ISSN 2185-8292

CROSS T&T

Comprehensive Research Organization for Science and Society

No.83
2026.6

Top Title:
加速器大県？茨城

山本 風海
早野 仁司
長江 大輔
照井 美穂
勝田 敏彦
増澤 美佳
廣瀬 七重
相澤 冬樹

今日・明日
市原 盛雄

つくばからの発信
佐々木 健太郎
パラジュリ ドゥルガ

東海からの発信
JAEA 広報チーム
梅垣 いづみ　大東 琢治

筑波研究学園専門学校
福田 翔平



J-PARCのリニアック（直線加速器）（写真提供　J-PARCセンター）

一般財団法人 総合科学研究機構

CROSS T&T 83号 目次

Top Title（特集）加速器大県？茨城

≪イントロダクション≫ 特産品まである地場産業　加速器大県?茨城 — 相澤 冬樹 CROSS T&T 編集委員会委員長 — 1

実はこんなところにも？ あなたの知らない加速器の世界 — 山本 風海 J-PARCセンター/日本原子力研究開発機構 — 3

小型・高効率の装置で放射性同位体を製造 超伝導加速器技術が切り開く最先端のがん治療 — 早野 仁 NovAccel — 9

精度100万分の1で短寿命原子核の質量を測る 稀少RI リングが拓く重元素合成の研究 — 長江 大輔 埼玉大学 — 14

小児がんにやさしい社会をつくる —医療と暮らしをつなぐ、つくばの実践— — 照井 美穂 HiStar’s Now 代表理事 — 18

高専生が切り拓く加速器の未来 「アクセラトゥーン」プロジェクト — 勝田 敏彦 高エネルギー加速器研究機構 — 23

加速器科学の発展のために 公益財団法人高エネルギー加速器科学研究奨励会の事業 — 増澤 美佳 高エネルギー加速器科学研究奨励会 代表理事 — 25

茨城県中性子ビームラインの現状と いばらき量子線利活用協議会の取組 — 廣瀬 七重 茨城県 産業戦略部 技術振興局 科学技術振興課 — 29

Tsukuba（つくばからの発信）

吸着材『プルシアンブルー』でアンモニア循環を駆動 廃水アンモニアの資源化 — パラジュリ ドゥルガ 産業技術総合研究所 — 32

高日持ち性で「食べ頃」を調整できる 新しいメロンの開発 — 佐々木 健太郎 農業・食品産業技術総合研究機構 — 37

Today & Tomorrow（今日・あす）

海洋 STEAM 教育の教材を開発 最先端の研究成果や素材を問題解決授業に生かす — 市原 盛雄 海洋研究開発機構 — 41

Tokai（東海からの発信）

わかりやすく正確に　対話で深める原子力への理解 地域の方々を対象とした広報チーム3拠点の活動 — 日本原子力研究開発機構 広報チーム — 45

2025 年度量子ビームサイエンスフェスタ/ 第17回MLFシンポジウム/第43回PFシンポジウム — 梅垣 いづみ　大東 琢治 量子ビームサイエンスフェスタ 実行委員会 — 49

Tutorial（TIST 筑波研究学園専門学校）

確実な情報共有と温かな対話の調和を 保育現場におけるICT化の進展とコミュニケーションの変容 — 福田 翔平 筑波研究学園専門学校 こども未来学科 — 51

短歌　すぐれたる医師 — 松崎 健一郎 — 39

CROSSロード　筑波大学附属病院で第1回「治験の日」 — 吉田 智美 — 40

俳句　春 — 山口 恭弘 — 50

CROSSの動き — 55

≪イントロダクション≫
特産品まである地場産業　加速器大県？茨城

日本加速器学会がまとめた国内の加速器関連施設の一覧表（表1、2022年7月更新）に、茨城県内の8施設、計20台の加速器の設置が示されている。この一覧を見る限りは、6施設17台の大阪府を上回って全国一の集積度となっている。

一覧は、学会事務局によれば国内のすべての加速器関連施設を網羅しているものではないとある。原理的には蛍光灯やテレビに用いられたブラウン管なども広義の加速器だし、病院などに設置される小型の医療用加速器はすでに全国で1500台を超えているらしいから、大型の「粒子線加速器」についての見方である。

大型加速器は装置産業で、共同利用が原則。物理学や医療の研究者ばかりでなく加速器開発のエンジニアや運転技術者、さらに企業などの関係者が携わっているから、県内はちょっとした「地場産業」を形成しているともいえる。つくばのSuperKEKB(電子・陽電子衝突型加速器)実験でつくられる陽電子、東海のJ-PARCニュートリノ実験施設が生み出すニュートリノビームは、共にわが国きっての生成量を誇り、世界的な「特産品」というわけである。

茨城県に聞くと、特段「加速器大県」のアピールをしたことはないそうだが、超伝導加速空洞の加速技術実証のための試験設備が土浦市内に開設するなどしており、最近になっても県内の加速器をめぐる話題は途切れることがない。

一覧にある筑波大学陽子線医学利用研究センターでは9月、筑波大学附属病院（つくば市天久保）の陽子線治療センターに整備した新治療棟を開所した。特に小児がんの治療で実績を積み重ねている施設だが、2001年に開設した旧施設に隣接して地上4階建て、建築面積1275平方メートルの新棟を整備。1階に同病院では第3世代に当たる陽子線加速器を設置した。

線形（長さ約3メートル）のライナックと円形（周長約18メートル）のシンクロトロンの構成で、旧棟の従来器よりコンパクトになった。最大230MeV（メガ電子ボルト、従来は同250MeV）まで加速して、水素の原子核である陽子をビーム状にして3階の回転ガントリーシリンダー内の照射部に送る。

治療室は2室設けられ、寝台上で患者を中心に回転させながら位置決めをすることで、360度どの方向からも陽子ビームを病巣に照射できる。照射ノズルで陽子線を絞った上、1点ずつ病巣に照射していく「スポットスキャニング方式」を導入し、複雑な形状の病巣にも高い精度で対応でき、治療の安全性と効果が得られるという。旧施設の加速器も年内は同時併行で治療に使われる。

2025年8月の日本加速器学会年会では、茨城高専を中心とした学生が自らの手で小型のサイクロトロンを作る取り組みが紹介された。KEKなどの加速器研究者を中心として、高専における加速器教育活動を支援する取り組み「AxeLatoon（アクセラトゥーン）」によるもので、実際に加速器製作に取り組んでいる高専生と大谷将士KEK准教授が登壇し、プロジェクトに関する講演を行い注目された。

シミュレーションなどで検討を進めてデザインを決定して製作に着手、電場計算や軌道計算まで行っている。（相澤冬樹／CROSST&T 編集委員長）

表 1　茨城県の加速器一覧表

機関・所属	加速器の名称（種類）	加速粒子 : エネルギー	所在地
J-PARC （日本原子力研究開発機構／高エネルギー加速器研究機構）	J-PARC 3GeV Rapid Cycling Synchrotron（シンクロトロン）	p:0.4-3 GeV	東海村
	J-PARC Main Ring Synchrotron（シンクロトロン）	p:30 GeV	
	J-PARC Linac（RF 線形加速器）	H^-	
日本原子力研究開発機構（東海） 原子力科学研究所 タンデム加速器施設	原子力機構 - 東海タンデム （タンデム）	H から Bi:5-500 MeV (1-10 MeV/u) [加速電圧 :3-18 MV] 原子クラスター :3-18 MeV	東海村
	超伝導ブースター （超伝導線形加速器）	C から Bi:100-1200 MeV (3-20 MeV/u) [加速電圧 :0 ～ 30 MV]	
高エネルギー加速器研究機構 先端加速器試験施設 (ATF)	（線形加速器 , シンクロトロン , 最終収束系の複合システム）	e^-:1.3 GeV	つくば市
	小型加速器 (LUCX) （RF 線形加速器）	e^-:50 MeV	
高エネルギー加速器研究機構 加速器研究施設	電子陽電子入射器 (線形加速器) （RF 線形加速器）	e^-:8 GeV	つくば市
	Super-KEKB （衝突型リング）	e^+:3.5 GeV e^-:7007 GeV, e^+:4.000 GeV	
	低速陽電子用電子線形加速器 （RF 線形加速器）	e^-:50 MeV	
	コッククロフト・ワルトン型加速装置（前段加速器 NO.2） （コッククロフト）	H^+, H^-:800 kV(最大)	
	静電型イオン貯蔵リング （蓄積リング）	生体分子イオン :20 keV	
	PF リング（蓄積リング）	e^-:2.5 GeV	
	PF-AR（蓄積リング）	e^-:6.5 GeV	
産業技術総合研究所 分析計測標準研究部門 放射線イメージング計測研究グループ	S バンド小型リニアック （RF 線形加速器）	e^-:40 MeV	つくば市
筑波大学 放射線・アイソトープ地球システム研究センター応用加速器部門（タンデム加速器施設）	6MV タンデム加速器 （ペレトロン型タンデム）	H から Bi まで　H, D: 最大 12 MeV　He: 最大 18 MeV 重粒子 : 最大 91 MeV [加速電圧 : 1-6 MV]	つくば市
	1 MV タンデトロン加速器 （タンデトロン）	H, He から Bi，原子クラスター H: 最大 2 MeV [加速電圧 : 0.2-1 MV]	
筑波大学陽子線医学利用研究センター	probeat-tsukuba （シンクロトロン）	p: 最大 250 MeV	つくば市
東京大学重照射研究設備	バンデグラフ （バンデグラフ）	p:3 MeV He, C, N, O, 希ガス :3 MeV D:3 MeV 固体微粒子 (～ 1 μm):GeV	東海村
	タンデトロン （タンデム）	H から Au まで :1 MV (プロトンは 0.5 MV)	

出典：日本加速器学会ホームページ

実はこんなところにも？ あなたの知らない加速器の世界

J-PARC センター／日本原子力研究開発機構　　山本 風海

1. 加速器ってどんなもの？

私たちは普段、可視光を目の細胞で検知することで物を見ています。肉眼では直接見えない細胞など小さなものを見るには顕微鏡を使いますが、光の波長より小さい構造は光の性質上顕微鏡を用いても観察できません。一方、電子や陽子など物質を構成する粒子は波としての性質を持ち、加速して運動エネルギーが高くなるほど波長が短くなります。波長が短いほど微細な構造でも波に隠れず散乱するため、より小さな世界を調べることができます。そこで、ナノメートル以下のスケールを探るために電子や陽子を加速する目的で加速器は発展してきました。

加速器では、電荷をもつ粒子（電子・陽子など）を電場と磁場の力（電磁気力）で制御しながら加速します。電場は粒子を前へ押し出し、磁場は粒子が通過すると進行方向を曲げる働きをします。こうした性質を組み合わせて粒子を思いどおりに操り、目的のエネルギーまで加速します。

加速器と聞くと、最新の科学技術を用いた非常に高度な装置を思い浮かべるかもしれません。しかし実際には、その原型は150年以上前に登場した陰極線管（真空中で電子が飛び、光の線が見える装置）にまでさかのぼります。やがて、1897年にJ.J.トムスンがこの装置でできる光の線が電場や磁場によって曲がることから、これが電子の集まり=電子ビームであることを発見しました。

その後20世紀に入り、英国のラザフォードにより、物質を構成する原子の中心にはプラスの電荷をもった小さな塊＝原子核があることが見いだされ、この原子核の内部構造を調べるために加速器の開発が進みました。図１は陰極線管と、現在最も大きな加速器である大型ハドロン衝突加速器（Large Hadron Collider, LHC）という円形加速器の比較になります。LHCはスイスとフランスの国境に位置する欧州原子核研究所（CERN）に設置されていて、その周長は約27 kmにおよびます。都内を一周する首都高速のC1都心環状線がおよそ15 km、同様に都内を周回する電車の山手線が

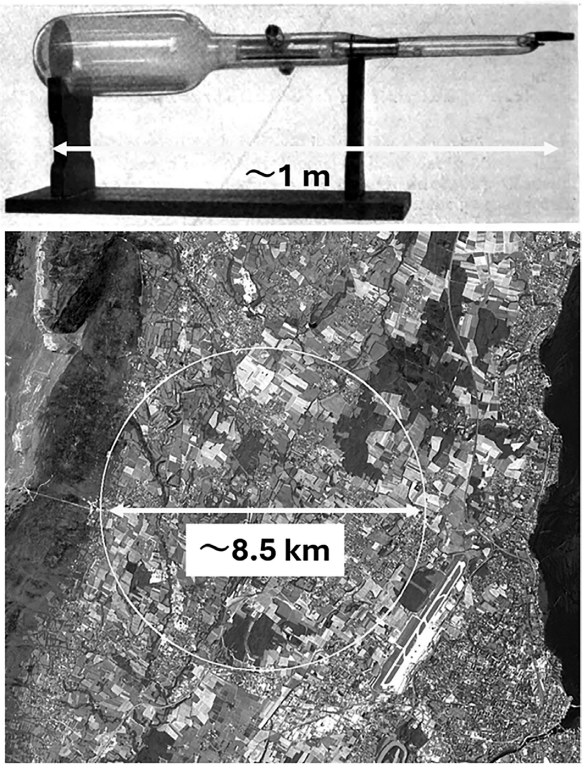


図1: 陰極線管とLHCの比較
（出 典:https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Braun_cathode_ray_tube_on_stand.jpg，CERN_Collider,_France-Switzerland_(ASTER).jpg）

一周およそ34 km程度ですので、それらと比べても引けを取らない大きさです。

2. 加速器の多様な活用分野

さて、先ほどは「加速器は小さなものを見るための装置」として紹介しましたが、実際にはそれだけではなく、私たちの身の回りのさまざまな分野で活用されています。ここでは、その代表的な例をいくつか紹介します。

（1）医療への応用

一般向けの応用として最も知られているのは医療分野でしょう。がん治療においては、陽子線・重粒子線（炭素）・X線・中性子線といった様々な粒子ビームが利用されています。電子や陽子、重粒子は電荷を持つため直接加速することができ、加速器で加速したそれらのビームを直接治療に使います。一方、X線・中性子線は直接加速できないため、電子や陽子を加速して金属などに衝突させ、二次的に生成して使用します。これらX線や中性子線の発生にも加速器は使われています。

X線は電荷をもたないため物質を透過しやすい一方で、広い範囲に影響を与えてしまうため、患部に治療効果を集中させるためにはいろいろな角度から照射を行う必要があります。そうすることで、患部には常にX線を当てつつその周辺への影響を分散することができます。一方、陽子や重粒子は電荷をもつため、体を作る原子の電荷によって反発力を受けることから、体内で止まりやすい性質があります。体のどこまで入っていくかは、陽子や重粒子のもつエネルギーによって決まりますので、がんの位置に合わせてビームの加速エネルギーを調整し、ビームが止まる位置でがん細胞のDNAを破壊します。

中性子はX線同様電荷を持たず物質を透過しやすいですが、ホウ素などの中性子を止める能力が高く、かつその中性子を吸収することでアルファ線を出すような物質があることが分かっています。これを利用し、がん細胞にホウ素薬剤を集め中性子を照射することで、がん細胞の周囲だけでアルファ線を発生させます。アルファ線は発生した細胞内ですぐに止まってしまうため、がん細胞だけにダメージを与えることができます。このような原理の放射線治療をホウ素中性子捕獲療法（BNCT）と呼び、最近ではこの治療法のために中性子を発生する小型加速器の開発が進んでいます[1]。

治療以外にも、診断用途としては陽電子放出断層撮影（PET）診断に使用する放射性同位体（ラジオアイソトープ、RI）製造に加速器が用いられています。がん細胞が取り込みやすい分子に陽電子放出RIを結合し、薬として投与すると、放出された陽電子が周辺にある電子とぶつかる際に180度反対方向に同じエネルギー（511 keV）のガンマ線を出します。全身をぐるっと取り囲むように検出器を配置し、この決まったエネルギーのガンマ線を同時に検出した二つの検出器を結ぶ線上にがんがあることから、複数の検出器の応答を重ねることでがんの位置を特定します（図２）。この用途で使用されるフッ素の同位体の製造用として、加速器が市販されています。

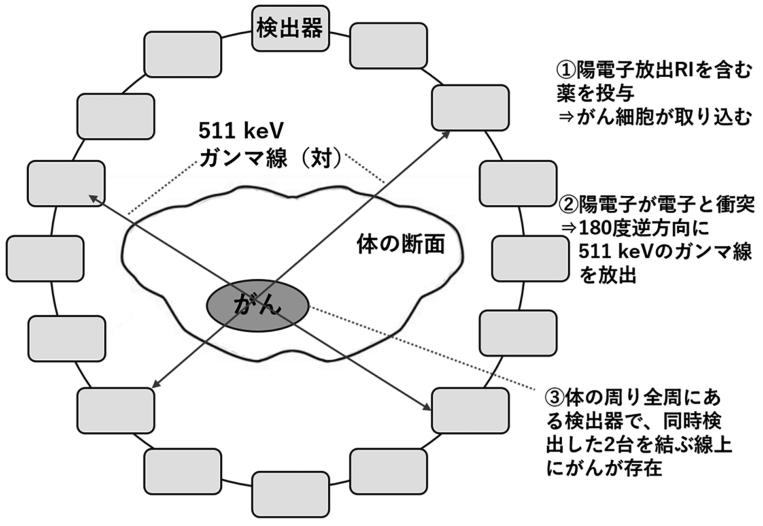


図2:PET診断の原理

直接的な治療だけでなく、薬剤の生成のためにも加速器は使われます。BNCTでは、ホウ素をがん細胞に集中させ、中性子を照射することでアルファ線を発生させて治療していますが、がん細胞に集中する薬剤に最初からアルファ線

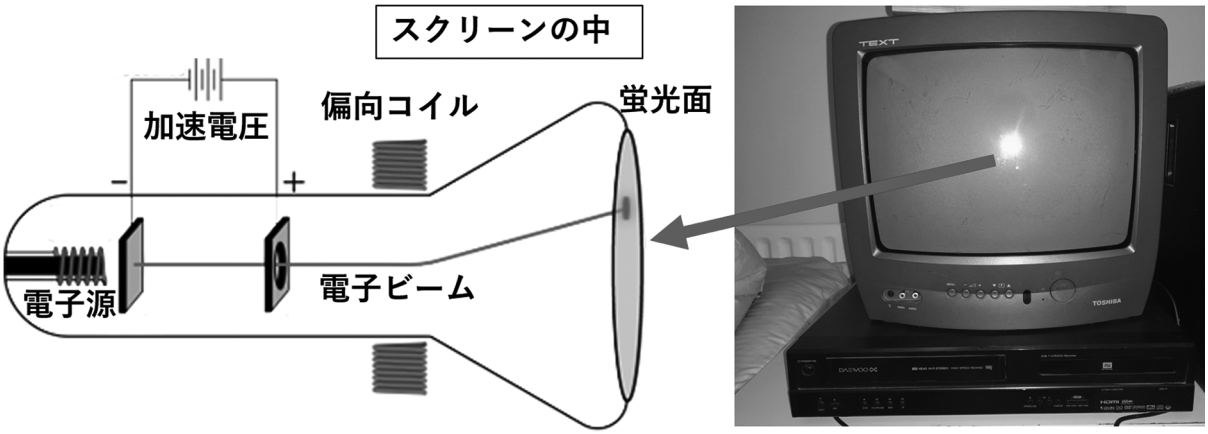


図3:ブラウン管テレビと中身 (出典:https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Toshiba old television.jpg, Cathode Ray Tube Diagram.png)

を出す放射性元素を組み込んで投与しても、同様の治療効果を得ることができます。国内では大阪大学で製造施設の整備が進んでおり[2]、茨城県東海村にある「J-PARC（大強度陽子加速器施設）」においても将来計画の一つとして施設の検討が進められています[3]。

（2）X線による非破壊検査

医療への応用のところでも述べましたが、X線を作るために電子加速器を使います。X線は密度の低いものは透過できますが、高いものには吸収されてしまいます。この性質を利用して、様々なものの内部を壊さずに見るため（非破壊検査）に用いられています。身近なところでは、歯科や整形外科などの診断のためX線撮影が行われます。虫歯や骨折などで歯や骨に穴が開いていたり一部欠けていたりすると、その部分はX線が通過しやすいためフィルムが感光され正常な歯や骨より黒く映ります。このようなX線発生装置は、空港・港での貨物・手荷物検査装置にも使われています。

より高精度な測定には、「放射光施設」と呼ばれる大型電子加速器で生成した強力なX線（放射光）が利用されます。放射光は、電子を光に近い速度まで加速し磁石で進行方向を曲げたときに生じる光で、通常のX線源と比べて非常に明るく（高輝度）、細くそろった方向に進む（高指向性）という特徴があります。日本には兵庫県のSPring-8[4]や宮城県仙台市のナノテラス[5]があり、材料の構造解析や法科学（犯罪捜査）など高度な分析が行われています。

（3）加速器の産業応用

加速器は、私たちの身近な製品を作るためにも幅広く活用されています。ここでは、材料の改質と半導体製造という二つの産業分野への応用を紹介します。

まず、高分子材料（ポリマー）への応用です。加速器で生み出した電子線を高分子材料に照射すると、分子の中に「ラジカル」と呼ばれる非常に反応性の高い状態が生まれます。このラジカルをうまく利用すると、元の材料の性質を保ったまま表面に別の分子を結合させたり、分子同士をつなぎ合わせたりすることができます。この応用例が「架橋」と呼ばれる技術です。ポリエチレンなどの高分子は加工しやすい反面、高温では変形しやすいという弱点があります。電子線を照射することで高分子の分子同士を網目状に結びつけると、耐熱性・機械的強度・電気絶縁性が向上します。

次に、半導体製造への応用です。スマートフォンやパソコンの心臓部である半導体チップには、電気を流しやすい部分と流しにくい部分を精密に作り分ける必要があります。そのために欠かせないのが「イオン注入」という技術です。加速器でリンやホウ素などのイオンを高速に加速し、半導体の狙った場所だけに正確に打ち込むことで、その部分の電気的な性質を変えることができます。

加速器の原理は、実は昔から身近な製品にも使

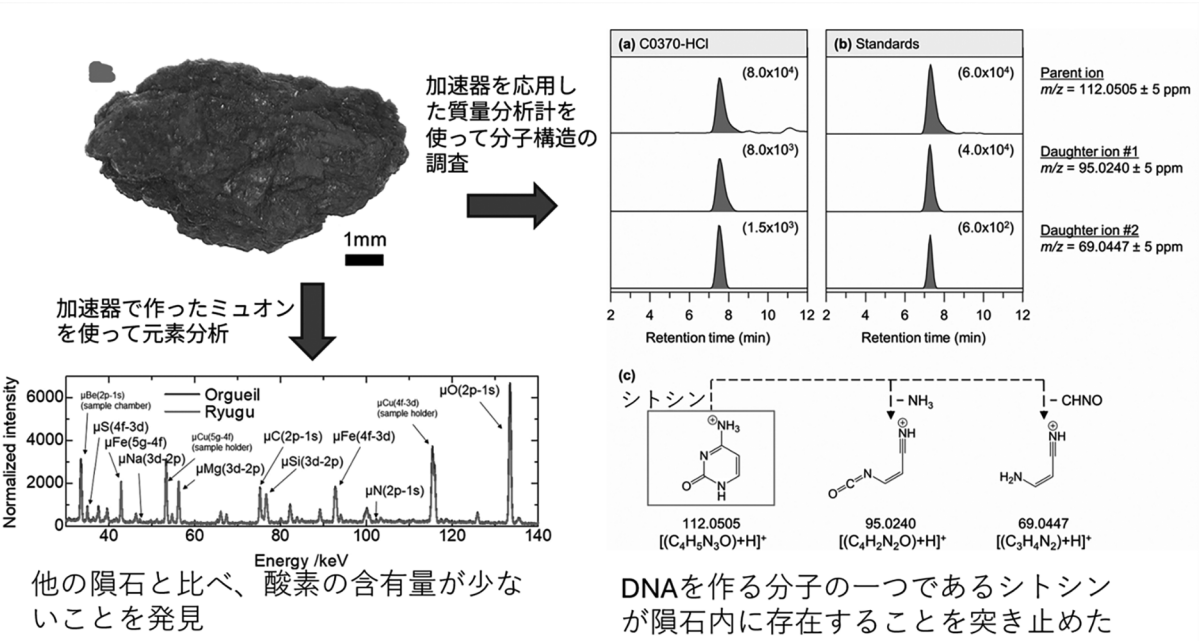


図 4: リュウグウのサンプル調査結果 [8][9]

