

資料 2

大強度陽子加速器施設（J-PARC）の 変更に伴う安全対策について

2022年10月19日

J-PARCセンター

● 1. J-PARCについて

- 1.1 J-PARCの概要
- 1.2 施設の沿革
- 1.3 新增設等計画書の提出履歴
- 1.4 ビーム運転履歴
- 1.5 今回の新增設等計画の変更概要
- 1.6 施設の安全性に係る対策
- 1.7 事業所境界線量・放射性廃棄物

● 2. 物質・生命科学実験施設

- 2.1 施設の概要
- 2.2 これまでの変更履歴
- 2.3 今回の変更について
- 2.4 今後の計画について（建家拡張）
- 2.5 事業所境界線量・放射性廃棄物
- 2.6 期待される成果

● 3. ハドロン実験施設

- 3.1 施設の概要
- 3.2 これまでの変更履歴
- 3.3 今回の変更について
- 3.4 事業所境界線量・放射性廃棄物
- 3.5 期待される成果

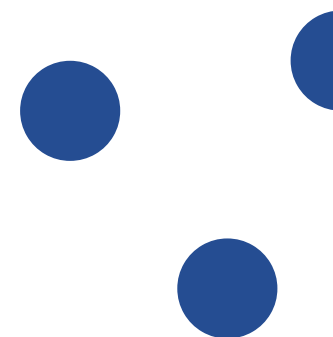
● 4. ニュートリノ実験施設

- 4.1 施設の概要
- 4.2 これまでの変更履歴
- 4.3 今回の変更について
- 4.4 事業所境界線量・放射性廃棄物
- 4.5 期待される成果

● 5. まとめ

● 参考資料

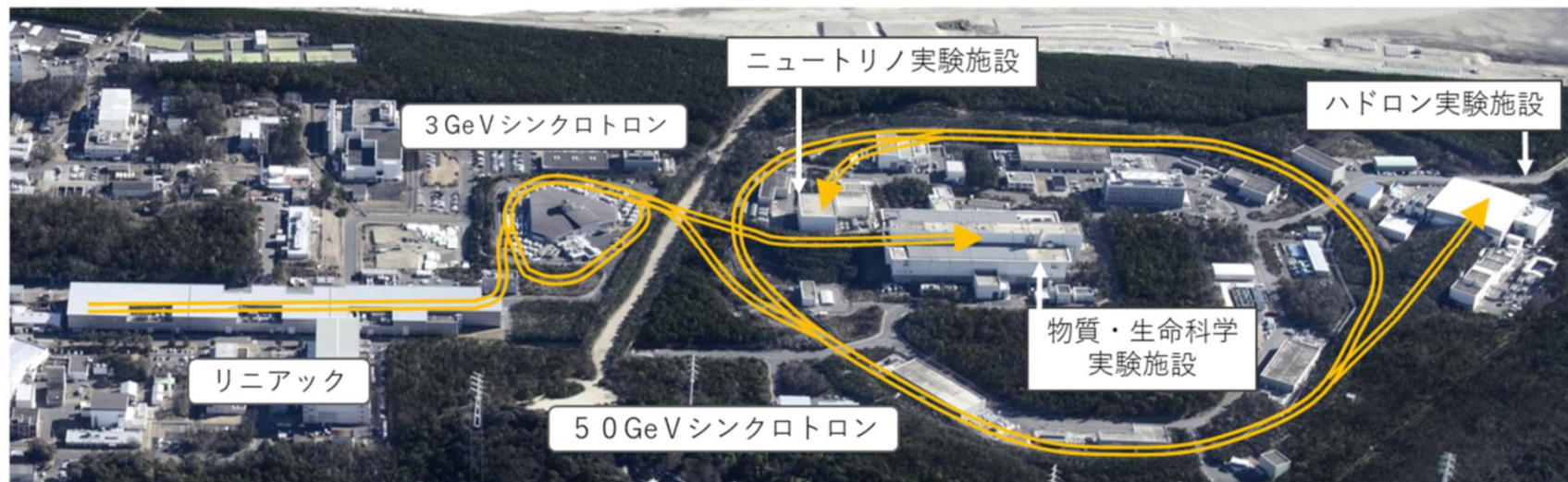
1. J-PARCについて



1.1 J-PARCの概要

4/48

Japan Proton Accelerator Research Complex ⇒ J-PARC



- ・世界最高レベルの強さの陽子ビームを標的に当てて発生させた、様々な二次粒子（中性子, ミュオン, ニュートリノ, K中間子など）のビームを使い、幅広い分野の最先端の研究を推進
- ・日本原子力研究開発機構（JAEA）と、高エネルギー加速器研究機構（KEK）との共同事業
- ・「放射性同位元素等の規制に関する法律」の規制を受ける施設

→これまでの成果は参考資料 1

1.2 施設の沿革

年	施設の沿革
2001	日本原子力研究所（原研：現JAEA）とKEK間で、J-PARCの建設と研究開発に関する協力協定を締結、施設建設開始
2002	茨城県 <u>原子力安全対策委員会</u> および <u>原子力審議会</u> において、 <u>安全確保の基本的考え方</u> 等に関して審議
2005	原研とKEK間で、J-PARCの運営に関する協力協定を締結 リニアック施設において、 <u>放射線障害防止法に係る使用の許可</u> を取得 (以降、 <u>施設の増設等に応じて、順次変更許可を取得</u>)
2008	物質・生命科学実験施設の利用開始 (中性子実験装置：7本, ミュオン実験装置：1本)
2009	ハドロン実験施設、ニュートリノ実験施設の利用開始
2011	<u>東日本大震災により停止</u>
2012	→J-PARC各施設の運転再開
2013	<u>ハドロン実験施設における放射性物質漏えい事故</u>
2014	→J-PARC各施設（ハドロン実験施設以外）の運転再開
2015	→ハドロン実験施設の運転再開

1.3 新增設等計画書の提出履歴

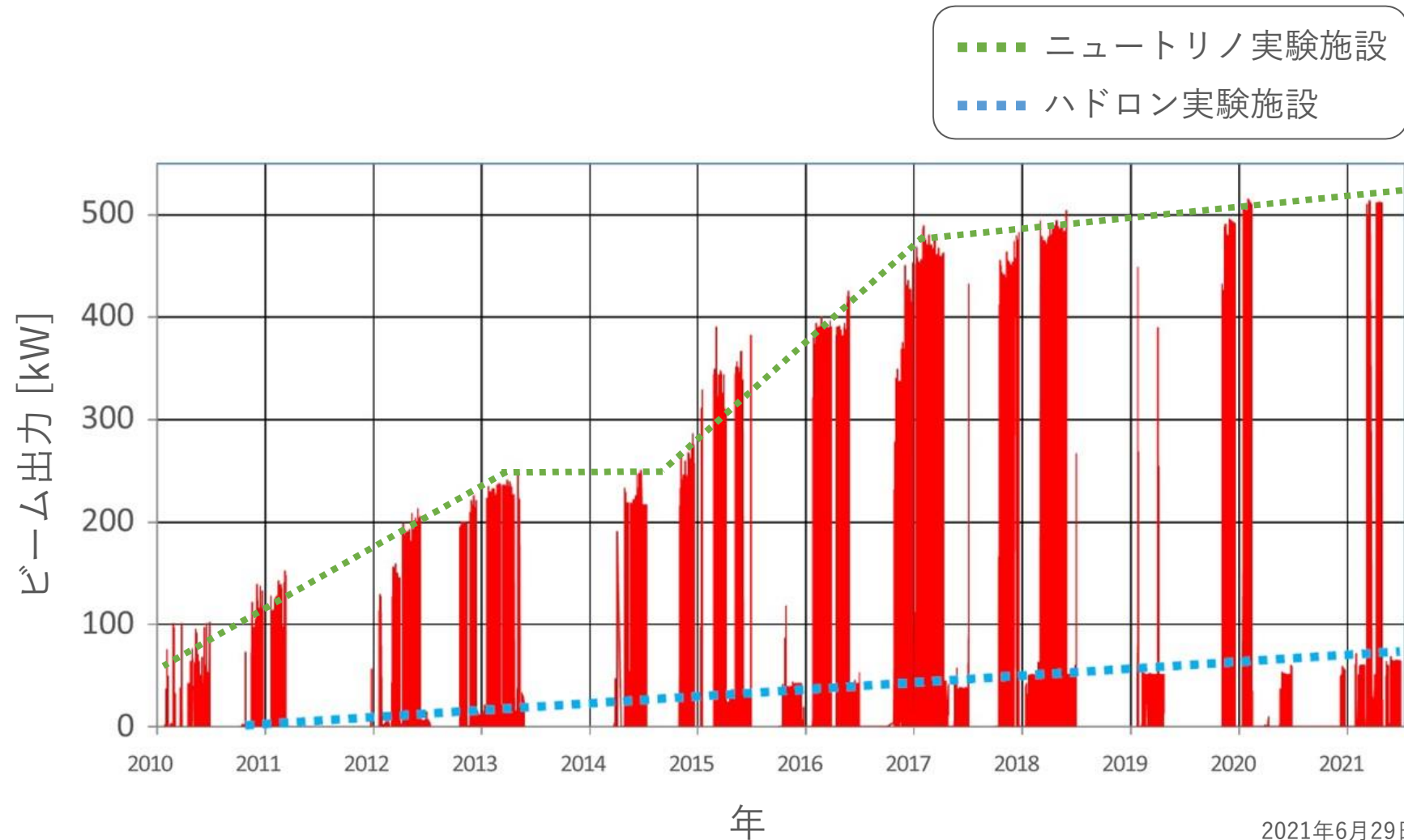
施設名	回数	直近の提出年月
リニアック施設	5	2012.12
3 GeVシンクロトロン施設	4	2008.5
5 0 GeVシンクロトロン施設	6	2010.6
物質・生命科学実験施設	16	2022.1
ハドロン実験施設	12	2022.1
ニュートリノ実験施設	3	2022.1

ビーム強度の増強に伴う遮へい体変更や、二次ビームラインの新設などの都度、新增設等計画書を提出し、変更を行ってきました。

→[審議会・委員会の開催履歴は参考資料 2](#)

1.4 ビーム運転履歴

● 50 GeVシンクロトロンにおけるビーム運転履歴



1.5 今回の新增設等計画の変更概要

● 物質・生命科学実験施設

- ・ 高速ミュオン実験装置（Hライン）の延長及びミュオン加速装置を新設する

● ハドロン実験施設

- ・ 既存の一次ビームライン（Bライン）から分岐する新たな一次ビームライン（Cライン）を新設する
- ・ 一次ビームライン（Aライン）の最大ビーム強度を95→115 kWに増強する

● ニュートリノ実験施設

- ・ 最大ビーム強度の増強（650→1300 kW）に伴い、遮へい体を追加設置する

→各施設の詳細は後述

1.6 施設の安全性に係る対策

● 新增設等計画書に記載されている安全対策

- ・ 放射線管理
- ・ 爆発対策
- ・ 漏水防止対策
- ・ 被ばく管理
- ・ 臨界防止対策
- ・ 自然現象対策
- ・ 地震対策
- ・ 停電対策
- ・ その他
- ・ 火災対策
- ・ 誤操作防止対策

- ・ 今回の変更では、安全対策の記載に変更はありません。
- ・ 記載された内容に従って、適切に安全対策を施します。

1.6 施設の安全性に係る対策

放射線管理

- ・管理区域を設定し、放射線監視設備によるモニタリングを実施
- ・ビーム使用室等に安全系インターロックシステムを設置

ビーム使用室等に人が入室中には運転状態にさせない

運転中はビーム使用室等に人を入室させない

(入室を試みたときは運転を停止)

