

## 「どうして放射性物質を海に捨てても生物濃縮の問題にならないの？」

「水産生物における放射性物質について」水産総合研究センター森田先生のスライドを理解する。

2011年10月11日

<お問い合わせ先 twitter アカウント : @hama\_7016、@glasscatfish 編集担当:@yuriemakihara >

-本文書のサマリー版、「汚染水を海に流してほんとに大丈夫？お魚を食べても大丈夫？」を子育てママが理解するまで、

Together <http://togetter.com/li/170993> / <http://togetter.com/li/182677>もぜひご覧ください。

### 0: 海にばらまかれた放射性廃棄物、危ないじゃない？

私は最初に日本が放射性物質を海に意図的に放出した、と聞いた時に耳を疑いました。私の当時のイメージは、ごみ箱を海でひっくり返したら、そのごみをもう一度拾うことは事実上不可能。つまり海は汚れっぱなしのままだと思ったのです。そして、次の放射線の専門家の方に、「放射性物質は海で希釈したら？」と聞いたとき、とても正気の沙汰とは思えませんでした。（実際そんな記事もでています[1]）。

どうして、放射性物質を海に捨てたら、「それを海の生物が食べる過程を通じて濃縮されるので危ない」ということばかり考えたのか。濃縮することが事実上不可能なほど薄まると考えることができなかつたのか。それをあれこれ考えたときにピンと来たのは、「学校で濃縮は習ったけれど、希釈については習ってなかつたのかもしれない。だからなんとなく感覚的に納得できないのかもしれない」ということでした。

希釈は現実の世界では多く起こっているそうです。そして「希釈した結果、問題にならなかつた」ことはもちろん、私という理科が苦手な一般人の耳にはいるようなニュースにはならなかつた。それに対し、生物濃縮の話は「濃縮した結果、体や日常生活に影響が出る」のです。そうならないために警戒する意味もあって学校で教えるという部分もあるのかもしれませんが。実際に、水俣病、PCBの現実的な話もあります。

私の感覚と、専門家の話がこんなに違うのはどうして？もうちょっとちゃんと勉強したい...。と思い...これができました！

お役にたてましたらうれしく思います。

以下の流れ

- 1: 希釈とは
- 2: 生物濃縮とは
- 3: 海中に放出されたセシウムのみまとめ
- 4: じゃあ、海に放射性物質を捨てても何の心配もないの？
- 5: さらに学びたい方へ
  - a: 海水にはいったセシウムは水に溶けやすいはずなのに、どうして海底土として沈殿するの？
  - b: 海底土の放射性物質は魚に影響を与えないの？
  - c: 濃縮係数って何？
  - d: モニタリング期間の妥当性
  - e: 森田先生のスライドを見るときにの注意点
  - f: 森田先生のスライドと、森田先生が4年前に書かれた論文の内容との関係について

## 1：希釈とは

希釈は毒性を低減するための有効な手段の1つ。

みなさんはお部屋がガス臭いとき、窓をあけますか？

窓を開けたら、外の人、そこから例えば100m離れた場所にいるひとも同じガス臭さを感じるでしょう。

それと同じように海はとっても大きいから、液状の放射性物質を希釈するとその濃度は無限に小さく(=ほぼゼロに)なります。

**毒性を無毒化するのに、希釈しか方法がないの？**

そんなことはありません。毒性を無毒化する方法としては、分解、封じ込め、そして希釈が考えられます。

分解して放射性物質ではなくなってしまうのが一番です！

ただ、セシウム137等の放射性物質の場合は、人為的に分解することは不可能です。もし封じ込めた場合は、その後どのように処理をするのか、という新たな問題も生まれます。そのため、科学的観点からは、放射性物質の無毒化のためには事実上希釈が唯一の手段と考えられます。

実際には、物事は科学的に正しいかどうかだけでは割り切れません。

先進国である日本が公海に放射性物質を廃棄することは許されない、と考える人は日本の国内・国外を問わず多数いるでしょう。そのために、今日本は「封じ込め」による処理をする方向へ動いているのが現状です。

一方、すでに海に放出された放射性物質を封じ込めるために回収することは事実上困難です。希釈という方法を選択した、と理解することも現実的な考え方の1つと言えるかもしれません。

社会的、政治的及び道徳的な観点と科学的観点をどう折り合いをつけていくのか。この複雑な利害や思いがからむこの問題を考えるための第一歩として、科学的観点の理解を理解することも大切かもしれないと考えようになりました。

