

Photo K.Nirano

## Index

原子力発電所の廃止措置における 公衆の放射線管理の留意点（下）	中田 幹裕	1
原子力災害を想定した鹿児島県の防災訓練に参加いたしました		6
たかが管理、されど管理： 加速器の利用と放射線安全管理業務を振り返って	榎本 和義	7
眼の水晶体の線量測定用線量計：DOSIRISの紹介		13
〔こころの散歩道〕 我が心の故郷－奈良	中村 尚司	16
〔書籍紹介〕 知ろうとすること。		17
「2016国際医用画像総合展出展」のご案内		18
〔サービス部門からのお願い〕 4月1日はガラスバッジ、ガラスリングの交換日です。		19

# 原子力発電所の廃止措置における 公衆の放射線管理の留意点 (下)

中田 幹裕\*

## 3. 福島第一原子力発電所の廃止措置

\*\*\*\*\*

福島第一原子力発電所の廃止措置を行うに当たり、公衆の放射線管理の留意事項を、技術研究組合 国際廃炉研究開発機構（以後IRIDと称す。）の公開情報に基づき整理する。

### 3.1 中長期的な環境放射線管理の対策

福島第一原子力発電所の廃炉を実施するに

当たり、周辺環境の放射線管理を適切に行うためには、放射能放出源であるデブリを取り出すことが重要課題となる。しかしながら、デブリ取出しには、段階的に克服すべき課題があり、現在国内外の英知を結集して技術開発と計画検討が行われている。現在実施されている福島第一原子力発電所廃止措置に向けた、課題と研究開発を図4に示す。

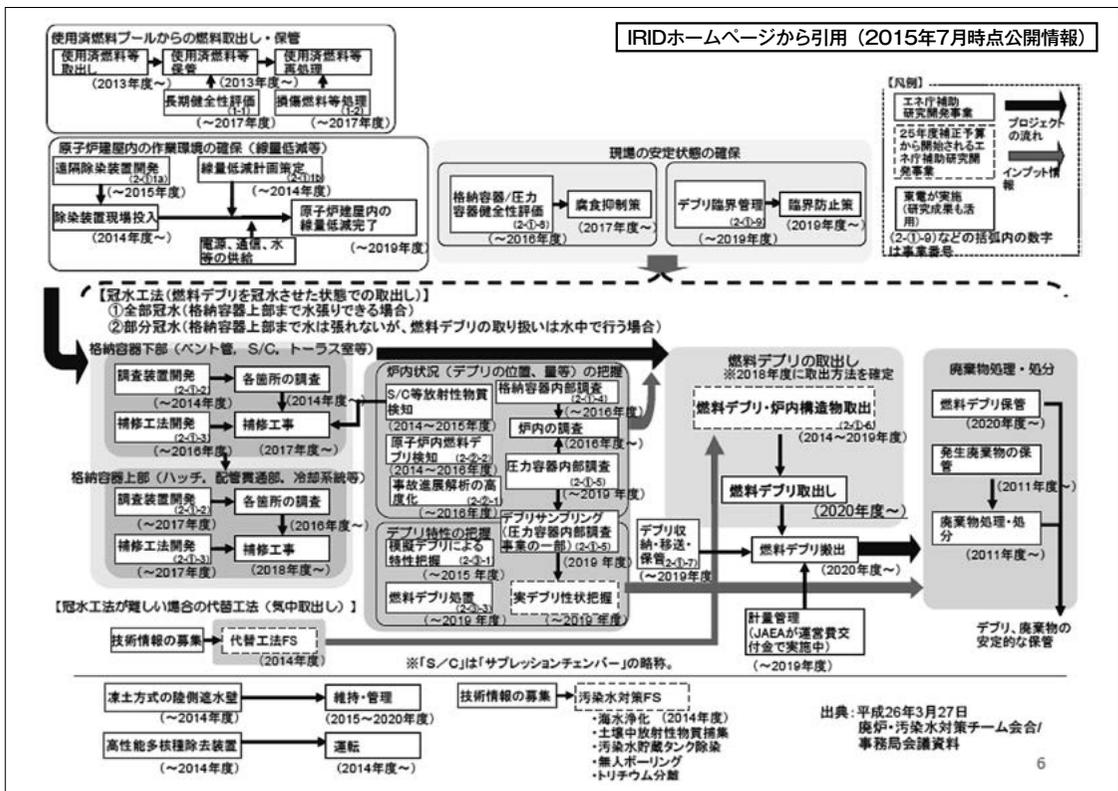


図4 福島第一原子力発電所廃止措置に係る課題と研究開発

\* Mikihiro NAKATA MHIニュークリアシステムズ・ソリューションエンジニアリング株式会社 プロジェクト統括室 主幹

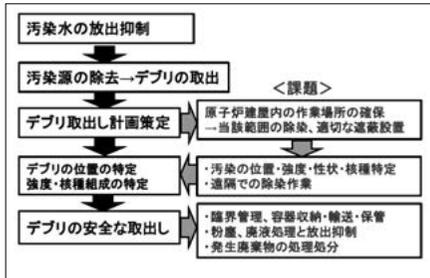


図5 福島第一原子力発電所廃炉工事での放射線管理課題の概要

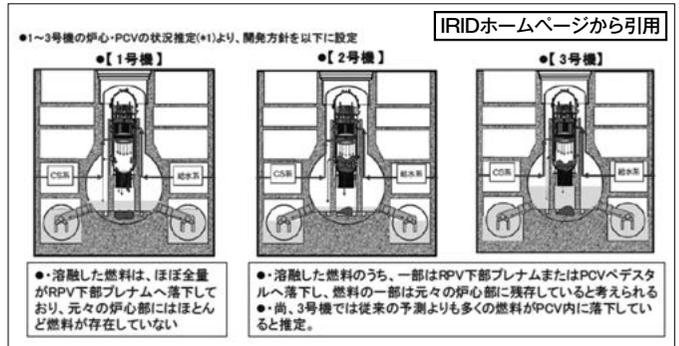


図6 現在のデブリ推定状況

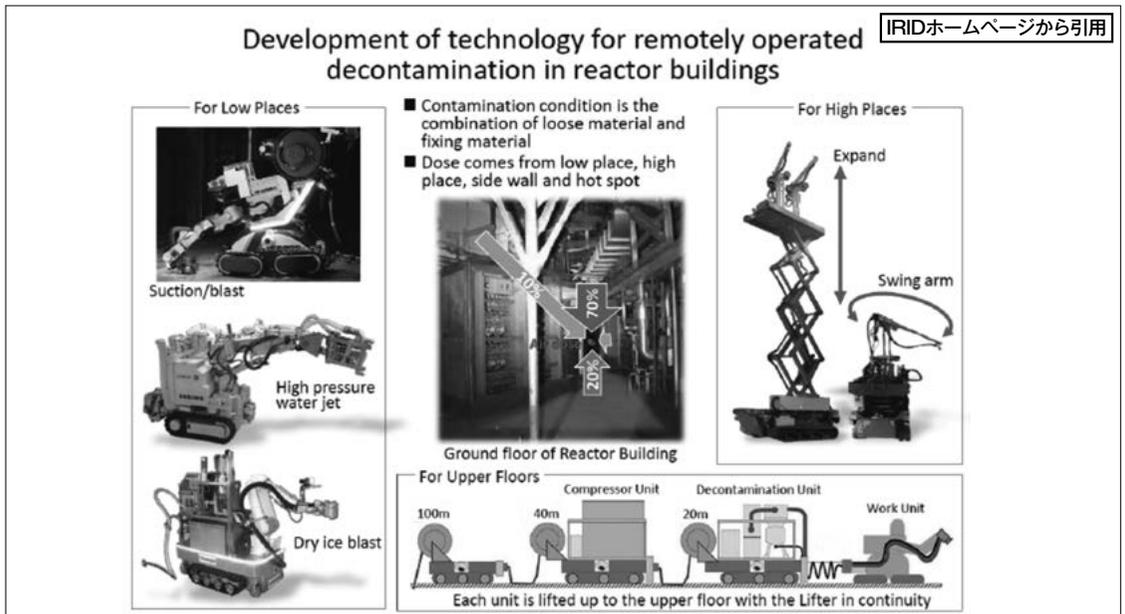


図7 IRID研究開発で開発した遠隔除染装置の事例

この課題と研究開発のうち、公衆の放射線管理の観点で留意が必要な重要事項は、デブリ取扱い時の臨界による周辺環境への外部放射線の影響、除染・施設解体やデブリ取扱いなど工事における周辺環境への放射性物質の放出、汚染解体物やデブリの輸送における周辺環境への放射線影響、工事に伴う発生廃棄物の安全な処理処分と考えられる。

