



放射性核種に汚染された土壌の修復に用いる 改良剤の生産にまつわる組成と技術の開発 およびその適用効率の評価

Alexei Konoplev

環境化学研究生産協会「タイフーン」(ロシア、オブニンスク)

Leonid Moskalchuk

SSO 電力・原子力合同研究所 - 「ソスニー」 ベラルーシ、NAS

2012年2月3-4日 東京



www.istc.ru

チェルノブイリ事故(1986年4月26日)の遺産を環境の修復と回復の技術に使用することができる



チェルノブイリ事故の結果、大気中に放出され、長い距離を移動した放射性核種

^{137}Cs $85 \times 10^{15} \text{ Bq}$

^{134}Cs $54 \times 10^{15} \text{ Bq}$

^{131}I $1760 \times 10^{15} \text{ Bq}$

^{90}Sr $10 \times 10^{15} \text{ Bq}$

$^{239,240}\text{Pu}$ $0.07 \times 10^{15} \text{ Bq}$



www.istc.ru

チェルノブイリ事故の結果、放射性降下物が ヨーロッパのほとんどの地域に沈着したが、 最大の汚染地域はベラルーシ、ロシア連邦、 ウクライナであった



表4.1. 1986年のチェルノブイリ事故による放射性降下物で汚染されたヨーロッパの地域[4.1、4.4]

	¹³⁷ Cs沈着密度範囲ごとの面積(km ²)			
	37-185 kBq/m ²	185-555 kBq/m ²	555-1480 kBq/m ²	>1480 kBq/m ²
ロシア連邦	49 800	5 700	2100	300
ベラルーシ	29 900	10 200	4200	2200
ウクライナ	37 200	3 200	900	600
スウェーデン	12 000	—	—	—
フィンランド	11 500	—	—	—
オーストリア	8 600	—	—	—
ノルウェイ	5 200	—	—	—
ブルガリア	4 800	—	—	—
スイス	1 300	—	—	—
ギリシャ	1 200	—	—	—
スロベニア	300	—	—	—
イタリア	300	—	—	—
モルドバ共和国	60	—	—	—



解決すべき2つの大きな環境問題

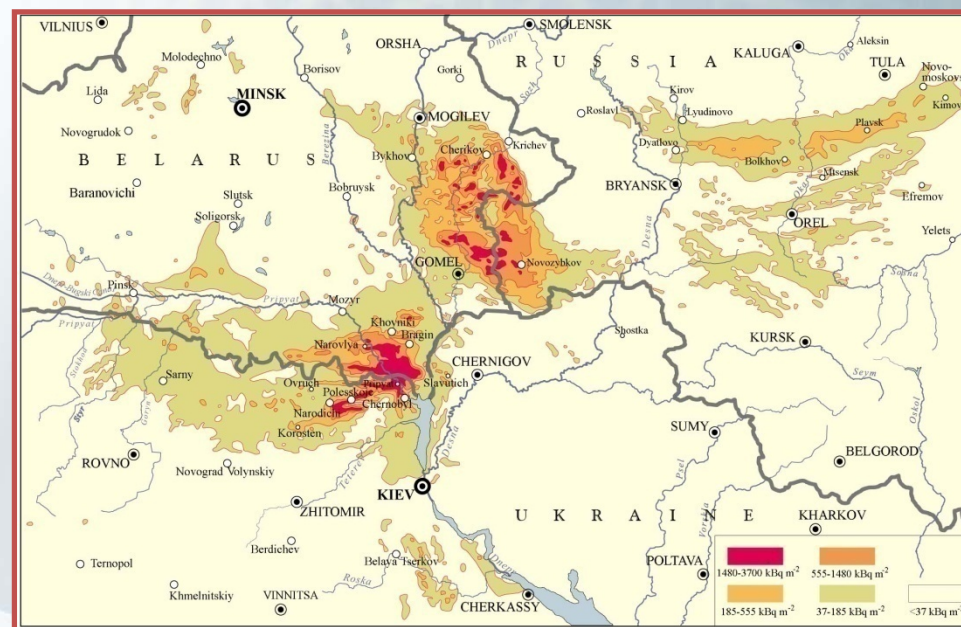


➤ 産業廃棄物の利用



発生量(単位:100万トン/年):

1. 粘土・塩スライム = 2.0
2. 加水分解リグニン = 0.24
3. 燐酸せっこう = 0.42



➤ チェルノブイリ事故の結果、¹³⁷Cs と ⁹⁰Srで汚染された土地の修復



www.istc.ru

プロジェクト3189の目的



- ^{137}Cs と ^{90}Sr で汚染された土壌の修復に用いる効率的で経済的に安全な改良剤を、産業廃棄物と天然原料に基づいて開発すること
- 修復の一環として、このような対策の効力を予測する方法とモデルを開発すること



