

第61回日本社会医学会総会(大阪)

2021年3月24日(水)～3月31日(水)

福島原発処理汚染水 海洋放出の危険性

森永 徹

(元・純真短期大学〔健康科学〕)

目的

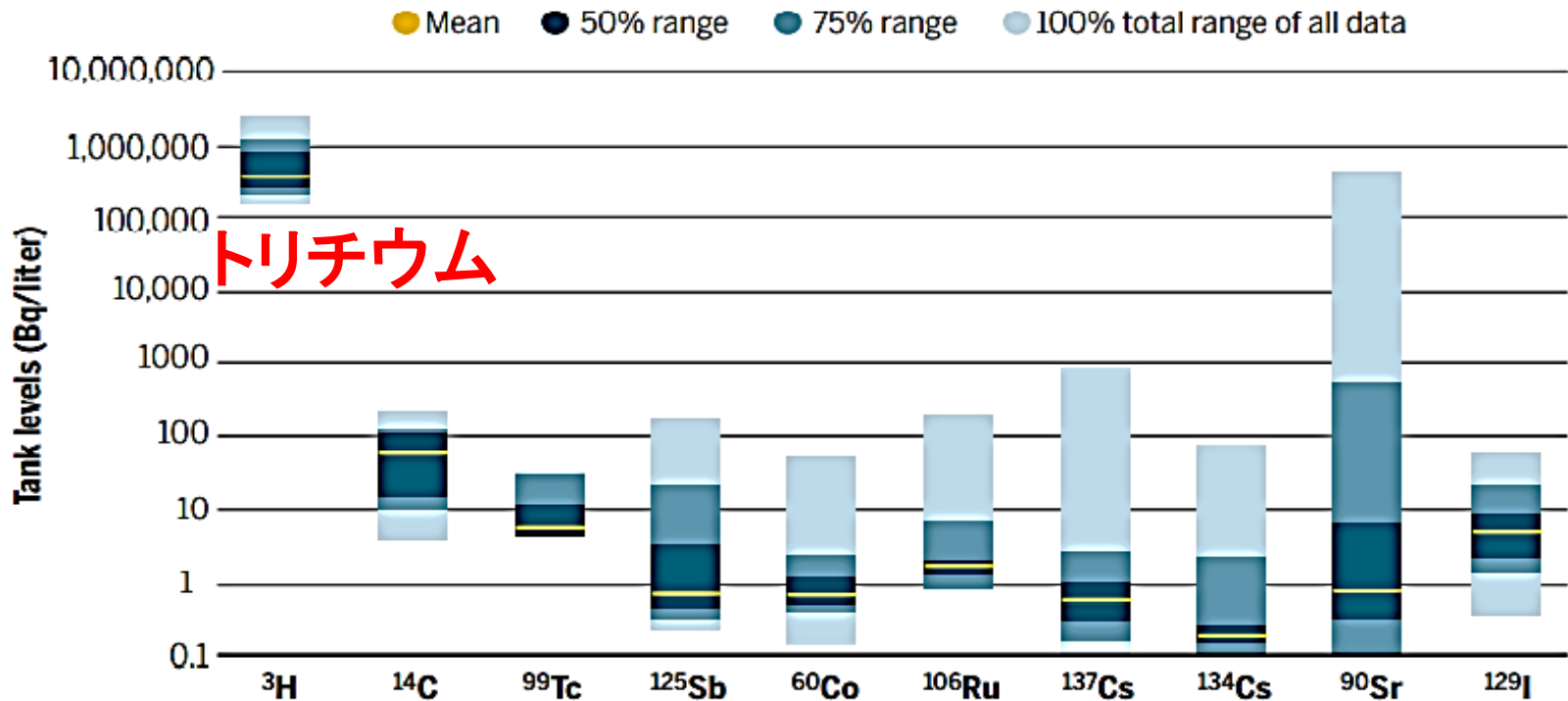
東京電力福島原発の処理汚染水の貯蔵量が増加しており、その「処分方法について、政府が海に放出する方向で最終調整していることがわかった」([朝日新聞デジタル、2020年10月16日](#))と報道されている。

また、加藤勝信官房長官は2020年12月19日に福島県で、「いつまでも方針を決めず、先送りすることはできない」([日本経済新聞電子版、2020年12月20日](#))と述べている。

福島原発処理水には大量のトリチウムが含まれる

東京電力が2019年12月31日に報告した200以上の
タンクの放射性同位元素の濃度範囲。

Radioisotope concentration ranges for more than 200 tanks reported on 31 Dec 2019 by TEPCO (9)
organized by their effective dose (dose coefficient).



出典: Buesseler, Ken O. (米国・ウッズホール海洋研究所) “Opening the floodgates at Fukushima.” *Science*. 2020. .

トリチウムに関して、厚生労働省は「海水中に水として存在することから、人体や魚介類等の生物に摂取されても速やかに排出され、蓄積しないとされています」(厚生労働省. 食品中の放射性物質への対応 > よくある質問)、経済産業省・資源エネルギー庁も「トリチウム水を飲み込んでしまった場合でも、通常の水と同じように外へ排出され、特定の臓器などの体内に蓄積されていくことはないと見られています」(経済産業省・資源エネルギー庁. 「安全・安心を第一に取り組む、福島“汚染水”対策③トリチウムと「被ばく」を考える.2018)としている。

東京電力も「トリチウムは〈中略〉自然界や水道水のほか、私たちの体内にも存在します。ベータ線という弱い放射線を出しますが、そのエネルギーは小さいため、紙1枚で遮ることができます。日常生活でも飲水等を通じて体内に入りますが、新陳代謝などにより、蓄積・濃縮されることなく体外に出ていきます」(東京電力ホールディングス株式会社「汚染水の浄化処理」)

しかし、トリチウムの健康影響や生物濃縮を指摘する研究もあり、文献検索によりトリチウムの健康影響を明らかにし、福島原発処理汚染水の海洋放出の問題点を明らかにすることを本発表の目的とした。

方法

トリチウムの健康影響であるが、トリチウムはマウスの白血病を誘発する傾向があるという研究([Daher A, et al. Carcinogenesis. 1998](#))があり、また、米国サウス・カロライナ州の原子力関連施設の集積地区であるサバナ川流域労働者の白血病死亡率の研究では「電離放射線の放射線量は、外部被曝とトリチウム摂取による内部被曝に着目した」([Richardson DB, Wing S. Am J Epidemiol. 2007](#))とあることから、tritium(トリチウム)、leukemia(白血病)、biological concentration(生物濃縮)、nuclear power plant(原子力発電所)などをキーワードに、PubMed、Google scholarのデータベースと文献検索エンジンで、英語あるいは日本語で文献検索をした。

結果と考察

トリチウムはユスリカ幼生・魚類の染色体異常、マウスの白血病を誘発する

トリチウムの健康被害としては、すでに1960年代のスイスの夜光塗料を使用しているダイアルペインター2名の死亡例が報告されている([Seelentag, W. “Two cases of tritium fatality.” *Tritium*. 1973](#))。

また、動物実験では、トリチウムは濃度依存的にユスリカ幼生の染色体異常を誘発する([Blaylock, B.G. *Proc. Third Nat.Symp.Radioecol.*1971](#))、魚類ではトリチウムの濃度依存的に染色体の異常である「染色体橋」の頻度が増加する([須山一兵, 江藤久美. *日本原子力学会誌*, 1981](#))ことが報告されている。前述したが、トリチウムはマウスの白血病を誘発する傾向があるという研究([Daher A, et al. *Carcinogenesis*. 1998](#))もある。

トリチウムは濃度依存的にユスリカ幼生の 染色体異常を誘発する

第3表 ユスリカ幼生中に誘起された
染色体異常の頻度⁽³⁰⁾

トリチウム濃度 ($\mu\text{Ci/ml}$)	推定線量 (rad)	次世代幼 生の数	染色体異 常の数	頻 度 (%)
500	3,050	42	5	11.90
250	1,530	122	5	4.09
125	760	198	3	1.51
0.1	0.60	54	0	0
0.01	0.06	455	0	0
0.0	0.00	123	0	0

出典: 須山一兵, 江藤久美. 「水生生物に対するトリチウム水の影響」. 原子力学会誌. 1981. (原典: Blaylock, B.G.: Proc. Third Nat. Symp. Radioecol., 1971)

