



環境放射性物質の動きから 見えてきた新たな可能性

6月、7月になって文部科学省のマップ調査などで、環境放射能を専門にしている他大学の研究者たちからの情報が集まってくるようになると、1986（昭和61）年のチェルノブイリ原発事故の知見が活かされる場面が多くあり、今後、福島で放射能が環境の中でどう動くかを予測していくためには、何をどう

難波 2011（平成23）年3月に福島第一原発で事故が起きた直後、福島大学には放射線を測定する装置が1台もありませんでした。そこで、共生システム理工学類の教職員が各大学や研究機関に働きかけ、計測器を借りることから取り組みが始まりました。

——環境放射能研究所設置までの経緯を教えてください。

調べていかなければいけないのかという課題が見えてきました。海外の研究者からも「福島で放射能の動態について研究をしたいので支援してほしい」という依頼を受けるようになります。



2011年3月下旬、理工学類教員有志による県内の線量調査

環境放射能研究所 所長
共生システム理工学類 教授

難波 謙二 (写真中央)

1964年岡山県鏡野町生まれ。東京大学大学院農学生命科学研究科修士課程修了。岡山県水産課技師、東京大学農学部助手を経て2005年福島大学共生システム理工学類准教授着任、2010年同大教授。2013年の福島大学環境放射能研究所設置時に副所長、2015年～2018年、および2020年～現在所長を務める。

環境放射能研究所 准教授

和田 敏裕 (写真右)

1978年茨城県日立市生まれ。京都大学大学院農学研究科博士課程修了。博士（農学）。専門は魚類生態学、水圏放射生態学。福島県水産試験場主任研究員を経て2015年福島大学環境放射能研究所着任。2016年から福島県地域漁業復興協議会委員を務める。

環境放射能研究所 特任教授

マーク・ジェズニヤク (写真左)

キエフ国立大大学院数学機械研究科修了。博士。専門は環境水文学、水系における放射性核種移行モデリング。ウクライナ科学アカデミー数理危機・数理システム研究所環境モデリング部門長を経て2013年福島大学環境放射能研究所特任教授、2015年同教授、2016年より同特任教授。



他大学研究船で福島沖海洋調査



阿武隈川での長期観測



溜池の魚と水質・底質調査



大熊町水田の試験作付け

原発事故以前は、筑波大学・広島大学・長崎大学・東京海洋大学など国内の大学や研究機関がそれぞれ放射能に関する研究活動を行ってきましたが、このような背景で福島での研究拠点として、2013（平成25）年7月に設立されたのが「環境放射能研究所（IER）」です。

—— 具体的には、どういった取り組みをされているのでしょうか。

難波 長期的な視点で課題を設定して、環境中の放射能の動きをモニタリングしています。分野は大きく分けるとふたつで、ひとつは水文学的な水の作用です。土壌に雨が降り注ぎ、侵食

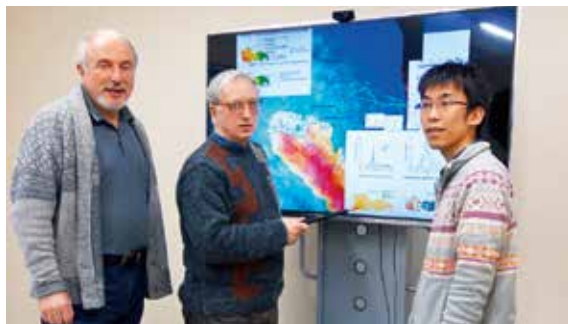
され、あるいは土壌からセシウムが溶出して流れていき、やがて川になって、様々なものが運搬されて堆積するという水の動きにもなった放射性物質の動きです。もうひとつは、生物の作用による放射性物質の移動です。土壌や水の中のセシウムが植物に取り込まれ、その植物を食べる動物に放射能が動いていく、食物連鎖を通じた生態学的な放射能の動きです。

さらに、これらのモニタリング結果と過去の知見に基づいた様々なパラメータを使って、数式やコンピュータプログラムで表していくことで将来を予測するモデルを作っています。

—— 2013（平成25）年に来日されたマーク先生は、ウクライナご出身ですね。

マーク 私の専門は、川や沿岸部といった水の中にある汚染物質のモデリングです。1986（昭和61）年にチェルノブイリ原発事故が起こる前は、沿岸構造物への影響を調べる目的で、波によって砂や泥がどう動くかについて研究をしていました。

