

JAEA NEWS 26

JAEA ニュース 第26号 2008年10月



スイス放射性廃棄物管理共同組合（Nagra）との「放射性廃棄物管理分野における取決め」の延長（協力20周年会合において）
Nagraのトーマス・エルンスト理事長（左）、ハンス・イスラー会長（中央）と握手する岡崎 俊雄原子力機構理事長（右）

CONTENTS

R&D研究最前線

多層式コンクリートの開発で放射性廃棄物の大幅な低減に成功
HTTRと水素製造システムをつなぐ高温隔離弁の要素技術開発を完了

CLOSE UP

「J-PARC特別公開」を開催
臨界プラズマ試験装置（JT-60）が実験を完遂し、JT-60SAへの改造に着手

TOPICS

J-PARCで最初のミュオンビームの発生に成功
スイス放射性廃棄物管理共同組合（Nagra）との放射性廃棄物管理分野の協力20周年について
フランス電力株式会社（EDF）との高速炉システムに関する技術協力の取決めに署名
クリーンな水素エネルギー社会実現へ向けた材料開発へ指針
ー水素とアルミニウムの直接反応によるアルミニウム水素化物の合成に成功ー
原子力研修センター講座のご案内
もんじゅコーナー
原子力機構よりお知らせ

R & D 多層式コンクリートの開発で放射性廃棄物の大幅な低減に成功

原子力発電所や中性子を取り扱う施設では、建家などに使用するコンクリートに中性子が当たると放射性物質を生成し、作業員などの被ばくが懸念されます。さらに放射化したコンクリートは放射性廃棄物として処理しなければならず、コストの問題が生じます。これらの課題を解決するため、コンクリート構造体の改良の研究を進め、放射化を抑えることができる多層構造のコンクリート構造体の開発に成功しました。



核融合研究開発部門 / 核融合中性子工学研究グループ 研究主幹 佐藤 聡

新しいコンクリートの開発に至った経緯を教えてください。

従来、原子力発電所や粒子線加速器施設、粒子線を扱う医療施設などの建設にあたり、一般のコンクリートが使用されてきました。しかしコンクリートに中性子が当たると内部に放射性同位体である²⁴Na（ナトリウム24）が生成され、ガンマ線を放出（放射化）するようになります。その結果メンテナンスなどで作業員が入るにも長い冷却期間が必要になるほか、解体時に放射性廃棄物として扱わなければならない点などの課題がありました。

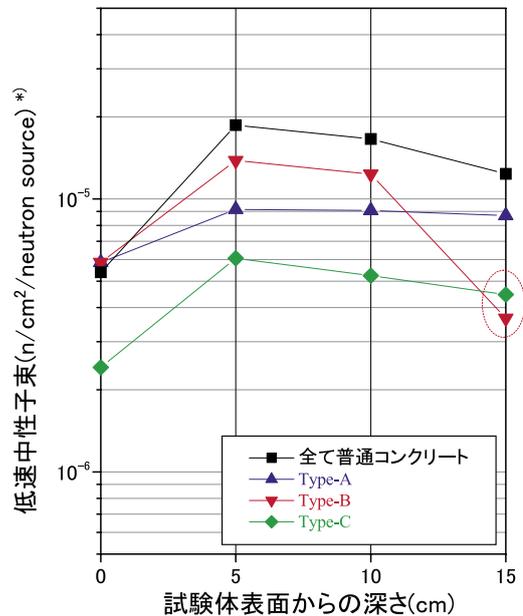
（株）熊谷組では、主として医療用加速器を使用する施設等へのコンクリート適用に際し、メンテナンスや施設解体時の廃棄物削減の観点から、低放射化コンクリートの開発を進めていました。一方、原子力機構では、核融合中性子源施設（FNS）を用いた14MeV中性子照射実験により、コンクリートの放射化特性に関する研究を進めており、それぞれのニーズが一致し、数年前から共同研究が始まりました。

今回開発されたコンクリートについて教えてください。

コンクリートは、骨材とセメントからできているのですが、従来の低放射化コンクリートは、放射性廃棄物を生成させる不純物質を多く含む骨材に対し、石灰石骨材を用いることによって、低放射化を実現しています。今回は、さらに低放射化の特性を高めるため、セメントの一部も不純物の少ない石灰石微粉末に置き換えました。また、これに中性子吸収体として知られるボロンを含有させた低放射化コンクリートも採用し、これらに普通コンクリートを組み合わせて3層構造のコンクリート構造体を提案しました。