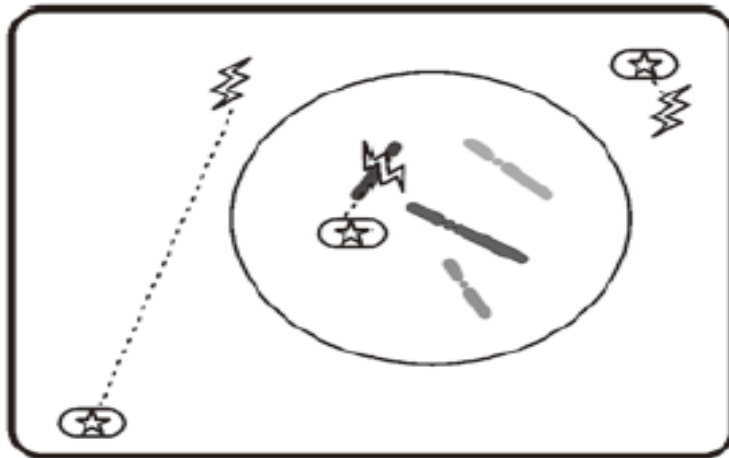
魚類ではトリチウムの濃度依存的に 染色体の異常、「染色体橋」頻度が増加する

第2表 トリチウム水中で誘起された
染色体橋の頻度^{(25) (26)}

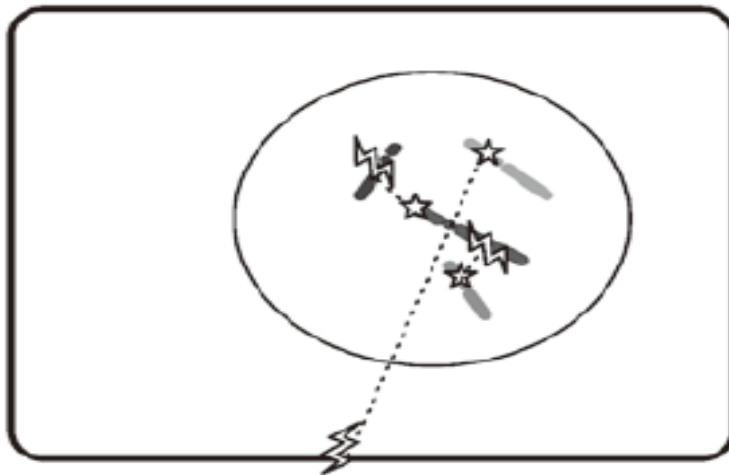
生物種	濃度 (Ci/l)	全細胞数	染色体橋 の数	頻度 (%)
マコガレイ	0	1,068	4	0.38
	0.1	1,028	6	0.58
	1	864	11	1.27
	10	940	52	5.53
メダカ	0	6,078	34	0.56
	0.1	2,214	20	0.90
	0.5	1,309	16	1.22
	1	2,115	22	1.04
	5	1,660	43	2.59
	10	1,565	43	2.75

出典：須山一兵，江藤久美．「水生生物に対するトリチウム水の影響」．日本原子力学会誌，1981．（原典：Suyama, I, *et al.* 1980. および *idem.* 1981）

DNAに取り込まれた**トリチウム**はDNAを損傷する



トリチウムがHTO(自由水)の形であるときには細胞核内に β 線が届く場合が少なく、DNAが損傷を受ける確率も低くなる。



トリチウムがOBT(有機物結合トリチウム)となり、DNAに取り込まれた場合には β 線の届く範囲は細胞核内にほぼ限られるため、DNAが損傷を受ける確率が高くなる。

☆:HTO, ☆:トリチウム,:トリチウム β 線の飛程, ⚡:損傷

トリチウムは生物濃縮されないと唱える研究者もいる 「トリチウムは10日ごとに半減する」

「小委（注・経済産業省の汚染水対策の小委員会）の委員でトリチウムの影響に詳しい茨城大の田内宏教授によると、トリチウムによって皮膚から外部被ばくすることはほとんどなく、飲んで体内に入っても10日ごとに半減するという」

しかし、これは自由水トリチウムに関して述べているに過ぎない。

出典：朝日新聞。「福島第一汚染水処分最善策は」。2019年12月5日。

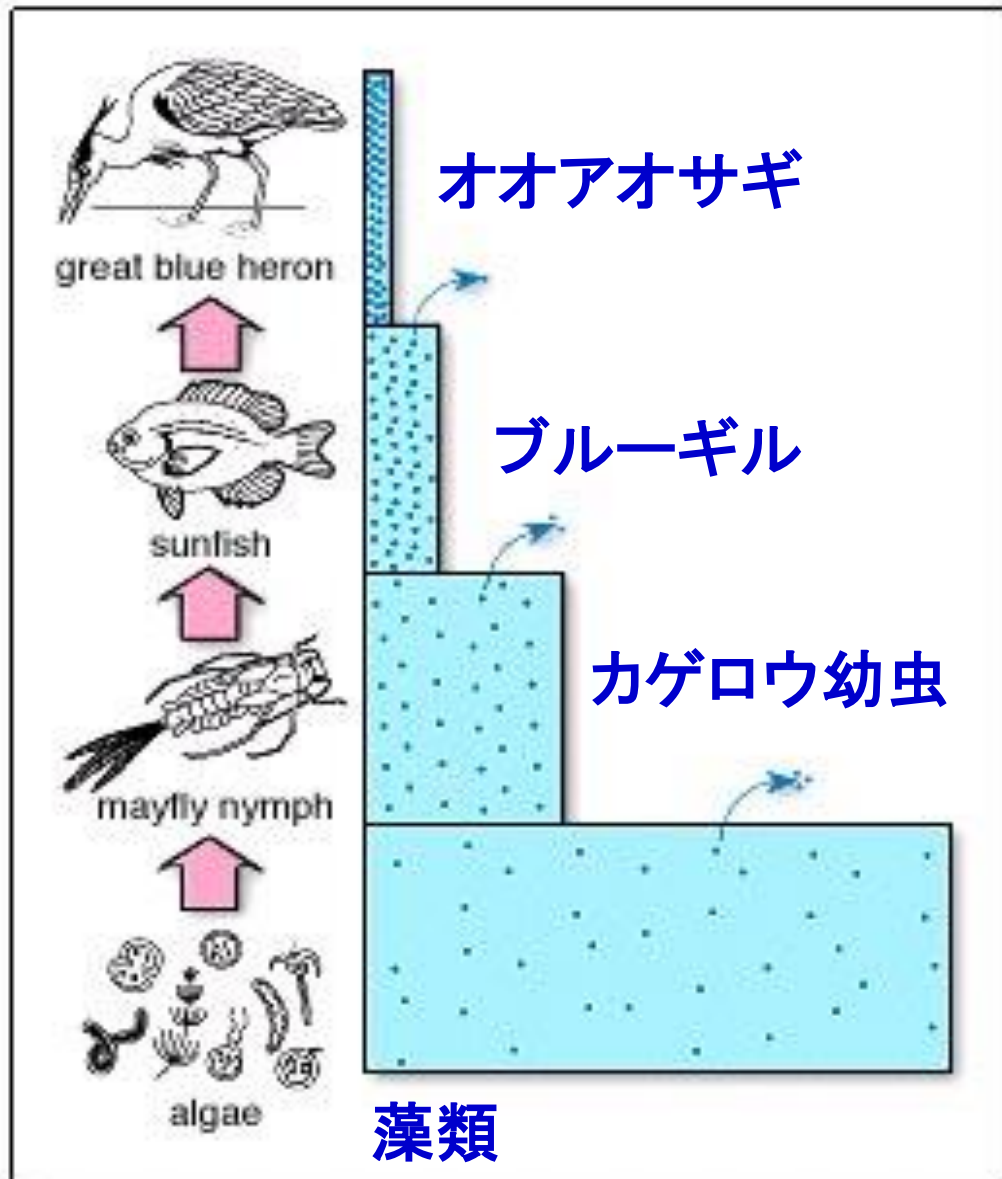
「拡散し、魚介類に濃縮されることもない」

広島大学の保田浩志教授、「海洋放出した場合は速やかに拡散し、魚介類に濃縮されることもない」

これも、自由水トリチウムに関して述べているに過ぎない。

出典：貝田尚重. 「「私たち」の問題として処理水の海洋放出を考える：福島第1原発事故から9年半、やまない風評」. 公益財団法人ニッポンドットコム. 2020.