事故の後、ウクライナ科学アカデミーに水中の放射性物質の濃度をモデリングするタスクフォースが立ち上がりました。チェルノブイリ原発の近くに



水文気象学的のシミュレーションを議論

るプリピャチ川はウクライナの大河ドニプロ川に合流し、キエフの水道水源もこの水を使っています。取り組むべき課題はふたつあり、ひとつは将来予測で、数日から、数年の長い期間までどのようなことが起こるかを予測します。ふたつ目が、政策決定者に具体的な汚染対策を効果予測も示しながら提案するという諮問機関の役割です。

—— 2015（平成27）年に着任された和田先生は、どのような研究をされているのでしょうか。

和田 私は震災・原発事故当時、県の水産試験場にて、主にカレイ類（シガラレイやマツカワ）の生態特性や栽培漁業に関する研究を行っていました。事故の1ヶ月後からモニタリングが始まり、チェルノブイリの知見が活かしたところもあったのですが、海の汚染という点では、人為的な事故でこれだけ海洋に直接的に、ピンポイントで放射性物質が漏出してしまった事故は世界的にも初めてです。その結果、海洋生物の汚染がどのよう



研究船での海産魚の捕獲



特別採捕許可を得て行われる溪流魚の捕獲

な状況になって、どのような推移をたどるのか。それと陸水に生息する淡水魚とどのような違いがあるのかは、今回の事故で初めて分かりました。

福島原発事故から10年を経て、海洋生物のセシウム濃度は、海全体の希釈に伴って大幅に低下しました。海産魚類の生理的なメカニズムからもセシ

ウムを排出しやすいので、次第に下がっていったのです。長期的な視点で見ると、海の放射能汚染の問題はかなりの部分で解決に向けて進んでいるのではないのでしょうか。一方で、イワナとかヤマメのような森に隣接する川に生息する溪流魚はセシウムがなかなか抜け切らないような状況にあります。

——なぜ、淡水魚に長期的な影響が出ているのでしょうか。

和田 溪流魚は水生昆虫以外に陸生の昆虫も食べています。たとえば甲虫類（コガネムシなど）で、それらの幼虫はリター（植物の落ち葉や枯れ枝、枯れた根など、植物遺体の総称）を食べていますので、森林のセシウム循環の影響を受け放射性セシウムの検出が続いているのです。

ため池などの閉鎖的な環境に生息する魚の中でも、オオクチバスなど食物連鎖の食地位が高い魚の場合、セシウムの値が高く出ます。こうした例は、ある程度チェルノブイリの知見が当てはまる一方で、森の中に棲む溪流魚のセシウム汚染は日本の特有の現象ということも分かってきました。



森林オブザバトリサイトでの調査

もうひとつ重要なことは、チェルノブイリに比べて、福島では高濃度に汚染された地域がかなり局所的であったということですね。また、必ずしも原発に近いほど汚染されているということではなく、要するに初期の沈着量が問題で、当時の気象状況に応じてどのようにセシウムが降り注いだかということに依存しています。

——森と土壌と水の問題は密接に関わっているということですね。

難波 福島県は森林の面積が広いため、原発事故の影響を受けるのも森林の割合が大きいです。3月の時点で落葉していた落葉樹と常緑樹とは最初の汚染状況がそもそも違います。常緑樹は葉に沈着しました。その常緑



河川水中の放射能測定手法について訪問研究者と議論。飯館村の新井田川

樹もマツとヒノキを比べると、ヒノキの方が葉っぱの面積が大きいので、ヒノキにたくさん沈着しています。それが雨の作用などで土壌へと運ばれる。雨の作用で、葉に付着しているものが洗い流されるほか、枯れた葉が落ちて土壌に入っていくなど、地上部分から落ち葉や土壌の層に放射能の分布が移行していきます。現状では、土壌中の放射性セシウムを根が吸い上げ、幹から葉へと流れ、その葉が落ちるという長期的な循環の状態に入ってきています。