⇒これまで、ビームライン等の増設に合わせて、対象エリアを拡大してきました。

被ばく管理

- ・定期的な放射線サーベイにより、作業環境中の線量当量率、表面密度を監視
- ・線量計の着用により適切な個人被ばく管理を実施

1.6 施設の安全性に係る対策

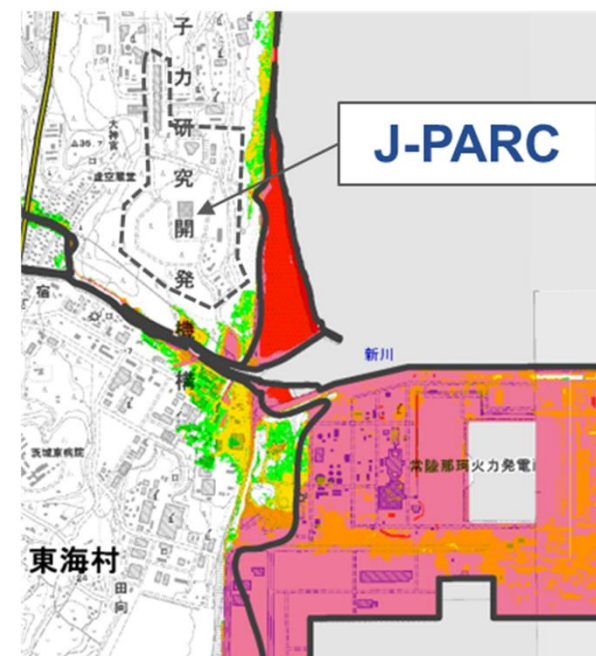
自然現象対策 ⇒ 東日本大震災後に、記載を詳細化・明確化

○ 高潮及び津波

- ・ 津波防災地域づくりに関する法律で想定されるL2クラスの津波想定でも、浸水は敷地周辺のごく一部にとどまると予測されており、J-PARC 建家が浸水するおそれはない。

○ 台風・洪水・積雪

- ・ 風圧力：建築基準法施行令により定める東海村の基準風速である30 m/s の風荷重に耐える設計とする。
- ・ 排水能力：敷地で106 mm/時^{※1}、建家で82 mm/時^{※2}または180 mm/時^{※3}の降水に耐える設計とする。
 - ※1 開発行為の技術基準に基づき算出（水戸の1回/5年確率降雨強度）
 - ※2 水戸地方気象台の最大記録：82 mm/時（昭和22年9月15日）、ハドロン実験施設及びニュートリノ実験施設に適用
 - ※3 物質・生命科学実験施設に適用
- ・ 積雪：建築基準法施行令により定める東海村の垂直積雪量である30 cmに耐える設計とする。



1.6 施設の安全性に係る対策

地震対策

- ・「官庁施設の総合耐震計画基準」に示されている「Ⅱ類」の建築物として設計

火災対策

- ・消防法、放射性同位元素等規制法及び建築基準法に定められた規定に基づく。
- ・建家は、準耐火構造とし、主要構造部は鉄骨、鉄筋コンクリート及び鉄骨鉄筋コンクリート、保管廃棄設備は、鋼板、コンクリートブロック等の不燃材料で造る。
- ・建家を貫通する電源ケーブルについては、可能な限り難燃性ケーブルを使用
- ・建家内の通常人が立ち入る部屋には火災報知機を設置

爆発対策

- ・低温水素は、容器の外側にヘリウムガスあるいは窒素ガスの層を設置し、万一の容器破損時でも空気と水素の混合による爆発を防止する構造とする。
- ・液体ヘリウム及び液体窒素を使用する設備は、高圧ガス保安法令によって定められた技術上の基準に基づいた設計とする。

1.6 施設の安全性に係る対策

臨界防止対策

- ・核燃料を所有していないので、臨界のおそれはない。

停電対策

- ・停電に伴い、施設内の作業環境及びその周辺、機器保護上影響を及ぼすおそれのあるものについては、非常用電源の確保により停電対策を講じる。

誤操作防止対策

- ・必要な手順を踏まないと操作ができないような機械的な対策を施す。
- ・運転マニュアルや保守点検マニュアルを整備するとともに、教育訓練を事前に十分に実施して誤操作の防止を図る。

漏水防止対策

- ・第1種管理区域は、床をエポキシ樹脂等で塗装するとともに堰、集水溝を設ける。

1.7 事業所境界線量・放射性廃棄物

2002年の茨城県原子力安全対策委員会、原子力審議会にて、安全確保の基本的考え方の中で、

- 事業所境界線量：

法令値の1/20以下（=50 μ Sv/年）になるよう設計

- 液体廃棄物の放出量：

1300 GBq/年

として説明が行われ、了承されました。

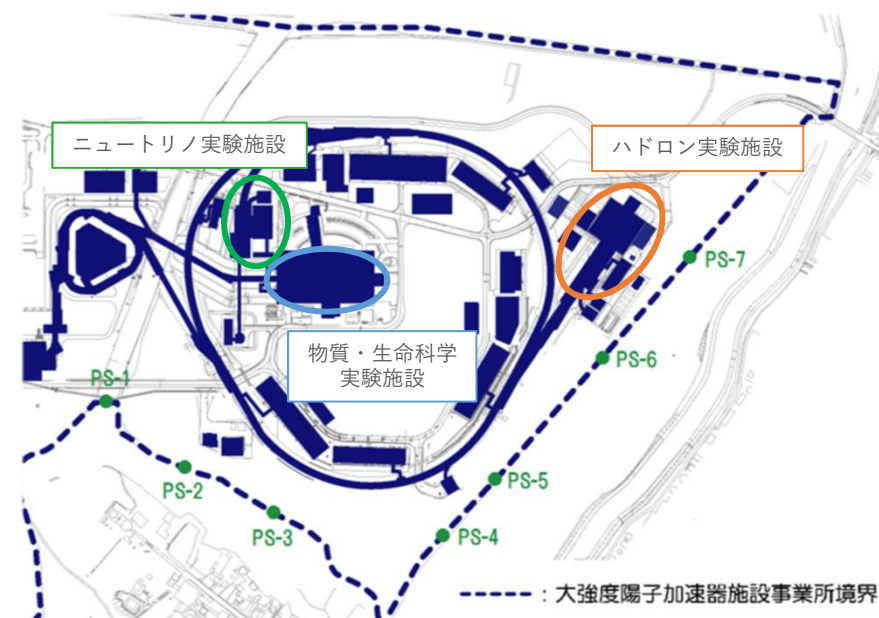
→資料の抜粋は参考資料3

1.7 事業所境界線量・放射性廃棄物

● 事業所境界線量（評価値）の変更

単位：μSv/年

評価点	変更前	変更後	将来計画※
PS-1	35.7	37.1	37.2
PS-2	28.9	29.0	29.1
PS-3	24.4	23.9	24.0
PS-4	15.0	14.4	14.8
PS-5	21.5	20.2	22.7
PS-6	26.5	29.5	45.7
PS-7	14.5	21.1	47.5



※ 将来計画：ハドロン実験施設において、一次ビームライン（Aライン）の出力を500 kWとして評価したもの

事業所境界線量は、50 μSv/年を超えることはありません。

→数値の詳細は37ページ

1.7 事業所境界線量・放射性廃棄物

● 液体廃棄物放出量の変更

[³H]

単位：GBq/年

変更前	変更後	第2排水溝における 管理目標値※
536	1282	25000

※ 第2排水溝からは、J-PARCからの放出のほか、原子力科学研究所のJRR-3、NUCEF等からの液体廃棄物が放出される

液体廃棄物放出量は、1300 GBq/年を超えることはありません。

[→数値の詳細は38ページ](#)