特にデブリ取出しまでの廃止措置工事に対する、実施プロセスと公衆の放射線管理の観点での課題を図5に整理する。

また、IRIDホームページから、現在のデブリ推定状況を図6に示す。

### 3.2 放射能発生源の除去

デブリ取出しのためには、安全に作業可能な場所を、原子炉建屋内などに確保することが必要である。そのためには、当該範囲の除染や適切な遮蔽設置を行う必要がある。しかしながら、当該範囲には高線量率範囲があるため、事前に遠隔操作あるいは可能な範囲では人が立ち入り、汚染の位置・強度・性状・核種特定を行うことが重要である。また、遠隔での除染作業技術の開発が必要である。

現在IRIDでの研究開発で開発した遠隔除染装置の事例を図7に示す。

作業範囲を確保の後、デブリ取出作業が実

施される。デブリ取出しは、現在圧力格納容器（以後「PCV」と称す。）全体を冠水し、水中でデブリを取り出す工法を主体として開発し、代替工法として気中でデブリを取り出す工法が開発されている。冠水工法の概念を図8に、気中工法は3案あり、それぞれを図9、10、11に示す。

デブリ取出時の放射線管理に係る留意事項としては、臨界管理、容器収納・輸送・保管、粉塵、廃液処理と放出抑制があげられる。

このうち、粉塵、廃液処理と放出抑制は、図8、9、10、11で概念を示す各工法検討で考慮される。臨界管理、容器収納・輸送・保管については、個別に研究開発が行われている。

臨界管理については、PCV内部と外部で、未臨界を維持する方法を確保するとともに、未臨界監視と再臨界監視技術で被ばくりスクを極めて小さく抑える方法を開発している。未臨界監視及び再臨界監視の概要を図12に示す。

容器収納・輸送・保管については、米国スリーマイルアイランド（以後「TMI-2」と称す。）の炉心溶融事故での実績があるが、以下の観点で条件に

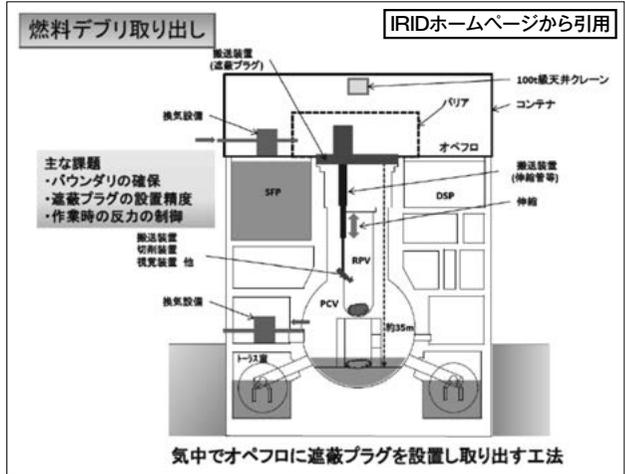


図9 デブリ取出気中工法(上方アクセス：遮蔽プラグ)

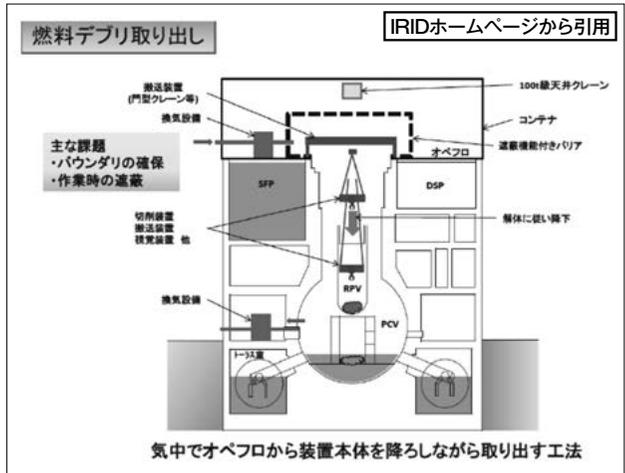


図10 デブリ取出気中工法(上方アクセス：装置本体降下)

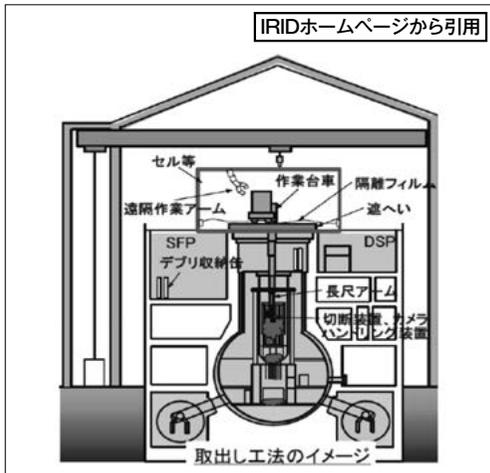


図8 デブリ取出冠水工法

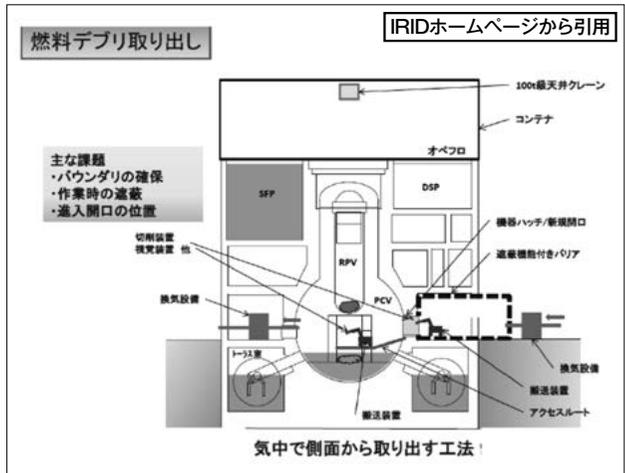


図11 デブリ取出気中工法(側面アクセス)

