

東洋大学学術研究推進センターシンポジウム
2012年1月7日(土)東洋大学白山校舎

放射性物質による土壤汚染

東洋大学経営学部 関 勝寿

Web: http://www2.toyo.ac.jp/~seki_k/

Twitter: @seki

1

自己紹介

- 専門は環境科学、土壤物理学
- 農業環境技術研究所の土壤化学の専門家と、
土壤中の放射性ストロンチウム長期モニタリ
ング結果解析に関する共同研究をした。
(Yamaguchi, Seki, Komamura and Kurishima,
2007)
- 福島原発事故以降、さらに放射能について
学びながら、土壤汚染と対策について論文
(総説)を執筆。

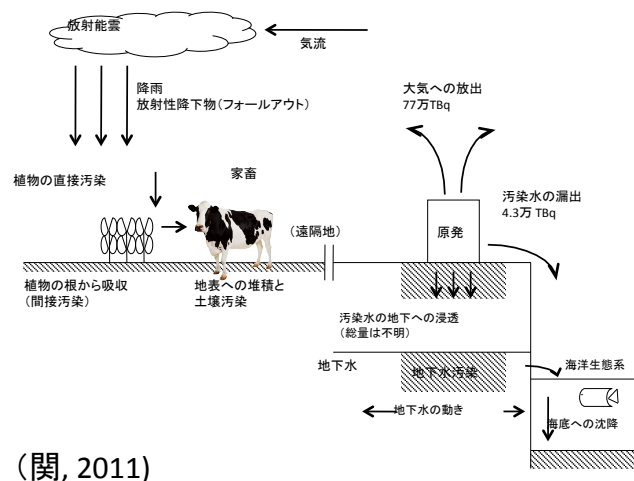
2

添付論文「福島原発事故による 土壌の放射能汚染対策」(関, 2011)

1. 序論
2. 福島原発事故による放射性物質の拡散
3. 土壌汚染とその影響
 1. 土壌汚染と空間線量の増加
 2. 土壌中の放射性物質の挙動
 3. 食品汚染
4. 土壌汚染対策
5. 結論

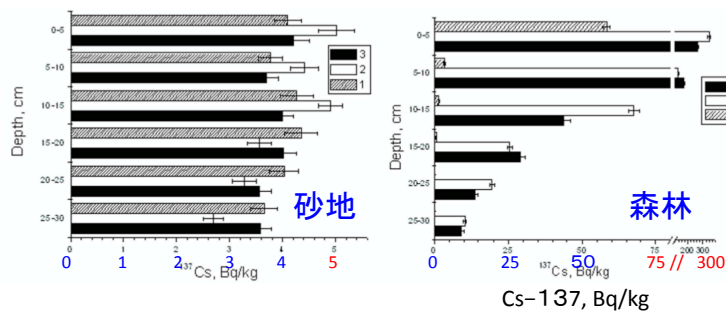
3

放射性物質拡散の様子



4

土壌中の放射性セシウムの挙動



- チェルノブイリ事故から**17年後**、リトアニア沿岸におけるセシウム137の鉛直分布 (Druteikienė et al., 2011)

