

明日へ向けて

私たちの取り組み

No.1

2014年 5月



日本原子力研究開発機構
福島研究開発部門

福島研究開発部門が司令塔となっています

東京電力福島第一発電所事故に関連した原子力機構の取り組みは、福島研究開発部門が司令塔となって進めています。

福島研究開発部門

企画調整室 室長 船坂 英之

福島研究開発部門の事業計画の立案や国や自治体、研究機関などとの各種調整、取りまとめを行っています。

福島事業管理部 部長 宮川 修治

福島県内の関係機関との各種調整や広報活動を行っています。

福島廃炉技術安全研究所 所長 河村 弘

遠隔操作機器・装置の開発・実証試験のための施設及び放射性物質の分析・研究のための施設について整備を進めています。加えて、利用技術開発を通じて利用価値の高いデータを提供するとともに、施設の供用を促進します。

福島廃止措置技術開発センター センター長 武田 誠一郎

燃料デブリ取り出しや放射性廃棄物処理・処分等に向け、福島第一原子力発電所の廃止措置のための研究開発を行っています。

原子力科学研究所

福島技術開発試験部

核燃料サイクル工学研究所

福島技術開発試験部

大洗研究開発センター

福島燃料材料試験部

各拠点でもそれぞれの特色を活かした廃止措置技術の開発を行っています。

福島環境安全センター センター長 油井 三和

放射線モニタリング、放射性物質の環境動態に関する研究、除染・減容技術開発等の福島県の環境回復に向けた研究開発を行っています。

「一人ひとりの力をチームの力に」 森山善範 部門長(理事)



福島研究開発部門の活動目的は、福島第一原子力発電所の廃炉の加速化と福島県の環境回復に直結した研究開発を行い、福島県の復興に貢献することです。この役割を果たすには、福島における現実の課題を的確に把握し、その解決に具体的に貢献できる研究開発を、原子力機構の総力を挙げて取り組む必要があります。

このため、部門としての活動のグランドデザイン（総合戦略）を策定し活動の方針や価値観を共有するとともに原子力機構の機能が横断的に集約できるよう他の研究開発部門との連携を図ります。研究開発はその成果の反映先を強く意識してPDCAサイクルを回します。その際、廃炉や環境回復に係る現状の変化を的確に把握し、活動を常に見直し、選択と集中により成果の最大化を図ります。

改革の目的の一つは原子力機構が研究開発機関として国民の付託に応え社会への最大限の貢献が出来るようになることです。廃炉や福島県の環境回復への課題は一人ひとりの力ではあまりに大きく、原子力機構として力を結集する必要があります。

原子力機構は、現在、組織の改革を進めています。職員一人ひとりが自らの持ち場で研鑽し、その力をチームの力として結集できることが改革の姿だと考えます。廃炉や環境回復に対してチームとして最大限の貢献をするという視点で、業務の改善に取り組みます。

トリチウムをどう管理するか 原子力学会が都内でトリチウム研究会



「福島第一原子力発電所で発生した汚染水のうち、セシウムやストロンチウムを取り除いても、トリチウムが残る。トリチウムは生体で濃縮されることはない。このためトリチウムについてはさまざまな管理方法が考えられるが、希釈して海洋に放出することが最もリスク低減上は合理的な選択肢だと原子力学会の事故調査委員会は結論した」一。

3月4日に日本原子力学会が都内で開いたトリチウム研究会。会場からの質問に答える形で、登壇者である京都大学の小西哲之教授は、こう答えた。同氏はさらに、「トリチウムを濃縮して地上で管理するという方法もあるが、それは別のリスクを生み出す。トリチウムは天然に存在する核種であり、管理された方法で海洋放出すれば、このトリチウムによって健康被害がもたらされることはない。風評被害が最大の問題で、地元と社会の理解を得ることが重要」と続けた。

東京電力福島第一原子力発電所では今も汚染水が発生し、セシウム除去設備（SURRY、KURION）や多核種除去設備（ALPS）によって、セシウムやストロンチウムを取り除く処理が行われている。しかし、水と同じような挙動をするトリチウムを完全に除去することは容易ではない。このため同発電所の敷地内には、1月末時点で約43万トンの処理汚染水が、約千基のタンクに保管されている。さらに、その量は毎日約400トンずつ増え続けており、その管理が大きな課題となっている。

