

# FNCA ニュースレター

## アジア原子力協力フォーラム Forum for Nuclear Cooperation in Asia

2004年7月

No.9

### 内 容 <ページ>

原子力委員長からのメッセージ	1P
2004年度FNCA活動計画	2~3P
コーディネーター会合	
ハイライト紹介	4~6P
Tcジェネレーター	
プロジェクト紹介	7~9P
FNCAとは	10P

## 原子力委員長からのメッセージ アジア原子力協力の課題



原子力委員会  
委員長  
近藤 駿介

昨年は、国連総会において米国のアイゼンハワー大統領が「平和のための原子力」と題する演説を行ってから50年の年にあつたため、多くの記念行事が行われました。この演説は、読み返す度にこれを聴いた人々の感激を想像でき、人類の将来に対して現世代が英知を結集して取り組む決意を表明したものとして長く記憶されるべきものと思います。

この演説は、やがて設立される国際原子力機関（IAEA）の力を農業、医療、その他の平和的活動のニーズに供するために専門家を動員することの根拠となりえたが、電力の不足している地域に豊富な電力を供給することをその特別の目的であるとしています。IAEAは、第一に原子力発電、第二に診断、ラジオグラフィ、核医学、放射線治療の分野、そして第三に工業プロセス、植物の品種改良、食品安全、滅菌、水管理の分野でこの演説が託した責任を果たしてきたと思いますし、これからも人類社会の持続的発展に対する原子力科学技術の貢献を拡大していくことに積極的に取り組んでいかれると確信しています。

ところで、アジア地域においては、安定した国内環境、卓越した政治的リーダーシップ、健全なマクロ経済政策および地域の平和に支えられて、経済発展が国家的課題として一貫して追及されてきました。その結果、産業育成により雇用機会の増大、生活水準の向上、国内資

本の蓄積が進んでいます。この地域においては、今後とも、これらの成果の上に、域内諸国が互いに多様性を尊重しつつ、地域の平和と安定と繁栄を求め、公平な市場を実現しつつ、成長を志向する開発活動が継続されていくと考えられます。

このためになにより重要なのはよい統治を実現するリーダーシップの存在ですが、こうした取り組みを地域的および国際的なレベルでも支援し、補完していくことも重要です。具体的には、資金協力や技術協力、関係国間のパートナーシップとオーナーシップを支える開発協力、さらにはいわゆる南南協力による開発経験の共有と伝播を促進することです。アジア原子力協力フォーラム（FNCA）はわが国原子力委員会が、このような問題意識から10年にわたる各国のリーダーとの会合の成果を踏まえて設置した原子力分野の協力の枠組みであり、毎年の大規模会合を通じての政治的リーダーシップの合意の下に、協力プロジェクトのテーマを見出し、このテーマの推進に関して関係各国のパートナーシップとオーナーシップを支える協力活動を行っていくことが期待されています。

今年度からは、この地域の持続的発展に原子力発電が果たす役割について検討し、協力プログラムを開発することに着手することになりました。このためには適切な原子力安全とセキュリティに係るインフラストラクチャーが整備されることが必要です。この整備は基本的には国家の統治に係ることですが、同時に、その性能が域内の原子力活動に影響しますから、FNCAがこれに協力し、同時にその状況を評価することが、パートナーシップとオーナーシップを支える協力の一例として強調されていいでしょう。関係者のご尽力でFNCAが域内における平和のための原子力利用活動の進展に今後とも意義ある貢献をなされることを心から祈念する次第です。

## 2004年度FNCA活動計画固まる

第5回大臣級会合は11月30日、12月1日にベトナムで開催

2004年度のFNCA活動計画が固まってきた。次ページの2004年度FNCA活動スケジュールに示すように、大臣級会合をベトナムで開催するほか、8月のインドネシアでの放射線育種ワークショップを皮切りに、8分野11プロジェクトのワークショップを各国で開催する。日本では、例年3月に開催するコーディネーター会合に加え、今年度から開始する「アジアの持続的発展における原子力エネルギーの役割」を検討する第1回パネル会合を10月に開催する予定である。また、上咽頭がん放射線治療のミニワークショップを放射線医学総合研究所で7月に開催する。

### ベトナムで第5回大臣級会合

11月30日 - 12月1日、ハノイで

3月に開催されたコーディネーター会合で、ベトナムのコーディネーターであるタン原子力委員長より、本年度の第5回大臣級会合を、「アジアの原子力人材開発協力」を基調テーマとして、ハノイで開催したいとの提案がなされた。現在、11月30日上級行政官会合（SOM）、12月1日大臣級会合という日程で各国に案内中である。今後、基調テーマに合わせた全体プログラムをベトナム側と詰めていく。

なお、大臣級会合は日本と海外で交互に毎年開催することになっている。第7回（2006年）の開催をマレーシアとフィリピンのコーディネーターが希望し、両国間で調整したところ、第7回会合がマレーシアに決まり、フィリピンは2008年の第9回会合の開催を希望することとなった。



会場として予定されているメリア・ハノイ・ホテル

### 11プロジェクトのワークショップ等の開催日程

8分野11プロジェクトのワークショップ（WS）またはプロジェクトリーダー（PL）会合の開催計画が固まってきた。これらのWS、PL会合は各国持ち回りで開催されているが、2004年度は次ページに示すようにタイ（研究炉利用、医学利用、原子力広報）、インドネシア（放射線育種、原子力安全文化）、マレーシア（放射性廃棄物管理、人材養成）、中国（電子加速器利用）、ベトナム（バイオ肥料）で開催される。