5

福島県水田、事故2ヶ月後のCs分布

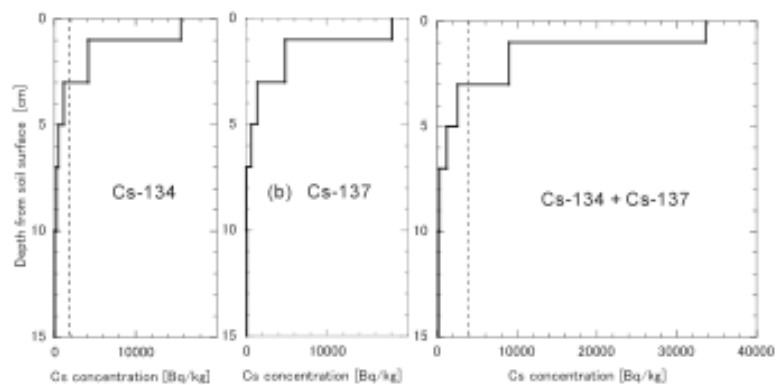
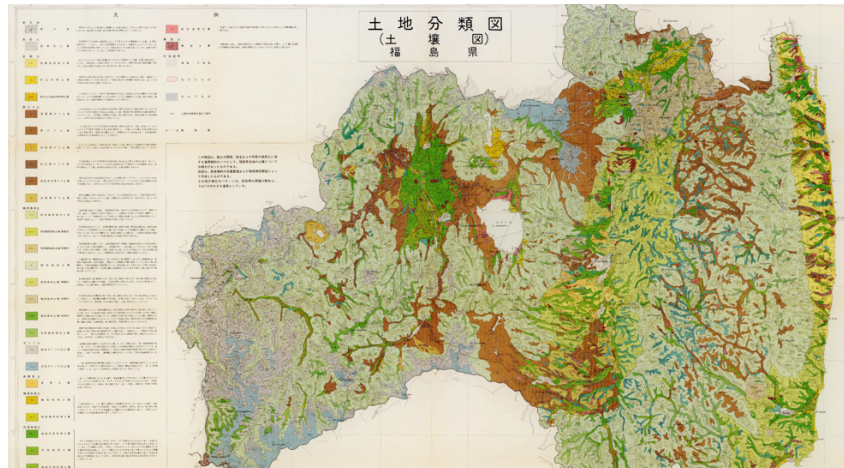


Fig.1 Radioactive Cs concentration profiles in soil on may 24th, 2011 in undisturbed paddy field (solid line) and plowed paddy field (dashed line).

(塩沢ら, 2011)

6

福島県の土壌分布



褐色森林土壌と低地土壌が多い、黒ボク土は少ない

国土交通省ホームページ・土地分類基本調査より

土粒子の大きさと土性

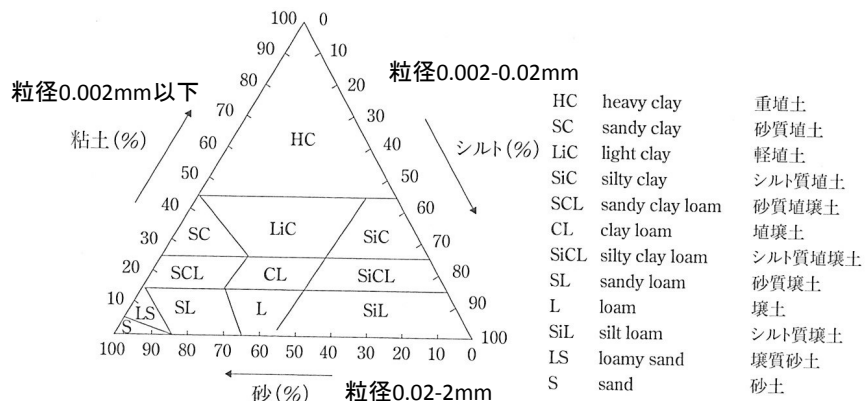
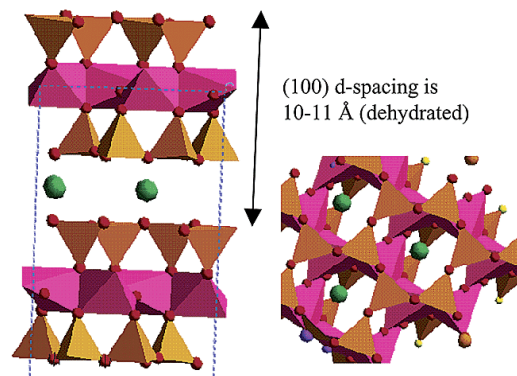


図 6.8 国際土壌科学会法による三角座標と土性名⁶⁾

(宮崎毅・西村拓, 2011)

