

福島県内における住民の被ばく線量評価手法の開発 (1) 汚染土壌の経口摂取に関する被ばく線量評価モデルの開発



高原省五^{1,2}, 池上麻衣子², 米田稔², 近藤均², 石崎梓¹, 飯島正史¹,
島田洋子², 松井康人²



¹ 日本原子力研究開発機構, 安全研究センター

² 京都大学大学院 工学研究科

INTRODUCTION

- ◆ 福島第一原子力発電所(1F)事故後の汚染地域において、住民の被ばく線量は長期的な被ばく管理における重要な指標の一つ。
- ◆ 放射性セシウム汚染土壌の直接摂取は、特に子供の被ばくの観点から社会的関心の高い被ばく経路である。この経路による被ばく線量を評価するためには、(i)土壌摂取量、(ii)放射性セシウムの濃度上昇、(iii)セシウムの消化器系吸収率が必要。
- ◆ 消化器系吸収率は、金属に依存し、かつ、土壌の質にも依存する。このため、1F事故後の汚染地域における線量をより正確に評価するためには、現地の汚染土壌を用いた実験が必要となる。
- ◆ 本研究では、福島県内で採取したセシウム汚染土壌を用いて、土壌含有量調査に係る我が国の法令規定法である1N HCl抽出に加えて、国際的に一般的な生理学的抽出実験(PBET)を実施し、消化器系吸収率を評価する。

手に付着した汚染土壌の経口摂取シナリオ



EXPERIMENTS

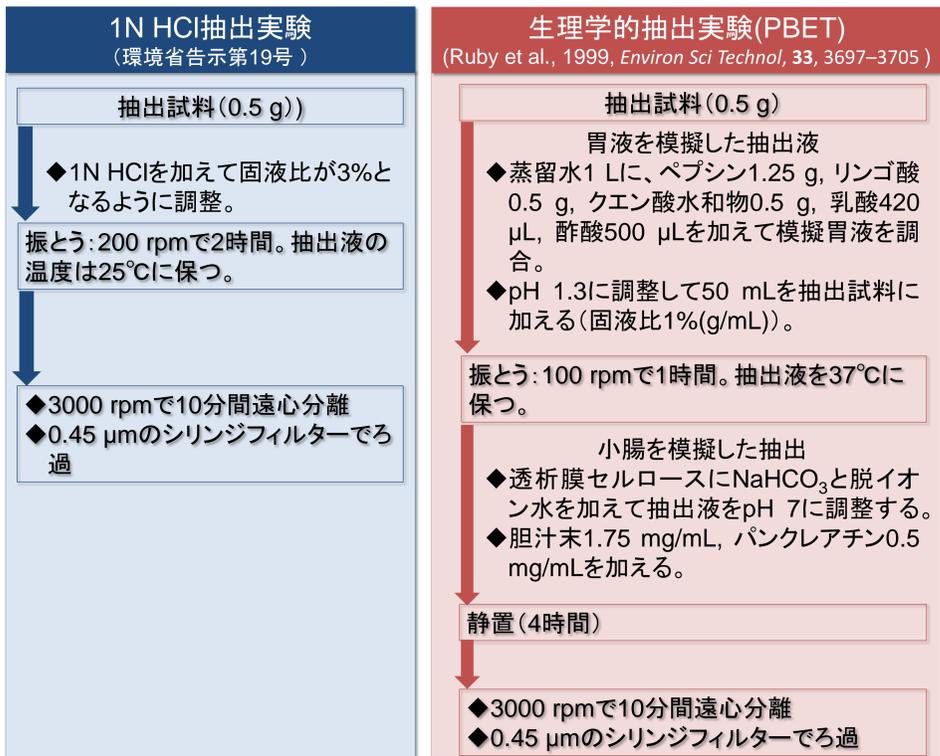
実験試料

- ◆ 試料採取
2014年9月、福島県伊達市霊山こども村内の未除染地点で、表面土壌をおよそ1-5 cmの深さで採取
- ◆ 抽出実験用サンプルの作成
45°Cで24時間乾燥(乾土試料の作成)、乾土試料を100 μmのふるいで6時間振とう

Sample No.	¹³⁷ Cs濃度 (Bq/kg)	粒径を100 μm未満の ¹³⁷ Cs濃度(Bq/kg)	濃度上昇係数(注3)	土壌pH(注1)	有機物含有量(注2)
2-4-1	51,800	156,000	3.0	5.32	13.0%
2-5-1	71,600	181,000	2.5	5.07	13.6%
2-6-1	67,300	174,000	2.6	5.00	12.9%
2-7-1	57,300	155,000	2.7	5.09	13.0%
2-8-1	37,400	98,600	2.6	5.06	14.6%
2-4-5	32,500	66,700	2.1	5.17	14.1%

注1: 土壌pHは、「土壌懸濁液のpH試験方法」(地盤工学会基準JGS0211-200)に基づいて測定。
注2: 有機物含有量は、「土の強熱減量試験」(JIS1226:2009)に基づく強熱減量として評価した。
注3: ふるい掛け(100 μm)前後による試料中濃度の比。

