

◎ トリチウムの危険 その1 ◎

◆トリチウム(三重水素)

元素記号は ^3H (H-3)またはT、水素の放射性同位体。

- ・水素 《原子核の中に陽子が一つ、その周りを一つの電子が回る》
- ・重水素 《原子核の中に陽子と中性子が各一つ、その周りを一つの電子が回る》
- ・三重水素 《原子核の中に陽子一つと中性子が2つ、その周りを一つの電子が回る》

水素爆弾の原料の一つであり、ITER(国際熱核融合実験炉)をはじめとする現在日本で研究中の核融合炉の必須燃料。

◆トリチウムの性質

* 水圏(蒸気・降水・地下水・河川水・湖沼水・海水・飲料水・生物中)に広く拡散分布

大気中:水蒸気、水素、シアン等

植物中:組織水、有機物

食品中:水分、有機物

- * ベータ崩壊(壊変) —————→ β 線を出してヘリウム原子(^3He)に変わる
- * 崩壊エネルギー —————→ 最大 **0.0186MeV(18.6Kev)**
- * β 線の飛程 —————→ 空中 **約4mm~5mm**
—————→ 水中 **約0.56 μm ~約6 μm**
—————→ 体内組織 **約0.5 μm ~約10 μm**
- * 物理的半減期 —————→ **12.3年**
- * 生物学的半減期 HTO (トリチウム水) —————→ **6日~12日**
- * 生物学的半減期 OBT1 (有機結合型トリチウム) —————→ **21日~76日**
- * 生物学的半減期 OBT2 (有機結合型トリチウム 非交換型) —————→ **139日~550日**
- * 有機結合型トリチウムの種別・特質 —————→ **交換可能 OBT1**
(交換反応において、トリチウムは水酸化物、チオール、リン化物、そしてアミンの中で、それぞれ順に酸素、硫黄、リン、窒素原子と結合した水素原子と交換する)
—————→ **非交換型 OBT2**
(酸素触媒反応において、トリチウムは有機分子の中の**炭素原子と交換**する。
交換可能トリチウムより強力に結合し、**滞留期間は長い**)
- * Bq/g(トリチウムガス・HT) —————→ 3.59×10^{14} (1グラムあたり**359兆**ベクレル)
- * Bq/g(トリチウム水・HTO) —————→ 5.5×10^{13} (1グラムあたり**55兆**ベクレル)
- * 1グラムあたりの原子数・HT —————→ 2.00×10^{23} (**1兆×2000億**個)
- * 1ベクレルあたりの原子数・HT —————→ 5.57×10^8 (**5億5700万**個)

※同位体:アイソトープ(原子核の陽子数が同じ中性子数が異なる原子)

※MeV:百万電子(エレクtron)ボルトKeV:1千電子ボルト

※ μm : マイクロメートル又はミクロン(旧) $1\mu\text{m}=0.001\text{mm}$

※ 10^{23} : 2千核(2千ガイ) = 200Z(200)ゼタ

※ Bq: ベクレルとは、放射性物質が1秒間に崩壊する原子の個数(放射能の量)

例 8秒間で380個の原子が崩壊すると47.5Bq

◆ ^3H トリチウムに関する法令上の限度(実用炉規制に基づく濃度限度・Bq/cm³)

	メタン	水	有機物	他の化合物
空气中	100	0.8	0.5	0.7
排気中又は空气中	0.7	0.005	0.003	0.003
排液中又は排水中		60	20	40

・液体廃棄物中の放出管理目標値 BWR 3.7×10^{12} Bq/年(3.7兆ベクレル/年)

PWR 7.4×10^{13} Bq/年(74兆ベクレル/年)

・原子力施設からの放出基準値 $60\text{Bq/cm}^3 = 60.000\text{Bq/L}$ (告示濃度限界)

(飲料水基準値)

	WHO	カナダ	USA	EU	日本
Bq / L	10	700	740	100	なし

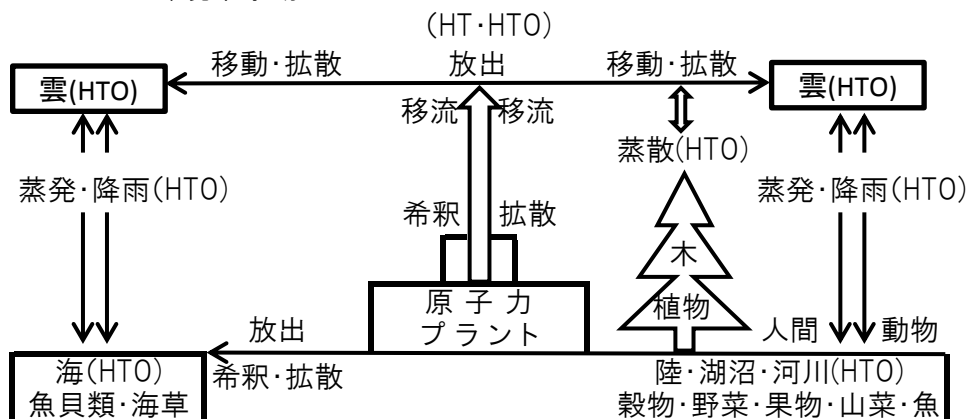
◆トリチウムの主な発生源

- ・天然の核反応(宇宙線と大気の相互作用)
- ・原子力プラント(原子炉)
- ・原水爆実験
- ・商業用生産

◆トリチウムの生成(原子炉)