トリチウムは“生物濃縮”される



トリチウムの半減期は 12.3年と長く、タンパク質、脂肪などの有機物と結合したトリチウムの排出は遅いために、**食物連鎖**により、次第に大型の生物に濃縮される。

画像出典: Hixson,LW
“Bioaccumulation: Why Fukushima Matters”. Nuclear Free Planet. 2011 (一部改変)

有機物結合トリチウムの主要な生成過程は 光合成であり、自然界では均衡状態にはならない

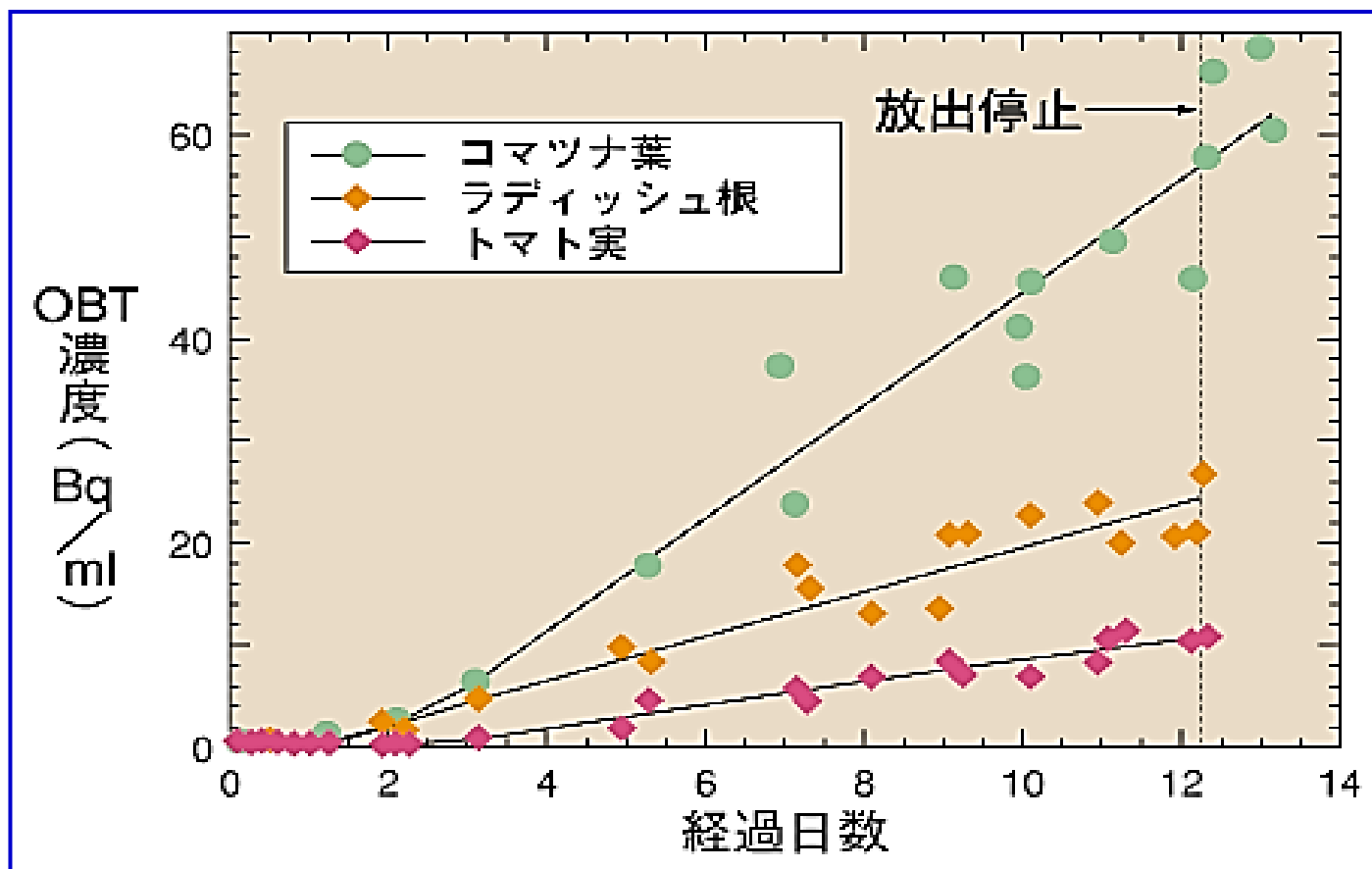
「環境へ放出されたトリチウムは、有機物に取り込まれる可能性がある。その場合の有機物結合トリチウムは、トリチウム水より、かなり長い生体での残留時間を示す。

（有機物結合トリチウムの）最も重要な生成工程は、量的な点では緑色植物の光合成である。有機物結合トリチウムはいくつかの経路、一次生産者（植物性食品）または高栄養段階（動物性食品）で人体に入る。

〈中略〉環境において、植物と動物の有機物結合トリチウムは、組織水より高いトリチウム濃度がしばしば見られる。自然状態ではいかなる均衡状態にも達しない」

植物中の有機結合型トリチウム濃度は増加し続ける

トリチウムガスを12日間放出し、植物中の有機物結合型トリチウム(OBT)を測定した。いずれの野菜も、OBT濃度が上昇した。



画像出典: 日本原子力研究所. 「トリチウムの環境中挙動を解明する」. (原研の研究活動と成果 1996).

原典: Amano, H., et al. "Formation of organically bound tritium in plants during the 1994 chronic HT release experiment at Chalk River." *Fusion technology*. 1995.

トリチウムはDNAに取り込まれ、その排出は極めて緩慢である—メダカでの研究

“The radioactivity of tritium in nucleic acids (DNA plus RNA)...was closely proportional to HTO concentrations.”

「核酸内（DNAおよびRNA）の放射性トリチウムは...トリチウム濃度と密接に比例する」

“the loss of tritium from the DNA of the eggs was very slow.”

「（DNAに取り込まれたトリチウムは徐々に減少するが、メダカの）卵のDNAからのトリチウムの消失速度は極めて緩慢である」

出典: Ueno, AM. “Incorporation of Tritium from Tritiated Water into Nucleic Acids of *Oryzias latipes* Eggs.” *Radiation Research*. 1974

カナダ、チョークリバー研究所原子炉排水が流出したPerch湖ではカラス貝の組織自由水のトリチウム濃度の変化はなかったが、有機物結合トリチウムは増加した

出典：宮本霧子（海洋生物研究所）「環境トリチウム—観測データと移行モデル—」環境管理、1998（一部改変）

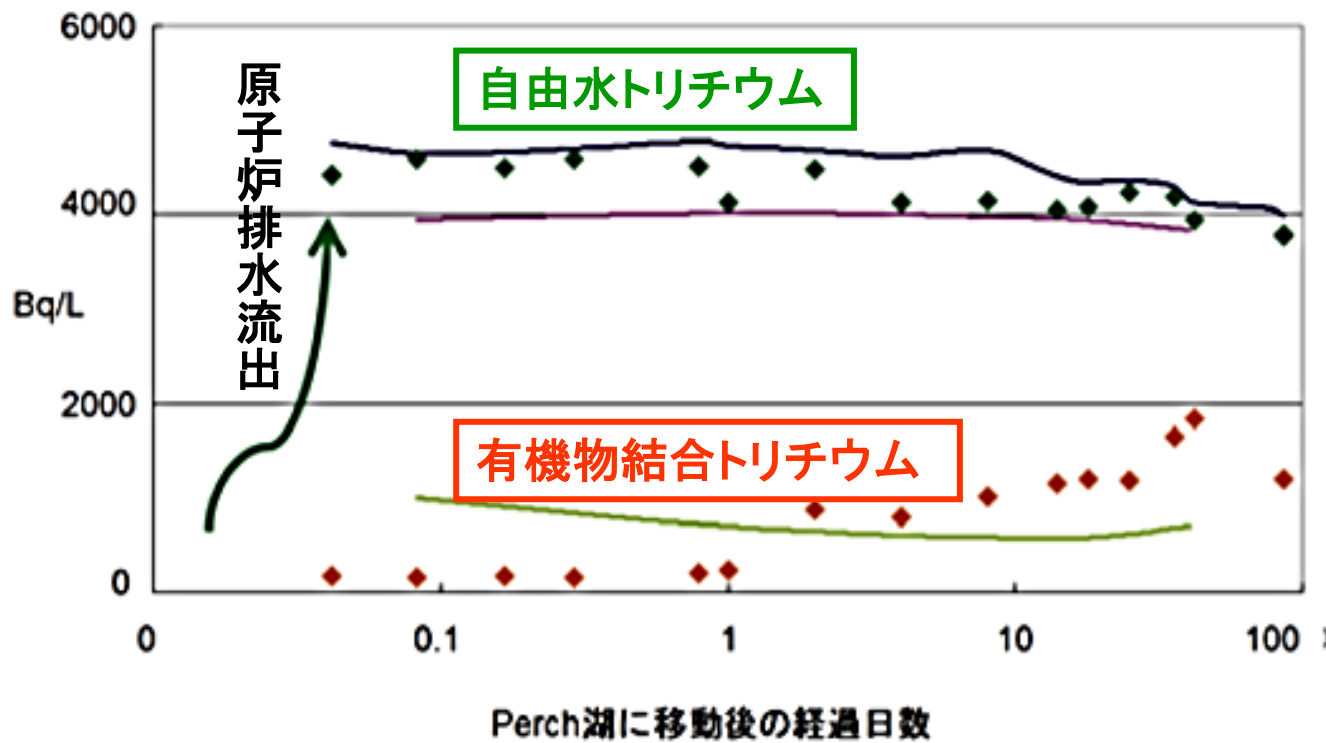
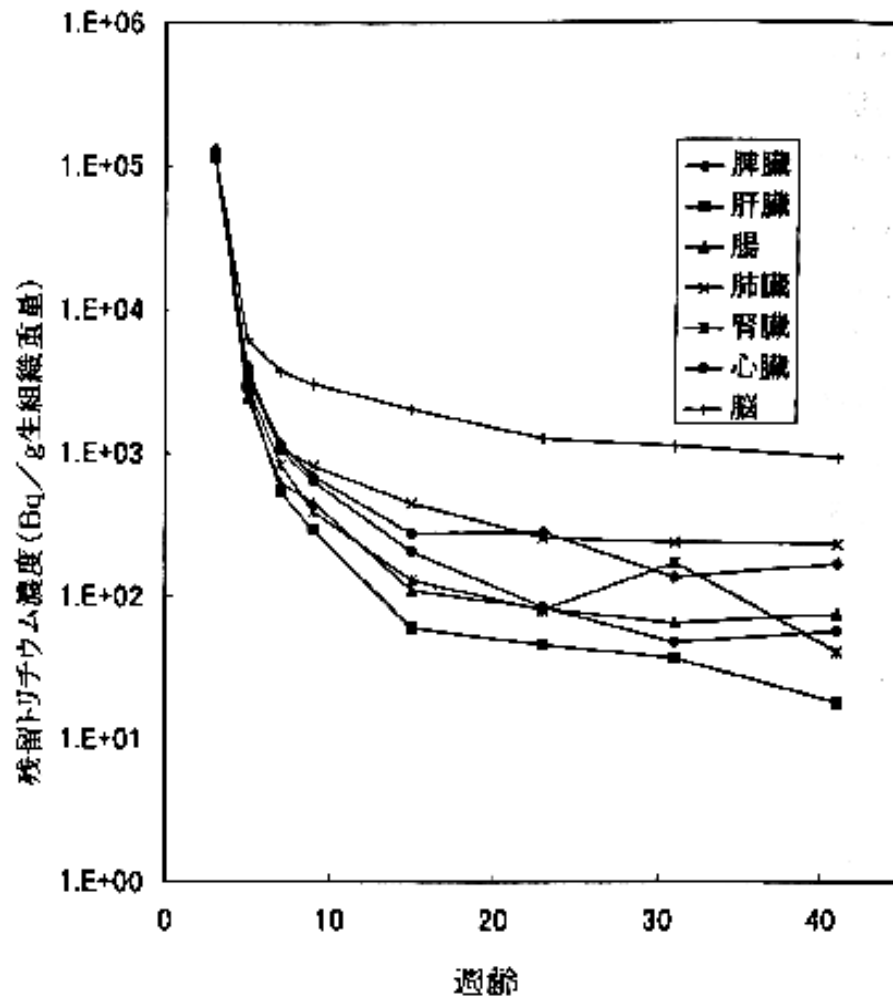


