

J-PARCにおける 中性子の産業利用 － 茨城県ビームラインの取り組み －

2025年3月13日

茨城県中性子ビームライン
産業利用コーディネータ

峯村 哲郎

t_minemura@cross.or.jp

内 容

1. はじめに

- ・茨城県の紹介
- ・中性子による材料分析手法の特長

2. J-PARC(大強度陽子加速器施設)

- ・J-PARCが目指すもの
- ・中性子実験施設(J-PARC MLF)
- ・茨城県ビームライン

3. 茨城県ビームライン事業

- ・運営体制と利用制度
- ・産業利用促進施策

4. 事業の実績と利用事例

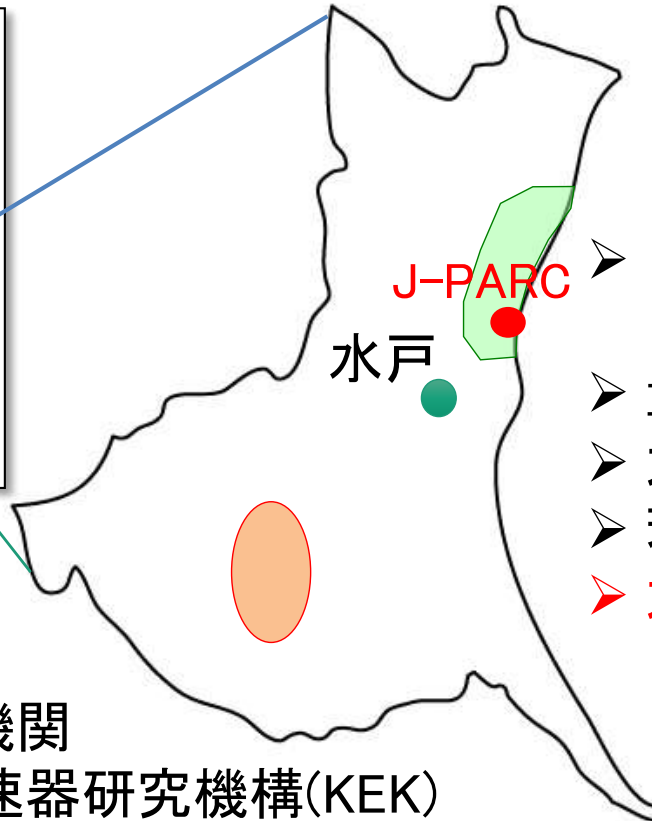
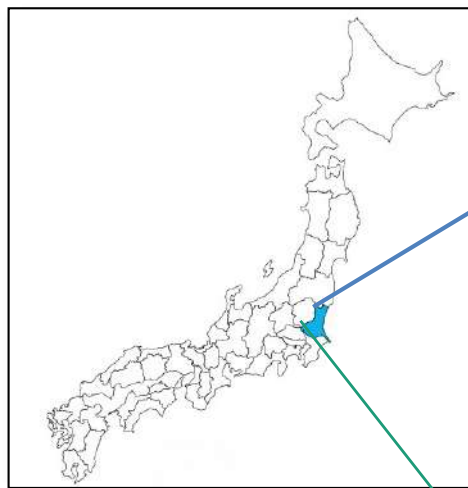
5. 今後の展開

6. まとめ



茨城県

農業や水産業だけでなく科学技術の中心地



東海・日立地域

- 日本原子力研究開発機構(JAEA)
(原子力科学技術の中心地)
- 量子科学研究開発機構(QST)
- 大手電機メーカー & 関連会社
- 茨城大学
- 大強度陽子加速器施設(J-PARC)

つくば地域

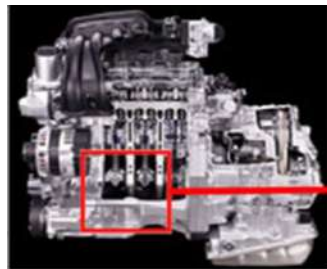
- 多くの国立研究機関
- 高エネルギー加速器研究機構(KEK)
(高エネルギー物理の中心地)
- 多くの企業研究所
- 筑波大学
- 放射光科学施設(PF)@KEK

**農業産出額全国第3位！
水産物漁獲量全国第2位！**

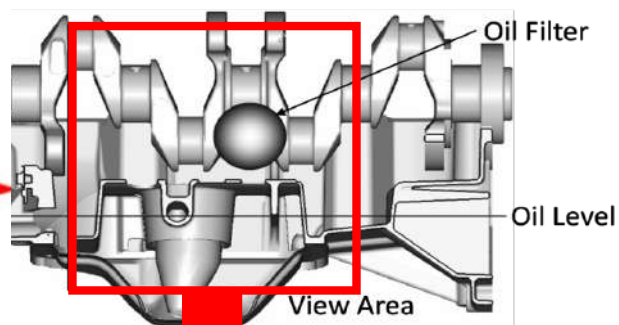
面積: 6,098.32km²(24位)
可住地面積65.2%(4位)
人口: 2,823,428(11位)

中性子は金属筐体の中が見える

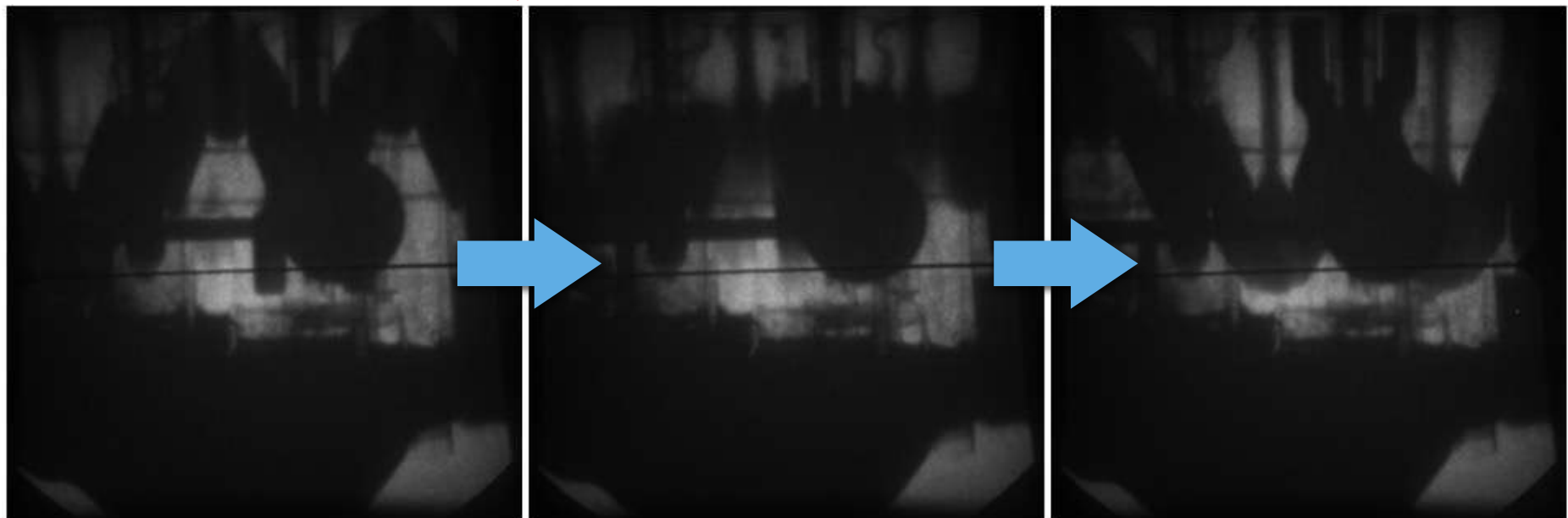
エンジン内部のピストンや潤滑油の動きを可視化



観察エンジン
カットモデル



自動車用エンジンの
透過動画像

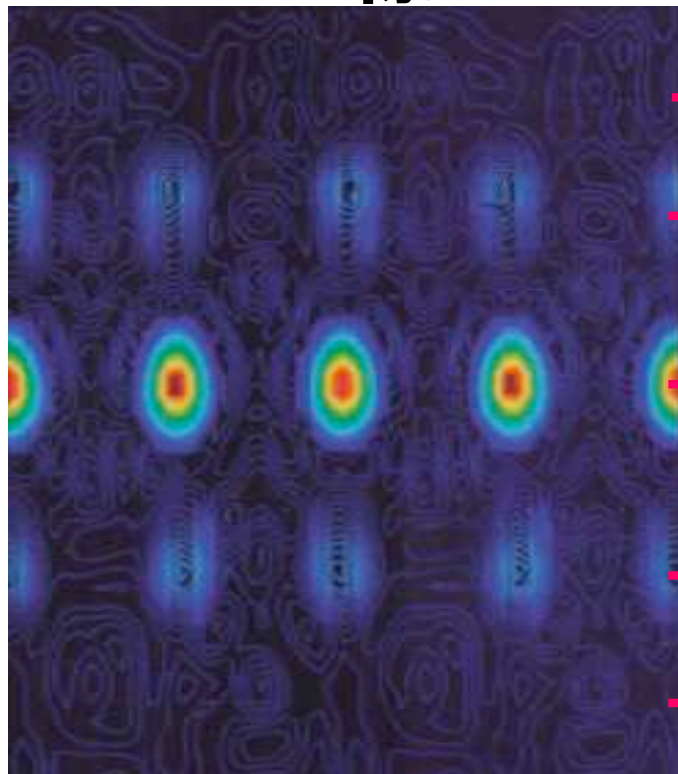


中性子は軽元素が見える

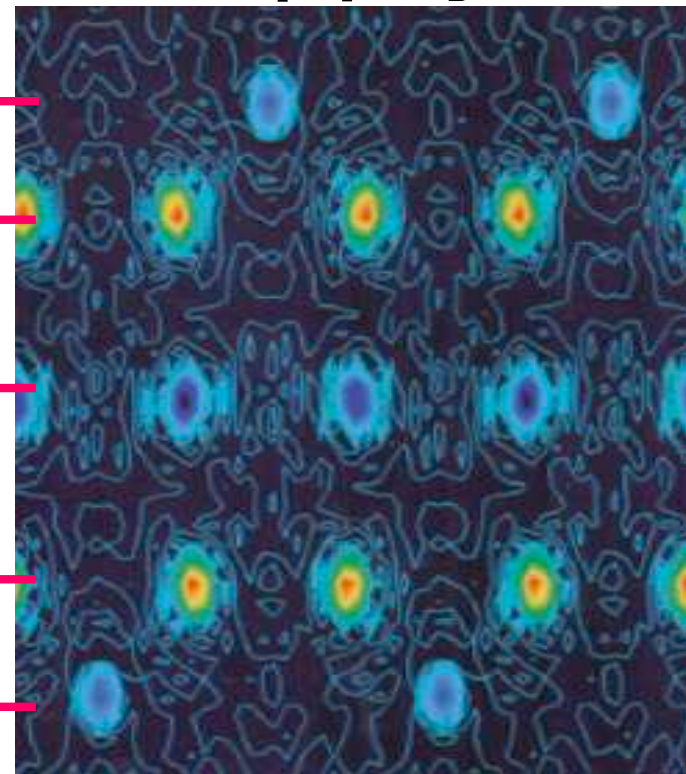
X線では困難な水素やリチウムのような軽元素の
位置と量を決定可能

Liイオン電池用正極材(LiMn_2O_4) の結晶構造解析例

X線



中性子



Li
O
Mn
O
Li

中性子による材料分析手法の特長

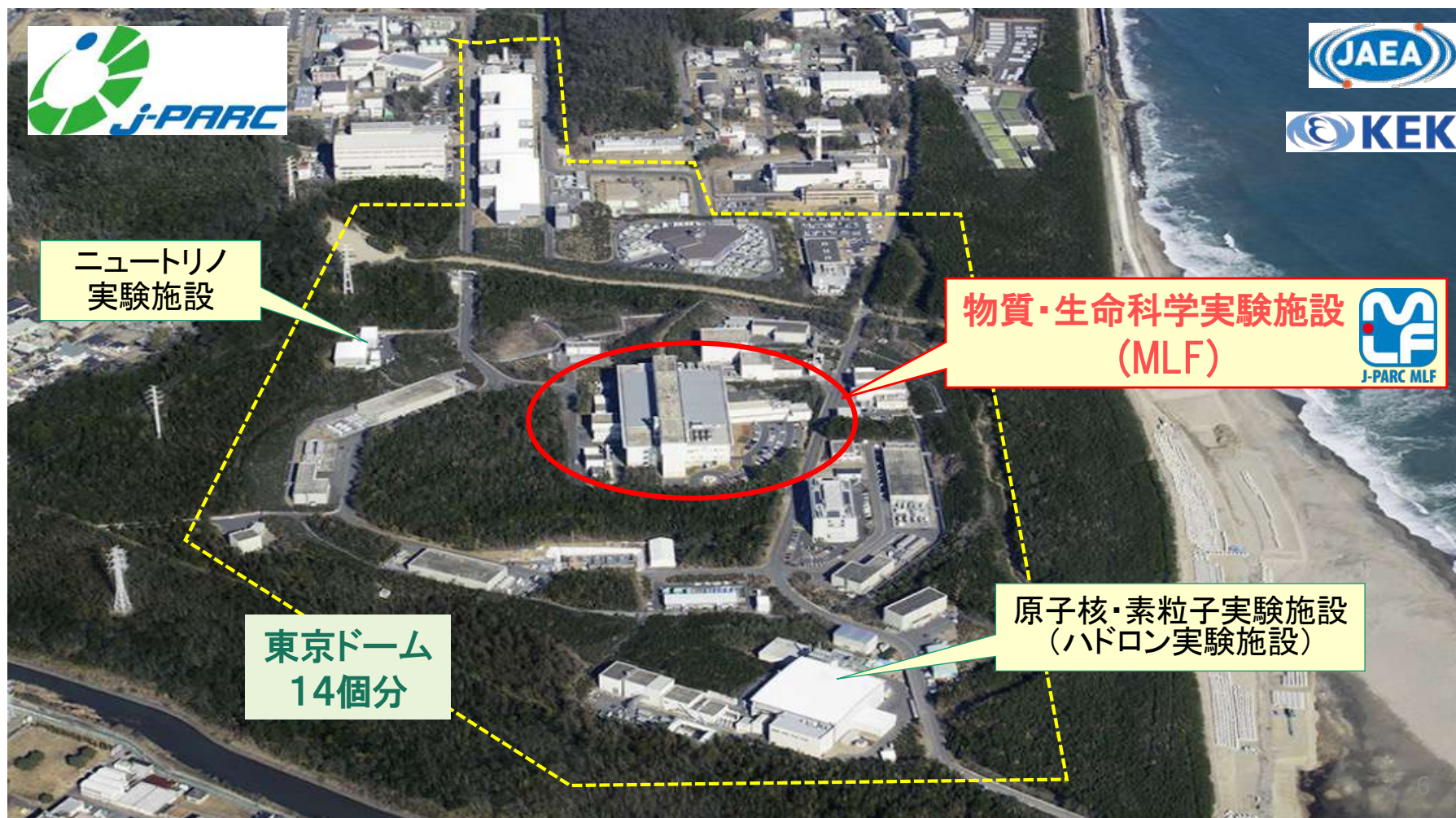
＜産業利用での魅力＞

- X線に比べて透過しやすく照射損傷が小さい
⇒ バルク状態での材料構造情報取得や
非破壊検査に有効
- X線は電子散乱vs中性子は原子核散乱
⇒ 水素やリチウムなど軽元素解析が可能
⇒ 同位体元素や原子番号の近い元素の
識別が可能
- 原子/分子の運動状態などの材料のダイナミックス
情報取得が可能
- 磁性材料の磁気構造解析に有効
- 即発 γ 線による非破壊元素分析が可能

