

表紙の写真

学術調査船「淡青丸」の甲板にて海底堆積物を採取する装置を回収している様子

JAEA NETWORK



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。

JAEA NEWS

Japan Atomic Energy Agency

54

JAEAニュース
第54号(最終号)
2013年4月



CONTENTS

R&D研究最前線(福島)

- 放射性物質は、どう動いているのか
海底堆積物中の放射性セシウム濃度の変動要因を解明
- 水中の放射性セシウム除去用カートリッジを製品化
～電子線グラフト重合技術により高性能セシウム捕集材の開発に成功～
- 放射性セシウムの特殊な吸着挙動を解明
～土壌中の放射性セシウムの効率的除去が可能に～

JAEA TOPICS

- 米国 DOE ポネマン副長官から
JAEA-DOE/NNSA 協力 25 周年を記念する楯を受領
- カザフスタン国立原子力センターと
「将来の原子力エネルギー・産業創生に係る研究開発に関する
協力のための覚書」を締結



放射性物質は、どう動いているのか

海底堆積物中の放射性セシウム濃度の変動要因を解明

原子力機構は、以前から環境中の放射性物質の挙動についての調査・研究を続けています。東京電力福島第一原子力発電の事故により環境中に放出された放射性物質の挙動について、これまでの調査結果をご紹介します。

海底堆積物から放射性物質の動きを探る

原子力機構では、1986年のチェルノブイリ原子力発電所事故や、1990年代前半までの旧ソ連やロシアによる放射性廃棄物の海洋投棄などの影響を調査するために、環境中の放射性物質の動態を研究してきました。



原子力基礎工学研究部門
環境・放射線科学ユニット
環境動態研究グループ
研究副主幹
乙坂重嘉

「環境中の人工放射性物質の調査の多くは、原子力施設運転時に放射性核種の異常な放出がないことを監視したり、核実験や原子力事故による汚染レベルを把握したりすることを目的としています。一方で、その結果が地球上の物質移動のメカニズムの解明につながることもあります」(乙坂)

東京電力福島第一原子力発電の事故によって約 11PBq のセシウム-137 が海洋に放出されたと推計されています。そのうちの約 2% が海底の堆積物に付着していると考えられます。

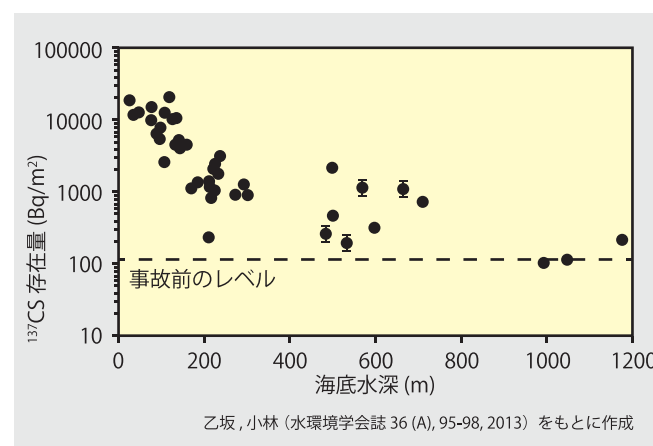
「放射性セシウムについて言えば、事故による海洋への放出量の約 2% が海底に堆積したと見積もっています。割合は少ないですが、我々にとって身近な沿岸域に比較的長い時間留まるので、その影響を適切に評価することが大切だと思っています」(乙坂)