調査の目的



原料物質



粘土・塩スライム – 粘土鉱物を含むカリウム製品の廃棄物



加水分解リグニン – パルプ製品の廃棄物



腐泥 – 有機物に富む湖底堆積物

有機無機混合物

二元、三元、四元

土壌

SPS-1- RB	浮砂土の上に横たわるジョールンポドゾル砂質土 ベラルーシ
SPS-2- RB	ジョールンポドゾル性ローム質砂土 ベラルーシ
SPS-3- RB	ジョールンポドゾル性の軽ローム質土 ベラルーシ
SPS-4-RB	ジョールンポドゾル性ローム質土 ベラルーシ
SS-1-RB	岩の上に横たわる浮砂土 ベラルーシ
SPS-RF	ジョールンポドゾル性浮砂土 ロシア連邦
HGS-RF	腐植土 – 粘土ローム質砂土 ロシア連邦



www.istc.ru

プロジェクト3189の目標



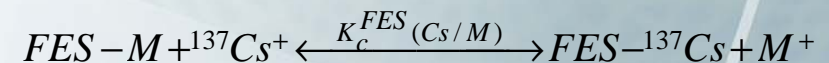
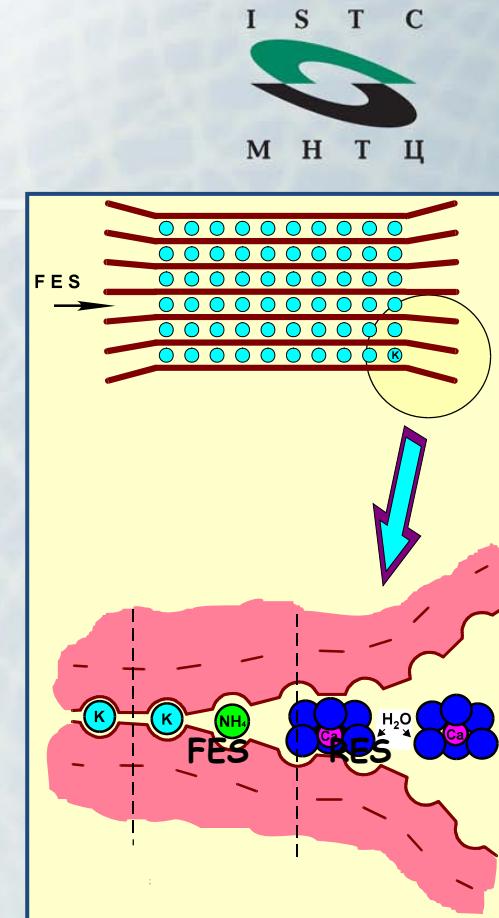
- 土壌、収着剤、改良剤の主要パラメータ(土壌溶液の組成、土壌相の吸着特性、放射性核種固定の動的および平衡パラメータ)を決定する
- 成分の特性と比率を用いて、土壌-改良剤混合物の主要パラメータを評価する方法を開発する
- ベラルーシとロシアの汚染された土地の典型的土壌への改良材適用の効力を評価し、その使用について勧告を作成する
- 改良剤の最適な組成を確立する



放射性セシウムの 選択的吸着と固定

土壌中の放射性セシウム
保持率が高いのは、以下
の2つの主たるプロセスが
原因である

- イライト粘土鉱物への
選択可逆的吸着
- 固定



$$RIP^{ex}(M) = K_d^{ex}(\text{Cs}) \times m_M = K_c^{FES}(\text{Cs}/M) \times [FES]$$



