

JAEA ニュース

第13号
2007.3

◆ C O N T E N T S ◆

R&D 研究最前線

高速増殖炉の炉心熔融事故の模擬実験を推進
アルベン固有周波数帯不安定性の研究
日本人男女の被ばく評価用精密三次元人体モデルを開発

CLOSE UP

原子力文献情報を提供する「INIS データベース」

TOPICS

ブローダー・アプローチ活動の共同実施のための
協力協定に署名
沖縄の監視施設が国際的な認証を取得
第2回東海フォーラムを開催
原子炉を用いたがん治療研究が100例を突破
原子力機構 原子力研修センター講座のご案内
原子力機構よりお知らせ



IGR 中央実験孔への試験体挿入作業の様子

日本人男女の被ばく評価用精密三次元人体モデルを開発



放射線防護の観点から、放射線被ばくにより人体に与えられる影響を評価することは重要です。そのためには、人体の臓器の形状や組成を詳細に模擬し、人体内における放射線の挙動やエネルギー付与を再現する必要があります。この目的のために人体の代替となるファントムと呼ばれる人体モデルが使われています。原子力機構では、日本人男女の被ばく評価用「ボクセルファントム」の開発を行っています。



原子力基礎工学研究部門
環境・放射線工学ユニット
放射線防護研究グループ
佐藤 薫

ボクセルファントム開発の目的と背景を教えてください。

放射線被ばくにより人体にもたらされる影響を評価するためには、臓器の形状や組成を詳細に模擬し、人体内における放射線の挙動やエネルギー付与を再現する必要があります。評価するからには正確さが要求され、人体の代替となる現実的な評価用ツールを開発する必要があるということで、この研究がスタートしました。

人体の代替となる評価用ツールであるファントムには、実体のある物理ファントムと計算機上に構築される数学ファントムがあります。数学ファントムは数式を用いて人体形状を簡易に表現したのですが、近年、実際の人のCTやMRIによる医療画像データを利用して、「ボクセル」と呼ばれる直方体を用いて人体構造を表現する技術が開発されました。この技術は、医療画像データから臓器・組織を識別し、これらを微小なサイズのボクセルを三次元的に組み合わせることで全身の構造を精密に再現するものです。この技術で構築されたファントムは「ボクセルファントム」と呼ばれ、近年の計算機技術の進展に伴ってボクセルファントムを使った被ばく線量評価研究が盛んに行われるようになりました。

ボクセルファントム開発の特徴とこれまでの成果はどのようなものですか？

現在、ICRP（国際放射線防護委員会）が推奨する標準的なファントムは、西欧人の体格データに基づいて開発されており、そのボクセルサイズは、縦2mm×横2mm×高さ8mmです。しかし、世界の人口の約60%はアジア人であり、アジア人の線量評価に適用可能なファントムを開発する必要がありました。また、ボクセルファントムは、ボクセルサイズが小さいほど臓器の形状を詳細に表現できるため、小さな臓器に対する詳細な被ばく線量評価を行うにはさらに精密なボクセルファントムが望まれます。

原子力機構では、すでに日本人の体格データに基づいたボクセルファントムを開発し、様々な被ばく形態に対する線量評価に活用する研究を行っています。今回の研究では、健康な日本人成人男女のボランティアの高解像度全身CT画像データを基に、新たに3体の

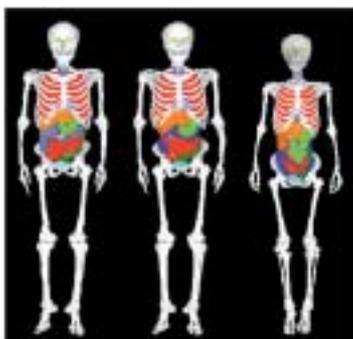


図1 開発した日本人ボクセルファントム

ボクセルファントムを開発しました（図1参照）。その特徴は2つあります。1つは、日本人の標準的体格に近いことです。もう1つは、ボクセルサイズ（0.98mm×0.98mm×1mm）が非常に小さいため、皮膚などの薄い組織や甲状腺などの小さな臓器も、すでに開発されているボクセルファントムに比べて忠実に再現されていることです（図2参照）。ちなみに、成人男性の全身の構造を表現するために使ったボクセルの数は約7千万個です。

