

移行係数及び移行割合を用いた人体における放射性物質残留量算出手法の検討 —山菜を例として—

中央大学大学院 学生会員 ○新澤 まゆ子
 中央大学大学院 学生会員 町田 果歩
 中央大学大学院 学生会員 綿貫 翔
 中央大学 フェロー会員 山田 正

1. はじめに

2011年3月に発生した福島第一原子力発電所の事故によって放射性物質が大気や海洋に漏洩・拡散した。そして、複数の農林水産物から食品基準値を超える放射性セシウムを検出され始めたことで、国民の多くは放射性物質を含む食品に対して不安を抱いている。さらに、農林産物の中でも多年生植物が多い山菜は、特に高い放射能濃度が検出されている。一年草は、一年で世代を終えるが、多年生植物は個体が複数年にわたって生存するため、放射性物質を蓄積し続ける。しかしながら、高い放射能濃度を持つ山菜を摂取した際、放射性物質の人体に与える影響について正確にはわかっていない。そこで、本研究では、福島市で採取した山菜を摂取した際の人体の総内部被曝線量算出手法の検討を行った。

2. 人体における放射能強度と実効線量の計算

(1) 放射能強度の連続方程式

本研究では、流出解析で一般的に用いられている理論を応用した山田・佐々木の理論¹⁾を用いて計算を行う。この理論は、国際放射線防護委員会が厳密な計算によって算出した内部被曝量と概ね同精度での算出が可能である。上記の理論では、放射性原子の人体における貯留量 N [個]、放射性原子の原子での摂取フラックス r [個・ T^{-1} =Bq]、放射性原子の実効的流出フラックス q_e [Bq]、原子核崩壊による放射性原子の流出フラックス q_p [Bq]、排泄や代謝による放射性原子の流出フラックス q_b [Bq] それぞれの関係を 1 段タンクによって表現する。人体における放射性原子の貯留量 N と放射性原子の原子での摂取フラックス r 、実効的流出フラックスの関係は、

$$\frac{dN(t)}{dt} = r(t) - \alpha_e N(t) \quad (1)$$

の連続式で表される。ここで、減衰定数 α_e [T^{-1}] は実効半減期によって決められる定数である。実効半減期は、原

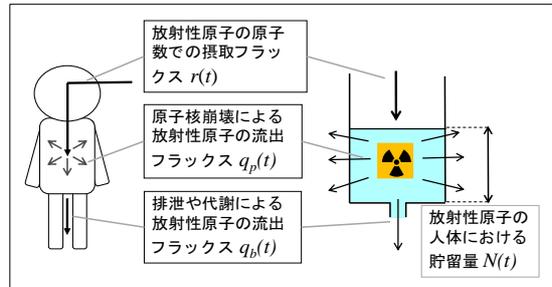


図-1 理論の概念図

子核崩壊による物理学的半減期と排泄や代謝による生物学的半減期、これらの 2 つの半減期から定められる半減期のことである。この理論の概念図を図-1 に示す。ここからは、ある物質内で 1 秒間に起こる原子核崩壊の回数である放射能強度 [Bq] について考える。放射性同位体の原子数と放射能強度は比例関係にあり、その比例定数が物理学的減衰係数 α_p [T^{-1}] である。放射能強度を h [Bq] とし、これを式で表すと、

$$\alpha_p N(t) = h(t) \quad (2)$$

となり、式(1)の両辺に α_p をかけ、式(2)に代入すると、

$$\frac{dh(t)}{dt} = \alpha_p r(t) - \alpha_e h(t) \quad (3)$$

となる。

(2) 総内部被曝量及び実効線量の計算方法

総内部被曝量 I [Bq] は体内で原子核崩壊した放射性同位体の累積個数であり、(4)式のように放射能強度 h を時間積分することで求められる。

$$I(t) = \int_0^t h(\tau) d\tau \quad (4)$$

また、(4)式より実効線量 S [Sv] を求めることができる。(5)式は人体の総内部被曝量に 1 個当たりの原子核崩壊により人体が吸収するエネルギー量をかけ、体重で割ったものである。

$$S(t) = \frac{I(t) \times 0.464 \times 1.6 \times 10^{-13}}{\text{Body Weight}} \quad (5)$$

キーワード 放射能, 移行割合, 移行係数, 山菜, 内部被曝

連絡先 〒112-8551 東京都文京区春日 1-13-27 中央大学理工学部 TEL : 03-3817-1805 E-mail : a14.76df@g.chuo-u.ac.jp