一方、トリチウムの挙動については、長い間にわたって研究された学術成果がある。このため日本原子力学会は原子力機構の後援で、トリチウムに関する科学的・工学的な知見を共有する場を設けて、この問題への対応を議論した。会合のあらましは次の通り。

（発表資料（PDF）は、<http://fukushima.jaea.go.jp/initiatives/cat05/pdf/20140311.pdf>をご覧ください。）

環境中のトリチウム

九州大学 教授 百島 則幸

地球上に生きる動植物の生命を維持する上でなくてはならないものの一つである水は、私たちの体重の60～70%を占め、その水にはトリチウムが含まれている。大気上層において、陽子や中性子と大気を構成する窒素原子や酸素原子との核反応により、トリチウムは定常的に生成されている。トリチウムは、空気中の水蒸気、雨、海水や地表水などに広く存在し水と一緒に自然界を循環しているため、大昔から人類は、環境中のトリチウムを飲料水あるいは食物として摂取してきた。

1950～60年代に活発に実施された大気圏核実験によって成層圏や対流圏に放出された人工的なトリチウムのために、1952年以降は降水中のトリチウム濃度が増加している。1963～1964年にその値はピークとなり、天然レベルの100倍を超える値が現れた。その後、大気圏核実験停止に伴って世界中の降水中のトリチウム濃度は年々減少していき、現在は天然レベルに戻っている。核実験に由来するトリチウムは最終的には海に移行するが、海には大量の水が存在するので濃度増加はほんのわずかである。

トリチウムは原子炉燃料棒中のウランの三体核分裂により生成し、使用済みの核燃料中に蓄えられる。ほとんどの原子力発電所や核燃料再処理工場ではトリチウムの回収を行っておらず、トリチウムはすべて環境へ放出されている。海洋に放出されたトリチウムは、大量の海水で希釈されている。また、気体廃棄物として煙突から環境に放出されたトリチウムの一部は、施設近傍に直接あるいは雨で降下するが、雨等により希釈をうける。

福島原子力発電所事故によりトリチウムが環境へ放出された。原発に近い福島県内の陸水のトリチウム濃度に少し上昇が見られたが、そのレベルは1980年代より小さかったことから環境影響はほとんどなかったといえる。

環境生態系のトリチウム影響

海洋生物環境研究所 研究参与 宮本 霧子

トリチウムが発するβ線はわずかな距離しか飛ばず、そのエネルギーは小さいので、これによる放射線被ばくは通常、内部被ばく影響のみを考慮する。この内部被ばく影響は、皮膚や肺からの吸入被ばくと、水や食物を通じた経口被ばくに分けられる。

線量係数とは人々が1ベクレルの放射性核種を摂取した時に、どの程度の実効線量(Sv)をもたらすかを表すものである。トリチウムの場合、その線量係数はとても小さく、Cs-137など等の1000分の1しかない。

トリチウムは水素の同位体であるため、生体内では通常、水の形をとるか、あるいは炭素や酸素、水素、窒素、硫黄などの原子に結びついている。前者の場合を組織自由水トリチウム(TFWT)、後者を有機結合型トリチウム(OBT)と言う。

なお平衡状態の環境生態系において、トリチウムがどのように移行するかについては、いくつかの研究結果がある。その結果を要約するならば、TFWT濃度は環境中トリチウム濃度と等しい平衡状態になる。一方でOBT濃度は環境中トリチウム濃度と等しいか、それ以下の分別平衡状態になり、濃縮はしない。非平衡状態の環境生態系では、取り込みと排出の動的モデルに従い、平衡状態をめざして濃度変化していく。