この全身ボクセルファントムは、生体CT画像に基づくものとしては世界で最も高い分解能です。また、医療画像データは、通常、臥位（仰向けに寝た状態）で撮影されますが、立位（立った状態）で撮影されたデータを用いたファントムも1体開発しました（図3参照）。立位姿勢のファントムを開発したことは世界初の成果で、これにより姿勢による被ばくの影響の違いを詳しく調べられるようになりました。

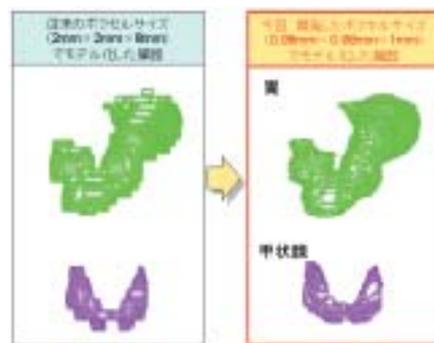


図2 ボクセルサイズによる臓器形状の違い

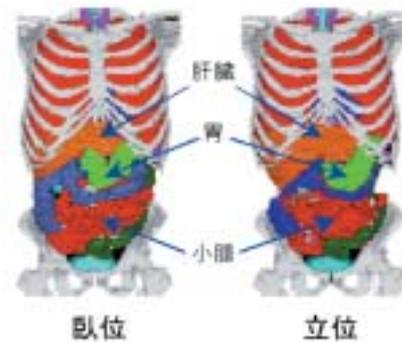


図3 姿勢による臓器形状の違い

今後の計画を教えてください。

今回開発したボクセルファントムは、原子力機構がこれまでに開発した放射線被ばく線量評価コードと組み合わせることで、体外からの放射線による外部被ばく、体内に取り込まれた放射性核種による内部被ばくに対して、幅広いエネルギーの様々な放射線（光子、電子、中性子、重イオンなど）による被ばく解析に利用できます。今後は、これらのデータを系統的に計算・解析し、日本人に対する線量評価のためのデータとして広く提供していく予定です。

アルベン固有周波数帯不安定性の研究

研究最前線

核融合プラズマの性能を向上させるためには、明らかにしなければならない様々な現象があります。高エネルギーイオンであるアルファ粒子が引き起こすアルベン固有周波数帯不安定性という現象もその1つです。原子力機構では、JT-60に設置した負イオン源中性粒子ビーム発生装置を用いて、この現象を解明する研究を行っています。このほど、各研究機関と協力して行ったこの研究の成果により、プラズマ・核融合学会の論文賞を受賞しました。



JT-60における負イオン源中性粒子ビームの役割を教えてください。

JT-60は、核融合を実現するためのプラズマを開発するために作られた装置で、世界3大トカマクの1つとして1985年から運転されています。JT-60は世界の核融合プラズマ研究をリードしています。

中性粒子ビームは、現在の磁場閉じ込め型核融合プラズマにおいて、プラズマの加熱や電流駆動に最も利用されている加熱装置の1つで、ITER（国際熱核融合実験炉）の主加熱装置に位置づけられています。中性粒子ビームのイオン源には、正（プラス）と負（マイナス）があります。

実際に核融合を行うような高密度のプラズマでは、中性粒子ビームのエネルギーが高くないとプラズマ中心部まで加熱できません。このため、高エネルギーを得られない正イオン源では、ITERに対応できません。そこで、那珂核融合研究所では高エネルギーが得られる負イオン源を開発し、世界に先駆けてJT-60に設置して核融合プラズマの研究を行っています。

