

研究最前線

大気中に存在するトリチウムの化学形態別濃度を調べる

環境動態研究部 赤田 尚史



自然界には種々の放射性核種が存在していますが、水素の同位体であるトリチウム (^3H) は、宇宙線が大気を通過する時に大気を構成する窒素原子や酸素原子と反応して常に一定量生成されています。その量は年間200 g 程度と見積もられ、99%は空気中の水蒸気、雨水、海水中に存在し、普通の水と一緒に自然界を循環しています。トリチウムの半減期は12.3年ですが、自然に生成されるものの他に、過去の大気圏核実験により大気中に放出されたものや、原子力発電所や再処理工場等の原子力施設から放出されるものがあります。特に、再処理工場の稼働に伴って大気および海洋へ放出される放射性核種のなかで、トリチウムは主要な核種の1つであり、それが大気中濃度にどの程度影響を与えるのかを明らかにすることが必要と考えています。そ

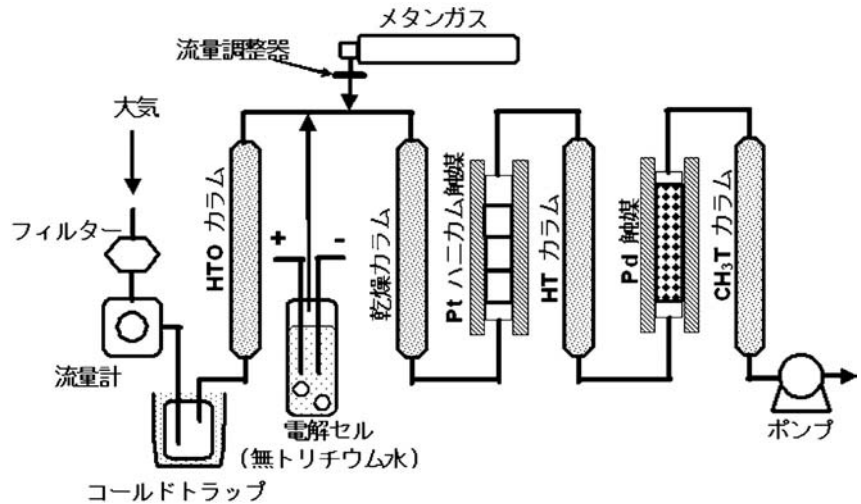


こで、六ヶ所村にある再処理工場においてアクティブ試験が開始前から大気中トリチウム濃度を調査し、再処理工場の本格稼働後の濃度変化を判断するための基礎データを収集してきました。

大気中に存在するトリチウムは、主として水蒸気 (HTO)、分子状水素 (HT)、炭化水素状 (主にメタンとして存在、 CH_3T) の化学形として存在しています。茨城県東海村にある再処理施設での調査結果によると、排気筒から大気放出されるトリチウムの大部分は HTO の化学形であるものの、HTO 以外の化学形も20~30%程度含まれていることが報告されているため、前述した3つの化学形に分けて調査を行っています。試料採取装置の概要を図に示します。大気中 HTO を評価するにはポンプにより大気を吸引し、大気中水蒸気をコールドトラップと吸湿剤 (モレキュラーシーブス) を詰めた HTO カラムを用いて捕集します。その捕集した水を低バックグラウンド液体シンチレーションカウンター (上写真) で測定し、大気中 HTO 濃度を決定します。HT や CH_3T を測定するには、HTO を捕集した後にそれぞれ触媒を用いて逐次酸化し、水として HT カラムおよび CH_3T カラ

ムに捕集します。その後、HTOと同様に測定し、化学形別の大気中³H濃度を決定します。2005年4月から2006年3月までの観測結果から、それぞれの化学形のバックグラウンド濃度を明らかにすることができました。また、大気中HTO濃度は春季に高くなる季節変動傾向を示し、大気中HT濃度、CH₃T濃度には季節変動が認められませんでした。今後、この調査結果を基に、再処理施設稼働後の大気中トリチウム濃度を明らかにしていきたいと考えています。

環境研での環境動態調査研究の目標の1つに、六ヶ所村とその周辺環境を対象とした、再処理工場の稼働に伴い放出される放射性核種に起因する中長期的な線量評価を可能とする「総合的環境移行・線量評価モデル」を作成することが挙げられます。本調査において得られた測定結果は、モデルの検証にも活用されています。



