# 原発・被曝ホントはどうなの？

## 第５回
## トリチウムは人体にほぼ無害？とんでもない！

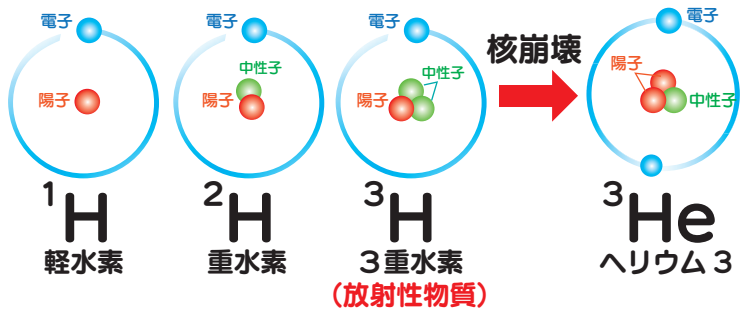
この記事は、イアン・フェアリー（Dr. Ian Fairlie）が、グリーンピースの依頼に応えてカナダ・オンタリオ州のある委員会に提出した報告書「トリチウム・ハザード・レポート」（Tritium Hazard Report: Pollution and Radiation Risk from Canadian Nuclear facilities）の記述を参考にしています。（　）内の頁数は特に断りのない限り、同報告英語原文の頁を示しています。同報告英語原文はインターネット検索で容易に表示されます。

**東京電力福島第一原発にたまり、それを大量に含んだ汚染水（政府・経産省や東京電力の言い方に倣えば処理水）の海洋放出問題で大きな話題になっているトリチウム。トリチウムとはいったい何でしょうか？また日本政府や東京電力の説明の通りこのレベルのトリチウム汚染水（１リットルあたり約１５００ベクレル）は本当にほぼ無害で環境に影響がないのか？このチラシでは政府・経産省や東電のいい分とは裏腹に、トリチウムが危険な放射性物質であることを、みなさんと一緒に見ていきます。**

### トリチウムは水素です

トリチウムは水素です。もう少し正確にいうと水素の同位体です。同位体とは、同じ元素ではあるが、中性子の数の違う原子のことです。原子番号１の水素には３つの同位体があります。陽子１個、電子１個で構成される軽水素（$^{1}$H）、陽子や電子の数は変わらないが、中性子が１個の重水素（$^{2}$H）、さらに中性子が２個の３重水素（$^{3}$H）の３つです。（なおHは水素の元素記号です。）（図１参照のこと。）

図１




この３重水素がトリチウムと呼ばれる水素の同位体です。軽水素や重水素は安定した同位体ですが、３重水素（トリチウム）は不安定な同位体です。いいかえればトリチウムは放射性物質なのです。核崩壊して、原子番号２の安定した同位体ヘリウム３に変わろうとします。この時電離エネルギー（放射能）を放出します。ですから**トリチウムは放射性物質**なのです。

世界で最も根源的な元素であり、ヒトの体を構成する原子の約６０％を占めるのが水素です。この水素の同位体の一つが放射性物質（トリチウム）だというのですから、話はとたんにややこしくなり、また深刻になっていきます。

### トリチウムの基本的性質

トリチウムは水素ですからその物理的性質、化学的性質は水素そのものです。ですからその性質の際立った特徴は「放射性物質」としての特徴ということになります。

放射性物質としてのトリチウムの物理的半減期（もともと持っている電離エネルギーが半減する期間）は約１２．３年です。福島原発事故で大量に放出されたセシウム１３７の物理的半減期約３０年に比較して長いとはいえませんが、やはり大量に放出されたヨウ素１３１の約８日間に比較すると圧倒的に長い、言い換えればその毒性は長期間に及ぶということができます。

核崩壊時にはベータ線を出して電離エネルギーを放出し、そのベータ粒子の放出電離エネルギーは最大でも１８．６ keV（キロ・エレクトロンボルト。エレクトロンボルト＝eV は電離エネルギーの大きさの単位）で、平均では５．７ keV と他の放射性物質、たとえばセシウム１３７と比較すると三桁くらい小さいのです。（この事実から、トリチウムの人体への影響は極めて小さいという説が生まれますが、後ほど見るようにこれは重大な誤りです。）

