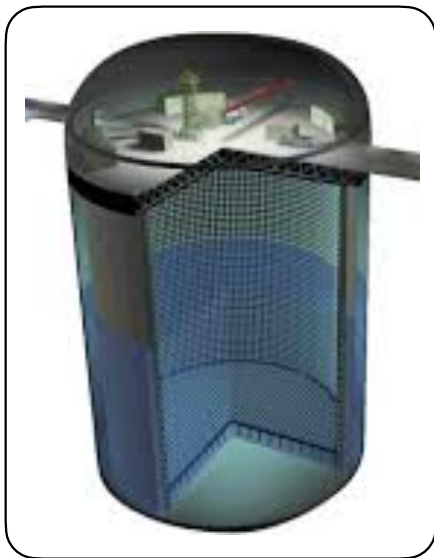
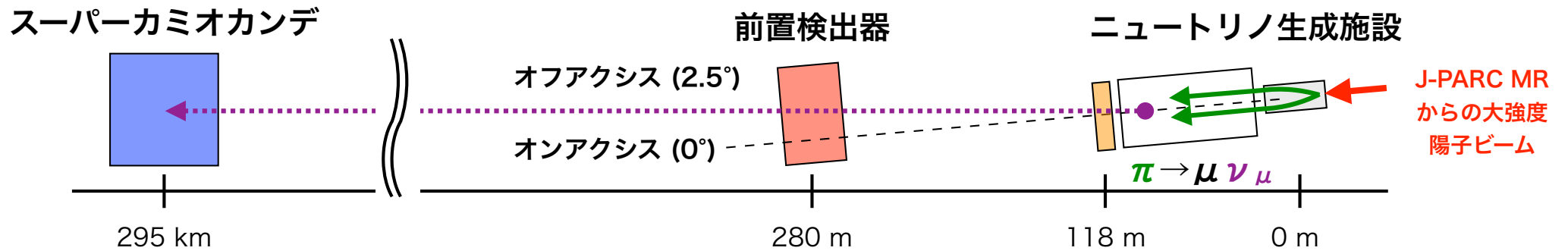
茨城県東海村のJ-PARCで生成したミューニュートリノビームを、岐阜県飛騨市神岡町にあるスーパーカミオカンデに打ち込み、「ニュートリノ振動」の性質を調べる実験。



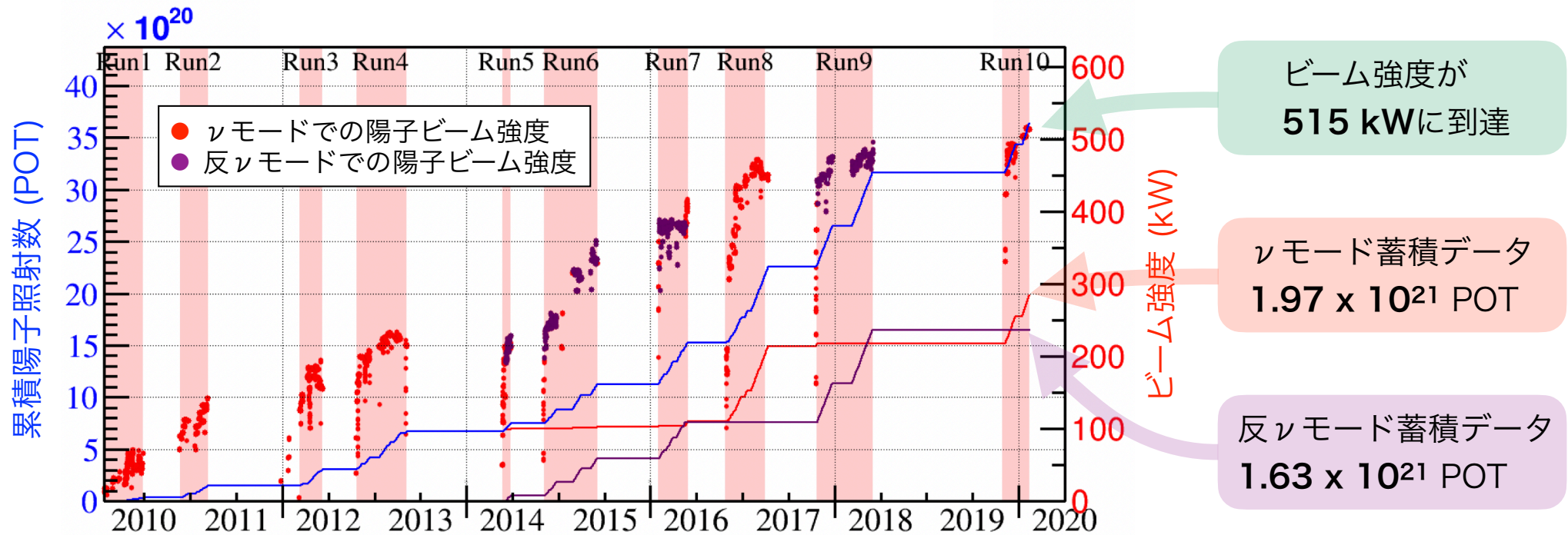
- ・ ミューニュートリノ消失事象：混合角 θ_{23} 、質量二乗差 Δm^2_{32} の精密測定
- ・ 電子ニュートリノ出現事象 (実験開始時未発見)：混合角 θ_{13} 、CP位相 δ_{CP} の測定