海底を移動する放射性物質

福島第一原発事故以降の調査で、海底堆積物の放射性物質について明らかになった点は、次の 4 つです。

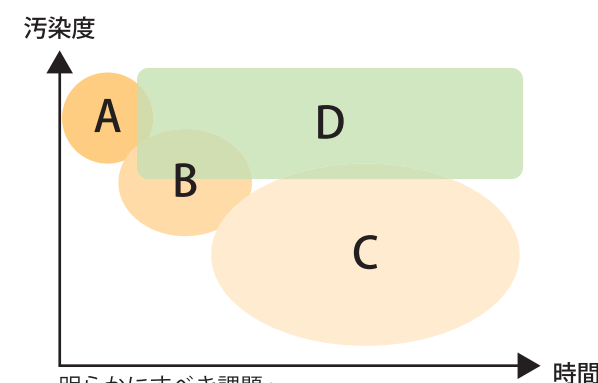
- ① 海底堆積物中の放射性セシウムの大部分は、事故後数か月以内に沈着したものである。
- ② 海底堆積物中の放射性セシウムの量は、沖合に行くほど少なくなり、そのほとんどが水深 200m 以浅に存在する。
- ③ 海底堆積物に付着した放射性セシウムのうち、海水中に再溶解する量は極わずかであるが、放射性セシウムを沈着した海底堆積物が海流によって移動する場合がある。
- ④ 今回調査したいずれの海域でも、海底堆積物中の放射性セシウム濃度が急激に変化することはないと考えられる。ただし、特に沿岸域では河川を通じて継続的な放射性セシウムの供給が続くと予想されるため、長期的なモニタリングが必要である。

福島周辺海域で採取した堆積物中の放射性セシウム濃度は、



海底堆積物中の放射性セシウム量と水深との関係 (福島から茨城沖) 水深が深くなる (沖合) ほど、放射性セシウムの量は少なくなり、1000m 以深では福島第一原発事故以前と同レベルである。放射性セシウムの大部分は、水深 200m までの堆積物に存在している。

全体的な傾向として、水深が深くなるほど (沖合になるほど) 低く、時間の経過とともに少しずつ低下していることがわかりました。しかし、局所的にみれば、放射性セシウムの濃度は、変動を繰り返しています。このことから、放射性セシウムを多く吸着した泥状の海底堆積物が、海流とともに移動を続けていると推測されます。実際に海底堆積物を分析した結果でも、海流の影響を受けやすい粒径の小さな堆積物ほど放射性セシウム濃度が高いことがわかりました。海底生物と密接な関わりのある有機物に含まれる放射性セシウムは約 20% であることも、今回の調査で明らかになっています。



環境中の汚染度の時間変化と明らかにすべき課題 (イメージ)

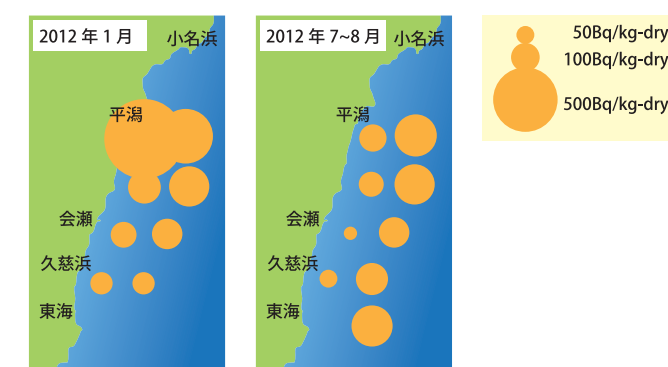
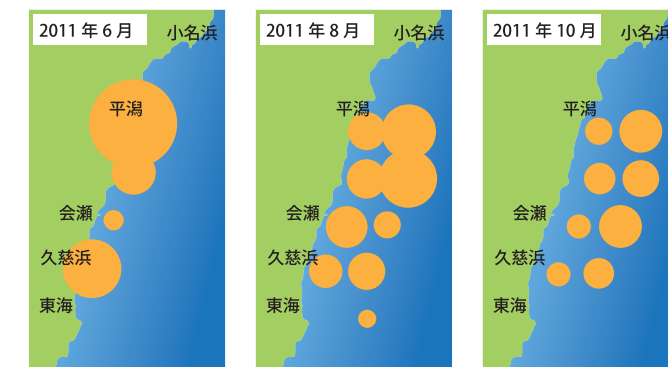
今後も継続的なモニタリングが重要

原子力事故後の環境モニタリングには、いくつかの段階があると考えられています。

「海底環境については、現在は、比較的汚染度の低い状態が長く続くことを前提としたモニタリングの段階であると捉えています。これまでの調査から、福島第一原発からの放射性物質の放出はほぼ落ち着いたといえます。今後は、河口域や沿岸域など、陸と海洋の境界近くでの放射性セシウムの挙動を監視していくことが重要だと考えています」(乙坂)