アルベン固有周波数帯不安定性とはどのような現象ですか？そして、その現象を研究する必要はどこにあるのですか？

アルベン固有周波数帯不安定性（以下、AE不安定性）とは、高エネルギーイオンが引き起こす不安定性です。

核融合プラズマでは、重水素と三重水素の核融合反応により高エネルギーイオンであるアルファ粒子が生成されます。アルファ粒子は中性粒子ビームによる高エネルギーイオン

と同様、核融合プラズマの加熱に重要な役割を果たします。しかし、アルファ粒子がAE不安定性を引き起こす可能性があり、また、AE不安定性が高エネルギーイオンの輸送を引き起こします。この輸送が、核融合プラズマの性能に悪影響を及ぼすかもしれませんし、逆に、核融合プラズマの制御手法の1つになるかもしれません。このため、AE不安定性とこれによる輸送の特性を理解することは、安定した核融合プラズマ、さらには、効率的な核融合プラズマを実現することに貢献できると期待できます。

その研究はどのように行ってきたのですか？そして、これまでの研究成果と、今後、期待できることを教えてください。

AE不安定性の研究は、高周波を用いる手法で行い、現象の理解に貢献してきました。しかし、この手法では高エネルギーイオンの量が少ない、高エネルギーイオンのエネルギーが特定できないなどの問題がありました。そこで、この問題点を解決できる負イオン源中性粒子ビームがJT-60に設置された1996年から、負イオン源中性粒子ビームを用いたAE不安定性の研究を開始しました。

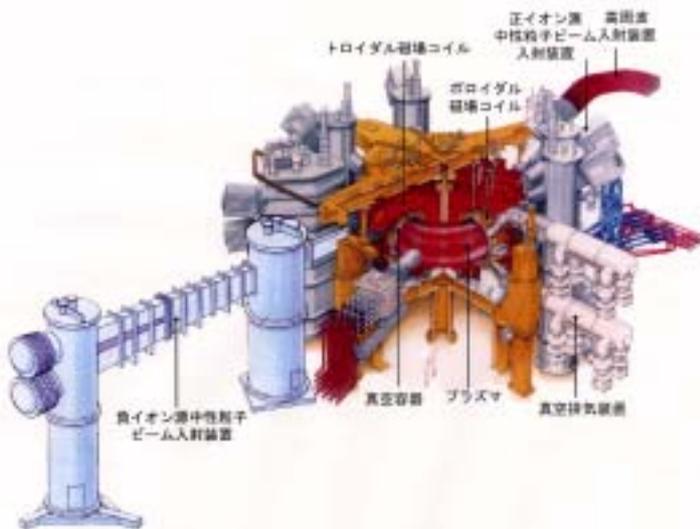
これまでの研究で、AE不安定性の非線形現象の理解とこれによる高エネルギーイオン輸送機構の理解が進みました。また、JT-60におけるAE不安定性の実験領域はITERのアルファ粒子を模擬できる領域にあり、その意義は2000年くらいから高く評価され、その年のIAEA国際会議で紹介されました。さらに、私たちが進めてきた物理機構の理解は核融合プラズマ領域でのAE不安定性を予測する数値計算コードの精度を上げ、最終的にはより安定した核融合プラズマ、さらには、効率的なプラズマの実現に貢献できると期待できます。

今回、プラズマ・核融合学会で論文賞をされましたが、受賞の経緯を教えてください。

AE不安定性の実験で、特に興味のある現象を2つ観測しました。1つは突発的に発生する非線形現象です。もう1つは、核融合プラズマのより経済的な運転に貢献できると考えられる負磁気シア配位運転において、AE不安定性の発生を発見したことです。これらを論文にまとめ、論文賞を受賞しました。

今後は、AE不安定性を核融合プラズマの制御法の1つにするための研究、また、その他のAE不安定性の物理機構の理解を深めるための研究を行っていきます。

臨界プラズマ試験装置JT-60



高速増殖炉の炉心溶融事故の 模擬実験を推進

原子力機構は、日本原子力発電株式会社とカザフスタン共和国の国立原子力研究センターと協力して、高速増殖炉（FBR）の炉心溶融事故を模擬した実験を行う「EAGLEプロジェクト」を推進してきました。これは、今後開発するFBRの設計を行う上で、極めて苛酷な炉心溶融事故が起きても安全性を確保するためにはどうすればよいかを実験的に明らかにするためです。