図 12 川から Perch 湖に移動して育成したカラスガイのTFWT と OBT 濃度の観測データ。青線：湖水のHTO 濃度、紅線：堆積物のTFWT 濃度、黄緑線：堆積物の OBT 濃度、緑プロット：カラスガイのTFWT 濃度、オレンジプロット：カラスガイの OBT 濃度。矢印はTFWT 濃度の上昇を示す。

有機物結合トリチウムは生体に残留する



第Ⅲ-3図 飲料水としてHTOを与えられた母マウスにより
離乳まで育てられた仔マウス体内の残留トリチ
ウム濃度⁽⁹⁾

トリチウム水を投与された母マウスが授乳した仔マウスの体内のトリチウムは長期間、残留する。

したがって、持続的にトリチウムに曝露されれば生体内に溜まり続ける。つまり、**生物濃縮**される。

(注・マウスの寿命は約2年で、マウスの1年はヒトの30年に相当するとされる)

画像出典：斎藤眞弘．「トリチウムの影響と安全管理・生体内挙動モデル」．[原子力学会誌.1997](#)．

原典：Saito,M. et al. :[Radiat. Prot. dosim.1986](#)．

トリチウム水またはトリチウム化粉乳の4週間摂取後の子牛・豚の各組織の線量率に対する有機物結合トリチウムの影響

組織		有機物結合トリチウムによる線量率の増加	
		トリチウム水	トリチウム化粉乳
肝臓	子牛	5	120
	豚	4	110
腎臓	子牛	5	90
	豚	4	50
腸	子牛	5	80
	豚	・	50
筋肉	子牛	7	40
	豚	・	20

出典: Myers,D.K., Johnson,J.R. “Toxicity and Dosimetry of Tritium: A Review.” . [AECB](#). 1991.
 原典: Kirchmann,R, et al. [Curr. Topics Radiat. Res. Quart.](#) 1977.

トリチウム水または乾燥トリチウム化アルファルファの 30日間摂取後のウサギの各組織の線量率に対する 有機物結合トリチウム(OBT)の影響

組織	トリチウム水			トリチウム化アルファルファ	
	組織水線量率	OBTによる増加		組織水線量率	OBTによる増加
	($\mu\text{Gy/day}$)	(%)		($\mu\text{Gy/day}$)	(%)
肝臓	83	8		43	96
腎臓	92	5		48	67
卵巣	87	6		46	53
脾臓	90	4		47	49
肺	96	3		50	38
心臓	90	4		47	49
小腸	91	5		48	56
筋肉	90	3		47	28
脳	94	7		49	22

出典: Myers, D.K., Johnson, J.R. "Toxicity and Dosimetry of Tritium : A Review..". [AECB](#). 1991.
 原典: Pietrzak-Flis, Z, et al. [Radiat. Res.](#) 1978.

原発周辺水域の魚介類からは **トリチウム**が検出される — ハンガリー、Paks原発 —



画像出典：Robinson T. “Fukushima anniversary marked in Hungary” Pressenza.

ハンガリー、Paks原発のドナウ川への温水排水口の上流と下流で巻貝、ドブ貝、肉食・雑食魚類の自由水トリチウムと有機物結合トリチウムを測定した。下流の方は自由水ではわずかな上昇だったが、**有機物結合トリチウムは有意な上昇**を示した。

出典：Janovics R, et al. “Monitoring of tritium, ^{60}Co and ^{137}Cs in the vicinity of the warm water outlet of the Paks Nuclear Power Plant, Hungary” *J Environ Radioact.* 2014.

原発周辺水域の魚介類からは**トリチウム**が検出される — 英国、原発が集積するセバーン川河口・ブリストル海峡 —



画像出典：STOP HINKLEY (一部改変)

複数の原発の排水が流入する英国南部、セバーン川河口とブリストル海峡(湾)で、ヒバマタ属海藻、ムール貝、カレイのトリチウム濃度を測定した。それぞれ600、2,000、100,000 Bq/ kg (乾燥重量)であった。海水のトリチウム濃度は約10Bq/kgであり、これらは**生物濃縮**の結果である。

出典：McCubbin D, et al. "Incorporation of organic tritium (^3H) by marine organisms and sediment in the severn estuary/Bristol channel (UK)." *Mar Pollut Bull.* 2001.