大強度陽子加速器施設: J-PARC

Japan Proton Accelerator Research Complex

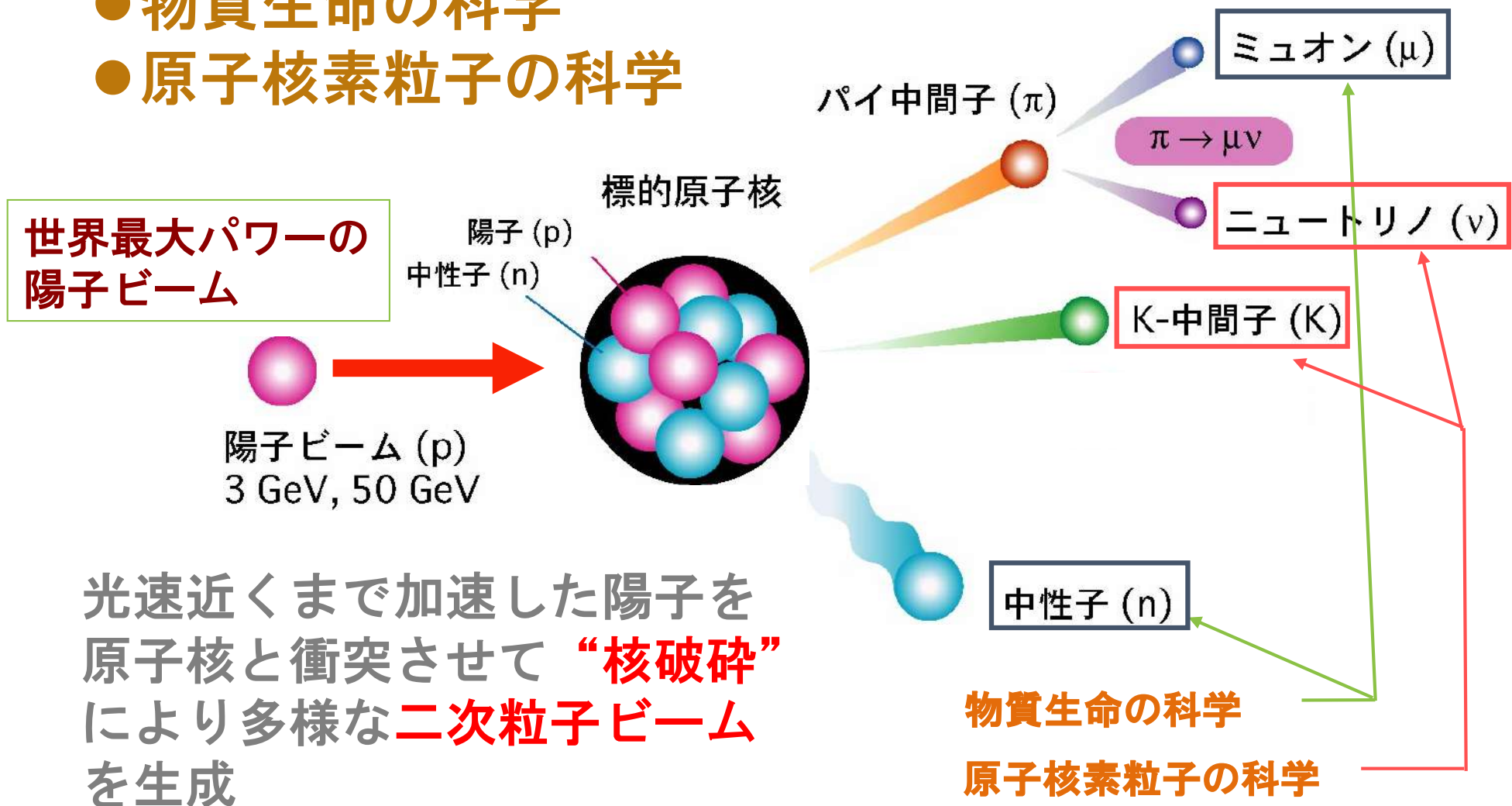
日本原子力研究開発機構(JAEA)と高エネルギー加速器研究機構(KEK)の共同プロジェクトにより茨城県東海村に設置された大型実験施設



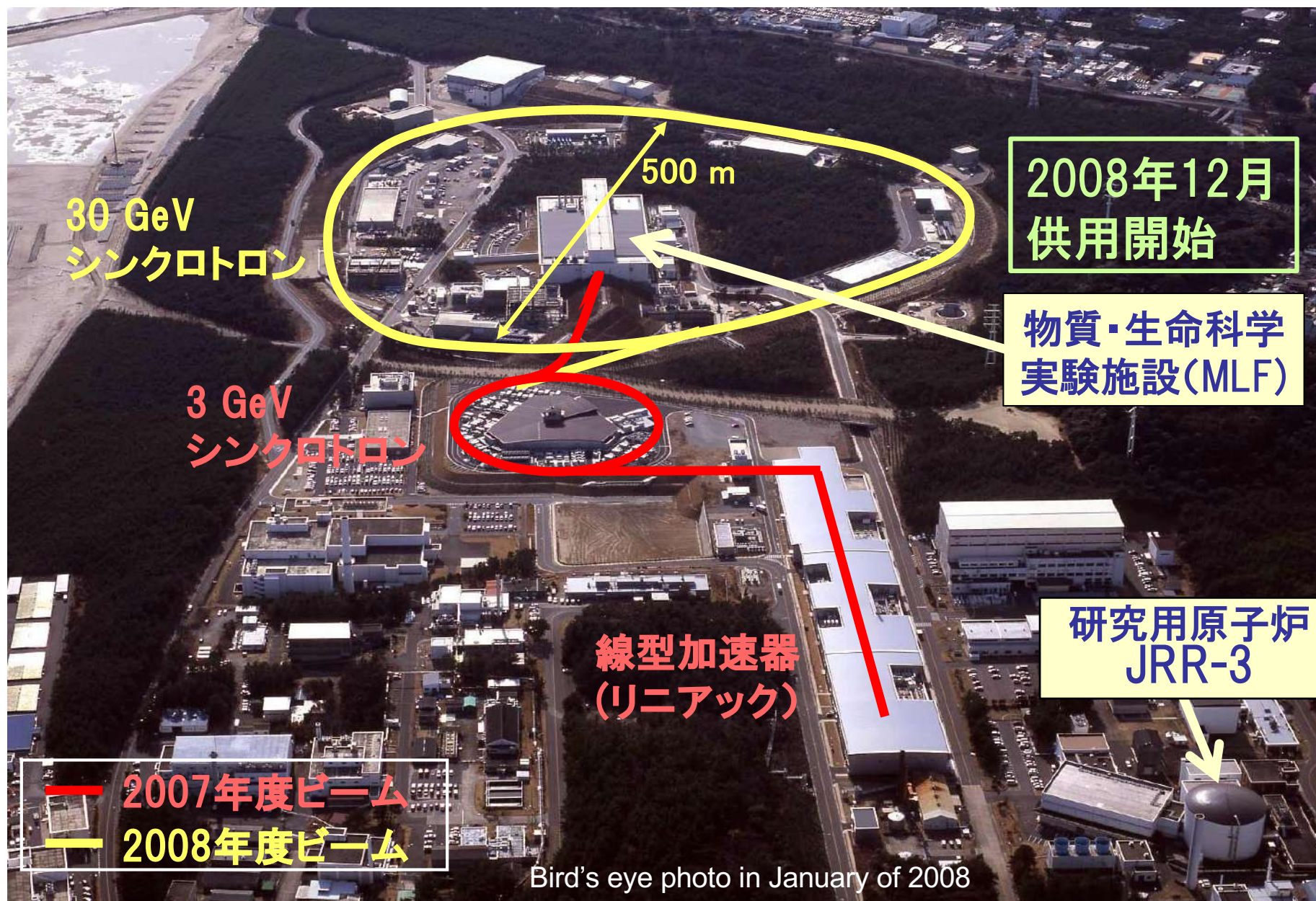
J-PARCが目指すもの

二次粒子ビームによる多彩な科学の追求

- 物質生命の科学
- 原子核素粒子の科学



J-PARC施設の全景写真(@2008)



JRR-3中性子実験施設

Japan Research Reactor No.3



定常中性子源

熱出力: 20MW
中性子束: 3×10^{18} n/s·m²



炉室概観

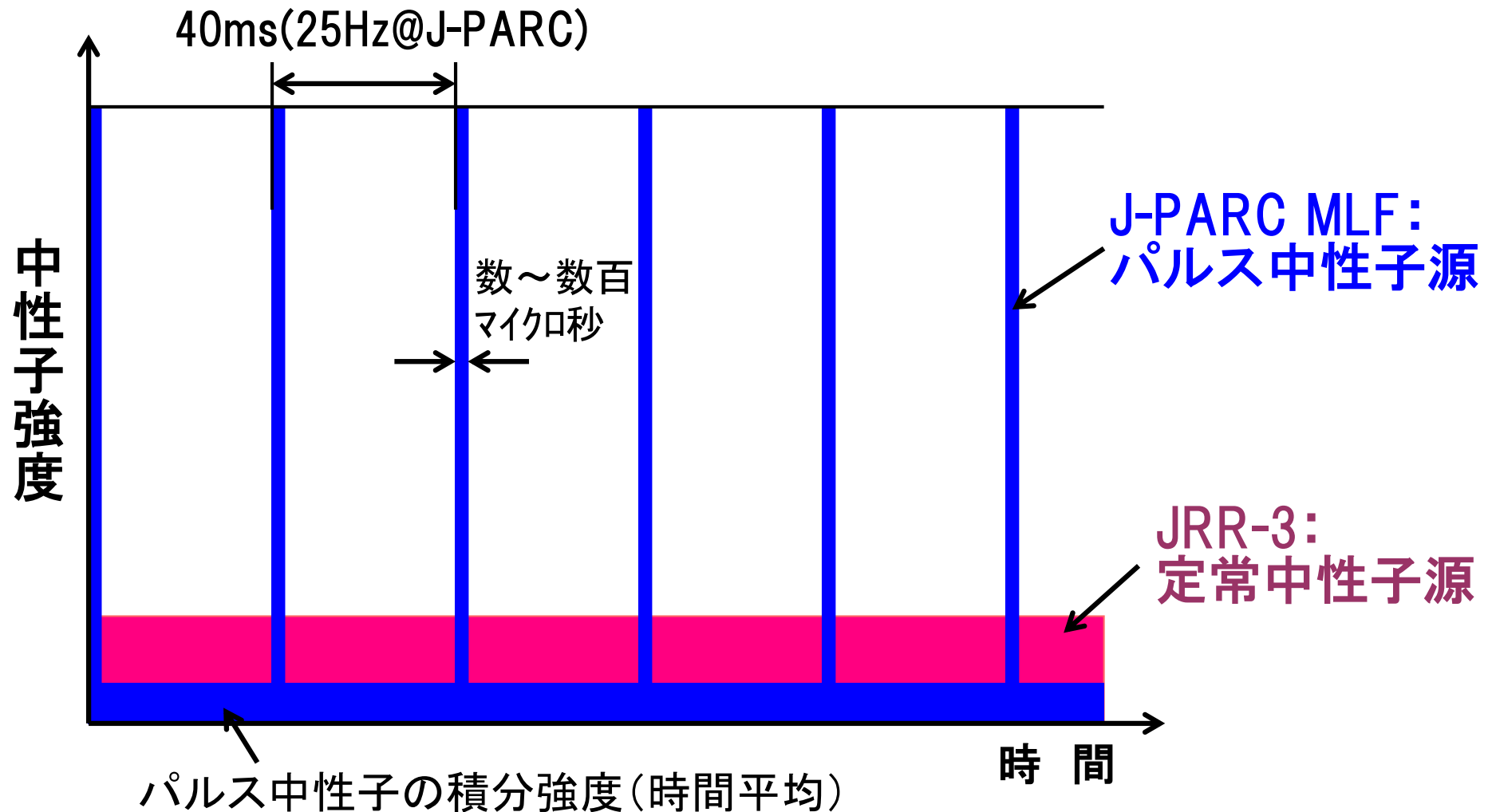
ビームホール概観



*東日本大震災により2011年3月から運転停止して2021年2月末より運転再開

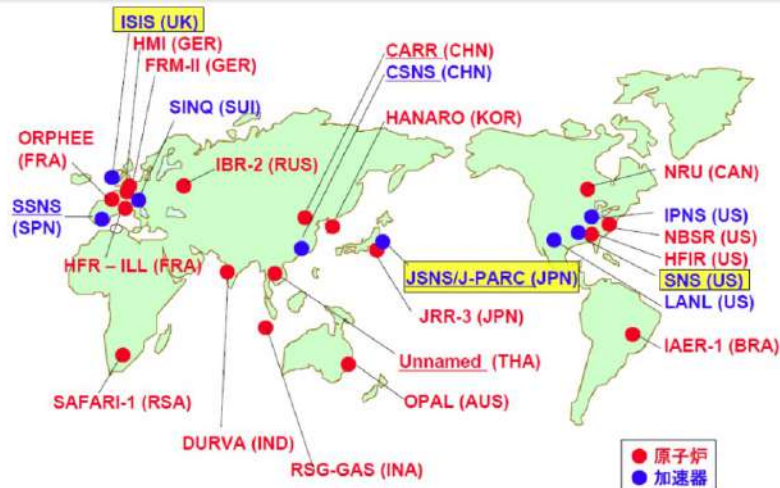
2つの中性子源

- JRR-3: 原子炉中性子源(核分裂)
- J-PARC MLF: 加速器中性子源(核破砕)

