

がんばろう ふくしま

# 福島技術本部ニュース

## No.10

2013年 6月7日号



**日本原子力研究開発機構**

J-SubDで本宮市東笹田池水底の放射性セシウムを調べました  
(平成25年4月)

## 放射線測定装置を搭載した小型無人飛行機が大空を舞う JAEAとJAXAが放射線モニタリングシステムの飛行確認試験

### 初の放射線測定装置搭載の無人飛行機

放射線測定器を搭載した初の無人飛行機が3月27日、北海道の空を飛行した(=表紙写真)。宇宙航空研究開発機構(JAXA)が開発した試作機に、日本原子力研究開発機構(JAEA)が同機専用開発した放射線測定器を搭載した。福島県内ではこれまで、放射線測定器を搭載した有人機や無人ヘリなどによるモニタリングが行われているが、この無人飛行機は、航空機モニタリングで用いられる有人ヘリコプターより詳細にモニタリングができるとともに、無人ヘリコプターでは測定できない数十kmに及ぶ広い範囲をモニタリングすることをめざして、両者が共同で開発を進めてきたもの。放射線測定器を搭載した無人飛行機による飛行試験は、これが初めて。両者は3年間をかけて、無人飛行機を用いた放射線モニタリングシステムの実用化を目指す。

JAEAとJAXAは福島第一原子力発電所の事故を契機に、平成24年度から放射線モニタリングシステムの共同研究を開始。有人機や無人ヘリによるモニタリングを補完するシステムとして位置付け、無人飛行機によるモニタリングシステムの開発を共同で進めてきた。

今回の飛行試験は、小型無人飛行機の飛行機能の調整と確認、放射線検出器の機能を確認することがねらい。無人飛行機は27日には北海道は函館市の北にある民間飛行場である鹿部飛行場から飛び立ち、無事飛行試験を終了。29日には計画の通り7日間のすべての試験を終えた。現地では機体を組み立てた後、飛行機能の調整・確認と放射線検出器の機能確認を入念に行った。確認試験では何度か不具合が発生したが、そのたびに原因の究明や改善を実施した。

この無人機に搭載された放射線測定装置(写真1)は、放射線検出器(縦25cm横30cm高さ8cm)やデータ処理装置(縦16cm横16cm高さ14cm)などから構成。NaIシンチレータ(2インチ円筒型)とプラスチックシンチレータ(20×20×3cm)からなる検出器は胴体の底部外側に、またデータ処理装置は胴体の内部に取り付けられている。これらは無人機に搭載するために、軽さと大きさ、データのサンプリング時間の最適化等の性能向上を徹底して追求した。





### 「軽くして、長く測れるようにする」

「これまで開発し福島県内の測定に導入された無人ヘリコプターに比べ、小型の無人飛行機は飛行速度が速く、長時間、広範囲を飛行できるメリットがある。さらに有人飛行機より、詳細な測定ができると期待している。JAXAが開発した軽量で飛行安定性のある無人飛行機の特徴を活かして、それにあった放射線測定装置を開発した。汚染地域の森林火災や原子力防災のツールとして、緊急時モニタリングへの適用も考えられる」と、開発者の一人である鳥居は語る。(写真2)

一方、この無人飛行機本体の開発を担当したのはJAXA。機体の大きさは、全長が2.7m、全幅が4.2m、全高が1.3mで、全体的にコンパクトな設計となっている。主要な機体には複合材(GFRP)を使用し、放射線測定装置を含めた離陸時の総重量は50kg(写真3)と軽量化を図った。エンジンは無人機用のレシプロエンジンで、ガソリンで駆動する。飛行速度は秒速30mで、自律飛行型の無人ヘリコプターの約3倍。飛行時はプログラムによる自動操縦を行うが、離発着時は市販のラジコン用プロポを用いて手動で操作する。これは、無人ヘリコプターと同じだ。



無人飛行機の特徴をJAXAに聞いた。「コンパクトな機体であるものの故障した時に、人に影響を来たすようなことにならないように信頼性と安全性を高めた。そのために飛行システムの冗長化を図っている。また、パラシュートを装備しており、万一エンジン停止により降下したとしてもその速度を遅くして、機体下の人や器物への損害を最小限に食い止める」

と開発のリーダーを務める村岡氏は語る。(写真4)