### 「アジアの持続的発展における原子力エネルギーの役割」パネル会合、10月に日本で

アジアは世界で最も経済成長が著しく、エネルギー消費が急激に増加している地域である。2004年度から、この地域のエネルギーと環境の問題を検討する「アジアの持続的発展における原子力エネルギーの役割」をテーマとするパネルの活動が開始されることになり、その第1回会合を10月に日本で開催することで準備を進めている。

このパネルは、FNCA参加国のエネルギー、環境および原子力分野の政策担当者および専門家によって、各国の2030年および2050年といった長期の総合的なエネルギー需給を見通し、その中で、原子力発電を中心とした原子力エネルギーの役割を、エネルギーの安定供給、環境への影響、経済性の観点から検討評価するものである。また、安全確保や廃棄物管理等の原子力発電を導入する場合の課題についても検討していく。

2006年度までの3カ年で検討を終え、成果を提言としてまとめる予定である。各国のエネルギー・環境政策の策定に役立てるとともに、京都議定書の対象期間（2008-2012年）以降の炭酸ガス排出削減の見直しなど、各国の政策に反映されることが期待されている。

### 「上咽頭がん放射線治療ミニワークショップ」は7月23-24日、千葉市放射線医学総合研究所で

上咽頭（咽〔のど〕より上部で脳より下部）がんの放射線治療ミニワークショップを、千葉市の放射線医学総合研究所で7月23日、24日に開催する。

これは、来年度から開始する上咽頭がんの化学放射線療法臨床研究の治療手順書作成に備えるもので、各国が所持する医療機器や診断・治療方法について情報交換し、標準治療法の議論を行う。上咽頭がんは、頸椎や脳下垂体、眼球など重要な組織のある複雑な部位にあるため手術が困難であり、しかも比較的アジア人に罹患率が高いといわれている。

2004年度のFNCA活動計画

会合/WS		会合/WS開催国・日程	活動概要
FNCA大臣級会合		11月30日、12月1日 (ベトナム)	FNCA参加国の大臣級会合参加者によるアジア地域での原子力平和利用に関する協力の政策討議
FNCAコーディネーター会合		2005年3月 (日本)	FNCAプロジェクトの効率的運営や創設、FNCA体制のあり方などを討議
「アジアの持続的発展における原子力エネルギーの役割」パネル会合		10月 (日本)	FNCA参加国の2030年、2050年の長期エネルギー需給見通しから、原子力の役割を検討。2004年度から3カ年で報告書と提言をまとめる予定。
<8分野のプロジェクト活動>			
研究炉利用	テクネチウム・ジェネレータWS	2005年1月17～21日 (タイ)	FNCA参加国が輸入に頼っている核医学診断用のテクネチウム (Tc-99m) の簡便な製造方法の開発。
	中性子放射化分析WS		大気汚染防止を目的とした中性子放射化分析による大気浮遊塵分析のための標準手法の開発。
	中性子散乱WS		小角中性子散乱 (SANS) 技術を用いた天然および合成高分子材料の評価技術の確立。
農業利用	放射線育種WS	8月30日～9月3日 (インドネシア)	乾燥に強い大豆やソルガム、耐虫性のラン、耐病性のバナナの品種開発研究およびデータベースや突然変異育種マニュアルの作成。
	バイオ肥料WS	日程調整中 (ベトナム)	空気中の窒素を固定する根粒菌や、リン等植物の養分吸収を助ける菌根菌などの微生物資材を利用したバイオ肥料の開発。
医学利用	放射線治療WS	12月13～17日 (タイ)	アジアに多い子宮頸がん等を対象とした放射線治療の標準治療手順の共同臨床研究を実施。新たに抗がん剤との併用による研究を開始。
	上咽頭がん放射線治療ミニWS <sup>注1)</sup>	7月23～24日 (日本)	放射線と抗がん剤を併用する上咽頭がん化学放射線療法の治療手順書作成準備のための会合。
原子力広報PL会合		10月25～29日 (タイ)	FNCA参加国の広報活動への支援。原子力広報を目的に各国に専門家を派遣するスピーカースピーローや各国高校生を対象とした放射線利用に関するアンケート調査結果の評価・活用等。
放射性廃棄物管理	放射性廃棄物管理WS	9月27日～10月1日 (マレーシア)	FNCA参加国の放射性廃棄物管理の現状、法規制体系、組織などに関する情報交換およびテノルム管理タスクグループの調査の報告と取りまとめ等。
	テノルム (TENORM) 管理タスクグループ調査 <sup>注2)</sup>	8月2～6日 (中国) 8月23～27日 (タイ)	自然起源の放射性物質 (テノルム) の安全管理についての情報交換、現状把握、国際的動向への対処についての調査・討議と共通認識の取りまとめ。
原子力安全文化WS		12月13～17日 (インドネシア)	安全文化指標や良好実践事例などの国別調査を通じた各国の原子力安全文化促進活動、および研究炉のピアレビュー (相互評価) 活動。
人材養成WS		10月4～7日 (マレーシア)	FNCA参加国での原子力人材養成のニーズ調査を踏まえた人材養成戦略の検討等。
電子加速器利用WS		9月6～10日 (中国)	FNCA参加国への低エネルギー電子加速器の工業利用 (材料開発や環境浄化) の普及活動。