3. 生態系から山菜へのセシウム 137 の移行

農作物において、土壌から農作物可食部へ移行する放射性物質量を算出する場合は、移行係数を用いることが多い。移行係数とは、植物体中の放射性物質濃度を土壌中の放射性物質濃度で除したものである。しかし、森林では高さの異なる植物が共存しているため、放射性物質の移動は根系による吸収だけではない。放射性物質が雨水などにより落下し、植物表面に付着することによる移動も考えられる。清野ら(2015)は、移行係数では生態系内の放射性物質の移動を十分に表すことができていると指摘し、移行割合を提案している²⁾。移行割合は、放射性物質の根系による移動だけでなく雨水の落下などによる移動も考慮しており、生態系中の放射性物質濃度を用いて以下の式で表される。

$$Cs^{137} \text{ 移行割合} = A \cdot Cs^{137} \text{ 沈着量}^{B-1} \quad (6)$$

ここで、Cs¹³⁷ 移行割合は生態系から山菜可食部へのセシウム 137 の移行割合[m²・kg⁻¹]、Cs¹³⁷ 沈着量は生態系中のセシウム 137 沈着量[Bq・m²]、A 及び B は山菜の種類ごとに求まる係数である。本研究では、移行係数及び移行割合を用いて計算を行い、計算結果の考察を行う。さらに、摂取した山菜の放射能強度はすべて取り込み、人間は福島市で収穫された山菜を毎日 30 g 食べるとして人体における内部被曝線量の算出を行う。計算に用いる山菜の移行係数及び移行割合を表-1 に記す。

4. 結果及び考察

山菜を摂取した際の人体における総内部被曝線量を図-2に示す。ゼンマイを摂取した場合において、福島第一原子力発電所の事故から約3年(1,000日)後までの総内部被曝線量は移行割合及び移行係数を用いた場合でそれぞれ約1.5×10⁻⁵ mSv, 7.5×10⁻¹² mSvであった。人の経口摂取による年間総内部被曝線量は日本人平均で0.99 mSvである³⁾ため、3年間当たりの総内部被曝線量割合はそれぞれ、5.1×10⁻⁴%, 2.5×10⁻¹⁰%となり、非常に小さいことがわかった。さらに、移行割合を用いた総内部被曝線量に比べ、移行係数を用いた総内部被曝線量は小さくなることがわかった。つまり、危険側で計算するためには、移行割合を用いた方が良いことがわかった。

福島市で収穫された山菜を毎日 30 g 食べ続けた際の人体が受ける総内部被曝線量は、人体が 3 年間に受ける総内部被曝線量に比べ非常に小さい値であることを示した。このことから、農作物に比べ、特に高い放射能

表-1 計算に用いる山菜の移行係数及び移行割合の条件

山菜の種類	移行係数[-]		移行割合[m ² ・kg ⁻¹]	
	最大値	最小値	係数A	係数B
タラノキ	0.220	0.040	2.205	0.608
ウド	0.100	0.010	2.243	0.366
フキ(葉)	0.100	0.005	3.890	0.112
ミヤマライクサ	0.060	0.001	3.865	0.100
クサソテツ	0.025	0.005	3.434	0.349
ワラビ	0.280	0.010	2.329	0.347
ゼンマイ	0.100	0.020	1.321	0.697

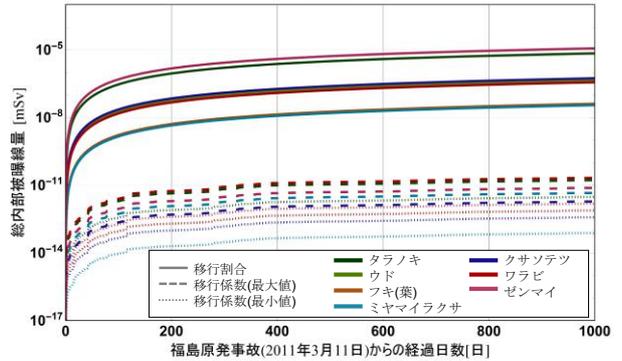


図-2 山菜を摂取した際の人体における総内部被曝線量
 人体における総内部被曝線量は移行係数を用いて算出した場合に比べ、移行割合を用いて算出した場合の方が高い値となる。

濃度が検出された山菜を摂取することにおいて、人体が受ける影響は極めて少ないことがわかった。

5. まとめ

本研究は、食事による放射性物質の人体への移行を水文学的アプローチで表現し、放射性物質を含む山菜を摂取した際の人体の総内部被曝量の算出手法を検討した。得られた知見を以下に示す。

- 1) 移行割合を用いて算出した場合の人体における総内部被曝線量は、移行係数を用いて算出した場合に比べ、高い値になることがわかった。
- 2) 福島市の山菜を摂取した際の人体の総内部被曝量は、人体の3年間の総内部被曝量に比べ非常に小さな値となり、福島市の山菜の放射能濃度は人体の総内部被曝量に影響を与えないことがわかった。なお、放射性物質の挙動の理論などについては、今後CommonMPに実装する予定である。

参考文献

- 1) 佐々木翔太: A Hydrologic-based Lumped Methodology for the Internal Dose Calculation, 中央大学博士学位論文, 2016.
- 2) 清野嘉之・赤間亮夫: 山菜と放射性物質, 水利科学, 36-50(2017年6月).
- 3) 環境省; 放射線による健康影響等に関する統一的な基礎資料(平成28年度).