

第1章 トリチウムの生体影響に関する調査研究

1.1 トリチウムの生体影響に関する調査

Research Studies on Biological Effects from Tritium

柿内秀樹, 香田淳, 高井大策, 長島明輝, ヴィラサミー・ニメラン, 増田毅
トリチウム研究センター

Hideki KAKIUCHI, Atsushi KOHDA, Daisaku TAKAI, Haruki NAGASHIMA, Nimelan
VEERASAMY, Tsuyoshi MASUDA
Tritium Research Center

Abstract

Age-specific dose coefficient for six age groups of 3 months, 1, 5, 10, and 15 years and adult were calculated using metabolic data from previous commissioned research studies, dietary references to intakes of Japanese and Americans diets published by government agencies, and hydrogen balance data in each age group published by the International Commission on Radiological Protection (ICRP). The estimated realistic dose coefficients ranged from approximately 80 to 90%. The findings suggest that the ICRP's dose coefficients are moderately conservative.

1. 目的

六ヶ所村の再処理工場から排出されるトリチウムは、施設周辺地域住民への線量評価上非常に重要な核種の一つである。また、近年では東日本大震災の津波による原子力事故から生じた ALPS 処理水の問題からその影響に対する社会的関心が極めて高くなってきている核種である。中でも、有機物中に存在する有機結合型トリチウム (Organically bound tritium, OBT) は、体内に残りやすく大きな影響を与えるのではないかと懸念を持たれることがあり、また、遺伝子等に取り込まれることで子供への影響が大きいのではないかと不安を持たれることがある。

国際放射線防護委員会 (ICRP) では、OBT の経口摂取に対する各年齢別の体内代謝モデル (ICRP モデル) を作成し、それによる線量係数を示している。それらに従えば OBT の影響はトリチウム水 (HTO) に比べて極端に大きいわけではない (成人の場合で約 2.3 倍)。しかし、現行の OBT 線量評価体系には、それを裏付ける実験データが必ずしも

十分ではないとの指摘がある。従ってその不確実性を減らす実験データを得ることは極めて大きな意義がある。

そこで本調査では、幼若期の OBT 摂取に対する線量評価モデルを環境科学技術研究所 (以下環境研) がこれまでの調査で得てきたヒトでの実験データを用いて作成することを目的とした。また、動物実験によってトリチウムの内部被ばくによる影響を外部被ばくによる影響との違いの点から明らかにすることを目的とした。令和3年度は幼若期の OBT 摂取に対する線量評価モデルの作成を目標とした。

2. 方法

単糖 (グルコース)、アミノ酸 (ロイシン、フェニルアラニン、アラニン、グリシン、グルタミン酸)、及び脂肪酸 (パルミチン酸、オレイン酸、リノール酸) 中のトリチウムを経口摂取してから 70 歳になるまでの代謝モデルを、摂取時年齢別 (3 カ月齢、1 歳、5 歳、10 歳、15 歳、及び成人 20 歳) に対してそれぞれ作成した。その際、ICRP モデルと同様の構

造 (Fig. 1) を用いた。分配係数 d には、これまでに環境研で行ってきた「生物圏物質循環総合実験調査」、 「排出トリチウム生物体移行総合実験調査」、及び「人体内代謝実験調査」において得ている代謝排出データ (Table 1) を用いた。また、各コンパートメント中トリチウムの排出速度 k は、ICRP による年齢別の排出半減期 (Table 2) から求め用いた。ただし、表に示されている年齢間については、1 日毎に補間により得た排出速度を用いた。

得られた摂取時年齢別の各栄養素構成成分中トリチウム代謝モデルから単位量トリチウム摂取後の体内残留量を推定し、それらを厚生労働省による日本人の食事摂取基準及び米国農務省による米国人の栄養摂取状況に従って加重平均することにより、平均的な日本人及び米国人での摂取後 70 歳までの体内残留量を推定した。その際、栄養素をいくつかの構成要素に分け、それぞれを代表させた栄養素構成

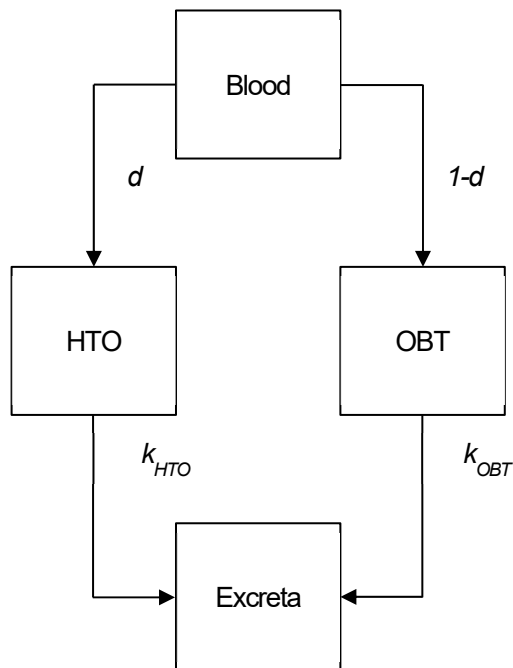


Fig.1 Schematic showing the developed models for OBT ingestion; d , distribution factor; k , excretion rate constant.