実験装置

- J-PARCメインリングから取り出した陽子よりニュートリノを生成
(電磁ホーンの極性を変えることで ν /反 ν を切り替えて生成)
- 前置検出器でニュートリノビームの方向・量・反応などを詳細に測定
- スーパーカミオカンデで振動後のニュートリノを観測



これまでのデータ取得と主な物理結果



2011年：「電子ニュートリノ出現事象」の兆候

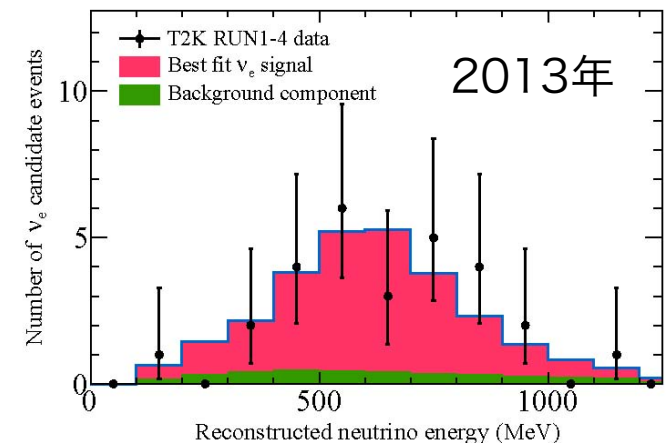
2013年：世界初の「電子ニュートリノ出現事象」の決定的な証拠
ニュートリノの「CP位相」測定^{の道が拓かれた}

