

放射能汚染と水産物への影響



●東北大学大学院農学研究科 水産資源生態学分野 教授

片山 知史 かたやま さとし

1966年東京生まれ、東北大学農学部卒 同助手、水産総合研究センター中央水産研究所・主任研究員、室長を経て、2011年4月より現職。専門：沿岸資源学、沿岸資源生物の生態および生息環境の特性を明らかにしながら、資源が変動するメカニズムの解明と資源管理理論の構築に取り組んでいる。

著書に『地球温暖化とさかな（分担執筆）』成山堂書店、『浅海域の生態系サービス（分担執筆）』恒星社厚生閣など

- 三陸南部・常磐海域では、放射性物質は現在水中にはほとんど存在せず、海底に砂泥とともに溜まっている状態である。海洋生物については、震災後の当初は、あらゆる生物種で基準値を超えるような値が検出されていたが、ほとんどの魚種で減少傾向である。しかし底魚では、種間の差異のみならず、種内でも大きく値が異なっている。従って、消費者は「安心」して水産物を食べられない状況が続いており、水産物の安全管理体制の構築が望まれる。

東日本大震災と同様の規模・特性をもつ貞観三陸地震が869年7月に起きていた。明治以降だけを見ても、東北太平洋沿岸は大きな津波に3度襲われている。「明治二十九年三陸地震津波」「昭和八年三陸地震津波」「チリ地震津波（1960年）」である。いずれの場合も津波が深く陸域に浸水し、大きな被害をもたらした。今回の大津波の後、多くの地域において瓦礫やさら地の陸側の背後に建っている祠や津波記念碑、供養碑の存在があらためて認識されている。単なる「記録」「印」という意味のみならず、津波の襲来時にその地点まで逃げれば命が助かるという「標」として伝承されているという（川島、2012）。惜しくもその伝承がかなわず、今回も多くの被

害が生じてしまった。しかし今回の大津波は、これまでのものとは被害の質が大きく異なっている。海洋域に深い爪あとを残した点である。多量の廃材・ガレキの堆積、化学物質の流入、そして放射性物質の漏出である。

漁業の現場では、「放射能さえ無ければ、苦勞しながらでも漁業を再開できたのに」というやり場のない怒りと、途方もなく大きな敵を前にして無力感を植え付けられているという状況がある。

海洋域へのセシウム流入源

東京電力福島第一原子力発電所事故によるセシウム137の総排出量は0.9～3.7×10¹⁶Bq、大気から北太平洋全域への沈着と施

設から海洋への直接放出されたセシウム 137 は 1.1×10^{16} Bq、そのうち海洋放出分は $3.5 \sim 4.7 \times 10^{15}$ Bq、そして堆積物中（水深 200m 以浅）には $1.0 \sim 2.9 \times 10^{14}$ Bq 存在していると推定されている（茅野・永井、2013）。すなわち、海水中のセシウムの 9 割以上は、拡散されたと推測されるが、堆積物中のセシウムは、層状鉱物の開裂部分に取り込まれ吸着されており、海水に溶解し減少していく速度は非常に遅い（乙坂・小林、2013）。また陸域からは、降雨の度に懸濁態セシウム（粒子に吸着した状態）が河川を通じて、海洋域に流入し、沈降沈殿し堆積する。実際に、河川の河口域の底質中には、比較的高濃度のセシウムが存在している。

加えて、福島第 1 原発敷地内には、汚染水が蓄えられている。東京電力は、2013 年 1 月 24 日に「増え続けている放射性物質を含んだ汚染水を、処理装置で法令に定められた濃度未満に処理し、関係者の合意を得ながら海に放出する」との方針を明らかにし、関係団体から強い抗議を受けた。そして 4 月上旬、地下貯水槽からの放射能汚染水漏えいが発見された。以降、幾度となく汚染水漏れが報道されている。福島第一原発敷地の土壤には、汚染地下水が存在し、内陸側から毎日 800 ～ 1000 トンという地下水が流れ込んでいる。それを敷地内で「全てくみ上げ」タンクや貯水槽に蓄える作業が続いている。国が発表した対策は、1 地下水バイパス、2 サブドレンの稼働、3 凍土壁、4 坑道内の汚染水除去、5 護岸の地盤改良、6 海側の遮水壁という多大な時間と労力を要するものとなっている。地下水は海洋域には漏れ出ていないとされて