次世代原子力システム研究開発部門
設計統括ユニット FBRシステムユニット
FBR設計グループ 炉心安全グループ
久保 重信 小西 賢介

EAGLEプロジェクトの目的を教えてください。

従来のFBRの安全評価においては、極めて起こるとは考え難いのですが、原子炉に異常が起きた場合に緊急停止に失敗するような厳しい想定をおいた評価を行っています。このような極端な想定をおくと炉心燃料が溶融しますが、炉心内部に溶けた燃料が溜まり一塊になることにより、核分裂連鎖反応が急激に進んで出力暴走するような仮想的な状況（再臨界問題）まで想定し、それでも事故の影響が適切に抑制されることを示していました。しかし現実には、このような状況は生じにくく、炉心内にある溶融燃料が通り抜けやすい部分（経路）を伝って炉心外に流出する現象が期待されます。溶融燃料が炉心外に流出すれば、周囲にあるナトリウム（冷却材）と接触することで安定に冷却されるとともに、溶融燃料が塊ることなく再臨界が防止され、それ以上事故が進展しない状態に落ち着くことが期待されます。そのため、炉心を設計する上で、再臨界問題を排除できる流出経路付燃料集合体を採用することが検討されています。「EAGLEプロジェクト」の目的は、燃料の炉心周辺への流出挙動を実験的に確かめ、このような設計や安全ロジックが有効に成立することを明らかにすることです。実験は、カザフスタンの研究専用炉IGRを用いた炉内実験と、これを補足する炉外実験とを並行して実施してきました。

どのようなステップで実験を行ってきたのですか？

炉内実験は、小規模実験、中規模実験、大規模実験の3つのステップで進めてきました（図1参照）。

最終的な大規模実験では燃料の流出過程を観察することとなりますが、燃料の流出挙動は燃料溶融に伴って発生する圧力の影響を受けると考えられます。このため、小規模実験で、燃料ペレット約35gをカプセル内で融かし、融ける過程でのカプセル内圧

力の上昇の仕方を調べ、大規模実験での圧力設定方法に反映しました。

流出経路付燃料集合体では、溶融燃料が速



図1 EAGLEプロジェクトにおけるIGR炉内実験計画

やかに経路の壁を破損させて流出するような構造を採用していますが、溶融燃料による壁の破損現象のメカニズムはよくわかっていませんでした。このため、中規模実験では、燃料ピン12本（約2kgの燃料量）をステンレス・スチール製のパイプ内で融かし、高温の溶融燃料によりパイプ壁（3mm厚）が破損する現象を観察しました。

最終的な大規模実験では、燃料ピン75本（約8kgの燃料量）を流出経路（内部ダクト）を設けたジャケット内で融かし、経路壁の破損から経路を通じた下部への流出・移行までの一連の現象を観察しました。実験は3回行いました。最初の1回は経路内にナトリウムがない条件、後の2回は経路内にナトリウムがある条件で行いました。ナトリウムありの2回の実験は、温度を変えて行いましたが、これは、温度の高低の効果を把握するためです。また、ナトリウムなしの実験は、ナトリウムありの実験と比較するデータを取得するために行いました。すべての実験は、昨年8月までに終了しました。

これまでの実験でどのような成果が得られたのですか？

一連の実験から、流出経路壁の破損条件と破損後の流出の様子（図2参照）が把握でき、流出経路付燃料集合体設計が有効であるとの見通しが得られました。これらの結果により、炉心内に適切な燃料流出経路が存在すれば、再臨界問題を排除できるとの可能性を示すことができました。

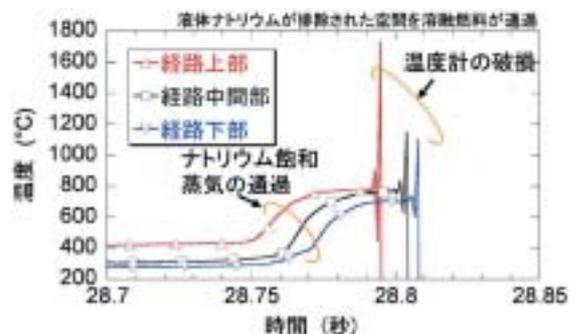


図2 成果の例（早期燃料流出の観察）

今後の計画を教えてください。

大規模実験で流出した燃料の量など確認をするため、現在、実験装置を分解し詳細な測定を行っています。また、次期実験計画として、流出後の冷却される様子までを対象とした実験を検討しているところです。