われてきました。かつてのブラウン管テレビは、電子ビームを加速して蛍光体に当てて発光させる仕組みであり、いわば小型の加速器そのものでした（図３）。現在はほぼすべて液晶やOLEDに置き換わりましたが、その原理的なつながりは今も半導体製造や表示技術の中に生き続けています。

このように加速器は、現代の産業を縁の下から支える基盤技術となっています。

（4）宇宙の謎を解く：小惑星サンプルの分析への応用

加速器の技術は、宇宙の謎を解き明かす研究にも重要な役割を果たしています。2020年、JAXAの探査機「はやぶさ2」が小惑星リュウグウからサンプルを持ち帰りました。このわずかな宇宙のかけらを調べるために、加速器が二つの方法で活躍しました。

一つ目は、治療用RI製造のところでも出てきたJ-PARCで行われた「ミュオン元素分析」です。ミュオンは、電子の約200倍の質量を持つ素粒子の一種で、J-PARCでは陽子を加速・衝突させることで大量のミュオンビームを作り出すことができます。このミュオンをリュウグウから持ち帰った石に照射すると、石の内側の元素が「ミュオン特性X線」と呼ばれる固有の光を放出します。その光のエネルギーと数を調べることで、どのような元素がどれだけ含まれているかを壊さずに特定できます。J-PARCでの試験の結果、リュウグウの石の組成は、これまで最も始原的な物質であると言われていた隕石と近い組成を示す一方で、これらの隕石と比べて酸素の含有量が明らかに少ないことが分かりました[8]。地球の大気に一度も触れていない本物の宇宙の石を、傷つけずに調べられたおかげで明らかになった発見です。

二つ目は、サンプルから取り出した有機分子の詳細な分析に使われた「質量分析計」です。この装置では、サンプルから取り出した有機分子をイオン化し、それを電場で加速して磁石を通過させます。イオンの質量によって磁石を通過した時の曲がり方が異なるため、この差を精密に計測することで「何という分子が、どれだけ含まれているか」を特定できます。これにより、リュウグウのサンプル中にDNA・RNAを構成する5種類の核酸塩基すべてが存在することが確認されました[9]。

J-PARCの巨大な加速器が「宇宙の石を壊さずに元素を読む」役割を担い、質量分析計という小型の加速器が「分子を識別する」役割を担う―このように大小さまざまな加速器を組み合わせることで、リュウグウから得られた極微量なサンプルからたくさんの情報を得ることができました（図4）。

3. まとめ：広がり続ける加速器の可能性

加速器は基礎科学の研究だけでなく、医療、産業、材料開発、エネルギー分野など、私たちの生活を支えるさまざまな場面で応用されています。本稿では紹介しきれませんでしたが、例えば食品の殺菌や保存性向上、文化財の非破壊分析、宇宙放射線の模擬実験による宇宙開発研究などにも活用されています。これらはいずれも、粒子を自在に制御し、高エネルギー状態を生み出すという加速器の特長を活かしたものです。今後は、小型化・高性能化が進むことで、より身近な場所での利用が広がるとともに、新しい医療技術やエネル

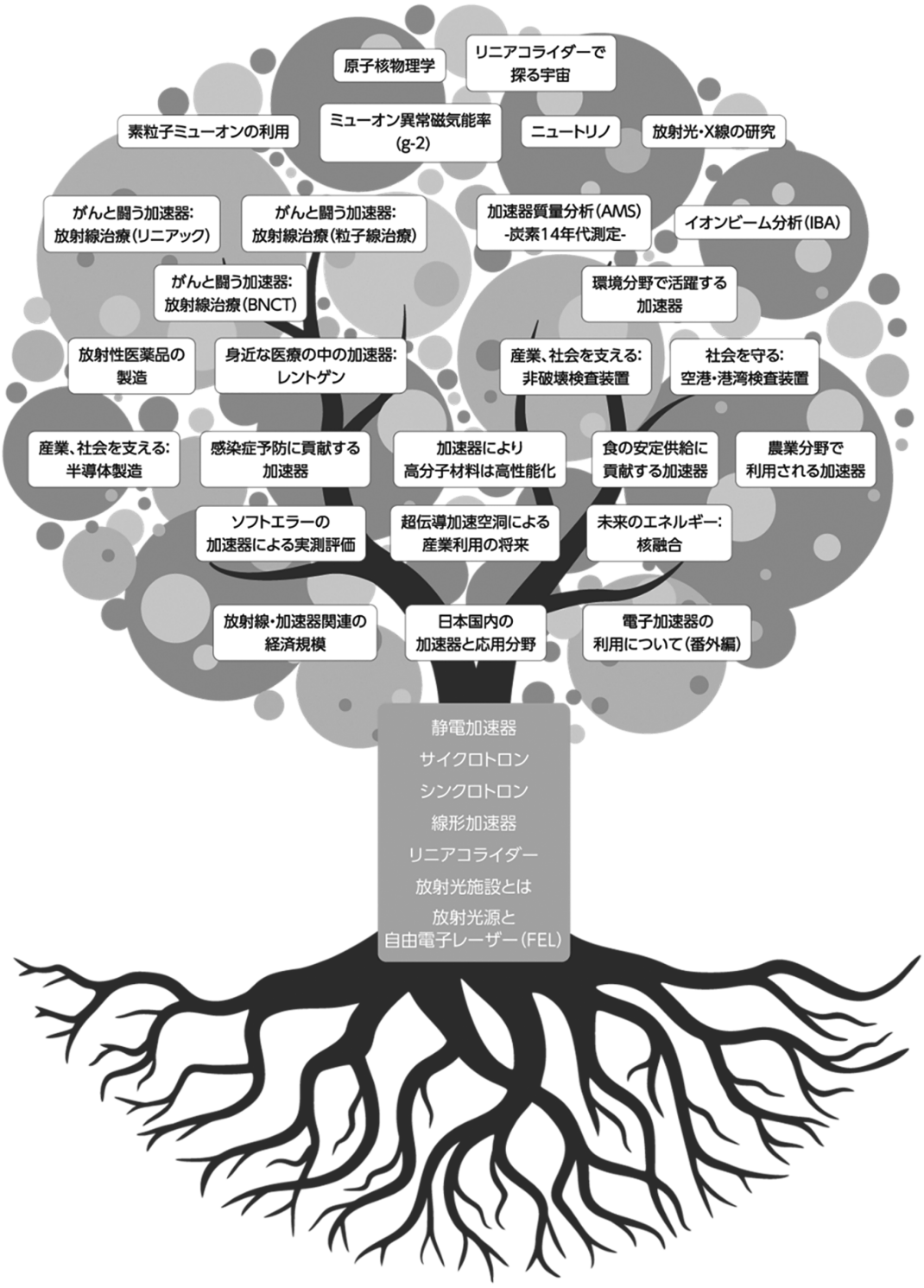


図 5 加速器俯瞰図 - 花開く加速器科学 (出典 : 一般社団法人　日本加速器学会)

ギー技術の創出にもつながることが期待されています。図5は、加速器の高度化に関して専門的に議論する研究者の集まりである日本加速器学会が作成したもので、さまざまな種類の加速器と、それらの応用分野の広がりを示した概念図です。図が示すように、加速器はこれからも見えない世界を切り拓きながら、社会が抱える多様な課題の解決に貢献していく重要な基盤技術として、その応用範囲をさらに広げていくと期待されています。

参考情報

[1] http://www.tsukuba-sogotokku.jp/project/project1/

[2] https://www.rcnp.osaka-u.ac.jp/RCNPhome/ja/news/pr_2026jan19.pdf

[3] https://jopss.jaea.go.jp/pdfdata/JAEA-Technology-2024-026.pdf

[4] https://rsc.riken.jp/

[5] https://nanoterasu.jp/

[6] https://www.nhv.jp/eb/crosslink/

[7] https://www.matsusada.co.jp/case/ps/ion_implantation.html

[8] T. Nakamura, M. Matsumoto, K. Amano et al., Formation and evolution of carbonaceous asteroid Ryugu: Direct evidence from returned samples. Science 379, eabn8671 (2023). https://doi.org/10.1126/science.abn8671

[9] T. Koga, Y. Oba, Y. Takano et al., A complete set of canonical nucleobases in the carbonaceous asteroid (162173) Ryugu. Nature Astronomy (2026). https://doi.org/10.1038/s41550-026-02791-z



山本　風海（やまもと・かざみ）

1999年　東京工業大学　大学院理工学研究科　原子核工学専攻　修士課程修了。

2007年　総合研究大学院大学　加速器科学専攻　博士課程修了（工学）。

1999年　日本原子力研究所に入所、以後J-PARC 3 GeVシンクロトロンの設計、開発と建設に従事。

現職　日本原子力研究開発機構　J-PARCセンター加速器ディビジョン　副ディビジョン長

CROSS ロード



筑波大学のタンデム加速器施設にある6MeV タンデム加速器（ペレトロン型タンデム）。水素から金まで多種類のイオンを広いエネルギー範囲で加速可能という

小型・高効率の装置で放射性同位体を製造
超伝導加速器技術が切り開く最先端のがん治療

株式会社 NovAccel 早野 仁司

1 はじめに

放射性同位体（ラジオアイソトープ RI）は、原子炉での中性子照射や、加速器による粒子ビームを用いた核反応により、安定同位体を放射性同位体に変換することで製造され、医療、工業、研究などの分野で利用されている。特に医療分野では、単一光子放射断層撮影(SPECT）や陽電子放出断層撮影（PET）に用いられる診断用放射性医薬品や、標的アイソトープ治療に用いられる治療用放射性医薬品として利用されており、その需要は年々高まってきている。

医療用RIの国内製造安定供給に関して内閣府アクションプラン2022が作成され、これに呼応する形で、弊社（株式会社NovAccel）は、革新的ながん治療法「標的アルファ線治療（TAT)」(図1)に用いられる放射性同位体（RI）の安定供給を可能にする次世代の小型超伝導電子加速器「RiSA(RI production purpose Superconducting compact Accelerator)」(図2、図３）の開発・製造技術の確立を行なっている。その加速器を用いて、アルファ線を放出する医療用RIである高純度アクチニウム-225の製造・供給を行うことで、「がんがあたりまえに治る未来の実現」に貢献することを目指している。

放射性同位体の製造装置として、モリブデン-99（Mo-99）やアクチニウム-225（Ac-225）などの核種を製造するために、加速器を用いる製造装置が知られている。このような放射性同位体製造装置においては、従来、常伝導加速技術（室温で運転する加速技術）による粒子加速が主流であった。しかし、常伝導加速技術では、加速のために外部から与えられる高周波電力の多くが、加速空洞内部表面における電気抵抗による発熱として消費されるため、粒子ビームに付与される加速エネルギーの損失が大きいという問題がある。

これに対し、超伝導加速技術（極低温で運転する加速技術）を用いた超伝導加速器は、高周波電力に対する加速空洞内面の電気抵抗を常伝導加速器よりも2桁以上低く抑えることができるため、高周波電力を効率よく粒子ビームに付与することが可能であり、高効率な粒子加速を実現できる。

医療分野において用いられる放射性医薬品に含まれる放射性同位体は、一般に半減期が短いため、製造所や医療機関において長期間在庫として保管することが困難である。また、製造場所から使用場所までの輸送に時間を要すると、放射性同位体量が減少し、結果として放射性医薬品の供給効率や経済性が低下するおそれがある。このため、放射性同位体を使用する医療機関等の近傍において、小規模な施設で放射性

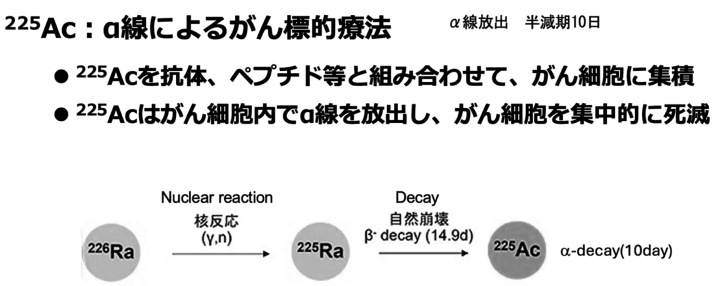


図 1. Ac-225 による TAT: 標的アルファ線治療法と Ac-225 の製造方法

同位体を安定的に製造することが望まれている。

しかし、例えば国際リニアコライダー（ILC）等で開発されてきた超伝導加速器技術を放射性同位体製造装置に適用する場合、通常、絶対温度２ケルビン（K）*1以下まで冷却するためのヘリウムを使用した冷却系が必要となり、大型の真空排気系や低温圧縮機などの大規模な設備を要する。その結果、冷却系を含む装置全体が大型化し、可搬性に乏しく、設備コストが高くなるという問題がある。このように、従来の放射性同位体製造装置では、超伝導加速器を用いながら装置の小型化と放射性同位体の安定的な製造とを両立することが困難であった。

そこで、弊社は、超伝導加速器を用いた放射性同位体製造装置において、装置の小型化と放射性同位体の安定的な製造とを両立することができる放射性同位体製造装置を提供するための小型超伝導加速器を設計し製造を通じて技術開発を行っている。

2 標的アルファ線治療(TAT)によるがん治療

標的アルファ線治療TATとは、がん細胞に集まる性質をもつ薬剤（リガンド）にアルファ線を放出する放射性同位体を結合させて体内に注入し、放射性同位体をがん細胞のまわりに集結させ、その同位体が放出するアルファ線によりがん細胞のDNAを修復困難な状態までダメージを与えてがん細胞を攻撃する治療法である。アルファ線はエネルギーが高いが飛距離が0.1mm以下と非常に短いため、がん細胞に集結させた場合、がん細胞に大きなダメージを与え、そのまわりの離れた正常細胞には最小限のダメージしか与えない、というすぐれた特徴をもつ。

放射性同位体としてAc-225を用いるTAT は、その適度な長さ（約10日）の半減期を持ち、高い治療効果と低副作用を併せ持つ次世代がん治療法として近年注目が集まってきているが、Ac-225の供給不足が新薬開発、治験、臨床の進行を阻害している。従来は Ac-225 の製造に原子炉や核廃棄物、大型の粒子加速器を利用してきたが、生成効率の問題、製造・運転コストの問題などの理由から設備の増設が進んでおらず、需要を満たす Ac-225 を安定供給する技術、体制の確立が切望されている。

既存の大型加速器に替わる小型で高効率な RI 製造特化型加速器を開発し、安定的なAc-225の供給体制を実現するために独自に設計する小型超伝導電子加速器「RiSA」は、従来の商用加速器よりも低コスト・省電力・高効率・低副産物を実現し、Ra-226を原料として高純度 Ac-225 が製造可能なことに加え、他の医療用 RI 製造にも対応可能な拡張性を持っている。電子線を有効的に用いることで高純度かつ高品質な Ac-225 を得ることが可能となり、加速器機器の放射化レベルが

*1 2 ケルビンはー 271℃

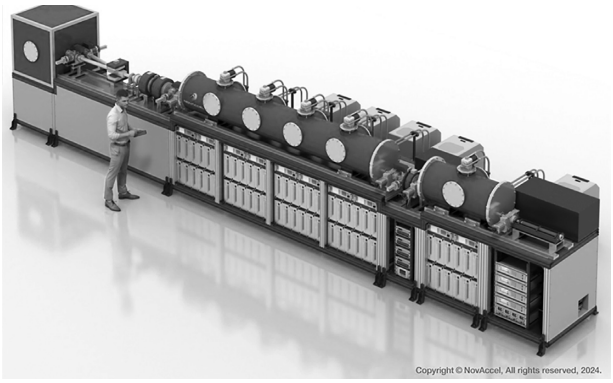


図 2. 小型超伝導加速器（RiSA）の全体図（表側）
ビームは右側の円筒部で生成され、引き続く円筒部で加速され、引き続く電磁石で最左端ボックス内の RI ターゲットに収束照射される
（Copyright©NovAccel, All right reserved, 2024）

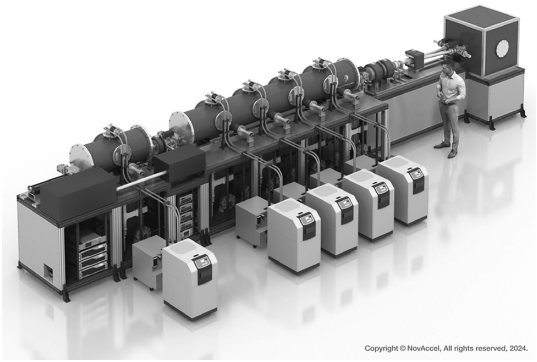


図 3. 小型超伝導加速器（RiSA）の全体図（裏側）
小型冷凍器ユニットが並んでいる様子が見られる
（Copyright©NovAccel, All right reserved, 2024）

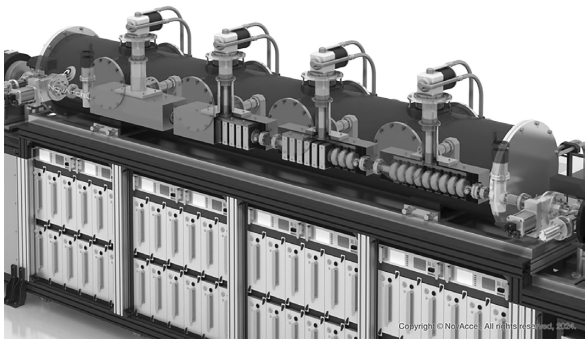


図 4. 小型超伝導加速器（RiSA）の電子ビーム加速部の概念全体図。保冷容器である円筒型のクライオモジュールを透明に表し、内部の 9 セル加速空洞が見られるようにした図
（Copyright©NovAccel, All right reserved, 2024）

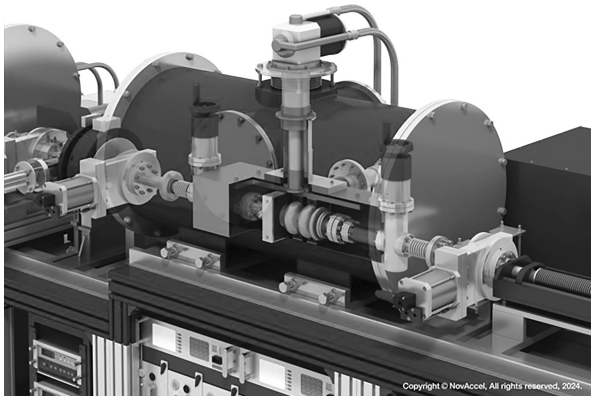


図 5. 小型超伝導加速器（RiSA）のフォトカソード RF 電子銃部の概念全体図。保冷容器である円筒型のクライオモジュールを透明に表し、内部の 3.5 セル電子銃用加速空洞が見られるようにした図
（Copyright©NovAccel, All right reserved, 2024）

低く、安全性にも優れている。また、電気抵抗が限りなく小さい超伝導の性質を活用しているため消費電力が少なく、運転コストを大幅に抑えることが可能で、安価な Ac-225 製造に寄与する。小型な加速器は、設置場所に大きな尤度（ゆうど）をもつので、設置可能な場所、機会が大きく広がり、多数台並列運転できる加速器システムにも応用可能である。これにより、加速器故障時に対応しやすく、製造を止めることなく、安定供給に大きく寄与できるものである。

3 超伝導加速器の構成と放射性同位体 Ac-225の生成

本小型超伝導電子加速器「RiSA」は、図２の概念図の右側から順に、電子ビームを出力するフォトカソードRF電子銃部クライオモジュール（短い円筒部）、超伝導加速空洞により電子ビームを40MeVのエネルギーまで加速する加速部クライオモジュール（長い円筒部）、加速された電子ビームをRaターゲットに適度に収束させ放射性同位体を生成回収する照射部（電磁石群と照射ターゲットを内蔵する遮蔽（しゃへい）部）からなる。そして、クライオモジュール内部の超伝導加速空洞を冷却する冷却部（図３　加速器架台周辺に設備された機器）、冷却された超伝導加速空洞に高周波を投入する高周波アンプ部（図２　加速器架台内部に装着された機器）を備える。

超伝導加速器の中核部分となる 9 セル超伝導加速空洞については、市販の小型冷凍器で達成可能な温度域（4K）でも高い加速勾配を実現できる超伝導層（Nb_3Sn合金膜）形成技術を応用する。これにより製造・運用コストを大幅に削減させたメンテナンス性の高い超伝導加速器が実現できる。そして液体ヘリウムを直接、大量に使用しないので高圧ガス保安法規制を回避することができ、飛躍的な小型化と短い製造期間が可能となる。

さらに、世界的に開発・利用・実用化されている1.3GHz超伝導加速空洞の技術を新規設計の小型な2.6GHz超伝導加速空洞に応用することで、超伝導加速技術の開発要素を格段に減らすことができる。電子ビームの発生にはフォトカソード[*2]超伝導RF電子銃（3.5セル加速空洞）を採用し、超伝導加速空洞の広い通過アパチャー[*3]と相まって、何処にもぶつけることなくRIターゲットにビーム加速とビーム輸送、ビーム収束照射することができ、効率よくRIターゲットに照射でき、かつ、加速器の放射化を低減できる。この小型超伝導加速器では、小型冷凍器の冷却能力に合わせて熱的負荷を減らす約1ms幅のパルスRFが10Hz

*2　フォトカソード：レーザーなどの光を照射すると電子を放出する材料でできた陰極
*3　アパチャー：通過するビームの量を制限する、円筒形の加速空洞または真空チャンバーの中心（ビーム設計軌道）から円筒壁までの距離

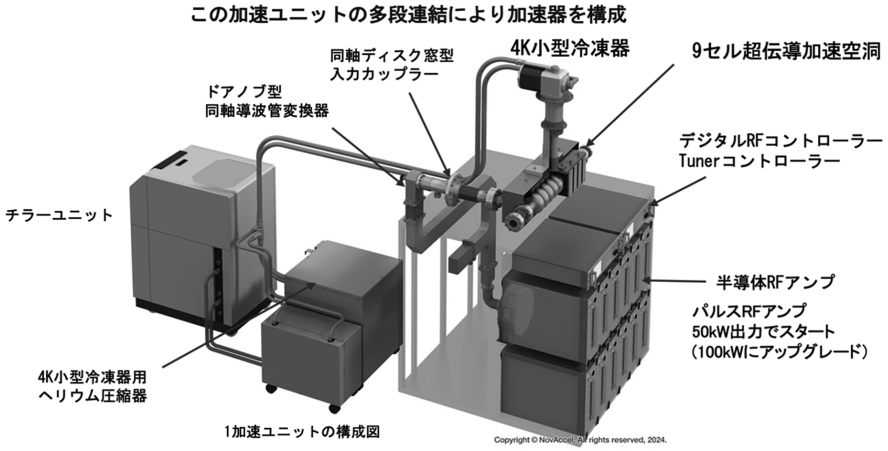


図 6. 小型超伝導加速器（RiSA）の加速ユニットの概念構成図。一つの加速器ユニットだけを取り出し、それら主要機器の組み合わせがわかるようにした図（Copyright©NovAccel, All right reserved, 2024）

の繰り返しで供給されるパルス運転である。したがって電子ビームもこのRFが供給されている時間だけ生成、加速されるパルス運転である。

電子ビームの照射によるRa-226からAc-225の生成には、図１の模式図に示すように、電子ビームが起こす制動放射によるガンマ線光核反応を利用する。生成されたRa-225からのベータ崩壊によりAc-225が生成される。そこから、高純度にアクチニウムを取り出し、残りのRa-226を再利用に供することで、何回でもアクチニウムを生成することができる。