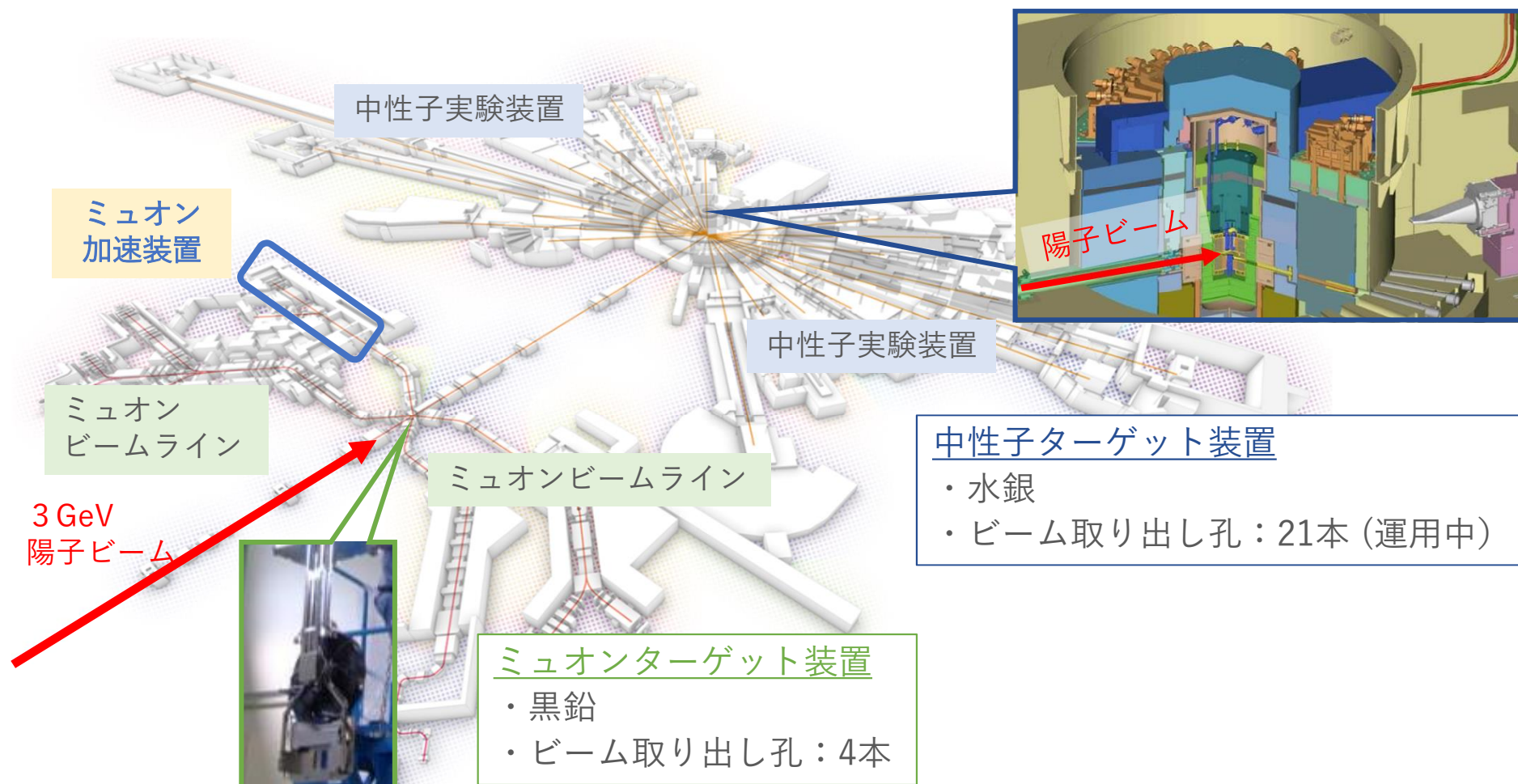
● 気体廃棄物放出量、固体廃棄物発生量

従前の記載の枠内で十分に対応できるため、変更ありません。

2. 物質・生命科学実験施設

2.1 施設の概要

- 3 GeVシンクロトロンから供給される陽子ビームを利用し、中性子やミュオンを生成
- 中性子やミュオンを用いて、物質科学、生命科学等の研究を行う



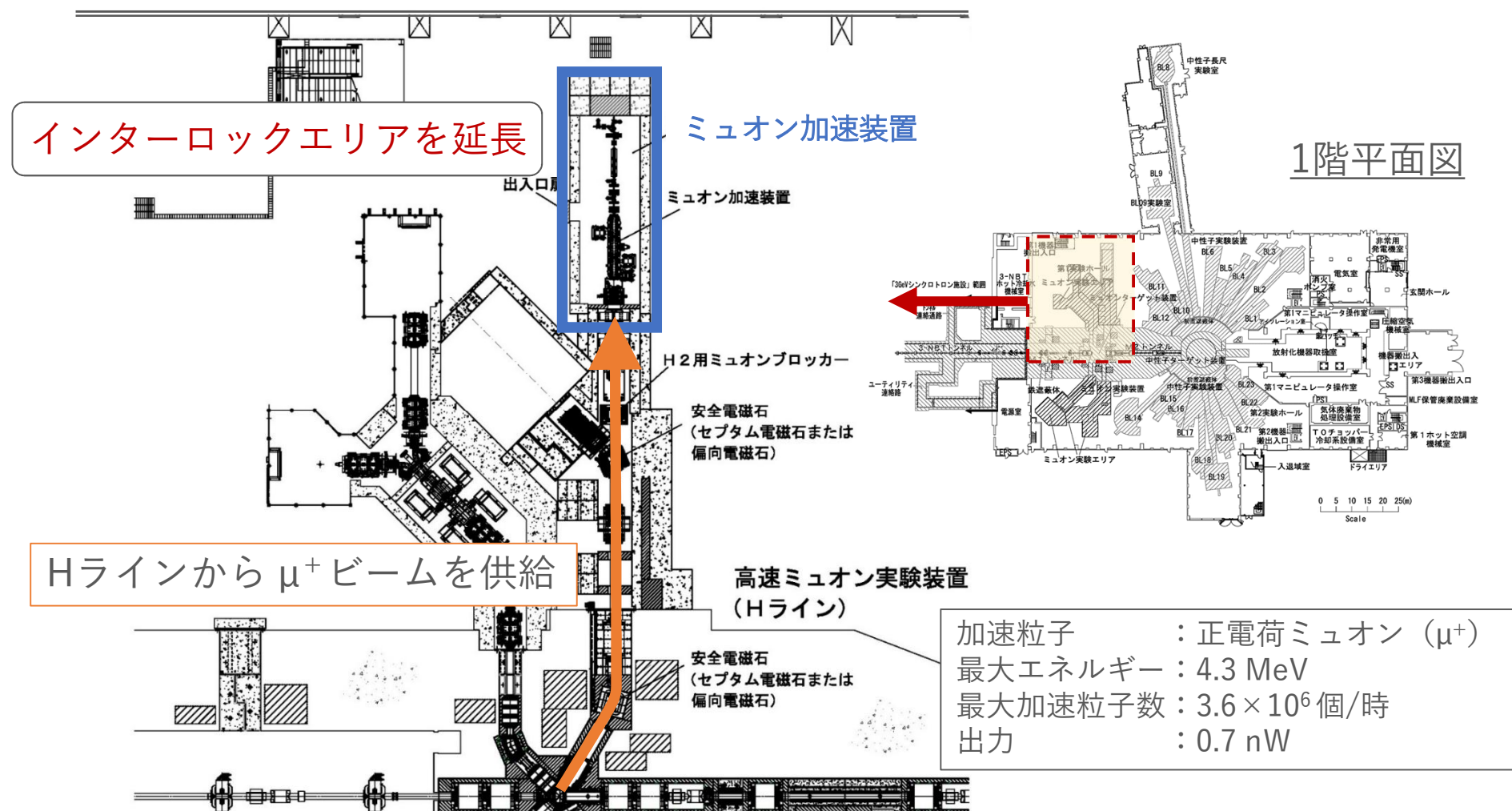
2.2 これまでの変更履歴

提出日	了解日	概要
2003.03.17	2008.05.13	物質・生命科学実験施設を新設する。
2007.09.11 (変更)		陽子ビーム出力を4 kWに変更する。
2008.03.24 (変更)		中性子実験装置及び設備の一部を変更する。
2008.07.11	2008.12.05	陽子ビーム出力を100 kWに増強する。 5台の中性子実験装置を新設する。
2008.12.24	2009.03.26	陽子ビームの最大出力を250 kWに増強する。
2010.06.10	2010.10.06	2台の中性子実験装置を新設する。 中性子実験装置を設置するための建家を増築する。
2010.12.01	2012.02.03	3台の中性子実験装置を新設する。 陽子ビームの最大出力を350 kWに増強する。
2011.08.30	2012.02.03	2台の中性子実験装置及び1台のミュオン実験装置を新設する。
2011.11.25 (変更)		ミュオン実験装置の新設を取り下げ、本装置の新設準備を行う。
2012.06.15	2012.10.10	2台のミュオン実験装置の新設と1台のミュオン実験装置の新設準備を行う。
2013.10.11	2014.03.10	1台のミュオン実験装置及び2台の中性子実験装置の新設を行う。 2台の中性子実験装置の新設準備を行う。
2014.05.21	2014.10.15	1台の中性子実験装置の新設及び1台のミュオン実験装置の新設準備を行う。
2015.06.12	2016.06.10	1台の中性子実験装置の新設を行う。 陽子ビームの最大出力を1 MWに増強する。
2016.07.27	2016.10.31	1台のミュオン実験装置の新設準備を行う。
2020.09.14	2021.07.08	1台のミュオン実験装置の新設及び1台のミュオン実験装置の延長を行う。

2.3 今回の変更について

既設の高速ミュオン実験装置（Hライン）を延長し、ミュオン加速装置※を新設

※ RI規制法上の放射線発生装置として国内初の許可



2.4 今後の計画について（建家拡張）

21/48

ミュオン加速装置の延長

延長建家を建設して、
遮へい体&ビームラインを延長・設置する

最大エネルギー：212 MeV
出力：34 μ W

ミュオン加速装置
(今回の新增設)

最大エネルギー：4.3 MeV
出力：0.7 nW

Hライン既設部
(令和2年度に完了)

高速ミュオン実験装置

2.5 事業所境界線量・放射性廃棄物

22/48

● 事業所境界線量（評価値）

ミュオン加速装置の運転に伴い、増加する事業所境界線量：
最大 2.7×10^{-9} $\mu\text{Sv}/\text{年}$ （評価点 PS-2）

評価結果には影響しません。

〔物質生命科学実験施設からの寄与
：3.5～9.8 $\mu\text{Sv}/\text{年}$ 〕

なお、前スライドで説明したミュオン加速装置の延長後も、同様に評価結果には影響しません。

● 気体・液体廃棄物放出量、固体廃棄物発生量

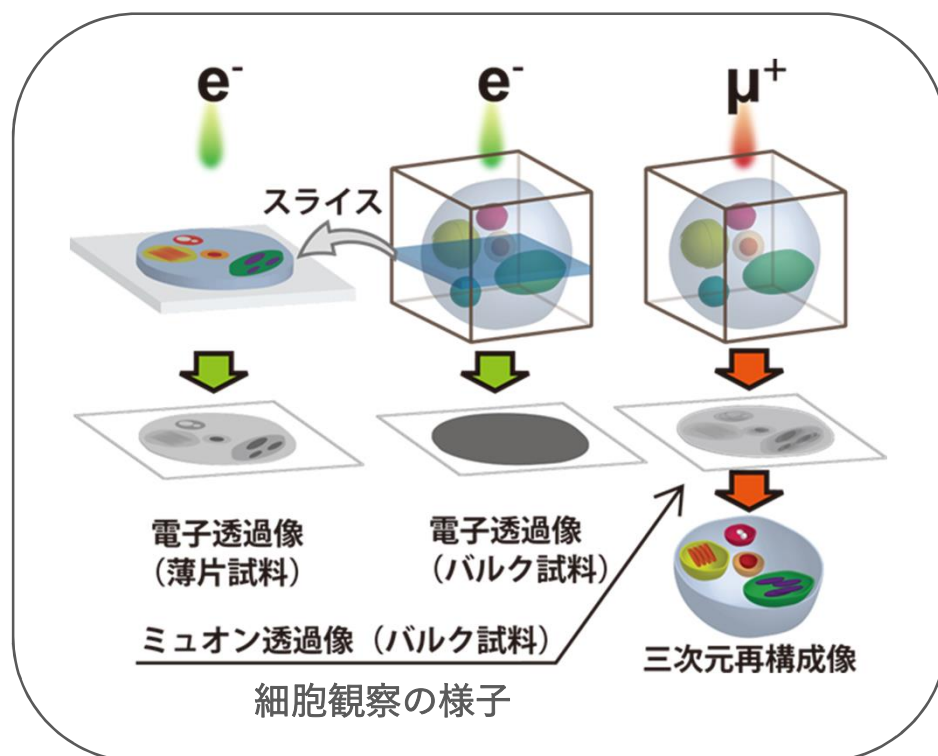
今回の変更による有意な増加はありません（安全対策の変更なし）。

2.6 期待される成果

● 素粒子物理から生物学まで

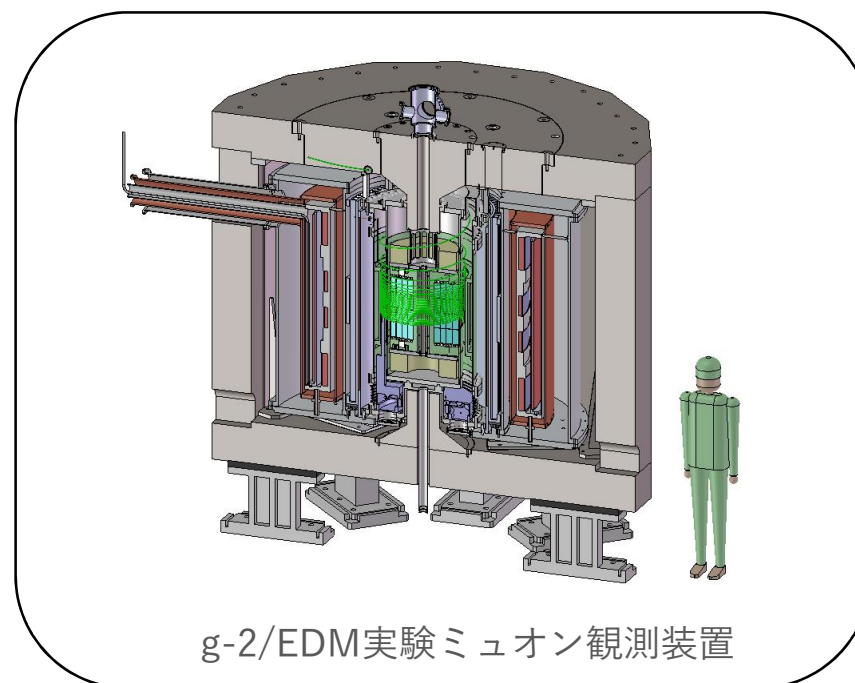
透過型ミュオン顕微鏡 (T μ M) への応用

ミュオンの高い透過能を活かし、従来の電子顕微鏡では不可能だった、**生きた細胞の丸ごと顕微観察**

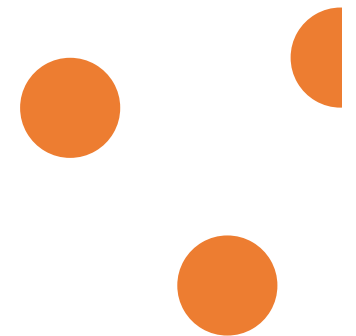


ミュオンの性質の超精密測定による
新しい物理法則の発見 (g-2/EDM実験)