IRIDホームページから引用

## 未臨界監視および再臨界検知の概要

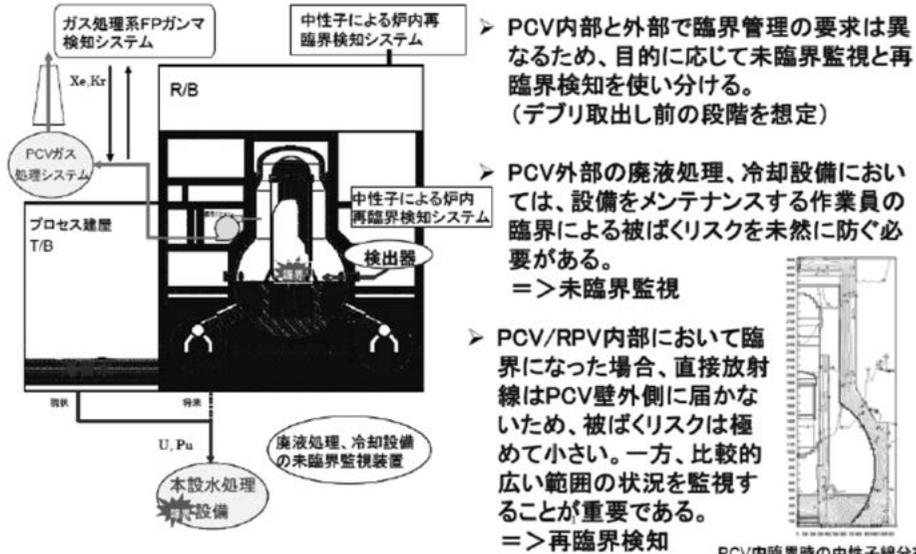
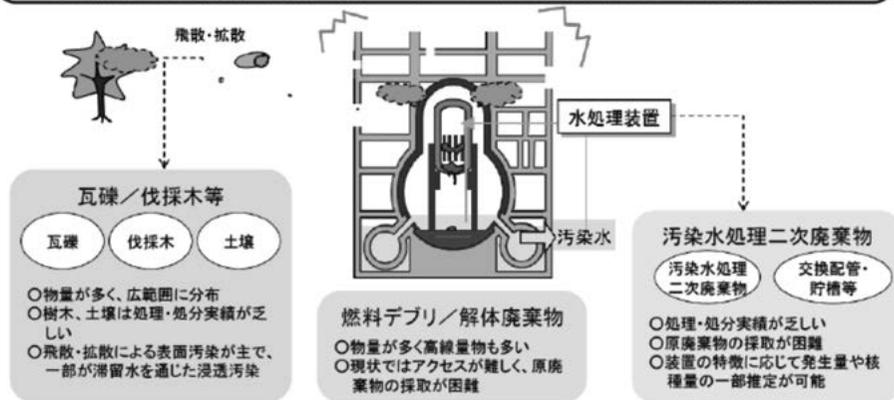


図12 未臨界監視及び再臨界監視の概要

IRIDホームページから引用

## 事故廃棄物の特徴

- ◆ 事故によりコントロールできない状態で発生
- ◆ 1~3号機の炉心燃料を起源とした汚染\*
- ◆ 廃止措置作業が状況に応じて変化するため、発生量の想定が困難
- ◆ 汚染範囲が広く、高線量箇所もあるため、データが非常に限定的(特に長半減期核種の組成)



\* :放射化物、運転廃棄物由来のものが含まれる可能性がある。

日本原子力安全「福島第一原子力発電所事故」により発生する放射性廃棄物の処理・処分 特別専門委員会委員会議録第一号子力発電所事故により発生する放射性廃棄物の処理・処分 一廃棄物情報の整理と評価(第1回) 2011年3月、より抜粋

図13 事故廃棄物の特徴

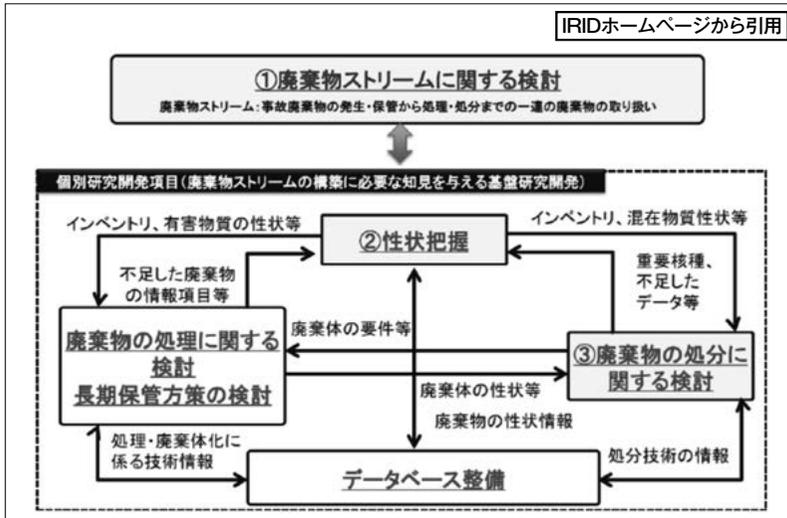


図14 福島第一原子力発電所廃棄物処理処分検討の全体概要

徴の整理を示す。また、図14に、現在実施されている、福島第一原子力発電所の廃棄物処理処分検討の全体概要を示す。

#### 4. おわりに

本稿では、一般の原子炉施設の廃止措置と、福島第一原子力発電所の廃止措置での、公衆の放射線管理に係る留意事項を、公開情報に基づいて整理した。

相違があり、これら条件を考慮して研究開発を実施している。

- a. 福島第一原子力発電所の燃料デブリは、原子炉压力容器（以後「RPV」と称す。）下部とPCV内に存在し、位置や性状が不明。
- b. 建屋内は高線量率で、人のアクセスが困難。
- c. 燃料は、TMI-2より燃焼度・濃縮度が高く、収納・移送・保管条件が厳しい。
- d. 炉内への海水注入により、腐食の進行が懸念される。

#### 3.3 放射性廃棄物取扱いに係る課題

福島第一原子力発電所の廃止措置で発生する放射性廃棄物は、下記の理由で、現状の放射性廃棄物とは区別して研究開発を行う必要がある。

- a. 事故によりコントロールできない状態で発生したこと。
- b. 1～3号機の炉心燃料を起源とした汚染であること。
- c. 廃止措置作業が状況により変化するため、発生量の想定が困難であること。
- d. 汚染範囲が広く、高線量箇所もあるため、得られるデータが非常に限定的となること。特に長半減期核種の組成データが限定的となること。

図13に、上記を踏まえた事故廃棄物の特

今後、一般の原子炉施設の廃止措置は、当該原子炉施設の特徴を踏まえ、安全かつ合理的に公衆の放射線管理がなされることが重要と考えられる。また、福島第一原子力発電所の廃止措置については、公衆の放射線安全を確保した工事が、国内外の英知を結集した研究開発の推進とともに、福島第一原子力発電所関係者の方々の弛まない活動と貢献にて、達成されるものとする。

最後になりますが、一企業の一技術者に、このような投稿をさせていただく場を与えていただいた、東北大名誉教授中村先生と(株)千代田テクノ殿に、深く感謝いたします。

#### 著者プロフィール



1982年3月 北海道大学工学部修士課程  
原子工学専攻修了

1982年4月 三菱原子力工業(株)入社

1995年1月 三菱重工業(株)と合併

2013年10月 MHI原子力エンジニアリング(株)へ移籍

2015年7月 MHIグループ会社合併によりMHIニュークリアシステムズ・ソリューションエンジニアリング(株)所属となり現在に至る。

入社以来、放射線解析分野を担当。業務としてはPWRプラント遮蔽設計・公衆の被ばく評価・許認可対応、解体廃棄物放射化・汚染放射能評価手法開発、L1、L3廃棄物放射化放射能評価やクリアランス検認の標準策定、東海発電所クリアランス検認計画許認可などに従事。2007年から6年間は米国向けプラントの許認可マネジメントに従事。

## 原子力災害を想定した鹿児島県の防災訓練に参加いたしました

2015年12月20日 九州電力(株)川内原子力発電所の再稼働後、初となる原子力災害を想定した原子力防災訓練が実施されました。鹿児島県と川内原子力発電所立地周辺30km圏内の9市町合同で行われ、関係省庁および各自治体150機関と地域住民約3,600名の方々が参加され、大規模な防災訓練となりました。