４ 超伝導加速器技術の加速器小型化への応用

本超伝導加速器の小型化と保守容易化の中核技術はNb_3Sn合金膜を内面に生成した９セル超伝導加速空洞を使用することである。この合金膜は温度域4Kで低い表面高周波抵抗値を示し、少ない投入RF電力で高い加速器電圧を実現する。そして、その超伝導加速空洞を4Kまで冷却するために市販の小型冷凍器であるGM冷凍器と伝導冷却技術を使用することも冷凍システムの小型化に大きく寄与する。また、その加速器を保持する架台の内部に、高周波加速器電場制御部とビーム加速に必要なRF電力を加速空洞に供給するための半導体式高周波増幅器を収容する構成を採用したことも加速器の小型化に大きな寄与をもたらしている。（図4参照）

高性能な電子ビームを生成するフォトカソードRF電子銃（図5参照）は、フォトカソードを内部に組み込んだ3.5セル超伝導加速空洞とフォトカソードを照射し光電子を放出させるためのレーザーとから構成される。レーザー光は、非常に短い時間構造(20ps程度)のパルス光の列(162.5MHzの繰り返し)が使用され、その列の持続時間長さは1msである。発生される電子ビームは、レーザー光のパルスの長さと照射レーザー径を持ち、余分なハロー成分を持たず、RIターゲット照射を非常に高い効率で行うことができる高性能なものである。3.5セル加速空洞は、加速部に９セル超伝導加速空洞と同じ技術で製造され、内部にNb_3Sn合金膜をもち、小形冷凍器と伝導冷却により4K温度域で運転され、RF電力を供給する高周波増幅器は架台内部に組み込まれる。

加速部と電子銃部とに共通する技術を取り出して説明を与えたものが図６である。真空にされた保冷容器であるクライオモジュール（図では省略されている）のなかに加速空洞が設置される。その加速空洞は伝導冷却アタッチメントが装着され、小型冷凍器の4Kヘッド部分に接続される。小型冷凍器は、ヘリウム圧縮機が接続され、そのヘリウム圧縮機には冷却チラーユニットから冷却水が供給される。一方、加速空洞は入力カップラーと導波管を通じて半導体RFアンプ（増幅器）が接続され、RFが供給され、内部に加速する電場を作り出している。加速空洞内部の加速電場

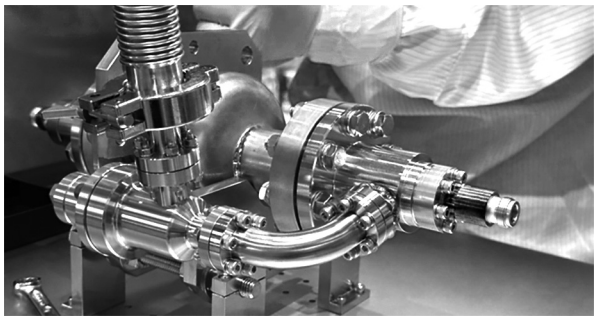


図 7. 技術実証に使われている１セル加速空洞の写真。右側と左側にアンテナを内蔵したコネクター部分が見えている。また真空排気をするチューブも見えている

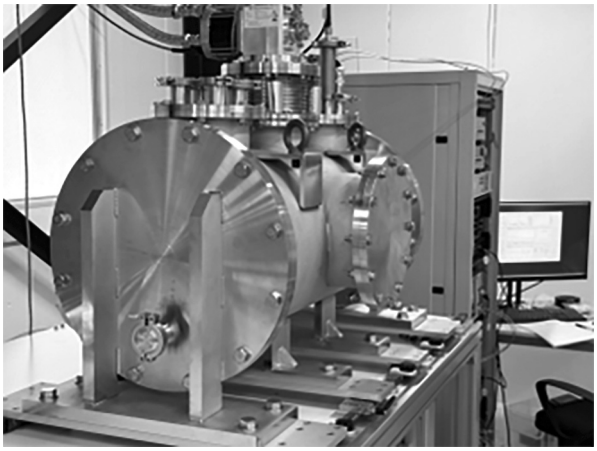


図 8. 技術実証に使われている１セル加速空洞を内部に装着した高電界試験用クライオモジュールの写真。このクライオモジュール円筒容器の直径は実際の加速器クライオモジュールと同じサイズである。その奥に見える制御ラック機器により加速電場の測定がなされる

は、デジタルRFコントローラーユニットにより、ビーム加速時に安定化制御される。その加速電場は20MV/mを想定しており、加速される電子ビームの平均電流は100 μ Aを想定している。

5 加速器開発の状況

加速器開発は基幹技術であるNb_3Sn合金膜の生成の最適化から行なっている。単純な構造をもつ１セル加速空洞を使って内部にNb_3SN合金膜を作成、小型冷凍器使用と伝導冷却技術開発も並行して行って、極低温に空洞を冷却して加速電界を試験している。１セル空洞の写真を図７に示す。空洞の両端に励起用アンテナと検出用アンテナを取り付け、真空排気を行って、図８に示すクライオスタットのなかに装着する。このクライオスタットには小型冷凍器が装着され、内部では冷凍器の4K冷却部分に空洞を接触させて冷却し、外部からの放射熱を遮断する40Kボックスで取り囲んである。現在までに10MV/mの加速勾配が得られており、さらなる最適化を行っている最中である。

加速器で使用する９セル加速空洞はその製造が終了し、現在、内面Nb_3Sn合金膜の生成を行なっている最中である。クライオモジュール、電磁石、加速器架台、レーザーなど主要コンポーネントの製造は順調であり、本年中の稼働にむけて、施設整備と各種申請を行なっているところである。

6 むすび

弊社の加速器開発は、公表されている世界の超伝導加速器技術研究の知見を参考に進められており、また製造にご協力いただいているベンチャーキャピタル、個人投資家、関連製造企業のみなさまにより支えられています。世界の加速器研究者の皆様、RI研究者の皆様、サポートいただいている日本および世界の加速器関連・RI関連の製造企業の皆様、資金的にサポートしていただいているベンチャーキャピタル投資会社の皆様、個人投資家の皆様、経営サポートしていただいている皆様、そしてこの加速器開発に強い関心・サポートをしていただいている政府関係機関の皆様に、感謝の意を表したいと思います。



早野 仁司（はやの・ひとし）
東北大学大学院でチャームクォークとニュートリノを研究し、理学博士号を取得。1984年に高エネルギー物理学研究所（現KEK）に入所し、TRISTAN電子・陽電子コライダー加速器やリニアコライダー加速器試験設備の設計、製造、運転に従事。超伝導RF試験設備建設や国際超伝導加速モジュール試験運転を指揮し、国際協力で加速器を構築可能であることを実証。元KEKシニアフェローとしてILC計画や応用超伝導技術の推進に貢献し、2024年からは株式会社NovAccelにおいて医療用RI製造のための小型超伝導加速器の設計、製造を担当している。

精度100万分の1で短寿命原子核の質量を測る 稀少RIリングが拓く重元素合成の研究

埼玉大学　長江 大輔

なぜ原子核の質量が重要なのか？

アインシュタインが導いた$E=mc^2$という公式は世界的によく知られた式の一つである。この式は、質量（m）とエネルギー（E）が等価であり、すなわち質量がエネルギーのかたまりであることを示している（cは光速）。

この関係は原子核を理解するうえでも重要である。原子核では、陽子や中性子が結びつく際にエネルギーが放出され、その分だけ全体の質量がわずかに減少する。この減少分は「結合エネルギー」と呼ばれ、その値が大きいほど、原子核を構成する陽子や中性子が強く結びついていることを意味する。つまり、原子核の安定性はこの結びつきの強さによって決まる。

原子核の質量を系統的かつ高精度に測定することで、ある原子核が安定かどうか、また不安定の場合はどのように崩壊して別の原子核へと変化するのかが分かるようになる。アルファ崩壊やベータ崩壊といった崩壊の仕方も、質量差によって決まるため、質量を知ることは原子核の「ふるまい」を理解することに深く関わっている。

さらに重要なのは、原子核の質量が、宇宙で元素がどのように生成されたかを解き明かす手がかりになっている点である。ビッグバンで生まれた水素やヘリウムは、恒星内部での核融合によって、徐々に原子番号を増やし、鉄やニッケルへと作られていったと考えられている。鉄やニッケルは非常に安定な原子核であり（結合エネルギーが最大付近）、恒星の中の核融合だけでは、それより重い元素を作ることができない。

金やウランのような鉄より重い元素の合成（重元素合成）については、「遅い中性子捕獲過程」と「速い中性子捕獲過程（r過程）」の二つの仮説が提案されている。どちらの過程でも原子核が中性子を取り込むことで質量数を増やし、その後のベータ崩壊によって中性子が陽子へと変わり、原子番号が増加する。この流れを繰り返すことで、より重い元素が作られていく。

「遅い中性子捕獲過程」では恒星内部で長い時間をかけて中性子が取り込まれ、鉄から鉛付近までの元素が作られる。一方で「速い中性子捕獲過程」では中性子星の合体や超新星爆発などの激しい天体現象の中で、非常に短い時間に大量の中性子が取り込まれたのち、ミリ秒程度の時間スケールでベータ崩壊し、原子番号が一つ大きな元素となる。新たな元素となると、中性子の捕獲が再開され、その後ベータ崩壊が起こる。この過程が繰り返されることで、鉄からウランまでのさまざまな元素がわずか数秒のうちに生み出される。

ここで重要になるのが、「中性子をどれだけ取り込みやすいか」という性質である。この性質は中性子を取り込む前後のエネルギー差、すなわち原子核の質量差によって決まっている。そのため、r過程の進み方や宇宙にどの元素がどれくらい存在しているか（元素存在比）を正しく理解するには、多くの原子核の質量データが欠かせない。r過程を詳しく調べるためには、質量数100程度の原子核について、約100万分の1という非常に高い精度で質量を測る必要がある。

r過程に関わる原子核の多くは寿命が非常に短く、地上には存在しない。そのため、人工的に作

り出す必要がある。理化学研究所仁科加速器科学研究センターのRIビームファクトリーでは、ウランなどの重い元素の原子核を光速の70％まで加速し、その分裂反応や破砕反応によってr過程に関わる原子核を作り出している。従来の手法では、これらの質量を直接測定することが難しく、この「質量データの不足」が、重元素合成の理解を難しくしていた。この課題を解決するために開発されたのが、稀少RIリングである。



図1　稀少 RI リングの外観

稀少RIリング

RIビームファクトリーに設置されている稀少RIリングは、短寿命（数ミリ秒）かつ生成量の少ない放射性同位元素（RI）の質量を、100万分の1の精度で測定するために開発された、世界的にも非常にユニークな蓄積リング型質量分析装置である（図1）。この装置はリング状の構造をしており、6つのセクターから成り、それぞれに4台の双極子磁石が配置されている。全体としては六角形に近い形状をしており、中心軌道の周長は約60.35mである。本装置は、「陽子数に対して中性子数が極端に多い、あるいは少ない原子核」の質量を直接測定できる実験装置の一つであり、原子核物理および宇宙物理において重要な役割を担っている。

稀少RIリングでの質量測定では、質量がすでに分かっている粒子（リファレンス粒子）と、質量を調べたい粒子（測定対象粒子）を同じ条件でリング内に入射し、同じ軌道を周回させる。それぞれがリングを一周するのにかかる時間（周期）を精密に測定し、その違いから測定対象粒子の質量を求める。

ここで重要なのは、二つの粒子がまったく同じ軌道を通るようにすることである。そのために、磁気剛性（磁場中での粒子の曲がりにくさを表す量）をそろえる。この値は粒子の運動量（質量と速度の積）と電荷によって決まる。この条件を満たすことで、リファレンス粒子の質量・電荷・周期、測定対象粒子の質量・電荷・周期・速度の間に一定の関係が成り立つ。リファレンス粒子の質量･電荷､測定対象粒子の電荷はあらかじめ分かっているので、それぞれの周期と測定対象粒子の速度を測定することで、測定対象粒子の質量を求められる。

稀少RIリングの特徴

実際の実験では、リファレンス粒子と測定対象粒子がまったく同じ磁気剛性を持つ確率は非常に低く、このままでは先に述べた関係が成り立たない。そこで導入されたのが「等時性磁場」である。これは、特定の粒子に対して速度が異なっても周期が一定になるように設計された磁場分布である。本装置では、リファレンス粒子がこの等時性条件を満たすように磁場を調整する。これにより、リファレンス粒子の周期は磁気剛性に関わらず一定になる。

一方、測定対象粒子には等時性が成り立たないので、周期には速度による違いが残る。稀少RIリングでは、リファレンス粒子の周期を固定することで、測定対象粒子がどのような磁気剛性であっても原理を適用できるようにし、質量測定を可能にしている。等時性磁場を実現するために、各セクターを構成する4台の双極子磁石のうち外側の2台には、磁場を細かく調整するためのトリムコイルが上下に10本ずつ設置されている（図2）[2]。

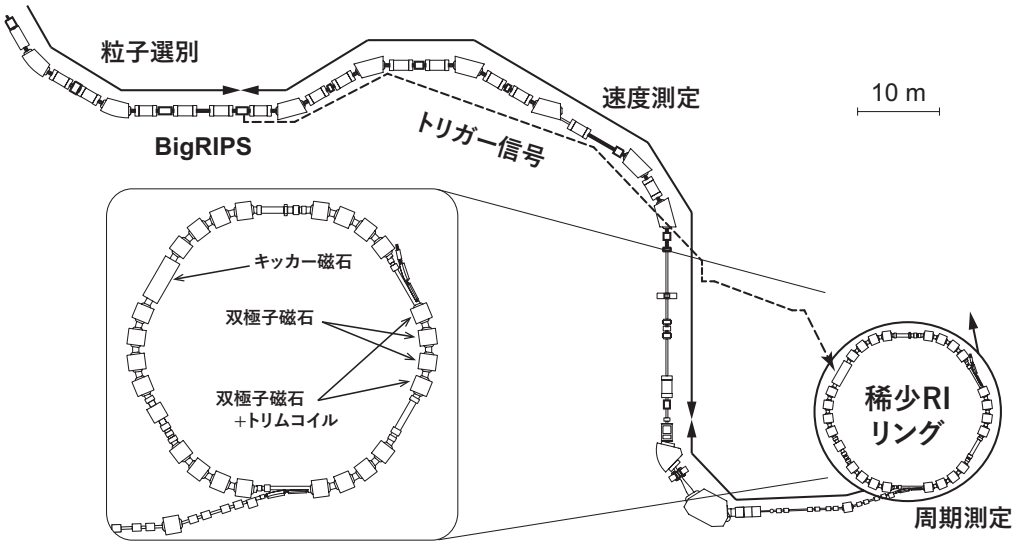


図 2　稀少 RI リングによる超高速質量測定の概念図

理想的な等時性磁場からのずれは100万分の1程度まで抑えられている。

もう一つの大きな特徴が「個別入射方式」である。従来の蓄積リングではシンクロトロン加速器からのバンチビーム（粒子がまとまって一定間隔で飛ぶビーム）を使って生成した粒子を入射している。このバンチビームは加速器を動作させる高周波と同期しているので、粒子が生成されるタイミングや蓄積リングへ到達するタイミングをあらかじめ把握できる。一方、稀少RIリングはサイクロトロン加速器からのほぼ連続したビームを使うため、粒子の生成時刻や蓄積リングへの到達時刻を事前に予測することはできない。この課題を解決するのが、個別入射方式である。

RIビームファクトリーでは加速した一次ビームを標的に当てて多くの不安定核を作り、それらをBigRIPSと呼ばれる装置によって粒子を分離・選別する（図2）。この選別された粒子がリング上流部に設置した検出器を通過すると信号が作られ、その信号をもとに粒子を稀少RIリングの周回軌道へ導くキッカー磁石を励磁するためのトリガー信号を生成する。この信号をすばやくキッカー磁石に送り、粒子がキッカー磁石に到達するタイミングで磁場を立ち上げることで、粒子を1つずつリングに入れる「個別入射」が実現される。粒子が到達する時点で磁場は立ち上がっており、粒子がリングを一周して再びキッカー磁石に到達する頃には磁場は下げておく必要がある。粒子の周期は350 ～ 400ナノ秒であるため、稀少RIリングに設置されているキッカー磁石は、100ナノ秒で磁場が立ち上がり、100ナノ秒程度磁場強度を維持し、100ナノ秒程度で立ち下がるという他のキッカー磁石に比べても非常に速く動作するものとなっている。

さらに、「核種選択型自己トリガー入射」によって、特定の粒子のみを選択的に入射することが可能である。粒子がある距離を飛ぶ時間（飛行時間）は質量数と原子番号の比に比例し、物質を通るときに粒子が失うエネルギー（エネルギー損失）は原子番号の二乗に比例する。これらの情報を組み合わせることで核種を区別することができる。したがって、リファレンス粒子と測定対象粒子の飛行時間とエネルギー損失の条件を満たした場合にのみ、トリガー信号を出すことで、多数の不安定核から選択的に入射できる。r過程に寄与するRIの生成頻度は非常に低く、1日に1個程度しか得られない場合もある。この方式は、極めて稀少なRIの効率的な質量測定には不可欠な技術となっている。

図3には核種選択型自己トリガー入射方式における核種選択の結果を示している。本試験では飛行時間のみを用いて選択を行った。その結果、生成されにくい核種（飛行時間の長い領域に現れるもの）のみを選択し、効率的にトリガー信号を生成できることが確認された。

主な成果

稀少RIリングの性能評価として、リファレンス粒子（^{78}Ge)、測定対象粒子（^{75}Cu）どちらも質量が分かっている原子核を用いた模擬質量測定を行った。この模擬質量測定では、高精度な「等時性磁場」を実現し、「個別入射方式」、「核種選択型自己トリガー入射」も実現することができた。質量の測定では、中性子過剰な^{75}Cuの質量を十分に高い確度で得ることに成功した。この性能評価により、稀少RIリングが質量測定に有効であることが確認された[3]。

その後に行われた、極めて中性子過剰な^{123}Pdの質量測定は、稀少RIリングの代表的な成果の一つである。この測定では、100万分の1程度の精度を達成し、不確かさは従来の約1/3まで小さくすることに成功した[4]。

この測定結果を用いた理論計算により、太陽系における元素存在比（質量数120付近）の再現性が改善された。この成果は、r過程の理解に貢献するものであり、特に中性子星合体などの天体現象における重元素合成メカニズムの解明に重要な手がかりとなっている。

今後の展望

今後、RIビームファクトリーにおいてさらに強いビームが使えるようになることで、これまで生成量が極めて少なかった核種や未踏領域へのアクセスが広がると期待されている。稀少RIリングは、短寿命核を単一粒子で迅速に測定できるという特長を持っており、他の手法では到達できない研究領域を切り拓く装置である。

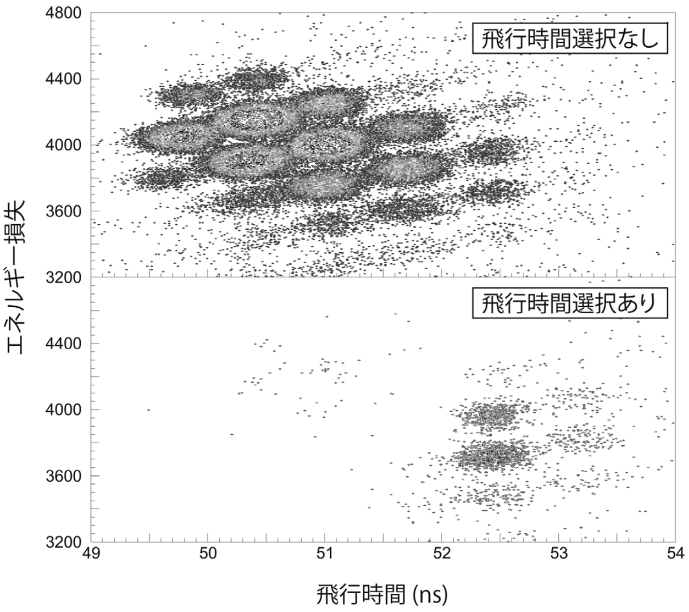


図 3　核種選択型自己トリガー入射方式における核種選択の結果。
(上) 飛行時間選択なし。(下)飛行時間選択あり。

質量の精密測定に向けた検出器の性能向上に加え、非破壊で粒子検出可能な機器の整備が進めば、質量だけでなく寿命の測定も可能となる。これにより、原子核の性質の理解がさらに深まるとともに、宇宙における重元素合成の仕組みの解明にも大きく貢献すると期待される。

参考文献

[1] A. Ozawa et al., Prog. Theor. Exp. Phys. 2012, 03C009 (2012).
[2] Y.Abe et al., Nucl. Instrum. and Meth. A 1072, 170083, (2025).
[3] D.Nagae et al., Phys. Rev. C 110, 014310, (2024).
[4] H.F.Li et al., Phys. Rev. Lett. 128, 152701, (2022).