いるが、海洋域への大きな流入源となり得る存在であることは確かである。

海洋域におけるセシウムの分布

文部科学省など政府や自治体のモニタリング調査によれば、福島県沿岸水深 200 m 以浅の海域における放射性セシウム（Cs-134 と Cs-137 の合計値）の海面近くの濃度は、2011 年 5 月頃までは、1 リットル当たり 10Bq 以上の値が散見されたが 2011 年 9 月以降は、ほとんどが検出限界以下となった（福島第一原子力発電所放水口付近を除く）。それに対し、海底の砂泥においては、30 キロ圏外においても、乾燥重量 1 kg 当たり 200Bq を超える地点が、仙台湾から常盤海域および房総沖の離岸 20 キロ内の観測点中 1/3 ～ 1/2 程度存在していた（2011 年 6 月～2012 年 2 月）。半分程度の地点では減少傾向であるが、横ばい傾向であったり、また 2011 年 7 月前後に増加し、それ以降減少していない観測点も数カ所認められている。水中にはほとんど存在せず、海底に砂泥とともに溜まっている状態である。しかし、ホットスポットなるセシウムの分布状態については、その実態（その大きさや分布様式）を把握できていないのが現状である。

海底のセシウムの挙動は、今後の水産物との関係を考える上で重要である。前述のように、河川からの流入のみならず、また福島第一原発からの汚染水が負荷要因となるため注視が必要である。現在海底に既に堆積しているセシウムについては、一部は徐々に沖合側に拡散していくが、多くは沈殿物の堆積によって徐々に蓋ふたをされる状態になる。その堆

積の速度は不明であるものの、例えば海底表面から3から4 cm下にセシウムが存在する状態では、底性生物による掘り返し（バイオターベーションという）や荒天による攪乱がない限り、海底表面や底層水に移動する割合は非常に少ない。ただし、大規模な港湾工事や海底を掘り返す漁業といった人為的な行為がその「蓋」を外すことになるので、慎重な対応が必要である。

水産生物の現況

水生生物に残存する放射性物質量は、「水中濃度」×「滞在時間」×「濃縮係数」が原則である。この濃縮係数とは、「体内中濃度/環境水中濃度」であり生物群によって異なっている。国際原子力機関（IAEA（2004））によると、セシウムの濃縮係数は、魚類100、甲殻類（エビ、カニ等）50、貝類60、イカ・タコ類9、海藻類50である。魚類については、その浸透圧調節メカニズムの違いから、海産魚が100であるのに対して、淡水魚は2500と高い値となっている（横田・吉川、2013）。原則は上記の通りであるが、実際に生息している生物においては、食物生物を通じた取り込みもあり、生物の生活様式によって放射性物質量は異なってくる。

水産生物については、福島県沖だけでも既に1万6000検体を超過している（2013年12月10日現在）。184生物種中、最大値が国の定めた基準値500Bq/kg（2011年5月～2012年3月）もしくは100Bq/kg（2012年4月以降）を超えたことがあるのはおのおの31種および49種である。福島県沖および福島県内水面における各生物群の測定値の挙動

は、以下のように整理される（以下、Cs-134とCs-137の濃度合計値、福島県発表データに基づく）。

淡水魚類：福島県の湖沼や河川で採集された魚類が毎月数十検体測定されている。アユ、ウグイ、ヤマメ、イワナ、ワカサギなど、2011年中は月平均が100Bqもしくは500Bq/kgを超える場合が多く、特に春から夏にかけての季節にその割合が高くなる傾向があった。しかし、2012年夏季以降は100Bq/kgを超える個体の割合は、10～20%で低位横ばいの状態である。2013年は、ヤマメ、イワナ、ウグイを中心に100Bq/kgを超える個体が散見されている。