注1) 上咽頭がん放射線治療ミニWSは放射線治療プロジェクトの活動の一環 (本年度限りの活動)

注2) テノルム管理タスクグループ調査は放射性廃棄物管理プロジェクト内の活動の一環

## 第5回コーディネーター会合ハイライト紹介 放射線利用分野で成果を上げるFNCAプロジェクト

内閣府・原子力委員会と文部科学省の主催により、第5回アジア原子力協力フォーラム(FNCA)コーディネーター会合が3月3日から5日、東京で開催された。この会合では、「アジアの持続的発展における原子力エネルギーの役割」を検討するパネルの設置に合意するとともに、マレーシアが提案した核医学診断のプロジェクトの2005年度からの開始が承認された。この会合には各国コーディネーターに加え、農業利用(中国、ベトナム)、医学利用(マレーシア、フィリピン)、研究炉利用(インドネシア、タイ)の専門家が加わり、日本のプロジェクトリーダーとともに、FNCAプロジェクトの成果と計画について討議した。放射線利用分野の主要成果と会合での各国からの報告のハイライトを紹介する。

### 新たに2つの活動開始で合意 - パネル設置とマレーシア提案の核医学診断プロジェクト

第5回コーディネーター会合では、新たに日本提案の「アジアの持続的発展における原子力エネルギーの役割」検討パネルの設置、マレーシア提案の「医療でのPET(陽電子放出断層撮影法)、サイクロトロンならびにラジオアイソトープの利用」(核医学診断)プロジェクトの2005年度からの実施が決まった。

ここではマレーシアが提案した核医学診断プロジェクトの概要を紹介する。

### 核医学診断プロジェクトは途上国が主導する初のプロジェクト

核医学診断とは、サイクロトロンを使って短半減期の陽電子を放出するアイソトープ(例えば、F-18)を製造し、それを含む医薬をがん患者に投与して診断するもの(PET)で、早期がんの発見に極めて効果的なものである。今回のプロジェクト提案は、マレーシア政府が2004年度よりこの装置の導入を計画することに伴うものである。FNCA参加国にはすでにPETを利用している国もあるが、今後PETを導入する国にとって必要となる設備や人材養成についての経験交流がこのプロジェクトの目的である。

なお、この提案は、途上国であるマレーシアが主導するプロジェクトであるという点から、パートナーシップの協力の進展という意味で高く評価されている。



### 放射線利用分野での2003年度の成果

#### (1) 子宮がんの放射線治療

アジアの女性死亡原因の上位を占めている子宮がんの放射線治療効果を高めることを目的として、治療マニュアルの作成と各国での治療への利用を進めてきた。すでに5年後生存率53%という良い成績を得ているが、新たに抗がん剤と放射線の併用法の臨床試験を2003年度から開始した。また、頭頸部がんの放射線治療の最適化の検討を開始した。

#### (2) 放射線育種法で生産性の高い新品種を開発

食糧の確保はアジアの貧困削減に向けた重要課題であ

### 第5回コーディネーター会合プログラム

主催：日本原子力委員会、内閣府、文部科学省

日程：3月3日(水)～5日(金)

場所：東京都(新宿) 京王プラザホテル

開会セッション

セッション1：2003年度の成果および沖縄での第4回FNCA大臣級会合の概要報告

セッション2：FNCA活動の進展に関するカントリーレポート

セッション3：2004年度に開始する活動について

(1)「アジアの持続的発展における原子力エネルギーの役割」を検討するパネル

(2)「医療でのPET(陽電子放出断層撮影法)サイクロトロンならびにラジオアイソトープの利用」プロジェクト

セッション4：FNCAプロジェクトの実施効率を改善するための討議

特別講演「RCA活動」：Mr. ディアス(IAEA RCA地域コーディネーター)

セッション5：8分野11プロジェクトの進展状況と今後の計画

閉会セッション：議事録まとめ

り、中国、インドネシア、マレーシア、フィリピン、ベトナムなど乾燥土壌の多い国で、乾燥に強い大豆、ソルガム（高粱：こうりゃん）の品種開発が成果をあげつつある。また、新たに耐虫性のランおよび耐病性のバナナの開発を目的とする放射線育種研究をタイ、マレーシア、インドネシアなどの参加を得て開始した。

### (3) バイオ肥料への放射線利用

根粒菌などの微生物を利用して空気中の窒素固定化率を高め、豆科植物の増産を目的とするバイオ肥料の製造の研究と普及活動を実施している。2003年にはベトナムでピーナッツ栽培に応用するフィールド試験を実施し、その効果がワークショップの際に報告された。各国では稲、大豆などへの適用も進めており、今後は、根粒菌の培養を促進させるために菌の担体となるビートや土壌を放射線照射で滅菌する方法を検討する予定である。

### (4) 研究用原子炉での医薬品製造

病気の早期診断に有効で、核医学に不可欠なラジオアイソトープ医薬品(テクネチウムジェネレーター)を研究炉を用いて製造できる技術の開発に、日本とインドネシアの協力で成功した。今後の課題は各国への普及である(本紙7-9ページに詳細)

### (5) 電子加速器の産業利用

電子ビームを固体、液体、気体状の物質に照射して、有用な材料の製造や環境浄化に利用することを目指して



会合に参加した各国代表ら

いる。2003年はマレーシアにおいて水に溶かしたデンプン化合物に照射してハイドロゲルのフィルムを製造する液体モデルの試験を行った。2004年は中国で排ガス浄化への利用のデモンストレーションを予定している。このプロジェクトを契機として、タイ、ベトナム、フィリピンではプロセス用電子加速器の設置計画が進んでいる。