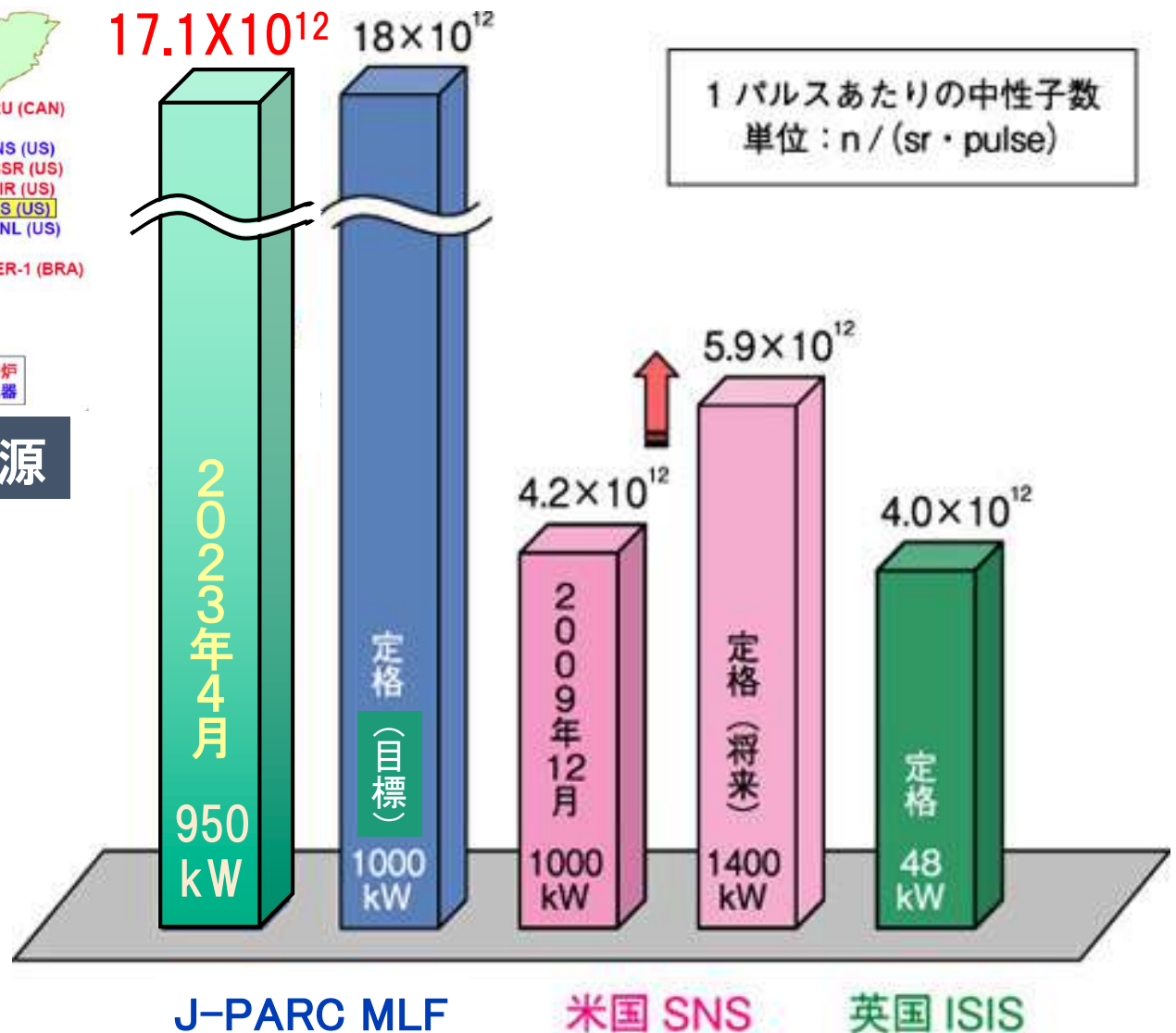
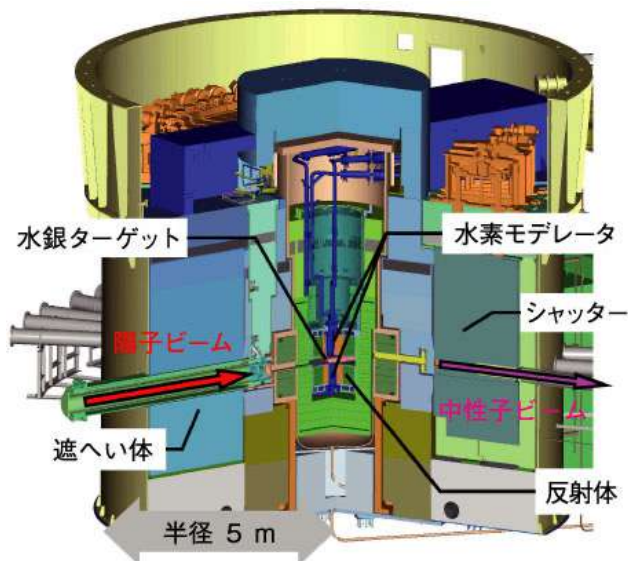


世界の核破砕パルス中性子源

世界最強レベルのパルス中性子源を実現



J-PARC MLFパルス中性子源



MLF中性子実験装置の配置

Materials and Life Science Experimental Facility



稼働ビームライン(BL):21本
空きビームライン:2本 (BL07, BL13)

パルス中性子源

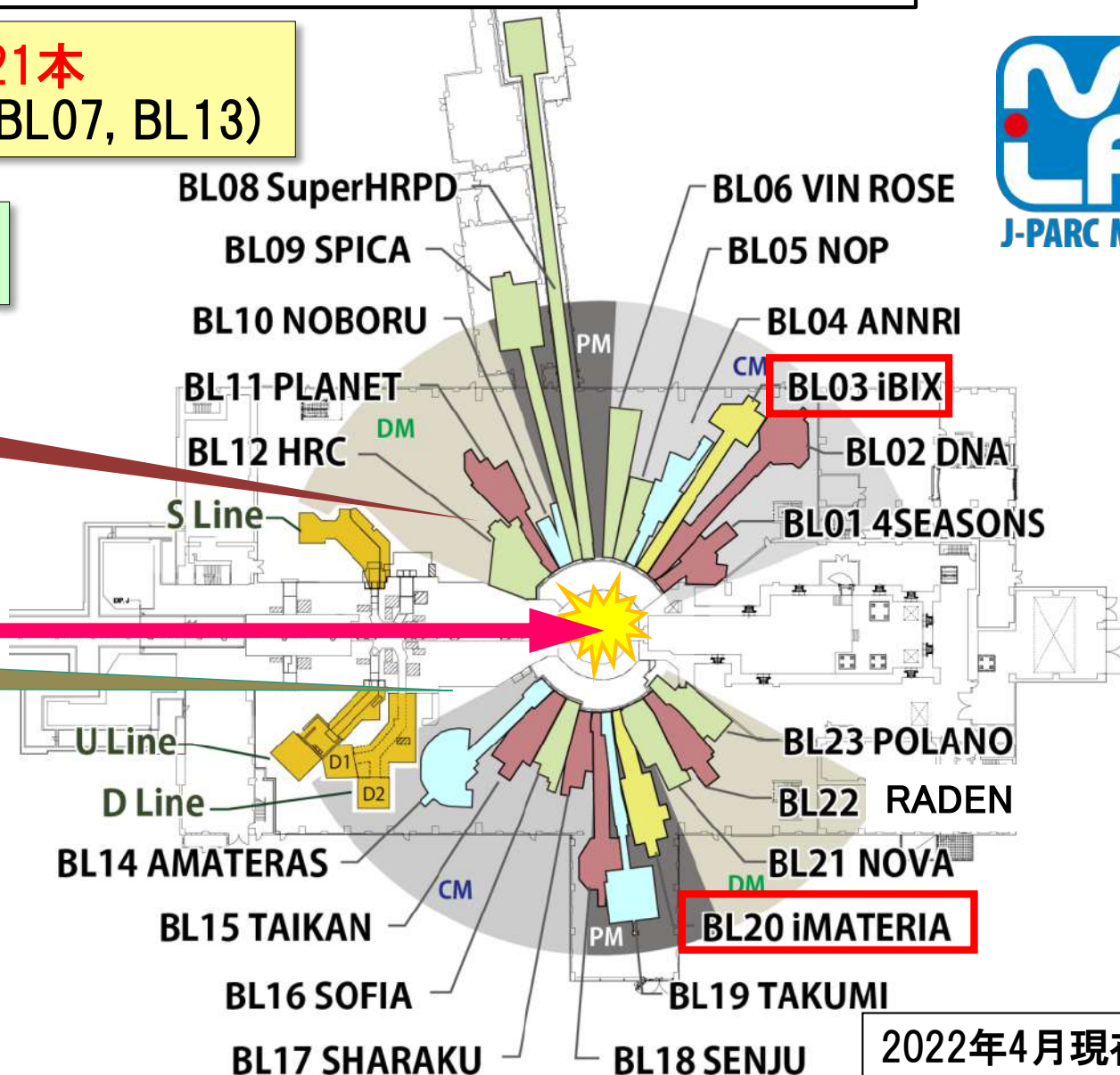
第1実験ホール

陽子ビーム

第2実験ホール



MLF施設外観



2022年4月現在

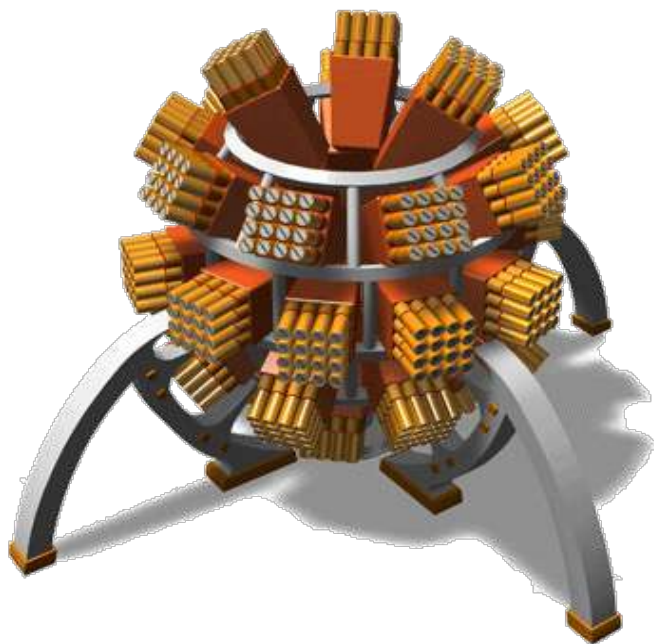
茨城県ビームライン(BL)