抽出実験



CONCLUSIONS

- ◆ 土壌の直接摂取による被ばく線量を評価するために、1F事故後の現地の土壌を用いて1N HCl抽出実験及びPBETを行い¹³⁷Cs汚染土壌からの消化器系吸収率を評価した。
- ◆ 実験の結果、PBETによるBioaccessibilityは5.4%±1%、1N HClによる抽出率は16%±3%となった。これらの両者には良い相関が観察されており、1N HClによる抽出率を用いて土壌の直接摂取によるリスクを保守的に評価できる可能性が示唆された。
- ◆ 土壌汚染対策法に準ずる方法で¹³⁷Cs汚染土壌の直接摂取による被ばく線量を評価したところ、子供及び大人のいずれに対しても1F事故後の各1年間での実効線量は長期にわたって数μSv/年程度となった
- ◆ この結果を一般化するためには¹³⁷Csと土壌の結合に関する長期的な変化や異なる土壌を用いた実験に基づくさらなる検討が必要である。

RESULTS AND DISCUSSION

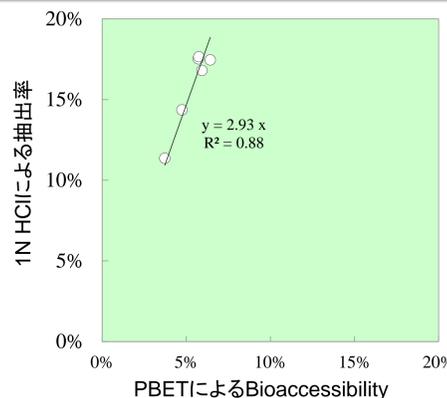
実験結果

Sample No.	1N HCl		PBET	
	固液比 (g/mL)	抽出率	固液比 (g/mL)	Bioaccessibility (小腸)
2-4-1	3%	17%	1%	5.9%
2-5-1		18%		5.7%
2-6-1		18%		6.4%
2-7-1		18%		5.7%
2-8-1		14%		4.7%
2-4-5	10%	11%	10%	3.7%
2-4-1		7.3%		0.8%
2-5-1		7.4%		1.1%
2-6-1		6.6%		1.2%
2-7-1		7.0%		0.9%
2-8-1	5.9%	0.9%		
2-4-5		4.6%		0.5%

- ◆ 吸収率は、1N HCl抽出で、16±3%。PBETで、胃 7.9±1%、小腸 5.4±1%となった。
- ◆ 固液比が高いと溶解が平衡に達することで、1N HClによる抽出率及びPBETによるBioaccessibilityを低く評価してしまうことが示唆された。

考察

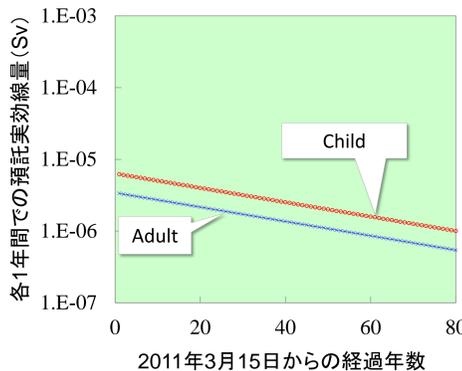
1N HCl抽出法の結果とPBETの結果との比較



- ◆ 環境省告示第19号に準ずる1N HClでの抽出率はPBETによるBioaccessibilityに対しておよそ3倍で良い相関関係が見られた。
- ◆ 1N HClによる抽出率を用いることでPBETによるBioaccessibilityを用いた場合と比較して十分保守的に健康影響を評価可能。
- ◆ 今後、性質の異なる他の土壌に対してもこの関係が利用できるか否か、さらなる検討が必要である。

放射線被ばく線量評価への適用

- ◆ 被ばく線量(Sv) = 土壌中¹³⁷Cs濃度(Bq/g) × 濃度上昇係数 × 土壌摂取量(g/日) × 摂取頻度(日) × 吸収率 × 線量換算係数(Sv/Bq)
- ◆ 接触頻度は保守的に毎日を仮定。摂取量は、子供200 mg/日、大人100 mg/日を仮定。
- ◆ 線量換算係数は、子供(1歳児) ¹³⁴Cs: 1.6 × 10⁻⁸ (Sv/Bq)、¹³⁷Cs: 1.2 × 10⁻⁸ (Sv/Bq)とした。



注意事項

- ✓ 伊達市で採取した土壌中¹³⁷Cs濃度の平均値として5.5 × 10⁴ Bq kg⁻¹を利用した。¹³⁴Csは汚染発生時に¹³⁷Csと同量存在するものと仮定。
- ✓ 放射能濃度の減衰については物理崩壊のみを考慮。核種の移行等による減衰は含まれていない。
- ✓ 人体における吸収は小腸が支配的として、小腸における吸収率5.4%を利用して評価。