構造体表面からどの深さまでにどのコンクリート層を、どれくらいの割合で設置するか、様々な比較実験を行いました。それにより、表面層には低放射化コンクリートを置いて、放射化を抑え且つ中性子のエネルギー（速度）を落とし、次の領域にエネルギーの低い中性子を吸収するボロン含有の低放射化コンクリートを置くことで、効率よく放射化を抑え、中性子の遮へい性能も高めることができました。3層目の普通コンクリートの時点では、放射化がかなり抑えられるため、放射性廃棄物の量も大幅に減らすことができます。

また、多層構造を採用したことで、解体時には放射化した表面部分の層のみを放射性廃棄物として処分すればよいので、3層目の普通のコンクリートは一般産業廃棄物として処分できる可能性があり、廃棄コストを大幅に軽減することができます。当機構における検証試験の結果、高価なボロン含有低放射化コンクリート層のみの単一構造体とした場合と比較して、性能は同等で製作費は2分の1から3分の1に、また、普通コンクリートのみの単一構造体とした場合と比較して、放射性物質の生成量を約3分の1に低減を確認できました。



*1) 低速中性子束は金箔の放射化量から算出している。

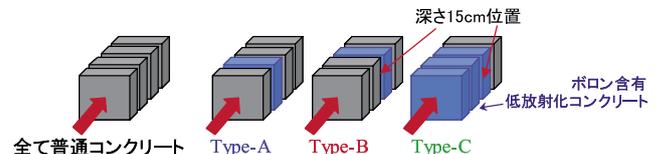


図1 14MeV中性子照射実験によるコンクリート層中の中性子束分布の測定結果
低放射化コンクリートと、ボロン含有低放射化コンクリートを挟んだ3層型により、コスト増加を抑制しながら効率よく中性子を遮蔽することがわかる。赤枠内ですすように、Type-BとType-Cとで中性子束は同等である。

開発過程における苦労や工夫が必要だったのはどんな点ですか？

高価な物質であるボロンの使用量をできるだけ少なくし、放射化を抑え且つ有効に中性子の遮へいができるような配置となるように、FNSを用いて何種類もの試験体を実験しました。コンクリート中の反応率（中性子束の指標となります。）分布や誘導放射能分布を測定し、膨大なデータを分析して構造体の開発に臨みました。

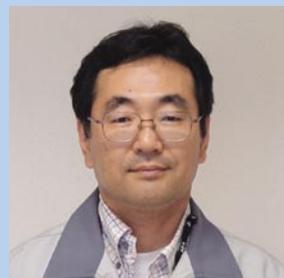
また、低放射化コンクリートの開発に際しては、様々な種類のコンクリートの放射化特性を、14MeV中性子照射実験により調べました。

この研究開発は今後どのようなことで貢献できるでしょうか？

今回、開発したコンクリート構造体は、原子力発電所や核融合炉施設のみならず、粒子線加速器施設や粒子線がん治療施設、PET診断施設など、中性子発生施設に用いることで、建設コストの削減、施設のメンテナンス作業開始までの冷却時間の短縮や施設解体時の放射性廃棄物発生量の低減などといった効果が見込まれます。これらの施設は、今後、社会からの需要がさらに高まると考えられ、十分貢献できると考えています。

HTTRと水素製造システムをつなぐ 高温隔離弁の要素技術開発を完了

原子力機構では、水素社会の実現に向けて高温ガス炉とその高温熱(約900度)を利用した水素製造システム(ISプロセス)の研究開発を進めています。高温ガス炉と水素製造システムを安全に接続するためには、900度の高温に耐えられる隔離弁が必要です。接続技術の一環として研究開発を行った結果、高温隔離弁の要素技術開発に成功し、モックアップモデルによる性能確認も終了して、当機構の高温工学試験研究炉(HTTR)を用いた実証試験の準備を終えたところです。



原子力基礎工学研究部門/
ガス炉ISプロセス接続技術開発
グループリーダー
稲垣 嘉之



高温ガス炉とISプロセスの関わりについて教えてください。

現在、水素は主に天然ガス等の化石資源と水蒸気を高温環境(約900度)で反応させて製造していますが、この方法では大量の二酸化炭素が発生してしまいます。二酸化炭素を発生しない方法として、軽水炉で発電した電気で水を分解する方法もありますが、水素の製造効率が低く(20%台)、製造コストが高くなります。