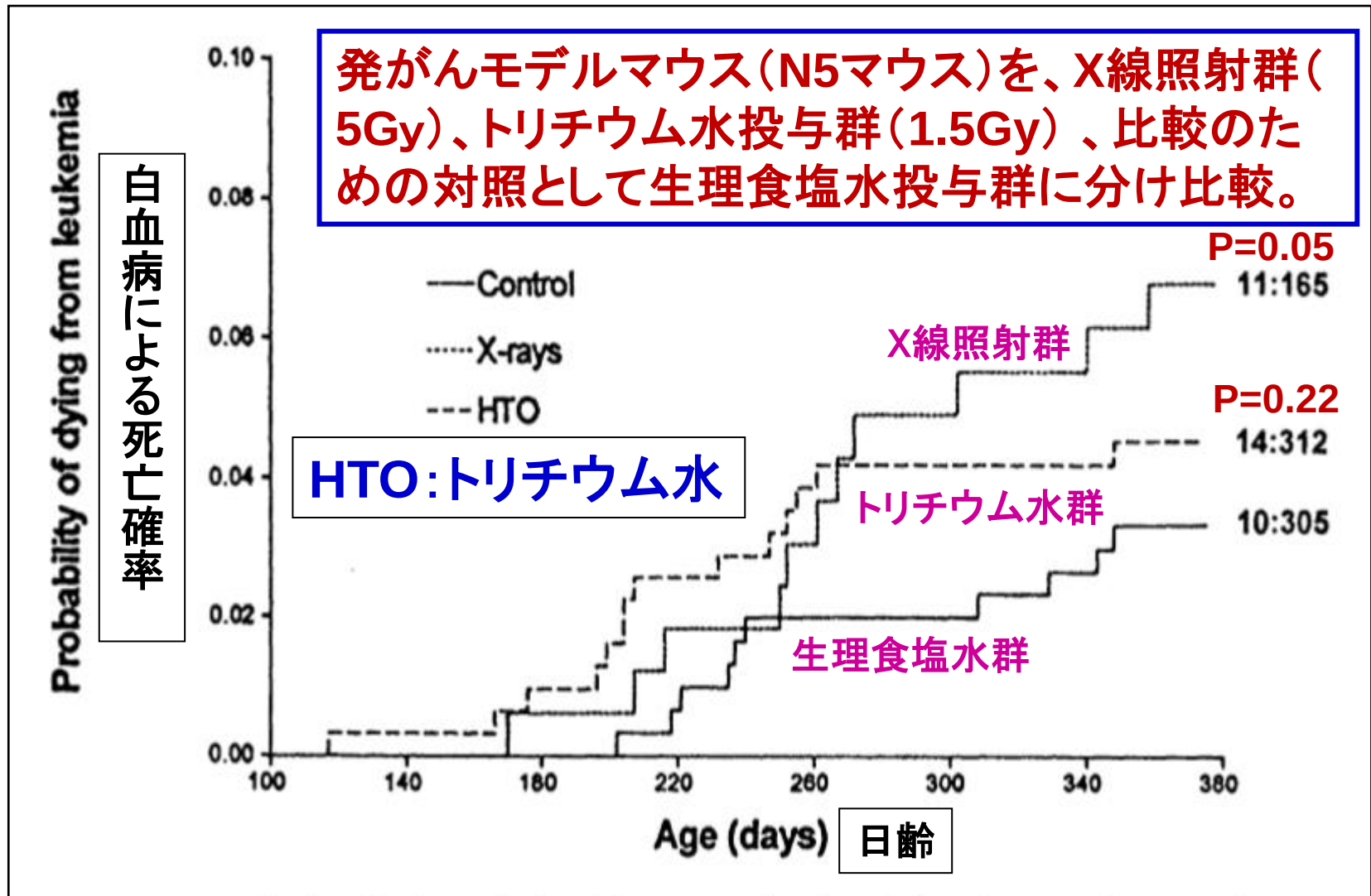
生物濃縮を否定する研究もあるが…

「トリチウム水で栽培されたアルファルファとトリチウム水で飼育されたウサギの各組織のトリチウム濃度は、元の飼料および水のトリチウム濃度と有意な差はなかった」(出典:Moghissi AA, et al. “Biological concentration of 3H.” *Health Phys.* 1987)

アルファルファはマメ科の牧草であり、タンパク質5.7%、脂肪0.7%を含有する(上田博史. *愛媛大学農学部紀要*. 2004)。しかし、炭水化物の約7%よりは少ない。炭水化物はエネルギー源として消費された後は二酸化炭素と水に分解され、トリチウムを含む水は自由水として通常通り排出される。

しかし、トリチウムの生物濃縮が問題となるのは、海洋の底生生物である貝類、甲殻類などを捕食する魚介類のタンパク質であり、約20%含まれるタンパク質の有機物結合トリチウムは通常の水の様には排出されない。したがって、**アルファルファを使った実験により生物濃縮がないと結論することはできない。**

トリチウムはマウスの白血病を誘発する傾向がある



出典: Daher A, et al.: Effect of pre-conceptional external or internal irradiation of N5 male mice and the risk of leukemia in their offspring. Carcinogenesis. 1998.

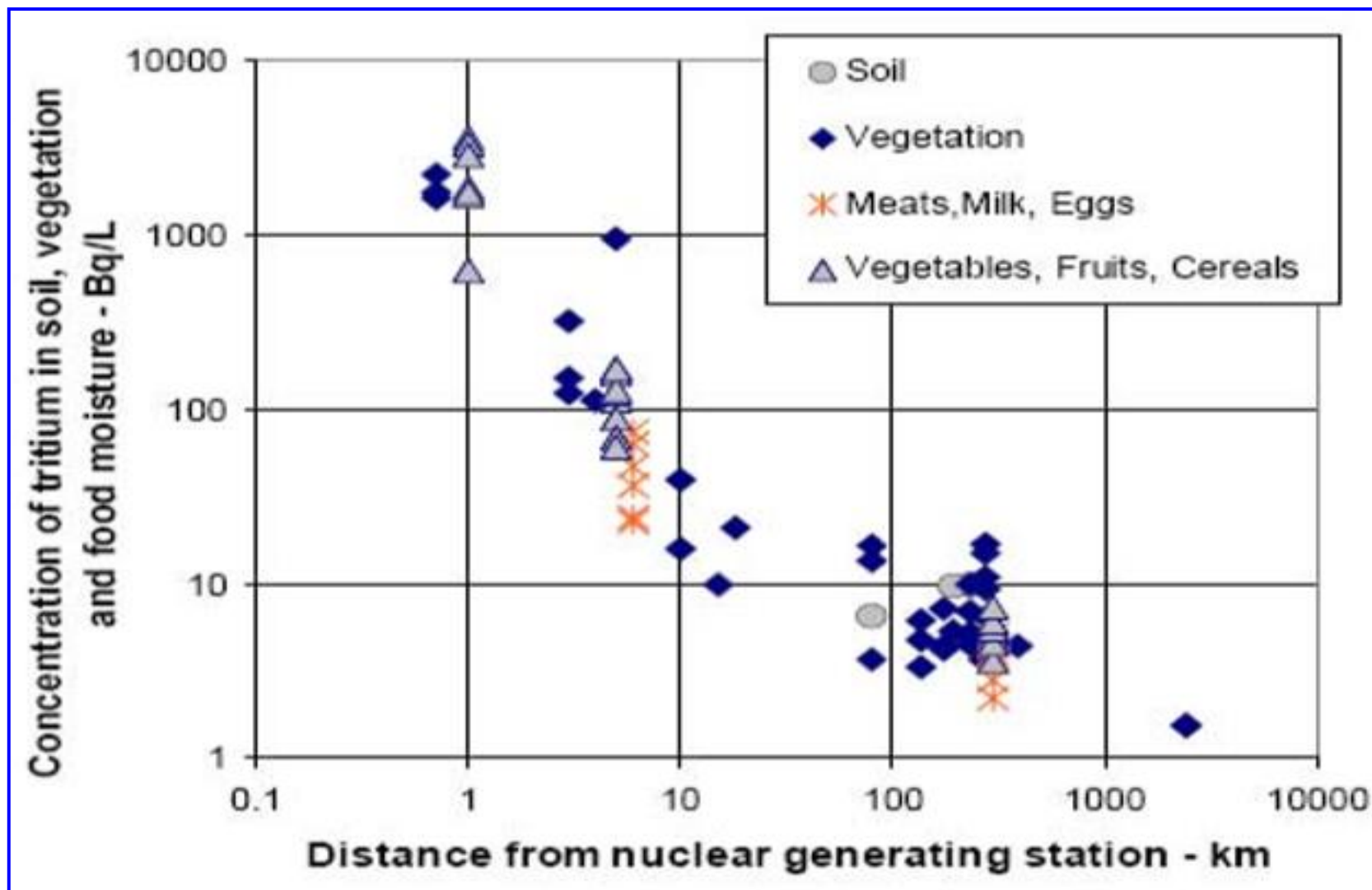
ラットへの酸化トリチウムの長期投与により白血病の発症率が増加した

“The incidence of leukoses upon long-term administration of tritium oxide to Wistar rats increased by 15.6% as compared to 2.1% in controls.”

「Wistarラット(注・白血病好発ラット)への酸化トリチウムの長期投与による白血病の発症率は、コントロールの2.1%と比較して15.6%増加した」

出典: Muksinova, K. N., et al. “An increase in the incidence of tritium-induced leukoses with the repeated administration of a bacterial lipopolysaccharide.” Radiobiologiya, 1990. [Article in Russian]

カナダの原発からの距離と植物・食品等のトリチウム濃度



出典: Fairlie, I. "Tritium hazard report: pollution and radiation risk from Canadian nuclear facilities." *Greenpeace*. 2007.

● 土壌、
◆ 植物、
✕ 肉・ミルク・卵、
▲ 野菜・果物・穀物

内部被曝の主要な要因はトリチウム



American Journal of Epidemiology

© The Author 2007. Published by the Johns Hopkins Bloomberg School of Public Health.

All rights reserved. For permissions, please e-mail: journals.permissions@oxfordjournals.org.

Vol. 166, No. 9

DOI: 10.1093/aje/kwm176

Advance Access publication July 27, 2007

Leukemia Mortality among Workers at the Savannah River Site

David B. Richardson and Steve Wing

「サバンナ川流域労働者の白血病死亡率」

From the Department of Epidemiology, School of Public Health, University of North Carolina at Chapel Hill, Chapel Hill, NC.

In this paper, we evaluate associations between ionizing radiation and mortality due to leukemia among workers employed at the Savannah River Site. We focus on ionizing radiation doses from external sources and internal doses from tritium intakes. We examine modification of radiation dose–leukemia associations by subtype of leukemia and time since exposure.

「電離放射線の放射線量は、外部被曝とトリチウム摂取による内部被曝に着目した」。“Savannah River Site”は米国、サウス・カロライナ州の原子力関連施設の集積地区。

出典： Richardson DB, Wing S. : Leukemia mortality among workers at the Savannah River Site. *Am J Epidemiol.* 2007.