海流により堆積物が移動するように、陸上でも雨や川によって放射性セシウムを含んだ粒子が移動することが予想されます。これは、地形や距離などによって、これまで降下物由来による放射性セシウムが観測されなかった地域でも、今後、移動してきた放射性セシウムが観測される可能性があることを意味しています。また、湖沼などでは、流れ込んだ放射性セシウムが長期間蓄積される可能性も否定できません。また、海岸付近では、堆積物が台風などによって、短期間に大きく移動する可能性もあります。

「今後も継続的なモニタリングが重要だと考えています。先日、福島第一原子力発電所の港湾内で採取されたアイナメ

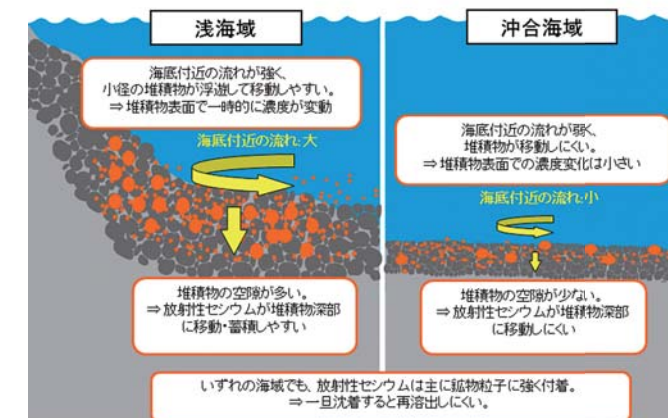
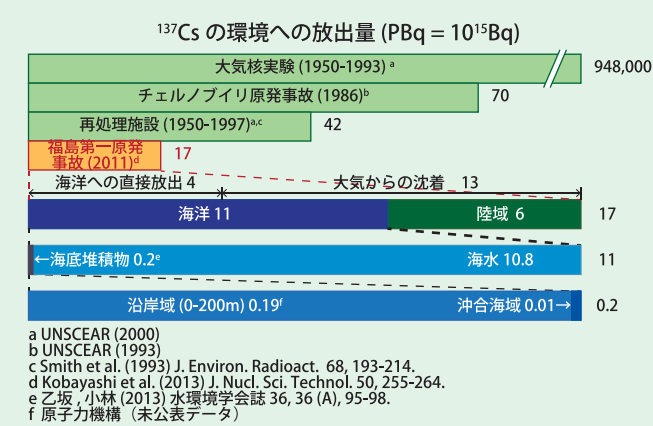


茨城県北部沿岸での堆積物中の¹³⁷Cs濃度分布
堆積物中の¹³⁷Cs濃度は、全体として緩やかな減少傾向を示したが、一部の観測点では一時的な変動が見られた。このような変動は、放射性セシウムを取り込んだ堆積物が海流に伴って移動と滞留を繰り返すことを示している。

これまでに環境中に放出された放射性物質

大気中の核実験などで、地球上にはこれまでも環境中に多量の放射性物質が放出されています。

福島第一原子力発電所の事故では、環境中に放出された¹³⁷Csは約 17PBq と推計されています。そのうち、陸上には約 6PBq、海洋に約 11PBq が放出されたと見積もっています。海洋堆積物には全体の約 2% に相当する 0.2 ~ 0.3PBq が存在していると推計しています。なお、陸上と海洋を合わせて、大気からの降下物に由来する¹³⁷Csが約 13PBq、いわゆる汚染水に由来する¹³⁷Csが約 4PBq と推計しています。



図中の●印は、放射性セシウムを含んだ堆積物粒子を表す。
海底付近での放射性セシウムの輸送イメージ

水中の放射性セシウム除去用カートリッジを製品化

電子線グラフト重合技術により 高性能セシウム捕集材の開発に成功

原子力機構では、非常に低い濃度で水に溶けているセシウムを効率良く吸着除去できる捕集材の開発を進めてきました。この捕集材を充填したカートリッジは市販の浄水器の容器（ハ