ISプロセスは、高温ガス炉から出る高温熱を直接利用した水の熱化学分解により、二酸化炭素の排出がなく、かつ、高効率で水素を製造する方法です。高温ガス炉で加熱された冷却材(1次ヘリウムガス)は、中間熱交換器で2次ヘリウムへ熱交換され、熱源として2次ヘリウムガスが水素製造システムへ送られます。高温ガス炉と水素製造システムの接続では、事故時に高温ガス炉から水素製造システムへの放射性物質の移動、後者から前者への可燃性ガス(水素)の移動を防止することが安全上重要な課題であり、中間熱交換器と2次ヘリウム配管に設置した隔離弁がその防壁としての役割を果たします。

今回、開発された高温隔離弁とはどのようなものですか？

高温ガス炉の開発は40年ほど前から行われ、高温隔離弁の基礎技術もその頃に研究が行われました。我々はそれを基本にして現代の技術に置き換えながら、高温隔離弁としての開発を進めてきました。

高温ガス炉から供給されるヘリウムガス温度は約900度と高熱で、現在、その温度で使用できる弁はありませんでした。遮断の際、隔離弁の弁座には約350気圧の圧力がかかるうえ、高温雰囲気という環境のため材料が焼き付けを起こして融着してしまいます。一度くっつくと弁は動かなくなり、使用不能になります。

通常、こういった焼き付けを防止するにはセラミックス系の材料でコーティングします。そこで弁座の接触部分の成分にセラミックスを混ぜた盛金材を開発しました。硬すぎると欠けてしまうため、金属とセラミックスの混合割合を調整して柔軟性を持たせました。弁



HTTR 規模モックアップモデルの外観
弁座部分は高温で閉まるときの融着、欠けを防止するため、金属とセラミックスの混合割合を調整した盛金材を使って強度と柔軟性を実現した。

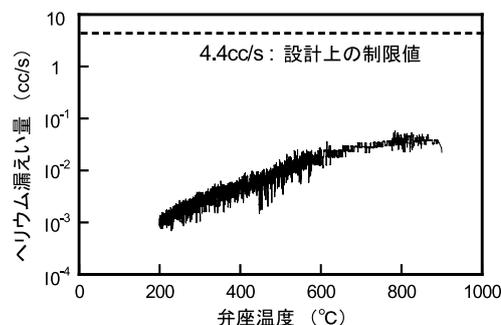
座の形状やメンテナンスも考慮して耐熱性や耐久性に優れた高温隔離弁の開発に成功し、要素試験やモックアップモデル試験などを経て、性能を確認することができました。

研究過程においてどんな苦労や工夫が必要でしたか？

セラミックス系の盛金材は硬いのでかえって衝撃に弱く、遮断の際の衝撃で欠けてしまうことがわかりました。柔軟性を持たせようとするとう焼き付けが起こるというジレンマで、材料の開発には時間がかかりました。何度も成分を変えて試験を繰り返し、最適な耐熱性と耐久性を持たせる金属とセラミックスの割合を探しました。

隔離弁はその形状も影響するため、くさび型も試験しましたが、角の部分の当たり方が周方向で均一にならないため、わずかですが傷が生じて漏えいの原因となります。結局、平型で押し当てる方法が傷の発生が少なくギュッと密閉できることを確認しました。

しかし、何度も高温高圧で衝撃を加えていると、弁の表面に微細な凸凹が発生するのは避けられません。密閉した弁を開けるときのマイクロオーダーで材料の剥離、摩耗が生じ、ヘリウムガスの漏えいの増加につながります。これもすり合わせというメンテナンス技術によりシール性能が復帰できることを確認し、課題をクリアすることができました。