- ・ウランやプルトニウムの三体核分裂
- ・BWR原子炉の制御棒として1次冷却水中に添加するホウ素の約19%を占めるボロン(B)と中性子との反応
- ・PH調節剤として用いられる水酸化ナトリウムと中性子との反応
- ・重水素の熱中性子捕獲反応
- ・高温ガス炉におけるヘリウムガス中の ^3H と中性子との反応

◆トリチウムの環境中挙動



◆軽水型発電炉の燃料中に生成するトリチウム量(Mwe 1000)他

Thermal power	熱出力(MWt)	3000 MW
Fissions/y	分裂/年	2.8×10^{27} 100万兆の28兆倍
Tritium/y	トリチウム/年	15 kci(1.5g) 555兆Bq
plutoniumの核分裂寄与	23 kci($^{235}\text{U} + ^{239}\text{Pu}$)	Over 851兆Bq

◆重水炉(含CANDU炉)中のトリチウム生成量(1000MWe)

・燃料中	15 kci	555兆Bq/y
・重水中(第一次冷却系)	600 kc	2.2京=22200兆Bq/y

◆約40000 MWd/トン照射後の商用PWRのトリチウム生成比

・ジルカロイ被覆中	約13%
・ペレット中	約83%
・ジルカロイの被覆を欠点とした推定漏出量	約0.1~1%

◆トリチウムの燃料からの漏出量と放出量(per IGWe/y・1972~1974年の米国のデータ)

・漏出量BWRとPWR	同程度
・放出量PWR(一次冷却水中でのホウ酸と中性子の反応が寄与)はBWRの約22倍	

※kci:1000キュリー=37兆Bq. 1000 mwe:電気出力100万KW, IGWe/y:年10億W=年100万KW

国内外の原子力プラントのトリチウム放出量比較

炉型		発電施設名 (基数)	電気出力	放出量実績(10^{12}Bq/y)	
			(Mwe)	液体 ^3H	気体 ^3H
加圧重水炉 (CANDU炉)	カナダ	ブルース(8)	6700	603~2280	230~1650
	"	ピッカリング(8)	4328	400~3978	170~635
	韓国	ウオルソン(2)	1379	42~120	231~625
重水炉ATR		ふげん(1)	165	23.1(4.62)	6.9(1.38)
加圧水型炉 (PWR)	日本	泊(2)	1158	125(25)	
		高浜(4)	3392	291(約58.2)	37.5(7.5)
		大飯(4)	4710	292(約58.2)	46.1(9.22)
		川内(2)	1780	196(約39.2)	
沸騰水型炉 (BWR)	日本	女川(2)	1349	0.16(約0.03)	
		福島第二(4)	4400	3.57(約0.71)	
		浜岡(4)	3617	4.26(約0.85)	3.98(約0.79)
		島根(2)	1280	3.33(約0.66)	

※PWR(12)・BWR(12)・ATR(1)は5年間(1995~1999)の合計放出量 放出量実績の()は年平均値

※ウオルソン:金城

※ 10^{12} :兆=テラ(T)

原発・原子炉別の液体³H放出量の対比(仮定・同一条件)

A \ B	PWR(4)	PWR(2) 泊	PWR(4) 高浜	PWR(4) 大飯	PWR(2) 川内	ATR ふげん	CANDU(2) ウオルソン	CANDU(8) ピッカリング
PWR(12)	—	約1.3倍	約1.05倍	約0.76倍	約1.35倍	約1.71倍	約1.86～ 約5.3倍	約5.6～ 約56倍
PWR(2) (泊)	約0.76倍	—	約0.8倍	約0.57倍	約1.02倍	約1.3倍	約1.4～ 約4.03倍	約21.4～ 約213倍
BWR(12)	約77倍	約102倍	約87倍	約58倍	約104倍	約132倍	約143～ 約409倍	約435～ 約4322倍
BWR(2) (女川)	約690倍	約910倍	約723倍	約523倍	約924倍	約1180倍	約1284～ 約3668倍	約3896～ 約38747倍
BWR(4) (福島第二)	約101倍	約133倍	約106倍	約76倍	約136倍	約170倍	約188～ 約536倍	約570～ 約5664倍
BWR(4) (浜岡)	約69倍	約92倍	約73倍	約53倍	約94倍	約119倍	約129～ 約369倍	約392～ 約3902倍
BWR(2) (島根)	約32倍	約42倍	約33倍	約24倍	約42倍	約54倍	約59～ 約167倍	約178～ 約1766倍