ウジング）をそのまま利用できるため、今後、井戸水や沢水などを水源としている方々の「水の安心」に寄与できると考えています。

電子線グラフト重合技術の開発のあゆみ

原子力機構では、放射線を用いた高分子の加工技術により環境浄化や資源確保に役立つ金属捕集材や環境にやさしい生分解性のゲル、耐熱性プラスチックなどの新しい材料の開発を進めてきました。放射線橋かけ技術を用いると、高分子内にネットワーク構造が形成され、水や溶媒に不溶化したり、強度や耐熱性を向上させることが可能となります。この橋かけ技術を活用して、これまで乾燥して治っていた擦り傷の傷口を乾燥から防ぐことで自然治癒を促進させ、完治後の傷口を目立たなくさせることができるハイドロゲルというシート状の創傷被覆材を実用化しました。一方、放射線の一種である電子線を活用したグラフト（接ぎ木）重合は、高分子基材に電子線を照射した後、試薬と反応させて接ぎ木のように分子の枝を導入し、元の高分子の特性を保持した状態で新たな機能を修飾できるもので原子力機構が開発した技術です。例えば、吸着機能を持った分子を高分子基材に接ぎ木して、用途に応じた金属捕集材を創ることができます。

スカンジウムと親和性の高いリン酸基を導入した捕集布を開発し、草津温泉の温泉水が流れ込む河川に、排水量の千分の1を処理できる装置を草津町内に設置し、性能評価を進めました。その結果、捕集布は、温泉水に溶けているスカンジウムを連続的に95%以上の回収率で捕集できることを実証しました。この装置を1,000倍にスケールアップすることにより、約200kg/年のスカンジウムが捕集可能となります。このように、地下水中に溶存する様々なイオンを捕集できる材料の開発が行われ、レアメタルの回収技術などにも応用することができます。



電子加速器
高崎量子応用研究所では、2MeV、30mAの加速器を所有しており、加速管内で加速された電子は電磁石によって走査され電子線となる。

「水の安心」から被災地復興に貢献

現在、東京電力福島第一原子力発電所事故により環境中に飛散した放射性セシウムのうち、水に溶けた状態で存在するものについては、主に凝集沈殿法により処理されていますが、この方法では、使用後の凝集剤が放射性廃棄物として多量に発生することに加え、物理的なる過で採りきれない極微量な濃度で溶存する可溶性のセシウムが残るといった問題がありました。そのため、化学的かつ高効率に捕集でき、かつ、安心して使える捕集材が求められてきました。そこで、原子力機構は倉敷繊維加工株式会社と共同で飲料水向けの浄水器を開発しました。

セシウムを除去可能な捕集材は、酸やアルカリに強く、軽量で加工性の良いポリエチレン製の不織布素材に電子線グラフト重合技術でセシウムと親和性の高いリン酸基を導入したものです。評価では、放射性セシウムが検出された井戸水の処理試験を行い、管理目標値である1リットルあたり10ベクレル以下にまで低減することを確認しました。

この捕集材を充填したカートリッジは2013年度中の販売を目指していますが、最終的には、農業用水や、プールの浄化など、幅広く適用していきたいと考えています。



開発に成功した量子ビーム応用研究部門 環境機能高分子材料研究グループのメンバー
(前列左から 笠井昇技術主幹、瀬古典明リーダー、保科宏行技術開発協力員、後列左から岩瀬暁生博士研究員、植木悠二研究員、柴田卓弥任期付研究員、佐伯誠一研究員)

電子線グラフト重合技術を用いた取り組み

これまでの研究

海水中のウラン捕集研究
海水中のU濃度: 0.003 mg/L

温泉水中レアメタル捕集研究
温泉水中のSo: 0.01 mg/L

温水排水の流量の1,000分の1を分離
排水量: 500 mm

回収率 95%以上

放射性物質の濃縮
放射性物質の濃縮 → 廃棄物の減容

捕集材の繰り返し使用
捕集材の繰り返し使用 → 省スペース化

高速処理が可能
高速処理が可能 → システム構築が容易

操作性、汎用性が高い
操作性、汎用性が高い → システム構築が容易

放射性物質が環境中に飛散 (131I, 134Cs, 137Cs)

セシウム捕集材およびヨウ素捕集材の開発

電子線グラフト重合技術

放射性セシウム(○)を選んで捕集する「手」を基材に付ける

放射性セシウム(○)を含む水 → 放射性セシウムが取り除かれた水

微量のセシウムを高速捕集できる材料を開発

開発したグラフト捕集材のセシウム捕集性能試験

放射性セシウムの濃度 (Ba/L)	放射性セシウムの濃度 (Ba/L)
放射性セシウムを含む井戸水ろ過膜とイオン交換膜で処理	88.8
高性能セシウム捕集材で処理	56.0