弊社からは、スタッフとして20名が参加し、弊社の取扱製品である避難車両用ゲート型汚染測定装置モニタ「ガンマ・ポール」や「大型車両除染用テント」等の資機材を各避難場所に設置し、陸上自衛隊の方々と連携して避難場所である鹿児島市立河頭中学校・出水市立東出水小学校・日置市吹上中央公民館の3ヶ所において避難者のスクリーニングを担当しました。

今回の訓練は「午前7時に震度6強の地震が発生し、その後、川内原子力発電所2号機の冷却機能が失われ、事故発生から2日後に放射性物質が放出された」との想定で実施されました。

弊社スタッフは、訓練当日の午前9時に各避難場所へ集合し、訓練の概要および機材の最終確認を行いました。その後、防護服等の服装に着替え、避難者到着まで待機しました。

防災マニュアルに従って報告・連絡・指示等がくまなく行われ、住民の避難が始まりました。避難された住民の方々が乗車された避難車両が、徐行しながら次々に「ガンマ・ポール」を通り抜け、汚染の有無を確認していきます。(写真1) 車両が通るたびに緊張感が走ります。



写真1 ガンマ・ポールを通る車両

「ガンマ・ポール」は、2本の柱型の検出器の間を車両が

通過中に汚染の有無を計測する測定器です。(図1) 車両は停止することなく計測できるので渋滞を緩和することができ、また高さが3.6mある為、大型車両も測定できます。

除染が必要となった車両は車両除染所へ向かいます。除染は高圧洗浄機を使用して行われ、1台1台丁寧に除染されます。使用された水はポンプにて回収し、除染区域外へは漏れない工夫が施されています。

(写真2)

また、除染が必要な大型車両は「大型車両除染用テント」で除染が行われました。(写真3)

今回、このような機会に触れることができましたこと、関係者の皆様に心より感謝を申し上げます。ありがとうございました。

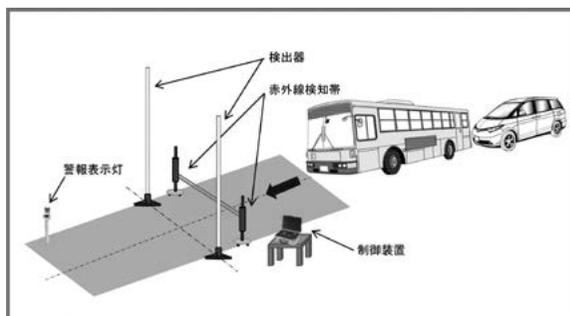


図1 ガンマ・ポールの構成図



写真2 除染場所の様子



写真3 大型車両除染用テント



# たかが管理、されど管理： 加速器の利用と放射線安全管理 業務を振り返って

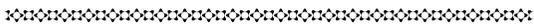


榎本 和義\*



2015年3月、高エネルギー加速器研究機構(KEK)を定年退職し、現在特別教授として再雇用の身となった。私の履歴を振り返りながら、研究や放射線管理業務に関する幾つかの思い出を振り返らせていただくことにした。

## (1) 仙台時代 (1970-1996)



1970年東北大学入学当時、出身地の熊本では水俣病が問題となっており、イタイイタイ病、阿賀野川水俣病など公害問題が各地で起こっていた。折しも大学は紛争状態であった。その時に、公害防止法ができ、公害防止管理者試験の第1回目を受験し、水質第1種の免状を取得した。学部に入ってから、化学分析の面から環境問題に取り組みたいと思い、分析化学講座を選んだ。当時の研究は溶液化学が主流であったが、理学部附属原子核理学研究施設(核理研、現:電子光理学研究センター)に大強度の電子リニアックが設置され学内共同利用を開始していた。そこで、加藤豊明助教授の指導のもと、多元素の同時分析が高感度で行えると思われる光量子放射化分析をテーマに選んだ。電子加速器による分析法を確立するため、周期律表を眺めつつ、様々な元素を電子加速エネルギー30~70MeVで照射して、各元素の定量感度を求めたり、定量の妨害となる核反応の収率を照射エネルギーを変えながら系統的に求めることが卒論テーマとなった。これが加速器との関わりの始まりとなり、また核反応、放射能測定などの手法を

学ぶことになったきっかけである。博士課程の途中で助手となり、学生の指導を行いながら、環境試料の分析を目指して多元素ドーブ合成標準試料の調整法の開発、照射試料からの多元素同時分離法、同時計数による陽電子放出核種の選択的定量法の開発などを行った。電子加速器で放射化分析するには数kWのビーム出力が必要である。核理研は6~10kW程度のビーム出力であり、加速エネルギーを自由に設定できたことから他国に引けを取らない研究成果を得ることができた。当初、光量子放射化分析法は中性子放射化分析では分析の難しい炭素、窒素などの軽元素の分析に利用されてきた。しかし、光核反応の特徴は重元素ほどその生成収率が大きくなることである。環境試料に含まれる元素の定量感度を低いものから順に並べると表1のようになる。表1から明らかのように、比較的存在量の多い元素については感度が低く、微量に含まれる重金属元素等は高感度に分析できるというバランスのとれた分析法であり、地球化学的試料、生物試料、環境試料等の分析に適していることを示した。

1981年核理研の助手に配置替えとなり、放射線取扱主任者に選任された。放射化分析の利用を進める上で、測定や解析の自動化として、小型ロボットやLANをいち早く導入し、放射線測定が自動的に行えるようにするとともに、ネットワークから測定情報を監視できるようにした。また、内標準法や安定同位体希釈放射化分析法など照射や測定の条件に極力影響を受けない定量法の開発を進めることに

\* Kazuyoshi MASUMOTO 高エネルギー加速器研究機構放射線科学センター 特別教授/NPO法人放射線安全フォーラム 理事

表1 光子放射化分析による環境試料中の元素の定量感度

検出下限 (μg/g)	定量元素 (核種)
400	K ( <sup>38</sup> K) Fe ( <sup>56</sup> Mn), Ti ( <sup>46</sup> Sc), Cl ( <sup>34</sup> mCl)
100	Ti ( <sup>48</sup> Sc), Ca ( <sup>43</sup> K)
60	Ba ( <sup>135</sup> mBa), Ca ( <sup>47</sup> Ca)
40	Zn ( <sup>67</sup> Cu), Na ( <sup>22</sup> Na), Mg ( <sup>24</sup> Na), Br ( <sup>77</sup> Br)
10	Zn ( <sup>65</sup> Zn), Pb ( <sup>203</sup> Pb)
4	Mn ( <sup>54</sup> Mn), Cr ( <sup>51</sup> Cr)
2	Ni ( <sup>57</sup> Ni), Sr ( <sup>87</sup> mSr) Co ( <sup>58</sup> Co)
1	Sb ( <sup>122</sup> Sb)
0.6	Zr ( <sup>89</sup> Zr)
0.4	Rb ( <sup>84</sup> Rb), Tm ( <sup>165</sup> Tm) As ( <sup>74</sup> As), Y ( <sup>88</sup> Y), Ce ( <sup>139</sup> Ce), Tl ( <sup>202</sup> Tl)
0.2	Mo ( <sup>99</sup> Mo), Cs ( <sup>132</sup> Cs), U ( <sup>237</sup> U), I ( <sup>126</sup> I)
0.1	Nb ( <sup>92</sup> mNb)