マーク 福島の場合、起伏に富んだ山地が多く、ほぼ平地のチェルノブイリとは大きく地形が異なります。さらに、日本は降雨量が多く、1回の台風で降る雨が、チェルノブイリにおける年間降雨量に匹敵します。地形の違いと降水量の違いから、川を流れるセシウムの存在形態にも違いが現れています。チェルノブイリでは水に溶けるセシウムが半分、水に溶けずに土壌粒子にくっついていくセシウムが半分くらいあるのですが、福島では90%以上が懸濁物（濁り成分）についていて、水に溶けている割合がずっと少ないことが分かりました。2019（令和元）年の台風19号では、阿武隈川が濁流となりました。そのときの



森林火災後サイトに設置した土壌浸食プロットからの試料回収



冷却池の水位低下で出現した陸地でネズミ類の採集



ウクライナから国の職員と研究者を招いて福島視察

難波 現在も海外から「福島に研究に来たい」という問い合わせが結構あります。奨学金などの支援が非常に弱いので、国際競争では不利になって実現しないことも多いのですが、大学院で人材育成に込めていかなければなりません。福島での経験を世界に役立てるという意味では、今までも多くの研究者を受け入れ、その研究活動を支援してきましたが、これからも国際的な人

—— 福島の知見を国際社会にも活かせるということですね。

私は、チェルノブイリの経験を活かすために福島に来て、福島での経験も積み重ねました。それらの経験を合わせた形で、日本とウクライナが共同で研究するプロジェクトも進行中です。福島で分かった様々なことは、世界中にある原子力発電所で起こり得る万一の事故への備えとなり、安全利用にもつながっていくと思っています。

水を汲み、しばらく放置して沈殿した濁り成分の放射能濃度を測ってみると、沈殿物に9割方の放射性セシウムが含まれていました。このようにチェルノブイリとの違いを反映して、福島川における放射性セシウムの動きをモデルとして作っていかねければなりません。

和田 原発事故で人工放射性核種としてセシウムは広がってしまいましたが、セシウムが生態

—— 新しく見えてきたこと、今後の展望など教えてください。

放射能研究を通じて世界と福島とをつなぐ役割をこれからも研究が果たせれば、と考えています。

コイの例だけでなく、地域の人と連携することを重視しており、地域の新たな問題を発見できるような機会として「研究活動懇談会」を開催しています。環境放射能研究を通じて世界と福島とをつなぐ役割をこれからも研究が果たせれば、と考えています。

コイの例だけでなく、地域の人と連携することを重視しており、地域の新たな問題を発見できるような機会として「研究活動懇談会」を開催しています。環境放射能研究を通じて世界と福島とをつなぐ役割をこれからも研究が果たせれば、と考えています。

ただでなく、優れたコイ養殖方法の科学的裏付けや、その普及・継承につながる活動も続けています。

材育成の場になっていく役割を持つていると思っています。他方、もともと福島にある産業、農業、水産業、林業の支援、復興・回復ということはもちろん、発展にも貢献していくことができると思っています。こうした活動の中に、ため池のコイの養殖に関する研究があります。養殖ゴイは当初から放射能の観点では全く問題がなく、出荷制限になったことは一度もありません。池の中でどのように放射能が動いているのかを把握するために、ため池内の他の生物や堆積物についても調べているだけでなく、優れたコイ養殖方法の科学的裏付けや、その普及・継承につながる活動も続けています。

系につながり、広がりを見えつつあります。セシウム134と137の比を追跡すると、海流の流れについて新たなことが分かっています。同じく、昆虫などを追跡していくことで森林と河川のつながりを解き明かす材料にもなりそうです。化学分析ではできない相当低いレベルの濃度でも分析できるセシウムを環境中のトレーサーと考えるとサイエンスではかなり有益に作用すると思います。

難波 基礎研究を進める上で、放射性物質は対象を見定める絶対の視点となります。たとえば、マツの形態異常は、放射線がDNAを直接切ることで起こるのではないかとされてきましたが、現在の仮説では、放射線が水に当たると活性酸素ができ、それが巡り巡って形態形成を決める植物ホルモンバランスに影響を与えているのではないかと考えています。

系につながり、広がりを見えつつあります。セシウム134と137の比を追跡すると、海流の流れについて新たなことが分かっています。同じく、昆虫などを追跡していくことで森林と河川のつながりを解き明かす材料にもなりそうです。化学分析ではできない相当低いレベルの濃度でも分析できるセシウムを環境中のトレーサーと考えるとサイエンスではかなり有益に作用すると思います。

