

## 懇話会ニュース

### 日本水産学会水産環境保全委員会

水産環境保全委員会は平成 25 年度日本水産学会水産環境保全委員会シンポジウム「水産環境における放射性物質の汚染とその影響」を下記のように開催した。

日時：平成 25 年 3 月 30 日（土）午前 9 時 30 分～17 時 00 分

場所：東京海洋大学

主催：日本水産学会水産環境保全委員会

プログラム：

開会の挨拶・趣旨説明 大嶋雄治（九大院農）

#### 1. 放射能に関する基本的知見

9：45～10：15 1.1 放射性物質の基礎

百島則幸（九大アイソ）

10：15～10：45 1.2 環境の放射性汚染による健康影響

小林泰彦（原子力機構）

#### 2. 福島原発事故による汚染

2.1 東日本太平洋沿岸域・沖合域における海水・海底土中の放射性核種濃度の時系列変化

日下部正志（海生研）

2.2 北太平洋全域への福島事故起源セシウム 137 の拡散：事故後 15 ヶ月の間にどのように輸送されたか？

青山道夫（気象研）

2.3 水産生物の放射性物質濃度への影響

渡邊朝生（水研中央水研）

2.4 生物モニタリング手法の確立と長期継続の必要性

石丸 隆（海洋大）

#### 3. 漁業と福島原発事故汚染のリスク

3.1 福島県における水産物放射能汚染の現状と対応

藤田恒雄（福島水試）

3.2 福島第一原発事故による放射線の健康リスク

松田裕之（横浜国大）

3.3 電子商取引システムと連携した水産物放射線リスク評価

竹下潤一（産総研）

#### 4. 総合討論

閉会のあいさつ

大越和加（水産環境保全委員会副委員長）

主旨：

東日本大震災と大津波により、東京電力福島第一原子力発電所事故が起こり放射性物質による汚染が起こった。その汚染は陸だけでなく内水面、海にまで及び、漁業に大きな打撃を与えている。本シンポジウムは放射能に関する基礎的知識を確認し、過去の汚染事故をふま

え、現状を概観するとともに、未来を見通し、再生のための論点を明らかにすることを目的とする。

総括：

東京電力福島第一原子力発電所事故により飛散した放射性物質は、水、底質、水生生物を汚染した。ほぼ 2 年を経過し水環境中の放射性セシウムの濃度は大きく減少したが、散発的に高濃度の汚染魚が見られる。底層魚では低ながらも放射性セシウムが検出されており、その機構解明が急務である。また今後も陸域に降下した放射性物質のごく一部が、有機物あるいは鉱物とともに河川と海洋の境界領域へ輸送される現象は続くと思われ、モニタリングの継続が必要である。

#### 1. 放射能に関する基本的知見

1.1 放射性物質の基礎 百島則幸（九大アイソ）

人類は大昔から放射能・放射線に囲まれた生活をしているのですが、環境中に放射能があることがわかったのは 120 年ほど前のことです。現代社会は、医療、産業などの多くの分野で放射線や放射能を積極的に有効利用しています。放射能は「放射線をだす能力」をさす言葉で、放射性物質は放射壊変をおこなうときに放射線をだします。放射壊変は、放射性物質に含まれている放射性同位体（放射性同位元素）が壊れる現象で、半減期は放射壊変が起こる確率になります。放出される放射線は「エネルギーをもった微粒子や電磁波」で、人に放射線が当たることが被ばくで、被ばく線量の単位は Sv（シーベルト）を用いています。自然界の物質には、放射性同位体が多かれ少なかれ含まれているので、日頃から私たちは被ばくを受けており、自然放射線による被ばくは世界平均で年間 2.4 mSv（ミリシーベルト）と言われていています。一方、放射性物質の放射能の強さを表す単位は Bq（ベクレル）です。Bq は一秒間に放射壊変が起こる数なので、放射性物質の量が増えると放射能も増えます。除染を行うとその場所の放射能は減りますが、放射性物質が消えるわけではありません。被ばくを考える場合は、被ばく形態（外部被ばくや内部被ばく）や被ばく源（自然放射線や福島原子力発電所事故）による違いはなく、被ばく線量の大きさを問題とします。

1.2 環境の放射性汚染による健康影響

小林泰彦（原子力機構・量子ビーム）

未曾有の大地震と大津波で引き起こされた原子力発電所事故。原子力災害の実態は放射線障害というより避難災害と不安ストレスだった。放射線に対する過剰な不安と誤解は、被災者に追い打ちをかけ、いわれの無い差別と絶望を強い、風評被害など復興を妨げる二次災害をもたらしている。