ノーベル賞を受賞した**小林・益川**の素粒子物理学における理論モデルでは**説明できない現象を発見**し、新たな物理学の扉を開く

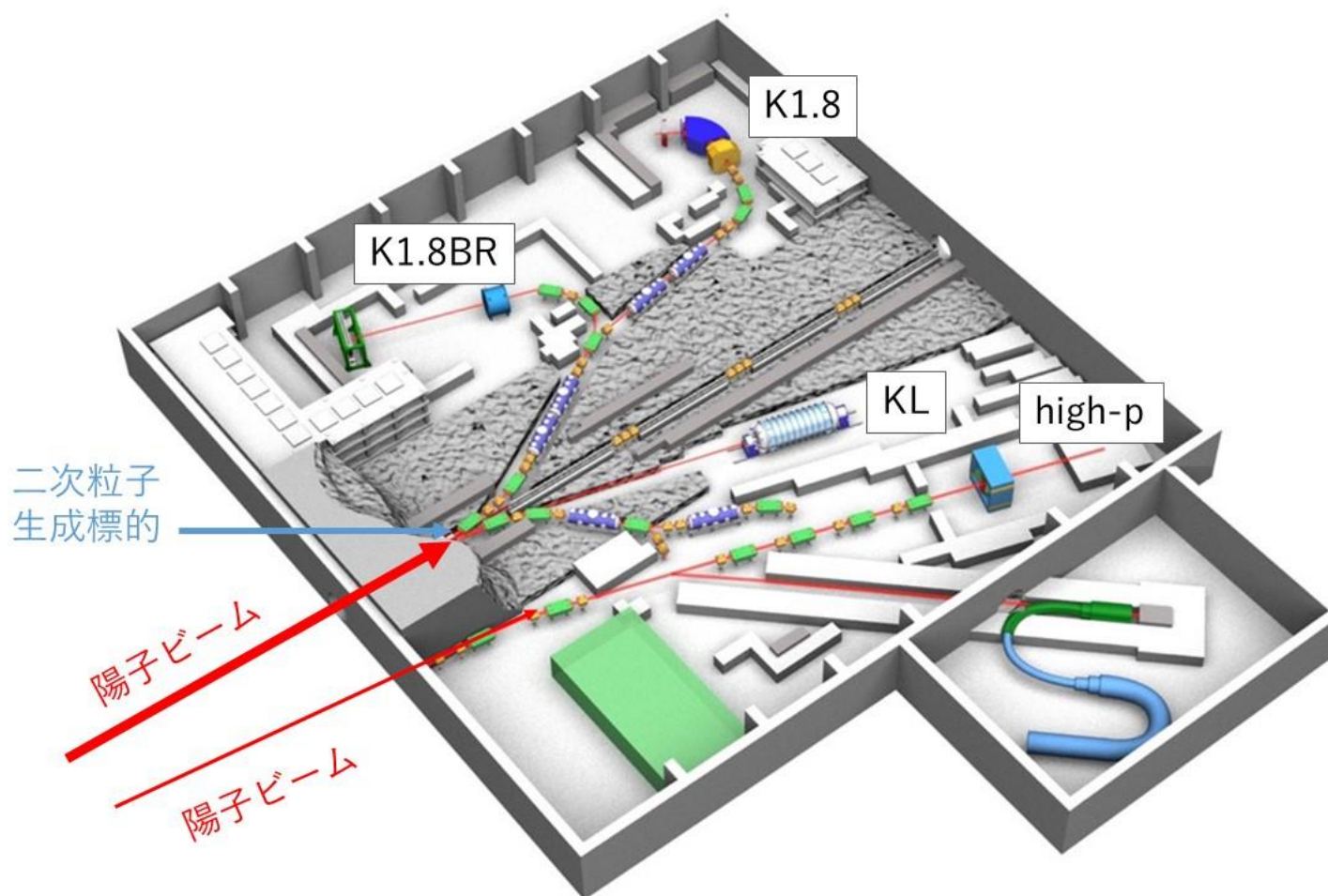


3. ハドロン実験施設



3.1 施設の概要

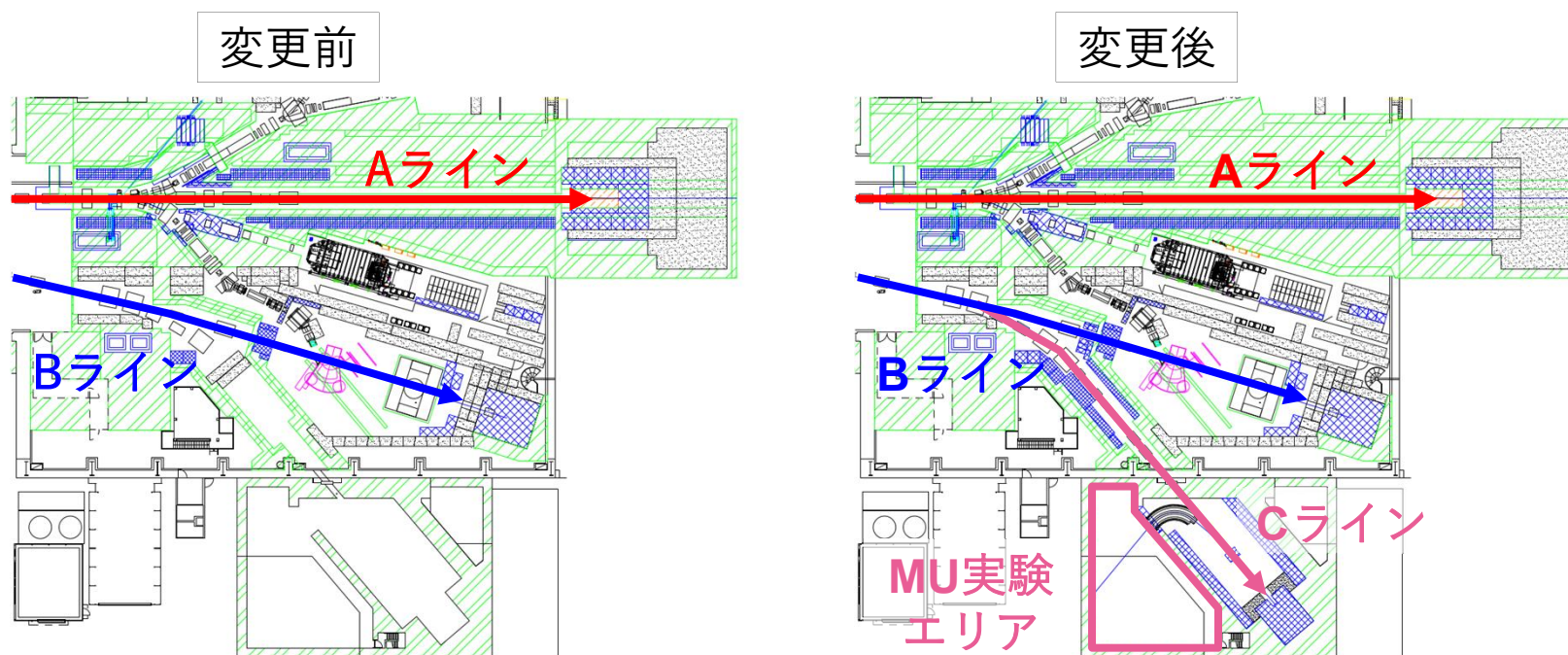
- 陽子ビームを利用し、中間子を生成
- 中間子・陽子を用いて、素粒子・原子核の研究を行う



3.2 これまでの変更履歴

提出日	了解日	概要
2003.03.17	2008.12.5	ハドロン実験施設を新設する。
2006.11.24(変更)		再利用鉄を購入し、施設の遮へい体の一部として使用する。 再利用鉄を一時保管する管理区域を設定する。
2008.07.11(変更)		陽子ビームの最大使用エネルギーを30 GeVに変更し、最大出力を1.2kWに変更した上で、遮へい構造を変更する。 計画の進捗に応じて管理区域境界を変更する。
2009.06.17	2009.10.01	陽子ビームの最大出力を5 kWに増強し、2次ビームラインを追加設置し使用する。
2010.01.14	2010.06.22	2次ビームライン1本追加・設置して使用する。 遮へい体構造を変更して使用する。
2010.06.10	2010.10.06	ビームダンプに遮へい体を追加設置し、使用する。
2010.12.01	2012.02.03	陽子ビームの最大出力を50 kWに増強し、遮へい体を追加設置する。
2014.02.10	2014.03.25	ハドロン実験ホールの排気設備の新設を行う。
2014.08.21	2015.03.04	ハドロン第3機械棟を新設する。
2016.07.27	2016.10.31	一次ビームライン工事のため、スイッチヤード・ハドロン実験ホール間の遮へい体の変更を行う。 陽子ビームの最大出力を53.3 kWに増強する。
2019.11.28	2020.05.22	一次ビームライン（Bライン）を新設する。 Aラインの標的を変更した上で、陽子ビームの最大出力を95 kWに増強する。

3.3 今回の変更について



Cラインの新設（実験建家は既設） ⇒ インターロックエリアを延長

Cライン	0.33 kW、厚さ1mm相当の炭素等の標的に入射
MU実験エリア	ミュー粒子を二次ビームとして輸送し、実験に利用する

CラインはA・Bラインとは同時に運転できない

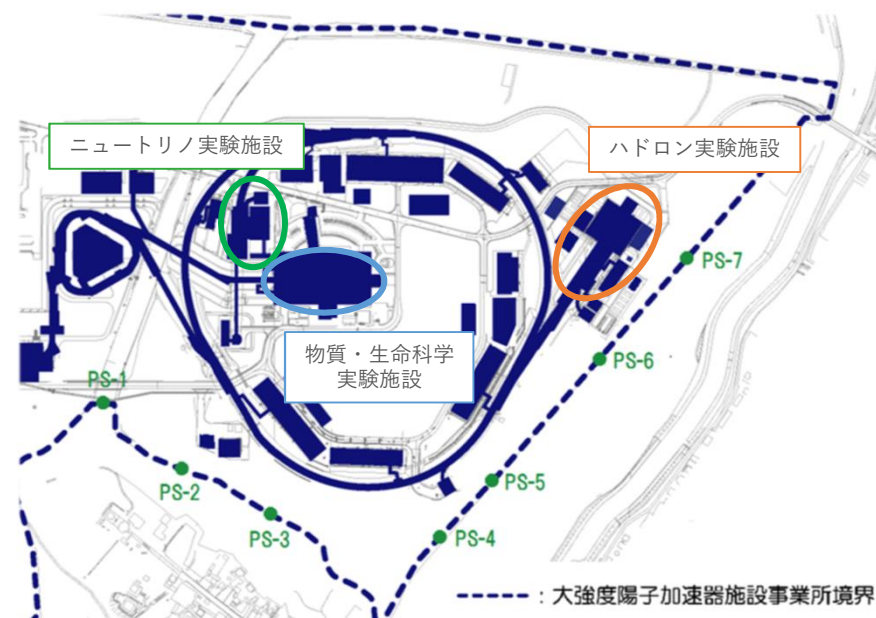
Aライン出力の増強：95 → 115 kW

3.4 事業所境界線量・放射性廃棄物

● 事業所境界線量（評価値）の変更

単位：μSv/年

評価点	変更前	変更後	将来計画※
PS-1	0.06	0.2	0.7
PS-2	0.09	0.3	0.9
PS-3	0.1	0.4	1.1
PS-4	0.19	0.7	2.0
PS-5	0.3	1.5	4.3
PS-6	1.8	6.9	19.4
PS-7	4.3	12.0	37.8



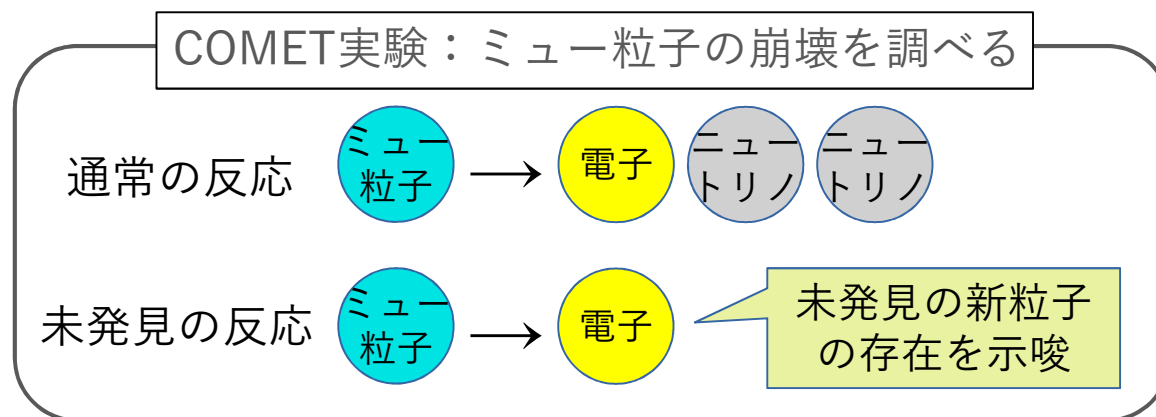
※ 将来計画：ハドロン実験施設において、一次ビームライン（Aライン）の出力を500 kWとして評価したもの