粘土へのセシウム吸着

- エッジサイトへの吸着がメイン
- 層間へ入り込むと、強く吸着



(Bostic et al., 2002)

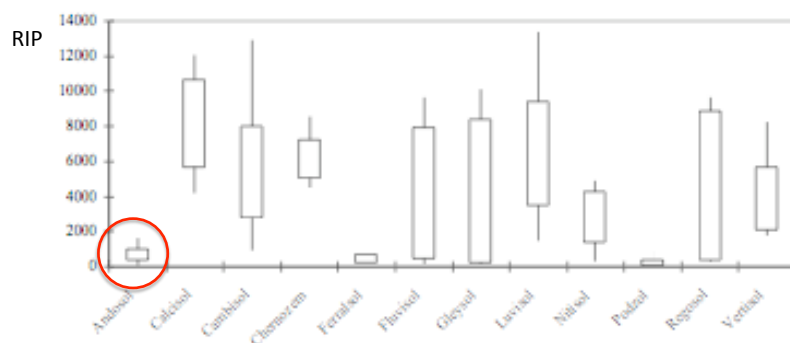
9

セシウム吸着力の指標

- 粘土含量 (粘土に吸着する為目安になる)
- CEC (陽イオン吸着容量)
- RIP (放射性セシウム潜在遮断性)
= Cs-137-K の選択係数 × エッジサイトの吸着容量
- セシウム吸着力が大きいと
 - 作物への移行がしにくい
 - 下方への浸透がしにくい

10

土壌による吸着力の強さの違い



(Vandebroek et al., 2009)

Andosol (火山灰土壌、黒ボク土) はセシウムの吸着力が小さい

11

土壌から作物への移行

- 農地土壌中の放射性セシウムの野菜類と果実類への移行について(農水省)

<http://www.maff.go.jp/j/press/syouan/nouan/110527.html>

- $$\text{移行係数} = \frac{\text{農作物中のセシウム137濃度}}{\text{土壌中のセシウム137濃度}}$$
- コメは表に書かれていないが、玄米への移行係数が0.1とされている

12

福島のコメについて

- 5000 Bq/kg 以上に汚染された水田は作付け禁止、土壌から玄米への移行係数が0.1以下なので暫定規制値500Bq/kg 以下になることが期待された。
- 当初は暫定規制値を大幅に下回る値が出ていたが、暫定規制値を上回るものも出た。
- 放射性物質緊急調査の結果「放射性セシウムを含む米が生産された要因の解析(中間報告)」(福島県、農林水産省, 2011/12/25)が、福島県農業振興課ホームページで公開された。

13

放射性物質緊急調査

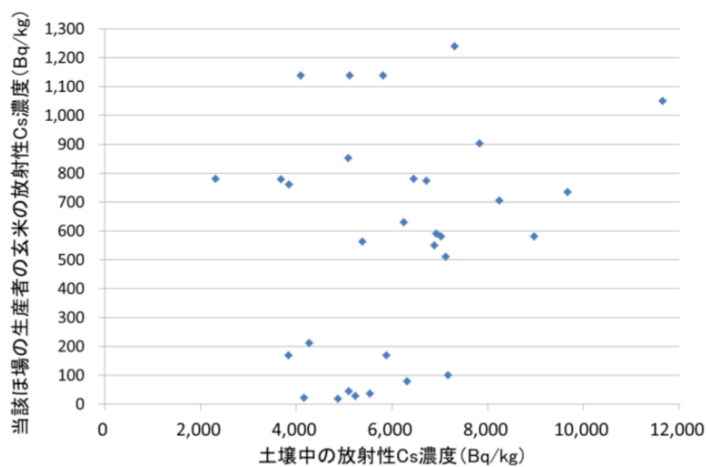


図2 土壌及び米の放射性セシウム濃度の関係

(福島県、農林水産省, 2011)