この機体には形状にも特徴がある。胴体後部にエンジンとプロペラが設置され、主翼の後ろに二本のブームが出ており、そのプロペラを囲んでいる。どうしてこのような機体形状にしたのだろうか。

「胴体を縮めることができ、機体の小型化ができる。エンジンの前方にカメラや放射線測定装置を搭載するための十分な空間を取ることができる。エンジン排気などが搭載する装置に影響を与えないなどのメリットがある」とこの機体を設計開発した穂積氏が語った(写真5)。

「ダストの収集装置を搭載した場合にはそのメリットが活かしてくる」

と鳥居も認める。

また、安全設計についても

「操縦については、通常系とラダー系を独立に構成しており、通常系に故障が生じた場合にも安全を確保している。電源は発電機により供給されるが、万一のバックアップ蓄電池も有している」

と安全性・信頼性についてわかりやすく説明してくれた。現在の常温揮発性のガソリンは、将来は石油系の重質油に変更することも考慮していると教えてくれた。降下後に発火することを避けるための対策の一つだ。

福島県の面積の70%を占める森林については、モニタリングの必要性が求められている。放射性セシウムの移行や将来の除染計画にはモニタリングは欠かせない。しかし、この広大な面積を定期的にモニタリングすることは難しい。有人機によるモニタリングに比べて詳細に、そして、無人ヘリコプターでは測定できない数10km程度の広い範囲のモニタリングのために、この無人飛行機によるモニタリングシステムの早い完成と福島県への導入が期待されている。JAEAとJAXAの特徴ある技術が融合し、研究者達は小型無人飛行機、放射線測定器それぞれの改良を重ねた上で、福島県内でのいち早いモニタリング試験の実施を目指している。



## 空間線量率が屋外より屋内の方が高い!? 一床下除染工法の確立

### ■ 原因は「意外」なところにありました

昨年2月。ある市町村から、空間線量率が屋外より屋内の方が高い住宅があり、原子力機構にその原因を究明してほしいという要請が、環境省経由でありました。

このため原子力機構は現場を丹念に調べました。しかし、なかなかその原因はわかりません。原因の究明は難航しました。

一方、ご相談があった住宅は新築でした。このため原子力機構では、材料の調達から施工までの作業毎に汚染の有無を確認していったところ、福島第一原子力発電所で事故が起きた当時、建設中の基礎コンクリートの表面が汚染し、それに気付かず住宅を建設したためであることがわかりました。

新築物件は若い世代のご夫婦、お子様が住んでおり、安心して生活するためには、床下の除染工法を確立することが急務となりました。

特に、床下の狭い空間での除染作業で、研削時に発生する粉じん量を如何に下げ、汚染の拡大を防ぐことが極めて重要な課題となりました。

このため①複数の除染工具を使用した単体試験、②粉じん濃度を低減するためのモックアップ試験などのトライ＆エラーを繰り返し、研削と同時に発生する粉じんを吸引する機能を組み合わせることで、粉じんの発生量、ひいては汚染拡大を防ぐ工法を見出だしました。この工法は、環境省から標準作業要領として採用されました。