２ページに続く

私たちの活動はみなさまの御寄付で支えられております。この場をかりて厚く御礼申し上げます

【制作】伊方原発広島裁判事務局
〒731-0232 広島市安佐北区亀山南 2-26-11
E-mail : saiban_office@hiroshima-net.org
URL: https://saiban.hiroshima-net.org
090-7372-4608

《発行：2023 年８月》

振込口座の御案内（ゆうちょ銀行）
口座名：伊方原発広島裁判事務局
口座記号番号：０１３６０−８−１０４４６５
他行からの振込：店名（店番）：一三九（１３９）
預金種目：当座
口座番号：０１０４４６５
（ゆうちょダイレクトのご利用をお奨めします）

## トリチウムの２つの形態

トリチウムは２つの形態で放出されます。一つは元素形態（つまり気体。トリチウムガス。以下「ＨＴ」と表記します）。もう一つは水（トリチウム水。以下ＨＴＯと表記します）の形態です。原発や再処理工場などから通常運転で放出されるトリチウムはほとんどがＨＴＯです。福島第一原発から放出されようとしているのもＨＴＯです。

次にＨＴもＨＴＯも非常に放射性が高い、いいかえれば「比放射能が高い」（比放射能とは単位質量あたりの放射能の強さのこと）のが特徴です。１グラムのＨＴには約３６０兆ベクレル（ベクレルは放射能の濃度の単位）の放射能が含まれ、１グラムのＨＴＯには５５兆ベクレルの放射能が含まれています。（７頁）またＨＴもＨＴＯも元来が水素ガスであり水ですから、非常に浸透性が高いことが特徴です。ＨＴはゴムや鋼などほとんどの材料に容易に浸透していきますし、ＨＴＯは大気圏、水圏、岩石圏、生物圏などあらゆる場所に急速に浸透していきます。つまりトリチウムは環境全体に急速に分布（あるいは蔓延）するのです。

猛毒

## 環境中のＨ原子と容易に交換する性質

これ以外にもトリチウムは多くの珍しい性質を持っていますが、その一つが環境中の水素原子（Ｈ原子。この場合のＨは放射性物質ではないＨ原子）と素早く交換するという性質です。人間の体の中のＨ原子もその例外ではありません。（８頁）人間の体を構成する元素（原子）の約６０％はＨ原子だ、という前出の記述を思い出してください。

もう一つは生物の代謝反応（生物の生存と機能に不可欠な一連の化学反応）や細胞の再生中に炭素と結合して有機結合型トリチウム（Organically Bound Tritium の頭文字をとって OBT と表記します）を形成する性質です。実はヒトの体にとって危険なのはこの OBT だといっても過言ではありません。これは後ほど見ていきます。

## 有機結合型トリチウム＝OBT とは

有機結合型トリチウム＝OBT とは、端的にいって炭素原子（C）と化学的に結合したトリチウムのことです。トリチウムは生物内で、リン、窒素、イオウなどとも結合し、これも厳密に言って OBT なのですが、さまざまな理由によりこれら OBT はこのチラシでは問題としません。本当に危険なのは炭素と結合した OBT です。

ＩＣＲＰ（国際放射線防護委員会）やＩＡＥＡ（国際原子力機関）が提唱する公式モデルでは、ＯＢＴの危険を過小評価しています。たとえばＩＣＲＰの公式モデルを１００％正しいものとして採用している日本の経産省は、

> 「OBT は、トリチウム水よりは体内に長く留まりますが、濃縮されることはなく最終的には体外に排出されます。OBT による放射線の影響は、影響が小さいトリチウム水と比較しても ２～５倍程度にとどまり、他の放射性物質と比べて特別に影響が大きいわけではありません。」（経産省 Web サイト「ALPS 処理水　トリチウムって何？」）

と述べ、OBT が特別に危険ではないという印象を世論に定着させようとしていますが、これは科学的に見て正しくありません。確かにトリチウム水（HTO）は、上記の記述のように「体内に留まる期間」はさほど長くありません。（生物学的半減期は約１０日間）しかし OBT には当てはまりません。

OBT については、さまざま角度から１９７０年代から研究が進んでおり、「体内に留まる期間」についても研究が行われてきました。図２はそれら研究を簡単に一覧表にしたものですが、これで見ると炭素と結合した OBT（図では OBT２）の生物学的半減期（体内に取り込んだ物質が半減する期間）は、平均すると１年から２年であることがわかります。確かにリンやチッソと結合した OBT（図では OBT1）では、経産省のWeb サイトが指摘するように半減期は３０日程度ですが、OBT２はそうではありません。経産省の Web サイトは自身に都合の悪い事実は無視しているのです。