2014年：反ニュートリノの生成を開始

2016年：ニュートリノの「CP対称性の破れ」を示唆する結果

2018年：「CP対称性の破れ」の可能性を高める結果

2020年：ニュートリノの「CP位相」に 3σ で制限をつけた結果



最近の結果

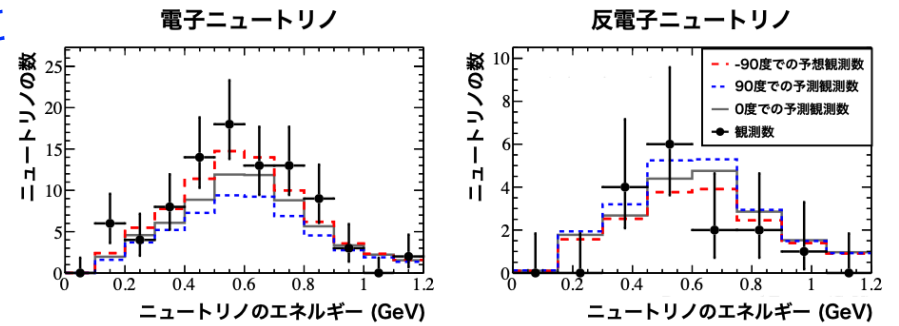
<2020年4月>

- Constraint on the matter–antimatter symmetry-violating

phase in neutrino oscillations, Nature volume 580, p339–344

→ CP対称性を示す複素位相 (δ_{CP}) のとりうる値に
世界で初めて99.7%信頼度での制限を与えた。

→ ニュートリノのCP対称性の破れの信頼度は
 95%程度でこれまでの結果とコンシステント

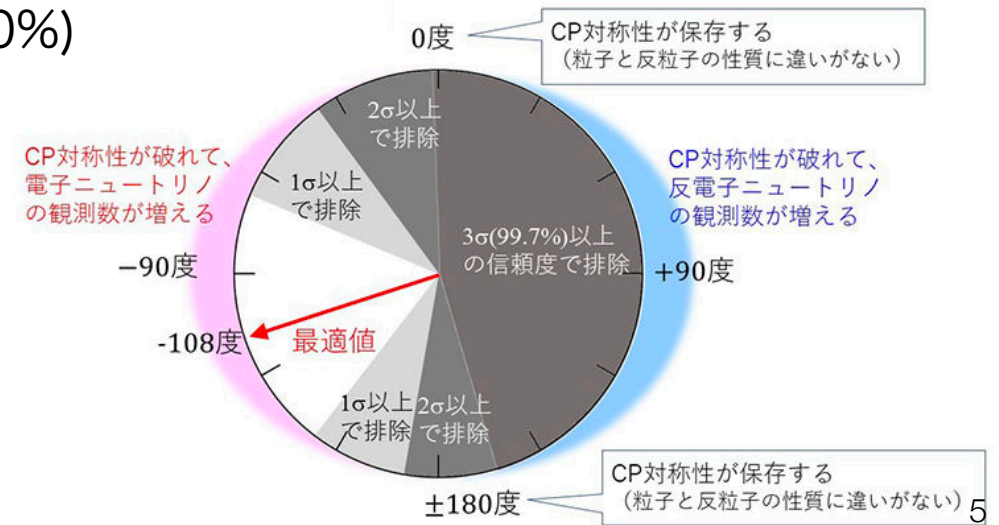


<2020年7月>

- 夏の会議で暫定結果を報告
 - Run10のデータを追加 (ν モード統計量+30%)
 - ν フラックスと反応モデルを改善
- これまでの結果とコンシステント

