

放射線と環境・食の安全

3月14日【土曜日】 13:00-16:50

東京大学 弥生講堂 一条ホール

3 大学
連携事業

富山大学 学長裁量経費事業
「安心・安全のための放射線研究拠点の形成と大学からの情報発信」
東京大学・農・食の安全研究センター
弘前大学被ばく医療総合研究所



シンポジウム開催にあたって

2011年3月11日の東日本大震災から4年が過ぎました。復興に向けた様々な施策が行われ、被災地からは多くの明るい話題も届くようになってきました。しかし復興への歩みは遅く、特に福島原子力発電所における事故後処理の厳しい現状は、私たちの生活に大きな不安や不信の陰を落としています。最近の福島県民への調査では、80%の方が将来の生活に強い不安を感じているとの結果が伝えられています。被災地を離れて暮らしていると、災害や被災地への思いはどうしても希薄になってきます。我々は、今回の災害、特に原発事故の事実を決して風化させてはならず、解決にむけた思い、行動を続けていかねばなりません。

一方で原子力、放射線のもつ力、特に医療や産業分野に於ける科学的利用への貢献も考えていかねばなりません。富山大学では3年前に、遠藤俊郎学長の元、学内の放射線関係者が集まり富山大学発情報発信の場として、講演会およびシンポジウムを開催致しました。その後、これらの事業は学長裁量経費支援事業として、継続して実施され、現在に至っております。

福島原発事故を経て4年となり、今後、懸念されることの一つとして、広く拡散した放射性物質が自然環境の変化の中で濃縮され、食物を介して、ヒトに影響する可能性があげられます。問題となる放射性物質の半減期を考慮すると息の長い検証が必要であり、自然環境での動態についても知る必要があります。今回、自然環境での放射性物質の動態や、植生・ヒトへの影響など多角的な視点からご講演いただくことは、今後の長期的影響を考える上で、極めて重要と思われれます。中でも、本シンポジウムでは、ヒトでの染色体影響、放射線物質であるトリチウムについても情報提供いたします。福島原発事故は決して忘れてはいけな、現在進行中の危機的事態であり、長い目で教訓とし、支援し続けることが必要で、このシンポジウムがその一助となれば幸いです。

今回お忙しいところ、ご講演いただく各先生方には心より御礼申し上げます。このシンポジウムに参加された皆様にとって、本日の会が新たな知見を学び、将来を考えて頂く機会となれば幸甚に存じます。最後になりますが、今回の開催に多大なるご支援を戴いた東京大学および弘前大学の関係者に御礼を申し上げます。