● 気体・液体廃棄物放出量、固体廃棄物発生量

従前の記載の枠内で十分に対応できるため、変更ありません（安全対策の変更なし）。

3.5 期待される成果

Cラインの新設：COMET実験の運転開始



2013年のヒッグス粒子の発見に続き、未知の物理現象の探索が世界的に行われている。COMET実験では、ミュー粒子が電子に変わるといふ未発見の特殊な反応の探索を行う。発見された場合、未知の粒子の存在の証明となる。未知の粒子は宇宙初期には通常の粒子と同等に存在したと予想され、この世界の物理現象を理解するために必須のパーツであると考えられている。

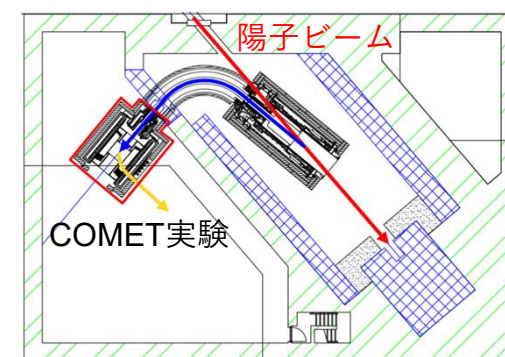
Aライン出力の増強

ビーム運転時間をより効率的に利用できるようになり、ユーザーの利便性、J-PARCによる研究成果の重要性の向上を期待できる。

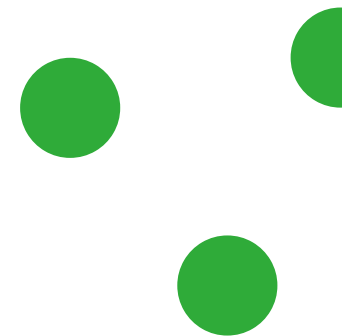
2022年度：Phase- α
ビームライン・測定装置の調整・試運転
(今回の変更)

2024年度：Phase-1
現在の世界記録の約100倍の感度で測定

2025年度以降：Phase-2
Phase-1から約100倍の感度で測定

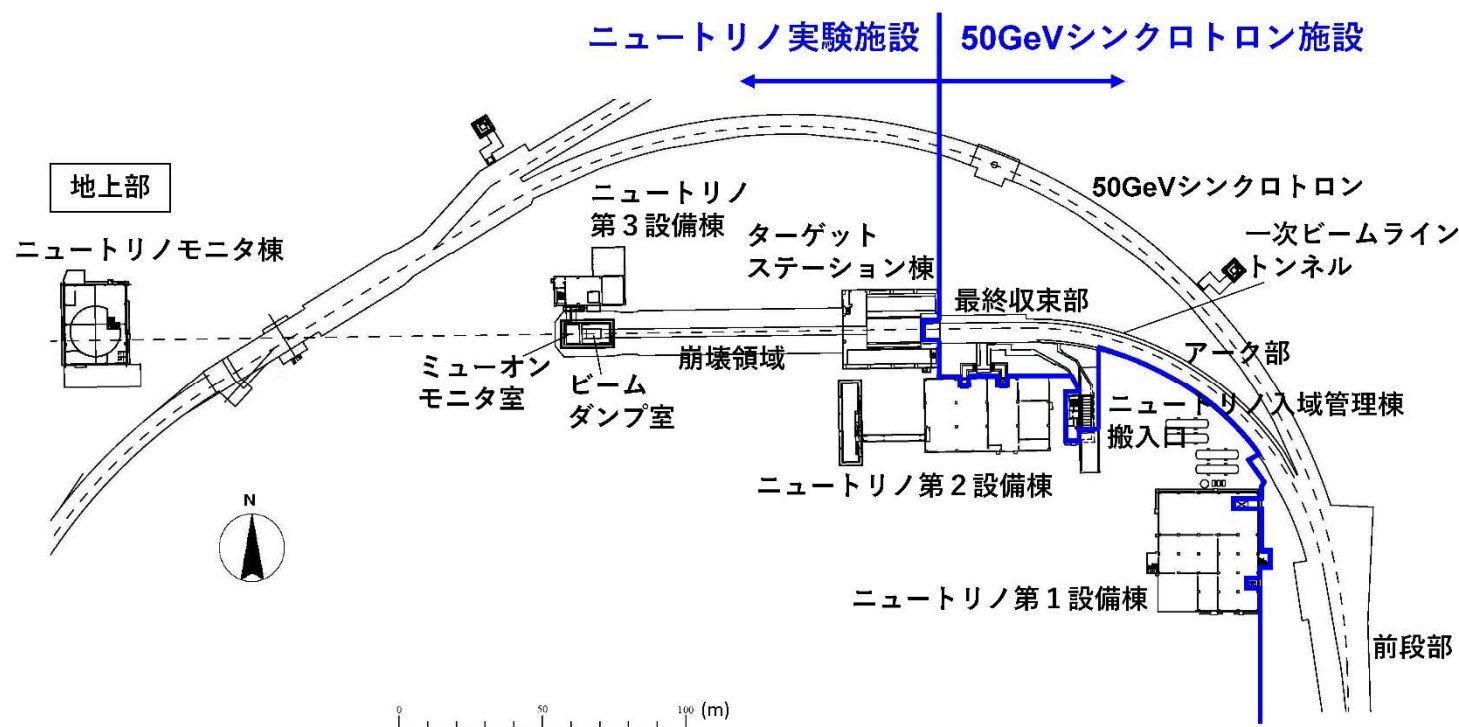


4. ニュートリノ実験施設



4.1 施設の概要

- J-PARCで生成したニュートリノビームを、約300 km離れた岐阜県飛騨市神岡のスーパーカミオカンデに出射し、飛行中の変化を観測している。
- これまでにミューオンニュートリノから電子ニュートリノへのニュートリノ振動の発見という大きな成果を上げた。



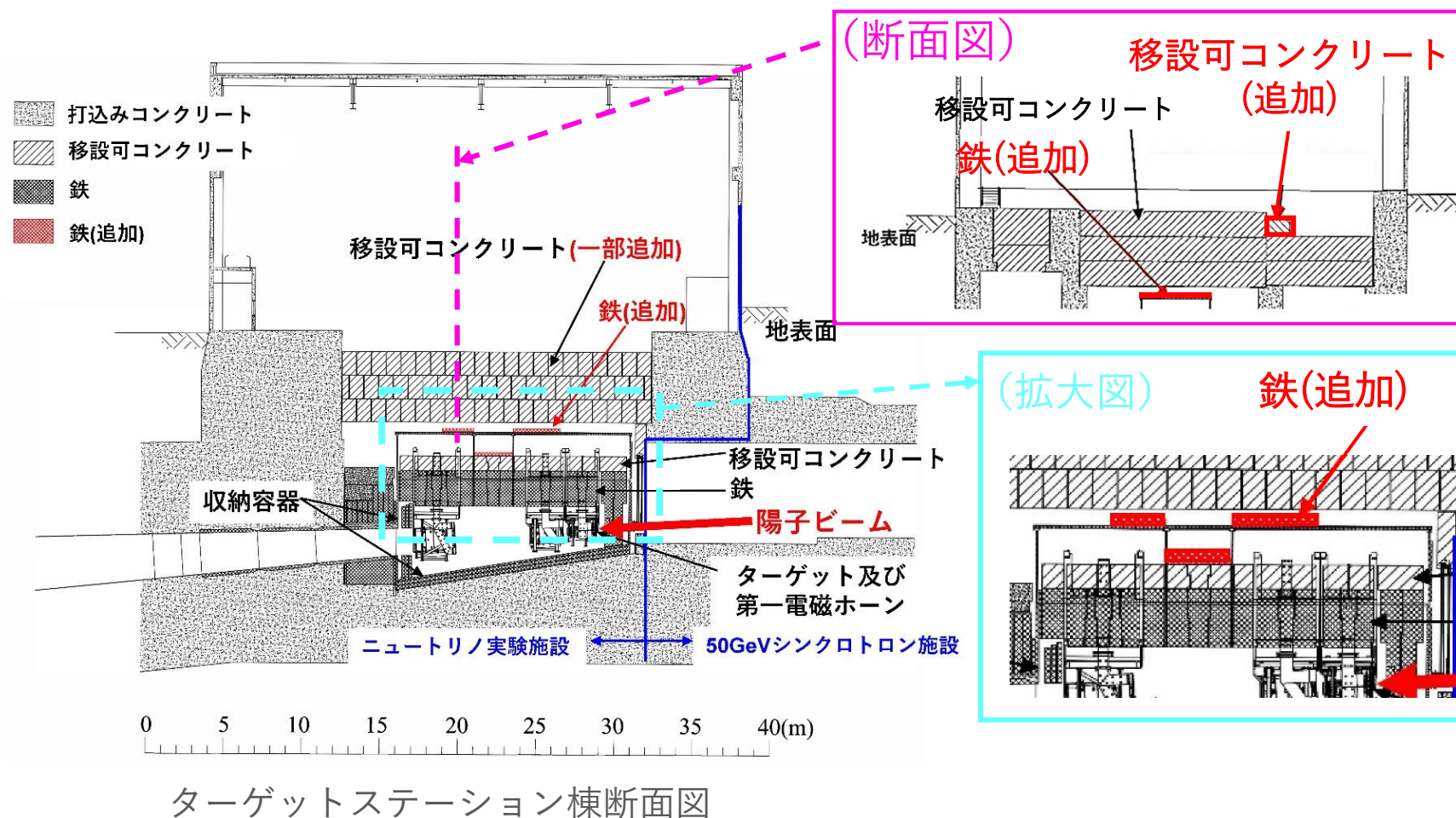
4.2 これまでの変更履歴

提出日	了解日	概要
2005.02.10	2009.03.26	ニュートリノ実験施設を新設する。
2008.12.24(変更)		放射線障害防止法に基づく使用の許可（初回）の記載に沿って修正する。

4.3 今回の変更について

最大ビーム強度の増強：650→1300 kW

線量増加に伴い、**遮へい体を追加**（図中の赤色箇所）

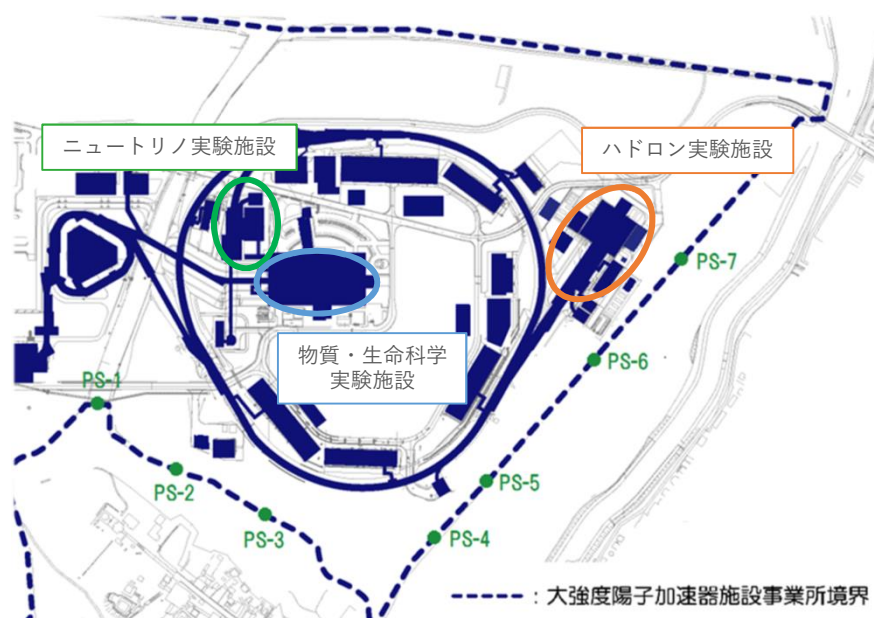


4.4 事業所境界線量・放射性廃棄物

● 事業所境界線量（評価値）の変更

単位：μSv/年

評価点	変更前	変更後
PS-1	6.0	10.3
PS-2	5.0	8.2
PS-3	3.6	6.0
PS-4	1.7	3.0
PS-5	1.8	3.0
PS-6	1.5	2.3
PS-7	0.9	1.5