	観測数	予測される観測数	
		-90度の場合	90度の場合
電子ニュートリノ	90	82	56
反電子ニュートリノ	15	17	22

制限する領域を広げてCP対称性の破れを99.7% (3 σ)で示すには、今後さらに精度を上げる必要



T2K-II実験

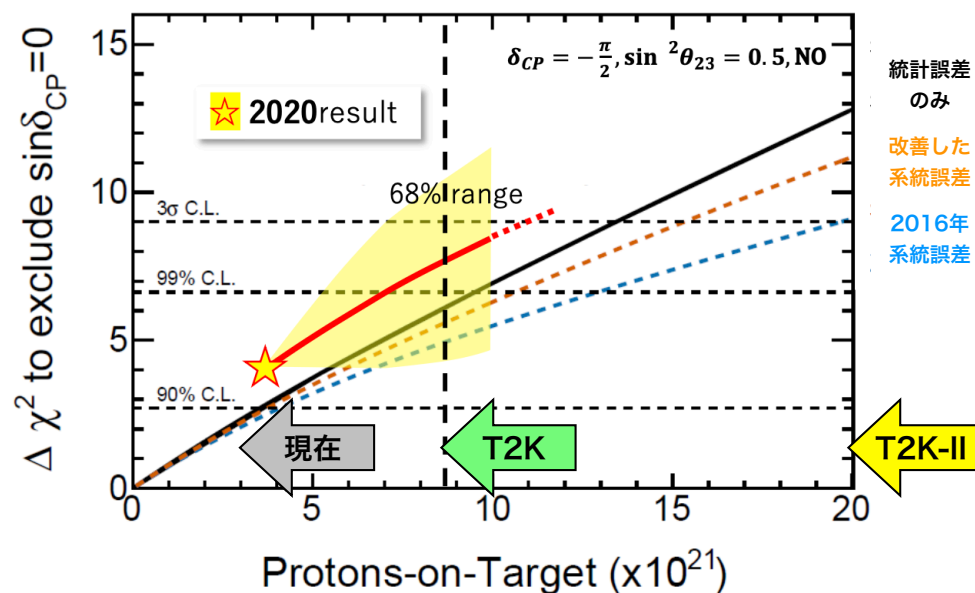
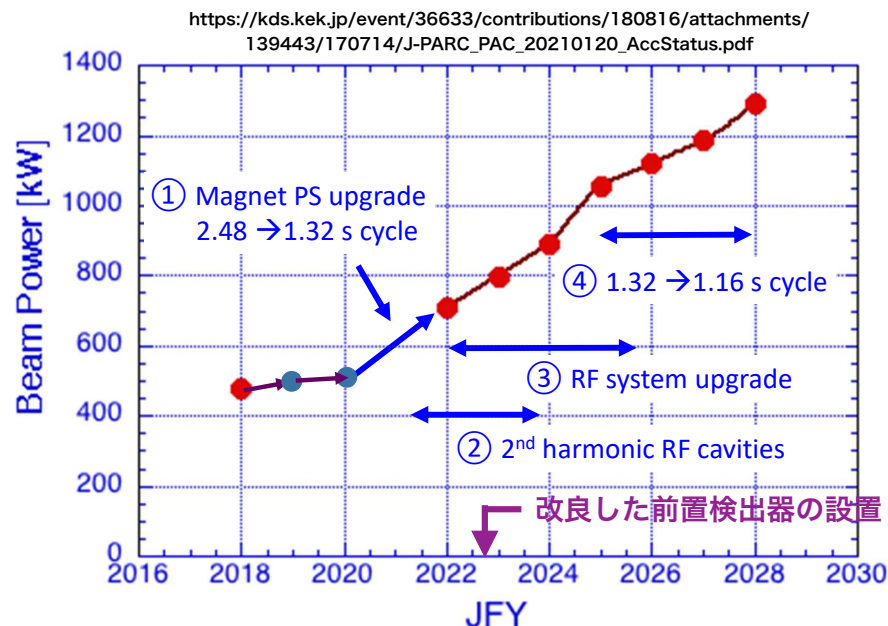
- 30th J-PARC PAC (2020年7月) でStage-2承認

<内容>

- 測定期間を2026年まで延長
- J-PARC MRの大強度化 (>1 MW)
- ニュートリノ生成施設の増強
- 前置検出器ND280の改良

<期待される物理>

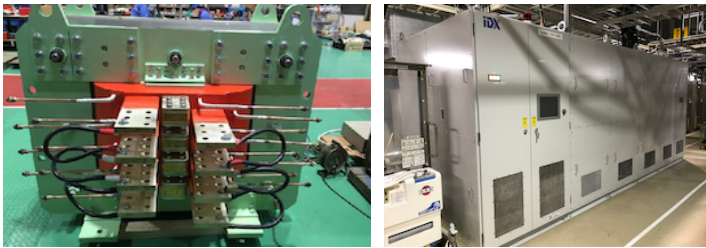
- CP violation $> 3\sigma$ @ $\delta_{CP} = -\pi/2$
- $\delta\theta_{23} < 1.7^\circ$ @ 最大混合
- $\delta(\Delta m^2_{32})/\Delta m^2_{32} < 1\%$



