

環境水の中のトリチウム

独立行政法人 放射線医学総合研究所 宮本 霧子



青森県六ヶ所村にある核燃料サイクル施設では、平成18年3月にアクティブ試験を開始し、平成20年7月施設竣工以降の本格稼働が予定されています。この施設からは大気や海域に環境や人体に影響のない範囲でいくつかの放射性核種の放出が計画的になされます。海生研では、文部科学省からの委託事業の一環として、核燃料サイクル施設沖合において海洋放射能調査を実施しており、当該海域に22の調査点を設け海水、海底土を採取するとともにこの海域で漁獲された水産物15種を購入し、それらの分析調査を行っています。

海域に放出される放射性核種は主にトリチウムですが、一般になじみがなくよく知られていないと思いますので、今回、トリチウムとは何か、環境水中のトリチウム濃度はどの程度のレベルか、トリチウムの循環と濃度の変化などについて、この分野で造詣の深い宮本霧子先生に特別に寄稿して頂きました。

1. 放射線医学総合研究所の環境放射能の測定

独立行政法人放射線医学総合研究所(放医研)は、昨年、創立50周年を迎えた放射線医学に関する総合研究所です。国立研究所としての創立当初より、放射線の医学利用研究、放射線の生物影響研究とともに、環境中の放射線源を研究することも重要な業務でした。1950年代より米ソを中心に核実験が盛んに行われていて、地球環境中には、上空の大気から放射性核種が多量にばら撒かれていたのです。いらざる放射線源が身近に飛来することによって、世の中は騒然としていました。

放射線の害は、放射線の種類と量によって異なること、測定が可能な放射線源が環境中にあっても、微量であれば、人間はそれと共存していけることは分かっていました。地球には、太古の昔から生物が共存して来た微量の放射線源があります。

この50年、放射線で病気を直す利益や、原子力をエネルギー源として利用することの利益を享受しながら、環境中のどのような放射線となら共存していくことができるかを見極めるために、放医研の環境研究は続いてきたと言えるかもしれません。微量であっても、放射能の種類と量を明らかにすることは、安心感を得るためのまず第一歩です。放医研の研究者にとって、環境中の放射性核種の種類と量を測定することは重要な仕事でした。

2. 環境水中トリチウムの測定

放医研で種々の環境中放射性核種の測定法が開発、確立されていく中で、環境衛生研究部の榎田義彦先生の研究室では、放出するベータ線のエネルギーは低いが、水素、炭素など、生体を構成する元素の放射性同位元素として体内に取り込まれる、トリチウムと炭素-14に注目し、その測定法の開発を開始しました。そして、薬学ご専門の榎田先生、物理ご専門の岩倉哲男先生、化学ご専門の井上義和先生の抜群のチームワークによって、環境水中の低濃度のトリチウムを高感度に測定できるLB1型という液体シンチレーションカウンターを開発し、それがアロカ社から販売されるようになったのです。今では全国の環境トリチウムモニタリング専門の施設に完備されています。

こうして水中のトリチウム測定法がほぼ確立した時期には、国内で原子力発電所が次々と建設されていたので、各地に赴いて発電所の冷却水の取水口と排水口の海水や、水道水、河川水、地下水(井戸水)などの多種類の環境水を採取し、トリチウム濃度を測定しました。

その後、測定法は文部科学省(当時科学技術庁)から、放射能測定法シリーズ⁽¹⁾として全国に頒布されるとともに、各地方公共団体がモニタリングを実施するようになったので、放医研の測定の対象は、茨城県東海村地域の集中測定に移行し、やがて青森県六ヶ所

村での測定へと変更されてきました。

放医研が測定したそれらのデータは、現在データベースとして放医研のホームページで公開し始めています。既に一部は、申請登録することで誰でも簡単に利用することができます。以下、そのデータベースの内容とともに、今後登録予定のデータのこと、更にそのデータベースを利用して、「環境水」とひとことで言われる水の中のトリチウムが、どのように環境を循環しているのかについて、簡単に紹介したいと思います。

3. トリチウムについて

トリチウムは半減期12.3年の水素の放射性同位体であり、地球環境中では、大気水蒸気・降水・地下水・河川水・湖沼水・海水・飲料水、そして生物の体内に広く分布しています。宇宙線が大気成分と核反応し、自然界でも生成しますが、核実験で地球上に多量に生成され、それが今でも環境中に残っています(フォールアウトトリチウム)。また原子炉の中でも生成し、その一部は、大気圏や海洋へ計画放出されます(施設起源トリチウム)。どちらの場合もトリチウムは水とともに移動拡散するため、水文学の研究にも利用されます。分析法としては、水を電気分解法で同位体濃縮して、トリチウム濃度を多少高めた後、液体シンチレーションカウンターで放射線測定するのが一般的です。