土壌中の放射性セシウムと放射性ストロンチウムの分配係数 K_d



$$K_d(^{137}\text{Cs}) = \frac{RIP(K)}{([K^+]_w + K_c(N/K)[NH_4^+]_w)}$$

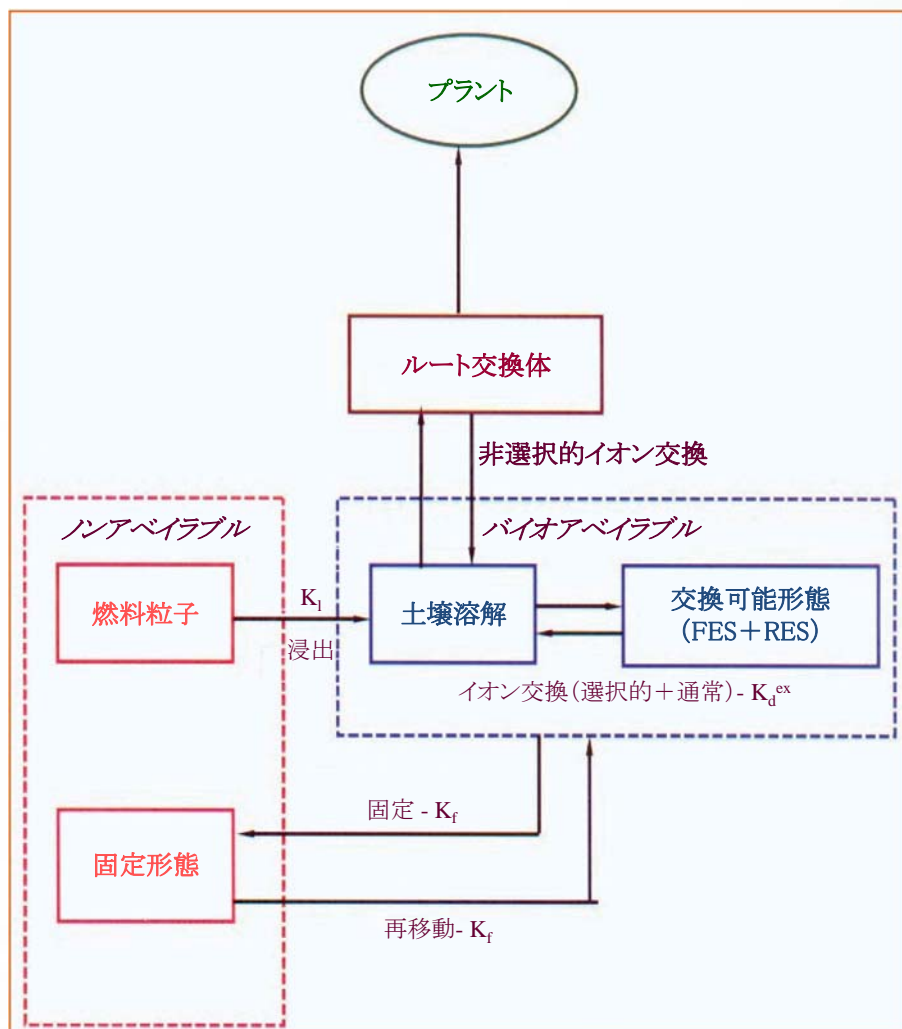
粘土・塩スライムは土壌のRIPを増加させる

$$K_d(^{90}\text{Sr}) = \frac{CEC}{[Ca]_w + [Mg]_w}$$

有機腐泥と加水分解リグニンは土壌のCDCを増加させる



放射性核種の土壌-植物移動の 概念モデル



- 放射性セシウムバイオアベイラビリティ ~ $1/RIP$
- 放射性ストロンチウムバイオアベイラビリティ ~ $1/CEC$



原料成分と土壌の化学的特性

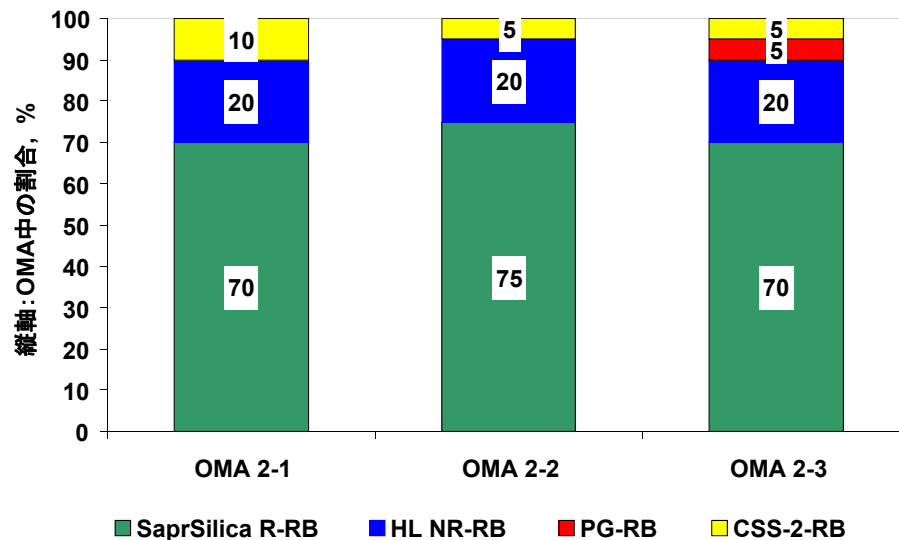


サンプルコード	C _{org} , %	pH _{KCl}	CEC, cmol _c kg ⁻¹	RIP(K), mmol kg ⁻¹
CSS-1-RB	1,50±0,12	7,7	14.2±1.0	6343±1120
CSS-2-RB	1,96±0,29	7,3	162.±1.0	3041±334
PG-RB	0,05±0,01	4,9	-	17.6±1.6
HL AR-RB	34,6±1,7	3,0	100±3	7,2±0,8
HL NR-RB	47,8±2,4	6,3	64.3±0.8	23,3±1,8
HL DR-RB	39,8±1,9	2,8	72.4±2.0	32,2±1,2
SaprSilica R-RB	14,3±0,6	4,7	69.6±5.0	596,7±0,3
SPS-1- RB	0,30±0,05	4,2	8.7±1.6	35.1 ±1.2
SPS-RF	0,62±0,03	3,6	5.7±0.3	440 ±70
HGS-RF	8,6±0,6	3,2	33.9±0.4	1200 ±70