● 気体廃棄物放出量、固体廃棄物発生量

従前の記載の枠内で十分に対応できるため、変更ありません（安全対策の変更なし）。

4.4 事業所境界線量・放射性廃棄物

● 液体廃棄物放出量の変更

[³H]

単位：GBq/年

変更前	変更後
120	1100

増加の理由

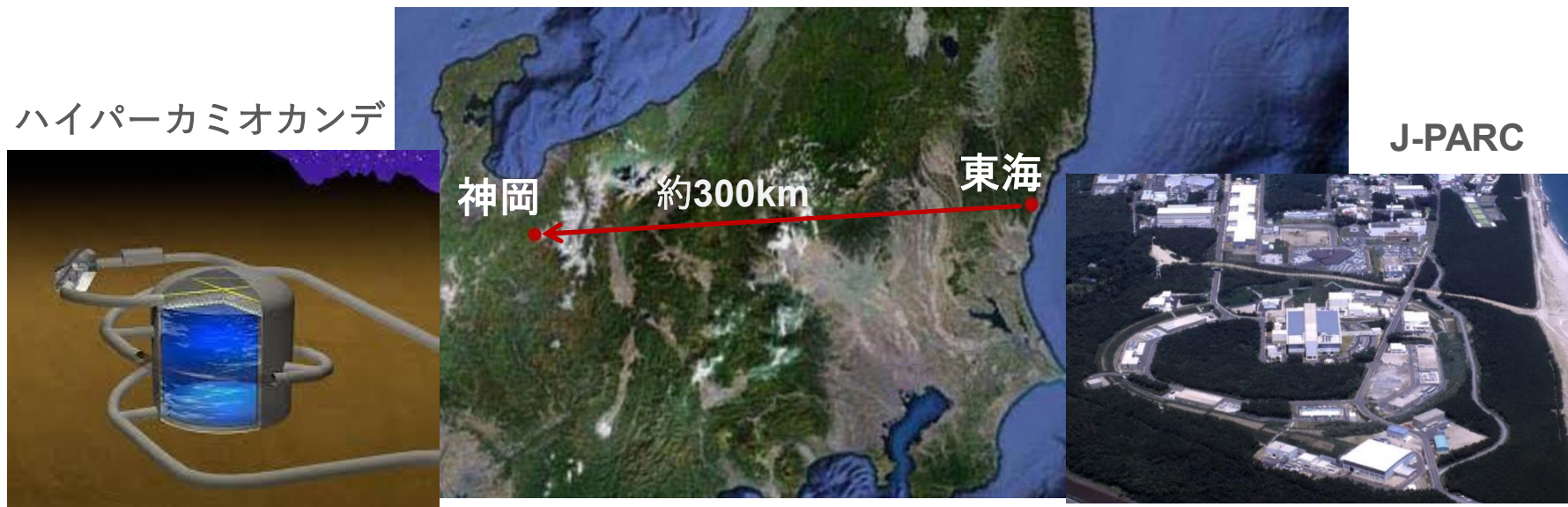
- ビーム増強
- 冷却水の増量
- 鉄製収納容器から冷却水への溶出（新たな知見※）

※ “Tritium production and release at LBNF”, Jim Hylen, Talk at NBI2019, Oct 22–25, 2019 Fermilab

https://indico.fnal.gov/event/21143/contributions/61107/attachments/38286/46455/2019-10-24_Tritium_production_and_release_LBNF_NBI.pdf

4.5 期待される成果

- 今後、ビーム増強・ハイパーカミオカンデ建設により、実験のデータ量、精度を飛躍的に向上させる。



- これにより、「宇宙になぜ物質が存在しうるか?」という根源的な疑問を解く鍵とみられている「ニュートリノの粒子・反粒子対称性の破れ」の発見を目指す。
- 今回の増強により、J-PARCでのニュートリノ実験に参加する国、そしてユーザーの増加が見込まれる。ニュートリノ研究の国際的な拠点としての機能の強化に世界から東海村へより多くの研究者が訪れる機会を創出。

5. まとめ

[数値の変更に係る詳細]

● 各評価点における事業所境界線量（評価値）

[変更前→変更後]

単位：μSv/年

評価点	リニアック 施設	3 GeV シンクロトロン 施設	5.0 GeV シンクロトロン 施設	物質・生命 科学実験施設 ※1	ハドロン 実験施設 ※2	ニュートリノ 実験施設 ※3	合計 ※4
PS-1	1.76	7.0	8.7	12.2 →9.3	0.06 →0.2	6.0 →10.3	35.7 →37.1
PS-2	0.47	3.3	7.2	12.9 →9.8	0.09 →0.3	5.0 →8.2	28.9 →29.0
PS-3	0.21	2.0	6.4	12.2 →9.3	0.1 →0.4	3.6 →6.0	24.4 →23.9
PS-4	0.08	0.7	4.8	7.6 →5.8	0.19 →0.7	1.7 →3.0	15.0 →14.4
PS-5	0.07	0.7	8.4	10.0 →8.0	0.3 →1.5	1.8 →3.0	21.5 →20.2
PS-6	0.05	0.5	15.4	9.0 →6.7	1.8 →6.9	1.5 →2.3	26.5 →29.5
PS-7	0.03	0.3	5.2	5.0 →3.5	4.3 →12.0	0.9 →1.5	14.5 →21.1

※1 年間運転時間を6552→5000時間に適正化

※2 年間運転時間を2750→5000時間に変更、および一次ビーム（Aライン）のビーム出力を増強（95→115 kW）

※3 ビーム出力を増強（650→1300 kW）

※4 ハドロン実験施設とニュートリノ実験施設は同時に運転できないことを考慮

5. まとめ

[数値の変更に係る詳細]

● J-PARC全体の年間液体廃棄物放出量

[変更前→変更後]

単位：GBq/年

核種	リニアック 施設 ※1	3 GeV シンクロトロン 施設	5.0 GeV シンクロトロン 施設	物質・生命 科学実験施設	ハドロン 実験施設	ニュートリノ 実験施設 ※2	合計 ※3
^3H	99 → 1	5.5	1.5	100	210	120 → 1100	536 → 1282

※1 過大であった当初の評価を見直し

※2 ビーム出力の増強（650→1300 kW）等

※3 ハドロン実験施設とニュートリノ実験施設は同時に運転できないことを考慮

5. まとめ

物質・生命科学実験施設、ハドロン実験施設、ニュートリノ実験施設の3施設について、新增設等計画を変更します。

物質・生命科学実験施設：高速ミュオン実験装置（Hライン）の延長及びミュオン加速装置の新設
ハドロン実験施設：新たな一次ビームライン（Cライン）の新設
一次ビームラインの最大強度を95→115kWに増強
ニュートリノ実験施設：最大ビーム強度の増強（650→1300kW）に伴う、遮へい体の追加設置

事業所境界線量は、最大となる評価点で**37.1 $\mu\text{Sv}/\text{年}$** になります。

→ 50 $\mu\text{Sv}/\text{年}$ を超えることはありません。

[→数値の詳細は37ページ](#)

液体廃棄物放出量は、**1282 GBq/年**になります。

→ 1300 GBq/年を超えることはありません。

[→数値の詳細は38ページ](#)

中性子科学研究 最近の成果例

世界初、パルス中性子ビームで車載用燃料電池セル内部の水の可視化に成功

2022年7月12日プレスリリース(科学工業日報、電気新聞、日刊工業新聞等、8紙に掲載)

【参画機関】NEDO、KEK、JAEA、J-PARCセンター、(株)日産アーク、技術研究組合 FC-Cubic
(協力) (株)豊田中央研究所、(株)本田技術研究所、トヨタ自動車(株)

【成果】エネルギー分析型中性子イメージング装置(BL22)の撮像系を高感度化・最適化し、燃料電池自動車(FCV)搭載サイズの燃料電池セル内部の水の生成・排出挙動可視化に成功

- ✧最適な燃料電池セルや流路構造の開発を加速。
→燃料電池のさらなる高性能化・低コスト化が期待
- ✧FCVの普及拡大に貢献

タンパク質の立体構造解析に新たなモデルを提唱

2022年5月27日プレスリリース

【研究者】玉田太郎、花園祐矢、平野優(量研機構)、三木邦夫、竹田一旗(京大)、日下勝弘(茨大)

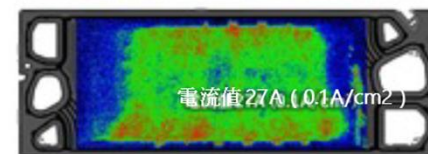
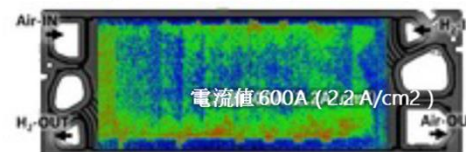
【成果・ポイント】光合成細菌の光合成電子伝達を担う高電位鉄イオンタンパク質の高精度全原子結晶構造解析に成功

- ✧タンパク質中のペプチド結合の平面構造について新モデル提唱
- ✧新モデルを用いたタンパク質の立体構造解析により、生命科学研究の進展に寄与

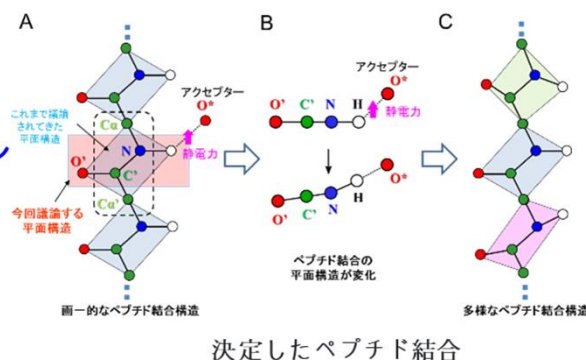
Science Advances 誌 DOI 0.1126/sciadv.abn2276 掲載



新型 MIRAI 燃料電池(単セル)



MIRAI搭載セル中水挙動可視化像
(電流値による水分布の変化)



物質・生命科学実験施設

ミュオン科学研究 最近の成果例

緒方洪庵が遺した“開かずの薬瓶”非破壊で解明 ミュオンビームによる医療文化財の分析に成功

2021年3月17日プレスリリース(読売新聞オンライン、朝日新聞デジタル等に掲載)

【研究者】高橋京子、高浦佳代子、二宮和彦、佐藤朗(大阪大学)、植田直見(元興寺文化財研究所)、梅垣いづみ((株)豊田中央研究所)、反保元伸、竹下聡史、三宅康博(KEK)

【成果】江戸時代末期の医師・蘭学者 緒方洪庵の薬箱に遺された開栓不可能なガラス瓶内の薬剤を、密閉されたままで内容物を分析し、内容薬物の特定に成功

※破壊的分析が許されない他の文化財の分析への応用に期待

正負のミュオンで捉えた 全固体リチウム電離負極材料のリチウム移動現象

2022年7月7日プレスリリース

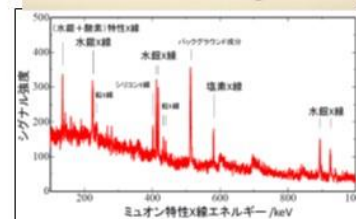
【参画機関】KEK、J-PARCセンター、(財)総合科学研究機構、茨城大学、大阪大学、国際基督教大学