※同一条件(MWe・稼働期間1年)に調整し算出 ※Aに対するBの放出量比

◆トリチウム放出量の主な相違要因

- 炉型(BWR.PWR.ATR.CANDU等) & 原子炉容積
- 熱出力(MWt)or電気出力(MWe)
- 燃料(天然ウラン.二酸化ウラン.MOX等)
- 総稼働時間 & 設備利用率

◆日本のBWR12基(女川・福島第二・浜岡・島根. MWe 11040)との同一条件下での対比

- PWR12基(泊・高浜・大飯・川内. MWe 10646) 約**77倍**
- ATR(ふげん. 2003年運転終了) 約**132倍**
- CANDU(ウオルソン) 約**143～409倍**
- CANDU(ピッカリング) 約**435～4322倍**

◆日本の実用発電用原子炉別(BWR・PWR)にみた電気出力

BWR	30基	MWe 28.682(2868.2万KW)	2011年現在
BWR	24基	MWe 20.278(2698.6万KW)	2014年現在
PWR	24基	MWe20.278(2027.8万KW)	

※2015年3月・BWR 2基(81.7万KW PWR 3基(139.9万kw)廃炉決定

◆韓国・台湾・中国の原子力発電開発の実状

- 韓国 運転中 PWR 19基 MWe 17.937(1793.7万KW)2014年1月現在
- PHWR(CANDU系) 4基 MWe 2.779(277.9万KW)
- 建設中 PWR 5基 MWe 5.600(560.0万)

※PWR 含む2基(126.6万KW)2008年・2013年運転終了

- 台湾 運転中 BWR 4基 MWe3.322(332.2万KW)2014年1月現在

	PWR	2基	MWe1.926(192.6万KW)2014年1月現在
運転中	ABWR	3基	MWe2.700(270.0万KW)
・中国	運転中	PWR	17基 MWe14.871(1487.1万KW)2014年10月現在
		PWR系(CANDU)	2基 MWe1.456(145.6万KW)
		PWR系(VVER)	2基 MWe2.000(200.0万KW)
建設中	PWR	28基	MWe30.505(3050.5万KW)

◆韓国・台湾・中国の原発からの放射性廃棄物が日本に影響を及ぼすと考えられる要因

- ・韓国 海流(海への放出物HTOは黒潮の枝分かれである対馬海流に合流し日本海沿岸を北上)季節風(大気中に放出されたHT・HTO及び海水の蒸発物HTOは冬季間の北西の風で日本に運ばれる)
- ・台湾 海流(海への放出物HTOは台湾の東沿岸を北上する黒潮で南西諸島東西の沿岸部に運ばれる)季節風(大気中に放出されたHT・HTO及び海水の蒸発物HTOは夏季の南西の風で南西諸島に運ばれる)
- ・中国 海流(海への放出物HTOは中国の東沿岸を流れる海流【一部親潮と合流】で南西諸島に運ばれる)季節風(大気中に放出されたHT・HTO及び海水の蒸発物HTOは、夏季の南西の風、冬季の西又は北西の風で、南西諸島・九州に運ばれる)

水蒸気雲(プルーム)として季節風で運ばれ雨として日本に降り注いだであろう韓国・台湾・中国の放射性廃棄物としてのHTOは、日本に十分に影響を与えてきたであろうし、今後も影響を与えるであろうと推測され、日本の原発共々早急な廃炉が強く求められる。

出典:【トリチウム安全神話】三重水素の本当の正体とは? 琉球大学名誉教授 矢ヶ崎克馬

:トリチウム 環境百科事典

:トリチウム研究会 ～トリチウムとその取り扱いを知るために～

:Tritium Hazard Report:Pollution and Radiation Risk from Canadian

:Nuclear Facilities By Dr. Ian Fairlie (訳 吉田恵美)

:Wikipedia 半減期 Wikipedia 比放射能

:WIKIPEDIA ENGLISH Tritium (Regulatory limits)

:環境と人体におけるトリチウム研究の諸問題(第9回放医研環境セミナー)

科学技術庁

:韓国・台湾・中国の原子力発電開発

日本原子力産業協会

:世界の原子力発電開発の動向

日本原子力産業協会

:原子力施設運転管理年報

原子力安全基盤機構

:原子力安全研究協会

原子力安全基盤機構

:福井県HP <http://www.atom.pref.jp/data/h25/no4.pdf>