した。同時に放射線管理の最初の仕事として変更申請を行うことになり、また、次期加速器計画の遮蔽計算や施設設備の設計や予算の積算も分担した。

また、核理研の電子加速器は高出力であるために、電子ビームの衝撃による加速器構造体の加熱、溶解、それに伴う真空リークが頻発し、マシンの性能だけでなく、作業被曝でもトップレベルであった。当初は、作業のための冷却時間を1日置く、作業場所を局所遮蔽する、作業者を増やして被曝を分散化する、などの対策がとられた。外部被曝低減の原則として「時間、距離、遮蔽」がいわれる。これらは受け身的な管理といえる。線量が高いから近寄らないことは誰でもできる。しかし、放射線管理で大切なことは被曝の恐れがあるので作業を制限するといったことではなく、職員が協力して被曝の原因を除いていくことであると考えてきた。そのためには、何故故障するのか、何故線量が高いのかを知ることが、被曝の低減につながっていく。不安定なビームを安定化させるために、電源の安定化、フィードバック回路を組み込み、また、加速途中で

ビームがダクトに当たることを防ぐために、ビームロスモニター、ビームスクリーンモニターなどがマシン・計測グループの協力によって設置された。次に、始業時から安定化まではパルスの間引き運転をするようにし、当たっても真空リークが起こらないようなダクト形状そのものの変更や冷却方式に改良が加えられた。ビーム引き出し窓材にはTiフォイルが用いられていたが、数mmの大強度電子ビームはしばしば穴を空け、真空リークを起こしていた。様々なメーカーのTiを試したが、短いものは数時間の寿命であった。表面の粗さのためにスロリークが認められ、高真空度での使用には問題があったことから、使わないで残っていたものを最後に使った結果、1年間持った。米国製の電解精練したTiを圧延したもので、みてくれとは異なり意外な結果となった。さらに、放射化が起こりにくいようビームダクトのアルミ化が進められた。この結果、図1に示すように年間の作業被曝は当初の1/30以下となった。アルミニウム合金では機械強度とともに放射化の低減効果も重要であることから、成分による生成放射能の影響を調べた。図2に示すように、SUSに比べてアルミニウム合金の放射化は低いものの合金成分によってその割合が変わることを示した。

放射化分析の手法は放射線管理にも大いに役立つことになる。加速器施設で放射化を調

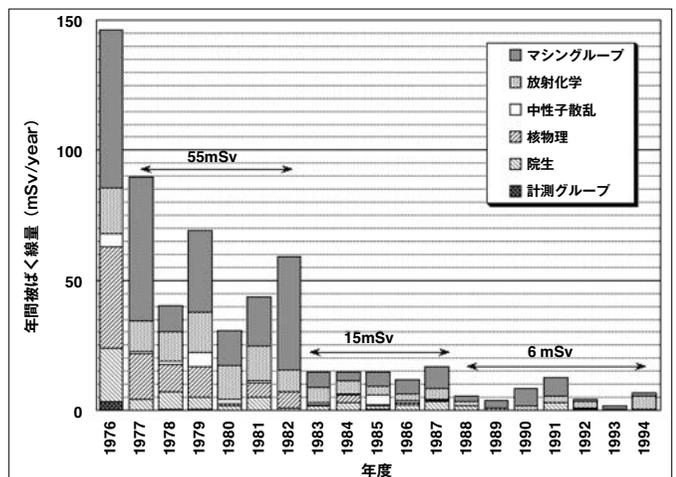


図1 核理研における作業被曝(1976~1994年)

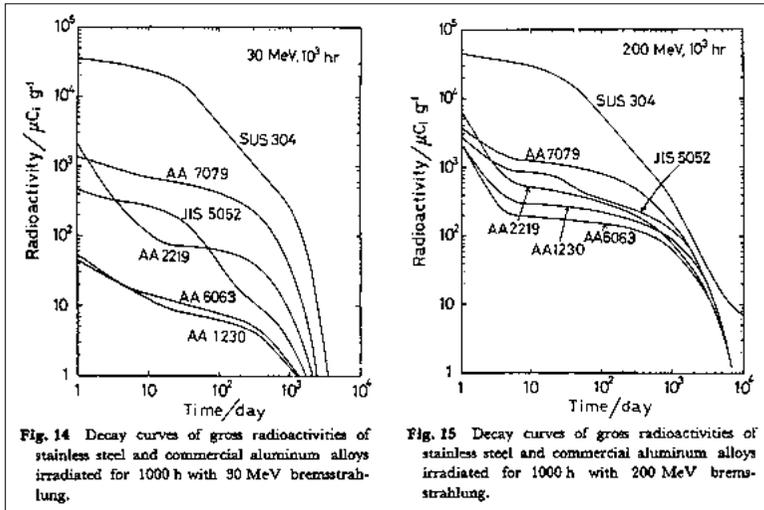


Fig. 14 Decay curves of gross radioactivities of stainless steel and commercial aluminum alloys irradiated for 1000 h with 30 MeV bremsstrahlung.

Fig. 15 Decay curves of gross radioactivities of stainless steel and commercial aluminum alloys irradiated for 1000 h with 200 MeV bremsstrahlung.

図2 ステンレススチール及び各種アルミニウム合金の30および200MeVによる1000時間照射後の残留放射能の経時変化

べると、(1)核反応の種類(どのような粒子、エネルギーで生じたのか)、(2)ビームロスの状況(どこで起きたのか)、(3)照射履歴(ビームロスの時期や期間を知る)、(4)構造材料、不純物(どのような元素が問題か)、(5)核種の挙動(生成した核種はどのように広がるか)等、様々な情報が得られる。照射履歴が分かると、(1)ビームロス発生の原因除去のための設計、ビームハンドリングの検討、(2)モニタリング手法やメンテナンスの指針、(3)構成材料の選択、更には(4)解体時の廃棄物管理のための放射化量の評価が進むことになる。このことは、大強度の加速器が建設されてくると非常に重要になってくると思っている。

1979年に青葉山キャンパスにAVFサイクロトロンが設置されたことから、荷電粒子放射化による多元素分析も開始した。回転式照射装置を製作し、様々な核反応のThick Target Yieldのエネルギー依存性を一度に求めたり、多数の試料を同時に同一条件で放射化できるようにした。これらの研究から、荷電粒子反応で生成される様々な核種についての情報も自分のライブラリに貯蔵されるようになった。

また、鉄鋼、非鉄金属、半導体材料製造メーカーから軽元素分析も求められるようになり、電子リニアックでは炭素やフッ素、サイクロトロン

ンでは窒素の分析法の開発を進めた。これら軽元素が生成する核種の迅速分離定量法は、その後、加速器室内での空気や水の放射化の調査に役立つことになった。

加速器を用いたパルス中性子による中性子散乱実験は核理研が世界に先駆けて開発したものであるが、中性子強度のより高い実験をするために、KEKの500MeV陽子シンクロトロン(ブースターリング)の陽子ビームを活用する専用施設(KENS)ができ、次第に利用者が増えて

いった。核理研では150MeVビームストレッチャー(SSTR)の成功に続き、1.2GeVストレッチャー・ブースターリングの建設が行われることになり、中性子生体遮蔽体の解体撤去することになった。コンクリートの放射化の程度を調べるために、運転中にビームガイド内に金線を張って制動放射線と中性子の空間分布を調べ、停止後はコンクリートのコア抜きに