検出限界以下

内閣府原子力防災推進推進チームからプレスリリース (0424.9.11)

市販の浄水器にカートリッジを装着して利用可能

微量で溶存する放射性セシウムを水道水の管理目標値である10ベクレル/リットル以下にまで除去可能な材料開発に成功

放射性セシウムの特殊な吸着挙動を解明

～ 土壌中の放射性セシウムの効率的除去が可能に

放射性セシウムの環境中における挙動を予測するためには放射性セシウムの化学状態を明らかにすることが重要になります。原子力機構は土壌を構成する各鉱物への放射性セシウムの特殊な吸着・溶離挙動を解明しました。今回得られた結果は、除染を行う地域の土壌に含まれる鉱物の種類と粒径によって

どの程度の粒度まで除去すれば良いかの判断基準を与え、効率的な除染活動に寄与することが期待されます。さらに、福島などの汚染土壌中の放射性セシウムの挙動を比較することにより、放射性セシウムの長期的な環境中の挙動を予測するモデルの構築に貢献が期待できます。

定説を覆す放射性セシウムの挙動

東京電力福島第一原子力発電所事故により降下した放射性セシウムは、表層付近の土壌中に留まり、水などにより洗い流すことが難しいことが知られています。これは、雲母と同じ層状の構造で小さい粒径の粘土鉱物「イライト」に、放射性セシウムが強く吸着していると考えられているためです。しかし、粘土鉱物を多く含む細粒部分を除去しても、放射性セシウムが多く残っているケースがありました。

そこで、土壌に含まれるイライトなど17種類の鉱物について、放射性セシウムの吸着実験、さらに放射性セシウムが吸着した鉱物を塩化カリウム溶液及び塩酸溶液中に添加する溶離実験を行いました。

放射性セシウムの吸着挙動の謎に迫る

一般的に、銅、亜鉛などの微量元素の土壌中における基準濃度はppmレベル(土1kg中1mg)ですが、放射性セシウムは、その放射能の強さが現在国で汚染土壌の処理基準としている8000Bq/kgの場合でも、その濃度は土壌中における基準濃度の1万分の1程度と極めて低いものとなります。そこで、放射性セシウムの濃度を微量元素レベルと現在の汚染土壌基準レベルの2条件に模擬して実験を行った結果、相対的に濃度が低い汚染土壌基準レベルにおいては、イライト以外のケイ酸塩鉱物(カオリナイト)やマンガン鉱物(パーネサイト)などの鉱物に吸着した放射性セシウムの一部が塩酸などにより溶け出ない状態

で存在することを確認しました(図1)

鉱物には吸着した放射性セシウムの安定性が異なるいくつかの場所(サイト)が存在します。構造上の特性から、粒度が比較的大きいカオリナイト及びパーネサイトの吸着サイトの数は、イライトに比べて極めて少ないと考えられます。しかし、汚染土壌基準レベルの放射性セシウムは他の微量元素に比べて濃度が非常に低いため、鉱物に僅かに存在する安定な吸着サイトだけで相当量吸着しきっていることが分かりました(図2)。

効果的な除染を目指して

カオリナイトやパーネサイトは土壌中の粒径の大きな部分にも含まれる鉱物です。土壌に含まれる鉱物の種類と粒径を調べ、細粒部分でなく300μmまでの大きな粒子部分も除去するなどの判断基準を与えることにより、より効果的な除染が可能となります。

現在、原子力機構では、放射性セシウムの動態を予測し、生活環境に移行するのを抑制する方策を検討するとともに、今後の長期にわたる放射性物質の分布を予測して、被ばく線量を評価する「福島長期環境動態研究プロジェクト」(JAEA NEWS53号にて紹介)に取り組んでいます。今回得られた様々な鉱物への吸着特性は、放射性セシウムの長期的な環境中の挙動を予測するモデルの構築への貢献が期待できます。



