

第24回：「放射性物質はどこへ行ったのか？」

－東日本大震災による原発事故のその後－

開催日： 2015年8月7日（金）

会 場：地球環境カレッジホール（東京会場及び大阪会場）

開催趣旨：

2011年3月11日に発生した東日本大震災により、原子力発電所から大量の放射性物質が放出されました。大気中に放出した放射性物質は陸域や海域に降下し、広い範囲を汚染しました。このことにより、多くの方々が現在も避難生活を余儀なくされています。当学会では、2012年には震災後いち早く、震災がもたらした水環境問題について正確な情報を提供するため、第21回市民セミナー「大震災後の水環境－何が起こったのか、どう備えるか」を開催いたしました。

本セミナーでは、震災から4年を経過したことを踏まえ、今後も長期化が予想される放射性物質の問題に対してどのように対応していくべきか理解していただくことを目的とし、日本における放射性物質の挙動を調査・研究している専門家から、これまで得られた知見を整理して、わかりやすく、丁寧に解説していただきました。

テレビ会議方式により、東京会場の講演を中継で繋いで大阪でも同時に開催しました。

講演タイトル（講師／所属（当時））と概要

○ 放射性物質とは

（小豆川 勝見／東京大学大学院総合文化研究科）

放射性物質という言葉が広く社会に広まる時は、そのほとんどが事件・事故がきっかけになっています。国内に限ってみても、古くは原子爆弾による放射線・放射性物質の拡散(1945年)が、近年では、JCO臨界事故(1999年)や福島第一原子力発電所事故(2011年)が挙げられるでしょう。ごく最近には、東京都内の公園の遊具の下から、高線量の放射性物質が発見された(2015年4月)、という報道があったことは記憶に新しいはずです。

こういった様々な事件・事故の中でも、2011年3月に発生した福島第一原子力発電所事故は、INES基準でレベル7に相当する未曾有の大災害にあたります。技術的なブレークスルーが起きない限り、各炉の廃炉が終わるには間違いなく数十年単位の時間が必要であるし、実際に現場を何度となく訪れている私個人の見解でも、一つ一つの作業が容易ではない状況を見てきました。これから長く続く廃炉の課程において、たとえば、汚染水の海洋放出問題などで、これからも何度となく「放射性物質」がメディアを席卷することがあるかもしれません。

放射性物質を正しく恐れる、という言葉があります。この言葉の裏には、当然ながら放射性物質について基礎的な科学的知見が下地にあるべきです。しかし、現状では放射性物質を系統的に学ぶ機会が少ないことに加え、そういった機会を増やそうにもそもそも教育を行う側(教員や教育委員会)が自身の教育課程で放射性物質について知る機会ほとんどなかったはずです。明らかに科学的見解とは異なる噂話に過ぎないような話が、残念ながら事故の度にまことしやかに広まるのも、放射性物質や

放射線の特徴が知られていないことが原因の一つではないかと、私は考えています。

そこで、本講演「放射性物質とは」では、放射線の専門用語をほとんど使わず、放射性物質や放射線の特徴について説明していきたいと思います。測定器や原発周辺の環境試料を使った実演を交え「放射性セシウム」「放射性ストロンチウム」「シーベルト」「ベクレル」など、すでに馴染みがある言葉ではありますが、今ひとつつかみ所のない物質の本質について詳しく紹介します。

○ 森林に降った放射性物質は今どうなっているのか

(林 誠二／国立研究開発法人国立環境研究所地域環境研究センター)

東京電力福島第一原子力発電所によって飛散し、陸域へ大量に沈着した放射性セシウムに対して、ヒトの健康や生態系への影響のみならず、林業復興の観点からも、森林域における移動と蓄積に関する詳細な情報が求められている。これに対して、事故後から現在に至るまで、数多くの研究機関において森林を対象とした放射性セシウムの動態研究が行われている。本セミナーでは、以下に示す主だった成果を中心に、森林に沈着した放射性セシウムのこれまでの推移について報告する。

原発事故の際に森林域に沈着した放射性セシウムの中で、現時点までで最も活発な動きを示しているのが、スギ等の常緑針葉樹の樹冠部に捕捉され、吸着ないしは収着したものである。それらの多くは、事故後一年以内に主に林内雨を介して林床へと移行したことが確認された。また、リターフォールを介した林床への移行は現時点で継続的に生じている。

森林土壌における原発事故由来の放射性セシウムの挙動は、事故直後から現在に至るまで大きく変わらず、大部分が、落葉落枝（リター）層と腐植土壌（A）層からなる土壌表層部に吸着保持された状態にある。また、リター層からA層への放射性セシウムの移行状況は、地形や気温等の環境因子に依存し、地点間で大きく異なっている。