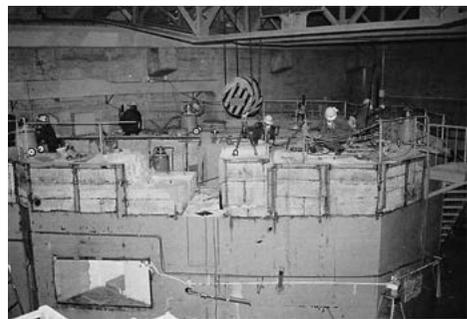


図3 生体遮蔽体上部の静的破碎による解体作業



図4 生体遮蔽体の放射化部分のグリーンハウス内での撤去作業



を行った。1998年に科技庁から出された「放射化物の管理に関する課長通達」をもとに、放射化物の管理の方針をたて内規や放射化物取扱マニュアルの整備も行った。

1999年度頭初から、事業所廃止にむけての仕事が始まった。東大、KEK、国、田無市への計画、管理方針の説明の後、住民説明会を行い、8月からCf-252汚染事故でそのままになっていた焼却炉の除染と撤去、保管廃棄設備の $\alpha$ 核種の汚染除去やFMサイクロトロン部品の片づけから“デコミッション”を開始した。ES、SFの両加速器は1999年度まで全国共同利用に供用されたが、ESは6月に、SFは10月にすべての実験を終了して、その長い歴史の幕をおろすことになった。SORリングは1997年に全国共同利用を終了し、1999年7月にリング本体の解体撤去を行った。リングは展示用とするためSpring-8に移管された。空芯 $\beta$ スペクトロメータも1997年に全国共同利用を終了したが1999年10月までは所内職員による実験のため使用され、翌年1月までに解体撤去が行われた。分析器本体は除染確認後、日本原子力研究所東海研究所に移設された。

ES施設では、約2000個のコンクリートブロックが放射線遮蔽体として使用されていたことから、それらの放射化状況の測定評価を進め、放射化物は再使用品としてつくば(KEK)に移設した。電磁石はつくば(KEK)の放射化物使用棟に移送した。SFサイクロトロン施設では、加速器本体はつくば、スペクトロメータは理研などに移設された。「放射性廃棄物でない廃棄物」と「放射化物」を区分した建物の除染を進めるため、運転中の中性子分布の測定結果、ボーリングによる分析結果とNaI(Tl)サーベイメータ測定による線量率のマッピングを組み合わせで、コンクリート廃棄物の発生を抑えることができるように、除染計画を立てた。図6はコンクリート表層中のCo-60の濃度と採取箇所の表面線量率の関係をプロットしたもので、それらに比例関係があることが確かめられた。発生したコンクリート廃棄物などは200Lドラム缶で540本となった。

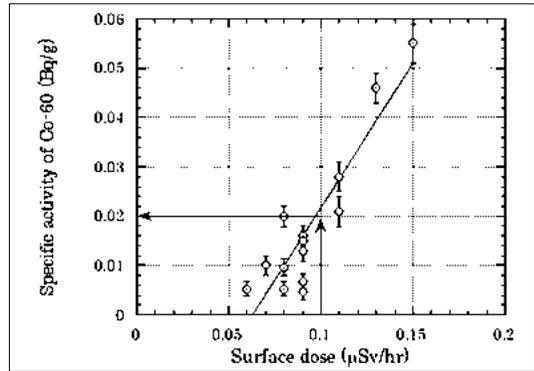


図6 コンクリート表面線量率と“表面はつりコンクリート”中のCo-60放射能の関係

RI実験室は、あらかじめ様々な物品の片づけを済ませていたので、加速器施設が終了してから簡単に終われると予想していたところ、管理区域外の埋設土管の周辺部にCs-137の汚染が見つかった。長年、貯留槽から濃度限度以下として確認後、排水してきたものであるが、当時は下水道が整備されておらず、吸い込み方式であった。排水は、敷地内の土管を伝って拡がり、徐々に吸い込まれていたようで、かなりの土壌にCs-137が蓄積していた。東京大学、科技庁放射線規制室、等に報告し、除染を開始したが、広範囲の掘削作業を写真週刊誌にヘリコプターから撮影され、報道されることとなった。Cs-137はいつまでも土壌に留まり続けるものであるということを知った次第である。1997年頃、住民の方々が押し掛けて来られて、「データを見せなさい」、「データを隠している」、「昔のことを知らないのは信用にならない」など言われたものである。お住まいを訪ねたりしているうちに、次第に信頼関係ができてきて、その頃は味方になってくれ、記者が聞き込みしているとかの情報提供があったり、あなたの方を信じているとか励ましに来られるようになっていた。Cs-137の汚染は、実験室の床ピット、排水管、貯留槽等にもあり、除染を進めた。最後まで残った密封線源の譲渡が完了して、貯蔵ピットの汚染検査を行い、同様に見つかったCs-137の除染を終えた。発生したCs-137除染廃棄物は200Lで745本となった。最終の汚染検査を行うことになり、室内のふき取



# ドジリス 眼の水晶体の線量測定用線量計：DOSIRISの紹介

線量計測技術課

## 1. 背景

2011年4月にICRP（国際放射線防護委員会）より組織反応（確定的影響）に関する声明が発表されました。ここでは、

\* 眼の水晶体のしきい線量を

8 Gy ⇒ 0.5Gy

\* 眼の水晶体の線量限度を

5年間平均20mSv/年、50mSv/年

に見直すことが発表されました。この発表に関する科学的根拠は、2012年に出版されたICRP Publication118で詳しく説明されています。

これに伴い、IAEA（国際原子力機関）からガイドライン等が発行されています。このガイドラインにおいて、眼の水晶体の線量評価は、できる限り眼の近傍に線量計を装着し、3mm線量当量を測定するように推奨されています。

## 2. 現行法令で眼の水晶体線量の測定方法

日本国内では、眼の水晶体の等価線量は、次のような方法で求められています。

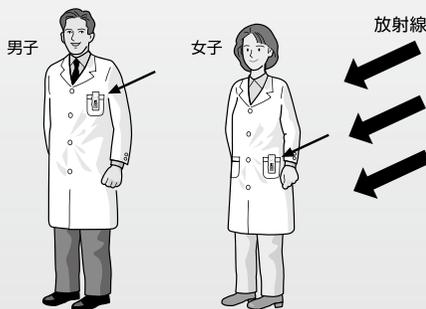
ガラスバッジ等個人モニタの装着方法は、おおよそ次の2通りとなっています。

まず、均等被ばくの場合は、モニタを1つ、胸部もしくは腹部の1箇所に装着し、モニタの測定値の内、1cm線量当量と70μm線量当量の適切な方（通常大きい方）を眼の水晶体の等価線量としております。また、プロテクタを装着している場合は、不均等被ばくとして、プロテクタの内側と外側に個人線量計を1つずつ、合わせて2つ装着します。この場合、眼の水晶体の等価線量は、プロテクタの外側に装着したモニタの測定値の1cm線量当量と70μm線量当量の適切な方（通常大きい方）となっております。

このため、眼の水晶体の評価については、

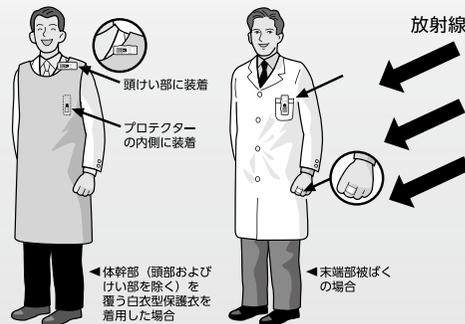
### 均等被ばくの場合のモニタ装着部位

男性は胸部、女性は腹部に装着します。



### 不均等被ばくの場合のモニタ装着部位

プロテクタ等を使用して不均等に放射線を受ける場合は、左の均等被ばくの場合に加えて、他に被ばくする部位（頭や指等）にも装着します。



現行の方法で求めた場合と、できる限り眼の近傍に線量計を装着して3mm線量当量を測定した場合で、どれくらい違いがあるかについて、関心が高くなっており、近年、医療関係のお客様より、眼の水晶体の線量を測定できる線量計に対しての問い合わせをいただいております。

### 3. 眼の水晶体の線量測定用線量計「DOSIRIS」

このような背景から、弊社では、眼の水晶体を測定できる線量計であるIRSN（フランス放射線防護原子力安全研究所）開発の3mm線量計DOSIRISによる測定サービスを導入します。