### 研究炉ピアレビューで炉の改善が進展

#### 原子力安全文化

ベトナムダラト原子力研究所研究炉(DNRR)で実施した第1回の研究炉安全文化のピアレビューの成果がベトナム政府に報告されたことによって、研究炉の改善が進展している。ピアレビューで原子炉制御盤のマン・マシン・インターフェース向上の勧告を行ったが、これを受け、ベトナム政府はIAEAから資金の一部を得ることにより改善を進めており、2004年度中に完了する見通しである。

### プロジェクト評価の実施

今回の会合で、具体的な基準によりプロジェクトの評価を実施することが決まった。プロジェクトは原則として3年ないし5年で区切りをつけて進めることになっており、2004年または2005年のワークショップにおいて、プロジェクト毎に社会・経済的な観点と科学技術的な観点から評価を行う。その結果はコーディネーター会合で審議され、最終的にはFNCA大臣級会合に報告されることになる。



コーディネーター会合後のテクニカルツアーで放射線医学総合研究所の重イオンがん治療施設を見学する各国代表ら

### 参加した各国コーディネーターまたは代表者

- 日 本:** 町末男  
FNCA日本コーディネーター、原子力委員
- オーストラリア:** ジョン・フレデリック・イージー  
原子力科学技術機構 上級研究科学官
- 中 国:** 黄 瑾  
国家原子能機構 国際合作司次長
- インドネシア:** フディ・ハストウォ  
原子力庁 原子力技術・エネルギー開発担当次官
- 韓 国:** ヨン・バエ・チェ  
科学技術部 原子力局 原子力際協力課長
- マレーシア:** アドナン・ハジ・カリッド  
原子力庁 企画対外関係部長
- フィリピン:** アルマンダ・M・デラロサ  
原子力研究所所長
- タ イ:** バトム・ヤムケ  
原子力庁長官
- ベ ト ナ ム:** ヴオン・フー・タン  
原子力委員会委員長
- I A E A:** プリナス・ディアス  
技術協力局 アフリカ東アジア太平洋課  
RCA地域コーディネーター

コーディネーター会合での各国からの報告ハイライト

**中国**

秦山 原子力発電所の初号機であるCANDU炉の建設計画に続き、2月には秦山第 2号機が予定よりも4カ月早く営業運転を開始した。これにより、中国では、東部および南東部沿岸地域に合計出力600万kWを上回る3つの原子力発電サイトが建設されたことになる。現在、原子力発電は中国の総発電電力量の1.5%を供給しており、建設中の3基の原子力発電所も、来年と再来年に送電開始する予定。また、4年前に完成した高温ガス炉（HTGR）では、様々な科学試験で良好な結果が得られているほか、建設中の高速増殖炉が間もなく臨界の見込み。中国原子能機構（CAEA）では、国内FNCA活動を支援するための特別基金を設けている。

**インドネシア**

インドネシアは昨年、原子力広報に力を入れており、原子力庁（BATAN）では2003年、大学、地域・地方政府および他の政府の研究機関との協力で、10回の移動展示会を開催した。ジャカルタにあるBATANの展示館にも年間1,700人の高校生が見学に訪れた。さらに、2003年には、放射線の農業利用などをテーマとした2つの視聴者参加型のテレビ番組と4つのラジオ番組が放送された。BATANの研究所長が視聴者からの質問を受けるなどの番組が組まれた。

**韓国**

韓国では、18基の原子力発電所が順調に運転しており、国内電力供給の約40%を占めるに至っている。現在、140万kW級の次世代型炉（APR1400）が2004年の着工を目指して開発中であるほか、中小型炉についても、熱出力6万5,000 kWの「システム一体・新型モジュール炉プロジェクト」（SMART-P）が開始された。

一方、放射線利用では、2010年までに国内原子力産業全体に占める放射線技術の産業シェアを30%に引き上げるよう、「放射線新技術研究開発センター」が目下建設中である。

**マレーシア**

現在、マレーシアで突然変異育種を行えるガンマルームやガンマセルなどの施設は全部で4カ所ある。しかし、大量の大型植物を成長時に低線量で照射することができるガンマフィールドやグリーン・ガンマハウスのような照射施設が国内にはない。MINTでは、このような照射が可能な施設を2005年半ばの操業開始を目指して建設中である。

**フィリピン**

フィリピンでは、低・中レベル放射性廃棄物については、浅地層処分場の立地選定が進行中で、現在、選定プロセスの第二段階にある。土地利用や交通、地質学、水文学、水文地質学、治安、環境宣告書などの要素に基づき、9つの候補地が特定された。これらは、さらに3カ所に絞られることになっている。

PNRIでは、広報にも力を入れており、見学会、講演会と合わせて、このほど「原子、放射線および放射能」と題するCD-ROMを作成した。

**ベトナム**

ベトナムでは、放射線による突然変異育種の成果として、「DT90」といった有望な大豆品種が選抜され、国家認定を受けた。ほかにも、高収量、高品質、高温耐性に優れた「DT95」、「DT99」、「DT55」、「DT83」、「DT2001」などの大豆品種が生み出されており、これらは、ベトナムのあらゆる地域で三毛作栽培が行われている。