生物学的半減期が１年から２年というのは決して短い時間軸ではありません。というのは OBT はその性質上、

## 図２ HTO（トリチウム水）摂取後、トリチウムは人体にどのくらい長く留まるか

| 参照研究（数字は研究発表年） | 研究対象例数 | 生物学的半減期（単位は日） | | |
|---|---|---|---|---|
| | | HTO | OBT1 | OBT2 |
| Pinson and Langham 1957 | 9 | 11.3 | - | - |
| Butler and Leroy 1965 | 310 | 9.5 | - | - |
| Osborne 1966 | 30 | 10.5 | - | - |
| Snyders et al 1968 | 1 | 8.7 | 34 | - |
| Sanders and Reinig 1968 | 1 | 6.1 | 23 | 344 |
| Minder 1969 | 1 | - | 1-30 | 139-230 |
| Lambert et al 1971 | 1 | 9.1 | 36 | - |
| Moghissi et al 1971 | - | - | 21-26 | 280-550 |
| Moghissi et al 1972 | 1 | 9.0 | 30 | 450 |
| Balonov et al 1974 | - | 12.0 | 39-76 | - |
| Rudran et al 1988 | 8 | 6.0 | 30 | 226 |

【参照資料】「Tritium Hazard Report: Pollution and Radiation Risk from Canadian Nuclear Facilities」52 頁 Table2

注１：OBT１は、硫黄、リン、窒素などと結合した有機結合型トリチウム
注２：OBT2 は、炭素と結合した有機結合型トリチウム
注３：トリチウムの生物学的半減期については、研究の初期、1950 年代から 60 年代まではほぼ HTO のみに着目した研究だったが、70 年代以降有機結合型トリチウムの影響が注目されるにつれ、有機結合型トリチウムの生物学的半減期も研究されるようになった。

図３　細胞核

【画像引用】Wikipedia「ヒストン」より
【資料参照】Wikipedia「細胞小器官」より

細胞の中に取り込まれるだけではなく、細胞の中のDNA やヒストン（長い DNA 分子を折り畳んで核内に収納する役割をもつ）に取り込まれてそれらを構成します。（図３参照のこと）DNA やヒストンが一部放射性物質でできていて、ごく間近（それはミクロンの単位のさらに１０００分の１のナノの単位です）で極めて高線量の放射線に被曝すると考えてみてください。これらが１年から２年ほども細胞内の重要小器官にとどまり、DNA やヒストンに被曝ダメージを与えている、これが「トリチウムの危険」の本質です。

## OBT 摂取と蓄積の過程

さて一体ヒトはいかにして体内に OBT を蓄積していくのでしょうか？

その経路は大きく２つあります。

ひとつはトリチウム水やトリチウム水蒸気（空気中ではトリチウムはトリチウム水蒸気の形で存在します）に汚染された野菜や果物、肉などを摂取する経路です。これら食品は、環境中の HTO を取り込み、代謝の過程で食品内部で OBT 化し、それを私たちが食品として摂取することになります。これが一つのＯＢＴ摂取・蓄積の過程です。

もう一つはヒトが HTO を体の中に取り込む経路です。取り込まれた HTO は、私たちの体内で一部 OBT 化するのですが、もし環境の HTO 濃度が高い場合、体内での OBT 化の速度がその排出の速度を上回り、体内に OBT が蓄積していくのです。

ここから環境のトリチウム濃度をあげてはならないことが容易に読み取れるでしょう。

## 自然のトリチウムと人工のトリチウム

トリチウムは自然界でも生成されます。地球外から降り注ぐ宇宙線によって高層大気圏中でトリチウムが生成されるのです。１９４０年代に入るまで、地球上には、この自然に生成されたトリチウムしか存在しませんでした。その生成量についても試算が行われており、年間７．４京ベクレル（７万４０００兆ベクレル）とされます。（8頁）

それが１９４５年の広島原爆投下を皮切りに世界が核時代に突入すると、地球上で生成されるトリチウムは凄まじい勢いで増えていきます。もちろんこれらは人工トリチウムです。１９８０年代初頭には、民生用発電用原子炉や核の再処理施設から１年間に放出される人工トリチウムは、早くも年間自然トリチウム生成量と同等かあるいはそれを上回る量になっていきます。