4. 環境中のトリチウム測定調査データベース

(NETS DB, Nirs Environmental Tritium Survey Data Base)

4.1 降水

放医研のある千葉市稲毛区穴川で、1973年より2007年まで、1ヶ月分の降水を全部集め、そのトリチウム濃度(Bq/L, 注)を測定したデータです。1979年からは採水地を稲毛区山王町に移しました。世界的には、IAEA(International Atomic Energy Agency, 国際原子力機関)がGNIPデータベース(Global Network for Isotopes in Precipitation)として、1961年より世界93ヶ国の550ヶ所から降水を集め、そのトリチウム、重水素、重酸素濃度を公表しています。本データベースは、GNIPから東京のデータを抽出して、放医研の測定値と並列して利用できるようになっています。

注) Bq(ベクレル):放射能の単位。放射性核種の壊変数が1秒につき1であるときの放射能を1Bqという。

4.2 河川水と湖沼水

1980年より1998年まで、放医研が茨城県東海村でほぼ毎月測定した、3つの河川水と1つの湖沼水のトリチウム濃度のデータです。河川水は上水道や、田畑の灌漑水に用いられる淡水です。河川水や湖沼水の涵養源は地下水で、降水が地下に浸透し地下水になり、それが地上に流出してきたものです。

4.3 海水

1980年より1996年まで、放医研が茨城県で年に2回測定した、3ヶ所の海岸近くの表面海水中のトリチウム濃度のデータです。陸地に近い海岸で採った表面海水は流入河川のトリチウム濃度の影響を受けますので、「海」としての平均的な表面海水の濃度を示してはいません。

5. 原子力施設付近の環境水トリチウムデータベース

(TSNFDDB, Tritium Surveillance around Nuclear Facilities Data Base)

放医研が1967年より日本各地の原子力施設周辺の環境水中トリチウム濃度レベルを把握するために測定しました。測定は福井県敦賀市と美浜町地域から始まり、1980年までに全国12ヶ所の商業用原子力発電所と5ヶ所の原子力産業施設へと広げました。

採水の頻度は年に1~2回ですが、採水の時期と場所はほぼ固定しました。測定した環境水としては、河川水、ため池、井戸水などの淡水で、原子炉の一次冷却水や施設内の蛇口水の原水として用いられているもの、また二次冷却水の取水口や放水口で採取できる海水、周辺地域の上水道水、施設からやや離れた場所で採取したその他の淡水・海水・上水道水など、広範囲に広がっています。河川水や上水道水、蛇口水については、施設から計画放出されたトリチウムが測定値に影響を与えている、という痕跡を見出すことはできませんでした。

6. 環境水の中のトリチウム濃度の変化について

データベースを利用して、長期間に亘る環境水のトリチウム濃度の変化を見ていると、いろいろなことが分かってきます。

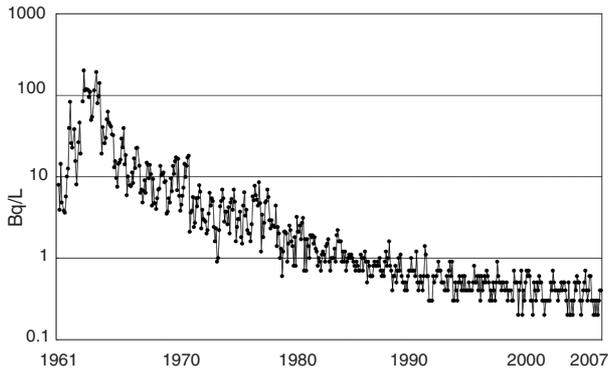


図1 東京、千葉の月間降水中トリチウム濃度の変化

まず[図1]を見ると、降水の濃度がこの50年の間に大きく変化していることがわかります。1960年代にピークがあり、まもなく減少して長く尾を引いています。このピークは、米ソの核実験によって大気中にトリチウムが拡散し、それが地球上に降りてきた結果ですが、ピーク時には自然のレベルの約100倍になりました。核実験停止によって、すぐに減少を始めましたが、一旦余分に生成した全てのトリチウムが、壊変して無くなってしまいうには、50年でも短すぎるため、未だに尾を引いていると考えられます。また米ソが核実験を停止した後でも、フランスや中国などが核実験を続けたせいもあります。