**タイ**

タイにおける原子力安全文化の継続的な向上は、原子力開発利用に関連した国策の1つである。安全文化向上の変化は緩やかで、その変化は原則的に組織の管理文化やリーダーシップの影響が大きいが、継続的な努力が必要である。タイは安全についてハイレベルの政策と管理コミットメントを有しているほか、FNCA原子力安全文化プロジェクトの活動を強化するため、必要な情報および機会を国内関係者に提供すべく、IAEAと密接に協力する政策をとっている。

**オーストラリア**

オーストラリアでは、中性子散乱、シンクロトロン放射光およびそのエックス線研究の中核機関として、2002年12月にオーストラリア原子力科学技術機構（ANSTO）のブラグ研究所が発足した。同研究所の活動には、「オーストラリア放射光研究プログラム」に基づく、日本、米国および台湾の放射光施設利用、現行の「HIFAR」炉と2005～06年に運開予定の新研究炉での中性子散乱研究なども含まれる。なお、オーストラリアは新たに、FNCAの原子力広報プロジェクトに参加することを表明した。

トピックス Tc (テクネチウム) ジェネレータープロジェクト紹介

核医学診断を支えるラジオアイソトープ：テクネチウム-99m  
環境にやさしい製造法の普及を目指して

病院などの医療機関で診断や治療に様々なラジオアイソトープ（以下RIと略）が使用されています。なかでもテクネチウム-99m ( $^{99m}\text{Tc}$ ) の使用量は年々増加の一途をたどっており、日本では診断用および治療用を合わせたRIの全使用量の80%以上を占めています。しかし、アジアでは多くの国が $^{99m}\text{Tc}$ 製造と供給を海外に頼っています。このため、FNCAでは、研究炉利用プロジェクトの一環として各国の実情に応じた $^{99m}\text{Tc}$ の製造技術を開発し普及するための活動を続けています。今号では、そのような技術を可能とする新しい高分子材料を使った画期的な $^{99m}\text{Tc}$ 発生装置（ジェネレーター）について紹介します。

1. テクネチウムとは？

テクネチウムは自然界には存在しない元素で、1937年にイタリアの物理学者ペリエとセグレによって初めて人工的に造り出されました。したがって「人工の」という意味のギリシャ語tekhnetosにちなんでtechnetiumと命名され、それまで空欄となっていた周期律表の43番元素の位置を占めることになりました。テクネチウムにも多くの同位体がありますが、なかでも質量数99m（mは準安定状態を示す）のものは、放射線検出が容易な140 keVのガンマ線のみを放出し、半減期も6時間と短く、生体組織を損傷させやすい線や線を出さないため人体に負担の少ない検査用RIとして重要視されています。化学的には7価の元素なのでいろいろな臓器親和性の医薬品と結びつきやすい性質をもっており、がんや腫瘍の位置を検出したり臓器の機能を診断するために盛んに利用されています。

2. テクネチウム-99mを得るには

原子炉内で天然モリブデンまたは濃縮ウランに中性子を照射して得られます。ただし直接 $^{99m}\text{Tc}$ が得られるわけではなく先ず親核種のモリブデン-99 ( $^{99}\text{Mo}$ ) を製造します。 $^{99}\text{Mo}$ は66時間の半減期で崩壊して $^{99m}\text{Tc}$ になります。従って $^{99}\text{Mo}$ を適当な吸着材を詰めたカラム内に保持しておけば、 $^{99m}\text{Tc}$ は常にその中で発生し続けているので、医療現場で必要なときに生理食塩水を流し $^{99m}\text{Tc}$ だけを溶解分離して取り出すことができます。溶解した後はまた $^{99m}\text{Tc}$ がカラム内に蓄積されますので、この過程を繰り返すことができます（図1）。この操作を牛の乳絞りになぞらえてミルクングと言いますが、この目的に合うように設計された持運び可能な装置を $^{99}\text{Mo}$ - $^{99m}\text{Tc}$ ジェネレーターまたは $^{99m}\text{Tc}$ ジェネレーターといいます（図2）。

3. 親核種の $^{99}\text{Mo}$ を製造する方法

(1) 天然モリブデンの放射化による (n,  $\gamma$ ) 法

Moの同位元素のうち $^{98}\text{Mo}$ の存在比は24%です。これに原子炉内で中性子 (n) をあてると $^{99}\text{Mo}$ になります。

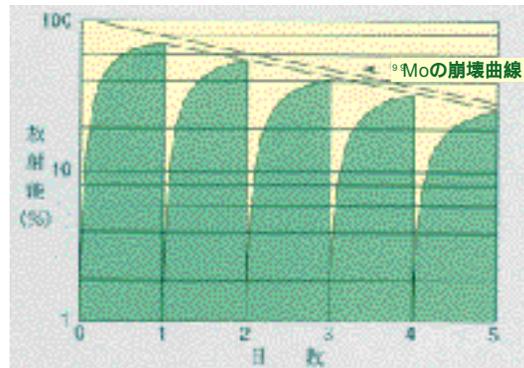


図1 ジェネレーター中の $^{99}\text{Mo}$ の崩壊曲線と $^{99m}\text{Tc}$ の生成曲線（図は1日1回ミルクングを行う場合。病院では2週間程度使用する。）  
<日本メジフィジックス社パンフレットより>