トリチウムの分離

京都大学教授 小西 哲之

地球上の水はふつう重水素とトリチウムを含み、重水素とトリチウムは環境や生体中の水の中で、水素と同じようにふるまっている。

大量の水素同位体の分離技術として、実用化された、あるいは実用化の考えられる技術には、蒸留法、同位体交換法があり、それらが単独あるいは組み合わせて使われる。電解法、熱拡散法、レーザー法などの方法が知られているが、これらは大量に処理する方法としては適当ではない。福島原発の汚染水の場合、その中のトリチウムを分離しようとするならば、高濃度廃液と低濃度廃液とができる。その両者について、明確な目標とその先の処理法を考えておく必要がある。なお、この場合、大量に処理することとなり、大きな設備とコスト、そして長い期間が必要となる。とりわけ、高濃度になったトリチウムのリスクは大きく、その管理には困難が予想される。

低い濃度のトリチウム水については、放出限度や自然環境、生活環境でのトリチウム濃度との関係に留意して処分法を考える必要がある。

規制と管理

日本原子力研究開発機構 小野寺 淳一

原子炉等規制法では、トリチウムを単独で、あるいは特別な規制対象とすることはなく、他の核種による内部被ばく及び外部被ばくを含めて放射線業務従事者、一般公衆の線量限度を超えないように管理を行うことが要求される。

原子炉等規制法関係法令では、周辺監視区域外での実効線量限度を1年間で1mSvと定めている。原子力施設に起因する外部被ばく及び内部被ばくの合計は1mSv以下とする必要があり、トリチウムによる内部被ばくもこの中に含まれる。一方、発電用原子炉施設では、「線量目標値に関する指針」に基づき、環境へ放出される放射性物質による施設周辺の公衆の実効線量を年間50マイクロシーベルト以下とする目標が設定されており、これを担保するため、トリチウムを含めて核種毎の年間の放出量が設定されており、保安規定に放出管理目標値として記載され、遵守されている。

なおトリチウムの管理は、ベータ線のエネルギーが低いため、他の β 核種と比べて迅速な検出、定量が難しい。

原子力施設におけるトリチウムの取扱い経験

日本原子力研究開発機構 白鳥芳武

原子炉では減速材（重水）や反応度制御材（ホウ酸）等の中性子照射によりトリチウムが生成される。

「ふげん」は平成15年に約25年間にわたる運転を終了し、現在、廃止措置を行っている。「ふげん」で減速材として使用している重水は常に高純度に維持する必要があり、2種類の原理の異なる精製装置で劣化した重水の精製を行ってきた。また、重水中に生成されたトリチウムは長期間の運転に従い、徐々にその濃度が上昇し、約25年間の運転により約250MBq/cm³という濃度に達した。

このトリチウムによる被ばく低減や放出量低減対策のために、ハードソフトの両面でさまざまな対策と管理を行ってきた。

回収・再利用が困難な微量の重水については希釈して海洋放出した。それに含まれるトリチウムについては、保安規定に定められた管理目標値等を十分下回ることを常に確認してきた。「ふげん」からのトリチウム放出量は海外の重水炉に比べ十分に低く、国内の軽水炉と比べても同等以下である。

今後、廃止措置を進めるにあたり、残留しているトリチウムの除染を適切に行い、安全な作業管理に努めていく。

福島第一原子力発電所の汚染水の現状と汚染水中のトリチウム

元東北大学教授 内田俊介

燃料溶融に伴って発生する核分裂生成物（FP）は、短期ソースと長期ソースに分類される。事故初期の環境へのFP放出は短期FPソースに支配されるが、汚染水の処理では長期FPソースが重要で、長期にわたるFP溶出への対処が必要である。

汚染水のもっとも根本的な対策は格納容器の封水である。さらに汚染水の総量の低減と閉じ込め、そして効果的な浄化が必須である。しかしながら漏洩箇所の特定制とその封水はいまだ実現しておらず、今後の課題となっている。

多核種除去設備ALPSほかの汚染水処理に係る設備は、トリチウム以外の核種については、告知濃度限界値以下に低減することが可能だが、これらの除去設備ではトリチウムを除去することができない。

トリチウムへの対応としては、①サイト内貯蔵②トリチウム除去と濃縮③希釈放出という三つの選択肢がありうる。工学的な視点からすれば、希釈、監視放出が現実的と考える。これは技術的現実性が高く、環境リスクが小さい。その際には(1)希釈およびモニタリングのハード化の推進と地元自治体他への十分な事前説明が必要であり、(2)風評被害を最小限に食い止めるための準備が不可欠である。