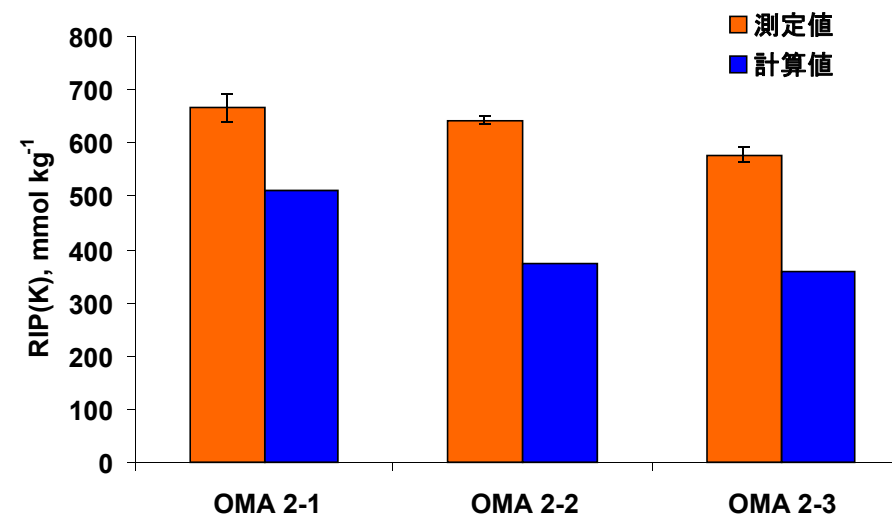


二元、三元のOMAにおけるRIP

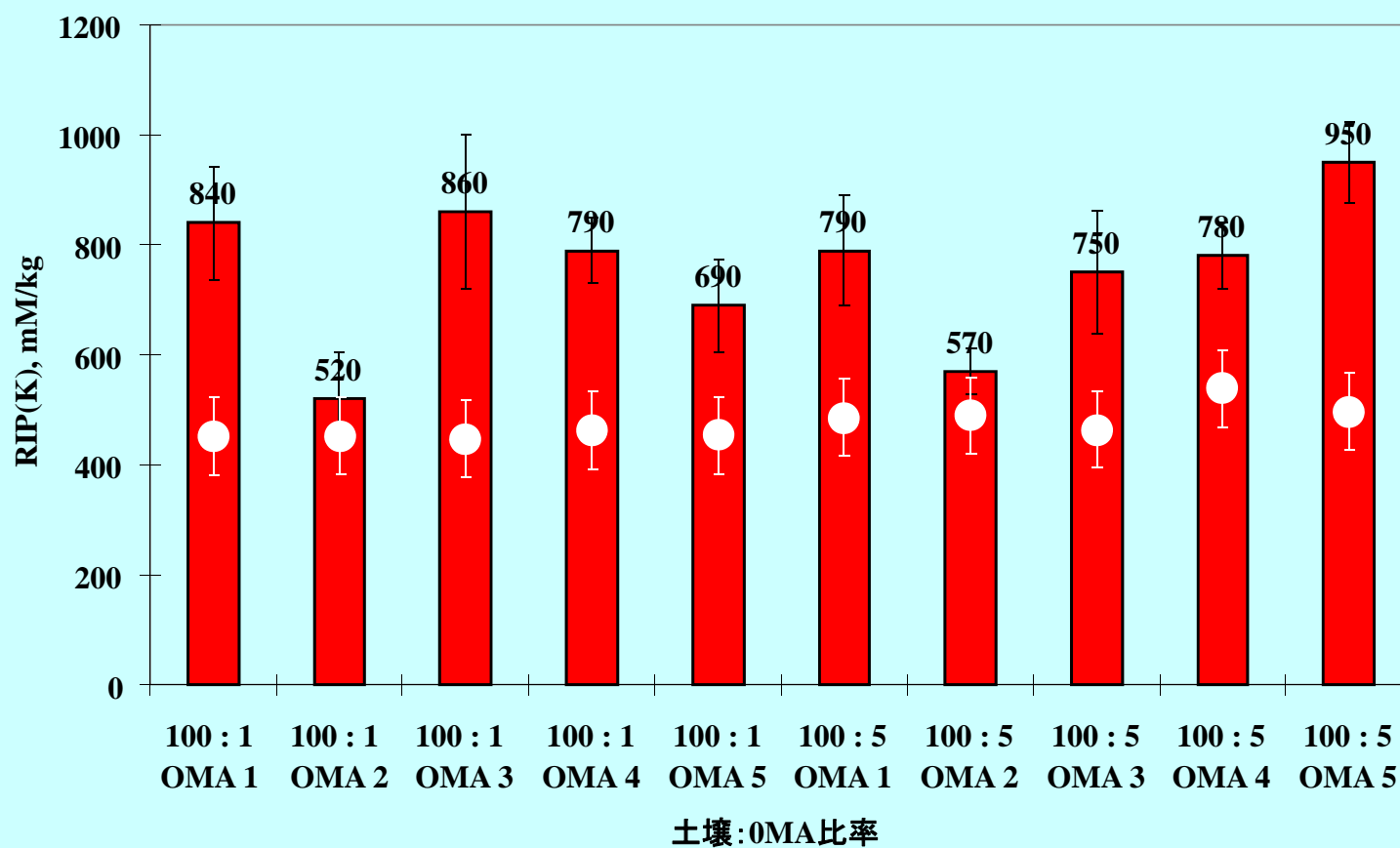
OMAの組成



$$\frac{RIP(K)_{\text{実験値}}}{RIP(K)_{\text{計算値}}} = 1.3 - 1.7$$



OMAで改良したSPS-RFのRIP(K)



有機無機改良剤の効力



- OMAを生産するために有機成分と無機成分を混合すると、原料物質に比べて、RIP(K)が最高2倍まで増える
- OMAの適用は、原土壌に比べて、放射性セシウムの土壌-植物移動を最高10倍まで減らすことができる
- 研究した土壌(ローム質砂土からロームまで)の大半で、OMAを5~10%適用すると、植物による放射性ストロンチウムの取込みを1.5~2.5倍減少させることができる。やせた砂質土壌での放射性ストロンチウムの植物への移動減少は500~600倍に達する可能性がある。従って、これらの収着剤を適用することはやせた砂質土壌で最も効果的である。



ISTCプロジェクト3189の結果



- **ベラルーシ共和国の特許:**

- 《放射性セシウムで汚染された土壌の修復に用いる組成》 (特許番号 10909 2008年4月23日取得)
- 《放射性セシウムの固定方法》 (特許番号 11011 2008年5月22日取得)

- **出版および会議への参加:**