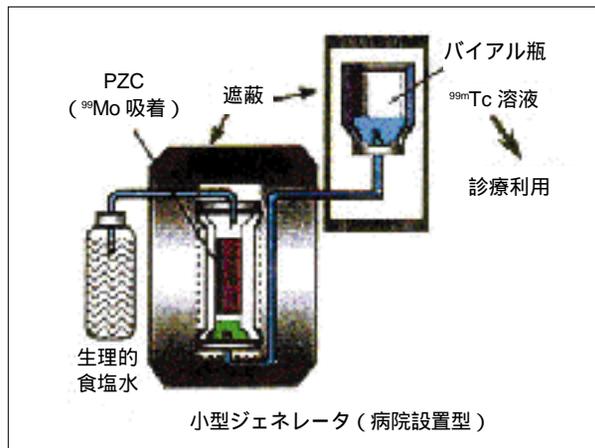


図2  $^{99}\text{Mo}$ - $^{99m}\text{Tc}$ ジェネレーター概念図

この反応を $^{98}\text{Mo} (n, \gamma) ^{99}\text{Mo}$ と表わします。この方法による $^{99}\text{Mo}$ は他の質量数のMoで薄められてしまうので、Mo原子1 gあたりの放射能（比放射能という）が10 Ci/g程度以下になってしまいます。しかし、この方法では天然モリブデンを原子炉で照射した後、水酸化ナトリウム水溶液で溶解するだけという簡単な工程で $^{99}\text{Mo}$ が得られ、廃棄物の発生も非常に少ないという大きな利点があります。

(2) ウランの核分裂による (n, f) 法

テクネチウム発見の翌年1938年にドイツのハーンらに

よってウラン-235 ( $^{235}\text{U}$ 、天然存在比0.7%) に中性子を当てると核分裂が起こることが発見されました。100回の核分裂につき約6個の $^{99}\text{Mo}$ 原子が得られることがわかっています。この反応を $^{235}\text{U} (n, f) ^{99}\text{Mo}$ と表現することができます。原理的にウランが分裂してできた $^{99}\text{Mo}$ だけを集めるのですから、この場合の比放射能は非常に高く10,000 Ci/g以上にも達します。

#### 4. 従来技術による $^{99}\text{Mo}$ - $^{99\text{m}}\text{Tc}$ ジェネレーター

$^{99}\text{Mo}$ - $^{99\text{m}}\text{Tc}$ ジェネレーターを構成する要素のうち、最も重要な部分は $^{99}\text{Mo}$ を保持し、かつ必要に応じて $^{99\text{m}}\text{Tc}$ を離脱させることができる吸着体です。従来技術ではアルミナを充填したカラムが使用されてきました。その場合、吸着能力は、アルミナ1gに対してモリブデンの量はわずか2mg程度と低く、どうしても比放射能が高い(n, f)法による $^{99}\text{Mo}$ を使わざるを得ません。さもないと溶離した $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 溶液の放射能濃度が低すぎて医療現場での実用に堪えないからです。

しかし(n, f)法による $^{99}\text{Mo}$ の製造では、濃縮ウランからの核分裂廃棄物が大量に発生します。その中にはいくつかの有用な核種もありますが、半減期が何百万年、何千万年という長寿命核種も多く含まれています。そのうえ $^{99}\text{Mo}$ を抽出するための工程が非常に複雑で、揮発性RIや強酸性溶液などを取り扱うための厳重な遮蔽と重装備の施設が必要です。従って技術的にもコスト的にもまた核物質管理や環境保全の観点からも多くの問題点が指摘されています。

これまでも(n, )法による $^{99}\text{Mo}$ を使用して $^{99}\text{Mo}$ - $^{99\text{m}}\text{Tc}$ ジェネレーターを実現しようという試みが全くなかったわけではありません。例えば溶媒抽出法、ゲル法、昇華法などがあります。しかし(n, f)法による $^{99}\text{Mo}$ - $^{99\text{m}}\text{Tc}$ ジェネレーターを凌駕するほどの技術体系として世界的に普及するまでには至っていません。

#### 5. 新しいモリブデン吸着材PZCの出現

ところが1996年、日本原子力研究所と株式会社化研は新しいモリブデン吸着材の開発に乗り出し、モリブデンと強く結合するジルコニウムに着目して四塩化ジルコニウムとイソプロピルアルコールを材料とした無機高分子化合物の合成に成功しました。これは高分子ジルコニウム化合物(PZC)と名付けられ、日本および米国で特許権が取得されています。この発明は画期的なもので、当時の科学技術庁による注目発明にも選定されました。そしてこのPZCは1gで280mg以上のモリブデンを吸着するという、実にアルミナの140倍以上の吸着能力をもつことが実証されました。したがって比放射能が、(n, f)法

による $^{99}\text{Mo}$ に比べて非常に低い(n, )法による $^{99}\text{Mo}$ を使用しても、十分に実用的な $^{99\text{m}}\text{Tc}$ ジェネレーターを実現することができます。

#### 6. FNCAプロジェクトとして

FNCAでは上に述べた新技術の可能性に着目して、2001年北京において開催された研究炉利用ワークショップの中で「PZCを用いた $^{99\text{m}}\text{Tc}$ ジェネレーター技術の確立と普及」に関するプロジェクトの具体的な計画について討議し、実施計画を策定しました。そしてFNCA加盟8ヶ国の参加のもと、両三年を目途に開発を進めていくことになりました。