その主な原因は放射線についての正確な知識と線量概念の欠如、放射線影響の科学的事実と放射線防護のポリ

シーの混同である。リスクは有るか無いかではなく定量と比較が重要ということや、基準値の意味についての説明も不足していた。

一度に100-200 mSv以上の被ばくで将来の発がんリスクが線量とともに直線的に増加する。線量に比例するのは症状の重篤さではなく発症頻度。それ以下の線量では、他の様々な発がんリスク因子の影響に紛れてしまい、本当に影響が有るか無いかは疫学的に証明できない。子孫に対する遺伝的影響は高線量であっても確認されていない。

これらの科学的事実を踏まえ、影響を絶対に過小評価しないことを鉄則とし、100 mSv以下でも直線関係がある(LNTモデル)と仮定して発がんリスクを推定、放射線防護の目安としての線量限度や目標値が提案されている。

放射線の影響はその量に依存する。放射線の影響を侮ってはいけませんが、心配し過ぎてはいけません。今回の事故で深刻なのは、放射線による健康影響ではなく、避難生活や外遊びの制限、間違った対策などによる健康影響、家族の離散や土地利用の制限などの生活上の負担、生活習慣の荒廃と不安ストレスによる心理的・精神的影響である。これこそがチェルノブイリ事故の重要な教訓であり、それを日本で活かせるかどうかが問われている。

## 2. 福島原発事故による汚染

### 2.1 東日本太平洋沿岸域・沖合域における海水・海底土中の放射性核種濃度の時系列変化

日下部正志(海生研)

宮城、福島、茨城県沖の海域(原発より30 km圏外)の海水中の $^{137}\text{Cs}$ 濃度は事故前、表層で1-2 mBq/L程度であったが、事故直後より急激に上昇し、4月中旬には最大値186 Bq/Lにまで達した。以後、濃度は指数関数的に減少しつつある。水平的には、5月上旬高濃度の $^{137}\text{Cs}$ は北に移動した。その後一部は、南に向かった。結果として、茨城県中部沖及び仙台沖にできた比較的高濃度の水塊は平成23年7月まで存在した。平成25年1月現在、いくつかの観測点では表面水中の $^{137}\text{Cs}$ は事故前のレベルまで戻ったが、一部の観測点では依然として事故前の数倍の値を示している。中深層水での濃度が表層水濃度より高い海域も観測されている。

事故前の福島県沖の堆積物表層の $^{137}\text{Cs}$ 濃度は、 $0.9 \pm 0.4$  Bq/kgのレベルにあった。事故後、東日本太平洋沿岸域における堆積物表層の $^{137}\text{Cs}$ 濃度は大きく上昇(1.7-580 Bq/kg)した。濃度の変動は海水とは異なり、時間的な変化より空間的な変化が大きい。しかも、それは必ずしも、事故現場からの距離に反比例しない。事故後、高濃度の $^{137}\text{Cs}$ を含む海水が長く滞留した海域では、その下にある堆積物も比較的高濃度が高くなる傾向

にある。同時に、Csは粘土鉱物や有機物に濃縮する性質があることから、海底堆積物の鉱物学的、化学的性質にも $^{137}\text{Cs}$ 濃度は関連している。

海水中の放射性核種は新たな漏洩がなければ、基本的に拡散と混合により早晚元のレベルに戻るであろう。一方、堆積物中の放射性核種は海水ほど急激に減少する兆しは見せていない。今後も長期的なモニタリングが必要である

### 2.2 北太平洋全域への福島事故起源セシウム137の拡散：事故後15ヶ月の間にどのように輸送されたか？

青山道夫(気象研)

東京電力福島第一原子力発電所事故に由来する人工放射性物質の海洋への輸送経路で確認されたおもな経路は、人工放射性物質が大気中へ放出された後海洋へ降下する経路および海洋への直接漏洩の経路の二つである。東電福島第一原発事故以前でも太平洋全域において過去の大気圏核実験起源の $^{137}\text{Cs}$ が検出されていた。西部北太平洋表層での $^{137}\text{Cs}$ 濃度は1960年代では10-100 Bq  $\text{m}^{-3}$ であり、その後ゆっくり減少してきており、東電福島第一原発事故前の2000年代では1-2 Bq  $\text{m}^{-3}$ 程度であった。表層での $^{137}\text{Cs}$ の濃度が10 Bq  $\text{m}^{-3}$ 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、その後海洋表層での輸送により東に移動し、2011年7-9月には東経165度まで広がっている。2011年10-12月には東経170度程度まで広がっており、さらにその東側の東経170度から西経170度の領域でも、わずかな表層 $^{137}\text{Cs}$ 濃度の上昇が見出されている。さらに、2012年1-3月では表層での $^{137}\text{Cs}$ の濃度が10 Bq  $\text{m}^{-3}$ を越える領域は東経180度線付近まで達していることが観測された。この観測結果から東への移動速度を見積もると、 $8 \text{ cm s}^{-1}$ という推定ができる。さらに、冬季の冷却により2012年4-6月では表層での $^{137}\text{Cs}$ の濃度が10 Bq  $\text{m}^{-3}$ を越える領域は見られなくなり、2012年6月では海洋表層よりも海洋内部での $^{137}\text{Cs}$ の濃度が高くなりその海水中総量の80%は200 mより深いところに輸送されていることが判った。