〔研究者に聞く〕

Q. 自然界にあるトリチウムの残り1%はどこに存在するのですか。

A. 植物や動物を構成する有機物として、また分子状水素 (HT)、炭化水素状 (主にメタンとして存在、CH₃T) 等の水素化合物として存在しています。

Q. 化学形の違いは人体に対する影響にも関係するのですか。

A. トリチウムはベータ線放出核種であるため、人への影響を考える場合は内部被ばくが重要となりますが、化学形の違いにより国際放射線防護委員会 (ICRP) が提示しているトリチウムの線量換算係数 (Sv / Bq) が異なります。例えば、単位摂取放射能当たりの実効線量は、HTOがHTの10,000倍となっています。

Q. 化学形態別濃度の測定結果を教えてください。

A. 2005年4月から2006年3月までの大気中HTO、HTおよびCH₃T濃度は、それぞれ検出下限値～9.9mBq/m³、1.0～15mBq/m³、0.7～4.3mBq/m³

の範囲でした。また、採取した水蒸気の水としてのトリチウム濃度は検出下限値以下(<0.3)～0.8Bq / Lでした。

Q. 大気中濃度は地域によって違いがあるのですか。

A. 大気中HTO濃度は、水蒸気に含まれるトリチウム濃度と湿度との関係により決まるため地域差が認められますが、HT濃度やCH₃T濃度は、同期間に核融合科学研究所が岐阜県土岐市で行った観測結果と同程度であり、地域差は認められませんでした。

Q. 大気中HTO濃度の季節変動の原因はどのようなものですか。

A. アジア大陸内陸地域は、海から遠く離れているために海水による希釈の影響を受けにくく、環境水中トリチウム濃度は比較的高い傾向にあります。そのため日本では、アジア大陸から季節風が吹き込む時期には大気中HTO濃度が増加する傾向が認められます。

低線量率 γ 線連続照射マウスに発生した悪性リンパ腫のアレイCGH解析

藤川 勝義、田中 聡、タナカイグナシャⅢブラガ、一戸 一晃、中村 正子、田中 公夫、小木曾 洋一
〔日本分子生物学会年会（2009年12月）で発表*〕

平成7～15年に行った寿命試験では低線量率（21mGy/日） γ 線を長期連続照射した雌マウスに、悪性リンパ腫等による早期腫瘍死とそれによる約120日間の寿命短縮がみられた。非照射マウスも悪性リンパ腫で死亡している率が最も高く、両群のマウスにおける悪性リンパ腫の発生率には差がなかった。一方、中線量率（200mGy/日） γ 線を連続照射した雌マウスでは、悪性リンパ腫で死亡したマウスの平均寿命は非照射群よりも約135日短縮したが、寿命試験での低線量率照射雌マウスの寿命短縮とは有意な差がなかった。また、中線量率照射マウスの悪性リンパ腫の発生率は23.2%と、非照射群（45.0%）よりも有意に低かった。この発生率の低下の原因の一つとして他の腫瘍との競合が考えられるが今後の検証が必要である。異なる線量率の放射線照射マウスにおいて悪性リンパ腫発生メカニズムが異なるのかどうかを調べるため、ゲノム異常を比較した。雌マウスに20mGy/日と200mGy/日の線量率でそれぞれ8000mGyを照射し、悪性リンパ腫試料について全染色体の約24万部位を解析できる高密度アレイCGHを行った。

非照射マウスと比較すると、20mGy/日照射マウスに発生した悪性リンパ腫では2番、12番、14番染色体の一部の増幅、及び2番、X染色体の一部に欠失がみられ、これらは以前に寿命試験（21mGy/日）で得られた悪性リンパ腫の全染色体の667部位をアレイCGH解析した結果とほぼ同様であった（Takabatake, T. *et al. Radiat. Res.* **166**, 61–72, 2006）。その他4番、8番染色体の一部の増幅、7番、15番染色体の一部の欠失が今回新たに観察された。これらの領域にはいくつかのがん関連遺伝子が存在しており、悪性リンパ腫の発生にこれらのがん関連遺伝子の増幅又は欠失が関与しているかもしれない。一方、200mGy/日照射マウスに生じた悪性リンパ腫では4番、8番、17番染色体の一部の増幅と1番、3番、7番、9番染色体の一部の欠失がみられた。中線量率では、これらの領域に存在するがん関連遺伝子の増幅と欠失が悪性リンパ腫の発生に関与しているかもしれない。以上、中線量率照射マウスの悪性リンパ腫で異常が多く見られる領域は、低線量率照射マウスの悪性リンパ腫でみられた領域とはかなり異なる事が分かった。