長江　大輔（ながえ　だいすけ）
埼玉大学 理工学研究科 物理学プログラム 准教授。東京工業大学博士課程修了、博士（理学)。2025年度より現職。専門は原子核物理で質量測定や検出器開発を行っている。

小児がんにやさしい社会をつくる
―医療と暮らしをつなぐ、つくばの実践―

一般社団法人 HiStar's Now 代表理事　照井 美穂

医療技術の進歩によって、救える命は確実に増えました。特に陽子線治療は、がんにピンポイントで放射線を照射し、周囲の正常組織への影響を最小限に抑えることができるため、成長過程にある子どもにとって身体への負担を軽減し、将来の生活の質を守る重要な選択肢の一つとなっています。筑波大学附属病院陽子線治療センターには、茨城県内にとどまらず全国各地から小児がんの治療を求めて子どもとその家族が訪れています。

ある日突然、子どもが「がん」と告げられる家族の日常は大きく変わっていきます。

緊急入院、命に関わる治療方針の決断、きょうだい児[1)]への説明、仕事との両立、そして生活の分断。昨日まで続いていた「当たり前の日常」は、音もなく形を変えていきます。（図１）

小児がんと向き合わなければならない家族の「治療」と「暮らし」のあいだにはまだ見えにくい課題が残されています。本稿では、つくばという地域における小児がん支援の実践を通して、「小児がんにやさしい社会」とは何かを考えます。

■ 子どもの未来を守る陽子線治療

陽子線治療は、正常組織への影響を抑えながら腫瘍にエネルギーを集中させることができる放射

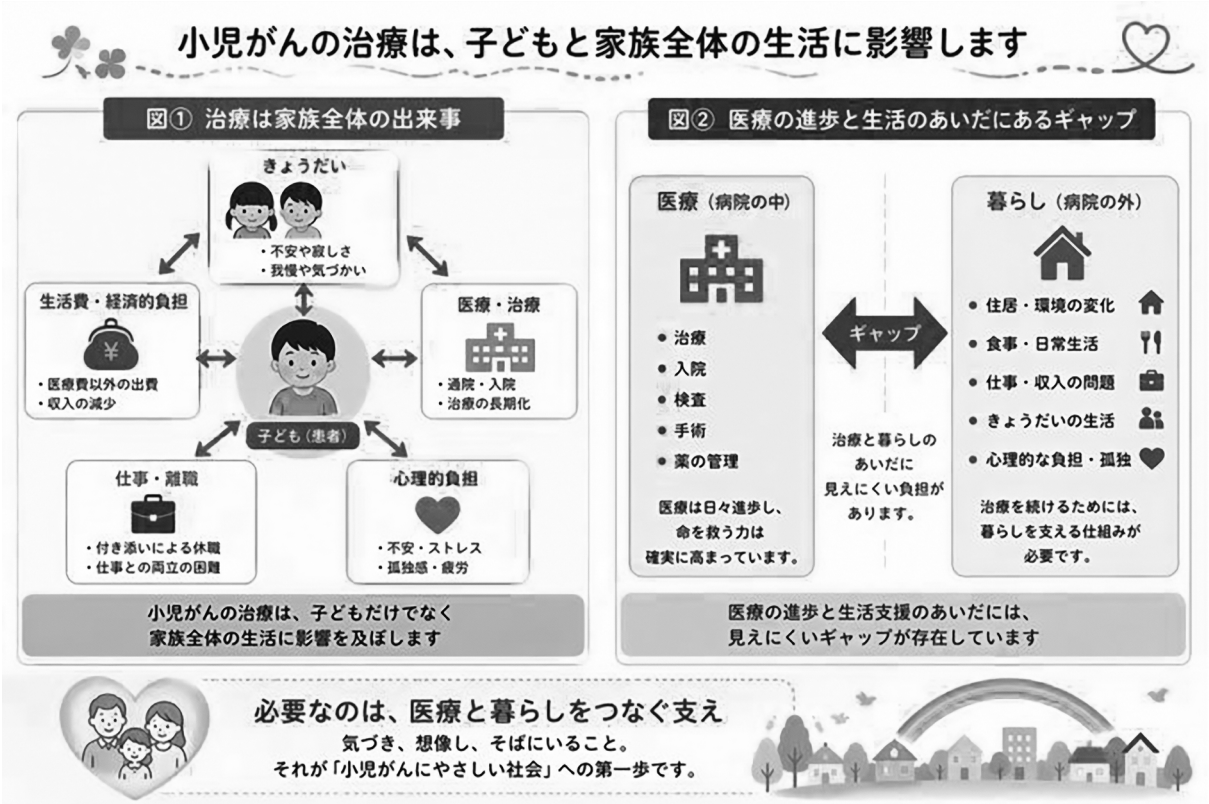


図１　小児がん治療と患者家族の暮らし

線治療です。特に子どもの場合、「命を救うこと」と同時に「その後の人生を守ること」が重要となります。

2016年には小児がんに対する陽子線治療が成人に先立って保険適用となり[4]、医療が「治すための技術」から「人生を支える医療」へと広がる転換点となりました。



写真①　レモネードスタンド



写真②　レモネードスタンド

しかし、この高度医療にたどり着くまでの過程では、家族の生活そのものが大きく変化します。治療の選択は医療的判断であると同時に、家庭生活全体に影響を及ぼす決断でもあります。

■ 医療の進歩と生活のあいだにあるギャップ

小児がんの治療成績は向上し、多くの子どもが長期生存できるようになりました。しかし、治療と生活を同時に支える仕組みや支援は十分とは言えません。

茨城県内には国指定の小児がん拠点病院がなく、専門的治療は県外に依存しています。その中で筑波大学附属病院陽子線治療センターは、全国から患者と家族を受け入れる重要な拠点となっています。

小児がんの治療は長期間にわたることが多く、長期入院や頻回な通院が必要となる場合も少なくありません。そのため、親のどちらかが休職や離職を選ばざるを得ないケースも多く、家族の生活基盤そのものに大きな影響を及ぼします。また、きょうだい児は別の生活環境で過ごすことになり、家族が分かれて暮らす状況も生まれます。

さらに、県外で治療を受けなければならない子どもに付き添う家族にとっては、見知らぬ土地で頼れる人も少ない環境の中、日々の生活そのものが大きな負担となっていきます。住居、教育、食事、移動手段、そして経済的負担や心理的ストレスなどが同時に重なり合い、家族の暮らしを圧迫していきます。このように、医療の高度化と集約化が進む一方で、その恩恵を受ける過程で生じる「生活とのギャップ」をいかに埋めていくかは、家族だけでなく、地域社会全体で向き合うべき課題となっています。

■ 小児がんという“見えにくい現実”

日本では年間約2,000～2,500人、茨城県では年間40～70人程度の子どもが小児がんと診断されます[5,6]。全がんのうち約0.2％とその割合は小さく、その希少性ゆえに、社会の中で日常的に意識される機会は多くありません。

しかし、その一つひとつの事例に、家族の生活そのものを大きく変える現実があります。学校生活の中断、友人関係の変化、きょうだい児との別居、親の就労状況の変化など、日常のあらゆる基盤が揺らいでいきます。

治療期間は数か月から数年に及び、その間、生活は不安とともに続きます。そしてその状態は、やがて「例外的な時間」ではなく「新たな日常」として定着していきます。

治療が終わったとしても、元の生活に完全に戻るわけではありません。再発への不安、後遺症、復学や社会復帰の壁など、長期的な課題は続きます。

そのためには、「治療」と「生活」を切り離さずに捉える必要があります。医療の外側にある暮らしの部分にどれだけ目を向けられるかが、家族の安心感を大きく左右します。

医療と暮らしのあいだにある空白を埋め、孤立を防ぎ、関係性をつなぎ直すこと。それは医療機関だけではなく、地域社会全体に求められる役割でもあります。



写真③　９月小児がん啓発月間
（つくばセンター広場にて）



写真④３月 AYA 啓発月間（筑波大学付属病院の前で）

■ ヒスターズナウの実践

このような背景から、一般財団法人HiSter's Now（ヒスターズナウ）は、「医療と暮らしをつなぐ」ことを軸に、小児がんとともに生きる子どもと家族を支える活動を行っています。

活動の中心には学生ボランティアがいます。彼らの関わりは支援にとどまらず、小児がんという現実を社会に開き直す役割も担っています。若い世代が関わることで、病気を遠い存在ではなく「同じ社会にある現実」として捉え直すきっかけが生まれています。

象徴的な取り組みが、レモネードスタンド活動です。（写真①②）

小児がんの理解と支援を広げるために行う寄付・啓発活動で、これまで延べ600名以上の学生が活動に参加しています。街角やイベント会場などでレモネードを販売し、その売上を小児がん支援に役立てるというシンプルな仕組みですが、その背景には大きな意味があります。この活動は単なる寄付ではなく、「知る」「考える」「関わる」という社会的接点を生み出しています。当事者や家族と直接出会う経験は、参加する学生の意識を大きく変えます。「自分にもできることがある」という実感が生まれることこそが、この活動の重要な成果です。

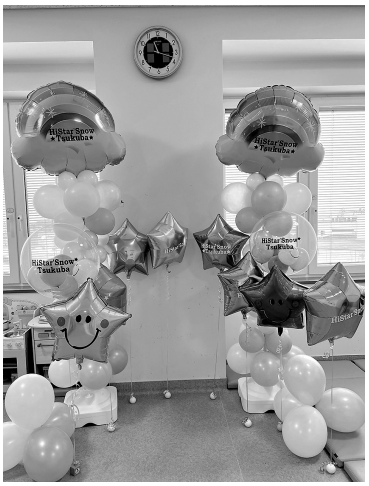
また、毎年6月12日の「世界レモネードスタンドの日」、9月の「世界小児がん啓発月間」、3月の「AYAがん[3)] 啓発週間」に合わせて、年3回のがん啓発イベントを実施しています。（写真③④）

これらのイベントには、がん当事者に限らず多くの親子が参加し、楽しい体験を通して「がん」について自然に知り、それぞれが自分にできることを考えるきっかけとなっています。啓発を“学び”としてだけでなく、“体験”として届けることを大切にしています。

小児がんの子どもたちにとって、治療を終えた後に社会へ戻る際の中心となる場は学校です。学校での日常の再スタートには、友人や先生、そして保護者の理解と寄り添いが欠かせません。その支えが、子ども本人だけでなく家族にとっても大きな安心につながります。

入院治療中の子どもたちへの支援にも力を入れています。病棟を彩る季節のバルーン装飾やプレゼントは、子どもたちだけでなく、付き添う保護者や医療従事者にも笑顔をもたらし、病棟全体にやわらかな時間を生み出しています。（写真⑤⑥）

さらに、付き添い入院家族[2)] への支援も幅広く行っています。子どもの緊急入院時には、保護者用のタオルや歯ブラシなどの衛生用品と軽食・飲



写真⑤　季節のバルーン装飾



写真⑥　子どもたちへのプレゼント

料をセットにした「緊急入院支援パック」を提供しています。また、定期的な差し入れとして「付き添い入院応援セット」を配布し、継続的な支援にも取り組んでいます。

さらに、食生活が乱れやすい環境に配慮し、病院売店で利用できるサラダ・副菜購入の割引クーポンの提供や、栄養バランスを考えたお弁当の販売などを行っています。あわせて、「応援サラダ」や生活用品の支援、子どもと一緒に楽しめる工作キットの差し入れなど、入院生活の中に小さな楽しみや日常の感覚を取り戻すための取り組みも行っています。（写真⑦⑧）

病院の外では、きょうだい児[1)]が安心して楽しめるイベントの開催や、家族交流会を随時実施しています。また、家族写真撮影会も行い、治療後の不安を抱えながらも、今この瞬間に家族がそろって笑顔で過ごせる時間を大切にしています。そのかけがえのない日常を記録として残し、形にして届けることも私たちの大切な支援の一つです。（写真⑨⑩）

加えて、病院の外で安心して過ごせる居場所づくりや、医療従事者・学生・地域住民が交わる対話の場づくりにも取り組んでいます。そこでは、支援する側・される側という一方向の関係を越え、関係そのものを見直し、再構築していくことを目指しています。

私たちが運営する「まちなかがんカフェ・レモンテラス」は、つくば市の事業委託を受け、つくば中央公園レストハウスにて週2日開設している、がん患者支援のためのつどいの場です。（写真⑪）

小児がんに限らず、がんと向き合うすべての人が安心して立ち寄り、自由に時間を過ごすことのできる“地域の居場所”として開放しています。



⑦季節の付き添い応援セット


⑧付き添い応援弁当

ここには、当事者やご家族だけでなく、より広い立場の方々も訪れます。たとえば「職場の同僚のお子さんが小児がんで、現在休職しているのだけど、何か力になれることはないか」「友人ががんになり、不安を抱えている」など、身近な人ががんと向き合う中で、自分にできることを探しに来られるケースも少なくありません。

レモンテラスは、そうした“当事者の周囲にいる人たち”も含めて受け止め、孤立ではなく、支え合


写真⑨　家族交流会


写真⑩　家族交流会



⑪中央公園レストハウス

いの輪が自然に生まれていく場であることを大切にしています。

■「ひとりじゃない」と思える社会へ

小児がんにやさしい社会とは、特別な人だけが関わるものではなく、日常の中にある小さな気づきと行動の積み重ねです。誰かの変化に目を向け、見えない困難に想像を働かせること。その積み重ねの中で、人は「ひとりではない」と感じることができます。

治療は医療が支え、暮らしは社会が支える。つくばという地域での取り組みはまだ途上にありますが、その実践は広がり始めています。

高度医療の拠点であると同時に、子どもと家族が安心して過ごせる街であること。その積み重ねが、「小児がんにやさしい社会」への確かな一歩となっていきます。

■注釈・参考文献

1）きょうだい児：病気や障がいのある子どもの兄弟姉妹。心理的負担や我慢、ケア役割を担うことがある。

2）付き添い入院家族：入院中の子どもに付き添い、病室で生活を共にする保護者。

3）AYAがん：Adolescent＆Young Adult（思春期・若年成人）の略称。15 ～ 39歳で発症するがんのこと

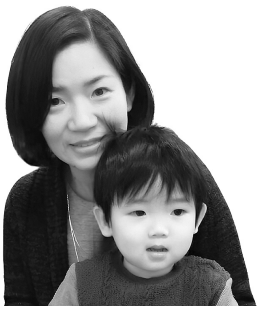
4）厚生労働省（2016）先進医療および陽子線治療の保険適用に関する資料
https://www.mhlw.go.jp/stf/seisakunitsuite/bunya/0000183313.html
（最終閲覧日：2026年4月）

5）国立がん研究センター「小児がんについて」
https://ganjoho.jp/public/cancer/child/
（最終閲覧日：2026年4月）

6）茨城県「がん対策関連情報」
https://www.pref.ibaraki.jp/
（最終閲覧日：2026年4月）

7）日本小児血液・がん学会「小児がん診療ガイドライン」
https://www.jspho.org/
（最終閲覧日：2026年4月）

8）筑波大学附属病院「陽子線治療センター」
https://www.hosp.tsukuba.ac.jp/
（最終閲覧日：2026年4月）



（右は次男善高）

照井 美穂（てるい・みほ）

一般社団法人 Histar'sNow 代表理事。茨城県つくば市出身。

2020 年 3 月、当時 2 歳の次男が脳腫瘍（小児脳幹部グリオーマ：DIPG）を発症し、筑波大学付属病院で陽子線治療を受け、約 6 カ月の闘病の末に亡くした経験を持つ。医療そのものだけでなく、支援体制にも地域差がある現実を目の当たりにしたことをきっかけに、2021 年に任意団体を設立し、2025 年には法人化した。

現在は茨城県内で唯一、小児がんや難病の子どもとその家族を対象とした支援活動を行っている。入院中の家族への支援や子どもへのサポートに加え、家族同士が安心してつながれる居場所づくりを進めている。また、レモネードスタンド活動や小児がんや若年性がんに関する啓発・講演活動を通じて、当事者家族の経験や思いを社会に伝え、理解と支援の輪を広げている。

さらに、医療と暮らしの間に生じる課題に向き合いながら、治療とともに生きる時間を支える地域社会の在り方を模索し続けている。

メールアドレス：histarsnowtsukuba@gamil.com
ホームページ：https://histarsnow-tsukuba.com/

高専生が切り拓く加速器の未来
「アクセラトゥーン」プロジェクト

高エネルギー加速器研究機構 * 勝田 敏彦

日本の科学技術を支える巨大装置「加速器」。その設計や製作に、高等専門学校（高専）の学生たちが自ら挑むプロジェクトが進行しています。その名は「AxeLatoon（アクセラトゥーン）」。加速器を意味する「Accelerator」と、切り株から出る新芽を意味する「Ratoon」を組み合わせたこの造語には、次世代の技術者が芽吹き、育ってほしいという願いが込められています。

■なぜ「加速器を自作」するのか？

加速器は、粒子を光速近くまで加速させて衝突させることで、宇宙の起源を探る基礎科学から、がん治療や半導体製造といった医療・産業応用に至るまで、現代社会に不可欠な研究基盤です。しかし、現在の加速器施設を支える研究者の高齢化が進んでおり、後継者の育成は喫緊の課題となっています。

これまでの加速器科学のワークショップは、大型装置で得られたデータの解析が中心でした。これに対し、アクセラトゥーンは「学生自らが加速器を設計・製作する」という極めて実践的なアプローチをとっています。

加速器は、機械加工、材料科学、高周波制御、真空技術、冷却技術などが組み合わさった「総合科学」の結晶です。学生たちが自ら手を動かして装置を作ることで、これらの多様な技術の繋がりを深く理解し、将来の進路に役立つ生きた知識を習得することを目指しています。

■全国に広がる高専生の挑戦

プロジェクトは2020年に高エネルギー加速器研究機構（KEK）と理化学研究所（理研）を中心にした研究者・技術者が共同で立ち上げ、現在では北は秋田から南は沖縄まで、多くの高専が参加しています。各校の活動は、それぞれの特色を活かしたものとなっています。

小山高専（栃木県、チーム「Athena」）：プロジェクトのモデルケースとして先行し、小型サイクロトロン加速器を完成させ、現在では陽子ビームの観測にむけた調整が進んでいます。また、



小山高専での加速器制作活動の様子（2026 年 3 月）

* 執筆時の所属

磁力で鉄球を加速させる「ガウス加速器」を用いたボウリングなど、一般公開向けのユニークな展示も行っています。

長野高専（加速器研究同好会「かそ☆けん」）：卓上サイクロトロンの設計・製作に取り組んでおり、真空チェンバーの厚みの工夫や、KEKの専門家によるサポートを受けた真空装置の動作試験など、本格的な実験を重ねています。

豊田高専（愛知県）：身近な材料を活用した簡易的な真空容器の製作など、柔軟な発想で「ものづくり」に取り組んでいます。

群馬高専：電磁石の要となるコイルを自分たちで巻いて製作することに挑戦しています。

沖縄高専：2025年度から本格始動したチームですが、J-PARCなどの巨大施設を見学し、そのスケール感とミクロの世界の探究というギャップに刺激を受けながら、活動を広げています。

これらの活動は、放課後の部活動や同好会として行われており、学生たちは学業の傍ら、強い好奇心を持って難題に挑んでいます。

■研究機関・企業との強力な連携

アクセラトゥーンの大きな特徴は、学生たちが孤立することなく、最先端の研究現場や企業と密接に繋がっている点にあります。

毎年開催される「高専加速器 現地交流会」（2022・2023年度は小山高専、2024年度はKEK、2025年度は理研で開催）は、全国の学生が集まり、自らの成果を発表し、意見を戦わせる貴重な場です。ここでは、単なる技術的な議論にとどまらず、部員募集の苦労といった運営面の悩みまでが共有され、学校を超えた「同胞の輪」が広がっています。

さらに、2025年度の交流会には加速器関連企業の担当者も参加しました。学生たちは「現場で求められる技術者像」について直接質問をぶつけ、インターンシップやキャリア形成について学ぶ機会を得ています。香川高専のメンバーは、実際に、医療用加速器を手がける住友重機械工業の工場を見学し、電磁石の製造現場を目の当たりにするといった活動も行われています。

また、KEKの大谷将士准教授ら専門家による「厳しい」指導もプロジェクトの質を支えています。学生たちは、単に作るだけでなく、「次の世代へバトンタッチする」という持続可能な活動のあり方についても意識を高めています。

■目指すは「全国高専加速器コンテスト」の実現

プロジェクトの合言葉は、「加速器を知らない人ゼロ」です。加速器という魅力的なテーマを通じて、科学技術への関心を高め、将来の日本を支える人材を育成することを目指しています。

現在の目標は、活動を全国50校以上のすべての高専に広げ、「全国高専加速器コンテスト」を開催することです。このコンテストが実現すれば、学生たちの切磋琢磨はさらに加速し、高専発の新しい加速器人材育成モデルが確立されることになるでしょう。



理化学研究所での交流会で卓上加速器の製作解説に真剣に耳を傾ける高専生たち（2026年2月）

加速器科学の発展のために
公益財団法人高エネルギー加速器科学研究奨励会の事業

高エネルギー加速器科学研究奨励会 代表理事　増澤 美佳



図 1　加速器の基礎技術とそこから派生する科学や関連産業

FAS沿革

1930年代に原子核物理の探求のために誕生した粒子加速器は、以来その時々の先端技術を取り込みながら発展を続け、物質の成り立ちから宇宙の誕生までも解明する技術にまで到達した。現代ではそのような基礎物理研究に留まらず高度な分析技術、がん治療や創薬などの医療応用、あるいは新素材開発などその国の科学レベルを象徴する最先端技術を生み出す環境を提供している。図1には現代の加速器技術を支える基礎技術とそこから派生する様々な科学や関連産業を示す。

このように科学技術を推し進める加速器科学において、1977年に加速器を中核技術とするKEK（高エネルギー加速器研究機構）の前身である高エネルギー物理学研究所と民間企業との技術交流や研究者・技術者の国際交流などの支援を行うため、任意団体として高エネルギー加速器科学研究奨励会が設けられた。さらにさまざまな分野からの要請を背景にして、基礎科学としての加速器技術の研究のみならず、加速器を使った学術的、技術的研究成果を工業、農業、医療など各種産業に活用するための応用研究の発展・育成を図ることが求められ、そうした研究への助成を実施する体制を整備充実し1978年に本奨励会が財団法人として正式に発足した。その後、研究助成、講演会・セミナー・スクールなどの開催活動、奨励賞の創設と活動の拡充を進めることで奨励会の社会的意義がさらに高まってきたことから、2011年からは公益財団法人として活動を続けている。

FASの使命

当奨励会では加速器科学とその関連基礎科学（素粒子原子核物理学、物質生命科学）の研究者をさまざまな方向から支援するとともに、技術協力をお願いしている企業パートナーとも緊密な連携のネットワークをすすめて行くことを重要な使命と考えている。 本研究分野は日本にとどまらず世界の関連研究機関との緊密なネットワークで進められており、奨励会はそれを活かしたグローバルな連携の機会も提供できるものと考えている。





写真 1（上）、写真 2（下） 2025 年 OHO セミナーより

FASの活動

以下のような活動を通じて、加速器科学とその関連基礎科学の研究者の支援・育成に貢献するとともに、企業パートナーとの連携を推進している。

研究等の助成

高エネルギー加速器科学及びその関連技術に関する国内外の研究者・研究機関に対する研究費・旅費等の助成、同分野において優れた業績を有する国内外の研究者、技術者を派遣・招聘する旅費等の助成、国内において開催する関連分野の国際会議の開催費･旅費等の助成をタイムリーに行う。

OHOセミナー

高エネルギー加速器セミナー OHOはこれからの高エネルギー加速器を担う若手研究者の育成と、一般企業の研究者の加速器科学への理解を深めることを目的として1984年より始められた。毎年4日間程度ユニークな内容で集中的に開催さ

表 1 過去の OHO セミナーのテーマ一覧

2025年度	放射光源加速器の基礎	2004年度	Bファクトリーと加速器の基礎
2024年度	新奇・革新的な加速技術	2003年度	加速器の基礎と先端加速器
2023年度	標的と2次ビーム	2002年度	電子線形加速器の基礎
2022年度	超伝導電磁石技術	2001年度	大強度陽子加速器技術
2021年度	次世代大型加速器 国際リニアコライダー – ILC –	2000年度	加速器のビーム特性を決める物理
2020年度	ビーム診断の基礎	1999年度	加速器における計算機シミュレーション
2019年度	SuperKEKB – ルミノシティフロンティアを切り拓く電子陽電子コライダー	1998年度	加速器とレーザー
2018年度	大強度陽子加速器の現状と将来 –さらなる大強度ビームを目指して–	1997年度	高エネルギー加速器入門（続）
2017年度	マイクロ波の基礎	1996年度	大型ハドロン計画の大強度陽子加速器
2016年度	量子ビーム計測 ～基礎から最先端の応用まで～	1995年度	リニアコライダーにおける先端加速器技術
2015年度	エネルギー回収型リニアックの加速器基盤技術と応用	1994年度	Bファクトリーの加速器
2014年度	リニアコライダーの基礎と先端加速器技術	1993年度	光源用加速器と放射光用ビームライン
2013年度	X線自由電子レーザー ～SACLA	1992年度	超伝導と加速器
2012年度	「加速器の基礎と医療応用」 副題：～医療のための加速器	1991年度	低エミッタンスリング特集
2011年度	「ビームダイナミクスと先端技術」副題：モニター・超伝導・放射線～	1990年度	リニアックの基礎
2010年度	大電力ビームを作る」副題：J-PARCのビームコミッショニング	1989年度	陽子リニアック
2009年度	「シンクロトロンとビーム蓄積リングの基礎」副題：今年は円形加速器の基礎を見直そう	1988年度	円型電子加速器のエミッタンス入門
2008年度	「ビームエネルギー回収型高輝度放射光光源 – ERL –」 副題：次世代加速器技術としての可能性を秘めたERL、その原理と応用を学ぶ	1987年度	ビームの輸送・入射・取り出し
2007年度	種々のビーム源	1986年度	ビーム・モニタとビーム不安定性
2006年度	超伝導リニアーコライダー	1985年度	加速器と計算機
2005年度	大強度陽子・重陽子ビームの発生と利用	1984年度	高エネルギー加速器入門

れ、関連する産学の機関の多数の人材育成に貢献してきた。毎年まとめられる講義資料は、賛助会員へは無償で配布されるが、他所では得難い貴重でup-to-dateな加速器科学のテキストとして好評である。これまでのセミナーのテーマを章末にまとめる。（写真1、2及び表1）。

加速器施設探訪会

高エネルギー加速器科学研究奨励会の賛助会員を対象として、一般見学ではアクセスできない各地の加速器施設内の場所、機器等を担当者の解説を交えてじっくりと視察、十分な質疑応答の時間なども設けて、施設の「探訪」を行う。（写真3）