1950～2002年、サバンナ・リバー・サイト労働者の 白血病死亡率は累積被曝線量に従い高くなる

TABLE 4. Observed deaths of workers and estimated rate ratios by category of cumulative dose under a 3-year exposure lag assumption, Savannah River Site, South Carolina, 1950–2002

Cause of death	Dose category (mSv)								
	0	>0–<5	5–<10	10–<20	20–<40	40–<80	80–<160	160–<320	≥320
Leukemia 白血病									
Observed no. of deaths	5	26	9	8	8	9	13	4	2
Rate ratio	1	1.39	1.39	1.55	1.74	2.08	3.49	1.34	4.91
Leukemia excluding CLL* リンパ性白血病									
Observed no. of deaths	4	19	7	6	4	5	11	4	2
Rate ratio	1	1.25	1.38	1.59	1.10	1.59	4.03	1.87	6.61
Myeloid leukemia 骨髄性白血病									
Observed no. of deaths	4	11	3	5	3	4	6	2	2
Rate ratio	1	0.62	0.49	1.05	0.67	1.15	2.21	1.06	8.09

出典：Richardson DB, Wing S. : Leukemia mortality among workers at the Savannah River Site. [*Am J Epidemiol.* 2007.](#)

「放射線量と白血病死亡率との間に 正の相関性がある」

3–15 years prior were more strongly related to leukemia than exposures in the more distant past. This study provides evidence of positive associations between radiation dose and leukemia mortality among Savannah River Site workers. The temporal patterns of association appear consistent with those in studies of populations exposed at higher dose rates.

「3～15年前の曝露は、より遠い過去の曝露よりも白血病に強く関連していた。この研究は、サバンナ・リバー・サイトの作業員の放射線量と白血病死亡率との間に正の相関性があるという証拠を提供する」

出典： Richardson DB, Wing S. : Leukemia mortality among workers at the Savannah River Site. [Am J Epidemiol.](#) 2007.

カナダ・ピッカリングでは原発稼働後、 小児の白血病死亡率が増加した

表 4—0～14 歳児の白血病死亡率(ピッカリング)

子どもの出生時の住居と死亡数の関連

原発運転前(1950～1970 年)

出生時住居	観測死亡者数(O)	期待値(E)	O/E
郡全体	84	78.4	1.07
近隣地区	80	74.1	1.08

原発運転後(1971～1987 年)

出生時住居	観測死亡者数(O)	期待値(E)	O/E
郡全体	33	25.7	1.28
近隣地区	33	24.6	1.34

AECD 報告書 INFO-0300-2 をもとに作成

カナダ原子力委員会(AECB)が
まとめた報告書、INFO-0300
-2をもとに作成したもの。

出展: 上澤千尋. 福島第一原発のトリチウム汚染水. [KAGAKU](#), 2013.

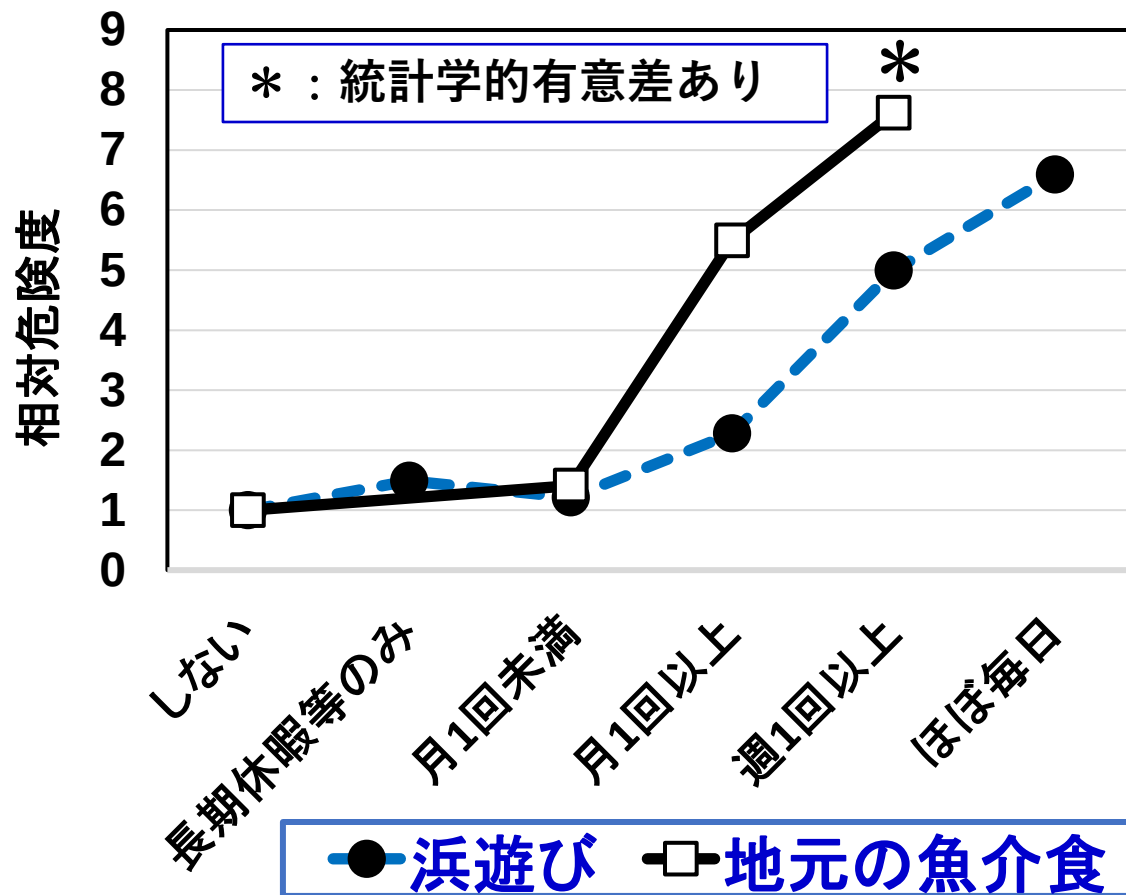
原発から5km以内では離れた地域より白血病が 各国で増加し、プール値では統計学的に有意に上昇

Studies of observed (O) and expected (E) leukemia cases within 5 km of NPPs.

Dataset	O	E	SIR = O/E	90%CI	p-value
Germany	34	24.1	1.41	1.04–1.88	0.0328
Great Britain	20	15.4	1.30	0.86–1.89	0.1464
Switzerland	11	7.9 ^a	1.40	0.78–2.31	0.1711
France ^b	14	10.2	1.37	0.83–2.15	0.1506
Pooled data	79	57.5	1.37	1.13–1.66	0.0042

O: 実測値 E: 予測値 SIR: 標準化罹患比

出典: Fairlie, Ian. "A hypothesis to explain childhood cancers near nuclear power plants." *Journal of environmental radioactivity*. 2014.



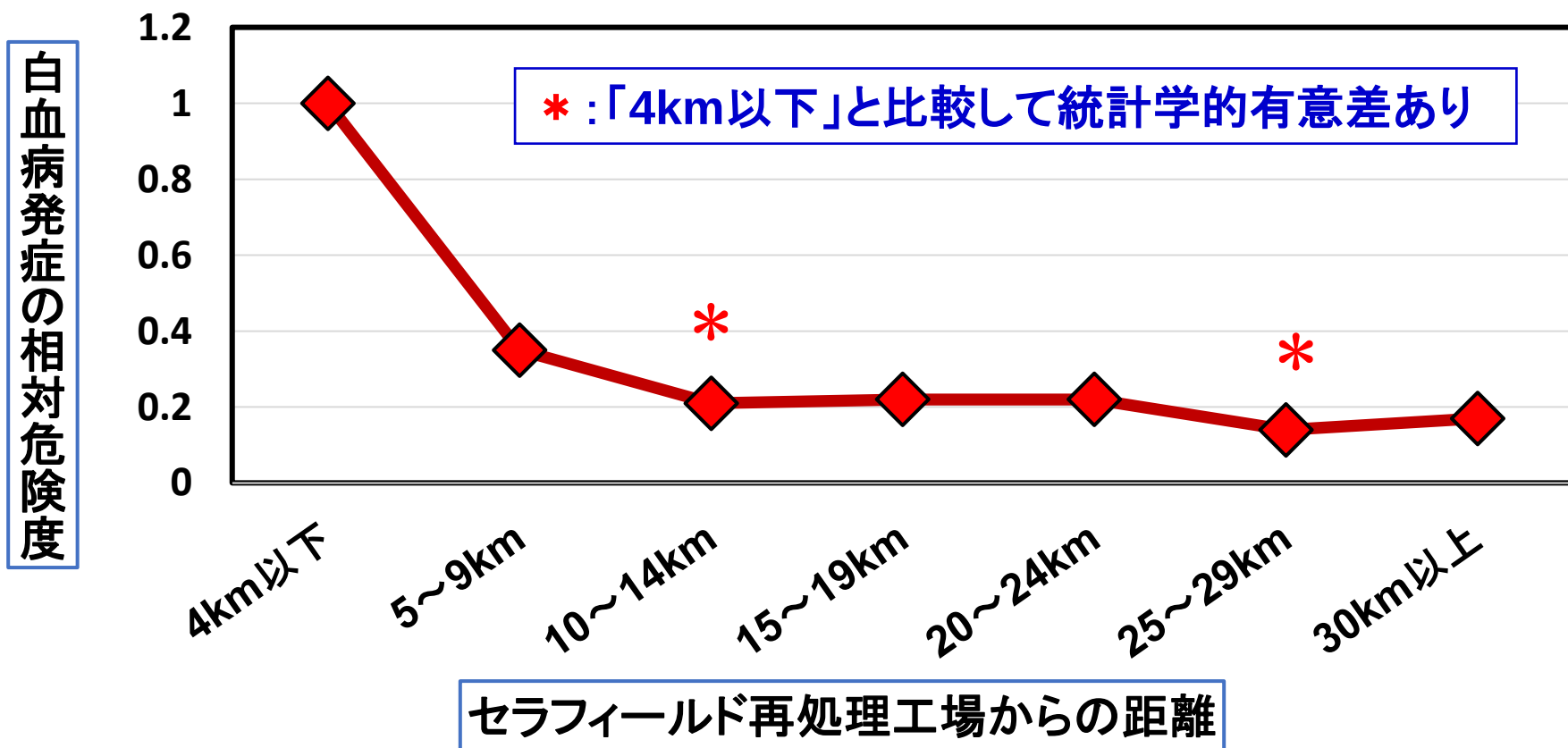
フランス、ラ・ア
ーグ再処理工場
周辺では、地元
産の魚介類の
摂取、浜遊びの
頻度が高いほど
白血病を発症し
やすい