世話人を代表して

富山大学大学院医学薬学研究部（医学）

近藤 隆

プログラム

13:00~13:10 開会の挨拶 東京大学・農・食の安全研究センター長 関崎 勉

13:10~13:30 「放射線の生物作用-コミック誌からの話題」
富山大学大学院医学薬学研究部（医学）放射線基礎医学講座 近藤 隆

座長 柏倉幾郎（弘前大学大学院保健学研究科）

13:30~14:00 「放射線と染色体異常 -被ばく事故における線量評価の視点から-」
弘前大学被ばく医療総合研究所放射線生物学部門 吉田光明

14:00~14:30 「原発事故により放出された放射性物質の海洋における動態」
弘前大学被ばく医療総合研究所放射線化学部門 山田正俊

14:30~14:45 休憩

座長 田野井慶太郎（東京大学大学院農学生命科学研究科）

14:45~15:15 「原発事故が水産業に及ぼした影響」
東京大学大学院農学生命科学研究科国際水産開発学研究室 八木信行

15:15~15:45 「原発事故後における農業再生の試み」
東京大学大学院農学生命科学研究科国際情報農学研究室 溝口 勝

座長 櫻井宏明（富山大学大学院医学薬学研究部（薬学））

15:45~16:15 「農地のカドミウム汚染対策から学ぶ放射能土壌汚染対策」
富山大学大学院理工学研究部地球生命環境科学専攻 丸茂克美

16:15~16:45 「トリチウムを知る -原発事故におけるトリチウムの影響-」
富山大学水素同位体科学研究センター 鳥養祐二

16:45~16:50 閉会の挨拶 弘前大学 理事・副学長 柏倉幾郎

共催

富山大学学長裁量経費事業

「安心・安全のための放射線研究拠点の形成と大学からの情報発信」

東京大学・農・食の安全研究センター

弘前大学被ばく医療総合研究所

放射線の生物作用-コミック誌からの話題

近藤 隆

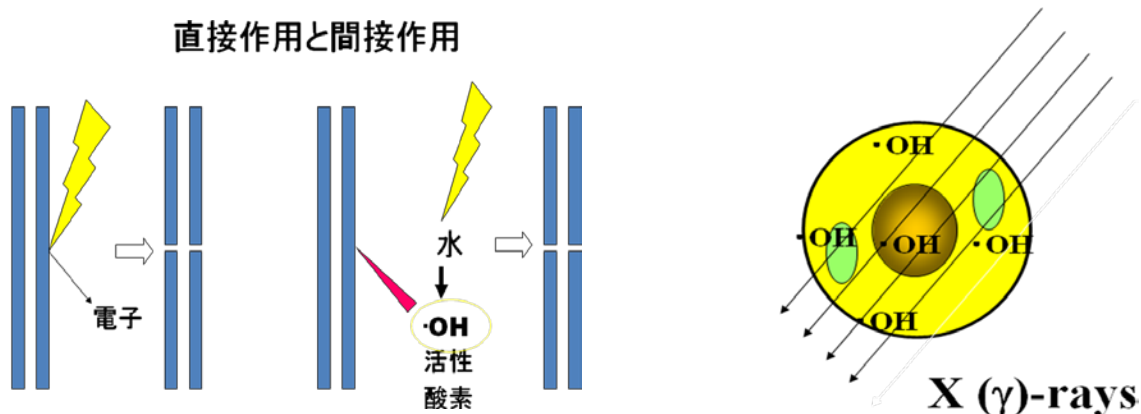
富山大学大学院医学薬学研究部 (医学)

昨年、福島原発事故を取り扱ったコミック誌が話題となった。その中で、放射線の間接作用が取り上げられた。ここで触れられた間接作用とは一体、なにか？

問題となる電磁波である γ 線やX線等の生物作用は原子・分子の電離と励起による。我々の体に一番多くある分子は水なので、生物作用を考える上で、放射線がどのように水を分解するかが重要である。水分子が放射線を受けると化学反応を通じて、活性酸素であるOHラジカルやこれが再結合してできる過酸化水素 (H_2O_2) が生じる。通常の紫外線にはこのような作用はなく、電離放射線の特徴である。特にOHラジカルは多くの生体分子と非常に速く反応し、また、生体内には特異的消去物質はないので、細胞内で多く生成すると毒性を示す。一方、 H_2O_2 の反応性はOHラジカル程高くなく、かつ消去酵素のカタラーゼもあるが、寿命の長いことが災いとなって、やはり、多く生成すれば毒性を示す。間接作用はこれらの活性酸素が、重要な分子であるDNA、酵素、脂質と反応して、生物学的影響を生じることであるが、一方、放射線は直接、重要な分子を電離・励起することもあり、こちらは直接作用と呼ばれる。 γ 線やX線の生物作用では、間接作用の寄与が7割、直接作用が3割程度と思われる。

このような作用は体外被曝でも、また、体内被曝でも同じであり、また、自然界にある放射線、体内に含まれている放射性物質からの放射線や医療で使われている放射線でも起きる現象である。我々の細胞は放射線に限らず、常にこのような活性酸素毒と戦っており、化学的な還元力 (抗酸化物質による)、分子レベルでの修復力 (例えばDNA修復による)、細胞レベルでの回復力 (アポトーシス誘発を利用した変異細胞除去力) 等を有するが、これらの能力を超えた場合、放射線が“悪さ”をすることになる。これが放射線が怖い所以であり、放射線を正しく知ることが、どんな状況でも大事なことである。