これをさらに上回るのが、軍事活動で生成されるトリチウムです。大気圏内核実験は１９４６年から始まり、１９６３年の大気圏内核実験禁止条約（日本では部分的核実験停止条約といういいかたが一般的です）が締結されるまで凄まじい勢いで実施されます。（条約に参加しなかったフランスと中国はその後も大気圏内核実験を行いますが、アメリカと旧ソ連の実験回数に比べれば微々たるものでした）

## 自然トリチウム約２３００年分の人工トリチウム

特に１９５４年から１９６２年の間に大気圏核実験で環境に放出されたトリチウムについては、「原子放射線の影響に関する国連科学委員会」（UNSCEAR=アンスケア）の１９８８年報告がありますが、それによると１億６０００万兆ベクレルです。（8頁）いいかえれば、この時期に放出された人工トリチウムは、約２３００年分の自然トリチウムに相当するということになります。これら核実験によって放出された人工トリチウムはほぼ北半球に存在するとされます。前掲書の中でイアン・フェアリーは、「２００７年までに１６分の１に減衰するだろう。」（8頁）と予測していますが、２０２３年の今日ではさらに大きく減衰していることでしょう。しかしゼロになるわけではありません。今日でもこれら核実験時代の人工トリチウムは、元の量があまりに大きいだけに、確実にトリチウムの環境濃度を底上げしています。

核兵器製造からも大量のトリチウムが放出されています。特に１９７０年代と１９８０年代の米ソ冷戦の最盛期には、核兵器製造過程からのトリチウム放出は年間２８０万兆ベクレルだったとされます。（8頁）これは約３８年間分の自然トリチウムに相当します。これに世界中で運転されている原発や核燃料再処理施設からのトリチウム放出を考えれば、環境にあるトリチウムは大部分が自然由来のものではなく、人工トリチウムだと考えても差し支えありません。よく原発など核施設を擁護・推進する側からは、「トリチウムは自然界に存在するのだから、そこに人工トリチウムが加わったとしても大きな問題とはならない。」という趣旨の発言がありますが、それは１９４５年ならば通用する話で、今日では状況が全く違います。今日では「人工トリチウムに自然のトリチウムがちょっと加わっている」という状況なのですから。

トリチウムがヒトに全く無害ならともかく、重篤な被害が強く疑われる状況である以上、これ以上環境にトリチウムを出すべきではない、と考えるのが健全な思考でしょう。

## ＩＣＲＰのトリチウム線量係数を巡る議論

ほとんどの放射性物質と同様に、トリチウムは発がん物質、細胞変異誘発物質、催奇形物質です。これまで、

多くの科学者がトリチウムの毒性について懸念を表明してきています。これら科学者の中には、生島や小島らなど少なからぬ日本の科学者も含まれています。（１９７０年代から８０年代を通して、日本は国際的に見てトリチウム研究の最先進国の一つでした。ノーベル物理学賞を受けた故小柴昌俊教授は２００３年、「トリチウムは猛毒である」という文言を含んだ嘆願書を当時の首相小泉純一郎氏に提出しますが、この小柴教授の認識もそれまでの日本におけるトリチウム研究の成果を踏まえたものでした。）

ところが、１９８６年のチェルノブイリ原発事故を一つのきっかけとして、国際的に積極的な「トリチウム無害論」が展開されていきます。このキャンペーンは２０１１年の福島原発事故を挟んでさらに激しさを増してきているように見えます。このキャンペーンを推進しているのは、核の軍事利用・産業利用を継続・推進したい勢力ですが、彼らの主張をよく見てみると、

**① トリチウムは安全な放射性物質である、とは一言も言っていない。**
**② 基準から見て、現在のレベルでは人体に影響がないはずだ、という主張。**
**③ 自分たちの主張が唯一「科学的」であって、その他の主張は、「非科学的」、「感情的」、「情緒的」あるいは「政治的」である、とする論点に絞られている。**