弁座からのヘリウム漏えい量 モックアップモデル試験により、設計上の制限値を下回る良好なシール性能を確認することができた。

今後、進めなければならない研究課題について教えてください。

高温ガス炉による水素製造技術の確立を目指して、HTTRとISプロセスを接続した実証試験の準備を進めています。この接続に必要な高温隔離弁の口径約20センチを目安に、その半分の10センチのサイズで成果を出し、HTTRを用いた実証試験の準備を終えたところです。次の課題として、熱出力60万キロワットの実用炉に使用できる弁の検討を行っています。実用炉に使用する高温隔離弁は、口径が60センチ以上となるため、これまでに実施したモックアップモデルに比べて弁座の熱膨張が大きくなります。また、弁座を支持する構造物にもさらに大きな力が加わります。そこで、実用炉の高温隔離弁でも健全性および性能が確保できるように、熱膨張、応力の評価等の設計研究を行っています。

「J-PARC 特別公開」を開催

8月10日、茨城県東海村に高エネルギー加速器研究機構（KEK）と原子力機構が共同で建設中の大強度陽子加速器施設（J-PARC）において、「J-PARC 特別公開」を開催しました。

J-PARC 施設だけでの一般の方への施設公開は今回が初めてでしたが、特別公開には関係者の予想を遥かに上回る約2,600人の来場者がありました。

来場者は、県内のみならず九州・東北地方など遠方からお越しになられた方もいて、これだけ多くの方々がJ-PARCに関心を持っていただいていることを改めて感じ、関係者一同大いに喜んでおります。

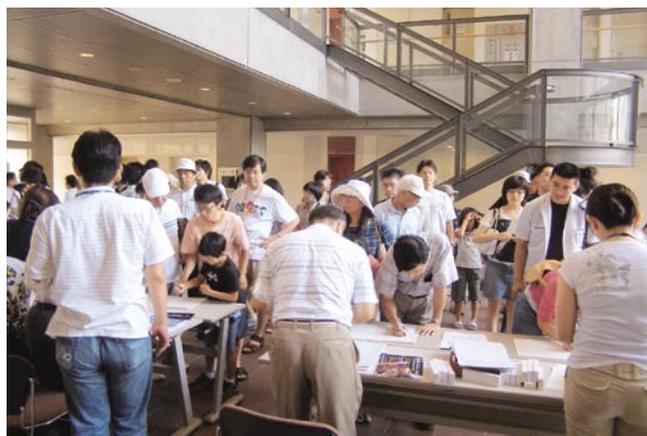
今回の特別公開では、J-PARCの主要施設であるリニアック、50GeVシンクロトロン、物質・生命科学実験施設（MLF）、ハドロン実験施設、ニュートリノ実験施設を公開し、各施設の研究者達が説明を行いました。見学者は普段見ることのできない世界最先端の科学研究施設（装置）

を間近にし、興味津々と見学していました。施設見学ではガイド付のツアーなども行ない、こちらも大盛況で大勢の参加者がガイドの説明に熱心に耳を傾けていました。

また、イベント本部では、J-PARCの概要説明を行ったり、質問コーナーや模型・パネル等の展示コーナーを設け自由に見学していただきました。子供から大人まで、いろいろ熱心に質問されている見学者の姿も多く見受けられました。

J-PARCは平成13年に建設がスタートしてから、これまで順調に建設を進めてきており、第一期計画で予定されている建設もほぼ終盤を迎えている段階です。既に3加速器施設とMLFでは総合運転試験が継続的に行われており、MLFにおいては今年12月から本格的な利用運転が開始される予定です。

今後も、多くの方々のご理解を得ながら、安全に建設を進めて参りたいと思います。



イベント本部受付の様子



施設ツアーバス待ちの様子



リニアック見学の様子

臨界プラズマ試験装置(JT-60)が 実験を完遂し、JT-60SAへの改造に着手

那珂核融合研究所（茨城県那珂市）の臨界プラズマ試験装置（JT-60）は、8月29日をもって実験運転を完遂し、プラズマ性能のさらなる向上を目指してJT-60SA（Super Advanced）への改造に着手しました。JT-60SAへの改造は、日欧協力で進める核融合エネルギー研究分野における幅広いアプローチ活動の一事業「サテライトトカマク計画」と我が国が独自に進める「国内重点化装置計画」の合同計画として、これから7年間かけて行う予定です。