なお会場からは「トリチウムを今後、どのように管理したらよいか」との質問があった。これに対し小西氏は「トリチウムは放射線が弱いので、健康影響のあるレベルよりはるかに低い濃度で検出されるため、福島の汚染水では健康被害の恐れはなく、風評被害が最大の問題。いくつかの管理の方法があるが、トリチウムを濃縮して地上で管理するとすれば、事故や漏洩のリスクが残り、それが環境で検出される可能性もある。総合的なリスクを最小限にするためには、例えば希釈して環境で検出されるベクレルを最小限にする必要があるが、地元と社会の理解と合意を得ることが最も重要」と回答した。

建物内線量の低減効果を調べる技術を開発

原子力機構は住宅や学校、病院などさまざまな建物の中の線量率を詳細に解析する技術を開発した。この技術を使って、屋外の線量率と比較した場合の建物内における線量率の低減効果やその原因を調べた結果、コンクリートの建物は遮蔽効果が高く内部の線量率は低くなること、また、木造家屋では遮蔽効果は低く、建屋の敷地面積が広い方が線量率は低くなることなどがわかった。今後は建物が隣接する条件や地形などの周辺環境が線量率へ与える影響などをより詳細に解明することにより、被ばく低減対策などへの活用をめざす。

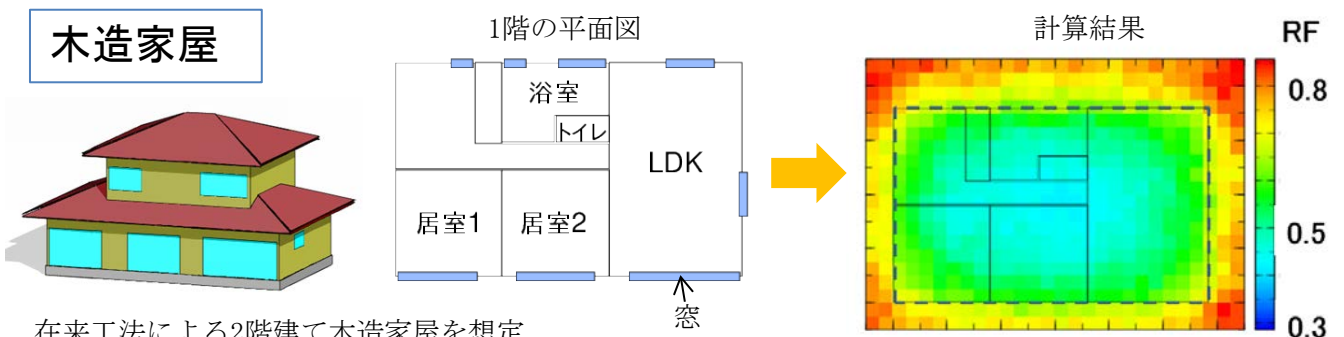
この技術を開発したのは、原子力機構の古田琢哉らの放射線防護研究グループ。同グループでは福島県内にある建物を調査した上で27種類の代表的な建物を選定し、それぞれの建物を3次元でモデル化した。その上で最新の計算シミュレーション手法を用い、土壤中に分布した放射性セシウムから放出されたガンマ線が建物内に入射する様子を模擬して、屋外に比べ建物内の線量率がどのように低減するかを調べた。さらに、その解析結果を実測値と比べて検証した。

その結果、木造家屋では建屋部分の敷地面積が広い方が線量率が低くなることがわかった。これは家屋の下の地面に放射性セシウムがないことが、建物内の線量低減に寄与しているためである。コンクリートの建物では、部屋の内部に比べ窓に近い場所の線量率が高いことがわかった。これはコンクリートよりも、ガラスでできた窓の遮蔽効果が低いためである。また、内壁のないオープンスペースのコンクリートの建物や木造家屋は、外壁や窓から離れるにしたがって線量率が低くなり、中央付近で最も低くなった。