【成果】全固体リチウム電池の負極材料候補($\text{Li}_4\text{Ti}_5\text{O}_{12}$)中のリチウムイオンの拡散を正電荷ミュオン(S1実験エリア)と負電荷ミュオン(D1実験エリア)を用いて観測し、温度依存性が小さいことを解明、本材料が非常に優れたものであることを示した。

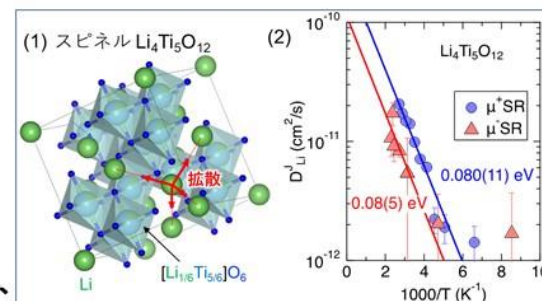
※電池外部からのミュオン照射で、作動中の電池を非破壊で測定可能

※本材料以外への適用により、高効率電池の開発に貢献

緒方洪庵晩年期使用薬箱と薬瓶



ミュオンにより内容物は当時「甘汞」と呼ばれた塩化水銀と判明



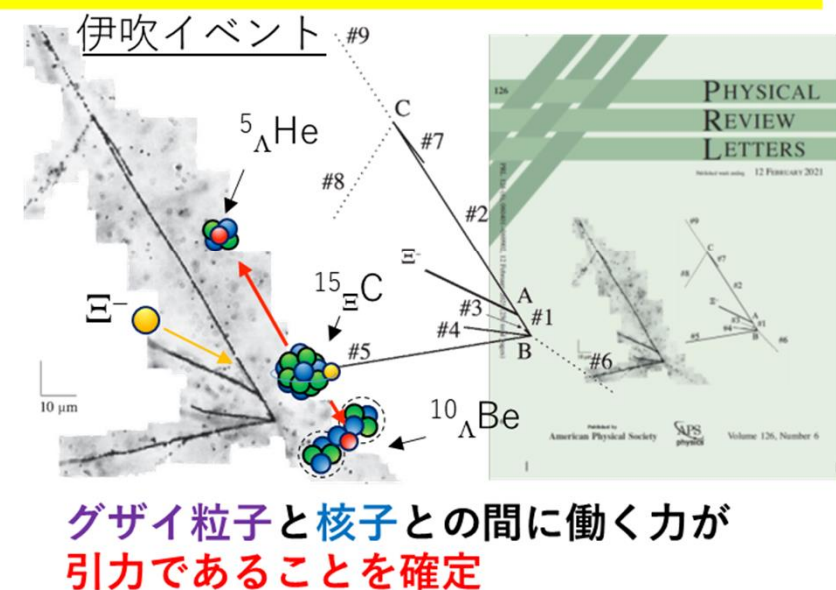
リチウムの拡散のイメージ(左図、緑色の球)とミュオンにより得られたリチウムの拡散係数の温度依存性
横軸は温度の逆数、測定点は130°C ~ -170°C

参考資料 1 : これまでのJ-PARCの成果

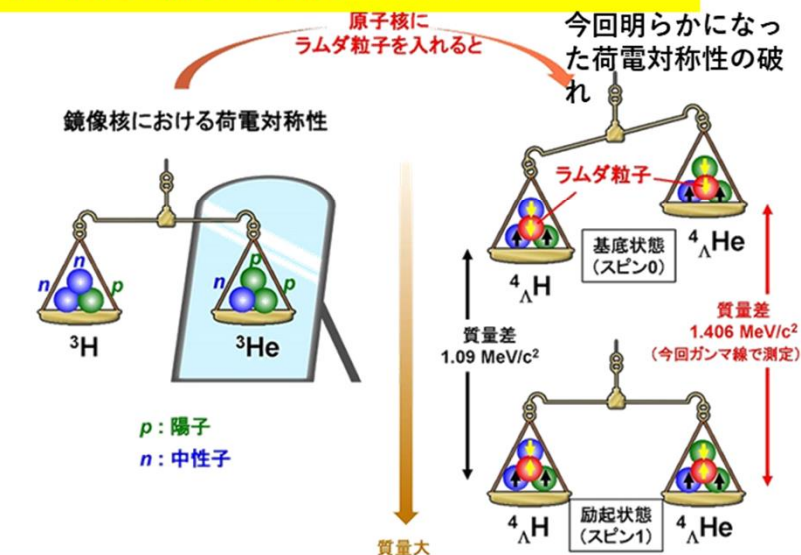
ハドロン実験施設

ストレンジ核子まで含めた「一般化された核力」の性質と起源の解明

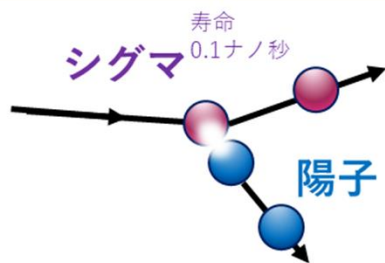
グザイハイパー核の質量測定に初めて成功



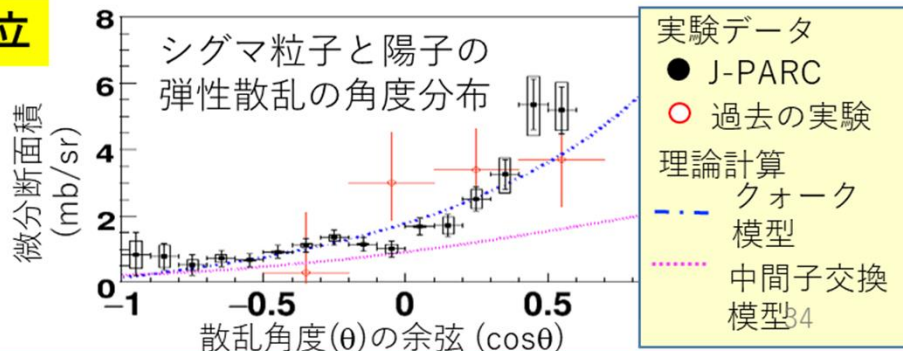
ラムダ粒子と核子との間に働く力の荷電対称性の破れを発見



ストレンジ核子と陽子の散乱実験手法を確立



半世紀ぶりに
 散乱角分布の
 測定精度を
 10倍向上



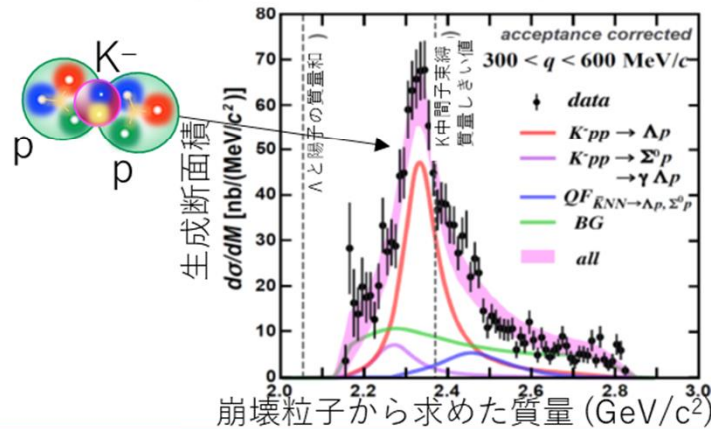
参考資料 1 : これまでのJ-PARCの成果

ハドロン実験施設

K-中間子を含む新しい原子核の発見

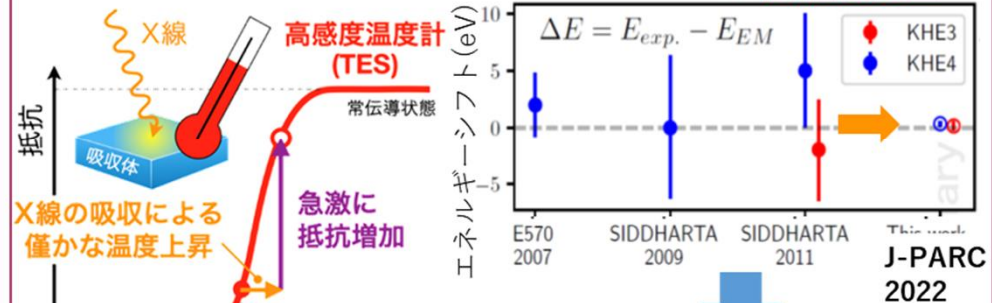
原子核より**約10倍大きな束縛エネルギー**

→ 極めて**コンパクト(高密度)**で特異な原子核であることを示唆



K-中間子原子からのX線測定の高精度化に成功

世界最高精度の温度計と称される超伝導転移端型マイクロカロリメータ(TES)をはじめてK中間子原子のX線測定に導入 **10倍精度向上**



↓
MLFでのミュオン原子X線測定にも導入

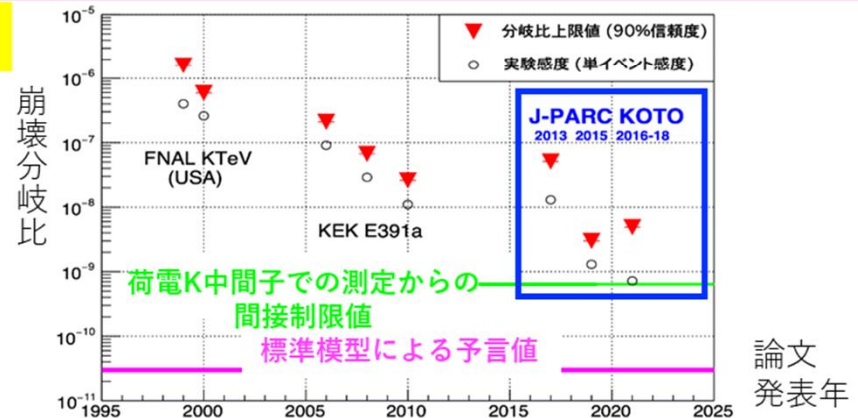
小林益川理論を超えるCP対称性の破れの探索

中性K中間子の稀な崩壊 $K_L^0 \rightarrow \pi^0 \nu \nu$ を探す

- ✓ CP対称性を破る過程
- ✓ 未発見の過程

世界最高感度で探索を継続中

- J-PARC以前の探索から10倍以上進展
- 新物理が現れる領域に迫っている



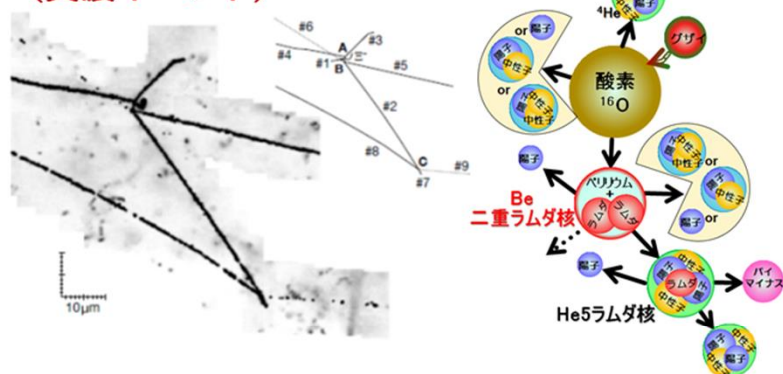
論文
発表年

ハドロン実験施設

ストレンジ・クォークを2つ含む新種のハイパー核を発見

粒子の飛跡を数 μm の精度で記録する原子核乾板（特殊な写真フィルム）を用いた実験で、ストレンジ・クォークを1つ含むラムダ粒子 (Λ) が2個束縛した**二重ラムダハイパー核**やストレンジ・クォークを2つ含むグザイ粒子 (Ξ^-) が束縛した**グザイハイパー核**を新たに発見・観測した。これらの発見・観測により、**ラムダ粒子間やグザイ粒子と核子の間に働く力**（一般化した核力）の大きさなどの情報が得られる。“一般化した核力”の研究を通じて『核力や高密度原子核・ハドロン物質の解明』が期待される。