放射性セシウムの森林系外への移動に関しては、土壌への吸着性の強さを反映して溶存態成分の寄与は極めて小さく、大部分が流出土砂に伴われた懸濁態成分として、主に大規模な降雨時際に流出している。ただし、森林集水域への総沈着量と比べた流出量の割合（流出率）は、汚染のレベルに関わらず年間当たり1%未満であり、経年的に大きな変化は見られない。森林から下流域への放射性セシウムの移行は極めて限定的な状況が維持されていると言える。

森林生態系における放射性セシウム汚染の実態について、例えば野生キノコや山菜類等については、その汚染状況は空間線量率、すなわち放射性セシウムの沈着状況に強く依存する傾向が示されている。また、樹木の部位別の汚染実態に関する経年調査結果から、現時点で木材汚染への樹木根からの吸収の影響は必ずしも確認出来ない状況である。今後、沈着した放射性セシウムの大部分が林床付近に保持され続けることを考慮すると、樹木も含めた森林生態系汚染の長期化が懸念される。被ばくリスクの低減や林業復興のための適切な対策を講じる上で、観測とモデルを組み合わせた汚染状態の将来予測を出来るだけ正確に行う取組が求められている。

○ 放射能汚染事故時に水道ではどのような対応がなされたのか

(浅見 真理／国立保健医療科学院生活環境研究部)

2011年3月の東日本大震災においては、広範囲の地震、津波、液状化に伴う水道管の破裂や浄水場の損壊、停電、ガソリン等の物資の枯渇、応急給水用資材の不足、浄水薬品の入手困難といった水道にとって未曾有の事態が起こっていた。それに加え原子力発電所の事故により、放射性物質が広域に広がった。土地や河川が汚染され、水道水からも放射性物質が検出される事態となった。放射性物質放出後の福島県の調査で、水や周辺環境から放射性ヨウ素が検出されたことを受け、厚生労働省は、水道水中の放射性物質濃度が「飲食物摂取制限に関する指標」を超えた場合の対応について各都道府県水道担当部長に向け通知を行った。同時に、飲用以外での水道水の使用で放射能による人体への影響が極めて小さいことも通知した。また、その2日後、食品衛生法に基づく暫定規制値設定に合わせて、水道水においても放射性ヨウ素が100Bq/kgを超える場合には、乳児による水道水の摂取を控えるよう広報を要請する通知を行なった。その後、水道水からそれらの値を超える放射性ヨウ素が検出されたため、福島県飯舘村では水道水の飲用制限、首都圏を含む東日本の広い範囲で乳児への水道水の摂取制限の広報がなされた。

水道事業者らは、資材や人員、情報が限られる中で、水道施設の復旧、応急給水、資材の確保などに加え、放射性物質濃度をなるべく下げるとの粉末活性炭の注入や浄水施設の覆い、雨天時の取水削減など、できる限りの対応を行った。

今回の事故で放出された核種のうち、最も問題となった放射性ヨウ素と比較的半減期が長い放射性セシウムは物性が異なり、浄水処理における対応も異なるものであった。

事故後数日～数週間で放射性物質濃度は大幅に下がり、2011年6月以降水道水からの放射性物質の検出はほとんどなく、あっても通常の方法では検出されないほど極微量となったが、放射性物質により摂取制限が要請されるような事態は、日本の水道にとって初めてであり、住民や事業者、行政など様々な関係者が放射性物質に関する情報を共有しつつ、お互いの立場を尊重して相互理解を深めるためのコミュニケーションが重要であった。

今回の事故のような場合は、日頃からのリスクコミュニケーションのみならず、クライシスコミュニケーションが重要である。通常リスクコミュニケーションというと、食品や化学物質の安全管理や水道水質基準の説明のように、非常に低いリスクの一般的な理解を求める内容が多いと考えられるが、今回のように起こった危機に対する介入を行う場合は、速やかに情報を伝達すること、代替手段を確保することが重要であった。水道水は、飲用水としてのみならず、生活用水、衛生を確保する手段としても重要であり、今後も様々な災害に備えて住民や事業者、行政がそれぞれ、そして、連携して準備や訓練を継続することが必要である。

○ 河川に流入した放射性物質は生態系に影響を及ぼしたのか

(藤野 毅／埼玉大学大学院理工学研究科)