### 2.3 水産生物の放射性物質濃度への影響

渡邊朝生(水研中央水研)

東京電力福島第一原子力発電所の事故による海への放射性物質の漏出と水産生物への移行により、東日本の水産業は様々な影響を受けている。復興に向けて、食品としての安全確保のための水産生物モニタリングに加え海洋生態系内での放射性物質の挙動の科学的な評価と将来予測への取り組みが進められている。現在検出される主要な放射性核種はセシウム137とセシウム134である。それぞれ約30年、約2年の物理的半減期で崩壊が進むが、水産生物においては、さらに速いスピードでの

濃度低下が観察されている。事故直後に高濃度となった福島南部～茨城北部沿岸のコウナゴやシラスでは、海水の濃度低下とともに急速に濃度が低下した。マイワシやマサバなどの小型浮魚類においても、事故後数か月の間濃度上昇が見られたものの、その後は低下が進み、現状では数 Bq/kg-wet 以下～検出限界未満で推移している。浮魚類においては海水の清浄化が濃度低下の主要因と考えられる。一方、底魚や岩礁性魚類、汽水域を利用する魚類の濃度低下が浮魚に比べて遅く、現状においても原発周辺および南側の海域のアイナメやメバル類では、基準値 (100 Bq/kg-wet) を大きく超える濃度が検出されている。また、青森沖のマダラでの一時的な基準値超や福島第一原発の港湾内の岩礁性魚類における 1 万 Bq/kg-wet を超える高濃度の検出など今後の動向予測のための課題も明確になっている。これらの魚類の今後の動向の予測のためには、海水だけではなく、餌料等を通しての海洋環境中の放射性セシウムの影響を考慮し、さらにそれぞれの魚類の生理、生態学的な特性を理解することが必要不可欠である。

#### 2.4 生物モニタリング手法の確立と長期継続の必要性

石丸 隆 (海洋大)

福島第一原発事故により、海洋に漏えいした<sup>137</sup>Csの多くは、海水とともに移流拡散し、原発 20 km 圏内においても事故後半年で概ね 1 Bq/L 以下となり、2012 年 8 月には 0.1 Bq/L 以下となった。また、福島沖の海底土では、2011 年 5 月に<sup>134</sup>Cs+<sup>137</sup>Cs (以下、放射性セシウム)として最大 9200 Bq/kg-d が報告されているが、2012 年 11 月の時点では最大でも 400 Bq/kg-d となった。一方、いわき沖で 2013 年 1 月に採捕されたシロメバル、クロソイ、ババガレイ等の底魚では、放射性セシウム 500 Bq/kg-w を超える個体が依然報告されている。これは、エサ生物の汚染を反映しているものと考えられる。東京海洋大学練習船による調査結果では、プランクトン試料中の<sup>137</sup>Cs濃度は、2011 年 7 月にいわき沖約 2 km で採集された試料では、数百 Bq/kg-w の高い値が見られた。その後、プランクトン試料の<sup>137</sup>Cs濃度は急速に低下したが、2012 年 5 月に採集された試料では再び 200 Bq/kg-w 近いものもあった。顕微鏡観察の結果では、荒天により再懸濁したかあるいは陸域から流入したものと見られる鉱物粒子や有機粒子の混入があり、懸濁食者への放射性セシウム移行の可能性がある。底生生物では、2011 年 7 月と 10 月に小名浜沖 10 km の点から採集されたブンブク類やゴカイなどの<sup>137</sup>Cs濃度は数百 Bq/kg-w と高く、低下は緩やかであったが、2012 年 5 月には数十 Bq/kg-w 程度になった。一方、原発に近い海域ではこの時点でも汚染レベルは高く、底生生物に関する継続的なモニタリングが必要

である。

### 3. 漁業と福島原発事故汚染のリスク

#### 3.1 福島県における水産物放射能汚染の現状と対応

藤田恒雄・水野拓治・根本芳春・早乙女忠弘・

五十嵐敏 (福島県水産試験場)

福島県では、東京電力福島第一原子力発電所 (以下、「1F」) の事故による放射能汚染により、2013 年 3 月現在、41 種類の海産魚介類が出荷制限を受けており、安全性を確認した 14 魚種を対象とした試験操業以外の沿岸漁業は未だ自粛を余儀なくされている。