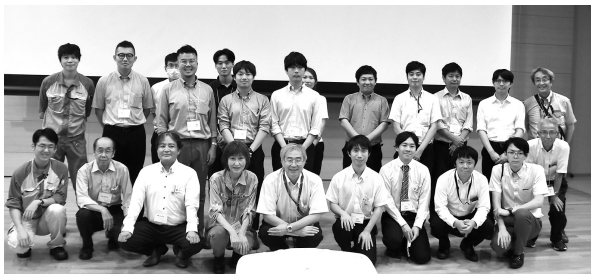


写真 3　2025 年施設探訪会より

科学と音楽の響宴の協賛

地域の文化活動の一環としてKEK、つくば市及びつくば文化振興財団が共催する科学講演と演奏会のコラボレーション形式のイベント「科学と音楽の響宴」を協賛する。科学に不可欠な論理的思考は左脳、音楽などの芸術は右脳を刺激すると言われており、本イベントは科学に親しみながらバランスの取れた頭脳の成長を促す、研究学園都市つくばにふさわしい企画として2005年より毎年開催されている。（写真4 、5)

高エネルギー加速器科学奨励賞

加速器ならびに加速器を利用した研究において、特に優れた業績をおさめた研究者・技術者に毎年西川賞、小柴賞、諏訪賞、熊谷賞で構成される奨励賞を授与し、その功績を称える。授賞対象者には、大学・研究機関の研究者のみならず、研究開発や大型プロジェクトや施設の建設に多大な貢献をした企業パートナーのメンバーもふくまれ、これまでも多くの企業研究者・技術者が受賞している。 (写真6)





写真 4（左）、写真 5（右） 科学と音楽の響宴

FAS賛助会員制度

本会では賛助会員制度を設け、活動の趣旨にご賛同いただける企業各位には賛助会員としてさまざまな活動にご参加いただいている。

また賛助会員には次のような便宜を図っている。

* 研究開発に関する相談・情報提供、研究者・研究機関へのネットワーク紹介
* 加速器施設探訪会への参加
* OHOセミナーをはじめとする講習会・講演会への参加、テキスト資料などの配布
* 研究報告・機関誌等の配布等
* ホームページ、企画等における広告協力



写真 6　2025 年度加速器奨励賞授与式より

https://www.heas.jp/index.shtml

CROSS ロード



円形加速器の原理を模型で学ぶ＝ KEK 一般公開

茨城県中性子ビームラインの現状といばらき量子線利活用協議会の取組

茨城県 産業戦略部 技術振興局 科学技術振興課　廣瀬 七重

1　茨城県における中性子産業利用の取組概要

茨城県では、東海村に立地する大強度陽子加速器施設 J-PARC 内に、県独自の中性子ビームラインを整備し、2008年の供用開始以来、中性子の産業利用を積極的に推進してきました。

中性子は、軽元素や物質内部の微細な構造を観察できる量子ビームであり、その特性を生かして、電池材料、鉄鋼、高分子材料といった製造業分野に加え、生命科学や医薬分野まで、幅広い研究・開発に活用されています。

このような中性子を用いた高度な測定技術を、実際の産業や製品開発へとつなげていくことが、県ビームライン事業の基本的な考え方です。茨城県は、J-PARC、総合科学研究機構（CROSS）、中性子産業利用推進協議会など、関係機関と連携しながら、本事業に取り組んでいます。

2　茨城県中性子ビームライン事業の目的と経緯

県中性子ビームライン事業の目的は、中性子の産業利用を通じて革新的な技術や製品を創出し、その成果を県内産業へ波及させることにあります。併せて、研究者や技術者が集積・交流する研究拠点の形成を進めることも、重要な柱となっています。

これらの目的のもと、運転・維持管理や利用者支援に加え、装置の高度化、測定・解析手法の開発、人材育成、利用促進活動を段階的に展開してきました。これらの継続的な取組が、現在の高い水準での産業利用につながっています。

3　茨城県が設置している中性子ビームライン装置

茨城県の中性子ビームラインとして運用されている装置は、

- 茨城県生命物質構造解析装置「BL03 iBIX（アイビックス）」
- 茨城県材料構造解析装置「BL20 iMATERIA（アイマテリア）」

の2本です（図１、２）。

（1）iBIX（BL03）

iBIXは、タンパク質をはじめとする生体関連物質や、合成高分子・有機材料分子などを対象として、これらの機能発現に関与する水素原子や水分子を含む分子構造を高精度で解析できる、世界最高レベルの中性子単結晶構造解析装置です。

主な特徴として、格子定数が大きい結晶（<135 Å、1軸のみであれば<190 Å）の測定が可能であることや、低温から高温までの温度環境や、延伸中の測定が可能といった点が挙げられます。

また、酵素反応で生じる中間体の中性子結晶構造解析に世界で初めて成功し、水素原子の精確な位置情報から酵素が効率的に機能する仕組みの一端を解明するなど、生命科学分野における研究成果の創出にも大きく貢献しています。

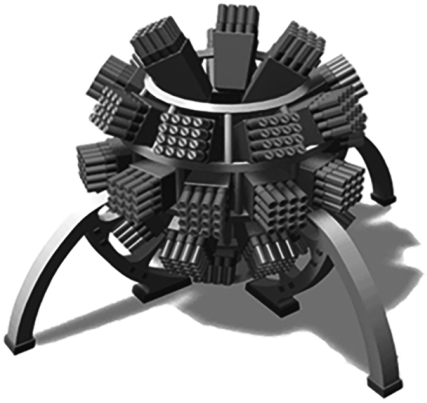


図1　生命物質構造解析装置　BL03：iBIX

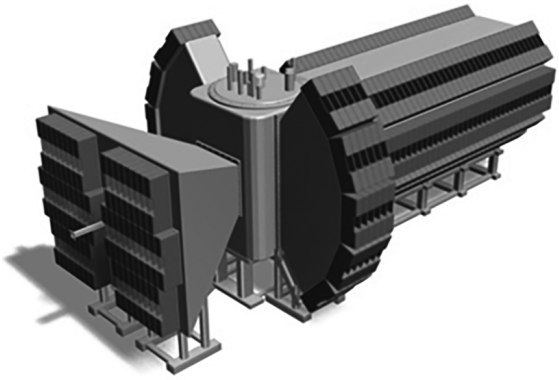


図2　材料構造解析装置　BL20：iMATERIA

（2）iMATERIA（BL20）

一方、iMATERIAは、X線では解析が困難な水素やリチウムなどの軽元素について、その位置や量を正確に決定できるほか、原子サイズからナノサイズまでの幅広いスケールでの材料構造解析が可能な装置です。さらに、中性子イメージングによる透視画像の撮像を行うことができます。

また、高分子材料の粉末構造解析、小角散乱解析、集合組織解析などに対応しており、温度や引張など多様な条件下での測定が可能です。

エネルギー関連（電池等）、社会インフラ関連（自動車用部材等）、生活関連（食品・ヘルスケア等）といった幅広い分野で利用されており、短時間測定にも対応可能な汎用型材料構造解析装置として、産業界の多様なニーズに対応しているほか、論文発表件数もJ-PARCの全ビームラインの中で第2位となるなど、学術面においても高い成果を挙げています。

4　産業利用を支える利用制度と主な成果

県中性子ビームラインでは、装置性能の充実に加え、企業が利用しやすい環境整備にも力を入れてきました。年間を通じて申請可能な通年公募制度により、研究開発の進捗状況に合わせた適切なタイミングでの利用が可能となっています。

また、利用者の負担軽減を図るため、初めて中性子を利用する企業向けのトライアルユース制度（2009年～）や、来所が困難な場合に装置担当者が測定を代行するメールインサービス（2014年～）などの制度を導入しています。

これらの取組の結果、2008年度から2024年度までの産業利用件数は 737件（うち県内企業利用は102件）に達し、J-PARC全体の産業利用件数の約6割を、県中性子ビームラインが担っています。

代表的な成果としては、全固体セラミックス電池の開発、シャンプーの泡立ち向上、タイヤの燃費性能向上、ドライヤーの高性能化などへの貢献が挙げられ、県中性子ビームラインは身近な製品の開発にも活用されています。

5　県内企業の利用促進を目指した取組

量子線利用の裾野拡大と地域への技術浸透に向けて、県内企業との橋渡し役となる人材が必要であることから、2018年度から2022年度まで公設試験研究機関の職員を対象とした研修を実施し、企業等からの量子線関連相談への対応体制を整備しました。また、2023年度から、県内企業の研究者を対象とした量子線利用技術に関する研修を実施し、座学を中心とした講座や、実際に県中性子ビームラインを利用して測定・解析を学ぶ実践的な講座など、企業の課題に応じた取組を展開しており、多くの県内企業にご参加いただいています。

6　いばらき量子線利活用協議会の取組

県中性子ビームラインの取組を支える重要な柱の一つが、県が事務局を務める「いばらき量子線利活用協議会」です。同協議会は2008年に設立され、量子線技術に関心を持つ県内企業ネット

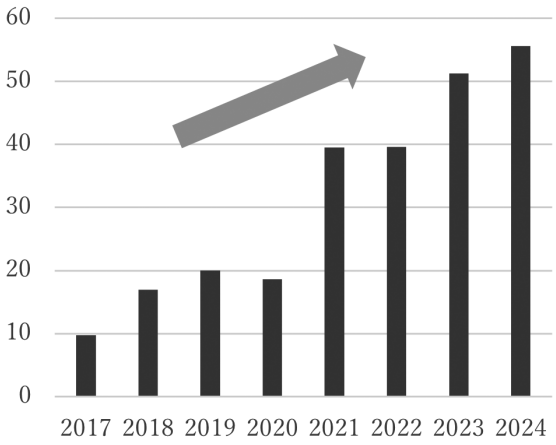


図３　会員企業の量子線関連業務受注（億円）
【実績】受注累計2,025件、約359億円

表１　マッチングイベント開催実績

開催年度			2022	2023	2024	2025
QST	参加	研究者	70名	60名	100名	70名
		企業	14社 30名	16社 40名	18社 37名	18社 24名
	実績	件数	2社 3件	－	1社 1件	調査中
JAEA	参加	研究者	－	130名 ※1	150名 ※2	130名 ※3
		企業	－	20社 45名	24社 49名	20社 59名
	実績	件数	－	－	1社 1件	調査中

※ 1: 核燃料サイクル工学研究所
※ 2: 原子力科学研究所
※ 3: 大洗原子力工学研究所

ワークとして発展してきました。設立当初は68社であった会員企業は現在では220社を超えるまでとなっています。

協議会では、会員企業に対して、コーディネーターによる相談支援や、日本原子力研究開発機構（JAEA）などの入札情報の収集と周知、関係機関とのマッチングイベント開催などにより、J-PARC等関連業務の受注や新規事業への参入支援を行っており、会員企業の量子線関連業務受注金額の増加に結びつけています（図3、表1）。

7　今後の取組

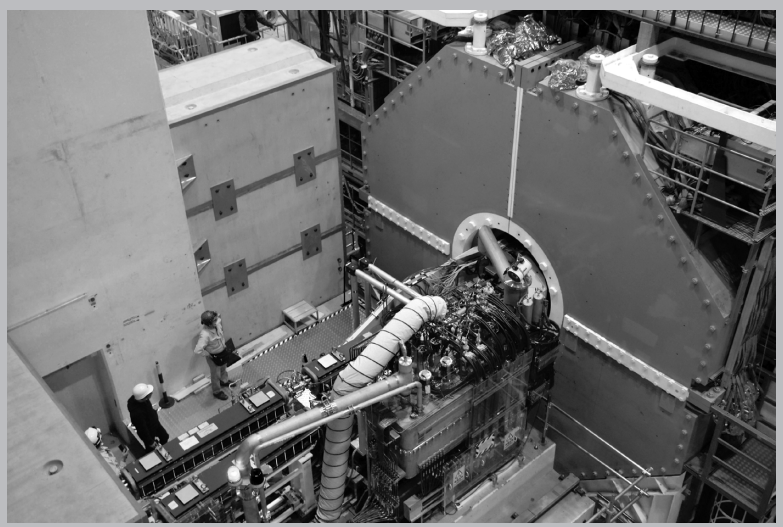
今後、県中性子ビームラインでは、装置のさらなる高度化や新たな測定環境の整備を進め、引き続き産業利用の推進に重点を置いた事業展開を行っていきます。

また、県内企業に対しては、ビジネス拡大に向け、「出口を見据えた県中性子ビームライン利用提案」や、J-PARC等の受注で培った技術を生かした 量子線関連ビジネスによる自社技術の販路拡大支援 に取り組んでいきます。

これらの取組を通じて、県内外の産業界への一層の貢献を目指してまいります。

CROSS ロード

エンドヨークが閉じる直前のBelle Ⅱ。中央左寄りに立つ３名の足元に伸びる２本の装置が加速器のビームライン（高エネルギー加速器研究機構にて）



吸着材『プルシアンブルー』でアンモニア循環を駆動
廃水アンモニアの資源化

産業技術総合研究所　パラジュリ ドゥルガ

アンモニアとは何か: 必須分子・循環型資源

アンモニア（NH_3）は、まるで現代社会に向かって次のように自己紹介しているかのようです。
「私は緑を育てる。そして、近い将来、さらに“グリーン”になる。」

この表現は、アメリカ化学会（ACS）をはじめとする近年の国際的な議論を象徴しています。すなわち、従来のようにエネルギー集約的なハーバー・ボッシュ法による一方向的な大量合成に依存するのではなく、環境中に拡散したアンモニアを回収し、循環させ、再利用するという新しいアンモニア利用のあり方が強く求められていることを示しています。

アンモニア（NH_3）は無色で毒性を有し、特徴的な刺激臭を持つ気体です。自然界では、植物や動物由来の有機物が微生物によって分解される過程で生成されるほか、意外なことに宇宙空間からも検出されています。地球環境においてアンモニアは、窒素循環の中心的分子として機能しています。

特に重要なのが、生物学的窒素固定における役割です。マメ科植物は根粒菌（リゾビウム菌）と共生し、大気中に豊富に存在する窒素分子（N_2）をアンモニアへと還元・固定します。この仕組みによって生成されたアンモニアは、植物の成長に不可欠な窒素源となり、土壌の肥沃度を維持します。この生物学的窒素固定は、化学肥料に過度に依存しない輪作農法や有機農業の基盤を支えてきました。

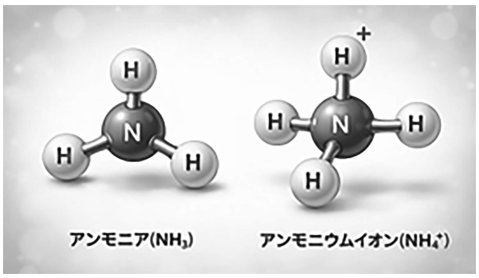


図1．アンモニア分子とその一価イオン状態

アンモニアが水中で陰イオンと結合すると、アンモニウムイオン（NH_4^+）として存在します。アンモニウム塩は揮発性が低く、化学的にも比較的安定であるため、貯蔵・輸送・施肥に適した形態として広く利用されています。一方で、廃水や排水中に含まれるアンモニウムは富栄養化や水環境の悪化を引き起こす原因ともなります。

このようにアンモニアは、生命と農業を支える必須分子である一方、環境負荷の要因にもなり得る「両義的な存在」です。だからこそ今、アンモニアを単なる化学物質や排出物としてではなく、回収・再利用可能な循環型資源として捉え直す視点が、社会的にも科学的にも強く求められています。

現代社会におけるアンモニアの役割

世界で生産されるアンモニアのおよそ80％は、肥料として農業に利用されています。20世紀初頭に確立された合成アンモニア技術は、作物生産を飛躍的に向上させ、人口増加を支える安定した食料供給の基盤となってきました。今日の社会が享受している食料の安定性は、合成アンモニアの成功なくしては成り立たなかったと言っても過言ではありません。

アンモニアの役割は農業にとどまりません。ポリマー、医薬品、火薬、電子材料を含む各種工業化学品の原料としても不可欠であり、現代の化学産業を下支えする基本分子の一つです。この意味でアンモニアは、食料・医療・産業という複数の社会インフラを同時に支える戦略的物質であると言えます。

さらに近年、アンモニアは炭素を含まないエネルギー媒体、あるいは水素キャリアとしても大きな注目を集めています。燃焼時にCO_2を排出しない、既存の化学インフラを活用できる、液化や貯蔵が比較的容易である、といった特性から、脱炭素社会に向けた次世代エネルギーシステムの中核候補として議論が進んでいます。このようにアンモニアは、従来の「化学原料」や「肥料」という枠を超え、食料・産業・エネルギーを結びつけるハブ分子として新たな役割を担いつつあります。

一方で、アンモニアの大量生産・大量使用は、高いエネルギー消費や環境中への窒素流出といった課題も抱えています。そのため現代社会においては、アンモニアを単に生産・消費する対象としてではなく、回収し、再利用し、循環させる資源としてどのように位置づけるかが、今後の持続可能性を左右する重要な論点となっています。

現状：生産量、エネルギー、環境負荷

現在､世界では年間およそ「1億500万トン」(窒素換算）のアンモニアが合成されています。そのうち約71%が肥料用途で消費され、残りはエネルギー源や工業原料として利用されています。

しかし、アンモニア利用には大きく二つの課題があります。

1. 高いエネルギー消費と炭素排出

   アンモニア1 kgの合成には約10 kWhものエネルギーが必要とされ、主に化石燃料に依存しています。

2. 環境への流出と汚染

   過剰使用や管理不十分により、アンモニアは水系や大気中へ流出します。水中では富栄養化を引き起こし、生態系を破壊します。大気中ではPM2.5の形成に寄与し、健康被害や視程悪化の原因となります。

環境汚染を中心にアンモニアを含む窒素化合物の排出基準が定められています。日本は島国であるため、基準が比較的高いが、米国や中国、多くの国ではより厳しく管理されています。一般的除去方法として高濃度の場合産廃処理、低濃度の場合希釈や下水ですと活性汚泥法や生物的処理が基本です。どちらにしても資源であるアンモニア分子は窒素にして廃棄することになっているため、エネルギーの二重負担になります。また、希釈し低濃度排出の場合は富栄養化や海での赤潮発生の原因となるため基準が満たしても環境問題は解決していないことになります。

これから何ができるのか

最も重要なのは、この不可欠でありながらエネルギー集約的な分子であるアンモニアを、いかに「賢く使うか」という視点です。農業分野では、施肥量の最適化に加え、土壌や水域への流出、さらには大気中への揮発を抑制する技術と管理手法が求められています。産業分野においては、アンモニアを一度使用して廃棄する「使い捨て」の物質として扱うのではなく、回収し、再利用し、循環させる資源として位置づけ直す発想への転換が不可欠です。

実際、金属精錬・材料製造の分野では、モリブデンやタングステンなど、多くの金属がアンモニウム中間体を経由して製造される場合があります。その過程で大量のアンモニアが副生成物として発生するケースも少なくありません。こうしたプロセス由来アンモニアを効率的に回収・再利用することも、アンモニア循環を構成する重要な要素となり得ます。

廃水中のアンモニア：見過ごされてきた資源

環境中に放出されるアンモニアの多くは、廃水を介して水系へと流入しています。その主な起源は、次の3つに分類されます。

1. 家庭廃水
2. 工業廃水（捕集されたアンモニアガス、あるいは希釈されたアンモニウム塩を含む排水）
3. 農業廃水（施肥後の肥料成分の流亡）

特に工業および農業由来のアンモニアの多くは、本来、合成のために多大なエネルギーを投入した「資源」でありながら、その価値を回収されることなく環境中へ流出しています。これは資源の浪費であると同時に、水質汚染や富栄養化といった環境負荷を二重に増大させている状況と言えます。

アンモニア回収技術の現状

こうした背景から、下水、工業排水、畜産排水などを対象としたアンモニア回収技術は、資源循環の促進と環境負荷低減の両面から注目を集めています。現在までに、ストリッピング・吸収法、膜分離法（ガス透過膜など）、吸着材・イオン交換法、さらには電気化学的回収法といった多様な技術が開発・一部実用化されています。

一方で、これらの手法には依然として課題が残されています。すなわち、エネルギー消費の大きさ、回収効率の限界、共存イオンや不純物の影響、さらにはスケールアップやコストの問題です。そのため現在も、高効率かつ高選択的にアンモニアを回収できる材料と、それを最大限に活かすシステム・プロセスの開発が進められています。

私たちの研究チームでは、実用化を強く意識しつつ、エネルギー消費と環境負荷を最小限に抑えることを目標として、吸着法および電気化学的手法を基盤としたアンモニア回収材料とプロセスの開発に取り組んでいます。

選択的回収と再資源化技術の必要性

アンモニアを選択的に回収するためには、材料に求められるいくつかの本質的な特性があります。すなわち、化学的・構造的安定性、高い選択性、繰り返し使用可能な再利用性、そして十分な吸着容量です。これらの要件を同時に満たすことで、はじめて実用化への道筋が見えてきます。

アンモニア回収に特化した材料を用いることで、大気中あるいは水相中からアンモニアを効率よく分離・濃縮し、再利用可能な形で回収できることが明らかになりつつあります。さらに、材料開発と並行して最適な回収システムを構築し、この技術が社会実装されれば、

- 大気・水環境への負荷低減
- 窒素資源の循環利用の促進
- エネルギー消費および炭素排出量の削減

といった、環境・資源・エネルギーの観点で大きな波及効果が期待されます。

持続可能な社会を目指す上で、アンモニアはもはや単なる消耗品であってはなりません。これからは、回収・再利用を前提とした循環型化学資源へと進化させていくことが、社会と技術の双方に求められています。

プルシアンブルー（PB）吸着材開発とアンモニア循環に向けての利用

約200年前、葛飾北斎の浮世絵作品に多用された合成青色顔料として知られるプルシアンブルー（Prussian Blue, PB）は、鉄とフェロシアン化鉄錯体からなる無機錯体顔料です。近年の12年以上にわたる研究により、このPB錯体およびその類似物（Prussian Blue analogs, PBAs）が、アンモニア（NH_3）やアンモニウムイオン（NH_4^+）に対して極めて高い選択性と親和性を示す機能性材料であることが明らかになってきました。

PBの特徴の一つは、構成金属を部分的に置換できる点にあります。例えば、鉄の一部を銅や亜

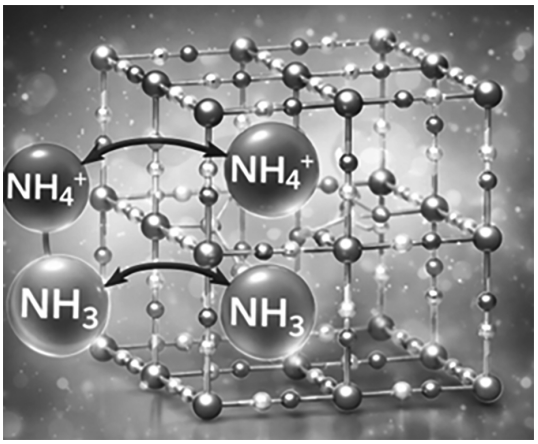


図２．PB ジャングルジム構造にアンモニアは配位する形で吸着する。NH_4^+ は一価のイオンとして出入りし、主にイオンサイズで決まる高選択的な吸着をする。

鉛に置換すると、それぞれ茶色のCu-PBや白色のZn-PBが得られます。これらはいずれも基本構造を共有するPB類似物ですが、金属種のわずかな違いが結晶構造中の欠陥量やイオンサイトの性質に反映され、結果としてアンモニア分子やアンモニウムイオンの回収に特化した組成設計が可能となります。

大気中アンモニアの回収を目的とする場合には、イオンではなく中性分子であるNH_3を直接吸着できるPB組成が設計されます。この場合、材料中に存在する結晶欠陥や未飽和配位サイトを活用し、アンモニア分子が配位した状態で安定に吸着されます（参考情報1）。吸着されたアンモニアは、水洗や酸洗によりアンモニウム塩として回収することが可能です。

一方、私たちの研究では、より広範な廃水中に共存するアンモニウムイオン（NH_4^+）の回収に焦点を当て、詳細な検討を行っています。水相においてアンモニアは主としてアンモニウム塩として存在するため、回収プロセスの基本は「吸着―脱離」に基づくイオン交換操作となります。この際、脱離剤の選定が重要ですが、PB吸着材に吸着したNH_4^+の脱離には、塩化カリウムが最も効果的であることが分かっています。