J-PARC MLF 供用開始(2008年12月)から
中性子の産業利用を牽引

生命物質構造解析装置

BL03: iBIX

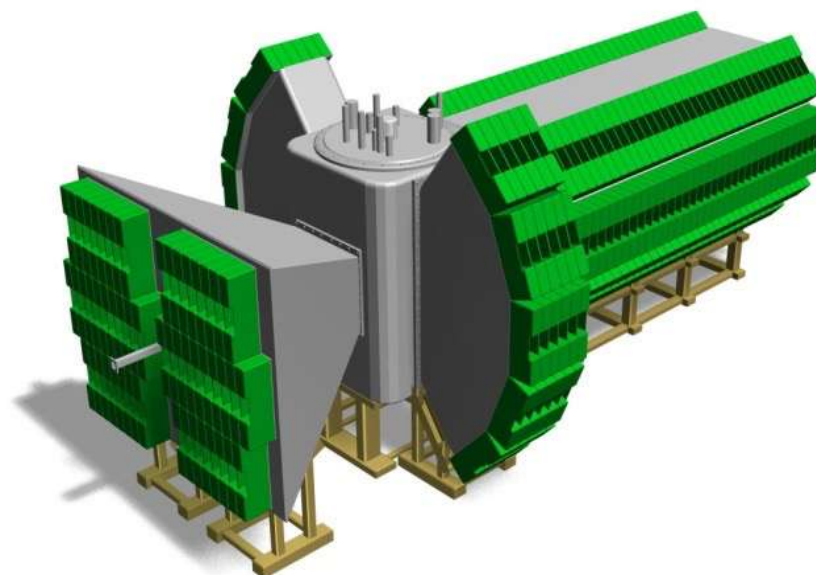
創薬に貢献するタンパク質の
単結晶構造解析装置



材料構造解析装置

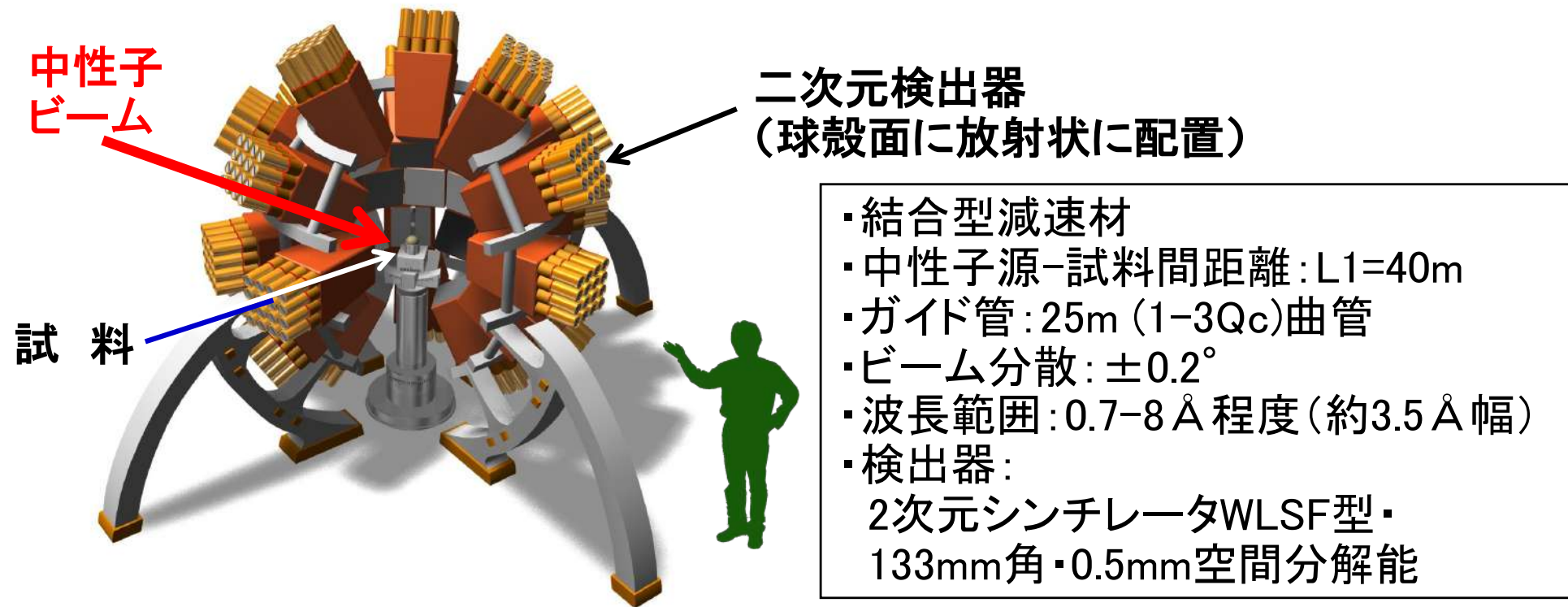
BL20: iMATERIA

産業利用の多様なニーズに
応える多機能な汎用装置



生命物質構造解析装置:iBIX

創薬に貢献するタンパク質の単結晶構造解析装置



- タンパク質の機能を制御した難病治療の特効薬, 副作用のない薬など新しい医薬品の開発
- 生分解性材料, 発光プラスチックなどの有機機能性材料の開発
- 冷凍食品, 移植臓器の保存など冷凍保存技術の開発

材料構造解析装置:iMATERIA

産業利用の多様なニーズに応える
種々の解析機能を備えた高性能汎用ツール



背面検出器バンク

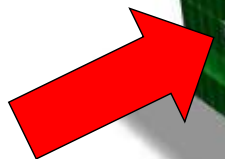
90° 検出器
バンク

低角検出器
バンク

小角検出器
バンク

背面検出器
バンク

パルス
中性子ビーム



試料装填槽

小角検出器バンク



iMATERIAの材料構造解析機能

検出器バンクを使い分けて散乱・回折他の 種々の解析が可能

- **粉末回折解析(結晶構造解析)**
専用Reitveld解析ソフト:Z -Codeによる精密結晶構造解析
- **全散乱解析(非晶質・局所構造解析)**
二体分布関数に基づく非晶質構造や乱れを含む結晶構造解析
- **集合組織解析(バルク回折・結晶配向解析)**
Reitveld Texture 解析ソフトによる極点図や高精度相分率解析
- **小角散乱解析(ナノ構造解析)**
汎用の小角散乱解析や動的核スピン偏極小角散乱解析
- **全反射解析(表面・界面構造解析)**
臨界反射変化による表面・界面組成変化解析
- **ラジオグラフィ(透過像解析)**
透過イメージングやCTによる非破壊構造解析

いばらき科学技術振興指針

(2005年3月策定)

目指す 将来像

革新的な技術，製品，サービスの創出で，経済成長や雇用の拡大を図るとともに，だれもが安全・安心，快適な生活を享受し，**日本一豊かさを実感できる社会の実現**を目指す。

基本目標

「科学技術イノベーション立県 いばらき」

科学技術の振興のみならず，本県が率先して科学技術でイノベーションを起こし，他地域のモデルとなるような**「人が輝く元気で住みよい いばらき」**を基本目標とする。

基本方向

将来像を実現するために，本県の科学技術振興施策を推進していく上での基本方向の柱を，
「いばらき発の科学技術イノベーションの推進」
「科学技術イノベーションに適した環境整備」
の2本とし，それぞれの施策を展開する。

科学技術イノベーション立県 いばらき

基本目標:「人が輝く元気で住みよい いばらき」

① いばらき発の科学技術イノベーションの推進

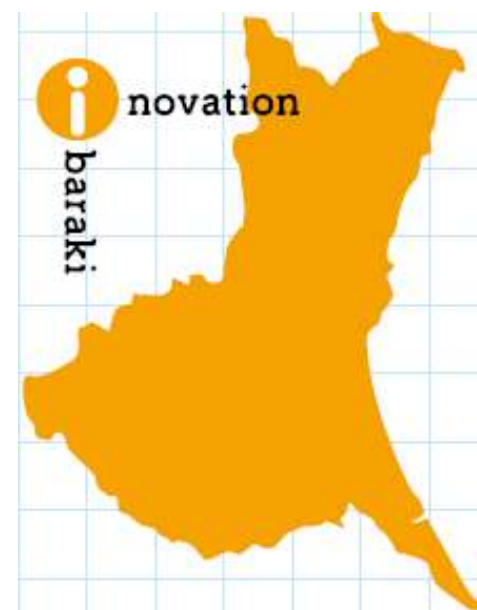
- ◆人口減少社会・健康長寿社会に向けた科学技術イノベーション
- ◆安全・安心な社会に向けた科学技術イノベーション
- ◆持続可能な社会に向けた科学技術イノベーション
- ◆地域特性を活かした競争力ある産業創出，振興に向けた科学技術イノベーション

(1) J-PARCの利活用の促進

- (2) TIA-nano*を利活用した新産業創出
- (3) 「超スマート社会」の実現に向けた基盤技術の強化
- (4) 農林水産業の成長産業化

② 科学技術イノベーションに適した環境整備

- ◆科学技術イノベーションを社会実装につなげる環境づくり
- ◆研究者が活躍できる環境づくり
- ◆科学技術を担う人づくり
- ◆科学技術を活用した魅力ある地域づくり



*つくばイノベーションアリーナ
ナノテクノロジー拠点

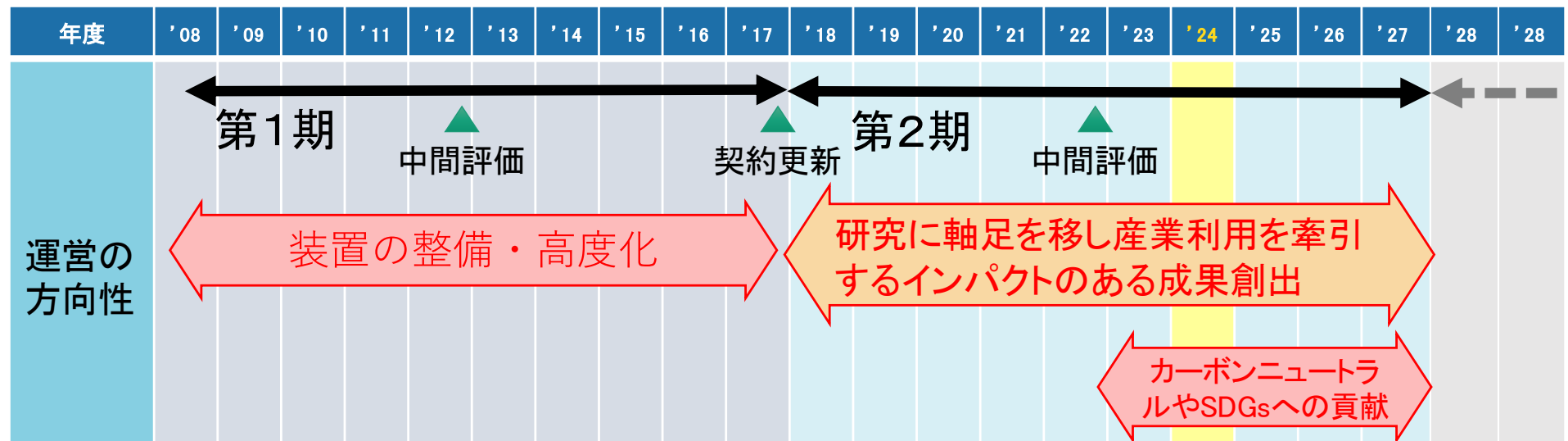
茨城県ビームライン事業

目的

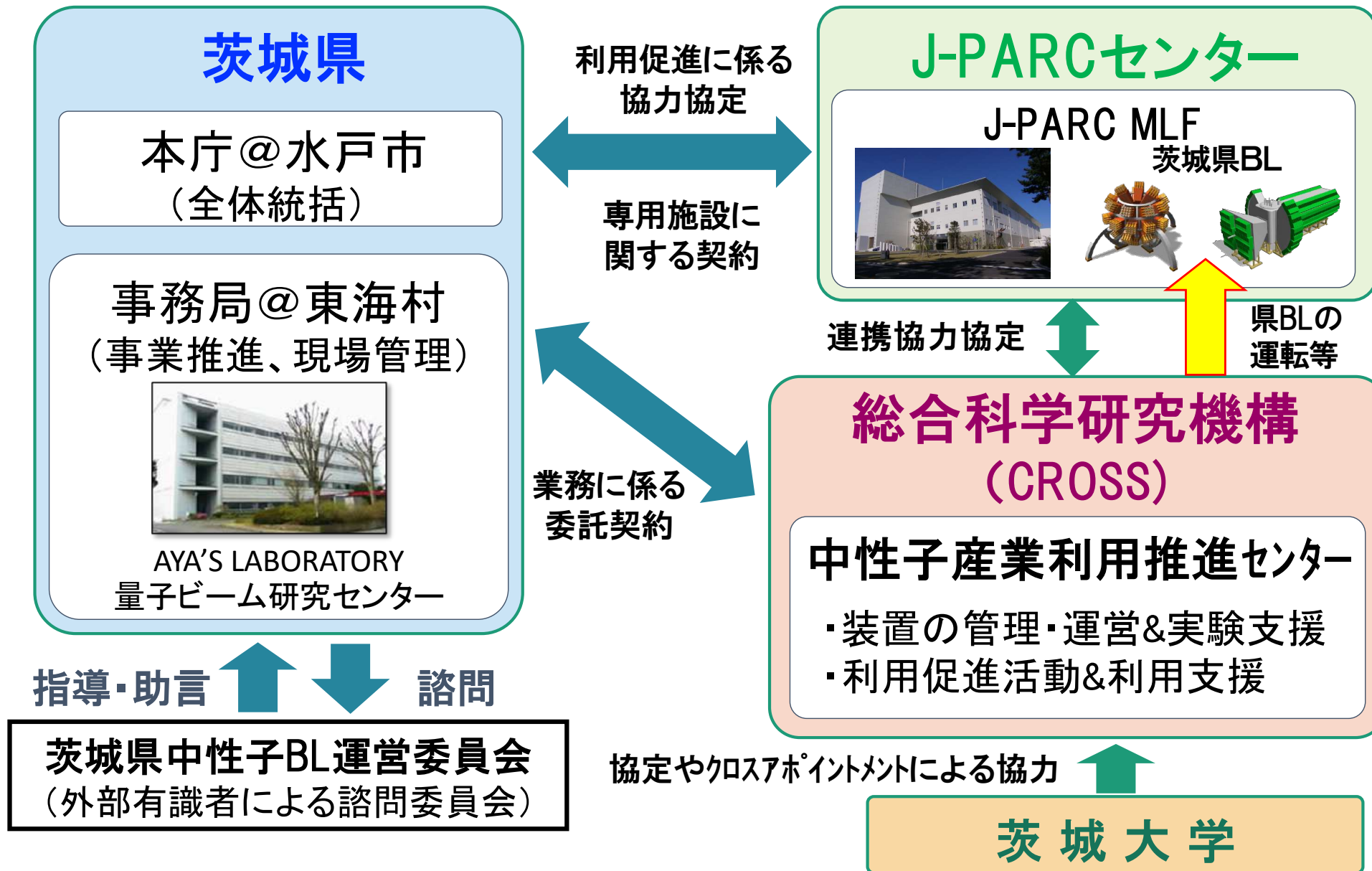
J-PARC MLF内に県独自の2本の中性子ビームラインを設置して**広く産業界の利用に供すること**で以下の将来像の実現を目指す。