同グループでは今後、数戸の家屋が隣接する住宅地や、近くに斜面がある場所など、実際の生活環境に近い状況を考慮して、これらの周囲の環境が建物内の線量率に与える影響を解析するとともに、線量を下げるのに効果的な遮蔽物の設置方法を検討する。

詳細は<http://www.jaea.go.jp/02/press2013/pl4032501/index.html>

木造家屋



在来工法による2階建て木造家屋を想定

- ・点線囲み部分が家屋敷地
- ・敷地直下には放射性セシウムがない。そのことが線量に影響している。
- ・外壁近くよりも中心の線量率が低い。

*RFとは屋外のひらけた地面上の線量に対する建物内の線量の比

病院



コンクリートの建物を想定

- ・コンクリート建物は、木造の建物より遮蔽効果が大きい。
- ・コンクリートに比べ窓の遮蔽効果は劣るため、窓に近い場所は線量率が高くなる。

放射性セシウムを捕集する給水器の性能を実証

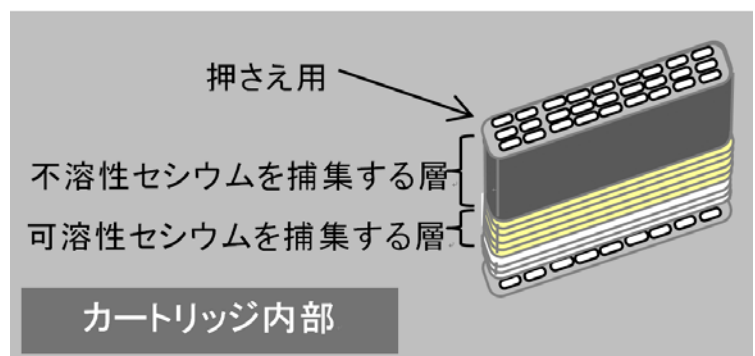
原子力機構は、放射性セシウムを吸着できる捕集材を組み込んだ給水器の性能が十分にあることを確認した。この捕集材は、原子力機構が倉敷繊維加工（クラボウグループ）と一昨年に開発したもの。原子力機構では、この捕集材を充填した給水器を使って、福島県双葉郡川内村の協力を得て村内にある民家で1年間かけてモニター試験を実施。その結果、給水器を通過させた後の水からは放射性セシウムは検出されず、この捕集材に放射性セシウムを吸着する十分な効果があることがわかった。原子力機構では今後、酪農業や既存の上水システムなどへの適応評価を進めていく。

東京電力福島第一原子力発電所事故から3年が経過し、環境中のセシウムで水に溶けているものはほとんど検出されなくなっている。しかしながら台風や雪解けなどをきっかけに、土や落ち葉に付着したセシウムが突発的に沢水などの水源に混入する可能性がある。

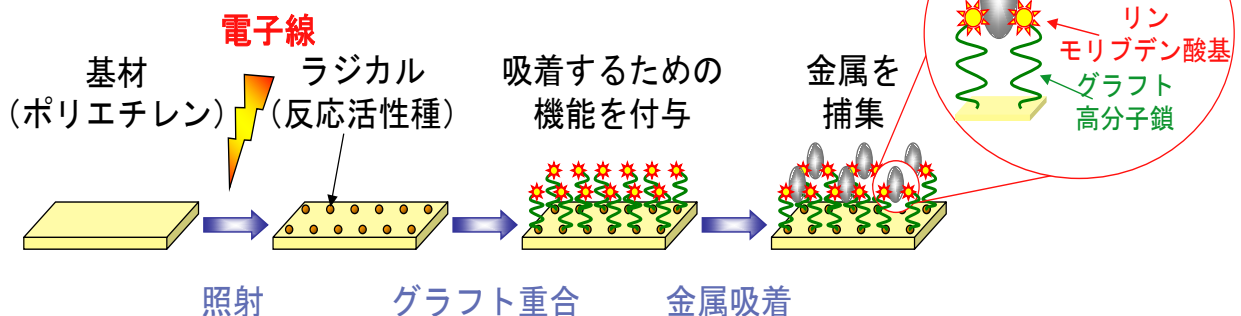
このため原子力機構と倉敷繊維加工は、飲用水中に含まれる放射性セシウムを吸着する材料の開発に着手。電子線を照射して分子同士を化学的に結び付ける電子線グラフト重合という技術を使って、放射性セシウムなどを選択的に捉える繊維状の捕集材を開発した。また、この捕集材をカートリッジに組み込んだ家庭向けの給水器を製作し、昨年3月から川内村の13軒の家庭で、モニター試験を行ってきた。モニター試験の期間は1年間で、2ヶ月毎に給水器のカートリッジを交換し、放射性セシウムをどの程度、捕集したかを調べた。