海産無脊椎動物：福島県沿岸域において採集されたイカ・タコ類および貝類の軟体動物、エビ・カニなどの甲殻類、その他ウニやナマコといった底性動物が計測されている。2011年前半では、ホッキガイ、エゾアワビキタムラサキウニといった生物の半数以上が100Bq/kgを超えた状態であった。一方、福島県の重要な漁獲対象であるヤナギダコ、ミズダコやイカ類では、高い値はほとんど認められなかった。後半になると100Bq/kgを超える生物の割合は大きく減少し、2012年に入ると基準値を超える個体が検出される例は稀な状態となった。2012年7月にキタムラサキウニ170Bq/kgが1個体みられた以降、その後100Bq/kgを超える測定値は全く無くなり、2013年はほとんどが検出限界以下となっている。

海産魚類：福島県沿岸の底魚を中心に、毎月数百検体もの測定が行われている。2011年は、測定検体の半数以上が100Bqもしくは

は500Bq/kgを超えていた。2012年は、徐々にその割合は減少したものの、10%以上が100Bq/kgを超える値となっていた。これらは底魚（底性魚類）に集中している。カタクチイワシ、サバ類、マアジ、ブリなどの浮魚は、震災直後は平均が10～100Bq/kgであったが、2011年9～11月以降は10Bq/kg以下となり、検出限界未満の状態が継続している。2013年は底魚についても、100Bq/kgを超える個体は稀で、低位減少傾向となっている。2013年に基準値100Bq/kgを超えた魚種は、アイナメ、イシガレイ、ウスメバル、ウミタナゴ、カサゴ、キツネメバル、クロソイ、クロダイ、テムシカジカ、コモンカスベ、サヨリ、シロメバル、スズキ、ヌマガレイ、ババガレイ、ヒラメ、ホウボウ、ホシザメ、マアナゴ、マガレイ、マコガレイ、マゴチ、マダラ、ムラソイである。この中でも、アイナメ、イシガレイ、ウスメバル、キツネメバル、クロソイ、コモンカスベ、シロメバル、スズキ、ババガレイ、ヒラメ、マコガレイ、マダラ、ムラソイは、6カ月以上で基準値を超えており常態化している。

これら魚種について、典型的に減少傾向ながら高位が続いているアイナメと、ほぼ低位で落ち着いたヒラメについて、各月の平均値および範囲（最高値と最低値）の経時変化を示す（福島県データから作成）。