## 2：生物濃縮とは

私が漠然と、「何か体に悪そうなものが海にあると、それを小さい魚が食べ、それを大きな魚が食べ、それが人間が食べ...という連鎖がおきて怖い」と感じていた「生物濃縮」。

でも、「生物濃縮」というとき、実は意味が2つありました。

### ◆生物濃縮の定義

日本語では「生物濃縮」「生態濃縮」「生体濃縮」「生物蓄積」などの語が使われていますが、その区別はかならずしも明確ではないようです。英語ではどうやらしっかりと区別して定義されているようです。[2]

### 食物連鎖による生物濃縮biomagnification

食物連鎖によって餌に含まれる有害物質が生物体内へ濃縮される過程

### 狭義の生物濃縮bioconcentration：

有害物質が水などの環境媒体から生物体内へ濃縮される過程。もし魚が生息している海水の放射性物質濃度が高ければ、魚への体内への影響もそれだけ大きくなる、というプロセスです。

**生物濃縮 bioaccumulation**：上記2つを包含した概念

生物濃縮を話す際、それが食物連鎖によるものなのか、そうでないのをキチンと理解したうえで話すことはとても重要です。私が漠然とイメージしたものは「食物連鎖による生物濃縮」。今はどちらの話をしているのかを明確にしながら理解しないと、同じ著者の論文でも論旨が一貫していないのでは、という印象をうけるものもあり、さらに混乱してしまいます

(さらに詳しい説明にご興味がある方は、さらに学びたい方へ-eをご覧ください。)

そして、この「食物連鎖による生物濃縮」がおこるための2つ条件が必要になります。

1. 脂溶性であること = 細胞の中に入りやすく、出ていきにくい。

☆水溶性であれば、細胞の中に入りやすく、排出も容易です。

2. 難分解性であること = 生物の代謝という分解システムによって、脂溶性が水溶性と変化することができ

ない。

☆体の中に取り込まれても、脂溶性という性質はずっと変わらないということです。

この条件に照らして、水銀とセシウムを見てみましょう。

**水銀：**

水銀化合物で特に問題になるのは脂溶性の高いメチル水銀です。これは簡単に体から排出することができません。その結果、プランクトン等の「餌」に含まれるメチル水銀はそれを食べた魚の体内に水銀が溜まっていく一方です。

**セシウム：**

セシウム自体は、体内でそれ以上分解されることはありません。

しかしセシウムは水溶性が高いので水に溶け、性質の似たカリウムと同じように体から排出されていきます。セシウムを含む餌を食べた魚がセシウムを排出することができます。その結果、餌である小魚やプランクトンと比較しても、それを食べた魚の汚染の程度が大きく変わることはありません。少なくとも私たちの食卓にのぼるような魚ではいずれも生態濃縮の程度の大きな差はないようです。

食物連鎖における生物濃縮がおこる、と結論づけている論文もなくはありません。[3]

ただし、この論文でも濃縮係数の範囲はせいぜい150程度と、水銀やPCBと比べて数値は低くなっています。(濃縮係数については、さらに学びたい方へcをご覧ください)

**狭義の生物濃縮 bio concentration：**

セシウムに化学物質としての毒性があるのでは？という心配もあります。問題になるような生物濃縮が起きているかどうか考えてみます。

今回の事故ででてしまった放射性セシウムのうち、今食べ物に入り込んでしまっている量は本当にごくわずかです。

そして、そのごくわずかのセシウムから放出される放射線を検査し、暫定基準と比較するためのデータが提供されています。放射線によるセシウムの計測はとても感度が高いので、化学物質(元素)としてのセシウムが心臓や他の細胞に影響を与える濃度の何万分の1から何億分の1もの量で検出できます。そして、その計測結果をみると、体の中でのセシウムの働きは問題にシなくて良いレベルに留まっています。つまり二つ目の生物濃縮の意味でも、日々の生活であまり過渡に神経質になるほどのセシウムの濃縮は起きていないのです。

もちろん、国が定めた暫定基準以上になることがあれば、注意する必要も出てくるでしょう。

### 3: 海中に放出されたセシウムのまとめ

- ・ 食物連鎖を通じて魚体内で濃縮・蓄積しない。
- ・ 魚体内中に入った放射性物質は、体外に排出される。
  - ☆メチル水銀が排出されないのは細胞の脂質と親和性が高い(脂溶性)ため、尿経路で排出されにくいから
  - ☆セシウムは単体のイオンとして血液中に存在して各細胞に届く。
  - ☆約50日で体内のセシウムの約50%が排出される。
- ・ 海中に入った放射性物質は希釈・拡散され濃度は非常に薄くなる。(1:希釈とはをご参照ください)
- ・ 大量に海中に入った放射性物質は、凝集沈殿したり懸濁物に吸着し海底に運ばれる。  
(ご興味のある方は、さらに学びたい方へ-aをご覧ください)
- ・ 海底に沈殿した放射性物質は、魚に対して大きな影響を与えない。  
(ご興味のある方は、さらに学びたい方へ-bをご覧ください)