本研究は、青森県からの受託事業により得られた成果の一部である。

*記載内容は、発表内容にその後の所見を加筆しました。

〔研究者に聞く〕

Q. 一日当たり200mGyという値を設定した根拠は何かあるのですか。

A. 有意な寿命短縮が観察された21mGy/日での悪性リンパ腫のゲノム異常の種類や量が、もっと高い線量率の場合と比べて変化するのかどうかを確認するため、違いがはっきり出るように10倍の線量率にしました。照射した総線量は、寿命試験時と同じ8,000mGyにしました。

Q. 染色体の変異が、以前は確認できていなかった染色体で観察された理由は何ですか。

A. 以前はBACアレイという手法を用いて悪性リ

ンパ腫のゲノム上の667部位が調べられました。その後飛躍的に向上したアレイCGHの技術を用いて、今回ゲノム上の約24万部位を調べた結果、比較的小さなゲノム異常まで検出できたためです。

Q. 低線量率といっても、1日当たり20mGyという値は原子力施設内でも高い値になりますが、もっと小さな値の線量率での実験は行わないのですか。

A. 20mGy/日で特徴的なゲノム異常を検出できましたので、更に低い1mGy/日の場合はどうかを調べる実験も計画しています。

第157回環境研セミナー

講師：独立行政法人 農業環境技術研究所
大気環境研究領域 上席研究員
横 沢 正 幸 氏

開催日：平成21年10月20日

演 題：農耕地における土壤炭素の動態と環境応答のモデリング

陸域生態系における土壤有機物の分解に重点を置いて作成された数理モデルのうち、畑地の土壤有機炭素動態モデルとして代表的な、Rothamsted Carbon (RothC) モデル（イギリスで開発）を日本の農耕地に適用するための改良とその検証に関することなどを紹介されました。

日本に多く分布する黒ボク土の畑地、非黒ボク土の畑地、更に湛水した水田でのデータを使って RothC モデルで検証した結果、設定されている分解率を調整することで黒ボク土、水田への適用が可能となったことを紹介されました。具体的には、黒ボク土に多く含まれる活性アルミニウム量に着目し、この量が増加するに従い腐植画分の分解率を低下させ、また、水田に対しては湛水状態のとき分解率を低下させるという改良をされました。

RothC モデルを広域の動態解析へ適用するため、日本全国の農地（17,846地点）での肥培管理や作付体系の実態、土壤の性質変化を調査されました。モデルによる推定とそれらデータとの比較の結果、土壤タイプによる差異は小さかったが、データ整理や入力データを揃える上での仮定内容などに課題のあることが判明したとのことでした。

このような農耕地における土壤有機炭素の動態を記述するモデルは、大型再処理施設から放出される放射性炭素の農耕地における動態予測にも使用しており、紹介された内容は今後の調査研究にとって参考になりました。

（鈴木 静男）



横 沢 正 幸 氏

説明活動のお知らせ

環境研では、調査研究活動の内容などについて地域の公民館などを使って説明をする「説明活動」を行っています。昨年、青森市、弘前市、野辺地町などで行ってきましたが、八戸市、三沢市及び十和田市においても次の日程で実施します。

時間はいずれも、午後1時30分から3時までです。

2月27日（土） 三 沢 市 三沢公会堂
3月6日（土） 八 戸 市 福祉公民会館
3月13日（土） 十和田市 南公民館

今回の説明内容は、①放射線に関する基礎的な話、②放射線とがんの発生、受けた放射線の量と染色体異常の関係について、③原子力施設から放出される放射性物質の監視及び予測についてです。

編集・発行 財団法人 環境科学技術研究所（広報連絡委員会）

〒039-3212 青森県上北郡六ヶ所村大字尾駮字家ノ前1番7

電話 0175-71-1200(代) ファックス 0175-71-1270 URL : <http://www.ies.or.jp>