写真1 インドネシアBATANの遮蔽セル内に設置されたローディングマシン

一方、化研はすでにインドネシア原子力庁(BATAN)との間にPZCによる $^{99\text{m}}\text{Tc}$ ジェネレーターの研究開発を開始していたので2002年度と2003年度のワークショップはインドネシアのジャカルタ市郊外にあるBATANの研究施設内で開催しました。FNCAは各国における実験に必要なPZC試料の供与を行ってきました。各国実験ではジェネレーターの性能を端的に表す三つの要素、PZCの $^{99}\text{Mo}$ 吸着率、 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ の溶離率、 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 溶離液中への $^{99}\text{Mo}$ の脱離率について報告を求め、ワークショップにおいて評価検討を行いました。特に2003年度の各国実験にあたっては、2002年度中の結果を踏まえてジェネレーターの調製工程の標準化を行い、各国のデータを客観的に比較検討できるようにしました。

また、2003年度には、ジェネレーターの心臓部である $^{99}\text{Mo}$ 吸着カラムを、より安全に、効率的にかつ品質一定となるように生産するための、遠隔操作型ローディングマシンの設計製作を行いました。これは一定の条件(90、3時間攪拌)で $^{99}\text{Mo}$ をPZCに吸着させ、1バッチあたり最大8本のカラムに吸着済みPZCを配分し充填するものです。本装置は化研の機能材料研究所において組み立て調整を行った後、インドネシアに空輸され

BATANの遮蔽施設内に設置されました（写真1）

このように、BATANIは化研との協力研究を通じてPZC型ジェネレーター技術を蓄積して、日本とともにFNCA各国をリードする立場にあります。このような経緯からインドネシアで開催された2003年度ワークショップの開会式では、インドネシアのハッタ研究技術大臣から、これまでのFNCA活動に対する貢献に対し化研社長 藤沼克嘉氏に感謝状が贈呈されました（写真2）。現在BATANではすでに動物実験を進めており、インドネシア国内の病院（ジャカルタ市内チプトマンゲクスモ病院およびバンドン市内ハッサンサディキン病院）の核医学部門と協力して間もなく臨床試験に入る準備を進めています。



写真2 2003年度ワークショップにおける表彰式（前列右より藤沼化研社長、ハッタ研究技術大臣、町FNCAコーディネーター、スジャルトモBATAN長官、筆者、後列は各国プロジェクトリーダー）

## 7. 今後の展望

テクネチウム-99mは核医学の分野で広く利用されているにも拘わらず、世界的にはカナダがほぼ独占的に<sup>99</sup>Moを供給しています。従って何らかの理由によりカナダでの製造または頒布が停止されると、多くの地域の医療に深刻な打撃を与えることとなります。PZCを用いた<sup>99</sup>Mo-<sup>99m</sup>Tcジェネレーターは、これまでに述べたように、

簡便でありコストも低いため多くのFNCA加盟国にとって魅力ある<sup>99m</sup>Tcの製造法です。この製法を普及させることによって、自国で医療に必要な<sup>99m</sup>Tcを供給できる基盤ができればその国にとっての社会経済効果は計り知れないものがあるでしょう。そのためにFNCA諸国間で<sup>99m</sup>Tc供給協力ネットワークを構築することが期待されています。

（源河次雄 TcジェネレーターPL）

## 読者からの便り紹介



FNCAニュースレターを感慨深く読ませて頂きました。私は画家で既に八十路を越えていますが、アジア、特にインドネシアには関心を持っています。佐賀県出身ですが、大和族、松浦党とインドネシアのマドラ島とは関りが深く、源氏物語ともゆかりがあります。

昭和19年1月から三井物産でも初めての女性の海外進出にて旧セレベス島マカッサル支店に着任し、ジャワ島ジャカルタ支店に転勤、そこで終戦により赤十字看護婦身分になり山中の陸軍病院に勤務後、昭和21年5月帰国、僅か三年足らずのインドネシアの生活でしたが、あまりにも変化多様、思い出深く、長い長い年月だったような気がして、第二の故国の感が強く、一年中色とりどりの美しい花が咲き誇り、青い空、青い海、半世紀以上を過ぎた今でも、ありありと臉に浮び、インドネシアの事がいつも気がかりになります。たまたま夫（群馬県出身・中島安雄）は昭和7年から、インドネシアに縁があり、6年前他界する迄何百回となく往来していた人でした。朝のNHKのアジア&ワールドを待ち兼ねて二人で見て一日が始まりました。会社退職後はインターアセアンコンサルタントとして、私

以上にインドネシアに心を寄せていましたが、戦後、進駐軍の三井物産解体の命により、何回か会社を替わっている中、日商鉱油（後の日商岩井）勤務時の約40年前、日本で初の東海村原子力発電所が設立されたのです。鉱油が発電所稼働の給油をすることになり日立市縄子町にガソリンスタンドを設置し、私も二人の子供を連れて夫の所長赴任と共に移り住みました。それ迄原子力についての知識は全くなかったのですが、いち早く原子力について深く関心を持つようになりました。主婦は主婦なりに、暮らしの中で家も物も使えば古くなる。毎日ゴミも出る、発電所もいつかは故障もあるだろう、古くもなってくるだろう、廃棄物も出るだろうと考え、心配したりしました。夫は日本は電力不足なので原子力発電に頼らざるを得ないと言って居りました。

先頃、電子レンジ、冷蔵庫、ガスコンロが一度に故障してお手上げとなってしまいました。ガス屋さん、普通は7年位が寿命だけどよく保ちましたねと。電気屋さんは丁度十年経っていますね、大体その位保つように設計されていますからと、昔はこのようなものは何もない生活をしていたのに、今はこれらが無いと一日も過ごせません。勿論電力なしでは!!