14

環境省：除染関係ガイドライン

- 2011年12月14日に公開開始
<http://www.env.go.jp/jishin/rmp.html>
- 0.23 μ Sv/時以上の市町村を環境省が汚染状況重点調査地域に指定
<http://www.env.go.jp/press/press.php?serial=14598>
- 市町村が調査測定、除染を実施
- 除染対象物ごとに、除染方法の解説：建物など
工作物、道路、土壌（校庭、庭園、公園、農用地）、芝地、生活圏の樹木、森林、河床の堆積物
- 収集、運搬方法、保管について

15

土壌汚染の対策

- 2011年9月14日、農水省「農地土壌の放射性物質除去技術（除染技術）について」中間報告
<http://www.s.affrc.go.jp/docs/press/110914.htm>
- その結果も踏まえて土壌汚染対策をまとめた（関, 2011）が、有効なのは表土除去と天地返し。
- とはいえ、お金と時間がかかる。
- 表土除去した土壌をどこで管理するか？処分場の問題。

16

表土除去

- セシウム汚染は土壌表層にとどまっているので、表層をはぎ取って処分すれば良い。
- 耕作した農地では、耕作した深さまでセシウムが攪拌されている。
- 砂質土壌で時間が経つと、下方へ移動する。深さの分布を調べる必要あり。
- 広大な汚染地を処分すると、処分する土壌は膨大な体積になる。処分場の確保が問題。

17



@seki
Katsutoshi Seki

土壌汚染の著しい地域を特定して、農地の表土数cmをはぎ取って低レベル放射性廃棄物として処分、あたりでうまく防げるかどうか？

25 Mar via web ☆ Favorite ↶ Reply 🗑 Delete

[About](#) [Help](#) [Blog](#) [Status](#) [Jobs](#) [Terms](#) [Privacy](#) [Advertisers](#) [Businesses](#) [Media](#) [Developers](#) [Resources](#) © 2011 Twitter

<http://twitter.com/#!/seki/statuses/51140129863106562> (2011年3月25日)

18

固化材を使う技術

- 校庭のように固められたところであれば機械で表土除去ができる。
- 水田の表土をきれいに除去するのは難しい。
- 水田の表面にマグネシウム系固化材を散布して、はぎ取りやすくする技術を農村工学研究所が開発中。

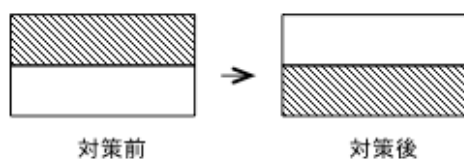


写真: <http://www.s.affrc.go.jp/docs/press/110914.htm>

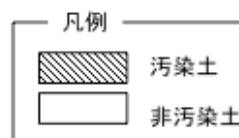
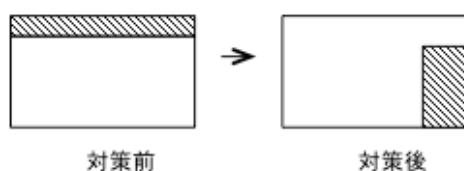
19

天地返し

(A) 天地返し



(B) 天地返しへの応用



(関, 2011)

20

カリウムの施肥

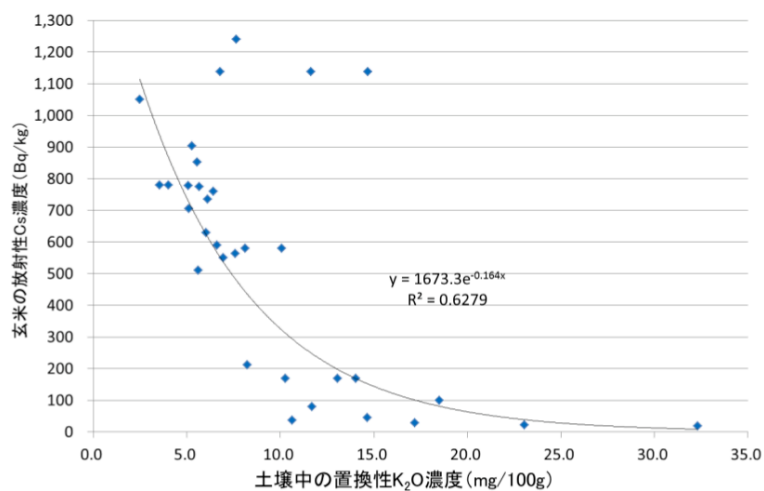


図4 土壌の置換性カリウム濃度と玄米の放射性セシウム濃度との関係
(福島県、農林水産省, 2011)