系につながり、広がりを見えつつあります。セシウム134と137の比を追跡すると、海流の流れについて新たなことが分かっています。同じく、昆虫などを追跡していくことで森林と河川のつながりを解き明かす材料にもなりそうです。化学分析ではできない相当低いレベルの濃度でも分析できるセシウムを環境中のトレーサーと考えるとサイエンスではかなり有益に作用すると思います。

系につながり、広がりを見えつつあります。セシウム134と137の比を追跡すると、海流の流れについて新たなことが分かっています。同じく、昆虫などを追跡していくことで森林と河川のつながりを解き明かす材料にもなりそうです。化学分析ではできない相当低いレベルの濃度でも分析できるセシウムを環境中のトレーサーと考えるとサイエンスではかなり有益に作用すると思います。

系につながり、広がりを見えつつあります。セシウム134と137の比を追跡すると、海流の流れについて新たなことが分かっています。同じく、昆虫などを追跡していくことで森林と河川のつながりを解き明かす材料にもなりそうです。化学分析ではできない相当低いレベルの濃度でも分析できるセシウムを環境中のトレーサーと考えるとサイエンスではかなり有益に作用すると思います。

系につながり、広がりを見えつつあります。セシウム134と137の比を追跡すると、海流の流れについて新たなことが分かっています。同じく、昆虫などを追跡していくことで森林と河川のつながりを解き明かす材料にもなりそうです。化学分析ではできない相当低いレベルの濃度でも分析できるセシウムを環境中のトレーサーと考えるとサイエンスではかなり有益に作用すると思います。



50 年先 100 年先の未来に 食と農をつなぐ若い世代を福島から

小山 福島県は日本有数の農業県で、1980（昭和55）年代には農業産出額が東北1位だったことがあるにもかかわらず、地元の大学に農学部がなかったため、以前から創設してほしいという声がありました。また、震災が起きた2011（平成23）年に福島大学は「うつくしまふくしま未来支援センター」（以下、FURE）を立ち上げ、福島県と農の課題にも応えてきました。放射性物質が作物に移行するメカニズムが分からない。圧倒的多数の食品が安全だったとしても、目の前の食品が安全なのか確認が持てない、ということまで全部破棄になっていたのです。当時、私は経済経営学類の教

——食農学類ができた経緯を教えてください。

石井 私の特任は造園学で、緑地の保健休養機能や農福連携の研究・実践をしており、農と環

食農学類 教授

小山 良太 (写真左)

1974年東京都生まれ、北海道大学大学院農学研究科博士課程修了。2005年に福島大学へ着任。うつくしまふくしま未来支援センターにて、2013年より産業復興部門長、2013年より副センター長を歴任。2016年4月より農・環境復興支援部門長に就任。専門分野は、農業経済学・地域経済学・協同組合学。近著「震災復興と協同組合」[東日本大震災後の協同組合と公益の課題]（小山良太・千葉あや、現代公益学会編、文真堂）など。

食農学類 准教授

石井 秀樹 (写真右)

1978年、埼玉県大宮市（現さいたま市）生まれ。京都大学理学部卒。東京大学新領域創成科学研究科博士課程単位取得退学。2012年より「うつくしまふくしま未来支援センター」特任助教、現在に至る。専門は里山管理論・造園学。近著「ふくしま復興 農と暮らしの復興」（藤川賢・石井秀樹編、東信堂）

境の福祉的機能をいかに高めるか？に関心がありました。福島での原発事故は、人々の生活を破壊し、人と自然の関係性、労働のあり方を変えてしまいました。しかし、そんな経験をした福島だからこそ、農や環境のありがたが分かる場所はない、福祉やアメニティの本質が分かる場所はない、と考えたのです。

また、未曾有の原子力災害の前にして、私たちの食や暮らしはどうなっていくのだろう、という根本的疑問がわいてきました。そこで、チェルノブイリの原子力災害に関する論文なども読みこみましたが、疑問や不安は解消できない。なぜなら福島とチェルノブイリとは自然も社会も経済も違うわけですから。だったら自分で研究をして、福島の被災地の方々と向き合いながら考えた方がよいのではないか？と思うようになり、福島との接点を模索しはじめて、2012（平成24）年3月にFUREに來ました。