- 中性子の産業利用による革新的な新技術等の創出
- 県内中性子関連産業の育成を通じた地域産業への波及
- 研究者・技術者の集積に伴う研究拠点の形成

2008年12月から稼働開始して16年間経過



茨城県BL運営体制 (2023年度～)



中性子産業利用促進施策

主な3つの視点で多面的な施策を推進

- 中性子利用を促す広報・啓発活動の推進
 - 研究会・報告会や学会展示などの実施
 - 先導的な利用事例の創出
 - 県内企業の利用促進
- 利用し易い課題申請制度・実施体制の構築
 - 産業利用コーディネーターによる利用相談・申請支援
 - 企業利用の多様性や迅速性に応える課題申請制度
 - 県内企業優遇制度
 - 装置担当者による実験・解析支援
- 多様なニーズに応える装置機能の開発
 - 多数試料の自動測定機構
 - 多様な試料環境機器
 - 多様な解析機能

中性子利用の広報・啓発活動

■ 研究会・報告会や学会展示などの実施

- 茨城県中性子利用促進研究会の設立(10→13分科会)
→ 中性子産業利用推進協議会へ展開
- 学会・展示会などへのブース出展(年10回程度)
- 茨城県BL成果報告会
→ 中性子産業利用報告会(年1回@東京)へ展開

■ 先導的な利用事例の創出

2025年7月17,18日
@秋葉原コンベンションホール

- 県プロジェクト課題(→ 革新研究/先導研究課題)による
学術界での先導的利用研究を促進(BL利用促進枠の設定)

■ 県内企業の利用促進

- 県内中性子利用連絡協議会の設立
→ いばらき量子線利活用協議会へ展開
- 県内企業向け人材育成事業

2つの協議会

国内企業と県内企業向けの利用促進活動の拠点

中性子産業利用推進協議会(IUSNA)

<https://www.j-neutron.com/index.html>

高性能・新機能の製品を開発するために、大型中性子施設である「J-PARC MLF」と「JRR-3」の活用を軸に、高度計測技術の開発と産業利用を推進する民間団体

会員数：51社、3研究機関（産総研、理研、物材機構）@2024.9.17

いばらき量子線利活用協議会

<https://www.ibaraki-quantum.com>

茨城県に立地するJ-PARCや那珂核融合研究所の最先端量子線技術を工業・農業・医療などの幅広い分野におけるビジネスの創出に繋げるため、①中性子関連の啓発・技術情報発信、②中性子利活用支援、③J-PARC関連機器受注支援、④量子線などを活用した事業化支援、ビジネス機会提供を行う

会員数：県内企業217社@2024.8.1

県内企業向け人材育成事業

(量子線利用に係る人材育成事業:2023-2027年度)

【対象】県内に立地する企業

- 県内中小企業
- 県内に事業所のある大手・中堅企業
- 県内企業によって構成される組合・協議会



【実施内容】

☆ 基礎コース(座学) ※無料

- 量子線利用基礎講座
- 量子線利用出前講座
- J-PARC MLF見学
- 連携技術講座



☆ 応用コース(実習) ※無料

- 県ビームラインでの研修課題実施



利用し易い課題申請制度・実施体制

課題実施プロセスの全て過程で手厚い支援

利用相談

- ・産業利用コーディネーターによる課題の事前検討と申請書作成支援

課題申請

- ・常時公募、トライアルユース、県内企業優遇制度など
産業界の迅速性や初心者利用に応える制度を導入

実験手続

- ・ユーザーオフィスの専任担当者による利用手続きや安全教育などの事務的手続き支援

実験実施

- ・装置担当者による実験準備、実験実施、及びデータ解析支援

実験報告

- ・産業利用コーディネーターによる報告書作成支援

新規課題申請制度

ユーザー視点に立って利用し易い制度を
積極的に導入し柔軟に運用

- **トライアルユース制度 (2009～)**
県BLを無料で利用できるお試し制度
- **メールインサービス制度 (2014～)**
利用者が来所せずに装置担当者が代行測定
- **通年(常時)課題公募制度 (2016～)**
年間を通じて常時公募→採択されれば最短45日で利用可能
- **緊急代行測定制度 (2020～)**
やむを得ない事情で来所できない場合の代行測定(コロナ禍対応)
- **研修課題受付 (2023～)**
人材育成事業の応用コースでの測定・解析実習課題受付
- **複数企業団体から申請受付 (2023～)**
研究会やコンソーシアムのような団体などからの課題受付

多様なニーズに応える装置機能

検出器バンクを使い分けて散乱・回折他の 種々の解析が可能

- **粉末回折解析(結晶構造解析) (2008～)**
専用Reitveld解析ソフト:Z -Codeによる精密結晶構造解析
- **全散乱解析(非晶質・局所構造解析) (2010～)**
二体分布関数に基づく非晶質構造や乱れを含む結晶構造解析
- **集合組織解析(バルク回折・結晶配向解析) (2015～)**
Reitveld Texture 解析ソフトによる極点図や高精度相分率解析
- **小角散乱解析(ナノ構造解析) (2016～)**
汎用の小角散乱解析や動的核スピン偏極小角散乱解析(2019～)
- **全反射解析(表面・界面構造解析) (2020～)**
臨界反射変化による表面・界面組成変化解析
- **ラジオグラフィ(透過像解析) (2024～)**
透過イメージングやCTによる非破壊構造解析

多様なニーズに応える装置機能

種々の解析機能に加えて多数試料自動測定
(マルチサンプリング)や多様な動的測定が可能

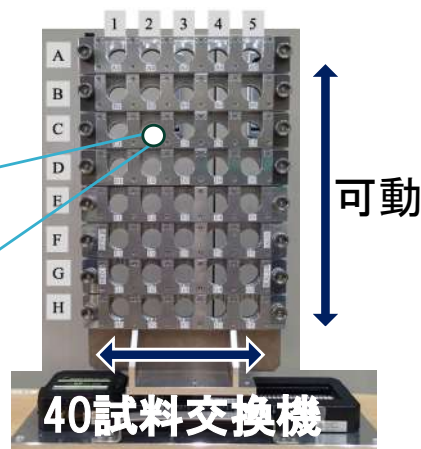
マルチサンプリング

多数試料自動交換機の整備

粉末回折用



小角散乱用



動的測定: その場観察

試料環境機器の充実

充放電機能付通電機構

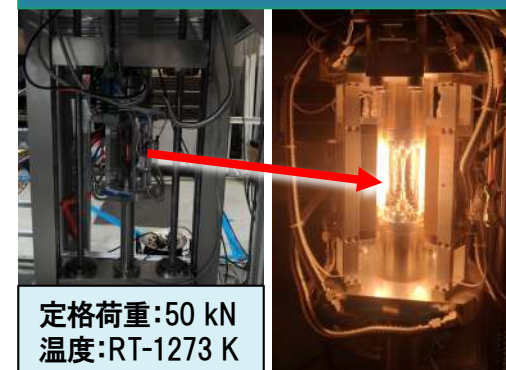
円筒電池セル
(18650型)

ボタン
電池セル

- 電池充放電
- 雰囲気/
温度制御

高温万能変形試験装置

- 引張/
圧縮変形
- 加熱&急冷
- 加熱&変形



定格荷重: 50 kN
温度: RT-1273 K

茨城県BLの公募課題

■ 産業利用課題

茨城県公募

年間を通じて常時公募

産業利用目的の課題について、企業・公益法人等に属する方、及び一般企業と共同研究契約等を締結している大学・公的研究機関等に属する方を対象に募集

■ BL利用促進課題

茨城県公募

年1回公募

生命・材料科学全般の発展と将来の産業利用に資する革新的な研究について、大学・公的研究機関等に属する方を対象に募集

■ J-PARC一般利用課題

J-PARC公募

J-PARCが年2回公募

大学・公的研究機関等に属する方を対象にJ-PARCが募集
(産業利用は除く)

ビームタイム(BT)枠

産業利用と利用促進課題を両輪としてBTを有効活用

40%

40%

20%

産業利用枠

BL利用促進枠

J-PARC枠

茨城県独自で課題審査

J-PARCで審査

産業利用枠

- 区分
- ・公開型
 - ・成果専有型
- 種類
- ・一般課題
 - ・トライアルユース課題
 - ・メールインサービス課題
 - ・緊急課題
 - ・研修課題

BL利用促進枠

- ・革新研究課題
- ・先導研究課題
- ・教育課題

J-PARC枠

- ・短期一般利用課題
(学術利用のみ)

利用促進活動の実績

➤ 研究会・報告会等の開催

- ・県が主体となった研究会の開催

年度	2018	2019	2020	2021	2022	2023
県研究会開催件数	8	9	4	9	9	5

➤ 学会・展示会などへのブース出展

- ・学会・展示会などへの茨城県BLブース出展

年度	2018	2019	2020	2021	2022	2023
展示会出展件数	9	8	9	13	11	10

➤ コーディネーターによる利用促進・支援活動

- ・利用/技術相談や企業訪問、J-PARC見学対応

年度	2018	2019	2020	2021	2022	2023
利用相談件数	92	70	36	41	59	95

➤ 産業界団体との活動連携

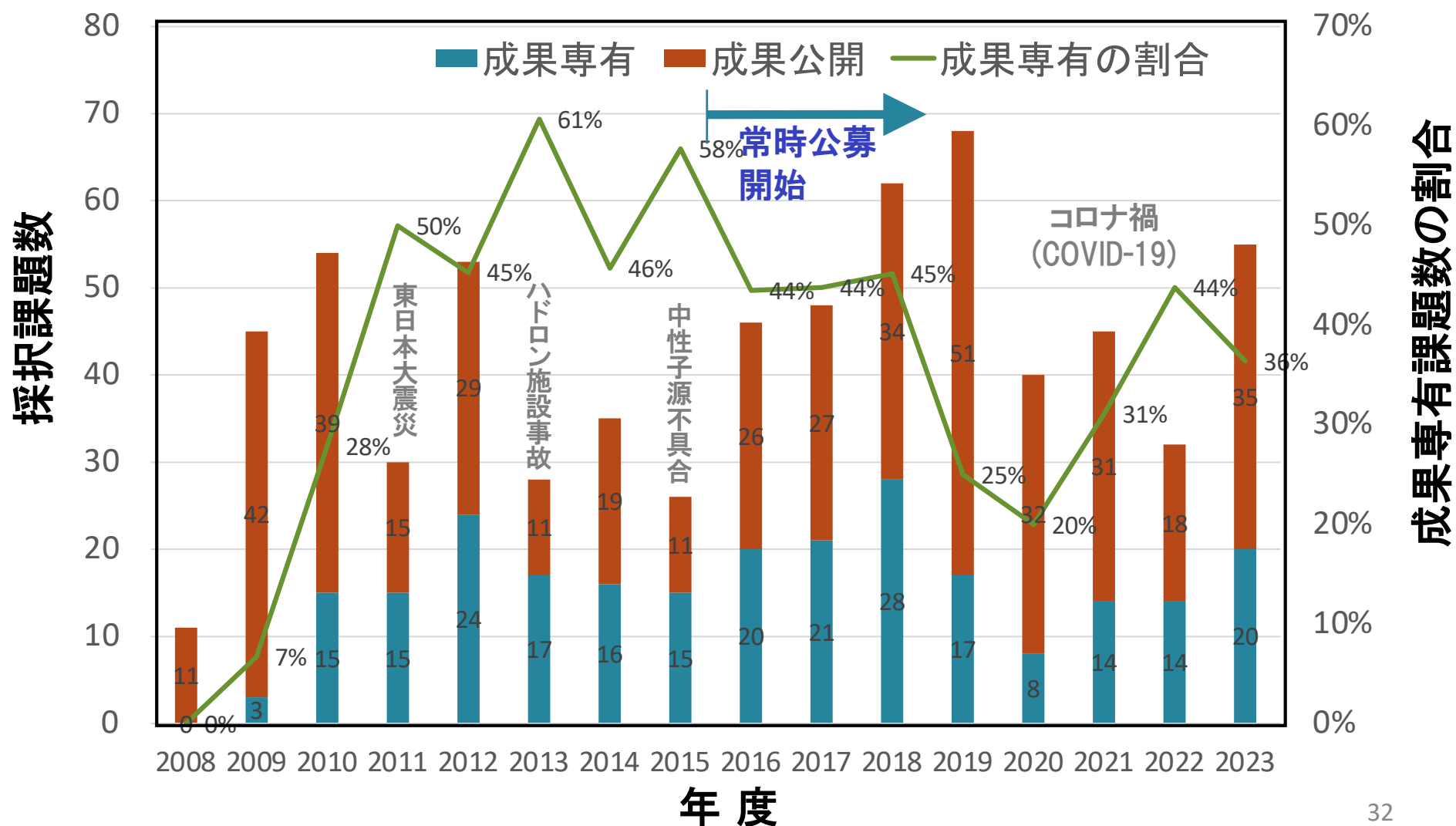
- ・中性子産業利用推進協議会と連携した研究会等の開催

年度	2018	2019	2020	2021	2022	2023
研究会の共催件数	13	12	8	14	12	14



産業利用採択課題数の推移

- 震災など幾多の困難を乗り越えながら増加
- 成果専有課題数の比率は40%程度と高い



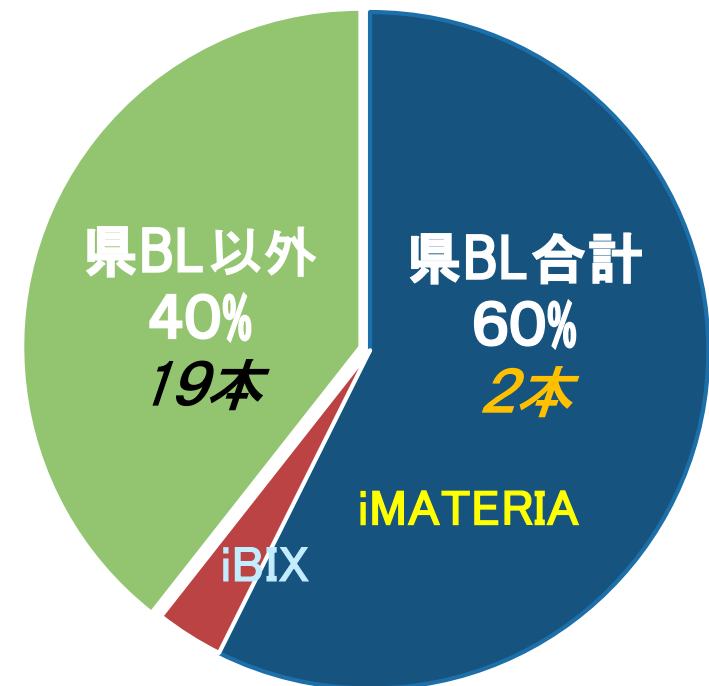
主な実績(2008～2023年度)