先端基礎研究センター 大貫 敏彦 上級研究主席

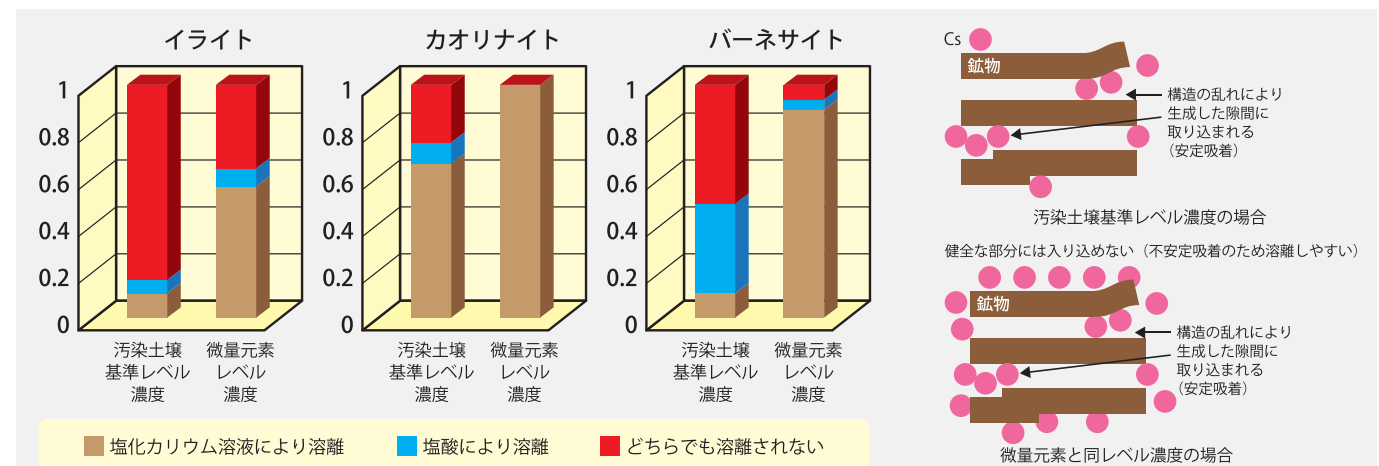


図1 鉱物に吸着した2条件の濃度の放射性セシウムが試薬溶液により溶離した割合。汚染土壌基準レベルの土壌中に含まれる放射性セシウムのように、濃度が極めて低い場合には、微量元素濃度レベルの放射性セシウムが吸着した場合よりも溶離されない割合が大きいことが分かる。

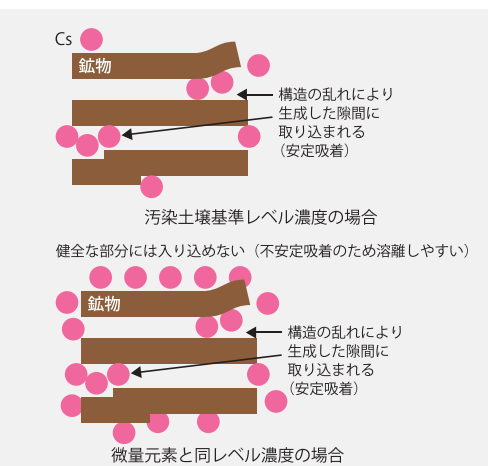


図2 濃度による吸着挙動の違いを示す模式図。鉱物の構造中にわずかに存在する構造が乱れた部分に吸着する。濃度が低い場合には安定に吸着している割合が大きくなる。

////// JAEA TOPICS //////////////

米国 DOE ポネマン副長官から JAEA-DOE/NNSA 協力 25 周年を 記念する楯を受領

原子力機構 (JAEA) と米国エネルギー省 (DOE) 国家核安全保障庁 (NNSA) は保障措置・核不拡散及び核セキュリティ分野における協力について、1988 年に公式に取決めを締結して今年 25 周年を迎えました。これまでに 133 件の協力契約を締結しています。

2 月 12-13 日に開催された本取り決め下での DOE との定期会合 (PCG 会合) の機会に、25 周年を記念する特別セッションを水戸において共同で開催しました。

本セッションでは、JAEA の南波 秀樹理事及び DOE/NNSA のメンデルズゾーン核不拡散・核セキュリティ担当次官補代理の開会挨拶に続き、DOE/NNSA 側及び JAEA 側より、保障措置・計量管理のための非破壊測定装置等の技術開発、核セキュリティ協力等 25 年間の協力の歴史が紹介されました。