という特徴があります。そして、政治家やマスメディア、一部学者や官僚、行政担当者を巻き込んで、「トリチウム無害論」と受け止められるような論調を世間に定着させつつあるかのように見えます。なかには東電福島第一原発から放出されようとしているトリチウム水について「飲料水基準を大幅に下回っているのだから飲んでも大丈夫」などと発言する日本の有力政治家が現れたり、「トリチウムはほぼ無害」と印象付けるようなマスメディアの記事が現れたりしています。ほんの一例ですが、２０２３年8月 11 日付朝日新聞は、福島第一原発から放出されようとしているトリチウム水についての水産庁の対応に触れた記事で「トリチウムは摂取しても体内に蓄積されたり濃縮されたりしないため、日本では食品の基準値がない。」と報道するようにもなっています。

こうした「トリチウム無害論」（実は無害とは一言もいっていないのですが）の「科学的根拠」の元をたどっていくと例外なくＩＣＲＰの「線量係数」にたどり着きます。

## 「線量係数」とはなに？

「線量係数」とはいったいなんでしょうか？ＩＣＲＰ（国際放射線防護委員会）については本事務局の発行したパンフレット「ＩＣＲＰ勧告に支配される日本の放射線被曝対策―人々を危険な被曝被害に導く」でも一部扱っていますが、核の産業利用を放射線防護対策の側面から理論的にサポートする国際的な放射線防護行政家や放射線防護学者の集まりです。

ＩＣＲＰは放射線核種と実効線量（ある放射線からヒトが全身に受ける影響を数値化した概念。単位はＳｖ＝シーベルト。放射線からヒトが受ける影響は個人によって大きな違いがあり、それをヒト一般に普遍化して数値を設定すること自体、決して科学的概念とはいえませんが、その問題には今、目をつむっておきます。）の関係を数値化しています。これを「線量係数」（dose coefficient）といいます。単位はＳｖ／ベクレルです。つまり１ベクレルあたりの実効線量の値で表現します。

ＩＣＲＰがトリチウム水（HTO）に与えた線量係数は「$1.8\times10^{-11}$」、つまり HTO・１ベクレルの実効線量は１０００億分の１．８Ｓｖだとしています。これは例えばセシウム１３７に与えられた線量係数の約７００分の１にしか過ぎません。要は HTO に与えられた線量係数が極端に低いのです。

それでは、ICRP はどんな科学的根拠に基づいて HTO の線量係数を決定したのかという話になります。冒頭に紹介したトリチウムの電離エネルギーの小ささ（最大でも約１８．６ keV）という事実以外に、次のような仮定を設けて HTO の線量係数を決定したのです。（４９頁）

**（1）HTO はヒトの軟組織に均一に分布する。**
（軟組織は骨、爪、毛髪など硬組織以外のヒトの組織）
**（2）軟組織内での１００％の瞬間分布。**
**（3）ヒトの軟組織は６３ｋｇ。**
**（4）生物学的半減期は１０日間という単一指数関数での計算。**
**（5）ＯＢＴ用量は無視。**

結局はＨＴＯに与えられた線量係数の妥当性はこれら仮定が妥当な仮定なのかどうかに依存します。それは詳細な科学的検討の結果を待たないでも、素人目の私たちから見てもおかしな仮定にもとづいています。まず摂取されたＨＴＯが全身に均一に分布するなどいうことはあり得ない話ですし、ＯＢＴの存在を無視してＨＴＯの危険を論じることはできません。

## トリチウムがほぼ無害でなければならない理由

最大の問題は、上記ＩＣＲＰの生態動態モデル（バイオキネティック・モデル）が、トリチウムによる慢性内部被曝要因を無視していることです。このことはトリチウムを２４時間放出している環境の付近や風下に暮らしている住民にとって、決定的に重要なことです。（５０頁）

結論を急ぐようですが、ＩＣＲＰのトリチウムへの線量係数は極端な過小評価によって成立しています。ＩＣＲＰにとってトリチウムは人体に「ほぼ無害」な放射性物質である必要があるのです。それはトリチウムが元素としては水素というもっとも根源的な放射性物質であるがゆえに、原発や核の再処理工場を運営すれば、事故でなくても通常運転で大量に発生・放出せざるをえない放射性物質であり、これが「危険」ということになれば、原子力産業が立ち行かなくなるからにほかなりません。

さて、今回この記事にあたえられた紙幅も尽きました。次回以降、トリチウムのＤＮＡやヒストンへの取り込みメカニズム、世界的なトリチウム被害に関する研究や報告、白血病や「がん」以外に発生するダウン症候群などの健康被害に関する研究や報告を見ていくことにします。

（了）