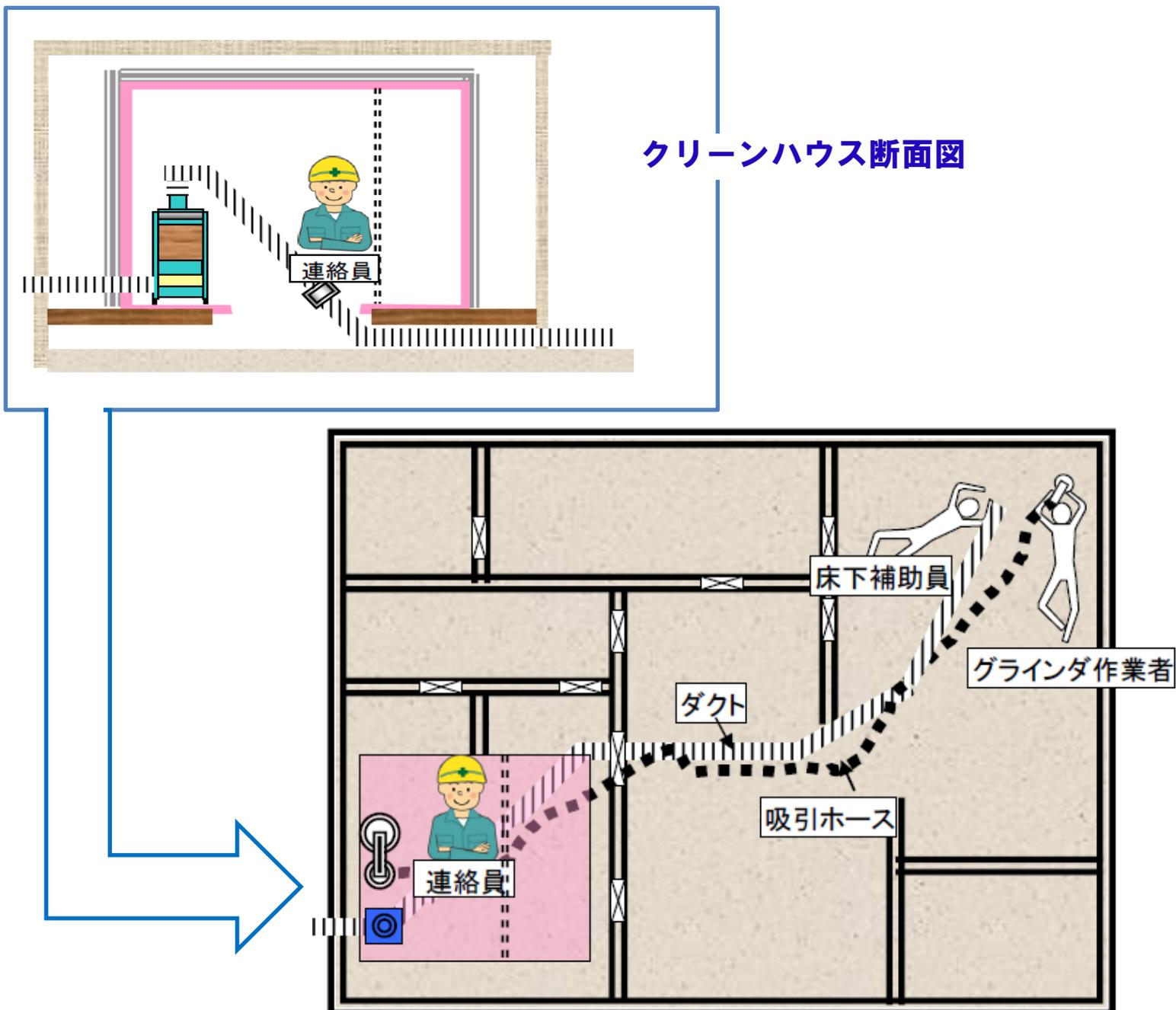
モックアップ試験場(ビルの屋上に床下を模擬)

床下除染方法を標準化

これらの工法によって除染を行った結果、当該部分の表面汚染は約9割低減させることに成功し、屋内の空間線量率は、目標値とした屋外周辺と同等以下にすることができました。家主の方からは、「(床下の狭い所で)30年分の仕事をやって頂き、安心して暮らすことができます。本当にありがとうございました」との感謝の言葉を頂きました。その隣でお子様が床上を走り回る姿を見て、私たちは本当に安心して暮らせる状況に戻ってよかったと嬉しく思いました。

なお、原子力機構ではここでの経験をもとに、「床下基礎コンクリート部除染作業施工要領書」というマニュアルと、作業手順を示したビデオを作成しました。ここで示された方法は現在、各市町村で標準的な床下除染工法として実施されています。

床下除染現場の見取図



床下除染の流れ

クリーンルーム  
設営



事前  
モニタリング



除染作業



廃棄物処置



研削粉は集めたことにより、線量が高くなっているため、遮蔽用の容器に入れ、ご自宅のお庭に穴を掘って一時保管させていただきます。

## 放射性セシウム捕集材を活用した 浄水器のモニター試験を川内村で開始

原子力機構は福島県双葉郡川内村において、放射性セシウム捕集材を充填した飲用水向け浄水器のモニター試験を始めた。村内にある13戸の民家に浄水器を取り付け、1年間かけて捕集材の性能などを確認する。この捕集材は原子力機構と倉敷繊維加工(株)(クラボウグループ)が共同で開発したもので、水に溶けている放射性セシウムを吸着・除去することができる。なお川内村では井戸水や沢水を飲用水として使用しているが、飲用水を検査した結果はすべて検出限界以下だった。