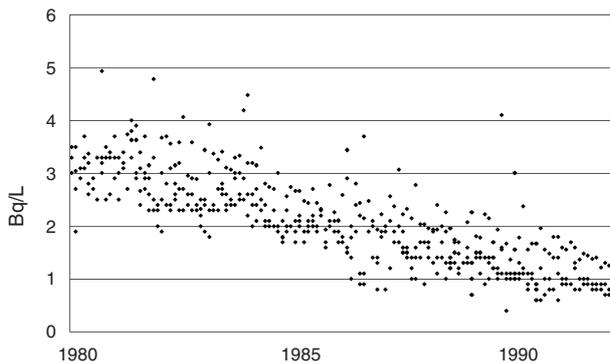


図2 茨城県東海村の河川・湖沼水中トリチウム濃度の変化

[図2]の河川水は、1980年代からのデータしかありませんが、やはり減少しています。降水と同じ1960年代に測定していればピークが見られたと思われます。

[図3]の海水も同じく1980年代からの測定ですが、河川水と比べて濃度が数分の1ほどに低く、少しずつ

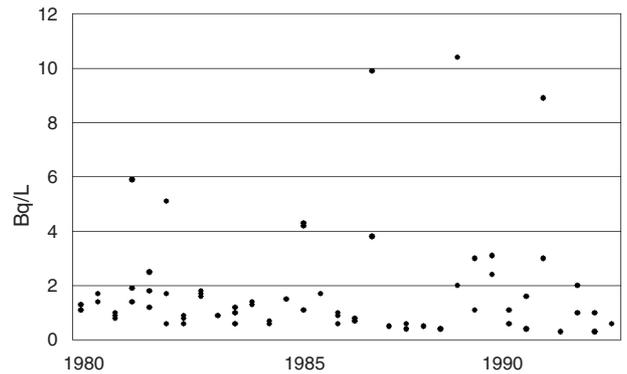


図3 茨城県の海水中トリチウム濃度の変化

減少しています。ところどころにある高めの測定値は、茨城県東海村の海岸と、その南方で海流の下流にあたる海岸ですが、東海村で計画放出されているトリチウムをたまたま検出することができた貴重な例です。

計画放出されている放射能を予測通りに検出できるということは、環境測定を行っている者にとっては誇らしいことであり、試料の採取や測定法、また測定計画自体の合理性が証明される貴重な機会です。また環境モニタリングによって、計画通りの監視が的確に行われているということであり、原子力・放射線利用のメリットを享受しながら、リスクの管理を適正に行っている、ということが証明されることになります。

検出した放射能の濃度が人の健康を害するレベルにならないように、計画放出の安全管理が適切に行われるべきことは、法律で定められていますが、それについてもまた、別の分野の研究者がより合理的な管理を目指して、日々理論的、実験的な研究を行っています。

これから放医研のデータベースには、青森県六ヶ所村の測定データを追加登録していきたいと思っています。放医研以外の機関からも、皆が共有して使うことのできる環境放射線関係のデータベースが、どんどん公開されることを願うものです。

7. 水の循環について

3つの図を比べると一目で分かりますが、降水、河川水、海水のトリチウム濃度は、元々レベルがお互いに異なっています。その原因は、地球上の各環境水の「量」が異なるためです。海水は地球上の水の97.5%

を占めており、淡水はわずか2.5%程度で、大きく異なります。水の量が多いと、トリチウムが入ってから混合し、全部が同じ、均一の濃度になるには、より長い時間がかかります。その間に、半減期が12.3年のトリチウムは壊変して減少するので、海水は降水の濃度変化に追いつけず、低めの濃度のままです。

大気圏で作られたトリチウムは、降水として地上に降って地下に浸透し、河川水として地上に流れ出て、海に流れ込みます。海水は蒸発して大気圏の水蒸気になり、再び降水として地上に降りてきます。この地球上の水循環によって、トリチウムもまた地球上に拡散循環しました。降水、地下水、河川水などのトリチウム濃度の変化を、長い期間測定することによって、地下を流れて河川に出てくるまでの滞留時間を推測する研究も行われています。が、それについてはまた別の機会にご紹介したいと思います。

参考

- (1)放射能測定法シリーズ:No. 9, トリチウム分析法, 1977年制定, 2002年改訂, 文部科学省。
- (2)NETS DB, Nirs Environmental Tritium Survey Data Base:放射線安全研究成果情報データベース, 環境中のトリチウム測定調査データベース, <http://www.nirs.go.jp:8080/anzendb/NetsDB.html>, (閲覧2008年5月30日)。
- (3)TSNFDB, Tritium Surveillance around Nuclear Facilities Data Base, 放射線安全研究成果情報データベース, 原子力施設付近の環境水トリチウムデータベース(1967年~1980年), <http://www.nirs.go.jp:8080/anzendb/TSNFDB/TSNFDB.html>, (閲覧2008年5月30日)。

略歴：宮本 霧子(みやもと きりこ)

(独)放射線医学総合研究所・環境放射線影響研究グループ水域生態系影響研究チーム主任研究員。東京教育大学大学院理学研究科博士課程修了。理学博士。フォールアウト及び原子力施設起源の環境中トリチウム動態モデル化の研究に従事。