原子力文献情報を提供する「INISデータベース」

- 日本のINISナショナルセンターとして原子力文献情報の収集・提供を行っている
研究技術情報部原子力情報システム管理課の活動について紹介します -

国際原子力情報システム（INIS：International Nuclear Information System）は、国際原子力機関（IAEA）が中心となり、加盟国において公開される原子力の平和利用に関する文献情報を流通させることで研究開発を支援することを目的に、INISデータベースという形で全世界に原子力文献情報を提供しています。現在、117か国と23の国際機関が参加しています。

直近の3年間では日本の文献情報提供件数の割合は全体の約6%で、国・機関別ではIAEA、ドイツに次いで第3番目です。

INISのしくみ

参加国のナショナルセンターは、自国内で公開された原子力関係の論文や研究機関の報告書などの文献を収集し、INISの収録対象分野に合致するものを選択します。選択した文献は、INISの入力規則に基づいて、文献の目録・分類・文献内容を表す索引語および抄録などからなるインプットレコードを英文で作成し、IAEAのINIS本部へ送信します。INISに提供するデータは、原子力に係る特殊性から長期間の利活用に耐えられるようデータベースの論理的一貫性を持たせるため、熟練した専門家によるデータの編集・加工を行っています。また、市販ルートを通じて入手することが難しい研究機関のレポートや会議資料などの非市販資料については、発行元の許諾を得てその全文の電子ファイルを作成しINIS本部へ送付します。

INIS本部では、参加国から提供されたインプットレコードの品質管理を行い、INISデータベースとして統合します。また、INISデータベースのCD-ROMおよびINIS非市販資料の全文電子ファイルを格納したCD-ROMを作成します。

参加国は、INIS本部からINISデータベースを受領し、国内で独自の検索サービスを行えます。INISデータベースのCD-ROMおよび非市販資料のCD-ROMを有料で利用することができます。

なお、INIS本部が提供するインターネット版についてはIAEAの原子力教育支援の方針により原子力関連の講座・附設機関を持つ大学等学術機関は無償で利用することができます。大学等に重点をおいた利用促進活動の結果、現在国内では51大学・2機関でINISデータベースが利用されています。

INISにおける原子力機構の役割

原子力機構は、国からの指名を受け、INISの日本におけるナショナルセンターとしての活動を行っています。活動内容は、大きく分けて2つあります。

1つは、上記のINISのしくみで説明した原子力関連文献を収



東海研究開発センター
原子力科学研究所 研究技術情報部
原子力情報システム管理課

集し、インプットレコードを作成して提供することです。近年、INISデータベースに追加される文献データは年間約10万件ですが、そのうち日本から提供されるデータは約5,000件です。

もう1つは、日本国内におけるINISデータベースの利用支援および利用促進活動を行うことです。具体的には、既存のユーザーである大学等に出向いて利用説明会を実施したり、日本原子力学会やプラズマ・核融合学会などが主催する研究発表会等の展示会でデモンストレーションを年数回実施してINISデータベースの存在を広報しています。

原子力機構の図書館のホームページで、INISデータベースの紹介と、無料で利用できるインターネット版等の申し込み手順も案内していますので、ぜひアクセスしてみてください。

(URL: <http://jolisfukyu.tokai-sc.jaea.go.jp/ird/index.html>)

今後の計画

国内の原子力情報の収集・提供という仕事は地道な作業ですが、INISでは日本語の論文も全て英文抄録付きで紹介されるため、日本の原子力研究開発情報の国際的な流通促進という観点からも意義のある活動と認識しております。国内原子力情報の網羅的な情報の収集とタイムリーな提供ができるよう今後とも努めていきたいと考えています。

INISデータベースには現在280万件を超える原子力文献情報が収録されております。その中には他の文献情報データベースやGoogle等のインターネットの検索エンジンでは入手することができない貴重な情報も数多く収録されており、研究動向や類似研究テーマの調査等に極めて有効なツールです。しかしながら、まだ十分に活用されているとはいえない状況ですので、今後も広く有効に利活用いただけるよう利用支援・促進活動に力をいれていきます。