具体的には、NH_4^+が一価の陽イオンであるため、PB吸着材の結晶骨格中に存在するカリウムイオン（K^+）と選択的にイオン交換し、材料内部に高効率で濃縮回収されます。吸着サイトが飽和した後、高濃度の塩化カリウム溶液を通液することで、吸着材をK-PB型に再生し、同時に高濃度の塩化アンモニウムとしてNH_4^+を脱離回収することが可能です。その結果、これまで希薄で回収が困難であり、富栄養化など環境負荷の原因となっていたアンモニア性窒素を、資源として循環利用できる形で高濃度回収することが実現されます（参考情報2–4）。

さらに、電気化学的回収法では、電極化したPB錯体の酸化還元特性を利用することで、外部電位により陽イオンの出入りを制御でき、化学的な脱離塩を必要としないシステム構築も可能です。しかし現時点では、電極棒のサイズやスケールアップが最大の課題となっています。そのため、実用化の観点からは、依然としてイオン交換法が最も現実的かつ成熟度の高い技術であり、現在、PB吸着材を用いた高効率なアンモニウムイオン交換システムの開発に取り組んでいます。

実用化に向けての実装試験例

実用化を見据えた材料最適化においては、以下の4つの観点を中心に評価を行いました。
① NH_4^+に対する高い選択性および十分な吸着容量、② 実際の廃水条件下における化学的・構造的安定性、③ NH_4^+を高濃度で回収できる濃縮性能、そして④ 繰り返し使用に耐える再利用性・耐久性です。

PB吸着材の中でも、銅置換型であるCuPBは、吸着容量および回収速度の点で最も優れた性能を示しました。一方で、極めて高い選択性を有するがゆえに、特定条件下では濃縮回収効率に課題が残る可能性も確認されました。そこで、亜鉛置換型であるZnPBについて追加評価を行った結果、NH_4^+の選択性を維持しつつ、より効率的な濃縮回収を達成できることが明らかとなり、実装観点ではZnPBが有望な材料系であることが示されました。ZnPB吸着材はすでに市販されています。

本技術による経済的・社会的貢献

先に述べたように、アンモニアは現代社会において不可欠な分子であり、肥料用途に加えて、一般にはあまり知られていない工業原料や、次世代エネルギー媒体としての役割も担っています。今

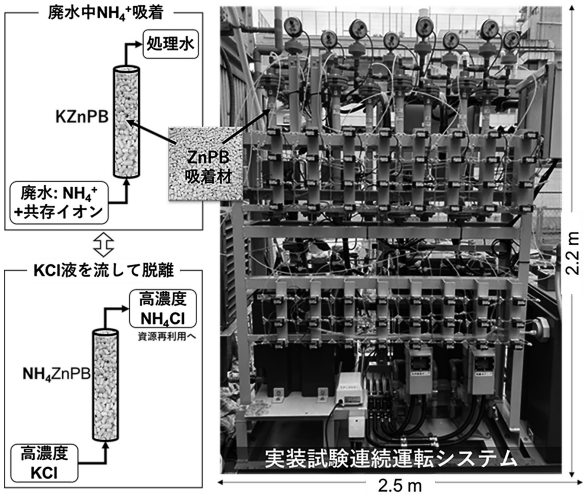


図３．ZnPB 吸着材を用いた NH_4^+ 吸着・脱離コンセプトと連続運転実装試験システム装置。一日処理量：およそ 30 L

後も世界的な需要増加に伴い、アンモニアの生産量は引き続き増加すると予測されています。

一方で、現実には大量のアンモニアおよびアンモニウムイオン（NH_4^+）が、十分に回収されることなく廃棄・放出されています。統一的で網羅的な統計データは存在しないものの、廃棄されているアンモニアを回収・再利用することで、少なくとも世界のアンモニア需要の約3分の1を代替できる可能性があると見積もられています。

すなわち、アンモニア循環技術が実用化されれば、

①アンモニア由来の環境汚染の低減

②新規アンモニア合成に必要なエネルギー消費の削減

③産業廃棄物処理や排水処理に伴うコストの低減

といった経済的・環境的双方における大きな効果が期待されます。

NH_4^+回収技術の橋渡しに向けて

本技術の大きな強みの一つは、対象となるシステムから排出される廃水量に応じて、必要な処理規模を柔軟に設計・調整できる点にあります。例えば、アンモニウム塩を原料として使用するプロセスでは、回収したアンモニウムをそのまま系内に循環させることが可能です。また、工業プロセス中で副生成物としてアンモニウムが排出される場合でも、それを廃棄物ではなく資源として回収・再利用することができます。

このような循環を構築することで、少なくとも従来必要であった排水処理や廃棄にかかるコストを大幅に抑制することが可能となります。さらに特筆すべき点は、本技術が既に市場に流通している吸着材と、ほぼ確立された分離・処理システムを基盤として構築できる点です。すなわち、基礎研究と応用に向けての実装試験までシステム（図3）の最適化が進んでおり、社会実装へのハードルは比較的低いと言えます。

アンモニウムイオン回収技術は、研究段階にとどまるものではなく、産業と環境をつなぐ「橋渡し技術」として、実用化・普及が十分に視野に入った段階に到達しつつあります。

付記

本研究は、NEDOが推進する「ムーンショット型研究開発事業（2020 ～ 2025年度）」の支援のもとで実施されました。本研究の遂行にあたり、研究代表者である産総研首席研究員・川本徹より、多くのご指導と示唆を賜りましたことに、深く感謝申し上げます。

参考情報

1. Takahashi et al. J. Am. Chem. Soc.2016, 138, 6376
2. Parajuli et al. Ind. Eng. Chem. Res. 2016, 55, 6708.
3. Tanaka et al. Environ Pollution 2021, 284, 117495
4. 産総研プレス発表：「プルシアンブルー」でアンモニア窒素循環を駆動



パラジュリ・ドゥルガ（Parajuli Durga）

産業技術総合研究所（AIST）の主任研究員であり、筑波大学の協働准教授を兼任する。水処理や資源回収に資する機能性材料の研究を専門とし、排水中からのアンモニウム回収など、循環型社会の実現に向けた材料・プロセスの開発に取り組んでいる。材料化学とプロセス工学を融合させることで、環境負荷の低減と資源の有効利用を両立する実用的な技術の創出を目指している。また、国際的な研究経験を生かし、分野横断的な連携を通じて持続可能社会に貢献する研究を推進している。

CROSS ワード

無機錯体

金属イオンに、配位子と呼ばれる分子やイオンが配位結合した構造を持つ化合物の総称。特異な色や磁性、触媒活性などの機能性を持つ。

高日持ち性で「食べ頃」を調整できる新しいメロンの開発

農業・食品産業技術総合研究機構 生物機能利用研究部門　佐々木 健太郎

1. はじめに

メロンは特徴的な甘さや香りをもつ魅力的な果実ですが､「長持ちしない」という欠点があります。そのため、遠くに運んだり、海外へ輸出したりすることが難しいという課題があります。品質の高さで世界的に評価されている日本のメロンについても、この日持ち性の短さが原因で販売できる市場が限られています。そこで、私たちは、筑波大学、サナテックライフサイエンス社と共同で、もっと長く保存でき、より多くの人に届けられるメロンの開発を目指しました。

2. メロンを長持ちさせるための新しい工夫

今回対象としたメロンは、芳醇な香りや爽やかな甘さ、なめらかな食感を持つことから人気の高い「マスクメロン」と呼ばれる高級メロンです。マスクメロンの日持ち性を改良するため、味や香りを変えずに、日持ち性だけを改良できる技術として「ゲノム編集」を活用しました。ゲノム編集とは、生き物がもともと持っている遺伝子の一部に変化を加えることで、その機能を改変する技術です。メロンは、熟すときに「エチレン」という植物ホルモンを放出し、それが果実をやわらかくし、甘さや香りを引き出します。そこで、このエチレンを作る働きを持つ*CmACO1*遺伝子をゲノム編集で働かなくすることで、メロンの成熟を遅らせることができるのではないかと考えました（図１）。

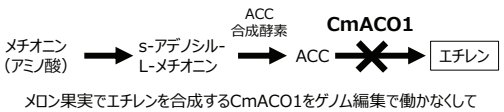


図１　*CmACO1* 遺伝子の不活化による果実成熟ホルモン「エチレン」の発生抑制

3. 独自技術iPB法を用いたゲノム編集メロンの作出

*CmACO1*遺伝子の不活性化には、私たちの研究室で開発された高効率なゲノム編集技術*in planta* particle bombardment（iPB）法を用いました。本法では、発芽種子の茎頂（芽の先端）に対して、タンパク質とRNAからなるゲノム編集酵素（CRISPR/Cas9）をパーティクルガンという機械を用いて直接導入しました（図２）。茎頂には将来、花粉や胚のう（卵細胞を含む組織）になる細胞が含まれているため、これらの細胞においてゲノム編集酵素の作用により*CmACO1*遺伝子に変異が導入された場合、その変異は次世代に遺伝します。iPB法の条件を最適化した結果、*CmACO1*遺伝子に変異を有する複数の個体を取得することに成功しました。

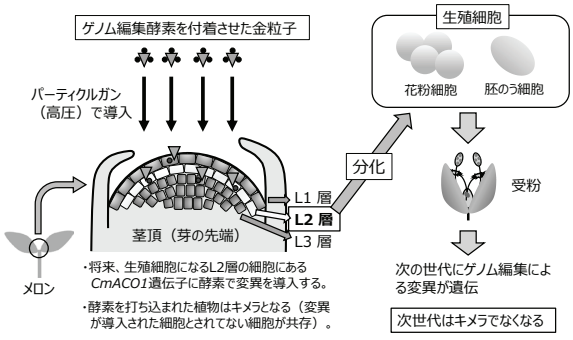


図２　iPB 法を用いたゲノム編集メロンの作出

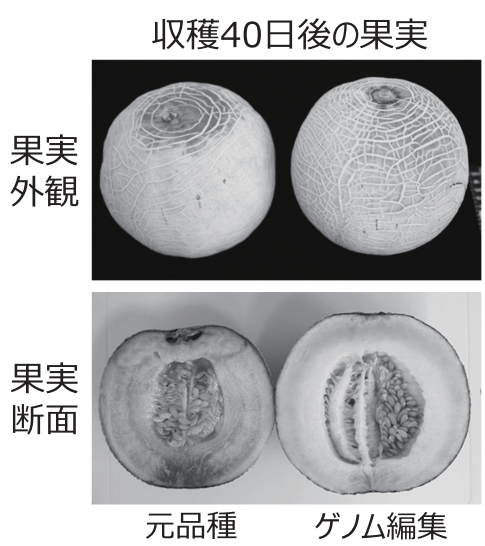


図３　ゲノム編集メロンは１カ月以上長持ちする収穫後 40 日経つと元品種は食べ頃を過ぎ、傷みも進んでいますが、ゲノム編集メロンでは果皮は緑色で果肉も硬い状態を維持しています。

4. 高日持ち性で、食べ頃の調整が可能

*CmACO1*遺伝子が不活化したゲノム編集メロンでは、果実におけるエチレン生成が著しく低下していることが確認されました。これに伴い果実の成熟が大幅に遅延し、収穫後1カ月以上経過しても果皮は緑色のままで、果肉もしっかりした状態を維持していました（図３）。通常のメロンであれば、すでに食べ頃を過ぎている時期です。さらに、外からエチレンを与えると約3日で成熟し、果肉の硬さ、果汁搾汁率（果汁の出やすさ）は成熟した元品種と同程度となっていることが確かめられました（図４）。つまり、このゲノム編集メロンは、「長期間保存できる」、「必要なタイミングで食べ頃にできる」という、これまでにない特長を持っていることがわかりました。

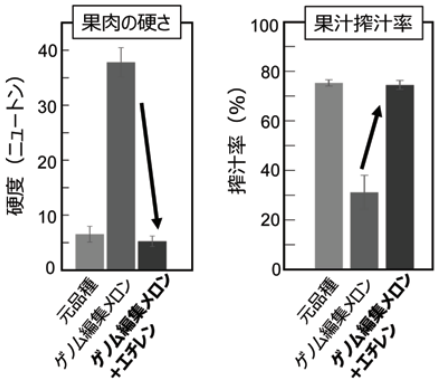


図４　エチレン処理したゲノム編集メロンの果肉の硬さと果汁搾汁率

5. おわりに

今回の研究により、日持ち性がよく、食べるタイミングを調整できるメロンの開発に成功しました。このメロンは、出荷時期を柔軟に調整でき、長距離輸送や輸出にも向いています。また、流通過程での廃棄ロスや鮮度維持にかかるコストの削減にも貢献できると考えられます。消費者にとっても、「買ってから長く保存できる」、「自分の都合に合わせて食べられる」といったメリットがあります。今後は、関係省庁への届出を経て一般栽培を行い、3年後を目途とした実用化を目指します。

本稿で紹介した研究成果は、国際論文（https://doi.org/10.3389/fgeed.2025.1623097）と農研機構のプレスリリース（https://www.naro.go.jp/publicity_report/press/laboratory/nias/173790.html）に掲載されていますので、詳しい内容はそちらをご覧ください。

謝辞

本研究は戦略的イノベーション創造プログラム（SIP2）「スマートバイオ産業・農業基盤技術」「バイオ産業・農業に貢献する精密ゲノム編集基盤技術の開発」の支援を受けたものです。



佐々木　健太郎（ささき・けんたろう）
国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構（農研機構）　グループ長
2004 年に農研機構・北海道農業研究センターに入所。2013 年に北海道大学より博士号（農学）を授与。2026 年 4 月より現職。

短歌　すぐれたる医師

松崎　健一郎

患者の言ふことばに耳を傾けるすぐれた医師のしるしのひとつ

ていねいにおのが診立(みた)てをいつも述ぶすぐれた医師のしるしのひとつ

若いひとらと街を歩けば老人のわれには息を切らせる速歩

手のかからぬ子どもといふがをるならば見せてほしいと母はだれでも

年とれば抑へたるもの見せてきて友も頑固な老いの風貌

当たり障りのないことのみの葉書来てその生き方がにじめりむしろ

　頸の激痛

右を見るときにはからだ全体を右に向けてぞそののちに見る

　視野狭窄

目のまへに茶碗のあるを見えずして視線あちこち這はせてしまふ

　教へ子大平衷一の死

恥ぢらひと斜(はす)にかまへた物言ひと熱いこころがひとつの男

　わがシネマパラダイス

善(い)いはうと悪いはうとに人物を分けて見しこと映画のごとに

（まつざき・けんいちろう）
１９４７年茨城県生まれ。
水戸市在住。

研究成果を実用へ　身近につなげる取り組み

筑波大学附属病院で第 1 回「治験の日」

「治験」は、医薬品、医療機器、再生医療などの分野で、基礎研究から得られた成果を実用へつなげる取り組み。つくば市の筑波大学附属病院で5月20日、第1回「治験の日」が開かれた。会場は病院エントランスと桐の葉モール2階の特設スペース。治験クイズや動画視聴、出張相談会、プラセボ体感イベントなどが行われ、来院者が治験について気軽に学び、相談できる機会となった。

治験や臨床研究は、新しい医薬品や治療法を患者に届けるために欠かせない。一方で、一般には「何をするのか」「安全性はどう確保されるのか」「参加するとどのような流れになるのか」が分かりにくい面もある。今回のイベントは、そうした疑問に応え、治験を患者や市民に開かれたものとして伝えることを目的に開かれた。

イベントを企画したのは、筑波大学つくば臨床医学研究開発機構（T-CReDO）。同大学は文部科学大臣から「橋渡し研究 支援機関」の一つに認定されており、T-CReDOはその拠点として、基礎研究の成果を臨床研究や治験につなげ、医薬品や医療機器などの実用化を支えている。

大学や研究機関で有望な成果が生まれても、有効性と安全性を確かめなければ、診療の現場で使える医療として患者に届けることはできない。治験は、研究成果を社会に還元し、未来の医療へつなげるための重要な基盤である。

患者・市民とともに研究を育てる

今回のイベントの背景には、患者・市民参画、すなわちPPI（Patient and Public Involvement）の推進もある。PPIは、患者や市民を研究の対象者としてだけでなく、研究のあり方をともに考えるパートナーとして位置づける考え方だ。

治験への参加を呼びかけるだけの催しではない。治験について知り、医療の進歩が臨床研究や治験によってどのように支えられているのかを共有する場とされた。新しい医薬品や治療法は、研究者や医療者だけで生み出されるものではない。治験に参加する患者、研究を支える専門職、そして医療の未来に関心を寄せる市民の理解と協力があってこそ成り立つ。治験を社会に開き、未来の医療をともに考えるための一歩が第 1 回「治験の日」となった。

多くの研究機関が集まるつくばで、T-CReDOの取り組みは、研究成果を医療現場へ橋渡しするだけでなく、患者や市民とともに研究を育てる文化を広げようとしている。今回の「治験の日」は、その意義を来院者と共有する場となった。（吉田智美／ CROSS T&T編集委員）



プラセボ体感イベント

海洋 STEAM 教育の教材を開発
最先端の研究成果や素材を問題解決授業に生かす

JAMSTEC（海洋研究開発機構） 市原 盛雄

なぜ海を学ぶのか

未曽有の自然災害や異常気象が増加する中、これからの時代を生きていくためには、未知の状況を自分事と捉え問題解決に取り組む力が求められます。気候変動に伴って温暖化する地球、夏の熱波や冬の豪雪、地震や津波によって脅かされる私たちの豊かな暮らし、これらは地球上の現象ですが、海が深く関わっていることに私たちは気付き始めています。次世代を担う子供たちが将来にわたって豊かで安全に暮らしていくためには、地球上で起きていること、そのかげでどのように海が関わっているかを深く知ることはまさに自分事です。

海を取り巻く状況は決して悲観的な話だけではありません。日常の食糧資源や海運によって生活が支えられていますし、海底や海底下にはレアアースをはじめとする資源が豊富に存在していたり、洋上では風力発電のような新たなビジネスが期待されたりするのも事実です。このように考えれば、四方を海に囲まれている海洋国家で生活する私たちにとって、海を知り深く探究することはこれから一層必要不可欠な時代となっています。

国は海洋基本法の下に海洋基本計画を定めて、「海洋人材の育成と確保・国民の理解増進」は重要だとしています。この中で特に、「海洋立国の将来を担う多くの海洋人材を輩出することが期待されるという観点からも学校を中心とした海洋教育を重視すべきである。小学校、中学校、高校の学習指導要領において、海洋に関する教育についての指導の充実が図られたことも踏まえ、引き続き、学校における海洋に関する教育を推進する。（中略）特に、海洋分野としてSTEAM教育（※）へ貢献すべく、産学官が連携して取り組む。さらに、教える側の海洋に関する学習の機会を増やすことで、海洋リテラシー向上を図っていく。」とも明記されています。しかしながら、実際のところ、海洋教育がまだ十分に学校教育現場で実践されているとはいい難い状況にあります。

この理由は大きく3つあると考えています。一つ目に、現行の学習指導要領における海洋教育の位置づけが十分でないこと。二つ目は海洋教育の指導者が不足していること。そして三つ目が、海洋教育にかかる教育コンテンツと指導法が不足していることです。

こうした背景からJAMSTECが、全国の自治体や学校と連携して制作しているのが「海洋STEAM教材」です。上記の特に3つ目の課題（海洋教育にかかるコンテンツと指導法の不足）に直接働きかける取り組みです。STEAM教育では、子供たちの「なぜこうなるんだろう」「不思議だけど面白い」という好奇心を基に、教科等を横断して「正解のない問い」に挑戦します。海というフィールドで、子供たちの興味・関心をもとに問題解決学習を行うことで、これからの時代を生き

※ STEM（Science, Technology, Engineering, Mathematics）に加え、芸術、文化、生活、経済、法律、政治、倫理等を含めた広い範囲で A を定義し、各教科等での学習を実社会での問題発見・解決に生かしていくための教科等横断的な学習



図１　教材の例

抜く力を育てることができます。

ここであらためて、私が所属するJAMSTEC（国立研究開発法人海洋研究開発機構：ジャムステック）について紹介します。海洋科学技術の研究開発にかかわる中核的機関として、1971年に設立されました。海洋と地球に関する科学研究と技術開発を行う、世界でも有数の国立の研究機関です。６隻の研究船、有人潜水調査船「しんかい6500」や無人探査機のほか、スーパーコンピューターの「地球シミュレータ」などの設備を所有し、約900人が働いています。日本人にとって大事な海を正しく理解するため、JAMSTECでは、科学的に確かな情報を提供できるよう、日々研究を行っています。

これまでJAMSTECが50年以上にわたって行ってきた研究活動の中で、海の中の画像や映像が豊富に蓄積されてきました。これらの素材を研究活動のみならず、学校教育の場で利活用できないか、との着想を得て、海洋分野のSTEAM教材を制作し、学校の先生に活用してもらう、「海洋STEAM教育」プロジェクトを令和5年度から本格的に始めました。

海洋STEAM教育

海洋STEAM教育は、STEAM教育を通じて社会課題解決型の次世代海洋人材育成を体系立てて実施するプロジェクトであり、国内の海洋地球分野で初めてSTEAM教育体系に貢献する新機軸です。見方を変えれば、既にある素材や資料を整理し直して、子どもたちが学ぶうえでワクワクするような教材を作り、海洋を楽しく学ぶ入り口を広げる、新たな試みでもあります。

「海洋STEAM教育」は、これまでの研究者等が学校に出張する出前授業とは異なり、JAMSTECが制作した教材を学校教育現場で先生に使ってもらうための新たなプロジェクトです。函館市、むつ市、八戸市、横浜市、横須賀市、静岡市、神戸市、名護市の小学校で、実際に先生が海洋STEAM教材を使った授業を実施しました。また、東京都の八丈島など、海が身近な島しょ地域での実践も進んでいます。これ以外の自治体でも、取り組み自体や海洋STEAM教材の活用に対して関心が高まり始めています。今はまだ教材を活用する自治体が限られていますが、将来的に全国へ少しずつ展開していく予定です。本プロジェクトや教材などに関心のある自治体の教育委員会や学校教育関連の方々には、ぜひ活用して頂きたいと思います。さらに、本教材は小中学校のみならず、高校の探究型授業でも活用できると考えています。

本プロジェクトでは、地域の子どもたちの海洋リテラシーを深めるとともに、身の回りの社会課題に対して自分の考えを積極的に表現することを通じて、長期的な視点で「生きる力」を培えるようにつなげていきます。海を学ぶことが、なぜ生

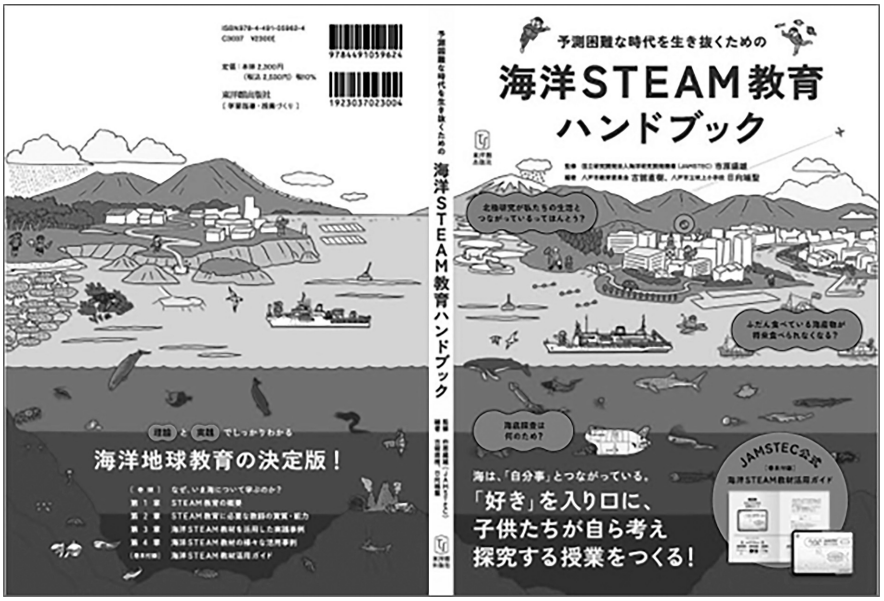


図２　海洋 STEAM 教育ハンドブックの外観

きる力を身につけることにつながるのか、その答えが海洋STEAM教材にあります。

学校現場で進む授業実践

青森県八戸市立吹上小学校では、本プロジェクトの開始時から、制作した海洋STEAM教材を活用した授業を実践頂きました。ここでは、実践された先生の体験談をもとに、ご紹介させて頂きます。

