

海洋におけるトリチウムの動態と海生生物への蓄積

はじめに

海洋生物環境研究所研究報告第27号(2022年)に「海洋におけるトリチウムの動態と海生生物への蓄積」の解説記事が掲載されましたので、その概要を紹介します。福島第一原子力発電所のALPS処理水が、海洋へ放出される計画が2021年政府より発表されましたが、トリチウムという放射性核種だけは除去できずに残ったままであるということで、その影響を心配する声が出ています。海生研では、1991年度より青森県沖の海水や海生生物のトリチウム濃度測定データを蓄積してきており、また2011年度からは福島県沖でも定期的な測定を継続しています。ALPS処理水が放出された後も海洋環境の安全が保たれるよう、場所や頻度が緻密に計画された測定、監視・評価が行われることが必要と思われます。その参考とするため、世界の原子力施設から海洋へ日々放出されているトリチウムは、どのように監視が行われており、それらのデータが蓄積され国際的な評価が行われているか紹介します。

海水中のトリチウム

トリチウムは水素の同位元素であり、半減期が12.3年の放射性核種ですが、宇宙線が大気圏内で起こす核反応で生成するため、太古より地球上に常に一定量存在しています。また1945年以来の2000回以上の核実験によっても生成して、1960年代には地球上の濃度レベルが核実験前の100倍に増加したこともありました。酸素と結合して水分子となり、大気中の水蒸気→降水→地下水→河川水→海水→大気中水蒸気のように地球環境を循環しています。IAEAでは1960年より世界気象機関との連携で、世界500箇所以上から月間降水中のトリチウム濃度データを収集し、GNIPデータベースとして公開しています(IAEA, 1992)。

国際的な大規模海洋調査として最も有名なものは、1972年～1978年に大西洋、太平洋、インド洋で行わ

れたGEOSECSです。大気圏内核実験により拡散されたトリチウムの実態を調査し、濃度分布から海洋循環の仕組みを推定することが目的とされました。その後も環境汚染物質に関する海洋調査は特に欧州で盛んで、調査結果がデータベースとして公開されたものは、世界で利用が可能です。IAEAは、放射性核種についてMARISデータベースとして統合し、オンラインで広く利用に供するとともに、データの追加登録も呼びかけています(IAEA MARIS, 2021)。

図1にMARISから抽出した、北東大西洋で行われている海水中トリチウム濃度の測定値を図示しました。深度100mまでの表面海水中の観測値として、原子力施設起源の関与が指摘されています。

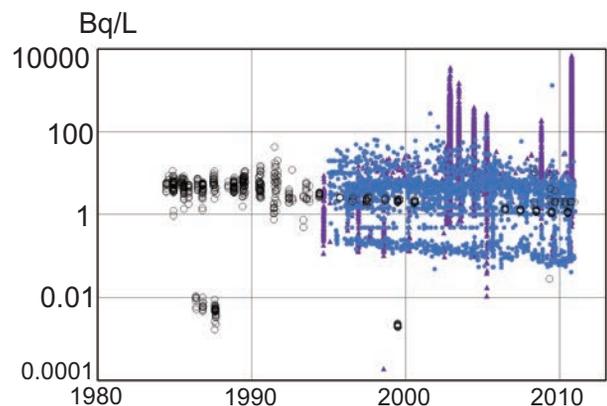


図1 北東大西洋水深100m以浅の海水中トリチウム濃度
○：バルト海, ●：アイリッシュ海, 北海, ▲：ビスケー湾, ケルト海, イギリス海峡, アイリッシュ海

トリチウムの生物への蓄積

トリチウム原子は水素として化学反応を起こすので、海水から水として、また有機物に化合した水素として生物体内に摂取された場合、その後の生理・生化学的な振舞いに関心が向けられます。放射性核種が人体に与える影響の強さは、発する放射線の種類や半減期の長さと共に、体内に入ってから分布や蓄積、排泄速度など、元素による生理・生化学的性質の違いを反映して異なるため、動物実験などの研究結果を評価し、そ

の危険度をICRPという国際機関が線量係数という数値で勧告しています。トリチウムの線量係数は¹³⁷Csの1000分の1と小さいため、環境中の濃度を管理する基準や放出可能な限量が¹³⁷Csなどよりも大きく設定されています。

生物への濃縮があるのかなのか、観測や計画実験が長年行われてきましたが、IAEAが行ったプロジェクトから導かれた統一的であり最終的ともいえる報告を紹介しします。核反応により冷却水にトリチウムが多く生成するCANDU型原子炉を開発したカナダには、1950年代から廃棄物の埋設地から長期間トリチウムが流れ込み、濃度レベルが高い平衡状態にある湖があります。その湖を自然界にある水槽のように見立てて、水生生物のトリチウム取り込みについて観測データが得られました。2003年の湖水、水生生物のトリチウム濃度を観測した結果、湖水の濃度は4,000～5,000Bq/Lで高く保たれ、水生生物の体内水の濃度も、採取された場所の湖水濃度とほぼ同じでした。また体内の有機物のトリチウム濃度は体内水の濃度と同レベルで濃縮はありませんでした(IAEA, 2008)。

図1に示された海域での調査結果では、沿岸にある原子力施設からの放出によって、海水中のトリチウム濃度が一時的に上昇するが、海洋の底質や海生生物の体内の有機物濃度は海水濃度より高くなく、濃縮係数は1、すなわちトリチウムは海生生物には濃縮されていないと結論されています。しかし、ある特定の海域の河口付近では、海水濃度は10Bq/Lまでのレベルなのに、底質の有機物や微生物中の濃度が高く、体内の有機物濃度が最大 1.2×10^5 Bq / kgの底生魚が観測された時期もありました。英国のカーディフ湾、フランスでは地中海側のリオン湾において、物議を醸したのです。しかしどちらの河口海域も、河川上流には医学・生命科学や医療診断などに使われるトリチウム標識放射性医薬品を製造する事業所があり、それらの医薬品が十分に除去されないまま環境中に放出されていることで説明されました。水としてではなく、特定の目的で生理・生化学的に生体中に取り込まれ易い化学形

に合成された有機化合物となった場合は、生物濃縮が起こります。今では放出が管理され濃度は下がっているのですが、警告事象として受け止めなければならない例でしょう。

日本のデータベース

日本国内でも全国の原子力発電施設のある海域で、放射線医学総合研究所が1970年～1980年に測定し、その後も各原子力発電所立地県で調査が続けられています(原子力規制庁, 2021)。過去から集積されてきたトリチウムの測定データが、今後の安心度評価のための材料として自由に、また効果的に使用できるよう、データベースとして効率的に情報公開されていくことが望まれます。

参考文献

原子力規制庁(2021), 環境放射線データベース。
<https://www.kankyo-hoshano.go.jp/data/database/>

IAEA (1992), Statistical treatment of data on environmental isotopes in precipitation. Technical Reports Series No.331, IAEA, Vienna, 1-781.

IAEA MARIS (2021), IAEA marine radioactivity information system. Division of IAEA Environment Laboratories [online]. Monaco, <https://maris.iaea.org>

IAEA (2008), Modelling the environmental transfer of tritium and carbon-14 to biota and man. Report of the tritium and carbon-14 working group of EMRAS theme 1, Environmental modelling for radiation safety (EMRAS) program. <https://www-ns.iaea.org/downloads/rw/projects/emras/2nd-combined-meeting/scenario-twg-perch-lake-final.pdf>

(海生研フェロー 宮本 霧子)