### 4: じゃあ、海に放射性物質を捨てても何の心配もないの？

**魚は絶対安全・・・とは言い切れない**

結局海水が汚染されたら、その100倍くらい(数字にご興味のある方は、さらに学びたい方へcをご覧ください)  
)魚は汚染される、というのが森田さん(=水産庁)の結論です。なので、魚は絶対安全とは言えません。

今はまだ原発から放射性物質が垂れ流されてる可能性も否定できませんから、それが止まるまでは注視が必要です。

(このモニタリング期間についての見解については、さらに学びたい方へ-dをご覧ください)

森田さんが「魚は安全」と発言している記事もあります[4]。

これは「濃縮しないから安全」という次元ではなく「ちゃんと水産庁がモニタリングして基準値を超えたものは出回らないから安全」という趣旨と理解しています。(ご興味ある方は、さらに学びたい方へ-eをご覧ください)

**「人間に大きな影響を与える生物濃縮がない」からといって、将来において「生態系へまったくダメージを与えない」保証はない。**

人間の普段の生活からは直接見えない「生態系」にも影響するのかどうか、それが何らかの形で将来子供たちへ返ってくる可能性があるのかどうか。生態系への影響についての調査・研究はこれからです。

### でもやっぱり心配!!

希釈が科学的に有効な方法であったとしても、私たちの「わかっててもなんだか心配」という感情を和らげるためにも有効、とは言い切れません。どこに捨ててもいいのなら、できれば自分の国から少しでも遠い方で...と考える人も(私を含め)大勢いそうです。

## さらに学びたい方へ

### a:海水にはいったセシウムは水に溶けやすいはずなのに、どうして海底土として沈殿するの？

実際に海水中と海底土の放射性物質を検査したデータがありました[5]。

これによると海水中は5Bq/L以下、土中は最大760Bq/kg (Cs137のみ)、海底土の濃度は深度が浅い方が濃度が高くなっています。

セシウムは同じアルカリ金属であるカリウムやナトリウム等と比較しても、水によく溶ける物質です。それなのに、海水のセシウム濃度が低く、海底土の濃度の方が高いのはなぜなのでしょう。

可能性として考えられるのは、土壌に含まれる成分にはセシウムを閉じ込めてしまう働きをするものがあるということです。セシウムは、そこへ一度はまってしまうと離れられません。そのために、海水のセシウム濃度が低くなり、海底土の濃度の方が高くなるのです。

この点についての詳しい解説は、今後の調査研究を待つ必要がありそうです。それを単純な海洋の物理現象なのか、化学的に海底土に固着する因子があるからなのかはわかりません。またそのメカニズムも、どのような物質として海底土に存在しているのかも、これからの調査研究を待たないとはっきりしたことはわかりません。

### b:海底土の放射性物質は魚に影響を与えないの？

まず、私が魚なら、わざわざ土を食べることはないと思いました。

もちろん放射性物質の混ざった海底土から、魚が放射線を浴びることもありえます。また、海底の生物の生活様式によっては、海底土由来の内部被曝がありうることも否定できません。ですので、海底内、海水及び魚の放射性物質の濃度をきちんと測定し、モニターすることは大切だといえます。

(4:じゃあ、海に放射性物質を捨てても何の心配もないの？も、ご参照ください。)

### c:濃縮係数って何？

濃縮係数は、ある物質の海中の濃度に比べて、そこに生息する魚がどの程度影響を受けやすいのかを示す係数です。

生物中の濃度を海水中の濃度で割ることで計算されます。

「怖い物質」の濃縮係数を参考までにご紹介しましょう。

水銀 360-600, DDT(有機塩素系の殺虫剤、農薬) 12,000, PCB(ポリ塩化ビフェニル：発がん性が高い) 1,200-1,000,000	セシウム 5-100 ヨウ素・ウラン 10 プルトニウム 3.5
--	--

今回関連のある物質では、。もちろん、生物濃縮の1つ目「脂溶性であること = 細胞の中に入りやすく、出ていきにくい。」を満たしていないだけでなく、濃縮係数自体もかなり低め、ということがわかります。

#### d:モニタリング期間の妥当性

森田先生のスライド = 1年

勝川先生のブログ = 2.5年 [6]