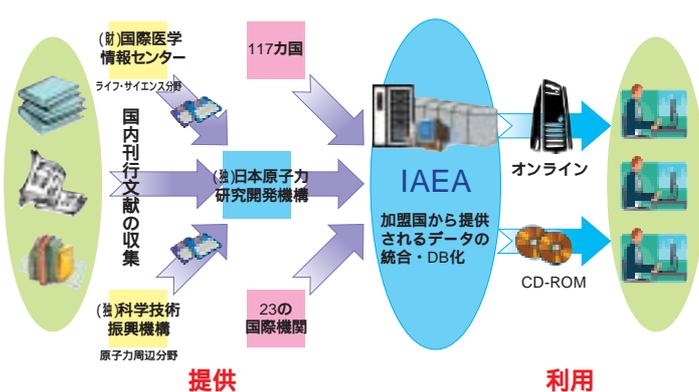
また、原子力知識の枯渇を回避し、正しい情報や知識、経験や技術などを確実に継承することなどを目的に原子力知識管理

INISの収録分野



(Nuclear Knowledge Management) 活動が推進されてきており、IAEAではINIS本部がその担当部署となっています。研究技術情報部原子力情報システム管理課はこの原子力知識管理活動の推進に寄与できるようにしていきたいと思えます。

INISの情報提供・利用体制



ブローダー・アプローチ活動の共同実施のための協力協定に署名

2月5日、麻生太郎外務大臣とヒュー・リチャードソン駐日欧州委員会代表部大使は、外務省飯倉公館において、核融合エネルギーの研究分野におけるブローダー・アプローチ活動の共同実施のための日本国政府と欧州原子力共同体との間の協定に署名しました。

ブローダー・アプローチ活動は、ITER計画を補完し、将来の動力用原型炉のための研究開発の実施及び先進的な技術の開発により平和的目的の核融合エネルギーの早期の実現を目指すもので、この協定の下で、国際核融合炉材料照射施設（IFMIF）のための工学実証及び工学設計活動、国際核融合エネルギー研究センター（IFERC）（以上青森県六ヶ所村）およびサテライト・トカマク計画（茨城県那珂市）の3つのプロジェクトに共同で取り組むものです。この協定の実施期間はITERの建設期に合わせて10年間、920億円の事業費は日欧で平等に負担し、各プロジェクトへの参加は、他のITER加盟国も可能とな

っています。

原子力機構は政府より指定を受けてブローダー・アプローチ活動の実施機関となる予定です。

<http://www.jaea.go.jp/02/news2006/070206/index.html>



麻生太郎外務大臣（左）とヒュー・リチャードソン駐日欧州委員会代表部大使（右）署名の様子

沖縄の監視施設が国際的な認証を取得 —日本のCTBT放射性核種監視施設全てが運用を開始—

原子力機構は、包括的核実験禁止条約(CTBT)で日本国内に設置が定められている3ヶ所（高崎放射性核種監視観測所、東海公認実験施設沖縄放射性核種監視観測所）の放射性核種監視施設について、全ての整備を完了し運用を開始しました。CTBTにおける国際監視制度は、地震波、放射性核種、水中音波および微気圧振動の4つの監視技術を用いた世界321カ所の観測所と16カ所の公認実験施設で構成され、現在その整備が進められています。）放射性核種監視では、核実験の場合、大気中に放出される特有の放射性核種を高感度の観測システムで検出し、

地下核実験の場合、地震波の監視による震源位置の特定と、大気中に放出された微量放射性核種の監視により総合的な評価を行います。原子力機構では、今後も国際核不拡散体制の確立に寄与するため、沖縄、高崎の放射性核種監視観測所、東海公認実験施設の運用と関連技術開発を進め、CTBTによる国際的な監視体制の構築に貢献していきます。

<http://www.jaea.go.jp/02/press2006/p07022303/index.html>

第2回東海フォーラムを開催

2月26日、テクノ交流館リコッティ（茨城県東海村）において「原子力の新時代を拓く研究開発」をテーマに、第2回東海フォーラムを開催しました。

約210名の参加のもと、鈴木東海研究開発センター長による挨拶と「東海研究開発センターの事業について」の報告に始まり、量子ビーム応用研究部門 岡田副部門長より「いのちや暮らしに密着した量子ビーム利用」、次世代原子力システム研究開発部門 杉山副部門長より、「進化する核燃料サイクル技術」についてそれぞれ報告を行いました。