地下水や沢水を飲用水などの生活用水として利用している全国の10市町村がつくる安全・安心でおいしい地下水連絡協議会は昨年11月10日に川内村で、「第3回地下水サミット」を開催した。除染モデル実証事業の実施や村民の内部被ばく検査を川内村で行ってきた縁から、原子力機構はサミットの協力団体として参加し、この浄水器モデルの展示・紹介を行った(「Topics福島」No.10)。

原子力機構ではその後、同村での浄水器のモニター試験実施について川内村と調整。同村の復興対策課長からは「村では帰村宣言以降、除染やインフラ整備が進められており、村民が徐々に戻ってきている。飲用水は検査し安全なことは分かっているが、この浄水器は村民の安心につながる取り組みだと思う。」と快く引き受けて頂いた。

川内村は9割の家庭が井戸水、残る1割が沢水を使っている。これまでに、1,150戸の飲用水を検査し、全て検出限界以下という結果である。このうち、13戸の民家にモニターを引き受けて頂いた。

これをうけて原子力機構では3月13、14日に、対象の民家の台所にある蛇口に浄水器を取り付けた。それぞれの居住者にモニター試験の内容や浄水器の使い方を説明した。モニター試験の期間は1年間で、2ヶ月毎に浄水器のカートリッジを交換し、放射性セシウムの捕集力がどのくらい残っているかなどを確認する。また、この間に浄水器を取り付けた感想なども聞く。

ごくわずかであっても水に溶けている放射性セシウムを吸着・除去する捕集材を使った飲用水向け浄水器(=図1)、交換するカートリッジ(=図2)には、活性炭も充填されており、既に市販されている浄水器と同様に一般的な浄水機能も有している(=図3)。

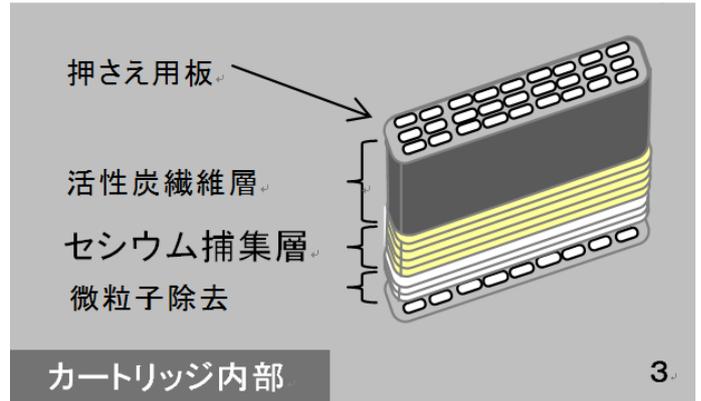


川内村民家の台所の蛇口に取り付けた浄水器



市販の浄水器用ハウジングを利用したカートリッジで取り外して交換する。その中に放射性セシウムを吸着する捕集材が入っている。

これまでに、原子力機構では、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技術を使って様々な金属を選択的に捕らえる捕集材を開発している。(=図4)放射性セシウムの捕集材は、この電子線グラフト重合技術により、原子力機構と倉敷繊維加工(株)が共同で開発した。



4月4日、川内高原農産物栽培工場の内部が公開された。人工の光で、安全な地下水を利用した水耕栽培による完全閉鎖型の植物工場である。外気を遮断した環境下で栽培しているため消費者に安全性を示すことができる。さらに放射能測定器を設置し全数検査も行うため、安心にもつながる。

川内村の主産業である農業再生のため、最新の技術と設備を備えた当該施設を建設し、食の安全・安心と安定供給による産地作りに結びつけるとともに地域雇用の拡大を図り村の復興と地域活性化に繋げるとの願いが込められている。

この工場の運営主体は、川内村と民間企業が共同設立した企業であり、行政が取り組む事業としては我が国で初めての試みだそう。

本工場では、リーフレタス等葉物野菜を1日8,000株生産する。栽培室(クリーンルーム)には一般的な野菜工場と同じ蛍光灯照明を使った2部屋以外にLED照明を使った2部屋があり、栽培物に合わせた対応が可能となっている。

クリーンルームに入るとLED照明の赤色光と青色光が目飛び込んでくる。植物の育成に合わせてこの2色の比率を変えることにより高速栽培が可能となる。植物栽培の最新の技術である。本工場は、4月26日にオープンした。これからLED照明下のベッドと呼ばれるところに葉物野菜が所狭しと並ぶのだろう(図5)。そして、川内産の野菜として全国に届けられる。楽しみだ。



