

## 4.3 ヒト体内におけるトリチウム代謝に関する調査研究

### Tritium Metabolism in the Human Body

増田 毅, 松下 兼作, 多胡 靖宏, 中村 裕二  
環境シミュレーション研究部

Tsuyoshi MASUDA, Kensaku MATSUSHITA, Yasuhiro TAKO, Yuji NAKAMURA  
*Department of Environmental Simulation*

#### Abstract

In the radiation safety assessment prior to the construction of the first commercial spent nuclear fuel reprocessing plant in Rokkasho, Japan, estimation of the internal radiation dose to the public due to tritium was done using the dose conversion factors for the ingestion of HTO and organically bound tritium (OBT), which were derived based on the ICRP metabolic model of hydrogen in the human body. The ICRP metabolic model is very simple and comprised of 2 compartments having biological half-lives of 10 and 40 days, respectively. Although the biological half-life of tritium water (HTO) in humans was examined in several cases such as accidental intakes or experimental administrations, actual data on the metabolism of OBT are quite limited both experimentally and observationally. The objective of this research program is to reexamine experimentally the behavior of tritium in the human body for more realistic dose estimation. In the experiment, the stable isotope of hydrogen, deuterium (D), was used as a substitute for tritium.

The isotopic ratios (D/H) in breath air, blood serum and urine of participants administered D-labeled glucose or D<sub>2</sub>O, together with controls, were determined by a mass spectrometer during one week. The temporal changes in (D/H) ratios in breath air of participants who ingested D-glucose were largely different from those in <sup>13</sup>C isotopic ratios in breath air after administration of <sup>13</sup>C-labeled glucose in a previous study. This implied probable differences in the behavior of carbon and hydrogen even in the same organic material. The observed half-times of the excretion of D in both serum and urine in a short-term observation were 7.7 -9.9 days, which were consistent with the reference values previously reported and also with the ICRP model results. Longer half-lives exceeding 1 month will be studied hereafter. All procedures of the experiment were approved by the IES Review Board for Human Subject Experiments and written informed consents were obtained from all participants.

#### 1. 目的

大型再処理施設の安全審査では、経口摂取されたトリチウムから受ける線量は摂取量(Bq)とICRPの定める線量係数 (HTOを経口摂取した場合で  $1.8 \times 10^{-11}$  Sv Bq<sup>-1</sup>、OBTの場合で  $4.2 \times 10^{-11}$  Sv Bq<sup>-1</sup>) (ICRP, 1995)とを用いて評価された。この線量係数は、2つのコンパートメント(半減期 10 日の自由水型トリチウム(FWT)及び 40 日の有機結合型トリチウム(OBT))からなる極めて単純なトリチウム代謝モデ

ル (Fig. 1) を仮定して求められており (ICRP, 1989)、実際のデータによる裏づけは限られている。従って、実験データに基づくより現実的な評価によってその妥当性を確認することは、安全評価への信頼性を高める上で重要である。そこで本調査では、トリチウムの代わりに重水素Dを用いた実験によってトリチウム代謝に関するデータを収集し、より現実的なトリチウム代謝モデルを作成することを目的としている。平成 22 年度は、重水(D<sub>2</sub>O)及び重水素標識糖質

(グルコース)を経口摂取した場合の短期的な代謝データ(1週間)を収集した。

## 2. 方法

ヒト実験にはD<sub>2</sub>O投与群、D標識グルコース投与群、及び非投与対照群を置き、各群とも健常な日本人男性(n=3)を被験者として用いた。投与したD標識グルコースは、非交換型HをすべてDに置換し、交換型Hは置換していないもの(HOCD<sub>2</sub>(CDOH)<sub>4</sub>CDO)である。経口投与後1週間まで、呼気、尿及び血液を採取し、試料中のD濃度を質量分析計により測定した。それぞれの群における一人当たりのD投与量は1.1、0.51及び0gであった。全ての被験者からは立会人立ち会いのもと、書面でのインフォームドコンセントを得た。

ラット実験にはヒト実験と同様の3群(SDラット、各群n=5)を置き、経口投与後100日までの血液や肝臓等の組織を経時的に採取した。各群の一匹当たりのD投与量は0.22、0.025及び0gであった。