利用実績

- 産業利用件数
678件（企業・機関数 171）
[※iMATERIAが全BL内で1位]
- 県内企業の県BL利用件数
90件（うち中小企業 39件）
- 成果に係るプレス発表
23件
- 論文発表件数
280件
[※iMATERIAが全BL内で2位]

MLF産業利用課題採択数 における県BLの割合

県BLがMLFの
産業利用全体の約60%

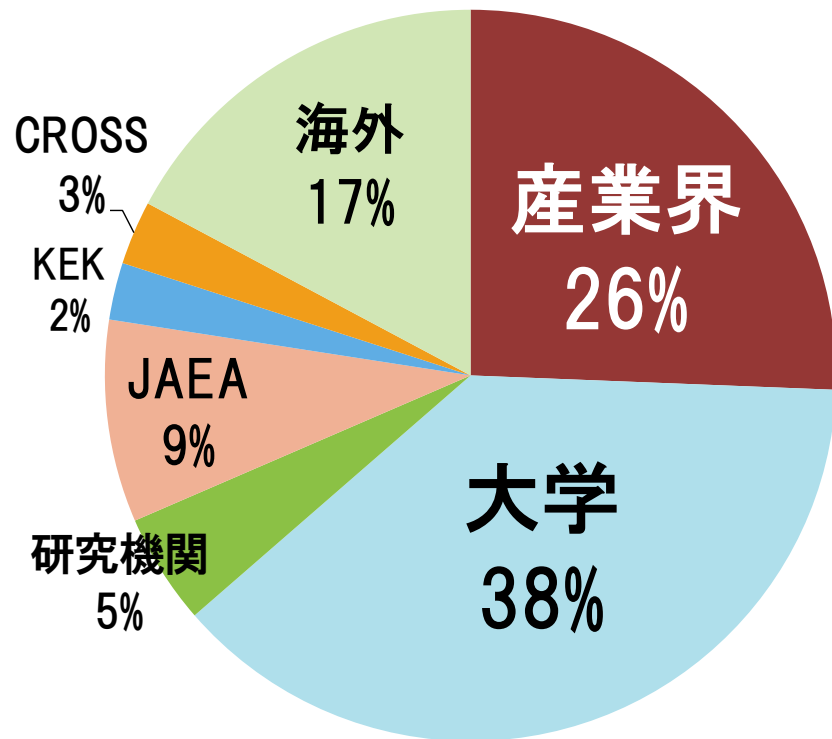


【 2008～2023年度計：1,130件 】

J-PARC MLFの産業利用

産業界比率が全体の25%以上と世界的に
例のない先駆的な中性子産業利用

採択課題数の申請元別比率



採択課題数@2008～2023: 4,395件
(一般共用課題&茨城県産業利用課題)

世界の施設: 5～15%程度

SNSにおける産業利用

年 度	産業利用	総 数	比 率
2016	47	834	5.6%
2017	49	861	5.7%
2018	30	466	6.4%
合計	126	2,161	5.8%

SNS: Spallation Neutron Source
@Oak Ridge National Lab. U.S.A

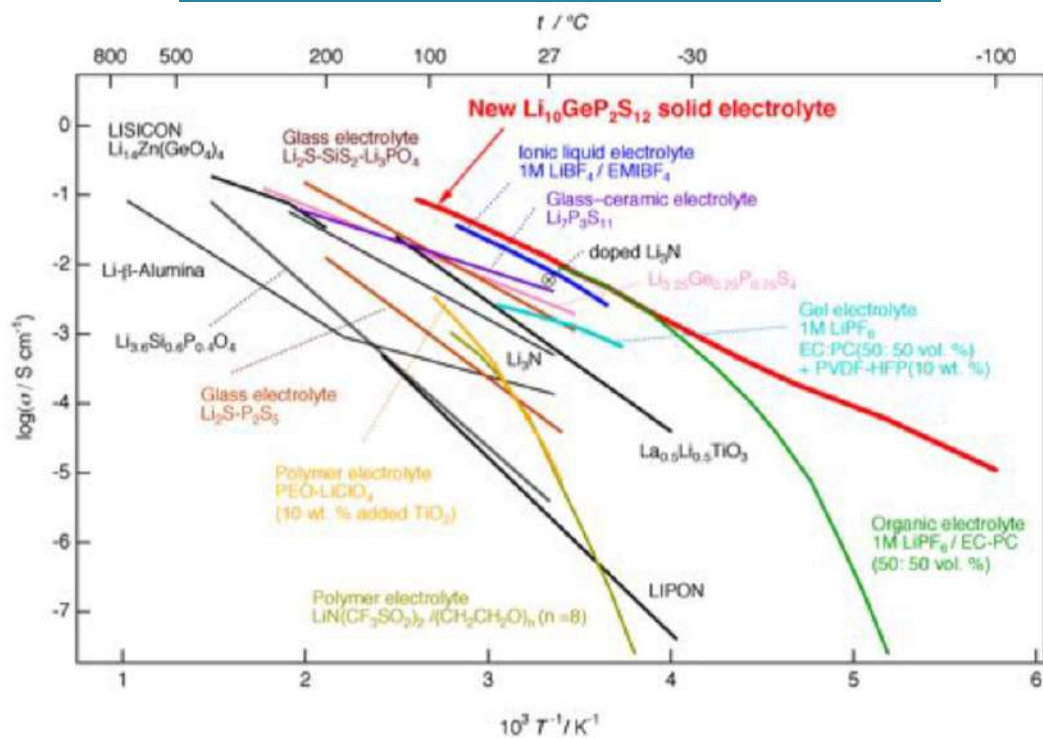
全固体Liイオン電池(LIB)の新展開

全固体LIB用の新規固体電解質材料(LiGePS)の イオン伝導経路可視化に成功

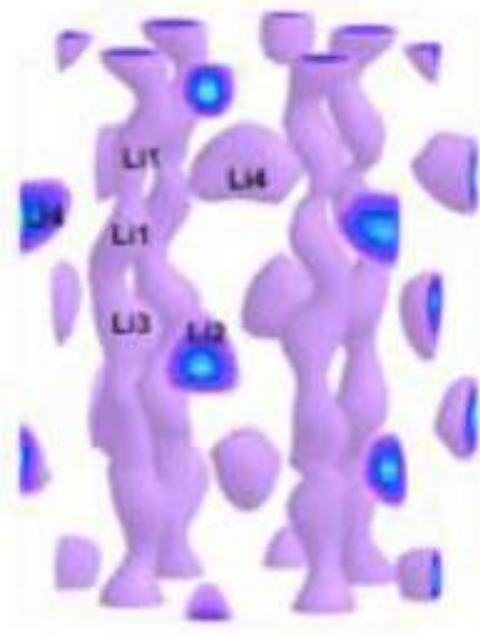
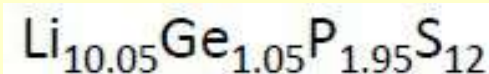
東工大 トヨタ自動車&トヨタモーターヨーロッパ KEK他

粉末中性子Rietveld解析+MEM法による核密度分布解析により
超イオン伝導体の精密結晶構造解析

イオン伝導体の伝導特性



伝導イオンの可視化例



全固体LIBの充放電過程

セラミックス型全固体LIBの充放電過程の時分割測定 により固体電解質と電極活物質の構造変化を解析

茨城大学 村田製作所

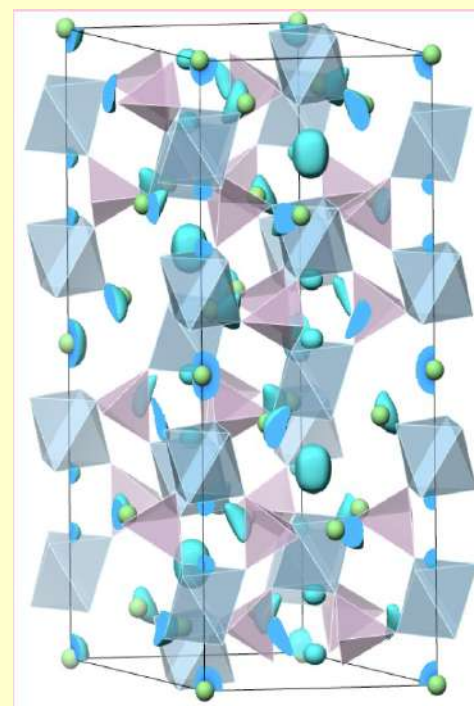
ラミネートセル



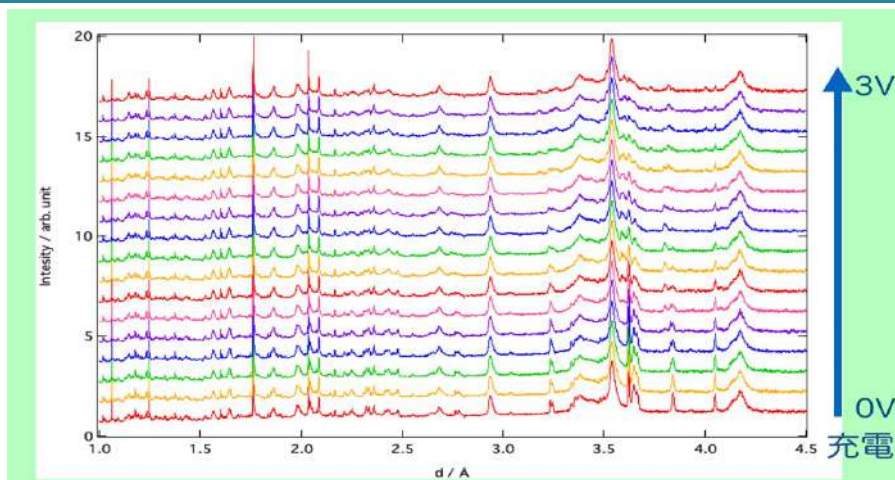
セル用ホルダー



NASICON型固体電解質の
Li核密度分布図
(結晶構造モデルを重ねて表示)