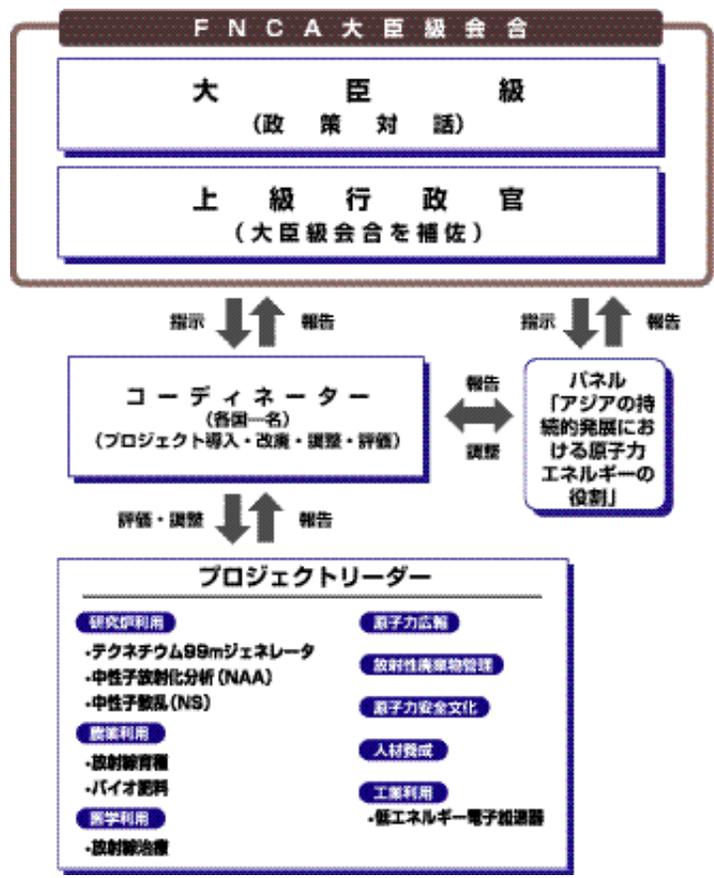
ニュースレターに依れば、インドネシアにも2016年には原子力発電1号機運転とありました。懐かしいインドネシアの人々が文化生活を存分にエンジョイ出来ますようにと願うと共に、どうかあの眩しく輝く太陽の空や澄んだ海が汚れませんようにと老婆心ながら祈ります。

（源氏物語画家 山口クスエ）

## アジア原子力協力フォーラム (FNCA) とは

日本が主導する原子力平和利用協力の枠組み

- 名称** アジア原子力協力フォーラム (FNCA)  
Forum for Nuclear Cooperation in Asia
- 目的** FNCAは、アジア諸国が強い「パートナーシップ」によって、原子力技術の平和的で安全な利用を進め、社会・経済的發展を促進することを旨とする。
- 参加国** 日本、オーストラリア、中国、インドネシア、韓国、マレーシア、フィリピン、タイ、ベトナムの9カ国 (IAEAオブザーバー参加)
- 枠組み** 次の3つが基本的枠組み
- 1 FNCA大臣級会合：原子力を所管する大臣級代表が出席して、協力方策や原子力政策について討議。また、大臣級会合を補佐するための上級行政官会合を付設。
  - 2 コーディネーター会合：各国1名の選任されたコーディネーターによる、協力プロジェクトの導入・改廃・調整・評価等の討議。
  - 3 個別プロジェクトについての協力活動  
8分野11プロジェクトのワークショップ、プロジェクトリーダー会合を各国持ち回りで開催。



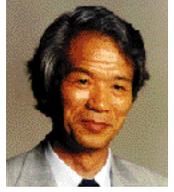
アジア原子力協力フォーラム (FNCA) は日本 (原子力委員会) が主導する原子力平和利用協力の枠組みであり、オーストラリアを含むアジア 9 カ国が参加して、研究炉利用、農業利用、医学利用、原子力広報、放射性廃棄物管理、原子力安全文化、人材養成、工業利用の 8 分野で 11 のプロジェクトを展開している (右図)。

2004年度から、新たに「アジアの持続的発展における原子力エネルギーの役割」について政策的検討を行うパネルが設置された。このパネルは2006年までの3カ年で成果を取りまとめる予定。

まだ1人あたりのエネルギー消費量は日本の六分の一だ。13億の国民の生活が年々向上していく中で、増える電力需要をどうまかなっていくのかというエネルギー戦略が重要になる。日本でも市民生活が快適になるにつれて、民生部門のエネルギー消費が増大しつつある。ベトナムとインドネシアは原子力発電計画を熱心に検討中である。FNCAも3月のコーディネーター会合で「アジアの持続的発展における原子力エネルギーの役割」についての検討の共同作業を始めることが決まった。FNCA活動の新分野としてその成果に大いに期待するところである。

### コーディネーターコラム

#### アジアのエネルギー戦略を考える



町 末男  
原子力委員  
FNCA日本コーディネーター

アジアの発展は目ざましい。中国の自動車の数は急増し、石油輸入量がうなぎのぼりに増えている。それでも

社団法人 日本原子力産業会議 アジア協力センター 発行  
住所：〒105-8605 東京都港区芝大門1-2-13 第一丁子家ビル TEL: 03-5777-0753 FAX: 03-5777-0757  
ホームページ <http://www.fnca.jp>

このニュースレターは文部科学省の委託に基づき (社) 日本原子力産業会議が発行したものです。