DOSIRIS線量計

(Grégoire Maisonneuve/IRSN)

#### ※ORAMEDプロジェクト

ヨーロッパでは、2008年1月から2011年2月までEURADOS (European Radiation Dosimetry Group) のFP7 (欧州線量評価委員会の線量評価のための総合ネットワーク第7プログラム) 内で、IVR (Interventional Radiology) 及び核医学 (NM) 検査に携わる医療従事者の詳細な線量を評価するための手法及び線量低減を目的としたガイドラインの策定、教育訓練方法の確立、線量計の開発等のため、ORAMED (Optimization of Radiation Protection of Medical Staff) プロジェクトが実施されています。ORAMEDでは、次の5項目 (work package) について調査が実施されています。

(i) IR/IC (IR: Interventional Radiology/

IC: Interventional Cardiology (循環器)) の四肢及び眼の水晶体の被ばく線量評価 (WP1)

(ii) 実用的な眼の水晶体の線量評価法の開発 (WP2)

(iii) IC/IR用個人線量計の利用の最適化 (WP3)

(iv) 核医学検査における四肢 (手指) の線量評価 (WP4)

(v) 教育訓練とその普及 (WP5)

IRSNは、このORAMEDプロジェクトに参加しており、DOSIRISはこの研究成果を反映したものとなっています。

以下、DOSIRISについて紹介いたします。

#### (1) 人間工学に基づいて設計されたデザイン

- ①DOSIRISは、左右どちら側の眼にも装着できる線量計です。放射線に最も曝される眼の側に装着することができます。
- ②ヘッドセットと関節式アームとによって、フィット感を保ちながら理想的な部位に測定素子を位置付けることができます。
- ③検出素子 (白色のカプセル) を、保護メガネまたは防護マスクのわきから挿入し、眼の端部に最も近い位置でこめかみに当てて最適位置にくるよう装着することができます。



(Grégoire Maisonneuve/IRSN)

#### (2) DOSIRISの長所

- ①軽量、優れた人間工学特性。あらゆる顔の形状にフィットします。
- ②眼鏡や防護マスクの中に装着することができます。

できます。

- ③完全に密閉された構造のため、除染が容易です。
- ④携行者の識別情報が、ラベル上に明示されます。



(Grégoire Maisonneuve/IRSN)

DOSIRISは、ヘッドセットから外し端部のみで（例えば、防護マスクの内側で）使用することも可能です。



(Grégoire Maisonneuve/IRSN)

#### 4. DOSIRIS線量計の検出原理と性能

- ①DOSIRISは、熱ルミネセンス線量測定（TLD）技術を使用しています。
- ②使用されている検出器は、厚み3mmのポリプロピレン製カプセル内に組み込まれたTLD ( ${}^7\text{LiF}:\text{Mg}, \text{Ti}$ ) です。
- ③3mm線量当量の測定用に校正されています。
- ④X線の平均エネルギーが、20keVから1.3MeVの範囲対して、IEC 62387:2012規格に適合しています。



DOSIRISの検出器

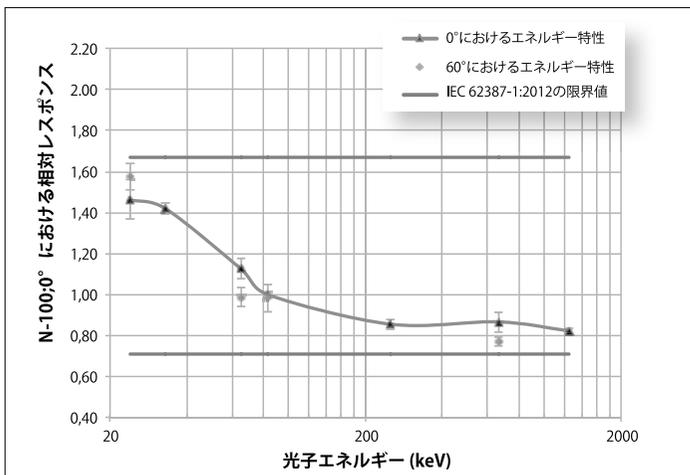
#### 5. DOSIRIS測定サービスについて

現在日本の法令では、水晶体の等価線量の直接測定は、義務化されておられません。従って、DOSIRISの測定サービスは、弊社のガラスバッジ等を取扱った放射線業務従事者の個人線量測定サービスとは切り離れた、DOSIRIS線量計単独の測定サービスとさせていただきます。

DOSIRIS測定サービスについて、またDOSIRIS線量計についてのお問い合わせやお申込み等がございましたら、最寄りの弊社営業所までご連絡くださいますようお願いいたします。

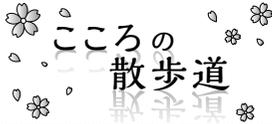
#### 参考文献

- 1) 大口裕之、FBNews No.458、「眼の水晶体の線量限度変更と動向について」
- 2) 赤羽恵一「水晶体の放射線防護に関する専門研究会中間報告書(Ⅲ)－海外における放射線業務従事者の水晶体被ばくレベルと防護に関する研究－」、保健物理49(4)、171～179 (2014)



DOSIRISの方向性およびエネルギー特性

(出典：IRSN)



## 我が心の故郷－奈良

中村 尚司

私が生まれたのは、昭和14年11月23日、母の実家の奈良県大和郡山市（当時は生駒郡昭和村）です。その後3歳くらいの時に大阪府中河内郡繩手村（現在の東大阪市）に移り住んで幼稚園から高校3年までを約15年間過ごし、その後も数年間高槻市に住んでいましたので大阪が故郷なのですが、戦争直後の食糧難の時代にしょっちゅう農家である実家に食料を求めて遊びに行っていたこともあって、こちらの方が心の故郷という思いが強くなっています。畑を入れて800坪もある敷地で、母屋は江戸初期の1600年頃に建てられた茅葺で、屋根の高い大和棟（白壁で屋根の一番上に小窓がある）の民家で、天井が非常に高かったので、夏は良いのですが、冬は寒かったことを覚えています。茅葺なので数十年毎に葺き替えていたそうですが、当時既に300年以上経っていたので柱や梁などは黒光りしていて、天井から「しで虫」が良く落ちて来ました。

家は法隆寺から約4km位のところで、周りは田圃ばかりなので部屋からは五重塔が良く見えて、毎日夕方になると鐘の音が聞こえて来ました。それを聞きながら、裏庭の大きな柿の樹からとれた柿を食べて、まさに「柿食えば鐘が鳴るなり法隆寺」の環境でした。西に生駒山脈を見る大和盆地の西側で、古事記に言う「大和は国のまほろば、たたなずく青垣山、こもれる大和しうるわし」の景観とおりの大好きな故郷でしたが、今はその母屋は他に移築されて料亭になり、近くにパナソニックの工場が出来てからアパートも沢山でき、見る影も無くなったのが、とても残念です。

なお、母方の祖母の実家も奈良県南部で、吉野山の近くの五条市にあります。誰も住まなくなっていた家を子孫が修復して市に寄付をして、それが今、NPO法人「うちの館」が登録有形文化財「藤岡家住宅」として運営して、一般に解放しています。一昨年の11月下旬の日本経済新聞に「藤岡家住宅」で南方熊楠の絵入りの葉書が見つかったという記事が出ていました。祖母の弟が役人の傍ら「藤岡玉骨」という雅号の俳人で毎日俳壇の選者をしていて、与謝野鉄幹や晶子と親しかったそうで、彼ら二人の色紙等も沢山保存されて展示されています。私は、荒れていた家の修復が終わって一般公開する前に、親戚の一員として、7年ほど前に招待されて見に行きましたが、小学生の頃、母に連れられて遊びに行った時の記憶がぼんやりと浮かんで来ました。ホームページが<http://www.uchinono-yakata.com/>ですので、もし吉野山の近くに行かれることがあれば、JR和歌山線の北宇智駅から歩いて20分ほどのところですので、行くのに時間が掛かりますが、一度見学して頂けると幸いです。