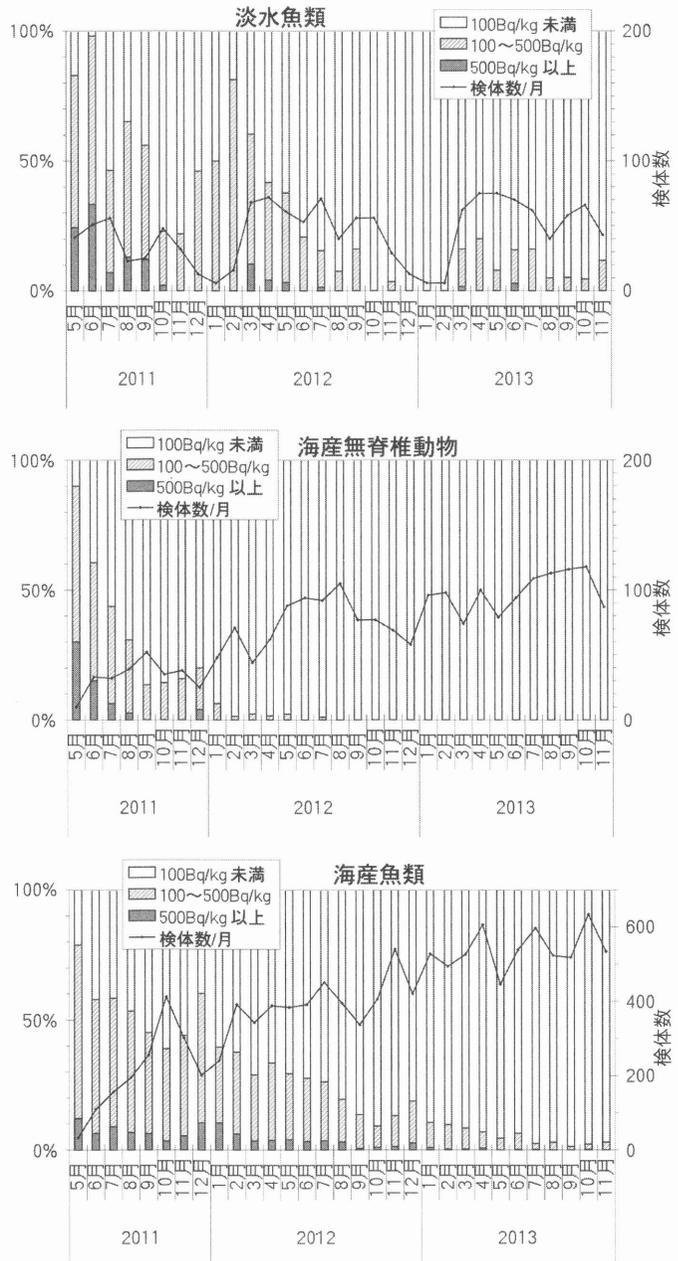


図1 淡水魚類、海産無脊椎動物、海産魚類のセシウム濃度の割合と測定検体数の推移

アイナメは、平均値で見ると明らかに低下傾向であり、2013年後半は50Bq/kg以下で

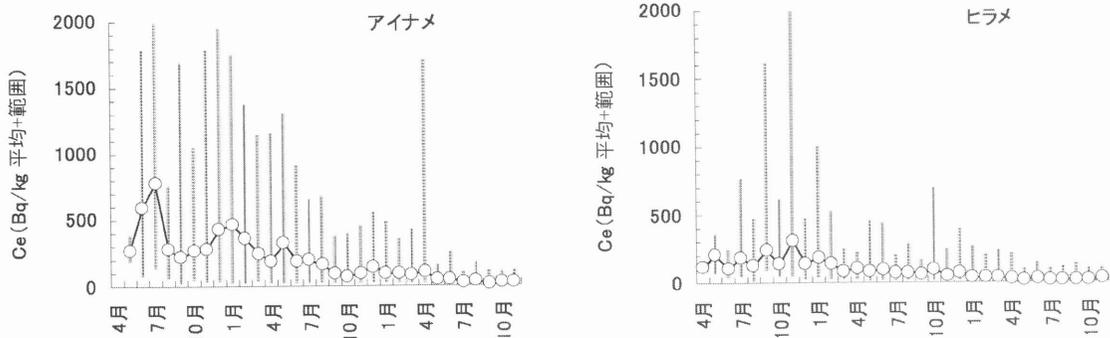


図2 アイナメとヒラメのセシウム濃度の推移

ある。しかし、個体差が大きく、100Bq/kgを超える個体が毎月検出されているという状態である。ヒラメは、アイナメよりも低い値を示しており、平均値は2012年後半から50Bq/kg以下となり、2013年前半はほぼ20～40Bq/kg、後半は10～20Bq/kgで安定している。しかし個体差が大きく、2013年後半においても100Bq/kg前後の個体が散見されている。

海藻については、沿岸域で採取された多様な海藻が測定されている。2011年はアラメ等の大型の褐藻類で100Bqもしくは500Bq/kgを超える場合が多かった。しかし、夏を過ぎて海藻が世代交代した後は、値は大きく減少し、2012年以降100Bq/kgを超える検体は見つかっていない。

これらの傾向をまとめると、当初(2011年4～5月)は、あらゆる生物種で基準値を超えるような高い値が検出されていたが、ほとんどの魚種で減少傾向である。また生物濃縮が、淡水魚は高く、イカ・タコ類は低いという生物的特徴も測定値に表れている。しかし底魚では、種間の差異のみならず、種内でも

大きく値が異なる(例えば一網内の同種個体でセシウム濃度の個体差が大きい)。このような魚種間、個体間での差異がみられる現象については、水深や底質などの生息場所の特性、底魚の生活様式、食物生物といった要因が考えられ、種々の観測や実験が行われているものの、そのメカニズムの解明には至っていない。