#### e:森田先生のスライドと、森田先生が4年前に書かれた論文の内容との関係について

##### 疑問

・スケトウダラにセシウムが蓄積される、という前提で、そのスケトウダラがもともといた場所の汚染具合を推測することができる。という論文[7]。

・このまとめの 2:生物濃縮とは？と 3.海中に放出されたセシウムのまとめは、「セシウムは蓄積しない、というスライド(参考URLをご覧ください)をベースに考えてきました。

→あれ？スライドと論文の内容って矛盾しませんか？ということです。

結論からいうと、矛盾しない、と今は考えています。生物濃縮の定義をキチンと理解していないせいで、私は最初混乱していました。

どう混乱していたのかを説明します。

★2.生物濃縮とは？から定義をおさらいしてみましょう。

生物濃縮の定義

**食物連鎖による生物濃縮biomagnification** : 食物連鎖によって餌に含まれる有害物質が生物体内へ濃縮される過程

**狭義の生物濃縮bioconcentration** : 有害物質が水などの環境媒体から生物体内へ濃縮される過程。

**生物濃縮 bioaccumulation** : 上記2つを包含した概念

そして改めて、論文とスライドを見比べてみます。

4年前の英語論文の「蓄積」は**狭義の生物濃縮bioconcentration**があると言っています。

Although individual marine fish will take up <sup>137</sup>Cs directly from the seawater and/or through the food chain, the variation of <sup>137</sup>Cs concentration in a fish population is principally controlled by the surrounding water (Osterberg et al., 1964; Smith et al., 1999; Morita and Yoshida, 2005)

スライドでは**食物連鎖による生物濃縮biomagnification** : がないと言っています。

論旨に矛盾はなさそうです。

#### 参考URL

[ahr-people @ ウィキ](#)

「水産生物における放射性物質について」(森田先生スライド)

[http://www.jfa.maff.go.jp/j/kakou/Q\\_A/pdf/110331\\_2suisan.pdf](http://www.jfa.maff.go.jp/j/kakou/Q_A/pdf/110331_2suisan.pdf)

Togetter: 放射性物質は、海に入って溶けて化合物になっても放射線をだすの? <http://togetter.com/li/182677>

Togetter: どうして放射性物質を海に捨てても生物濃縮の問題にならないの? <http://togetter.com/li/170993>

Twitter: <http://t.co/Pop6xOW>.

[1]水産庁は「魚は安全」と捏造していた

[http://photozou.jp/photo/photo\\_only/159841/80502330](http://photozou.jp/photo/photo_only/159841/80502330) (雑誌スナップ)

<http://gendai.ismedia.jp/articles/print/5692> (記事)

[2] Wikipedia 「生物濃縮」 <http://ja.wikipedia.org/wiki/%E7%94%9F%E7%89%A9%E6%BF%83%E7%B8%AE>

[3] 海産生物と放射能 笠松不二男 [pdf]

[http://www.journalarchive.jst.go.jp/jnlpdf.php?](http://www.journalarchive.jst.go.jp/jnlpdf.php?cdjournal=radioisotopes1952&cdvol=48&noissue=4&startpage=266&lang=ja&from=inabstract)

[cdjournal=radioisotopes1952&cdvol=48&noissue=4&startpage=266&lang=ja&from=inabstract](http://www.journalarchive.jst.go.jp/jnlpdf.php?cdjournal=radioisotopes1952&cdvol=48&noissue=4&startpage=266&lang=ja&from=inabstract)

[4] 水産物と放射性物質 適性な理解を [http://www.oprt.or.jp/pdf/newsletter\\_482.pdf](http://www.oprt.or.jp/pdf/newsletter_482.pdf)

[5]被災地の海洋環境のモニタリングの調査結果(速報)への公表について 環境省 [pdf]

[http://www.mext.go.jp/component/a\\_menu/other/detail/\\_icsFiles/afieldfile/2011/07/08/1306870\\_0708.pdf](http://www.mext.go.jp/component/a_menu/other/detail/_icsFiles/afieldfile/2011/07/08/1306870_0708.pdf)

[6]水産物の放射能汚染から身を守るために、消費者が知っておくべきこと

[http://katukawa.com/?page\\_id=4304#delay](http://katukawa.com/?page_id=4304#delay)

[7]Morita T, Fujimoto K, Minamisako Y and Yoshida K, 2007. *Detection of high concentrations of <sup>137</sup>Cs in Walleye pollock collected in the Sea of Japan.* Baseline / Marine Pollution Bulletin 54 (2007) 1287–1306.