傾向検定の結果は
ともに $P=0.01$

ラ・アーク再処理工場から半径35km以内に居住し、25歳未満で1978～93年に白血病を発症した27人と性、年齢等が同じ健常な192人の生活習慣を比較し、白血病発症の危険度を分析した。

出典: Pobel, D, & Viel, JF. "Case-control study of leukaemia among young people near La Hague nuclear reprocessing plant: the environmental hypothesis revisited." *BMJ*. 1997.

英国・セラフィールド再処理工場に近づくにしたがって白血病発症の危険度が上昇する



25歳未満の白血病発症の51人と非発症の350人のデータから、4km以下の発症危険度を1として、発症の相対危険度を比較した。

出典: Gardner, M. et al. "Results of case-control study of leukemia and lymphoma among young people near Sellafield nuclear plant in West Cumbria." *BMJ*. 1990.

六ヶ所再処理工場からの年間トリチウム放出量と 全国一放出量が多い玄海原発および東通原発との比較

年度	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	総量
玄海原発 (加圧水型)	95	73	2007年は1年で玄海 原発18年分を放出					1.00	56	735.0	
東通原発 (沸騰水型)	—	0.01	0.39	0.34	0.53	0.90	2.30	0.30	1.60	0.45	6.8
六ヶ所 再処理 工場	0.0076	0.0084	0.1714	496	1309.8	363.7	4.44	1.64	1.34	1.26	2178.4

ウラン試験開始

アクティブ試験開始

単位はテラBq
(兆ベクレル)

(データ出典: 平成16～25年版原子力施設運転管理年報)

六ヶ所村では2007年のトリチウム大量放出後に白血病死亡数が増加傾向にある

トリチウム大量放出前後の六ヶ所村の白血病死亡数の比較

大量 放出前	2003年	2004年	2005年	2006年	2007年
	0	0	0	1	0

大量 放出後	2010年	2011年	2012年	2013年	2014年	2015年	2016年	2017年	2018年
	1	1	1	1	0	0	0	1	3

トリチウムとがんの関係を否定する研究もあるが…

“Tritium estimates were based on an atmospheric dispersion model”

“Tritium estimates were not associated with increased risk of radiation sensitive cancers in Pickering”

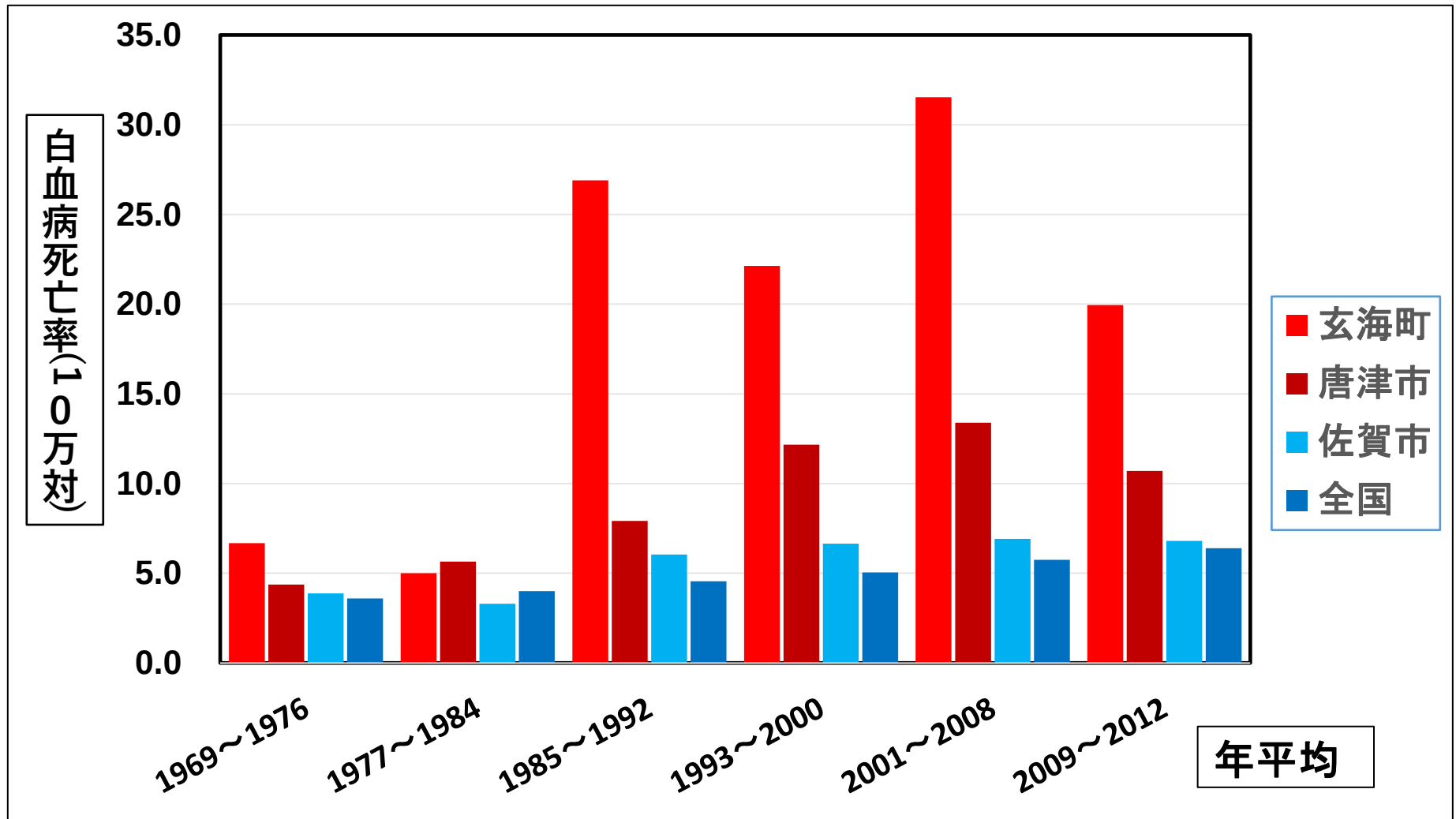
「トリチウムの推定値は大気拡散モデルに基づいた」

「トリチウムの推定値は、ピカリングの放射線感受性がんのリスク増加と関連していなかった」

(出典: Wanigaratne, S., et al. “Estimating cancer risk in relation to tritium exposure from routine operation of a nuclear-generating station in Pickering, Ontario.” *Chronic Dis Inj Can.* 2013.)