21

転作

- 移行係数が小さい作物へと作目を変える。
- チェルノブイリ原発事故の際は、放射性セシウムをたくさん取り込む家畜の飼料植物を栽培しないようにした。
- 作目を変える事は、農家にとって、必ずしも簡単ではない。

22

ファイトレメディエーション

- 植物に吸収させる。
- ヒマワリの実験結果は、吸収率が低いため実用的な除染方法ではない。
- 植物体の安全な回収方法が課題。
- 植物が根を張る深さと汚染深度との関係。

23

化学的洗浄

- 土壌に吸着しているセシウムを薬品(分散剤、キレート剤)で洗浄する(引きはがす)
- カドミウム等の重金属汚染と比べると濃度が1000分の1以下であり、洗浄はより難しい。
- 玄米の放射性セシウム暫定規制値500Bq/kgは、濃度が0.16 ppb (1億分の0.16)。カドミウム汚染は、0.4ppm (100万分の0.4)以上を食糧庁が買い入れ。

24

まとめ

- セシウムは土壌中の粘土に強く吸着しているため、通常は下方への移動と作物への移行がしにくい。ただし、粘土分が少ない土もあり、土の性質をよく調べる必要がある。
- 土壌除染の手法は色々と試験されていて、有効性が確認されているのは表土除去と天地返し。
- 除染には費用と時間と処分場の土地が必要。コストを見積もる必要がある。

25

引用文献

- Yamaguchi, N., Seki, K., Komamura, M. and Kurishima, K. (2007) "Long-term mobility of fallout 90Sr in ploughed soil, and 90Sr uptake by wheat grain," *Science of the Total Environment*, Vol. 372, Nos. 2-3, pp. 595-604.
- 関勝寿 (2011) 福島原発事故による土壌の放射能汚染対策. 経営論集 78, 13-26.
- 駒村美佐子・津村昭人・山口紀子・藤原英司・木方展治・小平潔 (2006) 「わが国の米、小麦および土壌における90Srと137Cs濃度の長期モニタリングと変動解析」『農業環境技術研究所報告』第24号, 農業環境技術研究所, pp. 1-21.
- Druteikien, R., Morkunienė, R. and Lukšien, B. (2011) "Distribution of artificial radionuclides in the Baltic seaside environment," *Lithuanian Journal of Physics*, Vol. 51, No. 1, pp. 75-81.
- 塩沢昌・田野井慶太郎・根本圭介・吉田修一郎・西田和弘・橋本健・桜井健太・中西友子・二瓶直登・小野勇治 (2011) 「福島県の水田土壌における放射性セシウムの深度別濃度と移流速度」*Radioisotopes*, Vol 60, Number 8, pp. 323-328.
- 宮崎毅・西村拓 (編) (2011) 「土壌物理実験法」東京大学出版会.
- Bostick, B.C., M.A. Vairavamurthy, K.G. Karthikeyan and J. Chorover (2002) "Cesium adsorption on clay minerals: an EXAFS spectroscopic investigation," *Environmental Science and Technology*, 36: 2670-2675.
- Vandebroek, L., van Hees, M., Delvaux, B., Spaargaren, O. and Thiry, Y. (2009) "Acid extraction as a predictive tool of Radiocaesium Interception Potential (RIP) in a worldwide scale," *Radioprotection*, Vol. 44, No. 5, pp. 635-638

26