

トリチウムの危険性

2020.5.3 in 東京

伴英幸

原子力資料情報室

^3H は原発で作られる

- 原子炉内で作られる
 - 回収装置なく、普段は垂れ流し
- 年間のトリチウム水放出量(事故前)、1基あたり
 - PWRは 10^{13} のオーダー
 - BWRは 10^{11} のオーダー
- 日常の垂れ流しも問題だが、
いったん貯蔵したものを流すのはもっと問題
 - 二次処理してもトリチウムは取り除けない
 - これ以外の多くの核種が含まれている
 - 二次処理しても、100%は取り除けない
 - 放出以外の方法(例えば、貯蔵継続・固化処理がある)

全基合計 10^{14} のオーダー

◆ タンク群分析結果

主要7核種

単位：Bq/L

No.	選定タンク	Cs-134	Cs-137	Co-60	Sb-125	Ru-106	Sr-90	I-129	C-14	Tc-99
1	G1S-B7	<0.061	0.19	0.60	0.45	1.2	1.1	3.0	78	3.8
2	H4-D1	<0.071	0.14	0.51	0.32	1.9	0.35	3.4	71	6.5
3	H4-A11	<0.063	0.067	0.95	0.42	<0.46	0.49	7.3	140	<0.70
4	J3-B1	0.16	0.96	0.92	0.75	<0.47	<0.27	9.0	14	<0.70
5	K4-D1	0.16	0.12	0.64	0.17	<0.48	<0.19	3.0	10	<0.70

No.	選定タンク	全ベータ*	残渣量*(mg)	かい離
1	G1S-B7	29	59.62	大
2	H4-D1	27	54.38	
3	H4-A11	32	63.39	
4	J3-B1	12	68.47	小
5	K4-D1	5	42.55	

- かい離の大きいタンクは、C-14が有意に検出された。一方、かい離の小さいタンクのC-14は低濃度であった。
- H4N-A6タンクで有意に検出されたTc-99は、今回の調査では低濃度であった。

*全ベータおよび残渣量は、3回測定の平均値

貯蔵量と放出方針の理屈

- 貯蔵量

- 汚染水として120万トン、860兆ベクレル
 - 東電計画では137万トンまで対応
 - これ以外に炉内に1200兆ベクレル

- 放出の理屈

- いつまでも貯蔵し続けることは出来ない
- 放出しても薄まるから問題ない
- トリチウムは人体への影響が小さい

経産省の言い分(トリチウム)

- 被ばく線量は非常に小さい
- 「生物濃縮することはない」
- DNAの中でトリチウムがヘリウムに変わって損傷しても、「普通は修復される」
- トリチウムが排出されている原子力施設周辺で、トリチウムが原因と考えられる共通の(健康)「影響の例は見つかっていない」

被ばく線量が小さい？

- 陽子1個に中性子2個で構成 (^3H)
- ベータ線しか放出しない = **測定がたいへん**
 - 崩壊⇒陽子2個中性子1個のヘリウム (^3He) になる
- エネルギー—最大値: 18.6keV (平均5.7keV)
 - 局所的な領域に集中的な被ばくを与える
 - 例: セシウム137の最大値は512keV (平均187keV)
- **内部被ばくが問題**
 - 体内での飛距離は平均で0.6 μm 程度
 - 物理的半減期12.3年・生物的半減期7～18日
 - 有機結合体⇒生物的半減期は40～350日 (~500日)
 - 影響が大きい (2～5倍、100倍という評価もある)

生物濃縮が起きない？

- 生体内では ^3H 水だけでなく、有機結合体 ^3H として存在する⇒生物濃縮がこりうる
- 有機結合体 ^3H (OBT)は体内に長く留まる(200日~500日との評価も)
- 遺伝子と結合する⇒壊変⇒がん発症のリスク
 - 放射線を出して遺伝子を傷つける
 - ヘリウムに壊変することで結合を破壊する

武田洋著

「生体内に置けるトリチウムの動態」

生体内でのトリチウム³H は体液あるいは組織水として存在する以外に、その一部が同位体である生体内有機成分中の水素と交換し同化・固定され、有機物として存在することが知られている。したがって、他の生物を糧としていきている動物(人を含む)は、³H 汚染した環境から水の形のみでなく有機物の形で³H を摂取することとなる。

(特別研究「核融合炉開発に伴うトリチウムの生物学的影響に関する調査研究」報告書、放射線医学総合研究所 1987年12月)

生物濃縮しないか？

- いくつかの論文は生物濃縮を指摘している
 - Turner 2009, " Distribution of tritium in estuarine waters: the role of organic matter"
 - 英国政府のRIFEレポート(2002)にも環境中の ^3H 濃度よりも生物の濃度が高い測定結果を示している(ただし、程度は低い)。
<https://www.cefas.co.uk/publications/rife/rife8.pdf>
 - トリチウム水の植物プランクトンやムール貝,イガイへの生物濃縮 "Bioaccumulation of tritiated water in phytoplankton and trophic transfer of organically bound tritium to the blue mussel, *Mytilus edulis*"

DNAは必ず修復されるか？

- DNAに取り込まれたトリチウムは
 - ①崩壊でヘリウムに変化、DNAの部分切断がおきる
 - ②崩壊時に局所的に放出されるエネルギーにより、DNA切断がおきる可能性がある
- 実験研究によれば、1崩壊でDNA2.1カ所を切断
“Molecular dynamics study on DNA damage by tritium disintegration”
(Hiroaki Nakamura et.al 2020, Japanese Journal of Applied Physics)
- 二本鎖切断の可能性もあり、「100%修復される」とはいえない

^3H が共通の影響の例がない？

- 全ての原発で起きていないと影響ありとはいえないのか？
- ドイツ政府の実施したKiKK報告書
 - 原子力施設周辺の子供達の白血病が有意に増加していることを疫学的に示した。その原因は特定されなかったが、Ian Fairlie氏が「仮説」としながら、原因がトリチウム放出にあることを問題提起した。(定期検査で原子炉を開放したときに、スパイク状にトリチウムが放出されることに原因を求めた)
“A hypothesis to explain childhood cancers near nuclear power plants”(Ian Fairlie, Journal of Environmental Radioactivity,2013)
- カナダ型原発では ^3H 放出量が多く、下流域での白血病や小児白血病、ダウン症、新生児死亡などの増加が報告されている
(「福島第一原発のトリチウム汚染水」(岩波「科学」2013年5月号))

海洋放出は安全でない

- 薄まるから安全という考えでは環境を守れない
 - ✓ 放出は30年以上にわたって続く
- 政府評価(極めて低い被ばく線量)の欠点
 - ✓ 均質に薄まるとは限らない
 - ✓ 海で一部が有機トリチウムとなる
 - ⇒ 食物連鎖を通して濃縮される
 - ✓ もしかしたら、タンク内で有機トリチウムに?
 - タンク内には炭素がある、バクテリアもいる