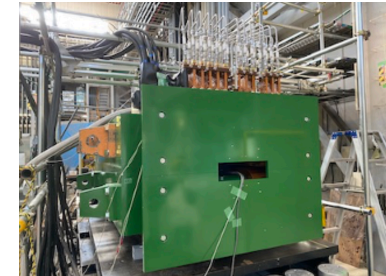
ニュートリノ生成施設増強の現状

- ・ J-PARC MRの長期停止期間中 (2021~2022) に更新すべき機器の準備等が進行中

電磁ホーンの高電流・高繰り返し対応
・ 新型トランスやコンデンサの製造

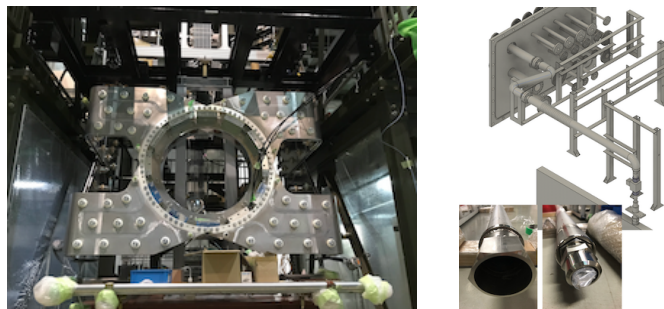


一次ビームラインの高放射化対応
・ 最下流部の機器改良・再配置

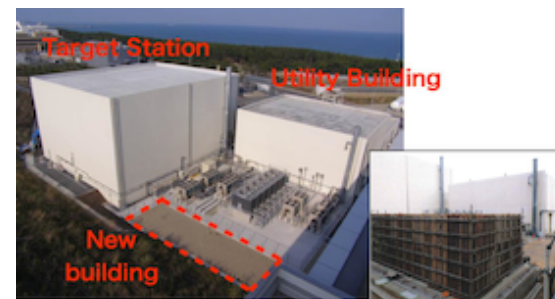


0 50 100 m

標的と電磁ホーンの冷却能力増強
・ 新型水冷バスバー、標的He冷却増強

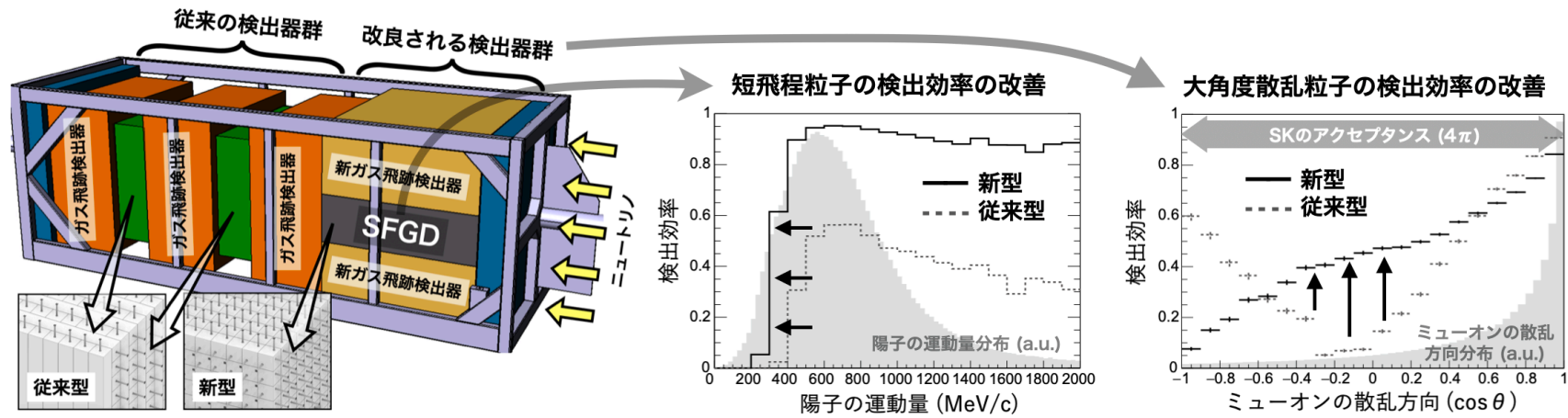