24層積層電池のオペランド回折パターン

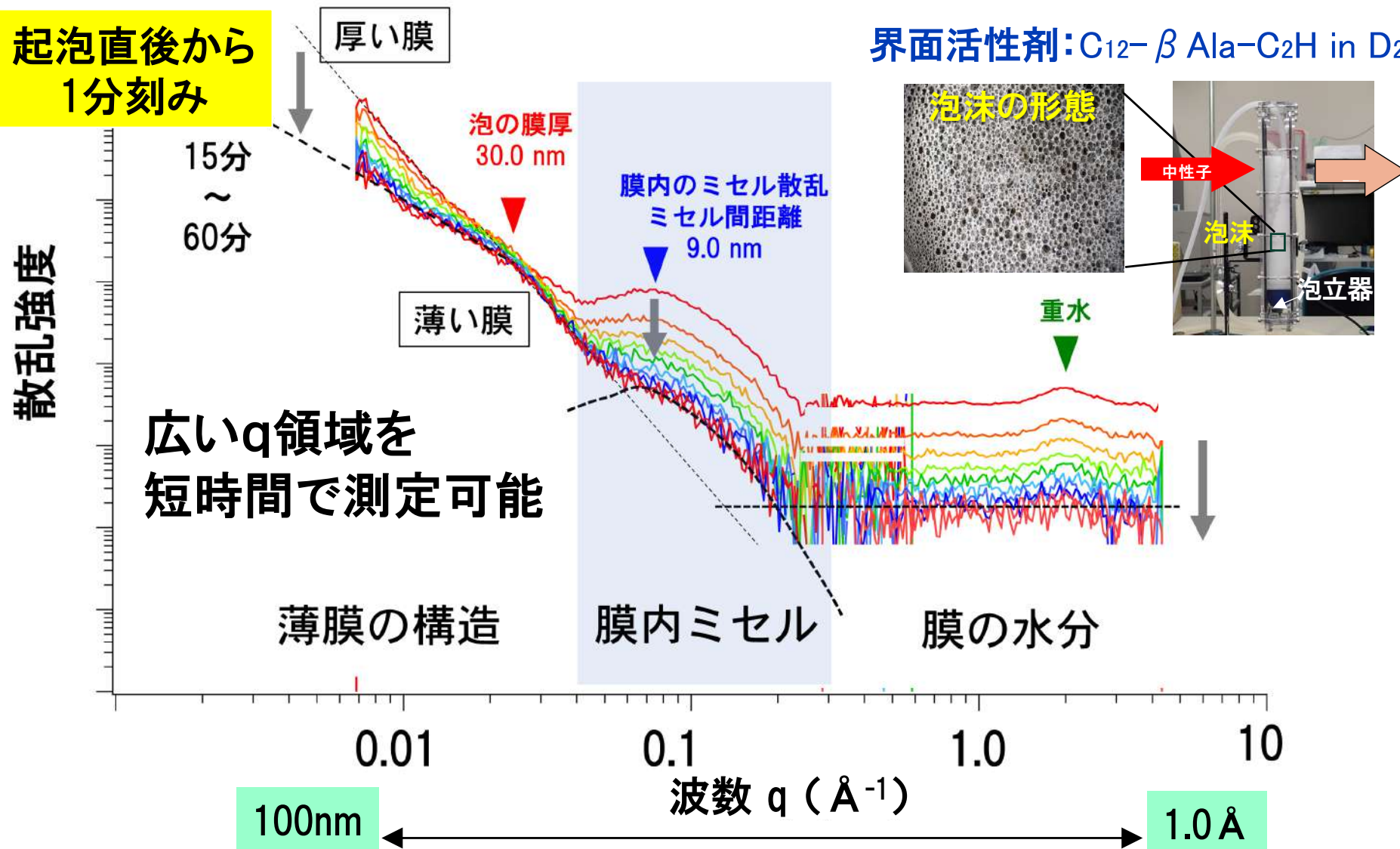


シャンプー用新規界面活性剤

シャンプー泡沫の消泡過程を動的小角散乱測定で解明

日油、茨城大学、奈良女子大学、クラシエ

界面活性剤: $C_{12}-\beta$ Ala- C_2H in D_2O

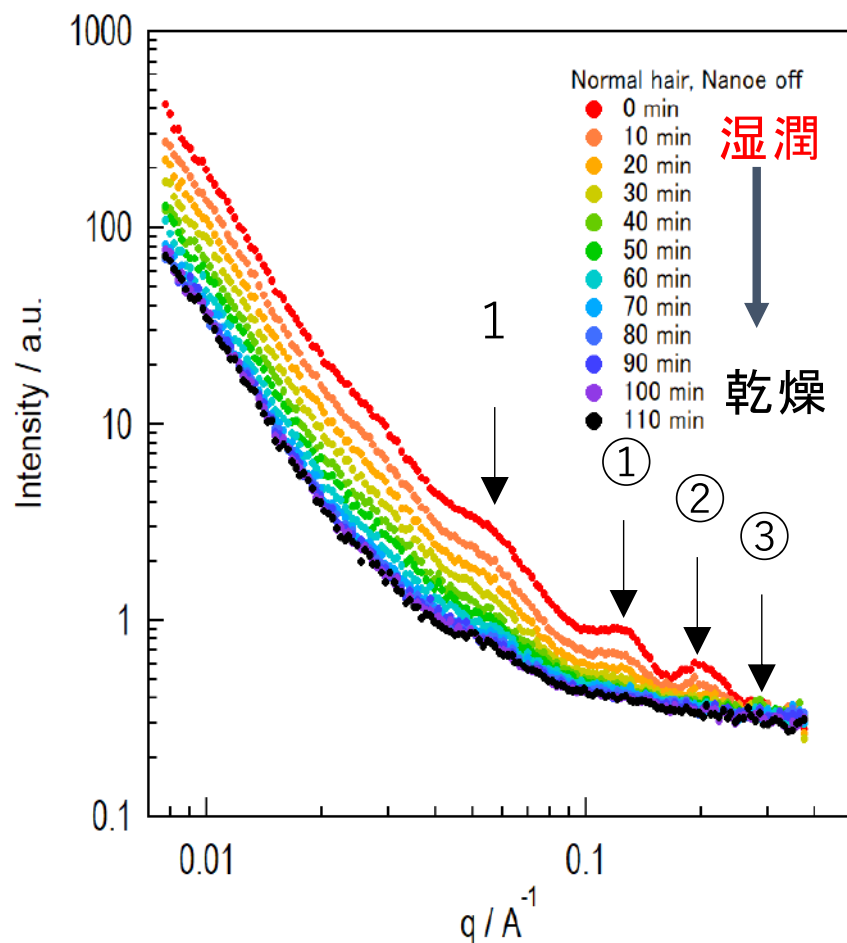


ドライヤーによる毛髪の乾燥過程

毛髪の乾燥過程を時分割で測定して
階層構造変化を解明

Panasonic 茨城大学

毛髪乾燥過程での小角散乱変化

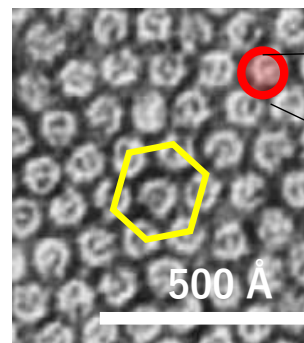


毛髪の階層構造



ヘキサゴナル格子 パラクリスタル模型

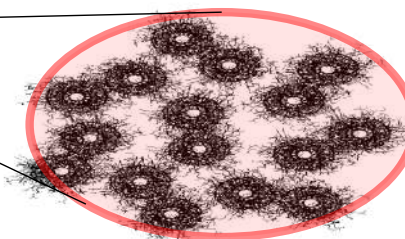
Peak 1



中間径繊維(IF)

Peak ①-③

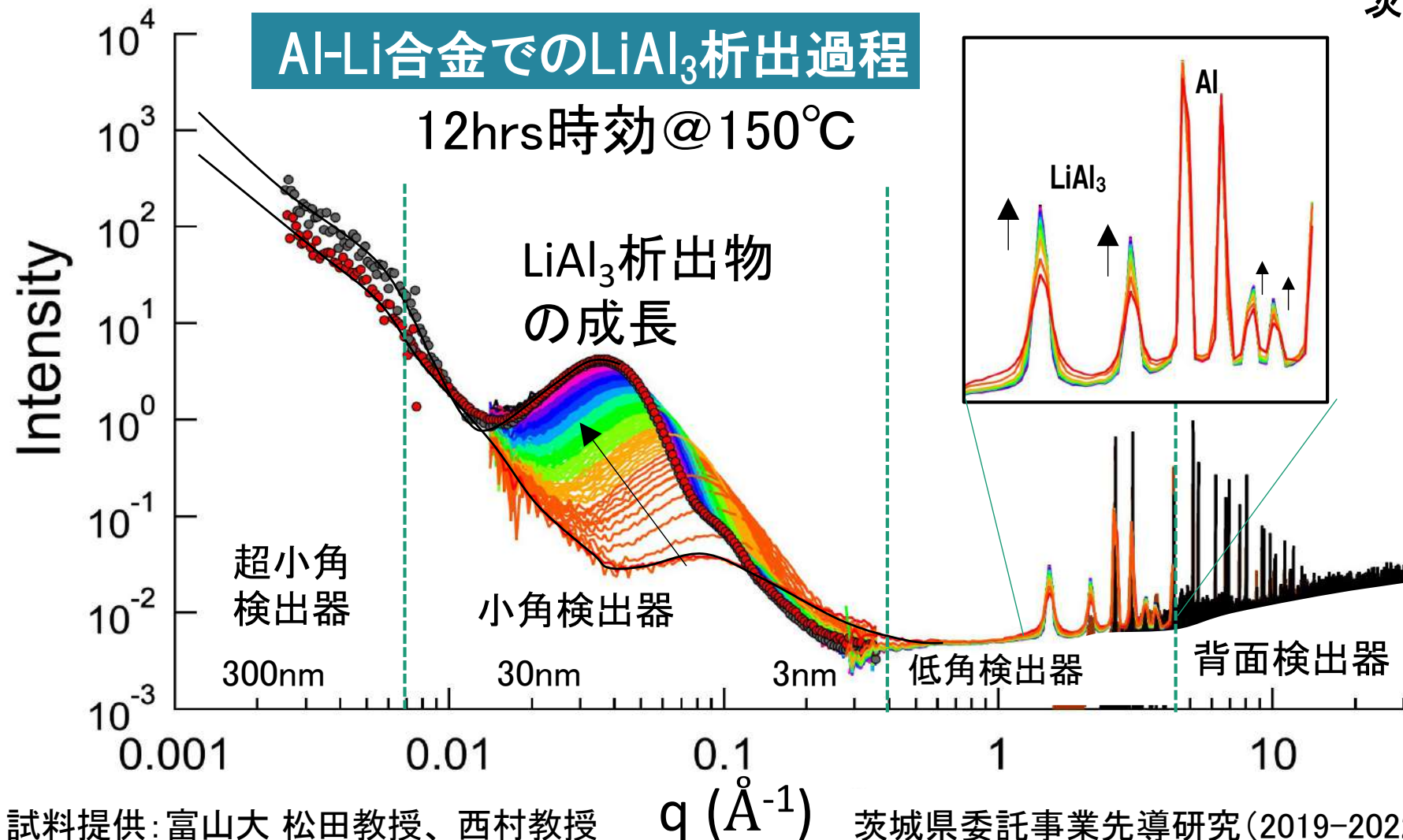
階層的副格子構造



軽量高強度アルミ合金の時効析出挙動

Al-Li合金の時効析出過程を結晶構造(Å)から析出物(ナノ)サイズまでのマルチスケールで動的測定

茨城大学



試料提供: 富山大 松田教授、西村教授

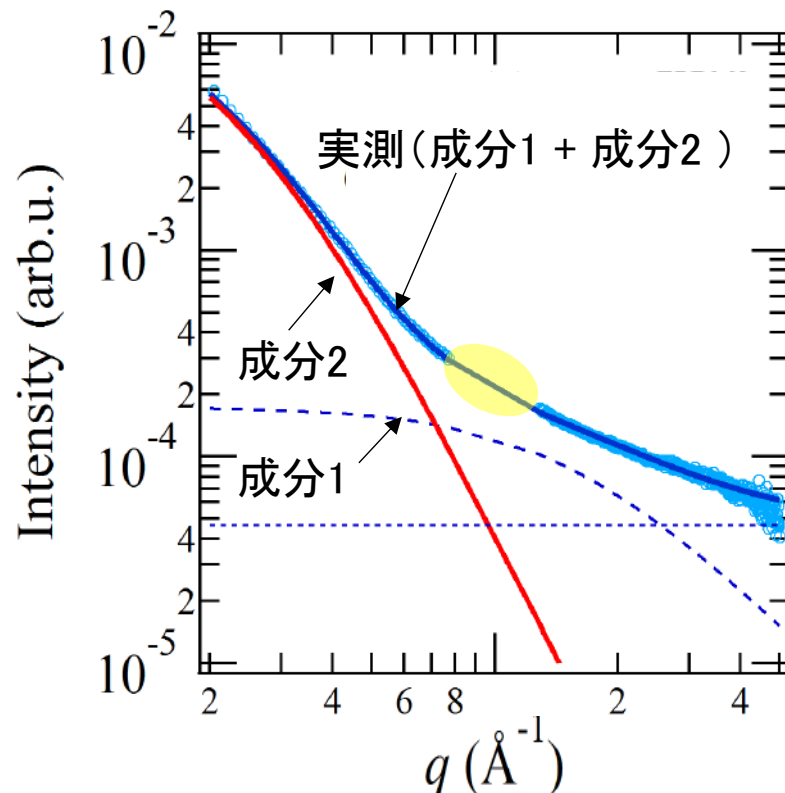
茨城県委託事業先導研究(2019-2022年度)

高耐熱性合成ゴム

小角散乱法を用いて合成ゴム(EPDM)を
均一に架橋する新規メタロセン触媒を開発

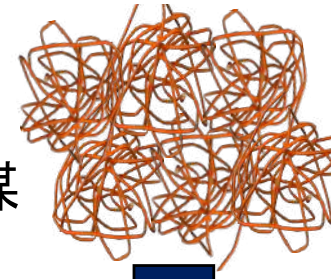
三井化学

100個以上の合成試料を小角散乱プロファイルで選別し
均一な架橋構造を合成できる触媒を探索



EPDM (エチレンプロピレン・ジエンゴム)

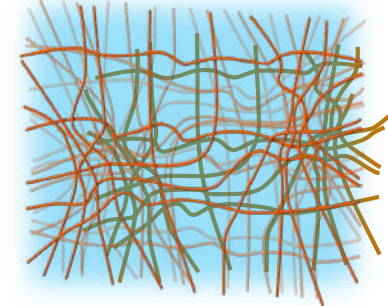
重水素化溶媒
で膨潤



成分1: 均一な架橋構造



成分2: 不均一な架橋構造



特許出願：公開公報例

公開特許公報 特願2018-147695の明細書抜粋

【特許請求の範囲】

【請求項1】

リチウム（Li）と、マンガン（Mn）と、ニッケル（Ni）と、元素M（M）とを、物質質量比が、 $Li : Mn : Ni : M = t : 2 - x - y : x : y$ （ただし、 $0.96 \leq t \leq 1.25$ 、 $0.40 \leq x \leq 0.60$ 、 $0 \leq y \leq 0.20$ ）となるように含むスピネル型酸化物であり、

前記元素Mが、マグネシウム（Mg）、アルミニウム（Al）、ケイ素（Si）、チタン（Ti）、クロム（Cr）、鉄（Fe）、コバルト（Co）、銅（Cu）、及び亜鉛（Zn）の群から選択される少なくとも1種の元素であり、

中性子回折を用いた結晶構造解析を行った場合に、空間群が $P4_332$ となる結晶構造の相の質量分率が20%以下である非水系電解質二次電池用正極活物質。

【実施例】

（b）結晶構造

J-PARC施設内のiMATERIAを用いた中性子回折測定を行い、得られた正極活物質について、中性子回折パターンを得た。中性子線回折装置は、J-PARC（Japan Proton Accelerator Research Complex）大強度陽子加速器施設）内のBL20に設置された茨城県材料構造解析装置（iMATERIA）を用いた。