小山 2019（平成31）年に食農学類ができるまでの7年間で、農地の汚染の状況が分かったり、検査の体制が確立し、放射性物質基準値を超えなくなつて安全なものを出荷できるようになりました。多くの研究者が調査に來て研究し戻っていく中

で、被災地の教育研究機関である福島大学の貢献は大きかったと思います。原発事故の問題は20年、30年と続くので、農村、農業、食糧を支え、研究成果をフィードバックする拠点がないと、本当の復興にはつながりません。私たちは徹底的に現地に足を運び、世界中の研究者による研究成果をどうすれば現地に活かせるか、ずっと地元の農家や農業団体、自治体の方たちと協議し、密な関わりをもっていました。この「地元とのつながり」が食農学類の大きな土台となっています。

—— 地元と関わることで、どんな方向性が見えてきましたか？

小山 まずは「農村コミュニティの維持」です。原発事故で農村から避難したのは若い世代が中心で、小学校が廃校になってしまった地域には若い新規就農者も来ません。子育てができるかどうか判断材料になるからです。地元小学校を残せるかどうか、産地を復興させるための重要なポイントとなります。そう考えたとき、これまでの研究や支援だけでは駄目だと思いました。たとえば、消防団や生産部会などを組織できる多様な世代がいないと、将来的に農業という産業自体も成り立たな

くなつていきます。現地からの声で一番大きかったものは、「自分の代は何とか農業をできるけれども、これから先は分からないうい」というものでした。ですから、次世代の人材を養成して、地域に還元していく高等教育機関の機能を設計する必要があると思いました。

石井 「農学栄えて農業減ぶ」という言葉があります。研究者は知的好奇心のために研究することも重要ですが、被災した方々が求めていることに応えなければ本末転倒です。部分的なファクトだけ振り返って見ても、地域の期待に十分に応えたとは言えない10年だったと感じています。単に学問的な成果を分かちやすく伝えればよいということではなく、日本の農業がめまぐるしく変遷していくなかで、農業経営をどうしたらいいのか。それは農家の皆さんが考えて決めることではありますが、判断できる知見や知恵を提供して、一緒に考えていくことが、2011（平成23）年以降の福島では問われていたし、日本の農学を俯瞰しても、農業経営に応えられる分野が必要だと思いました。

小山 食農学類は国立大学法人の農学部としては48年ぶりの新設で、相当な覚悟が必要だった

はずです。福島だけではなく日本全体、あるいは国際的な視点に立っても、福島大学は「農学」という新しい研究組織に投資すべきという判断をしたわけです。農学部は、本来、総合科学・設計科学ですが、科目が分かれすぎて「自分の専門分野以外は分からない」という研究者が増えてしまっているという状況がありました。新たな農学部を作るのなら、「日本で唯一、農地から実際に人間が食べて人間が健康を維持するという物質循環の過程の中で、トータル的に産業を見ることができる教育研究組織を作ろう」と、2019（平



伊達市小国地区における航空写真

特定地域の水田であっても、その栽培条件は、立地・土壌・水といった環境要因だけでなく、生産者ごとの施肥管理、水管理といった栽培要因の差があり、セシウム吸収の程度はそれぞれ変わる。リスクを明らかにした上で、圃場毎の対策が十分に取れるようにすることが、確たる安全・安心の醸成につながる。



伊達市小国地区における水稻試験栽培

2012(平成24)年度は水稻が作付制限となった伊達市小国地区で、伊達市の管理の下、福島大学と東京大学が連携し、60枚の水田で水稻試験栽培を実施した。試験栽培における圃場の選定、地権者交渉、栽培試験は、地域の方々の連携・ご協力なくして実施することは不可能であった。

成31)年の開設に向けて動き出しました。この地域や現場の課題から研究課題を設計するというのが、食農学類の特徴のひとつです。

石井 震災・原発事故から3年とか4年で新学部を設置していたら、放射能関連の分野がもっと多かったかもしれません。8年が経ったタイミングだからこそ福島のも永い復興に真に必要な課題から、試行錯誤しながら専門分野を決めることができたと思っています。震災直後は急性期対応で数多くの研究者が福島に來たわけですが、最終的に、地元の大学の平常時の枠組みの中で運営していくと考えたとき、50年先、100年先を見据え分野を作るのであれば、8年という準備時間が必要であったのではと感じています。