## 3. 成果の概要

ヒト実験の呼気、血清、及び尿中のD濃度上昇分(体重あたりの投与D量で規格化)をFig. 2に示す。D標識グルコース投与後の呼気中のD濃度の変化は、平成21年度に行なった<sup>13</sup>C標識グルコース投与による呼気<sup>13</sup>C濃度の変化とは異なる様態を示した(Fig. 3)。また、ピーク後の減衰を指数関数で近似し、減衰半減期(日)をTables 1-3に示す。血清及び尿中D濃度の減衰半減期は、D<sub>2</sub>O及びD標識グルコースのいずれも7.7-9.9日の範囲であった。Hill and Johnson(1993)のレビューではHTOの体内半減期を平均9.4日、90%の信頼区間で5から13日としており、Akashi(1982)は日本人での半減期を9.5日と報告している。実験の結果はこれらと矛盾しない。また、ICRPモデルのFWTコンパートメントの半減期10日は、得られた実験データよりもやや長く安全寄りであることが確認できた。呼気中D濃度の変化には、D<sub>2</sub>O投与群で短い半減期を持つピークが観察され、一方D標識グルコース投与群の半減期は他の群よりも長い26日であった。

ラット実験の結果をFig. 4に示す。D<sub>2</sub>OおよびD標識グルコース投与群の血清におけるD濃度半減期は3.2および3.1日であり、Takeda(1982)の報告3.4および3.1日とよく一致していた。規格化後の肝臓でのD残留量はD標識グルコース投与の方がD<sub>2</sub>O投与の場合よりも多かった(Fig. 4)。

## 引用文献

- Akashi(1982) *In* Matsudaira *et al.* (ed.) *Tritium Radiology and Health Physics*, NIRS, Chiba.  
 ICRP(1995) Publ. 72, Pergamon Press, Oxford.  
 ICRP(1989) Publ. 56, Pergamon Press, Oxford.  
 Hill and Johnson(1993) *Health Phys.*, **65**, 628-647.  
 Takeda(1982) *J. Radat. Res.*, **23**, 345-357.

Table 1 Half-life of D concentration in breath (day)

Administration	Half-life 1 <sup>st</sup>	Half-life 2 <sup>nd</sup>
D <sub>2</sub> O	3.5 × 10 <sup>-3</sup>	5.4
D-labeled Glucose	2.6 × 10 <sup>1</sup>	-

Table 2 Half-life of D concentration in serum (day)

Administration	Half-life
D <sub>2</sub> O	8.0
D-labeled Glucose	9.7

Table 3 Half-life of D concentration in urine (day)

Administration	Half-life
D <sub>2</sub> O	7.7
D-labeled Glucose	9.9

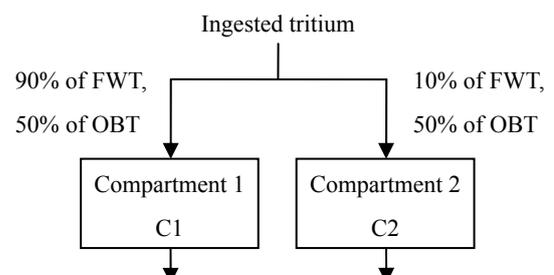


Fig. 1 ICRP tritium metabolic model

C1: FWT compartment ( $T_{1/2}=10$  days)

C2: OBT compartment ( $T_{1/2}=40$  day).