放射化水排水施設の増強
・ 建設中の新しい建屋

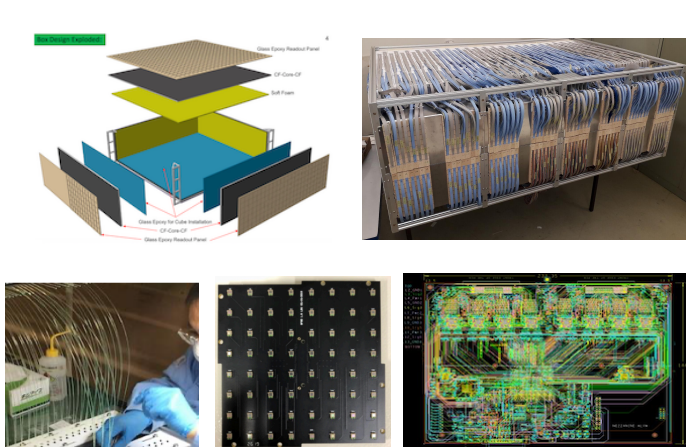


前置検出器改良の現状

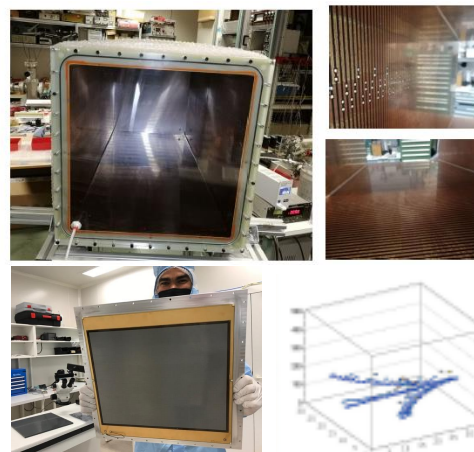
- ・ 2022年秋の設置に向けて、検出器の製造・組み立て準備が進行中



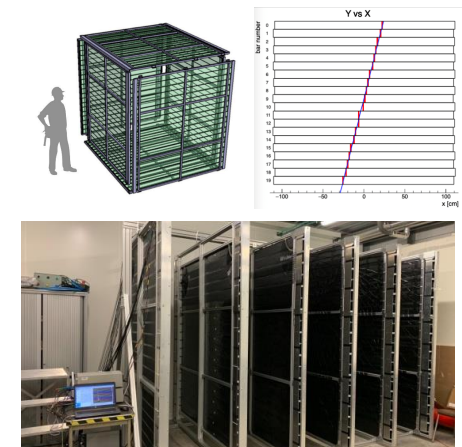
最終設計・製造中のSuperFGD



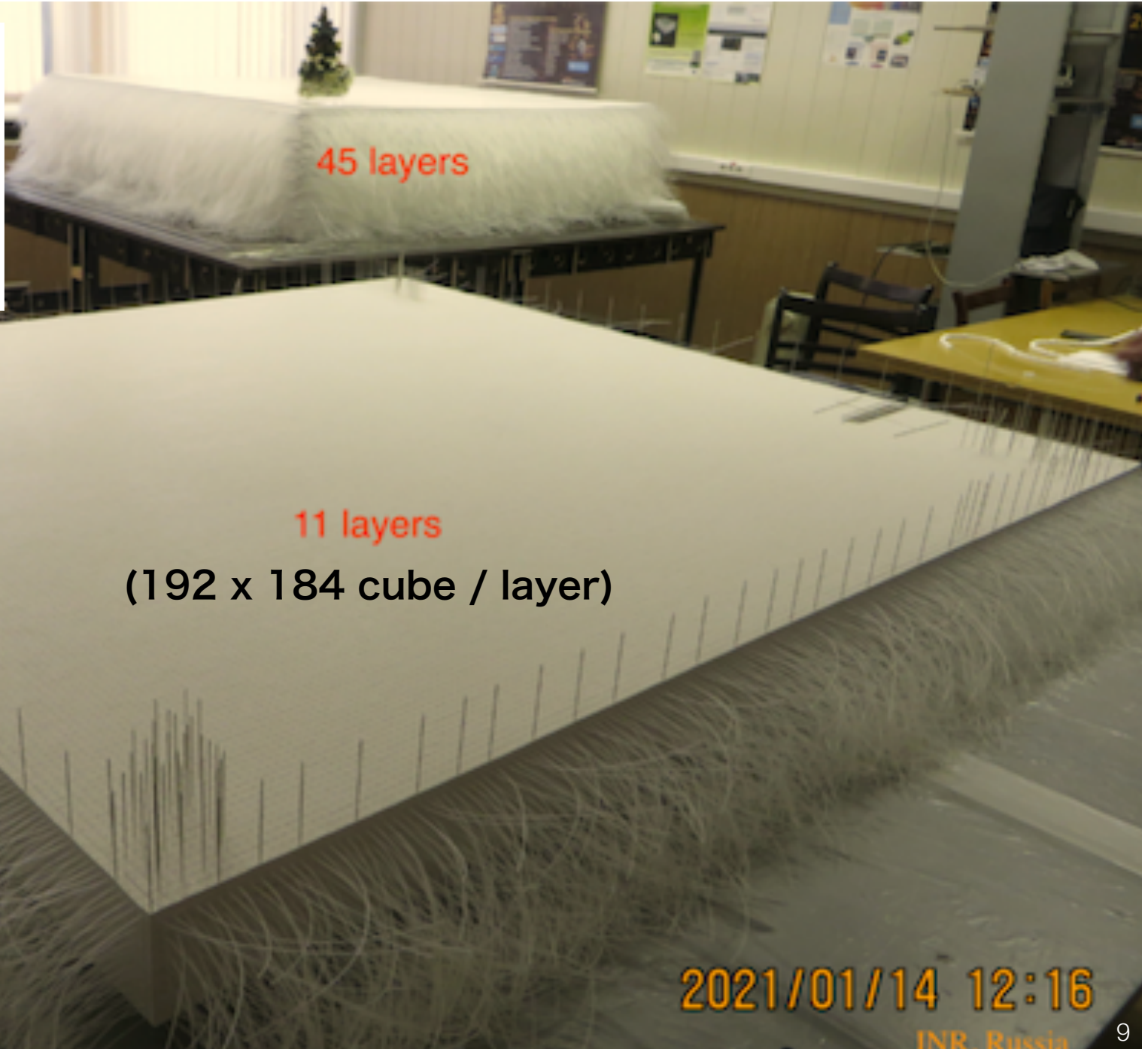
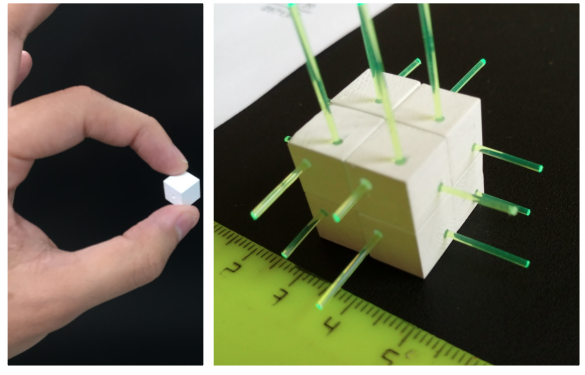
試作試験・製造中のHA-TPC



製造完了・試験中のToF



SuperFGD用のシンチレータキューブ生産完了



2021/01/14 12:16

まとめ

- ビーム強度が515 kWに到達。前回から統計量+30%のνモードデータを蓄積（3月頭からSK-Gd後初のT2Kランを予定）
- 2020年4月に、世界で初めてニュートリノの「CP位相」のとりうる値に99.7%での制約をつける結果を論文発表。7月にも暫定の最新結果を会議報告
- T2K-IIがJ-PARC PACでStage-2に承認。アップグレードが鋭意進行中。
 - 測定期間延長 x MR大強度化 x ニュートリノ生成施設の増強 → “統計量大幅増”
 - 前置検出器改良 → “系統誤差改善”

T2K collaboration



~500 scientist from 12 countries