- 23の論文および報告書
- 国内外の18の会議におけるプレゼンテーション

- **改良剤組成に関する技術仕様書 (TS BY 190341033).**



特許



www.istc.ru

結論



- 有機原料物質（腐泥と加水分解リグニン）および燐酸せっこうは、植物による放射性ストロンチウムの取込み低減に用いる改良剤の有望な成分である。
- 粘土・塩スライムを含む改良剤は植物による放射性セシウムと放射性ストロンチウム両方の取込みを低減するものとして最も有望である。
- ^{137}Cs と ^{90}Sr の吸着と固定に同時に用いられる有機無機改良剤中の成分の最適比率は、腐泥が 75～70%、加水分解リグニンが 20%、粘土・塩スライムが 5～10%、および、燐酸せっこうが 5% である。



結論



- ・ 研究した土壌(ローム質砂土からロームまで)の大半で、OMAを5～10 % 適用すると、植物による放射性ストロンチウムの取込みを1.5～2.5倍減少させることができる。やせた砂質土壌での放射性ストロンチウムの植物への移動減少は500～600倍に達する可能性がある。従って、これらの収着剤を適用することはやせた砂質土壌で最も効果的である。
- ・ ジョールンポドゾル土壌に関しては、改良剤の適用量を2~4%と提言する。
- ・ OMA適用率は、土壌のタイプにより50~120トン/ヘクタールとする。



ご注目いただき ありがとうございます



ご質問は？



www.istc.ru