「二酸化炭素が海にとけることは、良いことか？」という教師の問いかけに、子どもたちは悩みながらも「良いこと」、「良くないこと」を選択し、黒板に自身のネームプレートを貼り、立場を表明する。その後、「空気中の二酸化炭素が減ると温暖化を防止できると思う」、「海にたくさんとけると、海の生き物にとって良くないことがありそうだ」などと、それぞれの立場から根拠を発表し、その後の調べ学習につなげていく。

これは、小学校６年生で海洋STEAM教材 第１巻「海の生き物と環境の変化」を活用した授業の様子です。ここでは、理科や社会科で学習したことを活用しながら、海の抱える問題についての考えを深めていきます。

授業前に実施したアンケートで、海に興味がある児童が68％、海に支えられていると実感する児童が85％という結果から、海を身近に感じる子どもが少なくなっている傾向がみられました。そのため、より身近に海を感じられるように、「海の生き物（10種）」を仲間分けする活動を行いました（図1）。この活動に正解はなく、自由に発想させます。実際に、生物学上の分類、自身が好きかどうか、食べたことがあるかどうかなどの分け方をしていました。正解や不正解がなく、自由に発言をすることが確保される環境であれば、児童は想像力豊かに多種多様な意見を述べることができます。これこそがSTEAM教育のよい部分なのではないかと考えます。

海洋地球分野×STEAM教育の融合

このような授業実践をもとにして、STEAM教育論の深化と教員養成を目的とした「海洋STEAM事業推進コンソーシアム」をJAMSTEC内に立ち上げ、教材を活用した授業の指導法探究や指導力向上などにかかる議論を進めました。この議論を「海洋STEAM教育ハンドブック」として刊行しました。本書は、海洋STEAM教材を使用して子供たちの探究的な学びを実現するための理論と実践を体系的にまとめています。海洋を題材にしたSTEAM教育の意義や効果的な教授法を、

わかりやすく解説しています。本書では、この教材を使用した授業実践（小学校、中学校、高等学校）や学校外での活用事例､その土台となる理論、そして実際の授業動画を紹介しています。巻末付録では、海洋STEAM教材の活用方法を詳しく掲載しています。海洋STEAM教育の授業づくりを始めるのに最適な 1 冊です。

本書は単なる理論書ではなく、教育現場ですぐに活用できるよう、具体的な「授業づくり」のプロセスを可視化しました。海洋地球分野×STEAM教育の融合による、初の“授業づくり”ハンドブックとして、以下の特徴を有しています。

1.豊富な実践事例: 小学校・中学校・高等学校に加え、地域と連携した海洋学習や国際教育実践、国際海洋環境情報センター（GODAC）による学校との連携などの幅広い活用事例を収録。

2.真正な（オーセンティックな）学び: 海洋研究と学校教育の視点を融合させ、研究成果を目の前の子どもたちにあわせて活用するための余白のある教材設計。

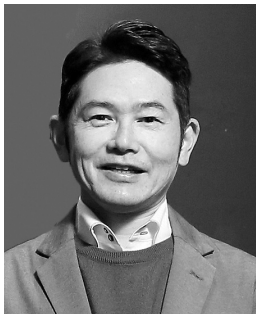
3.地域連携のモデル: 八戸市教育委員会との連携をはじめ、研究機関×自治体×学校による「新しい科学コミュニケーション」の形を提示。

主な読者の対象としては、小学校教員・中学校教員・高等学校教員を設定していますが、教育系の大学に所属する大学生にも読んでいただきたいと考えています。これから教員になって海のことを教えることができるようになれば素晴らしいことです。

教員の方々には特に、「STEAM教育を授業や学校全体で取り入れたいとき」、「子供たちの興味・関心から探究的な学びにつなげる授業をつくりたいとき」、「社会課題と結びついた授業を行いたいとき」、「海洋・科学・教育をつなぐ最新の実践知を知りたいとき」など、ニーズに合わせて授業に採り入れてもらえるとうれしいです。探究学習の実践にかかる指南書として、ぜひ教育現場に活用してみませんか。

「海を覗けば、地球が見える」。これまで、海に親しむため、様々な形で進められてきた「海洋教育」から、地球で豊かな暮らしをしていくために必要な海の知識を身につけ考える「海洋地球教育」の緊要性を本書で提言し、多くの子供たちが生きる力を培っていくきっかけになればと考えています。

参考：
海洋STEAM教材ライブラリー（https://www.jamstec.go.jp/steam/）



市原 盛雄（いちはら・もりお）
JAMSTEC　海洋 STEAM 推進課　課長
北海道大学大学院水産科学研究科博士前期課程修了後、平成 17 年（2005 年）に JAMSTEC へ入社。
経営企画部、総務部、国際課、在外派遣研究員制度による米国海洋大気庁（NOAA）、広報課などの経営管理・事業推進部門を経て、令和６年４月より現職。
教科等横断的な学びを通じて実社会における問題発見・解決力を養う STEAM 教育と連動した「海洋 STEAM 教育」プロジェクトの立ち上げに従事。令和７年度に文部科学省から任命された「科学技術教育アドバイザー」として、JST をはじめとする他法人との連携を推進。令和８年３月に、これまでのプロジェクト活動をまとめた「海洋 STEAM 教育ハンドブック」（東洋館出版社）を監修。

わかりやすく正確に 対話で深める原子力への理解
地域の方々を対象とした広報チーム３拠点の活動

日本原子力研究開発機構 広報チーム

1.はじめに

一般の方々は「原子力」と聞くと、怖いとか不安だというような感情を持たれることがあります。これは、原子力に関する情報の不足と過去の事故イメージなどが大きく影響しているのではないかと思われます。

しかし、透明性の高い情報公開を行うこと、科学的根拠に基づく安全対策などが実施されていることをわかりやすく説明すること、そして一般の方と原子力関係者とがお互いに率直に意見交換をすることなどを、多様な手段を組み合わせて発信することで、原子力に対する「怖さ」や「不安」は徐々に「理解」や「正しいリスク認識」へと変わっていただけるのではないかと思います。

日本原子力研究開発機構（以下、JAEA）では、原子力やJAEAの研究開発などをみなさまにわかりやすく伝え、より一層の理解促進を図る活動に取り組んでいます。そのなかでも特に、地域に密着した広報活動に取り組んでいる広報チームについてご紹介します。

2.広報チーム

JAEAは、北は北海道幌延町から西は岡山県鏡野町まで、全国8地区に13の拠点があります。そのなかでも、わが国の原子力研究発祥の地であり多くの研究施設が集まる茨城県東海村及び大洗町、そして大規模な施設がある福井県敦賀市の3地区に、広報チームがあります。

それぞれ、地域の方にJAEAの研究や事業をわかりやすく伝えるとともに、次世代を担う若者が原子力に対する興味や関心を持つきっかけになるような活動に取り組んでいます。

2.1 敦賀地区広報チーム「あっぷる」

（1）発足の経緯

1995年12月、福井県敦賀市にある高速増殖原型炉もんじゅ（当時は、JAEAに統合前の動力炉・核燃料開発事業団が施設を運営）でナトリウム漏えい事故が発生しました。事故発生後、事故の原因究明や現場の復旧作業に昼夜を問わず取り組む現場職員の姿を見た「もんじゅ」で働く女性の一般事務職員たちが「私たちも自分たちの職場の復旧に役立ちたい、何かできることはないか」という思いから、1996年秋に有志職員で広報チームを結成しました。

（2）チーム名称の由来

広報チーム名の「あっぷる」は、リンゴは誰か



写真１　広報チーム「あっぷる」メンバー
（2026 年 4 月）－自ら手を挙げ活動する女性チーム－

らも親しまれており、原子力もリンゴのように誰からも親しんでもらいたいとの思いから命名しました。

（3）活動方針

メンバー自身が社内外の技術者や専門家から学び、自分自身が理解した内容を、専門用語をできるだけ使わず「自らの言葉」で伝えることを基本に活動しています。

（4）主な活動実績

【地域の方への説明会や対話活動】

・チーム発足直後から福井県内全市町村（当時の35市町村）に出向き、「もんじゅ」の仕組みや事故の概要、その後の改善状況などについて説明会を実施しており、延べ3,000名を超える方々に参加いただきました。

・2008年に新型転換炉原型炉ふげん、および2016年に高速増殖原型炉もんじゅが廃止措置（原子炉施設を安全に解体すること）へ移行したことに伴い、今後の廃止措置計画の説明や、今の「現場の声」などを地域の皆さんに届けることを開始しました。

・また、敦賀市内の区長会や各団体等を対象とした「さいくるミーティング」（当時の法人名「核燃料サイクル開発機構」に由来）を継続して実施し、地域の方々と顔の見える近い距離で、これまでに49,000名を超える方々と対話させていただきました。

【次世代層向けの広報活動】

・小学生など次世代層向けの広報・理解促進活動として、将来の原子力や科学技術に関わる人材育成に繋がるような活動を継続しています。チーム員が独自に考えた「あっぷるオリジナルかるた」を製作し、かるたを使った大会等を児童クラブなどで開催しています。

（5）今後の活動の展開

「あっぷる」の認知度をさらに向上させ、次世代層だけでなく他世代（婦人層など一般層）へ向けて引き続き広報・理解促進活動に努めていきたいと思います。また、敦賀地区（福井県嶺南地域）だけでなく、福井県内全体へ活動の幅を広げていきたいと思います。



写真２　原子力や JAEA 業務の解説をする
オリジナルかるたで理解促進

2.2　東海地区広報チーム「スイートポテト」

（1）発足の経緯

わが国の原子力研究発祥の地であり、JAEAの中心的研究開発拠点でもある茨城県東海地区でも、地域住民の皆さんの視点に立ったわかりやすい原子力に関する理解促進活動を実施しようと、1996年、動力炉・核燃料開発事業団東海事業所（現在はJAEA核燃料サイクル工学研究所）に広報チームを結成しました。

（2）チーム名称の由来

広報チーム名の「スイートポテト」は、東海村の特産物である干し芋のように、子供からお年寄りまで幅広く好かれたい、畑では葉しか見えない「さつまいも」も、掘ってみると沢山収穫できるように、原子力も少し掘ってもらえば沢山知ってもらえるのではないか…、という意味を込めて命名しました。

（3）活動方針

地域の方々との双方向対話に努め、「相手のニーズや思いに合った、共に考えるコミュニケーション」を探求して実践することを心掛けています。

（4）主な活動実績

【次世代層向けの出張授業】

・茨城県内の園児、小中学校の生徒などへの出張授業を行っています。わかりやすい説明に加え、実演や実験を交えて子供たちが興味関心を持つように工夫しており、参加延べ人数は約27,000名となります。

【地域の方向けの放射線講座】

・2015年 原子力災害に備えた茨城県広域避難計



写真 3　広報チーム「スイートポテト」メンバー（2026 年 5 月）－東海村に所在する 2 拠点*の合同チームで構成－
（＊核燃料サイクル工学研究所、原子力科学研究所）



写真 4　原子力防災訓練での放射線の講演と測定体験

画案の策定をきっかけに、市町村主催の広域避難訓練において小学生向けの放射線講座を担当しています。身近でわかりやすい放射線の専門家として地域の方々から認知されつつあります。

（5）今後の広報活動の展開

発足から29年になり、これまで約100名の職員が参加してきました。現在は、核燃料サイクル工学研究所と原子力科学研究所の2拠点が連携した合同チームとして構成され、活動を進めています。今後も「相手のニーズや思いに合った、共に考えるコミュニケーション」を探求しつつ、それに合わせた対応を実践し、継続していきたいと考えています。歴代のメンバーの実践知見と工夫が蓄積されているので、これらを引き継ぎ、さらに活動の幅を広げていきたいと思います。

2.3　大洗地区広報チーム「シュガーズ」

（1）発足の経緯

茨城県大洗町にある「JAEA大洗原子力工学研究所」（以下、大洗研）では、研究用原子炉をはじめ多岐にわたる研究施設が集まり、研究開発をはじめ、原子力施設の廃止措置や放射性廃棄物処理技術の向上など、幅広い取り組みを進めています。

これらを地域の方々によりわかりやすく伝えることを目的として、1994年に広報チームを結成しました。

（2）チーム名称の由来

広報チーム名の「シュガーズ」は、「苦いブラックコーヒーに砂糖（シュガー）を加えることで飲みやすくなる」ことに由来しています。難しいイメージの「原子力」について、メンバー一人ひとりが砂糖の役割を果たし、地域の方々にわかりやすく、親しみやすく伝えることで、理解を深めてもらいたいという思いを込めて命名しました。

（3）活動方針

専門的で難しい原子力を、少しでもわかりやすく・親しみやすく伝えることをモットーとしています。

（4）主な活動実績

【次世代層向けの施設見学会】

・大洗研では、毎年、大洗町からの依頼により小学5年生及び中学2年生を対象とした施設見学会を開催しています。これまで参加者数は累計で3,000名を超えています。

施設見学会では「シュガーズ」が中心となり、司会をはじめ、大洗研の概況説明、各施設の案内などを担当しています。このような継続的な取り組みにより、大洗町の子供たちは、必ず一度は大洗研を訪問する機会を得ており、次世代層への理解促進と地域共生の観点から大きな成果だと考えています。

【次世代層向けの出張授業】

・原子力及び放射線に関する理解促進を目的として、小中学校等への出張授業を実施しています。

・大洗町では科学教育に力を入れており、様々な教育関連事業が行われています。そうした取り組みの一環として、「シュガーズ」は講師として継続的に協力し、将来の科学分野を担う人材育成に貢献しています。

（5）今後の広報活動の展開

「シュガーズ」は若手職員を中心に構成されているため、経験年数は必ずしも十分ではありませんが、日々の活動を通じて一人ひとりが経験を重



写真５　広報チーム「シュガーズ」メンバー（2025年７月）
－大洗研の各組織の若手を中心に構成－



写真６　見学者などに概況説明を行い大洗研や
JAEA の事業を紹介

ね、知識の向上に努めています。

国内外から注目を集める高速実験炉「常陽」やHTTR（高温工学試験研究炉）を有する大洗研では、近年、見学者が増加しており、より深い理解を得ていただくため、各メンバーが広報活動のスペシャリストになることを目標に、今後も様々な経験を積んでいきたいと考えています。

特に児童、生徒への対応については、一方的な説明にならないよう、放射線測定などの体験型プログラムも取り入れるなど、原子力や科学技術への関心を持ってもらえるような工夫を取り入れており、将来的には、JAEAで働きたいと感じてもらえるような広報活動を継続していきます。

3.JAEAにおける広報活動について

近年、AI（人工知能）の急速な進化により増大する電力需要を賄うため、日本を含めた世界の国々でも、天候や季節などに影響されず、脱炭素社会実現に向けた観点から発電時に二酸化炭素を出さない安定した電源として、原子力発電の利用が改めて評価されてきています。

また原子力の利用は発電だけに留まらず、例えば放射線の利用などは、医療や工業、農業など幅広い分野にわたり、私たちの命や健康を守ったり、安全で安心な暮らしの向上など、人類社会の福祉と繁栄にも貢献しています。

JAEAでは、「『ニュークリア×リニューアブル』で拓く新しい未来」、というビジョン（目指す将来像）を掲げ、原子力（ニュークリア）と再生可能（リニューアブル）エネルギーが二元論を乗り越え、融合することで実現する新しい持続可能（サステナブル）な未来社会を目指していますが、原子力の利用や普及を拡大させていくためには、絶え間ない安全の確保に加え、放射性廃棄物の処理・処分など原子力が有する課題を解決する必要もあります。

そのためには、JAEAの研究開発や事業が社会に対してどのような意義を持っているのか、社会（国民や地域住民の方々など）に説明して伝え、理解、納得してもらうことが大切です。

社会の理解を得て信頼を確保するために必要な情報発信や広報活動は、JAEAとして果たすべき重要な社会的責任のひとつですが、原子力はその複雑さ、難しさ、そして一般の方々への馴染みの薄さのためか、なかなか思うように情報が伝えられていません。しかし、その状況を少しでも打破していきたいという思いは、JAEAの職員の中にも広く行き渡っており、積極的に理解促進活動に携わろうという職員も増えてきています。

今回、それらの活動の一つとして、JAEAの3つの拠点における広報チームについて紹介しましたが、日々の業務に加え、よりJAEAの価値を理解いただくため意思と熱意を持って理解促進活動を続けています。そして今後、それぞれの広報チームとの交流や連携を深め、またJAEA一体となって、活動を実施していきたいと考えています。

広報チームの活動、そして原子力、JAEAに対するご理解とご支援を、どうぞよろしくお願いいたします。

2025 年度量子ビームサイエンスフェスタ／第17回MLFシンポジウム／第43回PFシンポジウム

量子ビームサイエンスフェスタ 実行委員長　梅垣 いづみ
副実行委員長　大東 琢治



集合写真（水戸市民会館大ホール）

2026年3月11、12、13日にKEK 物質構造科学研究所、J-PARC センター、総合科学研究機構（CROSS）、PF ユーザーアソシエーション（PF-UA）、J-PARC MLF 利用者懇談会が主催する量子ビームサイエンスフェスタ（QBSF）を開催しました。今回も前年を踏襲し対面開催を尊重し、607 名(うち学生は116名)の方に参加登録頂きました。毎年､開催地をつくばと水戸の交互に変え、今回は水戸にある水戸市民会館での2回目の開催となりました。開催期間中やその後日にはサテライト研究会が開催され、液体・非晶質研究会と第2回MLFロードマップ ワークショップが開催されました。

水戸開催でのQBSFは、初日にPF シンポジウムが行われ，最終日にMLFシンポジウム、中日はQBSFという構成になっています。ユーザー及び施設による271件のポスター発表が行われ、 そのうち63名の学生の学生奨励賞への応募がありました。６名の学生に学生奨励賞が授与され、授賞式は150名を超える参加者の懇親会の中で行われました。３会場でパラレルでの口頭発表では、「無機材料」「有機材料」「磁性･強相関」「生命科学」「イメージング」「基礎物理」の6 つのセッションで3件ずつ講演をいただきました。最終日の MLF シンポジウムは、例年になくMLFでのサイエンスや成果に注目したプログラムでした。昼食休憩の後に行われたMLF利用者懇談会の総会と要望・アンケート報告では、MLF利用者懇談会が施設とユーザーの間の架け橋となる活動のおかげで、施設への理解が深まり、要望が実現されていることがよくわかりました。

会期の翌日はサテライト会議として第2回MLFロードマップワークショップが開催され、こちらも多くの方にご参加いただきました。ターゲット

ステーション2(TS2)での研究展望に加え、TS1の高度化、施設設備への要望など分野で分かれてグループ討議しました。

今回11回目を迎えたQBSFは，施設スタッフとユーザーの情報交換の場であるだけではなく、異なるプローブや分野の研究者間の交流を通じて新たな研究の発展に繋げる場として開催されてきました。今回も皆様の新たなきっかけとなっておりましたら幸いです。お忙しい中ご参加いただいた皆様、並びに開催にあたりご協力賜りました関係各位に、心より感謝いたします。

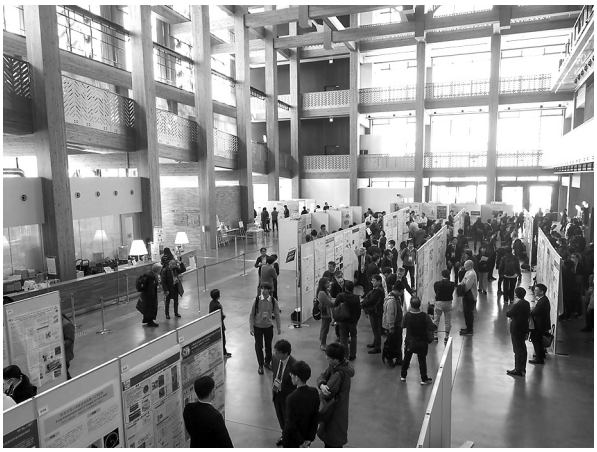
QBSF2025の会の様子については物質構造科学研究所のホームページ[*1]やKEK トピックス[*2]もぜひご覧ください。

*1）https://www2.kek.jp/imss/news/2026/topics/0311-13qbsf2025/

*2）https://www.kek.jp/ja/topics/202604031700



パラレルセッション（大会議室）



ポスターセッション（やぐら広場）

俳句

山口 恭弘

今年は、思いのほか春が早く来たために桜の開花時期が大分早まり、国中に嬉(うれ)しい話題を提供してくれました。その一方で、戦争をはじめ悲しむべき出来事がニュースをにぎわせ、心落ち着きません。精々明るい俳句でも詠んで楽しむこととしましょう。そこで、心を和ませる春の句を中心に集めてみました。皆さまが心穏やかに過ごせますように。

梅薫る古き学び舎論語塾
東風吹くや古き友より快気の報
春風や未だ鼻かめぬ児の笑顔
春めくや湯気のことほぐ四畳半
芹の香や故郷探し道の駅
春の昼ベンチに眼鏡の忘れ物
春の雷(らい)龍蘇る首里の城
春夕焼何気兼ねなき島の馬
夜桜や酒でも買つて帰ろうか
今朝の芽の香り沸き立つ茶摘籠
山路のベンチに並び若葉風
気に入りのネクタイなびき麦の秋

（やまぐち　やすひろ）
1955年静岡県伊豆生まれ
ひたちなか市在住

確実な情報共有と温かな対話の調和を
保育現場におけるICT化の進展とコミュニケーションの変容

筑波研究学園専門学校こども未来学科　福田 翔平

第1章：はじめに（序論）

今日の保育現場は、共働き世帯の一般化に伴う利用率の上昇や、76年ぶりの「配置基準の改善」により、かつてないほど手厚い保育が求められています。その一方で、過酷な事務負担等を理由に現場を離れる「潜在保育士」の増加という現象が、保育士不足を加速させているのではないかと考えられています。茨城県の調査（2024年）においても、離職理由の上位には「業務負担の重さ」が挙げられており、保育士の業務負担軽減は極めて重要な課題であると見受けられます。

これに対し、政府が推進する保育業務のDX（デジタルトランスフォーメーション）やICT化は、事務作業の効率化によって「子どもと直接向き合う時間」を物理的に創り出すことを大きな目的としています。また、デジタル記録の活用は人為的なミスを防ぎ、子どもの安全を守る強固な土台を築くとともに、蓄積されたデータによる「切れ目のない支援」の実現も期待されています。さらに、若手世代にとって合理的な環境を整えることは、大切な人材の離職を防ぐ一つの力にもなり得るのではないでしょうか。

しかし、DXによる事務作業の効率化は単なる時短に留まるものでしょうか。保育という仕事は、生命を守り豊かな感情を育むという、極めてきめ細やかなやり取りが求められる専門職です。相手の表情や声のトーンを察しながら行う「生きたコミュニケーション」がその根幹を支えています。その中で効率を優先してやり取りのすべてを文字情報に置き換えてしまうことは、保育としての連動性や信頼関係に、予期せぬひずみを生じさせる懸念があるのではないでしょうか。利便性を追求するあまり、言葉の裏側にある「意図」や「感情」が捉えられない可能性があるというリスクについては、慎重に検討しなければならないと考えます。

つまり、保育現場におけるICT化は保育の質を保ち、職員がゆとりを持って働き続けられるような「新しい時代の保育を支える基盤」としての役割を担っているのではないでしょうか。そこで本報告では、茨城県内の保育現場におけるICT導入が職員間のコミュニケーションにどのような変化をもたらしたのか、茨城県内の保育施設で働く職員へのアンケート結果に基づき検討したいと考えます。