ベリリウム二重ラムダハイパー核 (美濃イベント)

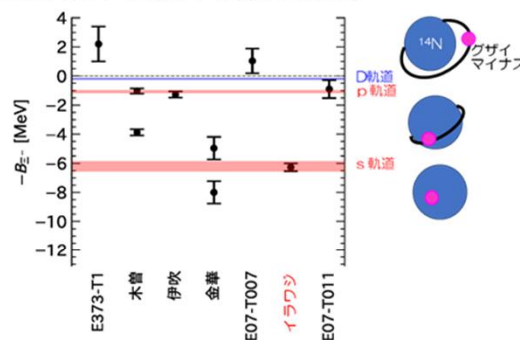


原子核乾板に記録された二重ラムダハイパー核の崩壊の様子。崩壊事象を詳細に解析することにより、崩壊前のハイパー核を同定し、その質量が測定できる。

プレスリリース (2019/2/26)
『新種の超原子核 (二重ラムダ核) を発見』
<https://www.j-parc.jp/c/press-release/2019/02/26000214.html>
出版論文は第26回日本物理学会論文賞 (2021) 受賞

グザイ粒子が窒素14原子核に束縛したグザイハイパー核 (伊吹イベント・イラワジイベント)

グザイハイパー核の質量を初めて決定
質量が異なる複数の状態を観測



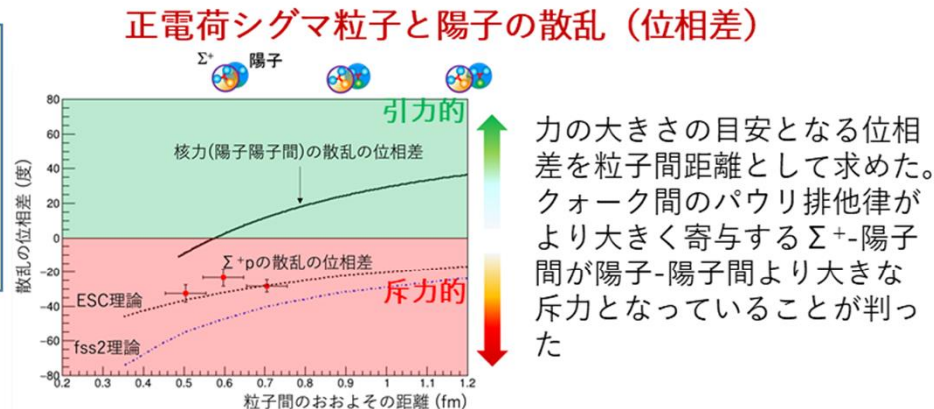
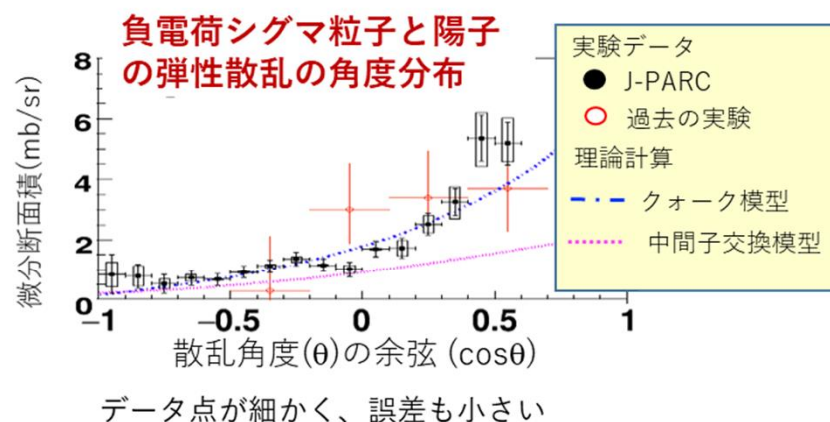
伊吹イベントの写真は論文誌の表紙を飾った

プレスリリース (2021/3/2)
『稀少な超原子核「グザイ核」の質量を初めて決定』
<https://www.j-parc.jp/c/press-release/2021/03/02000661.html>
プレスリリース (2021/7/23)
『「グザイ核」の内部構造、ついに観測成功』
<https://www.j-parc.jp/c/press-release/2021/07/23000724.html>

ハドロン実験施設

高精度シグマ粒子-陽子散乱データ取得に初めて成功

散乱実験は粒子間に働く力を調べる有力な手段であり、陽子・中性子間に働く核力は、様々な散乱実験により詳細に調べられ、少なくとも現象論的にはよくわかっている。一方、ストレンジ・クォークを含むハイペロンの散乱実験は、ハイペロンの寿命が短く、また散乱現象を画像をベースにした方法で取得・同定することから、数多くの事象を測定し、高精度のデータを得ることは困難であった。J-PARCの**大強度ビーム**を用いて、**多数のシグマ粒子**を作り、**大強度下でも動作可能な検出器**を用いて、画像データを用いず、散乱事象を記録・同定することにより**高精度の散乱微分断面積データ**を導出することに初めて成功した。特に正電荷を持つシグマ粒子(Σ^+)と陽子の散乱では、核力における短距離での大きな反発力(**斥力芯**)の主要因は「**クォーク間のパウリ排他律**」によるとの理論予想を検証した。今回得られたデータを元に理論モデルを改良し、“一般化した核力”の理解を通じて、『核力や高密度原子核・ハドロン物質の解明』が期待される。



プレスリリース (2021/11/8)

『J-PARCハドロン実験施設で 奇妙な粒子と陽子の散乱現象を精密に測定 — 原子核を作る力の解明に大きな前進 —』

<https://www.j-parc.jp/c/press-release/2021/11/08000762.html>

プレスリリース (2022/9/5)

『クォーク間の「芯」をとらえた —物質が安定して存在できる理由の理解に貢献—』

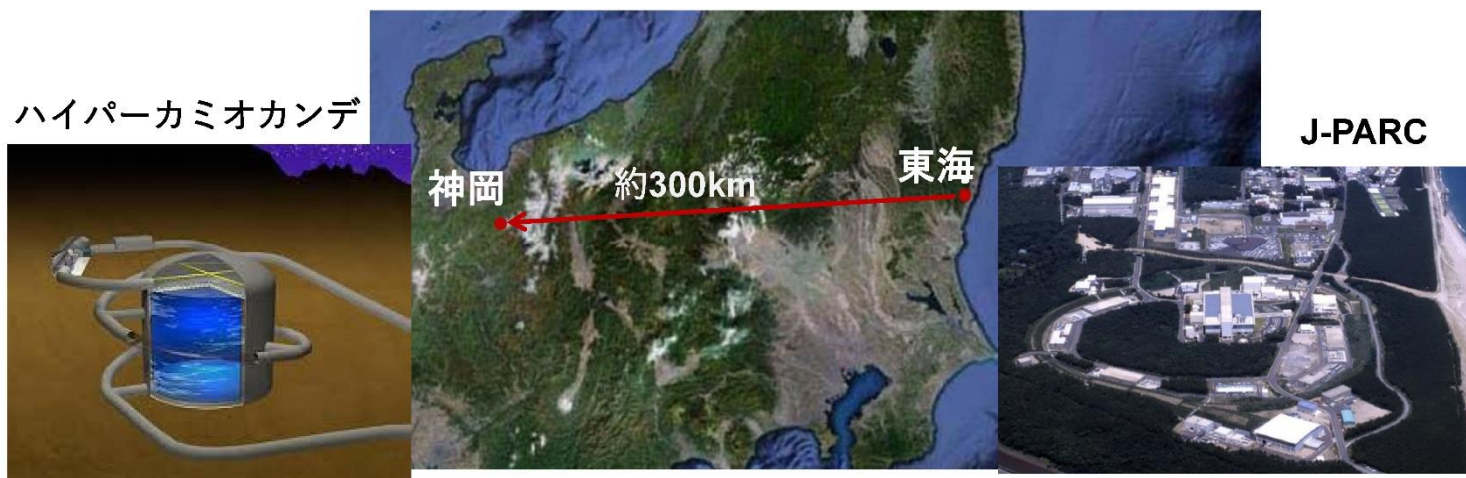
<http://www.j-parc.jp/c/press-release/2022/09/05001005.html>

参考資料 1 : これまでのJ-PARCの成果

46/48

ニュートリノ実験施設

- J-PARCで生成したニュートリノビームを、約300km離れた岐阜県飛騨市神岡のスーパーカミオカンデに出射し、飛行中の変化を観測している。
- これまでにミューオンニュートリノから電子ニュートリノへのニュートリノ振動の発見という大きな成果を上げた。
- 今後、「宇宙になぜ物質が存在しうるか?」という根源的な疑問を解く鍵とみられている「**ニュートリノの粒子・反粒子対称性の破れ**」の発見を目指す。
- そのために、ビーム増強・ハイパーカミオカンデ建設・中間距離検出器設置により、実験のデータ量・精度を飛躍的に向上させる。



● 茨城県原子力審議会

開催日	議題	区分
2002.02.25	大強度陽子加速器計画について（旧原研東海）	審議
2005.02.01	大強度陽子加速器計画の進捗状況について（旧原研東海）	報告
2008.02.05	大強度陽子加速器計画の進捗状況について	報告
2009.02.04	大強度陽子加速器施設（J-PARC）の利用計画について	報告
2010.02.19	大強度陽子加速器施設（J-PARC）の現状について	報告

● 茨城県原子力安全対策委員会

開催日	議題
2002.02.05	大強度陽子加速器計画について（旧原研東海）
2013.09.10	J-PARCハドロン実験施設における放射性物質漏えい事故について
2013.12.13	J-PARCハドロン実験施設における放射性物質漏えい事故について
2015.01.27	J-PARC物質・生命科学実験施設において発生した火災について
2015.03.05	J-PARCハドロン実験施設における放射性物質漏えい事故を踏まえた再発防止策について

● 大強度陽子加速器計画に係る安全確保の基本的考え方について

(1) 放射線遮へい

加速器機器を地下トンネル内に設置し、発生する二次放射線をコンクリート、鉄及び土により遮へいすることにより、放射線遮へいに係る法令値を十分下回るよう設計する。

※ 加速器施設の放射線に対する安全対策 (図-1)

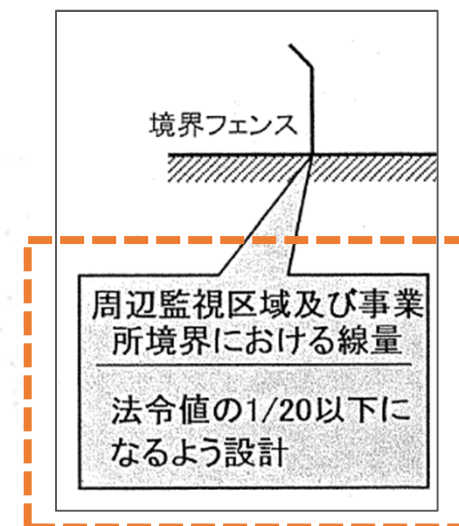


図-1抜粋

表2 年間液体廃棄物放出量

単位 : Bq/年

核種	半減期	線形加速器	3 GeV シンクロトロン	物質・生命科学 実験施設*	50GeV シンクロトロン*	原子核素粒子 実験施設*	合計
^3H	12.3[y]	9.9×10^{10}	5.2×10^9	8.9×10^{11}	1.7×10^8	2.1×10^{11}	1.3×10^{12}

その他の核種 : ^{22}Na 、 ^{52}Mn 、 ^{54}Mn 、 ^{59}Fe 、 ^{56}Co 、 ^{57}Co 、 ^{58}Co 、 ^{60}Co

注) * : 概略値