その後、前原子力安全委員会委員長の松浦祥次郎氏による「安全と安心」と題したご講演をいただきました。

参加された方からは「東海研究開発センターの事業内容、必要性がわかった」、「説明がわかりやすかった」等の感想をいただき、盛会裏に終了することができました。



松浦祥次郎氏による講演の様子

原子炉を用いたがん治療研究が100例を突破 –原子力技術を用いて先端のがん治療法の確立に貢献–

原子力機構では、研究用原子炉（JRR-4）を用いて、筑波大学をはじめとした医療機関が行う先端のがん治療法であるホウ素中性子補足療法（BNCT：Boron Neutron Capture Therapy）の臨床研究に貢献していますが、平成19年1月にJRR-2とJRR-3を含めた臨床件数が100例を突破しました。

BNCTは、中性子を用いる放射線治療の一種であり、がん細胞を選択的に破壊できるという特徴から、有効な

治療法がない悪性脳腫瘍などの治療法として注目されています。

原子力機構は、原子力技術の医療応用を促進するため、今後も筑波大学などの医療研究グループや地域病院と連携して先端のがん治療法の確立に貢献していきます。

<http://www.jaea.go.jp/02/press2006/p07021601/index.html>

原子力機構 原子力研修センター講座のご案内

原子力機構では、幅広く原子力関係の人材養成のための研修を行っております。

「第一種放射線取扱主任者講習」

コース概要 本講習は、「放射性同位元素等による放射線障害の防止に関する法律」に基づき、第一種放射線取扱主任者免除交付申請の資格を取得される方を対象に行っています。

第1種放射線取扱主任者の免状を取得するためには、第1種放射線取扱主任者試験に合格後、本講習を受講する必要があります。期間内に放射線安全管理等の講習、非密封放射線物質の安全取扱いや各種の測定実習を行います。講習修了後、文部科学大臣に対して免状交付の申請を行うことが必要になります。

対象者 第一種放射線取扱主任者試験に合格している方。

開催日 第152回：5月14日～5月18日（5日間）
第153回：5月21日～5月25日（5日間）

申込締切日 先着順（定員になり次第、締め切らせていただきます。）

会場 原子力機構 東海研究開発センター
原子力科学研究所 研修講義棟
〒311-1195
茨城県那珂郡東海村白方白根2-4

募集人員 各回 32名

受講料 170,205円（税込）



申込に必要な書類	ホームページの当該当講習箇所からダウンロードください。 (http://www3.tokai-sc.jaea.go.jp/nutec/index.htm)
講習に関するお問い合わせ先	原子力機構 原子力研修センター TEL 029-282-5667 http://www3.tokai-sc.jaea.go.jp/nutec/

原子力機構よりお知らせ

原子力機構に対するご意見、ご質問、お問い合わせなど、皆様の声をお寄せ下さい。

原子力機構 広報部 広報課
〒319-1184 茨城県那珂郡東海村村松4番地49
電話：(029)282-1122 FAX：(029)282-4934
www-admin@jaea.go.jp
その他、各拠点でも受け付けております。

メールマガジンの発信申込みについて

原子力機構は、メールマガジンにより情報を発信しています。このメールマガジンでは、原子力機構の最新のプレス発表、イベント開催の案内などの情報を随時お知らせいたします。配信を希望される方は、下記ホームページよりお申込みください。

<http://www.jaea.go.jp/index.shtml>

● 原子力機構の共用施設 ●

AVF サイクロトロン

高崎量子応用研究所



< 概要 >

高エネルギーイオン照射装置

< 用途 >

材料、バイオ等の照射試験及びRIの製造

共用施設に関する問い合わせおよび申込み先

原子力機構 産学連携推進部 施設利用課

TEL 029-282-6260

ホームページ http://www.jaea.go.jp/03/3_3.shtml



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>



R100

JAEAニュースは古紙配合率100%の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。