水産生物および漁業の今後の見通し

チェルノブイリ事故の後、湖沼における生物のセシウム濃度は、2～3年後にピークを迎えた。三陸～常磐の沿岸は、湖沼とは異なり開放性の海洋であるので、徐々に拡散・希釈されるため、既にピークは越えたものと推察される。しかし前述のように、セシウムは現在海底に溜まっており、拡散・希釈の速度は遅い。また、濃度は低下しているものの、陸域からの流入も継続しており、今後数年間は、水産生物の放射能汚染に注意しなければならないだろう。

また突発的な事象が生じなければ、放射性物質が高濃度に含まれる水塊が、海面漁場や



養殖漁場に出現する可能性は低いと推測される。宮城県中部北部や岩手県で行われている海藻や貝類の養殖や、多様な魚介類を対象とした漁船漁業は、漁業復興の柱として行われてよいものと思われる。仙台湾や常磐海域での漁業では、沿岸域の底魚対象漁業については、再開の見通しが立てられる状況ではない。現在、試験操業として、水深 150m 以深の海域で、貝類、タコ類および魚種を限定して漁獲しているが、このように操業場所や魚種を慎重に絞って漁獲・出荷することは可能であると考えられる。

水産物安全管理

水産物は、海洋には流れがあり生物も移動すること、全頭検査は実質上不可能であること、海洋域から汚染物質を取り除くことはできないという特性があるため、食品としての安全管理が難しい。加えて今回は、海洋域への漏出および流入が継続していること、特に底魚のセシウム濃度に種間の差異、個体間の差が大きく、そのメカニズムが不明といった状況が、消費者や国内外の業者を不安にさせている。上記の、数万というモニタリングデータに示されるように、現在の国や県の対応策は「多くの海洋生物をモニタリングし、安全性を PR する」である。しかし、水産物の特性を考えた場合、消費者の不安を払拭できていないのが現状である。すなわち、生産者側が示す「安全」と消費者が求める「安心」の間にギャップが生じているのである。海外市場関係者を含む第三者機関による「検定」制度（山下、2011）など、出口管理の方策を検討すべきだと考える（片山、2012、2013a）。

水産物の放射能汚染問題を議論する際に、水俣問題のことを思い起こす必要がある。数年おきにクジラ類、マグロ類、イカ類の有機水銀含有量が報道され話題となる。しかし、わが国では規制に関する法的措置が無く、水産物の安全管理体制の不備が指摘されている（日本科学者会議、2012）。生産者・業界、流通加工業者、そして水産行政および研究者は、放射性物質の問題を、微量有害物質（水銀・メチル水銀、ダイオキシン類、PCB、カドミウム、有機スズなど）による魚介類汚染として問題認識し、水産物・食品管理システムを検討すべきであろう（片山、2013b）。物質の「希釈」と意識の「風化」を期待することは、問題の先送りでしかないと考える。

〈引用文献〉

- 川島秀一：津波のまちに生きて、富山房インターナショナル、245p. (2012)
- 茅野政道・永井晴康：福島第一原発事故の全容と放射能汚染の経過、水環境学会誌、36A、3、pp.74-78 (2013) pp.74-78
- 乙坂重嘉・小林卓也：海洋への放射性物質の流出と汚染の実態、水環境学会誌、36A、3、pp.95-98 (2013) pp.95-98
- IAEA: International Atomic Energy Agency: Sediment Distribution Coefficients and Concentration Factors for Biotain the Marine Environment, The Marine Environment Technical Report Series 422 (2004)
- 横田瑞郎・吉川貴志：水産物の放射性物質濃度、FFI ジャーナル、218、3、pp.216-223 (2013)
- 片山知史：海と魚と放射能—食品としての水産物の管理体制への視点、日本の科学者、48、2、pp.32-33(2013a)
- 片山知史：海洋の放射能汚染と水産業への影響、経済、1月号、新日本出版社、pp.101-108 (2013b)
- 片山知史：「復旧」か「創造的復興」か—一年間を顧みて—、海洋水産エンジニアリング、104、pp.20-26(2012)
- 日本科学者会議（編）：なぜ、いま「魚の汚染」か、本の泉社、279p. (2012)