奈良県五条市登録有形文化財「藤岡家住宅」

# 書籍紹介

## 知ろうとすること。



著者 早野龍五／糸井重里  
 発行 新潮文庫刊  
 定価 430円＋税  
 2014年10月発行

福島第一原子力発電所の事故という“想定外”の大災害がおき、信頼できる情報の入手に燃えていたコピーライターの糸井重里氏が、東京大学大学院理学系研究科教授（現在は特例教授）早野龍五氏のツイッターに目を留め、交信を通じて“交流”が始まりました。本書はその結果生まれた書物です。

表紙には、著者2人の笑顔と7名の高校生達の写真が飾られており非常にすがすがしい印象を受けます。

糸井氏は「早野さんは冷静に事実だけをツイートしていて。ああ、この人は信頼できる人だ、と思ったんですね」と早野氏を信頼した理由を述べています。

事故発生後、さまざまな人がさまざまな情報を発する中「事実を知ることの大切さ」を糸井氏は悟ったのです。

子供の内部被ばくが心配だという声から早野氏が行ってきた「福島での学校給食の陰膳調査」や外部被ばくの計測に使用した「D-シャトル」、「乳幼児用のホールボディカウンター（ベビースキャン）の開発」、等々の話を通して、そのことが非常に分かりやすく記載されています。

また、福島の高校生が自ら、ヨーロッパの高校生が集まる研究発表会で、福島第一原子力発電所の影響に関する調査発表を行った時の様子、そして早野氏の本来のご専門であるCERNでの高エネルギー加速器を使った「反陽子、反原子、反物質の研究」の話にまで伸びていきます。

科学は苦手だという方にも読みやすく書かれています。

東日本大震災3.11から間もなく5年が経過いたします。このタイミングで今一度手に取って読んでみることをお勧めします。

（高橋 英典）

序章	まず、言っておきたいこと。	：	3章	福島での測定から見えてきたこと。
1章	なぜ放射線に関するツイートをしたのか	：	4章	まだある不安と、これから
		：	5章	ベビースキャンと科学の話
2章	糸井重里はなぜ早野龍五のツイートを信頼したのか	：	6章	マイナスをゼロにする仕事から、未来につなげる仕事へ

## 「2016国際医用画像総合展出展」のご案内

画像診断学・放射線腫瘍学・核医学を問わず放射線医学の全ての分野における、国内最大級のイベント、日本放射線技術学会・日本医学物理学会・日本医学放射線学会の学術大会が横浜で開催されます。弊社は今年も併設する「国際医用画像総合展 (ITEM2016)」に出展いたします。お馴染みの製品をはじめ、新商品のご紹介もいたします。

日頃ご愛顧を賜っているお客様にお会いできることをスタッフ一同、心待ちにしております。お客様のお役に立てる製品の展示をいたしますので、学会へお出かけの際はぜひお立ち寄りください。

### \* 展示予定商品 \*

- ①放射線治療計画装置「Oncentra Brachy」
- ②高線量率密封小線源治療装置「アプリケータ」(薬事未承認品)
- ③放射線治療装置用QA/QC製品
- ④ガラス線量計小型素子システム「Dose Ace」
- ⑤ガラス線量計「RADIREC」
- ⑥PET校正用線源
- ⑦PET Imaging「X-cal F-18 system」
- ⑧個人線量測定サービス「ガラスバッジ」
- ⑨眼の水晶体の線量測定用線量計「DOSIRIS」
- ⑩放射線業務従事者個人管理システム「ACE GEAR V4」

展示品内容は変更する場合がございます。

### \* 開催日時 \*

- 平成28年4月15日(金) 10:00~17:00  
 平成28年4月16日(土) 9:30~17:00  
 平成28年4月17日(日) 9:30~15:00

### \* 会場 \*

パシフィコ横浜展示ホール：ブースNo.129

### \* 学術大会 \*

会期：平成28年4月14日(木)~17日(日)  
 第75回日本医学放射線学会総会  
 第72回日本放射線技術学会総会学術大会  
 第111回日本医学物理学会学術大会



(担当：営業推進本部 金澤恵梨子)

サービス部門からのお願い

## 4月1日はガラスバッジ、ガラスリングの交換日です。



平素より弊社のモニタリングサービスをご利用くださりまして、誠にありがとうございます。

4月1日はガラスバッジ、ガラスリングの交換日です。

ご使用期間が3月31日までのガラスバッジ・ガラスリングは、ご使用期間終了後、速やかに弊社測定センターまでご返送くださいますようお願いいたします。

平成27年度の個人線量の集計は、平成27年4月1日から平成28年3月31日までのご使用分が対象です。ご使用になったガラスバッジをすべてご返却ください。

法定管理帳票として「個人線量管理票」を出力いたします。関係法令で定められた線量限度を超えていないことをご確認ください。



## 編集後記

●今年暖冬のせいかな昨年よりスキー場の雪が少なく、ウィンタースポーツをする方々は雪の心配をしていることと思います。本誌がみなさまのお手元に届く頃には、日本の春を代表する桜が満開になり、花見を楽しんでいる方もいらっしゃるのではないでしょうか。

●今月号の巻頭は、前月号に引き続きMHIニュークリアシステムズ・ソリューションエンジニアリング株式会社の中田幹裕様に「原子力発電所の廃止措置における公衆の放射線管理の留意点(下)」をご執筆いただきました。前月号では一般の原子炉施設の廃止措置について、今月号では福島第一原子力発電所の廃止措置について、公開情報を分かり易く解説いただきました。福島第一原子力発電所の廃止措置は如何にデブリを取り出せるか、様々な工法が検討され、技術・研究開発が実施されているとのこと。

●2015年3月に高エネルギー加速器研究機構を定年退職され、現在は特別教授でいらっしゃる榎本和義先生に「たか

が管理、されど管理：加速器の利用と放射線安全管理業務を振り返って」と題し、ご執筆いただきました。先生の加速器とのかかわりから、東北大学・東京大学・高エネルギー加速器研究機構での研究活動や放射線管理業務などをご紹介いただきました。

●弊社 線量計測技術部門より「眼の水晶体の線量測定用線量計：DOSIRISの紹介」をさせていただきました。DOSIRISはIRSNで開発された3mm線量計で、IVR等の医療従事者が目の傍に装着することができる線量計です。DOSIRIS測定サービスを是非ご利用ください。

●弊社社員も参加いたしました原子力災害を想定した鹿児島県の防災訓練は、昨年暮れに川内原子力発電所立地周辺30km圏内の9市町合同で行われ、大規模な防災訓練となりました。今後、原子力災害が起こらないことを切に願います。

K.K.

## FBNews No.472

発行日／平成28年4月1日

発行人／山口和彦

編集委員／畑崎成昭 根岸公一郎 中村尚司 金子正人 加藤和明 青山伸 五十嵐仁  
加藤毅彦 兼尾昌二 木名瀬一美 篠崎和佳子 高橋英典 谷口和史 長谷川香織

発行所／株式会社千代田テクノル 線量計測事業本部

所在地／☎113-8681 東京都文京区湯島1-7-12 千代田御茶の水ビル4階

電話／03-3816-5210 FAX／03-5803-4890

<http://www.c-technol.co.jp/>

印刷／株式会社テクノサポートシステム

— 禁無断転載 — 定価400円(本体371円)