2011年3月11日に発生した福島第一原発事故から4年以上が経過した現在も、福島県内の多くの

河川で水生昆虫や魚類からセシウム 137 が検出されている。講演者は、環境省が実施した同年冬の水生生物放射性物質モニタリング調査結果より、水生昆虫の幼虫からの放射能が特に高いことを知り、その理由を明らかにするために独自に定期調査と、水生昆虫の幼虫体内のセシウム蓄積特性を把握するための実験を試みた。わが国の河川の水生昆虫種は実に多様で場所によって優占種が異なる中、造網型トビケラ目の幼虫は多くの河川で容易に発見できる。その中で放射能測定において最低限必要とされる質量の確保がおおよそ可能な大型種としてヒゲナガカワトビケラ科の幼虫に着目した。

ヒゲナガカワトビケラ科の餌は河川を流下する懸濁物である。懸濁物の由来と大きさは様々であり、ここでは粒径 $64\mu\text{m}$ 以上 1mm 以下を対象としている。この大きさの懸濁物からの放射能は生物からの検出値と比較して最大 10 倍程度高い。水生昆虫から高い放射能が検出されるのはこのためであり、河川の放射能汚染度を反映するものとみなせる。その一方で、独自の排泄実験により、ヒゲナガカワトビケラ科の体内には放射性物質はほとんど蓄積されないことも判明した。いわゆる生物学的半減期は 1 日足らずと推定される。次に、ヒゲナガカワトビケラ科よりも湿重量が大きく、成虫になるまでに 3 年程度水中で生息するヘビトンボ科の幼虫も得られたので、両者の比較を試みた。ヘビトンボ科は肉食性であり、セシウムが付着した細粒状の懸濁物を直接摂取することは通常考えにくい。単位湿重量当たりで比較すると、ヒゲナガカワトビケラ科よりも常に低い値であった。

水生昆虫は魚類の餌となることから、そこから検出された値は様々な水生昆虫を捕食した結果を反映する。しかし、それはどれをどこで捕食したか特定は困難であるため、可能な評価は流域全体で見えた場合での河川ごとの比較に留まる。なお、肉食性と雑食性と分けると雑食性のほうがより高いという報告があり、河床の付着藻類群に混ざって存在するセシウムが付着した微細粒子の摂取がより影響しているものと考えられる。

最後に、懸濁物の元素分析結果から放射性セシウムと炭素含有量の間には弱い正の相関が認められた。溶存態と区分される微細な土粒子 ($1\mu\text{m}$ 以下) からの放射能が特に高いものの、輸送量として占める割合はわずかであり、講演者が扱う大きさの懸濁物は全流下物の大半を占めている。この由来の一つとして、放射性物質が森林に付着した後、リターとなって河川に流入し、滞留時にゆっくり分解されて供給されたことを示唆する。

○ 日本の沿岸は放射性物質で汚染されているのか

(神田 穰太／東京海洋大学大学院海洋科学技術研究科)

福島第一原子力発電所事故で放出された放射性物質は海にも入りました。発電所が海岸に立地していたこともあり、大気へ放出された放射性物質の相当部分が海洋に沈着（塵や雨として降下）しました。また、過去の原子力発電所事故には例がない汚染水の海への直接流出が重なり、大規模な海洋汚染に至りました。

事故がおこった最初の段階では、大気に放出された放射性物質が海に沈着したものと考えられます。一方、少し遅れて 3 月末頃から、汚染水の直接流出により沿岸海域で高濃度の放射性物質が検出されるようになりました。海洋への移行量としては大気経由の方が大きかったと考えられていますが、大

気へ放出された放射性物質は、大気中で速やかに拡がって（従って薄まって）から海洋に沈着します。一方、直接流出した汚染水も太平洋の海水で希釈されながら拡がりましたが、海水中での希釈や移動は大気よりも時間がかかります。このため、福島県や近県の沿岸海域では、直接流出による影響をより強く受けました。

観測データやシミュレーションの結果から、海にもたらされた放射性物質は、希釈されながら太平洋を東向き（日本から離れる方向）に移動していったことが分かっています。福島県などの沿岸海域にもたらされた放射性物質の大部分は、海水によって運び去られたと言って良い状態になっています。実際に、発電所から同程度の距離の場所に残存している面積あたりの放射性セシウム量を陸上と海洋で比較すると、海洋の方がほぼ 100 分の 1 以下になっています。ただし海水の放射性物質が希釈・移送されるまでの間に、放射性物質の一部は海底や海洋生物にも移行しました。海底の堆積物（泥や砂）に移行した放射性物質は、海水ほど速やかには減っていきません。また、一部の魚類の放射性セシウムは、期待されたほどの速度で減少していません。このことが漁業の再開が遅れている原因ともなっています。

この講演では、以上のような放射性物質の移行について概略を説明すると共に、福島第一原子力発電所から現在でもわずかずつ放出されている放射性物質や、陸上に沈着した後に河川などを經由して沿岸海域に移行する放射性物質の影響についても考えてみたいと思います。