福島県海域での魚介類汚染は、1F 南側の浅い水深帯 (特に、より 1F に近い海域) で顕著だった。これは、高濃度汚染水が 1F から沿岸沿いに南下したことによるものと考えている。

軟体類や世代交代が早いシラスなどは、時間経過と共に速やかに放射性セシウム濃度 (以下、「濃度」) の低下がみられた。また、回遊魚や深い海域の魚介類では、濃度は低い傾向がみられ、逆に浅い海域の定着性の強い魚類では、濃度が高い傾向があり、未だ 100 Bq/kg を超える個体もみられる。濃度の高い魚種では、濃度の個体差が大きいが、これは、その個体の生息環境履歴の差と考えている。2012 年 8 月に東京電力が 1F 北 20 km の南相馬市沖で採取した 25,800 Bq/kg のアイナメは、まさにこの典型事例で、1F 港内から移動してきた個体と考えている。

漁場の魚介類では、濃度の低下傾向がみられ、100 Bq/kg を超えるものは希になってきたが、1F 港内では未だ 10 万 Bq/kg を超える魚類があり、この魚の漁場への移動が懸念されている。今後、漁業の本格的再開の妨げにならぬよう 1F 港内の対策が急務である。

県では、モニタリングを継続していくと共に、魚介類の汚染のしくみを解明し、漁業の本格的な再開に向けた取組を支援していく。

#### 3.2 福島第一原発事故による放射線の健康リスク

松田裕之 (横浜国大)

東京電力福島第一原子力発電所事故は、福島近海の水産資源だけでなく、特に近隣の淡水水産資源およびマダラについても、基準値を超える放射性セシウムが検出された。福島第一原発事故直後、水産食品などの放射性セシウム等の暫定規制値は 500 Bq/kg とされた。2012 年 4 月からの新基準値は、より一層の安全と安心を確保する観点から 100 Bq/kg と定めた。この計算では、流通する食品の 50% が汚染されていると仮定している。しかし、実際の食品からの内部被曝線量の実測値は 0.1 mSv 以下とされている。これはカリウム 40 からの被曝量より桁違いに少ないだけでなく、その標本間のばらつきよりも少ない。少量しか食べないが濃度の高いキノコ

などの食材まで一律に規制することは、海外の対応と異なる。たとえばチェルノブイリの後、ノルウェーはトナカイ肉の基準を実情に合わせて 6000 Bq/kg に引き上げたという。食品からの被曝量を年間 1 mSv 以下にすることが目標ならば、暫定規制値のままでもほとんど全く問題がない。農作物の場合、基準値を超える恐れがある産地と作物はある程度予想できる。水産物の場合、依然として基準値を超える個体がある。近隣県の内水面では、漁業が自粛され、遊漁についても釣獲物を持ち帰らない措置が取られている。基準値よりさらに汚染の少ない食品を売る流通業者も、それを求める消費者もいる。逆に、被災者支援に繋がると考え、汚染された食品を売り買いする業者と消費者もいる。これらはともに「選択の自由」である。基準値を過度に下げるとは、後者の選択の自由を奪っているともいえるだろう。

### 3.3 電子商取引システムと連携した水産物放射線リスク評価

竹下潤一（産総研）

東日本大震災により被災地域の漁業は甚大な被害を受け、水産庁、自治体などを中心にインフラ復旧対策が積極的に進められている。しかし、沿岸漁業に携わる漁業者にとっては、産地市場など漁獲した水産物の販売チャンネルが失われたことにより、漁業で生計が立てられない状況が今後も継続することが危惧されている。この問題

に対し「被災地とその周辺地域の漁業に対し“販路拡大と魚価向上”により支援し、さらには被災地域にて確立された水産事業モデルにより、日本全国の漁業者を長期的に支援すること」を目的とし、経済産業省、平成 23 年度地域経済産業活性化対策費補助金（先端農商工連携実用化研究事業）「B2B 向け水産物電子取引市場の構築による被災地沿岸漁業の収益改善」プロジェクトを、(株)エス・ティ・ティデータと(独)産業技術総合研究所が中心となり実施した。

安全科学研究部門では、原発事故に起因し、取引に際し重要な情報となっている「水産物放射線リスク指標」として、母集団のセシウム濃度分布が対数正規分布であるという仮定の下で、流通している魚種が基準値を超え得る確率（超過確率）を提案し算出した。従来のリスク指標としては、死亡件数、損失余命、QALY、支払意思額などがあるが、100 Bq/kg で規制されていることと、システム利用者が知りたいことは何か？という視点から、本プロジェクトにおいては超過確率をリスク指標として採用した。

現時点では、取引システム利用者の規模も小さく、また超過確率計算との連携も発展途上である。しかし、利用者の拡大及び連携方法の模索により、水産業における新たなビジネス展開の可能性があると考えられる。