放射線により細胞内にできるOHラジカル



放射線と染色体異常 -被ばく事故における線量評価の視点から-

吉田 光明

弘前大学 被ばく医療総合研究所 放射線生物学部門

細胞が放射線によって照射されると、遺伝物質である DNA に二重鎖切断が生じ、その後の修復過程において正常に修復されなかった場合に染色体異常が形成される。放射線によって誘発される染色体異常には染色体欠失、二動原体染色体、染色体転座、環状染色体などがあるが、これらの染色体異常のうちとくに二動原体染色体や環状染色体の形成頻度が放射線の線量と相関関係を示すことから、被ばく者の体細胞(末梢血リンパ球)における染色体異常の頻度を解析することにより被ばく線量を推定することが可能となった。放射線被ばく事故において最も重要なことは、医療措置は言うまでもなく、被ばく者の被ばく放射線量を推定(線量評価)することである。被ばく線量を推定することによって、被ばく事故後の時間の経過に応じて起こりうる生体の反応を予測することが可能になり、被ばく者に対して適切な医療対応を取ることが可能となる。被ばく放射線量の評価方法は物理学的線量評価法と生物学的線量評価法に大きく分類されるが、染色体異常とくに二動原体染色体を用いた生物学的線量評価法は“Gold standard”とも呼ばれ、最も信頼性の高い線量評価法とされている。染色体異常を指標とした被ばく線量評価法には現在、二動原体法、転座法、PCC(未成熟染色体凝縮: Premature Chromosome Condensation)法、小核試験法の4種類があり、二動原体法は急性被ばくに、PCC法は4~5Gyを超えるような高線量被ばくに、そして慢性被ばくや過去の被ばくにおける線量評価には染色体転座法がそれぞれ用いられている。染色体線量評価法は信頼性が高いとされる一方、洗練された染色体解析能力を有する人材が必要であること、また、結果が出るまでに相当の時間と労力を要するという現実的な問題が有る。本講演では、染色体線量評価法の現状、問題点と対応を紹介するとともに、現在、我々が取り組んでいる浪江町の復興支援、なかでも福島第1原子力発電所事故に伴って、避難を余儀なくされている浪江町の町民とくに子供たちを対象とした染色体検査についても紹介する。

原発事故により放出された放射性物質の海洋における動態

山田 正俊

弘前大学被ばく医療総合研究所放射線化学部門

福島第一原子力発電所事故によって環境中にどの程度放射性物質が放出されたか、また、どこにどのように移行していくかを明らかにすることは、喫緊の重要な課題である。科研費新学術領域研究「放射能環境動態」の計画研究班のひとつである海洋班では、海洋および海洋底における放射性物質の分布状況、要因を把握し、外洋まで含め、海洋および海洋底にどの程度放射性物質が分布しているか、その物理、化学、生物過程を細密に調査し、モデル化を図ることを目的として研究を行っている。

【研究成果】

(1) 海水中の放射性セシウムの分布

北太平洋表層での ^{137}Cs の濃度が 10 Bq/m^3 を越えていることを指標として事故起源の放射性セシウムの東への広がりを見てみると、 10 Bq/m^3 を越える領域は 2011 年 6 月には東経 160 度までしか到達していなかったが、その後東に移動し、2011 年 12 月には東経 170 度程度まで広がっていることが明らかとなった。この結果から移動速度は、一日当たり 7 km と推定された。西太平洋の東経 149 度線における ^{134}Cs 濃度の断面分布から、黒潮続流より南側の亜熱帯域では、深さ約 300 m の亜表層で ^{134}Cs の極大値が観測された。事故直後に黒潮続流の南側に降り注いだ ^{134}Cs は表面海流に沿って東向きに輸送されただけでなく、事故後約 10 ヶ月以内に亜熱帯モード水の形成および沈み込みにより南向きにも輸送されたことが明らかとなった。

(2) 海底堆積物中の放射性セシウムと Pu 同位体の分布

福島原発沖から南方の犬吠埼における海底堆積物中の放射性セシウムの蓄積量は $0.13\text{--}21.5 \text{ kBq/m}^2$ の範囲であった。福島沖海域で採取した堆積物と海水試料の Pu 濃度と同位体比分析より、事故由来の Pu は検出されず、事故後も海洋環境における主要な Pu 汚染源は、大気圏核実験とビキニ水爆実験のフォールアウトであることが分かった。

(3) 粒子による放射性セシウムの沈降過程

西部北太平洋外洋域および半外洋域のセジメントトラップで捕集された沈降粒子中の放射性セシウム濃度の時系列変化を測定した。外洋域の水深約 5000m では事故約一ヶ月後（2011 年 4 月 6 日～4 月 18 日）に捕集された沈降粒子から放射性セシウムが検出され始めた。粒状放射性セシウムの沈降速度は約 54 m/day と見積もられた。