原発からのトリチウム排出は、大気中よりも水中がはるかに多い。しかも、大気中トリチウムは拡散しやすい。**大気中トリチウム濃度をもって関連していないと結論することには大きな問題がある。**

玄海町、唐津市、佐賀市と全国の白血病死亡率の推移



単年度で見ると、玄海町と唐津市では1983年から増加傾向がみられ、1985年からは高止まりしている。(データ出典:佐賀県人口動態統計)

玄海町では、稼働後に白血病死亡数が統計学的に有意に増加している



地図出典: マピオン.
「佐賀県地図」

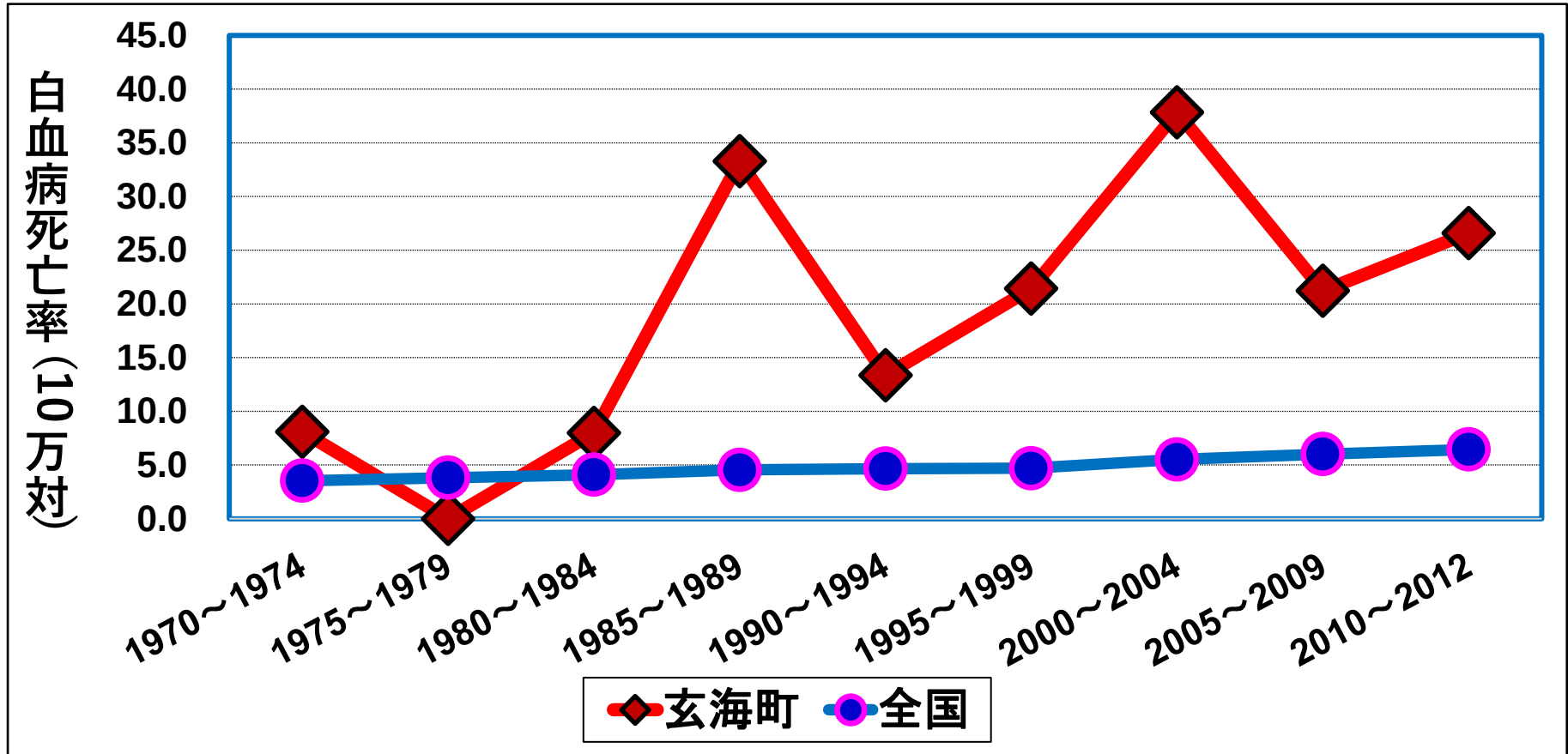
データ出典: [佐賀県人口動態統計](#)

玄海町		1969	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978
	稼働前	1	1	0	0	2	0	0	0	0	0
	稼働後	0	6	1	2	4	0	0	1	2	2
		2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012

t検定の結果	玄海町
	$p=0.0124$

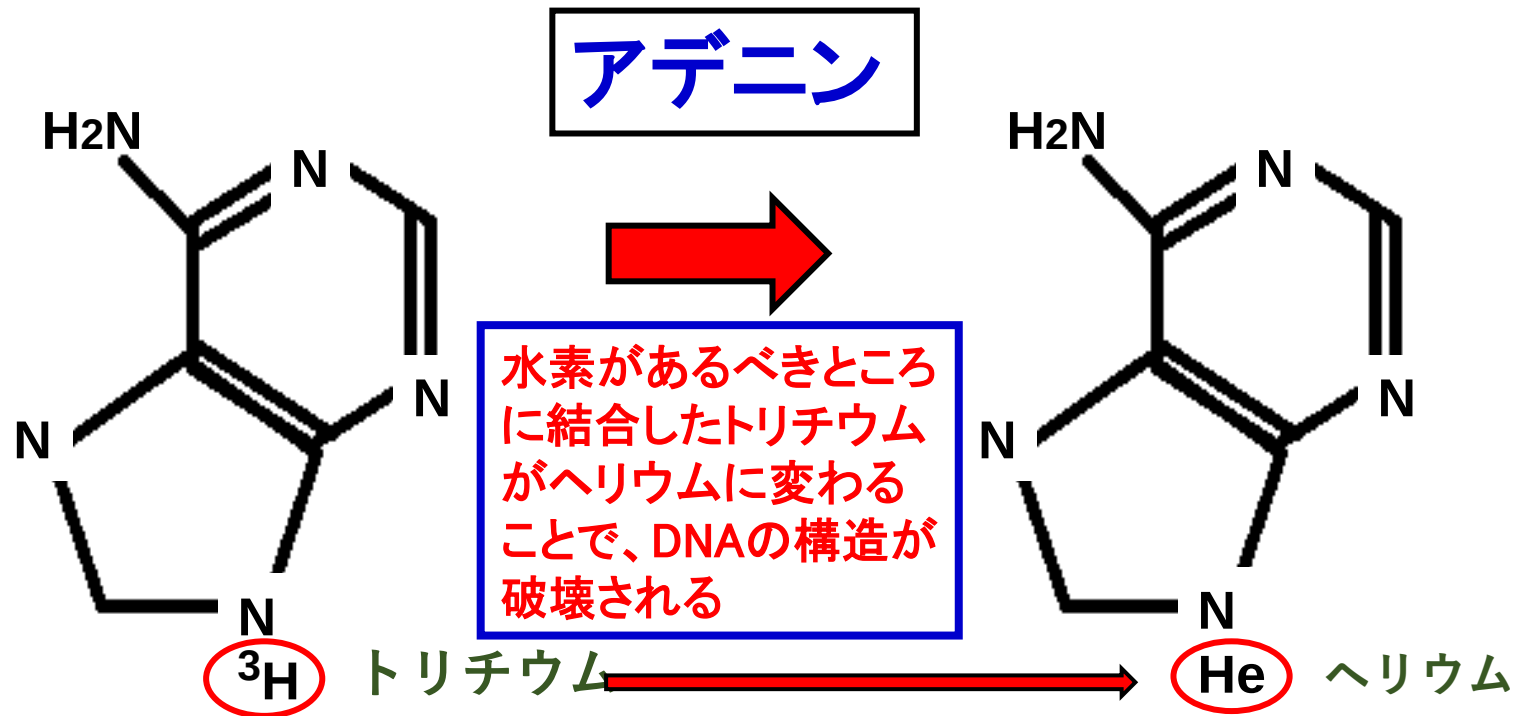
t検定は2群間の数値が統計学的に増加あるいは減少しているといえるかの検定。通常、 **$p<0.05$** 、つまり、たまたま偶然にこのような数値になる確率が5%未満である場合を「**統計学的に有意**」という。

白血病死亡率で比較すると、玄海町は 全国より極めて高い



人口の増減があるため白血病死亡数ではなく、死亡率で比較すべきである。玄海町の増加は全国より極めて大きい。(それぞれ5年間の平均。2010～2012年のみ3年間の平均) (データ出典:国勢調査・人口動態統計)

DNAに取り込まれたトリチウムは他のDNAを損傷するだけでなく、ベータ線を放出後にヘリウムに変わるために、DNAの元の分子構造も破壊する



DNAを構成するアデニンの分子構造の変化の一例。ベータ線放出による他のDNAの損傷および自身のDNAの分子構造の破壊という二重の形で生体に損傷を与える。このためにがんを発症したり、遺伝的影響を起こしたりする危険性が生じる。

結論

以上みてきたように、トリチウムの生物濃縮を否定する研究者もいるが、実験や原発周辺の環境調査ではトリチウムの生物濃縮を示す研究も少なくない。したがって、トリチウムを大量に含む福島原発処理汚染水の海洋放出が安全であると断定することはできない。

トリチウムは60 年間保管すれば、濃度は3.4%にまで減少する。タンクが福島第一原発の境界のすぐ外側に設置されれば、スペースの不足を緩和することができるという指摘もある ([Buesseler K.O., Science. 2020](#))。また、原子力市民委員会は「現在の千トン級のタンクから、石油備蓄基地などで使われている 10 万トン級の大型タンクに置き換える」、グリーンピース・ジャパンは「陸上で長期保管し、並行してトリチウムを含む放射性核種の分離・回収技術を開発・適用する」としているが、問題点のある海洋放出でない方策をとるべきである。