——これから解決していかねればならない課題にはどんなものがありますか。

小山 人口が減少している農村で、どのような農業ができるか。答えのひとつは「スマート農業」です。これは技術開発としてはいいのですが、福島の実状にマッチする労働生産性の高い農業にチューニングしていかなければなりません。もっと粗放的(作物

を放任気味に栽培すること)な取り組み、たとえば「不耕起栽培」や「環境保全型農業」などは、実は福島に向けた農業なのではないかと思っています。

これまでは再現なくエネルギー・水・肥料を使って、限りある土地に手を加えて、多くのインプットをして、最大の収益を生み出そうという農学が求められてきました。しかし、世界的に見れば、異常気象、干ばつ、大雨、土壌の劣化、肥料やエネルギーの高騰などから食糧危機が訪れるかもしれない。今まで積み上げてきた農学の延長上では何十億人という人を扶養できるのかどうかは分からないのです。福島の場合、除染で失われた肥沃な土壌の再生をしなくてはならないので、以前よりも条件不利地で農業をやっていかねればならない現実があります。今までに求められてきた技術とは異なる農学の体系を作っていかなければいけないので、もしかすると20年先、30年先の日本の農業に貢献できる学問体系になるかもしれないと期待しています。

——どんな若い世代を育てたいと思っていますか？

石井 アインシュタインは「教育とは、学校で学んだことをすべて忘れた後に残っているもの

である」と言っています。私たちが教える内容と学生の頭の中に残っているものは違うかもしれない。大学は知識の伝達も必須の使命ですが、単なる知識の提供だけではなく、未知の課題に対して果敢に取り組める意欲と素養を育む手伝いをするのが重要だと考えています。福島震災・原発事故からの再生は、まさに未知の課題に取り組み、そこから新しいものを生み出すことが求められてきたのですから。それを学生たちには学んでほしいし、若いうちは失敗を恐れずトライする、それを後押しするような雰囲気や食農学類の中に作っていききたいです。

小山 その通りだと思います。食農学類のカリキュラムは、現場の中から実践的に「基礎」を培うことを重視しています。食と農はサイエンスですので、基礎はしっかりと修めてもらいますが、自分の裁量で受講科目を設計できる部分をかなり残しています。たとえば実践教育です。2年生から3年生までの1年半、7つのフィールドに行きますが、何をどうやるかの決まりはありません。そこは学生が、現地と一緒に地域の課題をどう考えるか。そこから取り組んでもらいます。また、入学後すぐにある農業実習も、かなり余裕のある

時間設計をしています。その代わり、実践教育という大きな枠組みの中で、学びたいことを学生側が提案してくれば、その専門家を全国から呼んでくるのが可能です。そういう様々なネットワークをもっている研究者を食農学類では、初期メンバーとして集めています。コロナ禍にあっても、オンライン授業、オンデマンドの活用で幅広い学びが可能です。

食農学類の学生が4年間かけて、どういう社会や地域課題を解決していくのか。ビジネスを使って解決するのか、サイエンスを使って解決するのか。コミュニケーション能力で解決していくのか。様々な手法の中から自分たちで選んでもらいます。そのためのスキルや知識、あるいは関係性を学べる機会を用意するのが私たち教員の役割です。現在2年生の創設期の学生たちが卒業後に社会に出てどんなことを始めるのか、今から楽しみです。



福島市内の水田・果樹園の土壌中の放射性セシウムの計測の取り組み

J A新ふくしま(現、J Aふくしま未来)と福島県生活連、福島大学が連携し、福島市内のJ A組合員が保有する全水田・全果樹園の放射能計測を実施し、マップを作製した。測定にはJ A職員(臨時職員を含)のほか、日本生協連を通じて全国から361人の計測ボランティアが集い、2年4カ月の時間をかけて実施された。農協と生協という立場と利害が異なる協同組合が相互連携することで、測定の透明性・社会性が高まるだけでなく、これまで取り引きがなかった地域への農産物の出荷も進んだ。