最後に、DOE/NNSA 及び JAEA 間の記念品の交換が行われたのに加えて、DOE より 25 周年を記念し、JAEA に対しポネマン副長官から JAEA の核不拡散・核セキュリティ分野のリーダーシップとパートナーシップに敬意を表する旨のメッセージが記された楯・メダルが贈呈されました。

DOE/NNSA にとって、日本及び JAEA は核不拡散・核セキュリティ分野において、歴史的にも、また、協力範囲及び協力の緊密度においても最も強力なパートナーとして位置付けられています。本楯の寄贈はそのことを端的に示すものであり、また、25 年に渡る JAEA-DOE/NNSA の本協力が核不拡散・核セキュリティ分野における国際協力の模範となることが今後も期待されています。



メンデルズゾーン核不拡散・核セキュリティ担当次官補代理 (左) と南波 秀樹原子力機構理事 (右)

カザフスタン国立原子力センターと 「将来の原子力エネルギー・産業創生に係る研究開発に関する協力のための 覚書」を締結

原子力機構は、2 月 18 日、東京 (如水会館) で開催された第 4 回日本カザフスタン経済官民合同協議会において、イセケシェフカザフスタン副首相らの立会いのもと、カザフスタン国立原子力センター (NNC) と、「将来の原子力エネルギー・産業創生に関する研究開発における協力のための覚書」に調印しました。本覚書は、昨年 12 月のザンチキン・カザフスタン原子力庁長官 (当時、現原子力委員会委員長) の鈴木 篤之原子力機構理事長への表敬訪問において、先方より提案を受け、合意したものです。両機関は 2009 年 2 月に締結した原子力科学分野における研究協力取決めの下、基礎基盤研究の協力を実施してきましたが、本覚書においては、これらの成果を踏まえ、実用化に向けた研究開発が見込まれます。今後、高温ガス炉のような将来の原子力エネルギーやそれらを利用した新産業の創生、先進原子炉燃・材料の研究開発、医療高度化、軽水炉の安全対策高度化等に繋がる協力の可能性を探求していきます。



第 4 回日本カザフスタン経済官民合同協議会において覚書に署名する鈴木 篤之原子力機構理事長とカザフスタン国立原子力センターのバティルベコフ総裁 (如水会館において 前列左からバティルベコフ NNC 総裁、鈴木 篤之理事長、後列左からジャクサリエフ産業新技術省副大臣、イセケシェフ副首相・産業新技術省大臣、カマルディノフ在日カザフスタン共和国大使、佐々木 伸彦経済産業審議官)

● INFORMATION ●

■ 研修情報

第 1 種放射線取扱主任者講習 (第 197 回 (5/13 ~ 5/17))
放射線取扱主任者受験講座 (講義編 (4/16 ~ 4/18)、演習編 (5/27 ~ 5/29))

http://nutec.jaea.go.jp/training_guide.html

※応募の受付は先着順とし、定員になり次第締め切ります。各コースとも開始日の 1 か月前で受付を終了させていただきます。

● 原子力機構からのお知らせ ●

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

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 番地 49

電話：029-282-1122 FAX：029-282-4934

お問い合わせフォーム

http://www.jaea.go.jp/13/13_1form.shtml



● メールマガジンの配信申込みについて

原子力機構では、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、原子力機構の最新プレス発表、イベント開催案内などの情報を随時お知らせしております。

配信を希望される方は、下記のホームページよりお申し込みください。

http://www.jaea.go.jp/14/14_0.html

● JAEA NEWS の発行中止について

平成 17 年 10 月の独立行政法人日本原子力研究開発機構発足を機に、原子力機構の広聴・広報活動のツールとして発行してまいりました JAEA NEWS は、今月号をもちまして最終号となります。

長い間、ご愛読頂きありがとうございました。

今後は、原子力機構ホームページから動画などを用いたより解りやすい情報発信や、一層のコンテンツ充実に向け、積極的な広報活動を推進して参ります。

引き続き、ホームページ等をご覧いただきますようお願い申し上げます。



JAEA ホームページアドレス

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