LED光源を使用したレタス栽培(昭和電工(株)提供)

## 高圧水で、路面を除染する 20 $\mu$ Sv/hあった空間線量率が5 $\mu$ Sv/hまで減少



路面に約2,000気圧もの高い圧力をかけた水を吹き付けて除染し、使った水は回収して処理を行った上で再利用する——これが超高圧水除染技術だ。除染技術にはさまざまなものがあるが、この超高圧水による除染は、高い除染性能が確認され、除染に伴う廃棄物が少ないことが特徴の技術である。原子力機構では帰還困難区域内にある大熊町でこの技術を使った除染試験を行った結果、平均で20 $\mu$ Sv/hあった空間線量率を5 $\mu$ Sv/hまで下げることに成功した。

超高圧水除染技術は、約2,000気圧の超高圧で水を吹き付けて、使った水を回収するのだが、数十気圧までの水を吹き付けて、使った水を回収する高圧水洗浄とは根本的に除染を行うメカニズムが異なる。高圧水洗浄は、文字通り水の噴射された箇所が洗浄されるので、表面の汚れなどに付着した放射性物質がはがれることで除染が行われる。一方、超高圧水除染技術は、アスファルト自体を薄く削り取ることで表面の汚れと材質の中に入り込んだ放射性物質をはがすことができるため、より高い除染効果を得ることができる技術だ。

超高圧水除染技術では、水の圧力と水量、水の吸引力の三つが、除染効果に影響を与える。水圧と水量を上げれば除染性能は上がるが、その分路面を痛め、廃棄物となる切削量が増える。逆に下げれば、除染性能が下がる。

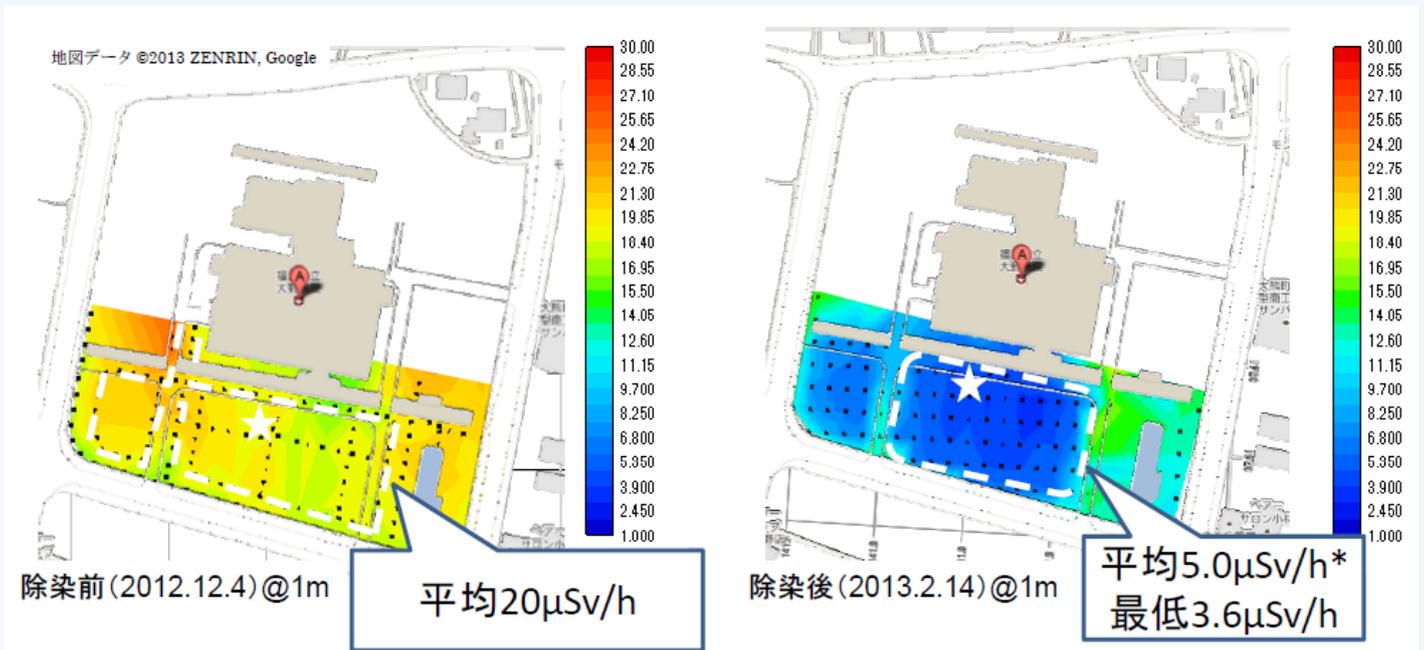
このため原子力機構では、可能な限り路面にダメージを与えないで、効果的な除染ができるパラメータの最適化を図った。その結果、ある一定の衝撃力を満たすことで効果的な除染ができることがわかり、水圧が低くても、衝撃力を満たす水量があれば、同じ効果があることがわかった。