JT-60は、昭和60年4月8日にファーストプラズマの生成に成功し、以来23年4ヶ月の間、核融合炉心プラズマの性能向上を目指した研究開発を行ってきました。その間、装置の改造や新しい運転方式の開発等により、数々の世界記録を樹立してきました。平成8年には、プラズマ温度世界記録5.2億度を達成し、人類が創出した最高温度としてギネスブックに掲載されました。平成10年にはエネルギー増倍率世界記録1.25、平成16年には高性能プラズマの維持時間世界記録28.6秒を達成しました。このような成果は、日・欧・米をはじめ7極の協力で進めている国際熱核融合実験炉（ITER）の基盤となっており、JT-60が世界の核融合研究を主導してきたことの証明であります。世界的にもグローバルエネルギー国際賞および

米国核融合エネルギー協会優秀功績賞を受賞する等、高い評価を得ています。また、JT-60から世界で活躍する研究者・技術者を多く輩出しており、人材育成にも貢献してきました。

実験最終日には、世界に誇る数多くの成果に携わってきた多くの人々がJT-60中央制御室を埋め尽くし、7年後、JT-60SAとして生まれ変わった「超先進」高性能プラズマとの再会を期しながら、それぞれの思いを胸にショット番号49879のプラズマを見届けました。

JT-60SAでは、プラズマを閉じ込めるための磁場を発生させるコイルを超伝導化し、プラズマ維持時間を100秒に伸長するとともに、プラズマ形状を最適化することにより、プラズマ性能のさらなる向上を目指します。この高性能プラズマを用いて、ITERを支援する研究やITERの次の装置である原型炉に向けた研究を行う計画です。JT-60SA計画は、国内の大学等や欧州の研究機関と共同で行うものであり、国内や世界の研究者がJT-60SAに集結することになります。那珂市はITERが建設されるフランスのカダラッシュとともに、世界の核融合研究の拠点となることが期待されます。すでに、改造のスタートの号砲は鳴り響いています。



実験完遂後の記念写真

9月2日には、センチュリープラザNAKA（那珂市）においてJT-60実験完遂・改造着手記念報告会を開催し、地元関係者をはじめこれまでご支援いただいた158名の方々にご参加いただきました。



石田サテライトトカマクプロジェクト
リーダーによる講演の様子

岡崎 俊雄 原子力機構理事長の開会挨拶に続き、常松 俊秀 那珂核融合研究所所長が「那珂核融合研究所のあゆみと国際的役割」、二宮 博正 核融合研究開発部門副部門長が「JT-60の成果」、

石田 真一 サテライトトカマクプロジェクトリーダーが「新しいJT-60に向けた国際プロジェクト」について講演を行い、JT-60実験完遂・改造着手のご報告をさせていただくとともに、これまでのご支援へ感謝の意を表しました。さらに、吉川 允二 元日本原子力研究所理事長・元ITER・EDA共同議長の「新しいJT-60への期待－新時代を迎える核融合エネルギー開発－」と題した特別講演において、これからの那珂核融合研究所およびJT-60SAへの期待の言葉を賜りました。

報告会でJT-60SAへの多くの期待を肌で感じ、一日でも早くJT-60SAのファーストプラズマ生成に成功できるよう改造計画を着実に進めていかなければとの思いを強くしました。JT-60SAへのご理解と、今後とも変わらない皆様のご支援をよろしくお願いいたします。

J-PARCで最初のミュオンビームの発生に成功

9月26日、茨城県東海村に建設中の大強度陽子加速器施設（J-PARC）では、物質・生命科学実験施設（MLF）において、ミュオンビームの発生に成功しました。今後12月以降の調整運転および試験的利用を経て、平成21年4月より本格的なミュオンビームの利用が開始される予定です。電荷をもつ素粒子であるミュオンは、物質に入射することで、物質のナノスケールでの電磁気的性質を解明するための有効な手段となります。本格稼働後は、物性物理学や原子分子物理学の分野における基礎的研究の推進のみならず、磁性材料や燃料電池の開発研究、負ミュオン特性 X 線非破壊元素分析等、様々な分野の産業発展につながる物質・生命科学研究に利用される予定です。



スイス放射性廃棄物管理共同組合（Nagra）との放射性廃棄物管理分野の協力20周年について

スイス放射性廃棄物管理共同組合（Nagra）と原子力機構は、1988年の「放射性廃棄物管理分野における取決め」締結以来、Nagraのグリムゼル試験場での原位置試験や解析コードの開発などを共同で行い、数多くの成果を上げるなど、20年にわたり主に放射性廃棄物の地層処分に関する研究協力を継続してきました。今般、両機関は本取決めをさらに5年間延長し、引き続き協力関係を維持していくことに合意しました。

