

福島第一原発事故由来の放射性セシウムとトリチウムが環境に与える影響評価及び水素同位体交換反応を考慮に入れたトリチウムの内部被ばく評価法の構築

片 岡 憲 昭^{a)}

Effect of Tritium and of Radioactive Caesium Released from the Accident of Fukushima Daiichi Nuclear Power Plants on the Environment and the Construction Method of Evaluation of Tritium Internal Exposure by Applying Hydrogen Isotope Exchange Reaction

by Noriaki KATAOKA

トリチウム (T) は水素同位体交換反応 (T-for-H 交換反応) を起こす可能性がある。また、HTO (水分子) として存在する T が生体細胞中の H と T-for-H 交換反応をすることで、生体細胞に T が組織結合型 T(OBT) として存在する。現在の ICRP の勧告では、内部被ばく評価を行う際に T の放射線荷重係数は 1 として定められているが、この OBT を考慮に入れると体内で長期にわたり放射線を放出するため、その危険性は自由水型 T(FWT) よりも増大すると考えられる。なお、FWT は、水と同じ挙動を示すことから、容易に移動すると考えられ、従って、OBT と違い、組織に与える影響は、かなり少ないと考えられる。以上を基に大きく 2 つのことについて検討した。初めは、環境中に多く存在する T と東日本大震災で起こった福島第一原子力事故 (以後、原発事故) で放

出された放射能のうち、未だに環境中に多く存在するセシウム-134,137 の環境中の影響とについて定量的に検討した。次に、T の人体に及ぼす影響について、同位体交換反応 (T-for-H 交換反応) を応用して、人体に多く存在するアミノ酸と T との動的交換を追究した。生体中には、大きく分けて、FWT と OBT とが存在するが、その中間型として、官能基中の H があり、さらに T 交換可能型 OBT と非交換可能型の OBT の 2 つに分類される。交換可能型 OBT は体内で FWT と同様の挙動を示すことから、交換可能型 OBT と FWT との放射線加重係数は 1 と定められている。一方で T-for-H 交換反応を起こしにくい非交換可能型 OBT の係数は 2.3 と定められている。非交換可能型 OBT の放射線荷重係数が高い理由としては、T-for-H 交換反応による除去が難しく、生体内に留まり易い

^{a)} 新潟大学大学院自然科学研究科

現在 東京都立産業技術研究センター

[新潟大学博士 (工学) 平成 27 年 3 月 23 日授与]

ことがあげられる。現在では、交換可能型 OBT と非交換可能型 OBT の区別が曖昧である。

以上に基づき、主に、交換可能型 OBT と非交換可能型 OBT の T-for-H 交換反応を観測した。また、H は、官能基の種類や温度などにより、その反応性が異なることが、これまでの研究で知られている。そこで、主にアミノ酸中の H と T との交換反応を、速度論的に観測することで、それぞれの官能基中の H の反応性を、定量評価した。この観測は、温度、時間、物質をそれぞれ変えて行った。その結果を、人体中の H のコンパートモデルと比較することにより、現在用いられている T の影響 (トリチウムの放射線加重係数) の修正値を提案できた。これらから、同位体交換反応を考慮に入れた T の内部被ばく評価を行うことができた。これを基に、新たな T の内部被ばく評価法を提案することもできた。

また、この手法を用いて T の内部被ばく評価を行った。

以上から、以下のことが明らかとなった。

- (1) (1)2011年3月と4月の降水中トリチウム濃度は例年の2倍であったことから、福島第一原子力発電所事故の影響があったことがわかった。
- (2) 福島付近の山での湧き水の T 濃度は1.0Bq/kg 以下であり、2013年の5月の T 濃度と似た値であり、また、2014年も T 濃度は上昇していないことから、

福島県付近の山に及ぼす原発事故の影響はほとんどないと考えられる。

- (3) FWT から非交換可能型 OBT への移行係数は 0.000070 と算出できた。
- (4) この移行係数を用いて T の被ばく線量を計算すると、被ばく線量の増加量は $1.2 \times 10^{-8} \mu \text{ Sv}$ であり、現行のモデル計算に数%の増加が見込まれることになる。

以上得られた結果は、水素同位体交換反応の反応性を定量的に明らかにすることが可能であり、さらに、交換可能型 OBT と非交換可能型 OBT における内部被ばくの評価に役立つ。

また、この事故で環境中に放出された T が湖沼に及ぼす影響は、新潟市では事後年の7月ころで、また、福島県では、2年後くらいで、ほとんどなくなっていることも、湖沼水や湖沼泥の採取で明らかとなった。

さらに、この事故後、新潟市と福島県の湖沼を3年間に渡り、合計7つ調査した。調査項目は、湖沼水中の T 濃度、湖沼泥中の放射性セシウム濃度 (Cs-134, Cs-137)、各種イオン濃度、などであった。

その結果、今回の福島第一原発事故で生じた Cs-134, Cs-137 は、3年ほど経過した後では、上昇傾向にないことから、その影響は徐々に少なくなっていることが定量的に明らかとなった。