最適化を図ることで超高圧ポンプ性能に余裕が出たため、原子力機構では、超高圧ポンプの先端に取り付ける除染ヘッドの数を増やすことで、作業効率を最大3倍まで向上させることを可能にした。

原子力機構では、複数の除染ヘッドを同時使い、大熊町にある県立大野病院の広さ約1.3haの透水性アスファルト舗装の駐車場で除染試験を行った。透水性アスファルトは、水が浸透しやすく、除染効果が得られにくい舗装である。帰還困難区域内では、路面の表面汚染密度は30,000～50,000cpmと高く、また透水性舗装であるため骨材の内部まで汚染されており、通常の高圧水では効果が小さいものであった。

この路面を、ヘッド2台を使って面的除染を行った結果、路面の表面汚染密度は70～90%低減。平均 $20\mu\text{Sv/h}$ あった空間線量率は平均 $5\mu\text{Sv/h}$ まで下がった(=下図)。また、回収した水は一般的に利用される凝集沈殿剤と $0.01\mu\text{m}$ のフィルタを利用した場合、放射能濃度は $2\text{Bq/kg}$ 以下にまで低減することができた。また、浮遊物質(SS)濃度も $2\text{mg/L}$ 以下と低いため髪の毛ほどの細さの超高压水噴射ノズルを損傷させることなく再利用できることも確認できた。

超高压水除染技術は本研究を通じて環境省が改定した除染ガイドライン第2版で掲載されるなどの効果が認められている。楢葉町の本格除染等ではすでに採用されており、今後は民間企業の企業努力により、高い品質を保ちながらコストダウンが図られることが期待される。



大熊町で実施した面的除染試験の結果。左図が除染前、右図が除染後。平均で $20\mu\text{Sv/h}$ あった空間線量率が $5\mu\text{Sv/h}$ まで減少している。



上図の☆印を除染作業中に定点測定した結果。直下の路面を除染した場合、空間線量率が急激に低減することがわかった。また、周辺を除染することで徐々に線量率が低減されることが確認された。これ以上削ることも可能であったが、路面への影響を考慮して除染作業を終了し、最終的に $4.2\mu\text{Sv/h}$ までの除染となった。



## 川内村で新入職員研修(4/15)

原子力機構の新入職員が、福島県川内村などで現場研修を行いました。講義では川内村復興対策課の井出課長に危機管理と復興についてお話いただきました。



## カナダ マクマスター大学学生視察(5/8)

カナダの原子力工学研究のメッカ、マクマスター大学の学生7名が来訪し、3日間にわたって福島の現状を視察しました。〔写真は福島市内の仮置場〕



## 「放射線に関するご質問に答える会」(4/24)

福島大学附属幼稚園で「答える会」を開催しました。小さなお子さまを持つ保護者から様々な質問が寄せられ、一つひとつに丁寧に回答しました。



## 関係自治体への説明会開催

平成24年度事業報告並びに平成25年度事業計画の説明会を、福島県内の各関係自治体等に対して行いました。〔写真は5月9日の福島県への説明会〕

## 「放射線に関するご質問に答える会」を開催しています

福島県内の小・中学校、幼稚園、保育園に通う児童・園児の保護者及び先生方、並びに町内会等を対象に、「放射線に関するご質問に答える会」を開催しています。開催を希望される場合は、お気軽にフリーダイヤル0120-506-292までご連絡ください。

福島技術本部ニュース  
2013年6月 No.10



独立行政法人  
日本原子力研究開発機構

福島技術本部

〒100-8577 東京都千代田区内幸町2-2-2

TEL 03-3592-2111(代表)

福島環境安全センター

〒960-8031 福島県福島市栄町6-6 NBFユニックスビル7階

TEL 024-524-1060 FAX 024-524-1069

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