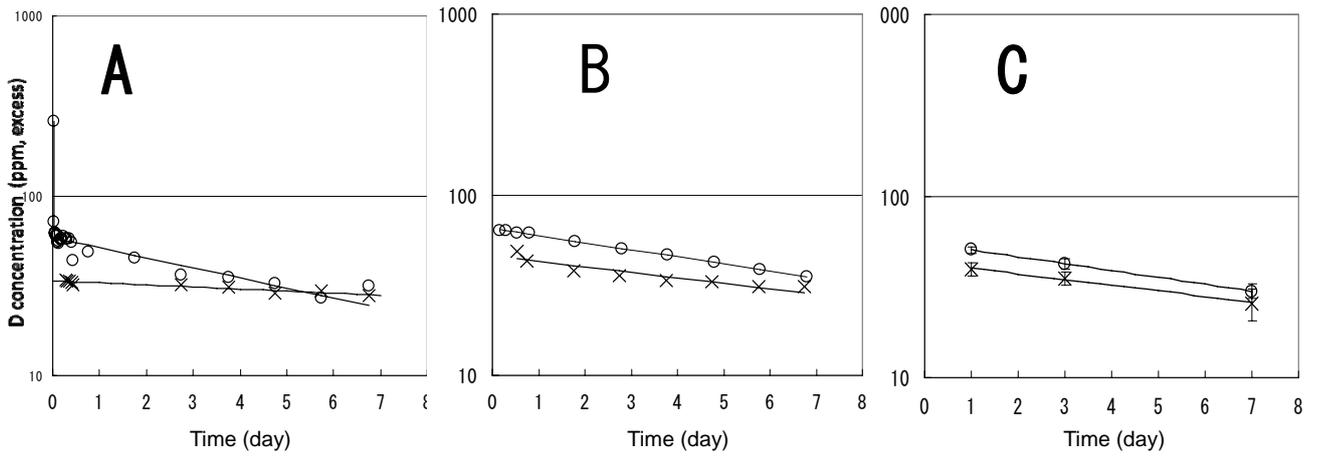


Fig. 2 D concentrations in human breath, urine and serum, after oral administration of  $D_2O$  and D-labeled glucose. A: breath, B: serum, C: urine.  $\circ$ :  $D_2O$ ,  $\times$ : D-labeled glucose.

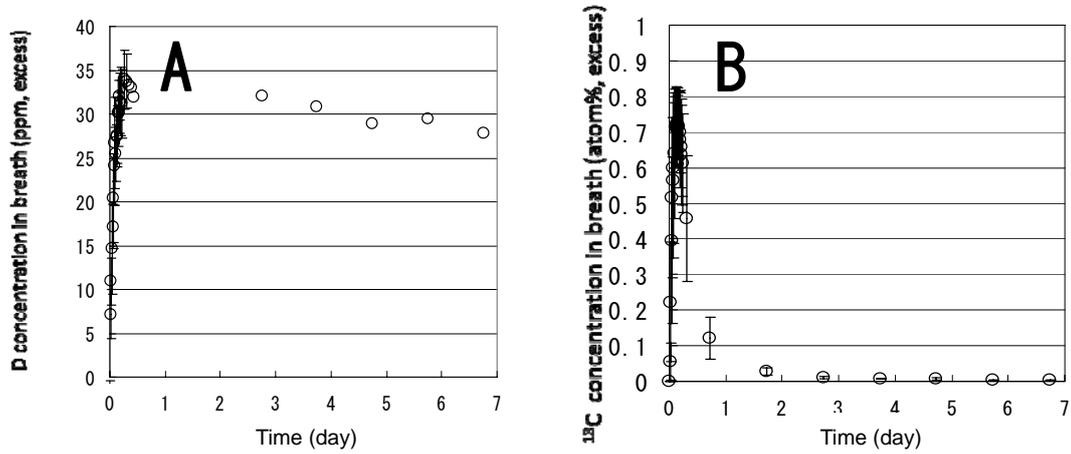


Fig. 3 D and  $^{13}C$  concentrations in human breath, after oral administration of D- and  $^{13}C$ -labeled glucose. A: D-labeled glucose, B:  $^{13}C$ -labeled glucose.

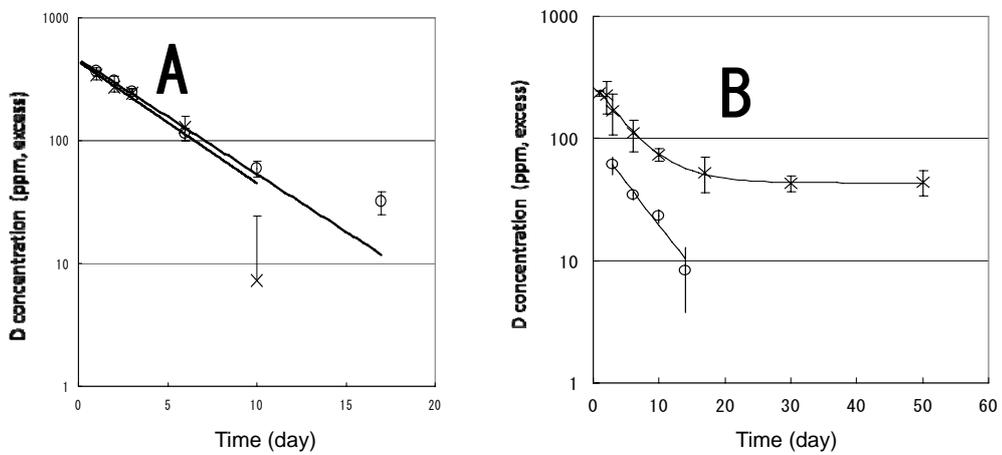


Fig. 4 D concentrations after oral administrations of  $D_2O$  and D-labeled glucose in serum and liver of experimental rats. A: serum, B: liver.  $\circ$ :  $D_2O$ ,  $\times$ : D-labeled glucose.