成分の代謝データを用いた。それらの積算残留量から ICRP による線量評価の手順に従い年齢別線量係数を求めた。

3. 成果の概要

本調査によって得られた 3 カ月齢、1 歳、5 歳、10 歳、15 歳、及び成人についての現実的な線量係数推定値のいずれについても、各年齢について ICRP の示す現行の線量係数よりやや小さく、概ね 8~9 割程度であった (Table 3, Fig. 2)。このことから、OBT 経口摂取に対する ICRP による現行の線量係数が適度に保守的であることが明らかになった。この成果は、OBT の経口摂取に対する線量係数の不確実性を減らし、ICRP に準拠した現行の規制に対する信頼性を高めるものである。従って、今後は OBT に対する不安・懸念に応える科学的データとして利用されることが期待できる。

Table 1 Distribution factor d to HTO compartment

Nutrient	Examined	d	
Carbohydrate	Glucose	0.81	
	Protein	Leucine	0.33
		Phenylalanine	0.25
		Alanine	0.9
Fat	Glycine	0.29	
	Glutamic acid	0.61	
	Palmitic acid	0.41	
	Oleic acid	0.35	
	Linoleic acid	0.29	

Table 2 Half-life of tritium (d)

Age	HTO	OBT
3 m	3.0	8.0
1 y	3.5	15
5 y	4.6	19
10 y	5.7	26
15 y	7.9	32
Adult	10	40

Table 3 Estimated age-specific dose coefficients ($\times 10^{-11}$ Sv Bq $^{-1}$) for ingested organically bound tritium (OBT) according to the dietary reference intakes for Japanese and Americans.

Age group	ICRP	Japanese diet			American diet		
		Mean	SD	Ratio (%)*	Mean	SD	Ratio (%)*
3 m	11	9.5	2.1	86	9.7	2.0	88
1 y	11	8.8	1.9	80	9.0	1.9	82
5 y	7.0	5.5	1.2	78	5.6	1.2	81
10 y	5.5	4.3	0.9	77	4.4	0.9	80
15 y	4.1	3.2	0.7	78	3.3	0.7	81
Adult	4.1	3.2	0.7	79	3.3	0.7	81

ICRP, International Commission on Radiological Protection. Japanese diet, according to the dietary reference intakes of Japanese, 2020, by the Ministry of Health, Labor and Welfare of Japan. American diet, nutrient intakes from food and beverages, 2020, by the U.S. Department of Agriculture. SD, standard deviation; *, ratio to ICRP.

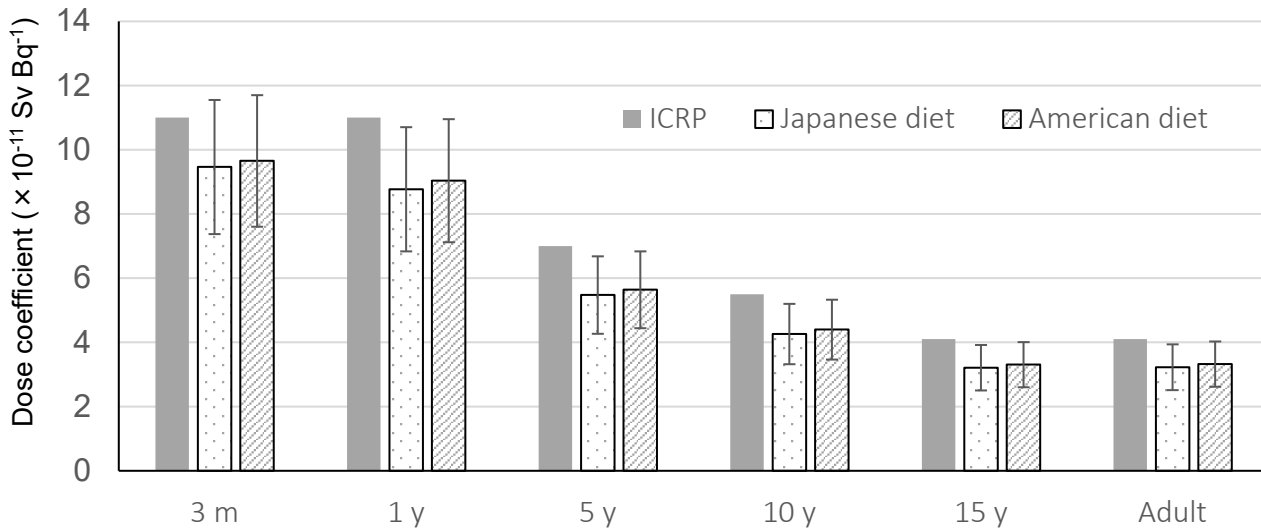


Fig.2 Estimated age-specific dose coefficients for ingested organically bound tritium (OBT) according to the dietary reference intakes for Japanese and Americans. ICRP, International Commission on Radiological Protection. Japanese diet, according to the dietary reference intakes of Japanese, 2020, by the Ministry of Health, Labor and Welfare of Japan. American diet, nutrient intakes from food and beverages, 2020, by the U.S. Department of Agriculture. Error bar shows the standard deviation.