【0109】

得られた中性子回折パターンを基に、J-PARCから配布されている解析ソフトウェアCODEを用い、リートベルト解析を用いた結晶構造解析（パターンフィッティング）を行った。このとき、計算モデルとして空間群が $P4_332$ となる結晶構造の相と、空間群が $Fd-3m$ となる結晶構造の相との2相が存在すると仮定して解析を行った。

【0110】

上記解析の結果、得られた正極活物質は空間群が $P4_332$ となる結晶構造の相を3wt%、空間群が $Fd-3m$ となる結晶構造の相を97wt%含むことが確認できた。

特許出願：特許公報例

特許第7042979号

特許権者：古河電気工業株式会社

(19)日本国特許庁(JP)		(12)特 許 公 報(B2)		(11)特許番号 特許第7042979号 (P7042979)	
(45)発行日 令和4年3月28日(2022. 3. 28)		(24)登録日 令和4年3月17日(2022. 3. 17)			
(51)Int. Cl.		F I			
C 2 2 C 9/06 (2006. 01)		C 2 2 C 9/06			
C 2 2 C 9/02 (2006. 01)		C 2 2 C 9/02			
C 2 2 C 9/04 (2006. 01)		C 2 2 C 9/04			
C 2 2 C 9/00 (2006. 01)		C 2 2 C 9/00			
C 2 2 F 1/08 (2006. 01)		C 2 2 F 1/08			
		B			
		請求項の数 9 (全 23 頁)		最終頁に続く	
(21)出願番号 特願2021-535177(P2021-535177)		(73)特許権者 000005290			
(86)(22)出願日 令和3年3月2日(2021. 3. 2)		古河電気工業株式会社			
(86)国際出願番号 PCT/JP2021/007905		東京都千代田区大手町二丁目6番4号			
(87)国際公開番号 WO2021/199848		(74)代理人 100205659			
(87)国際公開日 令和3年10月7日(2021. 10. 7)		弁理士 齋藤 拓也			
(87)国際登録日 令和3年6月17日(2021. 6. 17)		(74)代理人 100114292			
(31)優先権主張番号 特願2020-62622(P2020-62622)		弁理士 来間 清志			
(32)優先日 令和2年3月31日(2020. 3. 31)		(72)発明者 秋谷 俊太			
(33)優先権主張国・地域又は機関 日本国(JP)		東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 古河電気工業株式会社内			
早期審査対象出願		(72)発明者 佐々木 宏和			
		東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 古河電気工業株式会社内			
		最終頁に続く			
(54)【発明の名称】銅合金板材およびその製造方法					

【請求項1】 CoおよびNiを合計で0.10質量%以上5.00質量%以下、ならびにSiを0.05質量%以上1.50質量%以下含有し、Siに対するCoおよびNiの含有割合(Co+Ni)/Siが2.50以上6.00以下であり、残部がCuおよび不可避不純物である合金組成を有し、中性子小角散乱測定で得られる、CoおよびNiの少なくともいずれか一方の元素を含有するSi系化合物粒子の粒度分布曲線におけるピークの半値幅が5nm以下であり、前記中性子小角散乱測定で得られる前記Si系化合物粒子の粒度分布曲線における前記ピークの粒子径が1nm以上14nm以下であることを特徴とする銅合金板材。

(中略)

【0040】 中性子小角散乱法は、X線小角散乱法に比べて、厚いサンプルの平均情報が得られる。例えば、Cu線源のX線であると、X線の入射エネルギーは8.04keVである。このX線を用いて、銅合金板材の小角散乱測定を実施する場合、十分なX線の透過率を確保するために、銅合金板材を20μm以下の厚さに加工する必要がある。銅合金板材を薄く加工して得られるサンプルの情報は、銅合金板材の一部(20μm以下)のみであり、銅合金板材の全体を反映していない。すなわち、X線小角散乱測定は上記の銅合金板材の解析には不十分である。そのため、実施形態では、1000μm以上の板厚を十分に透過することができる中性子を用いて、中性子小角散乱測定を行う。

【0041】 中性子小角散乱測定は、大強度陽子加速器施設J-PARC(Japan Proton Accelerator Research Complex)内にあるBL20に設置された茨城県材料構造解析装置(iMATERIA)を用いる。板厚40μm以上120μm以下の複数の銅合金板材を重ねて、合計厚みが約2mmの銅合金板材を測定する。中性子のビーム径は10mmとする。測定時間は20分である。中性子小角散乱測定で得られた小角散乱プロファイルから粒度分布に変換する解析は、アルゴン国立研究所のJan Ilavsky氏が開発したソフトウェアであるIrenaで行う。解析は、球形モデルを用いてフィッティングを行い、第2相の粒度分布を求める。

今後の展開

【ビジョン】

「ちょっと観てみる まずは測定してみる」
に応える高性能・汎用型の材料構造解析ツール
＜中性子利用へのエントランス＞

- 課題申請から実験までの全プロセスにおける
ハード・ソフト両面での利用し易さの徹底的な追求
- マルチサンプリング・マルチスケールから
マルチアナリシスへ装置・解析機能の持続的進化

マルチアナリシスへの展開

試料に入射された中性子の透過・散乱・吸収の
情報を材料分析に活用

透過率 $T_S = I_S / I_0$



Lambert-Beer則 & マクロ断面積

$$T_S = \exp[-(\Sigma_{sca} + \Sigma_{abs}) d]$$

↑
透過

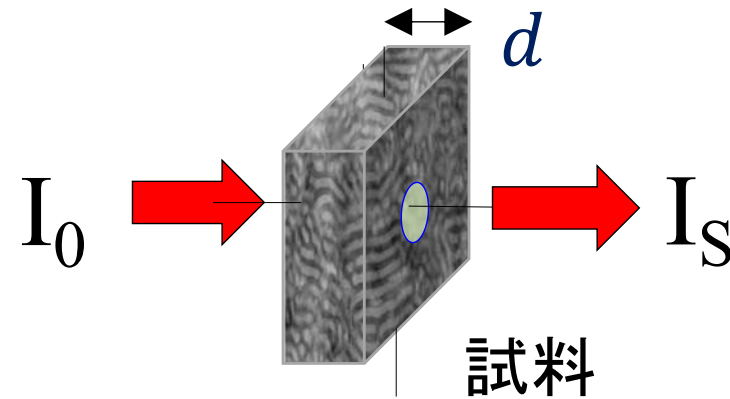
透過イメージング
(ラジオグラフィ)

↑
散乱

弾性散乱
(回折&小角散乱)
非弾性散乱

↑
吸収

放射化分析
(即発、遅発)



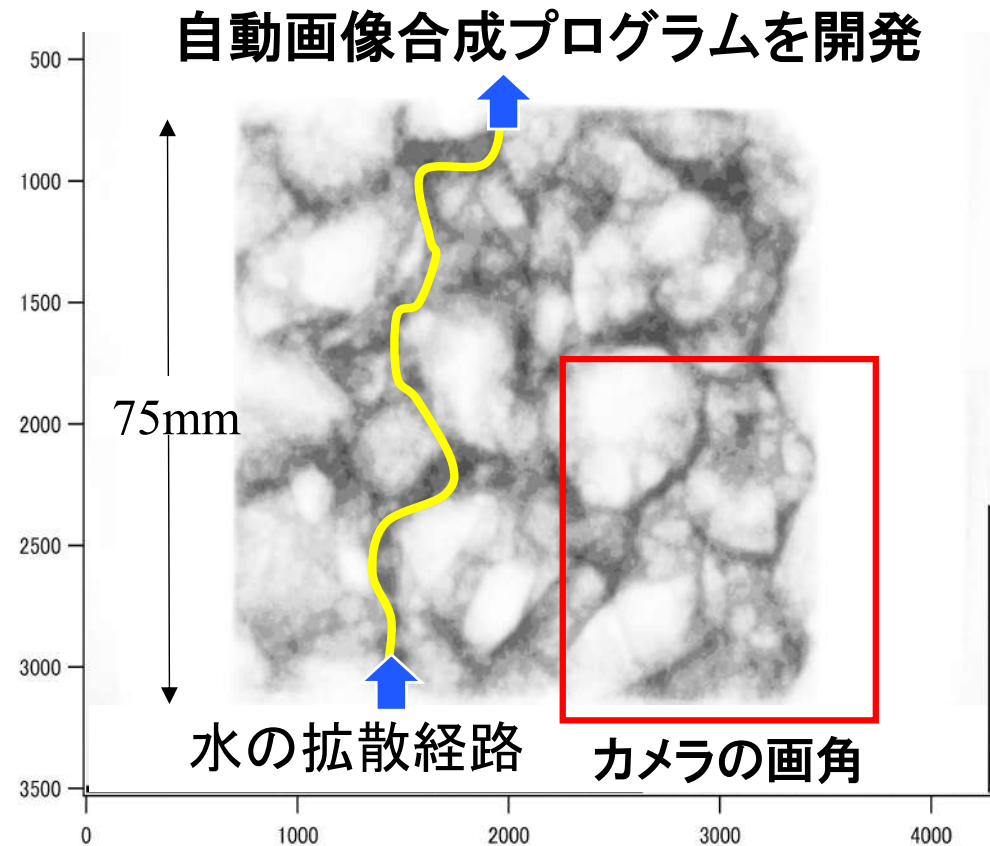
マルチアナリシスへの展開

- 本年度からiMATERIAに透過イメージング装置を装備
- 次年度から即発γ線分析(非破壊元素分析)も装備

コンクリート片の透過像観察



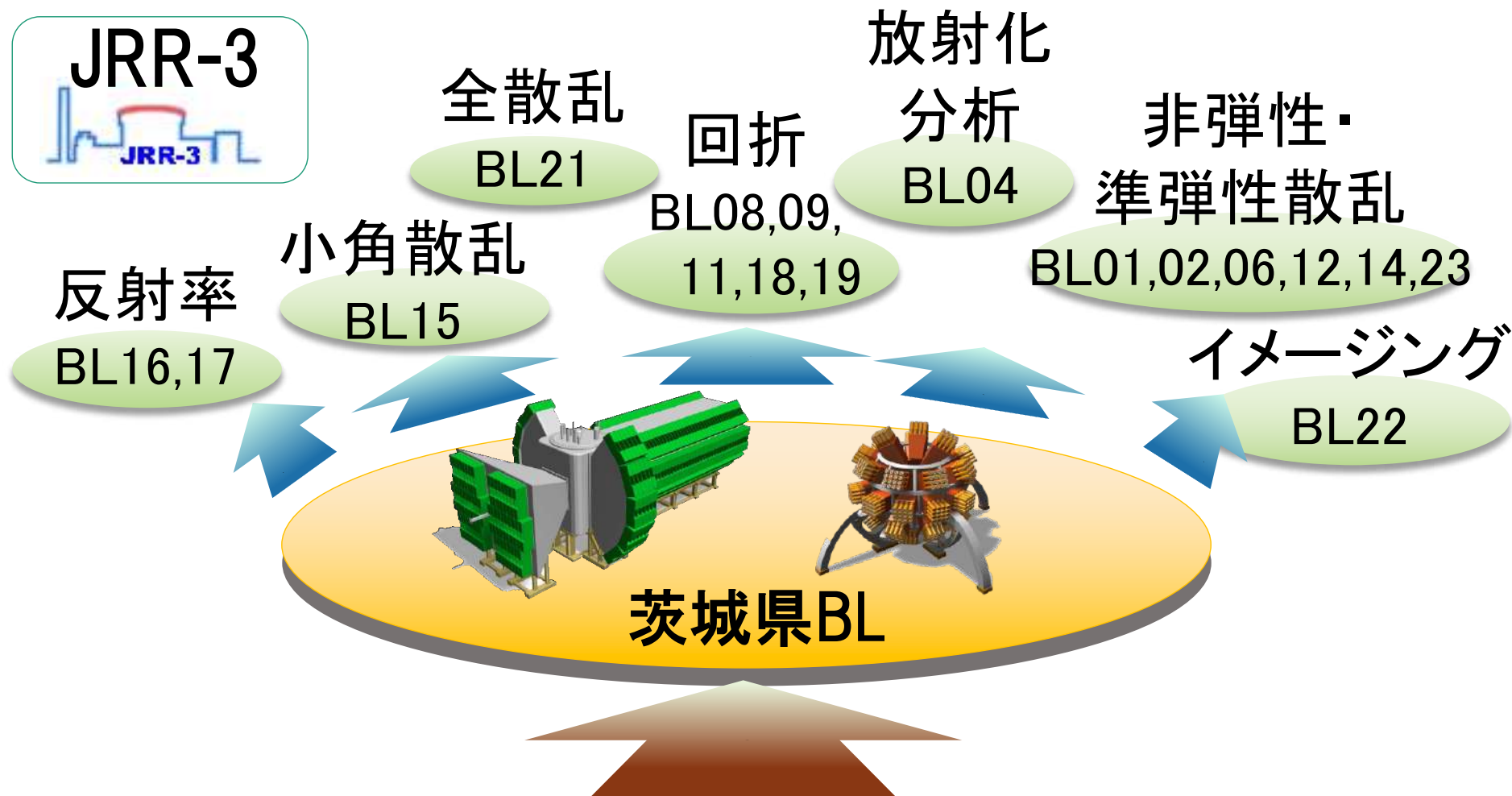
試料提供: 若築建設



☆CT画像化プログラムを調整中

中性子利用へのエントランス

利用ハードルが低く汎用性のある
茨城県BLは専門性の高い他のBLへの玄関口



まとめ

産学連携の活性化や中性子科学の人財育成
により裾野を広げながら高い頂を目指す