(4) 海洋における放射性物質の移行過程のモデル化

沿岸域モデルによって、事故後 1 年間の福島原発から海洋への ^{137}Cs の直接漏洩量は $3.6 \pm 0.7 \text{ PBq}$ と推定された。

原発事故が水産業に及ぼした影響

八木信行

東京大学大学院農学生命科学研究科

2011年3月11日、東日本大震災がもたらした津波により、福島県では漁船873隻が被災したとされる。2011年3月11日は相馬双葉地区の休漁日で漁船が港に係留されており、結果的に多くの漁船が津波によって被災したという。津波で家族を失った漁業者もいた。

一方で、被災直後から、漁業者の間には残った船を組織していち早く操業を始めようという動きもあった。その矢先に福島第1原子力発電所の事故が起こった。2011年3月15日、福島県漁業協同組合は組合長会議を開催し、福島県の沿岸および沖合での漁業操業自粛を決定した。その後、国からも福島県の水域で漁獲される複数の魚介類を出荷制限の対象とする指示などが出された。

その後、約1年間、福島県の漁業は悲観的な見方が続いた。「仮に今、福島で漁業を再開しても魚を買う消費者はいないだろう。へたをすると国産の魚全てに風評被害が及ぶ。」といった議論が関係者の間でなされていた。

その中で、福島県漁業協同組合連合会は、水産業の復興と漁業の再開を目指すために福島県地域漁業復興協議会を立ち上げた。2012年3月に第1回会合を開催し、以降、ほぼ毎月のペースで福島県内にて協議会を開催している。筆者も立ち上げ当初からこの協議会のメンバーである。協議会では、(1)イカ、タコ、貝類などは、魚類よりも放射性セシウムの濃縮係数(生物体内に含まれるセシウム濃度を水中に含まれるセシウム濃度で割って得られた数字)が低いとするIAEAの報告、(2)福島県などが今回の事故後に実施したモニタリング調査でも、福島県の水域で採集した魚介類のうち、イカやタコなどは初期に放射性セシウムが検出されたが、その後、海水の放射能レベルが低下すると検出されなくなったことなどを議論し、2012年6月12日の協議会において、タコの種類である「ヤナギダコ」と「ミズダコ」、また巻貝の「シライトマキバイ」の3種類に限定した試験操業を開始することを決定した。2012年6月22日、震災後初の試験操業が実施され、ヤナギダコ90kg、ミズダコ831kg、シライトマキバイ471kgが漁獲された。漁獲物は相馬双葉漁協が放射性物質を検査したが、基準値を超えたサンプルはなかった。その後、試験操業の対象魚種も徐々に追加されたが、本格操業とはほど遠い状況にある。2013年1月から12月までの試験操業によるトータルの水揚量は373トンであり、これは震災前の同種の漁業による水揚げ量のおよそ30分の1程度の漁獲量に相当する。

今回のシンポジウムでは、この経緯を紹介するとともに、福島県の漁業を巡る今後のビジョンについて議論する。

原発事故後における農業再生の試み

溝口 勝

東京大学大学院農学生命科学研究科（国際情報農学研究室）

認定 NPO 法人ふくしま再生の会

原発事故後に全村避難が続いている福島県飯舘村では毎日数千人規模で除染が進められ、仮仮置場となった農地が黒いフレコンバックで覆われつつある（写真1）。表土が削り取られた農地には山砂が客土され、あちこちにテニスコートのようなグラウンドが出現している（写真2）。この光景は農民の農業再生意欲と村民の帰村意欲をそぎ落としかねない。私は原発事故の3か月後から飯舘村の現場に赴き、NPO 法人と協働で農民自身できる農地除染法（写真3）を開発し、イネの栽培試験を重ねてきた。そして、2014年に福島県のコメ全袋全量検査をパスするまでになった（写真4）。この間、現実を自分の目で確かめてもらい風評被害を軽減するために学生を対象にした現場見学会も実施した。こうした一連の活動を通して、地域再生を考える上で最も重要なのは、放射能汚染地というハンデを逆手にとって新しい日本型農業の創設にチャレンジする若者を育成することではないかと思いつけている。

このシンポジウムでは、私たちが飯舘村で取り組んできた農地除染の現場実験やイネの栽培試験を紹介しながら、農業再生のために農学分野として取り組むべき課題について述べる。