その結果、13軒中1軒で、原水からごく微量の放射性セシウムを一部の水で検出したが、給水器を通過した後の水からは、セシウムは検出されなかった。これにより、何らかの理由で水源に放射性セシウムが混入した場合であっても、この給水器を使用することでセシウムが確実に取り除かれることを実証した。

なお、詳細は<http://www.jaea.go.jp/02/press2013/pl4032701/index.html>



様々な金属を捕らえる捕集材



高専生と一緒に放射線を測定 長岡技術科学大と福島高専のフィールド実習に参画



原子力機構は3月下旬に、全国から集まった高専生を対象に福島の実地環境回復に関する状況の説明とサーベイメータを使った測定実習（＝写真1）を行った。参加した学生の一人は、「測定実習や見学などを通して福島でしか体感できない経験ができた。福島での実習に参加できて良かった」と語った。

この実習は、文科省の平成25年度「国際原子力人材育成イニシアティブ事業」の採択を受けて、長岡技術科学大学と福島工業高等専門学校が「福島フィールド実習」として実施したもの。全国19校の高専と長岡技術科学大学から41名が参加した。実習に参加した学生は初日に、東京電力第二原子力発電所を見学。東電の担当者と意見交換を行った。その後、原子力機構の職員が放射線に関する基礎的な知識と放射線測定について講義。続いて、福島環境回復に向けた原子力機構の取り組みの現状を紹介した（＝写真2）。

学生からは、放射線モニタリングを行っている無人ヘリコプターの性能や、放射性セシウムが将来どのように移動していくかなどの質問があった。また、いわき市の職員からは、さまざまな農産物に対するモニタリングや果樹園の除染、県内外での風評被害払拭に向けた取り組みが紹介された。説明後の質疑は19時以降も続き、学生たちの関心の高さをうかがわせた。



2日目は広野町での測定実習と、仮置き場と除染作業の見学が行われた。広野町役場建設課の松本正人課長は、地震と福島第一原子力発電所事故に伴う広野町の被害状況と現状について講義。県の防災システムをはじめ電話やFAX、メールなどすべての通信手段がほとんど機能しなかったなかで、全町民を避難させた当時のもようや、除染と帰還へ向けた現在の取組について説明した。

その後、学生たちは原子力機構などが用意したNaIサーベイメータやGMサーベイメータ、 γ プロッタを使って、空間線量率の測定や遮蔽効果の測定実習を行った（＝写真3）。実習を行ったエリアは、原子力機構が「除染モデル実証事業」を実施した対象区域で、グラウンドや駐車場、公共施設、森林が広がる。学生たちは初めての経験であり、思い思いの場所をグループで測定した。また、鉛板を用いたコリメータやベータ線を容易に遮蔽するアクリル板を使い、放射線の遮蔽を体験。講義や意見交換会の説明だけでは理解しづらい放射線の特徴や環境の放射線状況について、学生たちは実際のフィールドでの放射線測定を通して実感した。

測定実習を終えると、学生たちは広野町の除染作業で発生した除去物を保管する仮置場（＝写真4）と道路周辺の法面除染作業を見学した。仮置場は機構が「除染モデル実証事業」で設置し、広野町に移管されたもので、収納容量は6,000m³。そのほか、広野町での除染で発生するものを収納する4基（計49,000m³）が建設されている。

広野町は平成24年3月から、同町自身で町内の生活圏の除染を開始。一般住宅や生活圏から20m以内の森林、農地の除染は終盤を迎えつつあるが、森林の除染と、除染で発生した可燃物の減容化が課題として残っている。そのため森林の除染方法、焼却による減容化施設の早期建設を環境省に要望していると松本課長は講義を締めくくった。