第2章：調査の概要と方法

現在、多くの園で導入されているのが「保育業務支援システム」です。そのアプリ上で出欠管理や個人情報管理、連絡帳の作成などを行っています。おもにタブレットやPCを用いることが多いですが、スマホでも確認できるため、自宅でも確認できるようになっています。

2026年2月、茨城県内の保育施設で働く職員63名を対象にアンケートを実施しました。回答者の年代は20代から50代以上までバランスよく構成されており、役職についても一般職員から、現場を統括する副園長・主任・リーダー層まで幅広く含まれています。これにより、特定の立場に偏らない多角的な視点からのデータ分析に努めました。

調査はGoogleフォームを用いた無記名方式で

行い、ICT導入による職員間のコミュニケーションの変化を「伝達の確実性」「共有のスピード」「情報の蓄積」「対話の減少」「ニュアンスの欠如」「確認の負担」「心理的オンオフ」「チームの連動」「総合評価」の9つの指標を5段階で評価してもらうとともに、具体的な成功・失敗エピソードや「対面」に対する考えを自由記述形式で求めました。

第3章：アンケート結果の分析

本調査の結果によれば、ICT導入による「スピードの向上」については、実務上極めて大きな成果が得られている様子が伺えます。

「職員全体への周知事項が、以前よりもタイムリーに届くようになったか」（図1）という設問に対し、回答者63名のうち83％の職員が「4：やや思う」「5：強く思う」と肯定的な回答をしています。世間一般でICTは速いと言われるのは当然のことかもしれませんが、これまでのアナログな伝達がいかに滞っていたかを裏付ける、非常に重みのある数字ではないかと推察されます。例えば、かつては朝礼で聞き逃せば確認が難しかった重要事項が、今は全員の手元に数秒で届く。この劇的な変化が、現場の負担感を大きく下げたことは疑いようもない事実であると感じられます。

しかし、その裏側で、情報の「質」については懸念される結果が現れています。「文章だけでは、相手の意図や緊急度が正しく伝わっていないと感じることがある」（図2）という問いに対し、「4：やや思う」「5：強く思う」と否定的な回答をした人は合計で66%にのぼりました。これは、情報の「速さ」には満足しているものの、その「中身の伝わり方」については、依然として3分の2の職員が不安を抱えながら業務にあたっている実態を示唆しているのではないでしょうか。この「速さと質のギャップ」が、現場における新たなストレスの火種となっている可能性も考えられます。

また、心理的な気持ちの切り替えについても注目すべき結果が出ています。「休憩中や勤務時間外でも通知が気になる」（図3）という設問では、多くの職員が肯定的な選択しています。自由記述によれば、「連絡が早くて助かる半面、常に仕事のことを考えてしまうようになった」（表4）という声も寄せられました。ICTが仕事の「場所」と「時間」をフレキシブルにした結果、皮肉にも保育者の心から「真の休息」を奪いつつあるのではないかという実態も、この数字から読み取れるかもしれません。

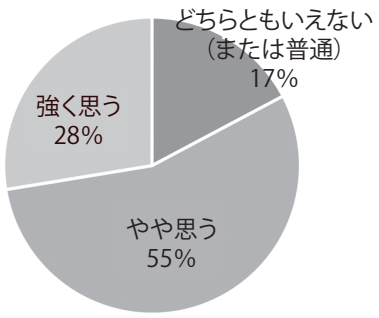


図 1　設問 1「職員全体への周知事項が、以前よりもタイムリーに（早く）届くようになったかどうか。」（N ＝ 63）

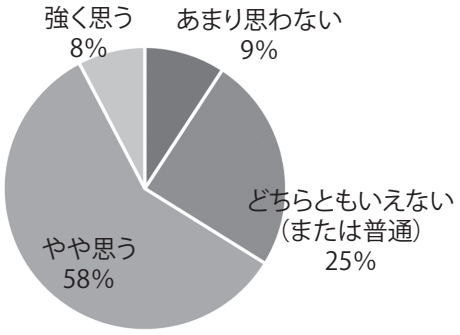


図 2　設問 2「文章だけでは、相手の意図や「重要度・緊急度」が正しく伝わっていないと感じることがある。」（N ＝ 63）

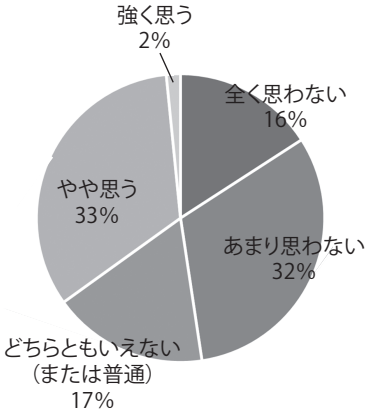


図 3　設問 3「休憩中や勤務時間外でも、ICTでの通知（連絡事項）が気になり、心が休まらない。」（N ＝ 63）

表 4　自由回答

分類	主な意見・内容（要約）
ICT 活用の利点	・全体周知のスピードが飛躍的に向上し、情報の漏れがなくなった。
	・手書きの事務負担が軽減され、記録の修正や共有が容易になった。
	・出欠や行事予定など、過去のデータ照会が正確かつ迅速になった。
対面の重要性	・怪我やミス等のマイナスな情報こそ、誠意を示すために対面で伝えるべき。
	・多忙な時間帯や緊急時は、端末を確認するより口頭での連携の方が早い。
	・文字では伝わらない微妙なニュアンスが、対面なら誤解なく伝わる。
心理的影響と課題	・連絡が早い反面、休憩中や休日も通知が気になり、常に仕事のことを考えてしまう。
	・仕事の場所と時間の境界が曖昧になり、心理的なオン・オフが難しい。
	・文字だけのやり取りが増え、冷たい印象や距離感を感じることがある。
現場での運用リスク	・操作スキルの個人差により、入力作業自体が負担になる職員がいる。
	・端末を見る時間が増え、職員同士の「目配せ」や会話が減った。
	・ICT は「データ」を運ぶが、チームの「結束力」は対面でしか生まれない。

第4章：考察
―ICTに頼りすぎない「保育の本質」―

アンケートの自由記述に寄せられた現場の「生の声」を分析すると、保育者が大切に守ろうとしている「対面コミュニケーションの域」が明確に浮かび上がってきたように感じられます。

第一に、「責任と誠意が伴う情報の共有」です。自由記述では、ベテラン層から「マイナスな情報こそ、きちんと会って言葉で伝えるべき」（表4）という意見が寄せられました。保育の現場では、怪我などの情報の共有が避けられませんが、これらをICTの通知だけで済ませることは、受け手に事務的、あるいは無責任な印象を与えかねないのではないでしょうか。「申し訳ない」という表情や声のトーンがあって初めて、情報は単なる報告を超え、信頼回復や「改善」へと昇華されるのではないかと考えます。誠実さが求められる場面ほど、ICTというフィルターを外し、生身の人間として向き合う姿勢が重要ではないでしょうか。

第二に、「身体性と即時性を伴うチームの連動」です。自由記述によれば、「多忙な時は既読を待つより口頭の方が早かった」（表4）という意見がありました。保育は1分1秒を争う安全管理の現場でもあります。端末を操作する動作は、子どもの動きを注視すべき場面において、物理的な「隙」を生んでしまう懸念があります。ICTの機能上のスピードが、現場の身体的なスピード感に追いつけない瞬間がある。この限界を理解し、緊急時こそ「直接的な声掛け」に立ち返る柔軟性が、命を守る現場には不可欠ではないかと感じられます。

第三に、「喜びの共鳴によるチームビルディング」です。ICTの導入により、園全体で子どもの成長記録をリアルタイムに共有できるようになった点は、組織として大きな進歩ではないでしょうか。しかし、その場でしか味わえない「瞬間の喜び」といった感情は、誰かと共に笑い合うことで何倍にも膨らむものだと思われます。スマートフォンの画面越しに報告を文字で読むのと、目の前で顔を見ながら聞くのとでは、受け取るエネルギーの質が全く異なります。ICTは正確な「データ」を迅速に運ぶことには長けていますが、チームの「結束力」や「やる気」を運ぶのは、やはり対面での温かな対話による共感ではないかと感じています。

第5章：今後の展望 ―デジタルとアナログの最適な組み合わせに向けて―

今回の調査結果を踏まえると、これからの保育現場に求められるのは「ICTか、対面か」という二者択一の議論ではなく、双方が持つ役割の違いを理解し、適切に使い分ける「運用の工夫」では

ないかと考えられます。

・「確実な共有」のためのICT活用

まず、行事のスケジュール管理などの日常業務において「情報を正確に伝えること」は、デジタルへ移行することが望ましいと思われます。現場で起こりうる「言った・言わない」の食い違いや、個人の記憶力に頼る情報の不確かさを最小限に抑えることで、業務の標準化がはかられ、若手職員の指針にも繋がるのではないでしょうか。

・「心の通い合い」を支える対面コミュニケーション

アンケートで約3分の2の職員が感じていた「ニュアンスが伝わらない」という不安を解消するためには、ICTに依存しすぎない姿勢が解決策となるかもしれません。例えば、「子どもの怪我などの緊急性の高い報告は、まず口頭で伝え、その後に記録として残す」といった手順を園全体で共有することです。一日の終わりにはあえて端末を置き、数分間だけでも職員同士が顔を合わせて「今日の子どもの姿」を語り合う時間を設けることも、一つの方法ではないでしょうか。デジタルではこぼれ落ちてしまう「言葉にならない感情」を直接交わすことは、信頼関係を維持する上で、今後さらに重要性が高まると考えられます。

・ICTが生み出した「ゆとり」の還元

ICTの導入によって事務時間が短縮された際、その成果を単なる「時短」として終わらせるのではなく、創出された時間を「あえて手間のかかる対話」に充て直すという意識も大切ではないでしょうか。この「意図的に作られた対話の時間」こそが、保育者としての専門的な気づきを共有し、互いの苦労を労い合う場となります。こうした心のゆとりを持つことが、結果として子どもたちへ質の高い関わりを提供し続けることに繋がるのではないかと考えられます。

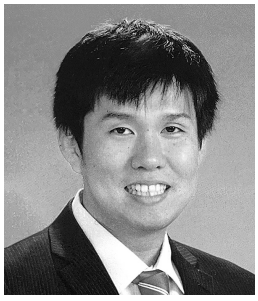
第6章：結論

本研究を通じて、茨城県内の保育現場におけるICT化は、100%の職員が認める「スピード」という恩恵をもたらした一方で、3分の2の職員に「伝わり方」の不安を抱かせている実態が明らかになりました。

「便利になった」という当たり前の結論の裏側で、保育者は無意識のうちに「人間的な繋がりの喪失」を危惧している様子が伺えます。保育の根幹に関わる部分をデジタルに委ねすぎず、情報の共有はデジタルで行い、心の共有はアナログで行う。この「ハイブリッド」の考え方こそが、これからの保育現場が目指すべき誠実な姿ではないでしょうか。子どもたちが安心して育ち、保育者が誇りを持って働ける環境を守るために、ICTという新しい道具を使いこなしながら、最も古くて最も大切な「対話」という文化を、これからも守り抜いていくことが求められていると感じています。

参考文献・引用文献リスト

こども家庭庁（2023）『保育所等におけるICT化推進・業務改革ガイドライン』
茨城県（2024）『茨城県保育士等実態調査報告書』
厚生労働省（2022）『保育士の確保に向けたICT利活用の推進について』
佐藤晃一（2021）『保育現場のDX：デジタル化が変える子どもとの時間』中央法規出版
本研究における「保育現場のICT活用に関するアンケート調査」（2026年3月実施、茨城県内保育施設職員、有効回答数63名）



福田 翔平（ふくだ・しょうへい）
筑波研究学園専門学校幼児保育学科及び児童教育専攻科卒業
姫路大学通信教育部こども未来学科卒業
筑波研究学園専門学校こども未来学科常勤講師

CROSSの動き

2026（令和8）年 1月～ 4月

法人事務局

1月14日　第5回常任理事会を開催し、次期センター長の決定について、J-PARCユーザーズオフィス（UO）の窓口業務の組織の一元化等について審議した。

21日　第7回総合科学研究センター企画委員会を開催し、令和7年度市民公開講座の開催報告、第２回研究懇話会（講師・日程・開催方式）、企画委員長および企画委員の更新等について議論した。

22日　第3回理事会を開催し、次期センター長の決定について、J-PARC UOの窓口業務の組織の一元化等について審議した。

27日　第6回常任理事会を開催し、令和8年度運営体制等について審議した。

2月1日　山本美都里が中性子科学センターに着任した。

2日　第6回編集委員会を開催し、CROSS T&T 第82号の進捗状況、第83号以降の内容等について議論した。

5日　令和6年度科研費等使用状況について内部監査を行った。

17日　第8回総合科学研究センター企画委員会を開催し、第2回研究懇話会の開催方法、令和8年度企画委員の体制について議論した。

19日　第2回総合科学研究センター運営会議を開催し、令和7年度総合科学市民公開講座報告、第1回研究懇話会開催報告、第2回研究懇話会開催案内等について報告し、令和8年度各種委員会体制および研究員数拡大について議論した。

24日　第2回総合科学研究センター研究懇話会をオンライン開催した。田中喜代次氏が「健幸華齢な生き方～無病息災と多病息災の事例」、金谷利治氏が「鉄より強い高分子」というテーマで講演され、参加者19名と活発な議論が行われた。

27日　令和8年度科学研究費助成事業（研究代表者分）に関して、中性子科学センターは4件、中性子産業利用推進センターは1件の内定通知があった。

3月9日　第7回常任理事会を開催し、第4回理事会資料、給与関係および安全管理体制規程類の改正等について審議した。

16日　第9回総合科学研究センター企画委員会を開催し、令和8年度総合科学市民公開講座の講師候補者などの提案・選定について議論した。

18日　第4回理事会を開催し、令和8年事業計画（案）、令和8年収支予算（案）、役員損害賠償責任保険契約、中性子産業利用推進センター長の選任に関する件等について審議した。

18日　第8回常任理事会を開催し、給与関係および契約関係規程類の改正等について審議した。

27日　「CROSS T&T82号（特集：食品科学の現在地）」を発行し、CROSS会員、図書館・公共機関・高等学校等へ配布した。

4月1日　太田一子が法人事務局、川北至信、伊賀文俊が中性子科学センター、髙村康平が中性子産業利用推進センターに着任した。

10日　第1回編集委員会を開催し、CROSS T&T 第82号の発行について、第83号以降進捗状況等について議論した。

14日　第1回総合科学研究センター企画委員会を開催し、令和8年度総合科学市民公開講座の講師候補者選定について、研究懇話会の開催方法等について議論した。

J-PARC 物質・生命科学実験施設（MLF）に関する活動

1月8 ～ 9日　「第32回CROSSroads Workshop『高圧中性子実験に向けた装置開発及びサイエンスへの展開』」を合同で、AYA'S LABORATORY量子ビーム研究センター（AQBRC）およびオンラインによるハイブリッドで開催した。参加者数：48名（会場28名、オンライン20名

20日　「令和７年度　第２回中性子構造生物学研究会『創薬と量子ビーム（X線、中性子、電子線）』」を合同で、オンライン開催した。参加者数：87名

23日　「2025年度　磁性材料研究会」を合同で、東北大学 片平北門会館（仙台市）およびオンラインによるハイブリッドで開催した。参加者数：５7名

29日　「電池材料研究会」を合同で、航空会館ビジネスフォーラム（新橋）およびオンラインによるハイブリッドで開催した。参加者数：67名

30日　「マテリアル戦略推進シンポジウム2026」を合同で東京ビッグサイトで開催した。参加者数：532名

2月5日　「ものづくり基盤研究会 ― 中性子・放射光を利用した食品、構造材料における課題解決に向けた評価技術 ―」をオンラインで開催した。参加者数：67名

9 ～ 12日　九州大学大学院総合理工学府吉武剛研究室の修士1年生中原大葉さんが、CROSS研究生として「$Fe_3Si/FeSi_2$超格子の弱磁場条件下における磁気ドメインおよびモーメントの熱ゆらぎの評価研究」をテーマに実習を行った。実習報告会は2月20日にオンラインで行った。

10日　「利用研究課題審査委員会・中性子課題審査部会」をJ-PARCと合同でAQBRC（オンライン併用）で開催した。2026A期には共用ビームラインに126件の一般利用課題（短期・1年、優先、産業利用促進）の申請があり、これらの課題の採否について審議した。

24日　研究開発部大石 一城次長および杉山 純サイエンスコーディネータが共著者として参画した学術論文が、英国王立化学会出版の国際学術誌「Chemical Science」において、Most popular 2025 energy storage articles に選出された。

24日　中性子科学センター長・柴山充弘が執筆した書籍『Introduction to Soft Matter Neutron Scattering』（英語版『中性子散乱入門』）が、Springer Natureより刊行された。

25日　「第21回 材料系ワークショップ －『富岳』からポスト『富岳』へ：次世代材料シミュレーションの展望 －」を合同で、秋葉原UDXおよびオンラインのハイブリッドで開催した。参加者数：242名（会場36名、オンライン206名）

25日　第8回高圧中性子利用研究会を合同で、航空会館ビジネスフォーラムおよびオンラインのハイブリッドで開催した。参加者数：35名

27日　プレス発表「次世代『ナトリウムイオン電池』の充電メカニズムを世界で初めて直接観測！　― 中性子散乱を用いたマルチスケール観測で、ハードカーボンの謎を特定 ―」を実施。総合科学研究機構（CROSS）、東北大学、東京理科大学、横浜国立大学、東京科学大学、J-PARCセンター、日本原子力研究開発機構（JAEA）、京都大学の連名

3月5日～ 25日　「2025年度 中級者向けZ-Code講習会」を合同で、オンデマンド開催した。参加者数：47名

10日　「選定委員会・MLF施設利用委員会」をJ-PARCと合同でAP東京八重洲において開催した。選定委員会では利用研究課題審査委員会の審議結果が報告され、共用ビームラインの82件の課題の採択が承認された。その後、CROSSは課題申請者に採否結果の通知を行った。

10日　「第12回放射光・中性子の連携利用に向けた合同研修会『粉末回折測定研修会』をAQBRC及びJ-PARCMLF茨城県材料構造解析装置「iMATERIA」（BL20）において開催した。参加者数：10名

11～13日　「2025年度 量子ビームサイエンスフェスタ・第17回 MLFシンポジウム・第43回PFシンポジウム」を合同で水戸市民会館にて開催した。（47ページに開催報告を掲載）参加登録者数：607名

13日　「2025年度 液体・非晶質研究会」を合同で、水戸市民会館およびオンラインによるハイブリッドで開催した。参加者数：48名

14日　第2回MLFロードマップワークショップを合同で、水戸市民会館およびオンラインのハイブリッドで開催した。参加登録者数：130名（会場97名、オンライン33名）

17日～4月7日　中性子線共用ビームラインを利用する優先課題（利用期間：2026年11月～2027年3月）、長期課題（利用期間：2026年11月～2029年6月）の公募をMLFと共同で行った。優先課題に2件、長期課題に1件の申請があった。

18日　プレス発表「保磁力最大約10倍を達成、次世代省エネ磁気メモリへ」を実施。東北大学、CROSS、量子科学技術研究開発機構（QST）、名古屋大学、JAEA、J-PARCセンターの連名

23日　「第13回放射光・中性子の連携利用に向けた合同研修会『小角散乱測定研修会』」を合同で、AQBRCおよびJ-PARC MLF 中性子小角・広角散乱装置「大観」（BL15）において開催した。参加者数：10名

23日　「CBI研究機構 量子構造生命科学研究所 中性子産業利用推進協議会 生物・生体材料研究会 合同シンポジウム『New Structure Based Drug Discovery II』」をオンライン開催した。参加者数：81名

4月1日　MPMS・PPMSの課金制度、CROSS Neutron Plaza事業を開始した。

17日　中性子線共用ビームラインを利用する一般利用課題（短期、1年）、産業利用促進課題）の公募をMLFと共同で開始した。一般利用課題は5月8日まで、産業利用促進課題は6月12日まで受け付ける。

20日　「申請書作成ワークショップ＆利用相談」をオンラインで開催した。

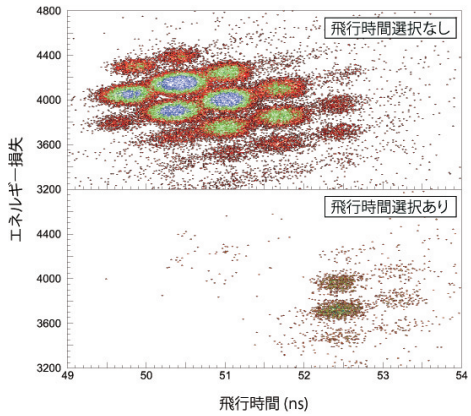
30日　プレス発表「広い温度域で動作する次世代固体冷媒を開発－従来の理論スケーリングを超える弾性熱量効果を発見－」を実施。東北大学、JAEA、J-PARCセンター、CROSSの連名

編集後記

▶編集委員会に吉田智美さんが加入しました。医学・医療分野を中心に担当していただいています。

▶毎号のように加速器の記事を掲載していますが、今回は加速器の特集になりました。茨城は特別に加速器が多いのか、編集委員会でも様々な情報が飛び出しました。日本アイソトープ協会がまとめている放射線利用統計で全国の「放射線発生装置」の設置数が掲載されています。医療系が7割を占め、東京がやはり多い。ただし、この統計は最新版が2019年版でその後は更新が止まっています。原子力規制委員会は現状、都道府県別の放射線発生装置の数を統計資料として公開していないとのことで、茨城県の最新の加速器数は得られませんでした。また、日本加速器学会の会員3割以上が茨城県内の施設に所属しているそうです。

CROSS T&T
Comprehensive Research Organization for Science and Society
No.83
2026.6



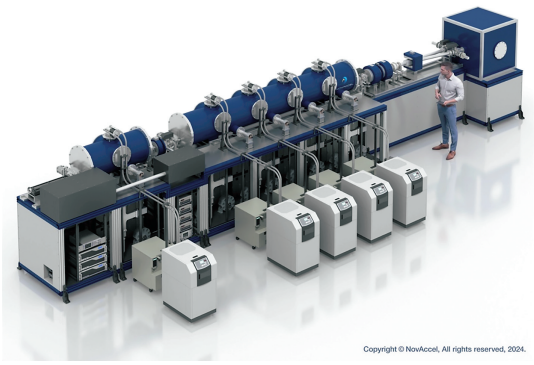


色彩図録

[右上]　理化学研究所RIビームファクトリーに設置されている稀少RIリング（本文15ページ）
[左上]　飛行時間で核種を選択（本文17ページ）



[上] 小児がん啓発月間（つくばセンター広場にて）（本文20ページ）



[左] 小型超伝導加速器（RiSA）の全体図（裏側）小型冷凍器ユニットが並んでいる様子が見られる。（Copyright©NovAccel, All right reserved, 2024）（本文10ページ）

CROSS T&T —第 83 号—

令和 8 年（2026）6 月 30 日
一般財団法人 総合科学研究機構
理事長　横溝　英明
〒319-1106 那珂郡東海村白方 162-1
いばらき量子ビーム研究センター内
TEL.029-219-5300（代）
【編集委員会事務局】
〒300-0811 土浦市上高津 1601
筑波研究学園専門学校内
TEL.029-826-6251

https://www.cross.or.jp/tsukuba/reference/cross-tt

CROSS T&T 編集委員会
委員長　相澤　冬樹
委　員　勝田　敏彦／鈴木　國弘／長谷部　喜八／
湯浅　敏弘／吉田　智美／水澤　多鶴子
事務局　総合科学研究機構 法人事務局
印刷所　株式会社大塚カラー
〒312-0032 茨城県ひたちなか市津田 2031-113
TEL. 029-273-1221　FAX. 029-274-1046

会員頒布価格　700 円