フランス電力株式会社（EDF）との高速炉システムに関する技術協力の取決めに署名

10月1日、フランス電力株式会社（EDF）と原子力機構は、フランス共和国の首都パリにおいて、「高速炉システムに関する技術協力の取決め」に署名を行いました。

高速炉サイクル技術は、地球規模のエネルギー資源確保と環境保全、さらには核拡散抵抗性を持たせることによる平和維持を同時に調和的に解決し、人類の持続的発展に貢献する次世代のエネルギー技術として期待されています。そのため、わが国においては、国家基幹技術の一つとして、原子力機構を中核として官民一体となり、2025年頃の実証炉の運転開始、2050年以前の実用化を目指して、「FaCT (Fast Reactor Cycle Technology Development) プロジェクト」を推進しています。

このような背景の下、EDFとこれまで締結されていた取決めを改正し、対象範囲を高速炉システムまでに拡大して、下記の協力を行うこととしました。

- ①「もんじゅ」、「常陽」、「スーパーフェニックス」に関する運転・保守情報交換
- ②ナトリウム冷却高速炉の実用炉及び実証炉/プロトタイプ炉の設計要件や設計概念に関する情報交換
- ③人材開発（教育および訓練）する場の提供

具体的には、情報交換のための技術会議開催、互いの施設および事務所の相互訪問、技術者の交換と研修生の受入等を行う予定です。



取決めに署名する岡崎 俊雄原子力機構理事長



Bernard Dupraz 最高責任者（右から2人目）
岡崎理事長（右から3人目）

クリーンな水素エネルギー社会実現へ向けた材料開発へ指針 —水素とアルミニウムの直接反応によるアルミニウム水素化物の合成に成功—

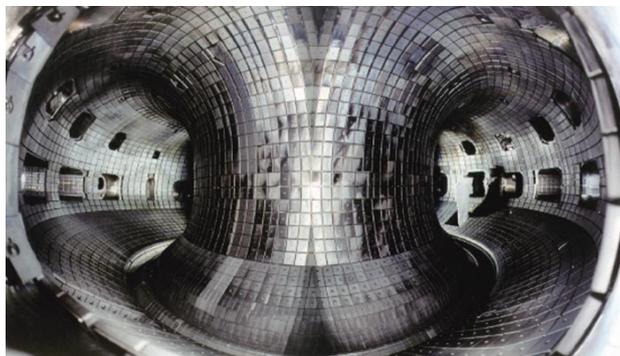
原子力機構は、将来の水素社会に必要な不可欠な水素貯蔵材料として有望視されるアルミニウム水素化物の新しい合成方法として、アルミニウムと水素の直接反応による合成に世界で初めて成功しました。これにより水素エネルギー社会の実現に不可欠な、軽量水素貯蔵材料の開発が加速されることが期待されます。これは、量子ビーム応用研究部門放射光高密度物質科学研究グループの齋藤 寛之任期付研究員および同部門青木 勝敏上級研究主席らによる「大型放射光施設 SPring-8」を用いた放射光 X 線回折実験の研究成果です。

本研究は、独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）の委託事業「水素貯蔵材料先端基盤研究事業」によるもので、重要課題としてその推進が期待されています。なお、この成果は米科学誌「Applied Physics Letters」の10月17日（米国時間）電子版に掲載されました。

<http://www.jaea.go.jp/02/press2008/p08102001/index.html>

臨界プラズマ試験装置(JT-60) 真空容器

那珂核融合研究所



● 概要

JT-60は、昭和60年に運転を開始し、実験結果を基に、装置の改造や制御方法の工夫を重ね、世界3大トカマク装置の一つとして、ITERの設計や核融合研究開発の発展に大きな貢献をしてきましたが、今年8月に実験運転を完遂し、プラズマ性能のさらなる向上を目指してJT-60SAへの改造に着手しました。

那珂核融合研究所 ホームページ

<http://www.naka.jaea.go.jp/>



独立行政法人

日本原子力研究開発機構

広報部 広報課

〒319-1184 茨城県那珂郡東海村村松4番49

TEL 029-282-1122(代表)

JAEAホームページ <http://www.jaea.go.jp>



JAEAニュースは再生紙と
アメリカ大豆協会認定の大豆油インクを使用しています。