原子力機構では福島高専と、復興のための人材育成を図る連携協力協定を結んでおり、放射線の測定分野などで引き続き、高専生たちの実習を応援していく。



福島現場をこの目で確かめる 新入職員対象に研修



この春に原子力機構に採用となった83名が4月11日に、福島県で実習を行った。この実習は新人研修の一環で、福島の現状を目で見て、原子力機構の福島での復興に向けた取り組みを知ることが目的だ。

新入職員を乗せたバスは茨城県東海村の原子力機構本部を出て、まず富岡町へ向かった。そこで新入職員たちは、災害の跡を目の当たりにする。震災により崩れた家屋、津波により流された車は、起こった当時のまま。新入職員たちは、津波による被災や福島第一原子力発電所事故の当時の様子についての説明に、真剣に耳を傾ける。車中でも、福島で勤務している職員が、事故後に行われた除染や福島県内の現在の復興に向けた取り組みについて説明を行う。

次に向かったのは、川内村のコミュニティーセンター。ここでは、原子力機構と川内村の復興に向けた取り組みについて講演が行われた。

川内村は福島第一原子力発電所事故後、いち早く「帰村宣言」を行い、住民の帰還に積極的に取り組んでいることで知られる。そこで震災後に、復興対策課の除染係長（当時）として、川内村の復興を支えてきたのが、同村の横田総務課係長（=写真右下）だ。

同氏は「原発事故に伴う全村避難から帰村のための除染と線量管理」と題して講演。事故直後からの村民への対応と帰村への取り組みによって、現在、川内村への帰村者は増えつつあるが、「3年前、村を後にしてバスで避難所へ向かった時のことを思うと今でも涙が出る」と思いを語った。

また、原子力機構の油井センター長は新入職員に向けて「ひとりひとりが、福島のためにという気持ちを忘れず、業務に取り組む」よう訓示した。



その後、新入職員たちは川内村東部にある荻ダムへと移動した。原子力機構はここで、福島長期環境動態研究（F-TRACE）を行っており、新入職員たちは調査が行われている森や河川、ダムに案内され、それぞれの場所で調査内容の説明を受けた。また、採取した試料をその場で測定するために開発した移動式ラボも見学した。説明後には質疑応答も多数行われ、興味の程がうかがわれた。

さらにダム周辺では、福島研究開発部門が開発したガンマプロッタを用いて、線量測定を体験した。ガンマプロッタを持って歩くことで、地表から5cmと1mの空間線量率を同時に測定することができる。また、GPS機能を搭載しているため、測定データをリアルタイムで確認することも可能だ。新入職員たちは道路と森林内で線量率が変わっていく様子を興味深く眺めていた。

研修に参加した職員は、「被災地に赴くのは初めてで、情報としては知っていたが実際に3年たった今も復興がほとんど進んでいない状況を見ることによって驚いたと同時に津波という自然の力を恐ろしく感じた。また、川内村役場での役場の職員の方の生の声を聴いて2度と福島第一原子力発電所のような事故を起こしてはいけないということ、いち早く事態を収拾し地元の人たちが安心させるようにしなければならないという決意を改めて持った。これからの仕事をする際にこの決意をもって職務を遂行していきたいと思う。」と述べた。



contents

- 02 福島研究開発部門が司令塔となっています
- 03 トリチウムをどう管理するか
- 06 建物内線量の低減効果を調べる技術を開発
- 07 放射性セシウムを捕集する給水器の性能を実証
- 08 高専生と一緒に放射線を測定
- 10 福島現場をこの目で確かめる

明日へ向けて

福島研究開発部門

〒100-8577 東京都千代田区内幸町2-2-2

TEL 03-3592-2111(代表)

福島事業管理部

〒960-8031 福島県福島市栄町6-6 NBFユニックスビル1階

TEL 024-524-1060 FAX 024-524-1073

JAEA 福島
ホームページ



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

独立行政法人 日本原子力研究開発機構

2014年5月 No.1

福島技術本部ニュースは今号より「明日へ向けて」と改称しました。

表紙・裏表紙：空間線量率をモニタリングする無人ヘリ