写真1 仮仮置場に山積みの汚染土



写真2 山砂で置換された農地の表土



写真3 農地除染法の開発



写真4 栽培試験地での稲刈り

農地のカドミウム汚染対策から学ぶ放射能土壌汚染対策

丸茂克美

富山大学大学院理工学研究部地球生命環境科学専攻

富山県ではイタイタイ病対策として1979年から埋込客土工法や上乗せ客土工法によりカドミウムに汚染された水田土壌を地下に埋設したが、こうしたカドミウム汚染土壌には1945年～1980年に実施された大気圏内核実験に起因する放射性セシウムが含まれていたため、放射性セシウムがカドミウムや亜鉛とともに地中に埋設されたはずである。従って、埋込客土工法や上乗せ客土工法により地下に埋設されたカドミウム汚染水田土壌中の放射性セシウム残存量を調べることにより、埋込客土工法や上乗せ客土工法で放射性セシウムを地下に埋設することが可能であるか調べられる。

大気圏内核実験が廃止された1980年の翌年である1981年に埋込客土工法や上乗せ客土工法によりカドミウム汚染土壌対策工事が実施された富山市内の水田を対象に、地中レーダを用いてカドミウム汚染土壌直上の耕盤土に起因する反射面を把握し、カドミウム汚染土壌のある場所を把握して、耕盤土の下にあるカドミウム汚染土壌、及びカドミウム汚染土壌の下位にある非汚染土壌を採取し、ゲルマニウム半導体検出器を用いて放射性セシウムの核種同定とその存在量を測定した。

埋込客土工法や上乗せ客土工法によって地下に埋設されたカドミウム汚染土壌がある地点の土壌中のセシウム137量を深度別に調べた結果、亜鉛含有量が200mg/kg以上の土壌のみからセシウム137が検出され、こうした土壌の下位にある亜鉛含有量が100mg/kg程度の非汚染土壌からはセシウム137は検出されなかった。こうした結果から、カドミウム汚染を受けた水田に降下したセシウム137は亜鉛やカドミウムとともに地下に残留しており、下位の土壌には移動していないことが判明した。

大気圏内核実験が禁止された1980年の直後である1981年に埋込客土工法や上乗せ客土工法によって水田の地下に埋設された、カドミウム汚染土壌中にセシウム137が残存していることから、水田土壌を汚染した放射性セシウムを埋込客土工法や上乗せ客土工法で地下に埋設しても、30年以上は地下に残留し続けることが判明した。

セシウム137や亜鉛は、埋込客土工法や上乗せ客土工法の耕盤土によって雨水の流れを断たれた環境下で、カドミウムや亜鉛と共に、33年間地下に残留している。こうした事実は、福島原発事故に起因して発生した放射能汚染土壌のうち、水田に関しては埋込客土工法や上乗せ客土工法で放射能汚染土壌を地下に埋設することが有効であることを示唆している。

トリチウムを知る ―原発事故におけるトリチウムの影響―

鳥養 祐二

富山大学 水素同位体科学研究センター

福島第一原子力発電所の事故に伴って発生した汚染水の中には、除染処理が困難な「トリチウム水」が含まれていることが明らかにされ、トリチウムという言葉が市民の中でも広く知られるようになりました。しかしながら、トリチウムに対する正しい知識は不足しており、放射性物質という単純な理解のみで、セシウムやストロンチウム等の高エネルギーβ線やγ線を放出する放射性物質と同一視されている感があります。その結果、福島第一原子力発電所の廃水処理問題を複雑化し、汚染水処理問題の進展を遅らせる原因となっています。

そこで本講演ではトリチウムを理解するために、トリチウムとは何か、トリチウムの基礎、自然界に存在するトリチウム、原子力発電所で発生するトリチウム、トリチウムを利用した未来のエネルギー、トリチウムの人体への影響など、トリチウムの基礎から利用まで幅広い知識を学んでいただき、福島第一原子力発電所の事故で発生した汚染水問題を少しでも理解する助けになればと考えています。

●プログラムに関するお問い合わせ：

富山大学研究振興部

〒930-8555 富山県富山市五福 3190

Tel. : 076-445-6694 Fax. : 076-445-6033

E-mail: kenshin@adm.u-toyama.ac.jp

●会場に関するお問い合わせ：

東京大学・農・食の安全研究センター

〒113-8657 東京都文京区弥生1-1-1

Tel./Fax. : 03-5841-0916