

被曝農業時代¹を生きぬく²

第8回

コメの放射性セシウム暫定規制値超えの新説登場！
「落ち葉や雑草を介した」有機物媒介説を検証する

本誌副編集長・浅川芳裕

福島県産の米から、国の暫定規制値を超える放射性セシウムが検出された問題で、その原因究明が行われている。2月18日に、東京大学の研究者による「第2回放射能の農畜産水産物などへの影響についての研究報告会」が行われた。そこでは、農学生命科学研究科の塩沢昌教授が、放射性セシウムのイネへの移行は有機物が介しているのではないかという見解を新たに報告した。サイエンス・ライターの佐藤成美氏が、塩沢教授にその詳細や今後の対策について取材した。

 用水ではなく有機物？

昨年12月に発表された農林水産省と福島県の間報告によれば、コメの暫定規制値超えは、同じ地区の中でも特定の区域の水田で局所的に発生しており、山間部の山林に囲まれた狭い水田（谷地田）が多かった。背後に山林があり、落ち葉などの層

を經由して、灌漑水が直接流入する立地条件が見られたことなどから、谷地田では降雨時に山から流れ込む湧き水や、用水から高濃度セシウムが流入したという説がコメの規制値越えの原因として有力視されていた。ところが、東京大学大学院農学生命科学研究科の塩沢昌教授は「規制値越えの原因は、用水ではなく水田にあった落ち葉や雑草などの有機物が媒介した」という有機物仮説を発表した。

原発から降ってきた大気中の放射性セシウムは水田の表面を覆っていた落ち葉や雑草など有機物に付着した。浸透量の少ない、すなわち水はけの悪い水田では、水の動きが少ないため有機物がいつまでも水田の表面にとどまっていた。やがて、夏場の高温の時期になると、有機物の分解が進み、そのときに湛水だった水田では放射性セシウムが水に溶けた状態になる。そのため、有機物由来

の放射性セシウムがイネの根から吸収されたのではないかという（図1）。放射性セシウムはイネの穂にのみ検出された。穂の出る時期が夏であることから、放射性セシウムの移行時期は夏と考えられている。「この説なら、放射性セシウムの移行時期も一致するし、山からの水が流入しない平坦地の水田で規制値越えが起こった原因も説明できます」と塩沢教授は語る。

 放射性セシウムは次第に吸収されにくくなる

塩沢教授らは、土壌中の放射性セシウムの挙動を調査してきた。放射性セシウムは、事故直後は水に溶けた状態だったが、やがて土粒子の電荷によりカルシウムイオンやカリウムイオンなどともに土壌に弱くひきつけられる。さらに、時間がたつと、粘土鉱物に強く固定される。固定された放射性セシウムは、移動できない

いので植物から吸収されることはない。これは、セシウムの固有の性質である（図2）。

調査結果によれば、事故直後の2、3カ月の間の放射性セシウムは、水の動きの10分の一〜20分の一の早い速度で土壌中を移動し、植物に吸収されやすい状態であった。6月以降は、移動速度が水の動きの200分の一と急速に低下し、植物に吸収されにくい状態に変わった。このように、放射性セシウムは次第に植物に吸収されにくい形になるため、今生えている雑草には放射性セシウムは含まれていない。「それにもかかわらず、なぜ夏まで植物に吸収されやすい水溶性の形のままで放射性セシウムは存在できたのか、解明しなければと思ったのです」と塩沢教授は話す。

 二枚目の水田だけ高い値

福島県二本松市の水田は、三方を

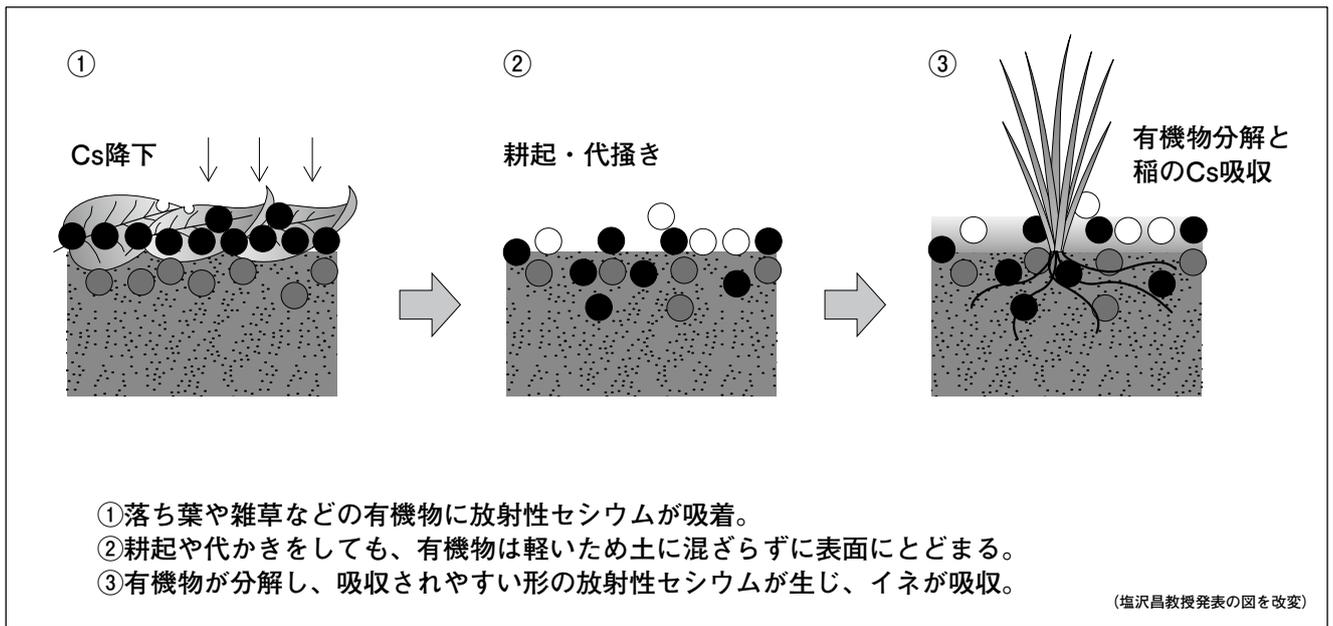


森林の生態系での放射性セシウム

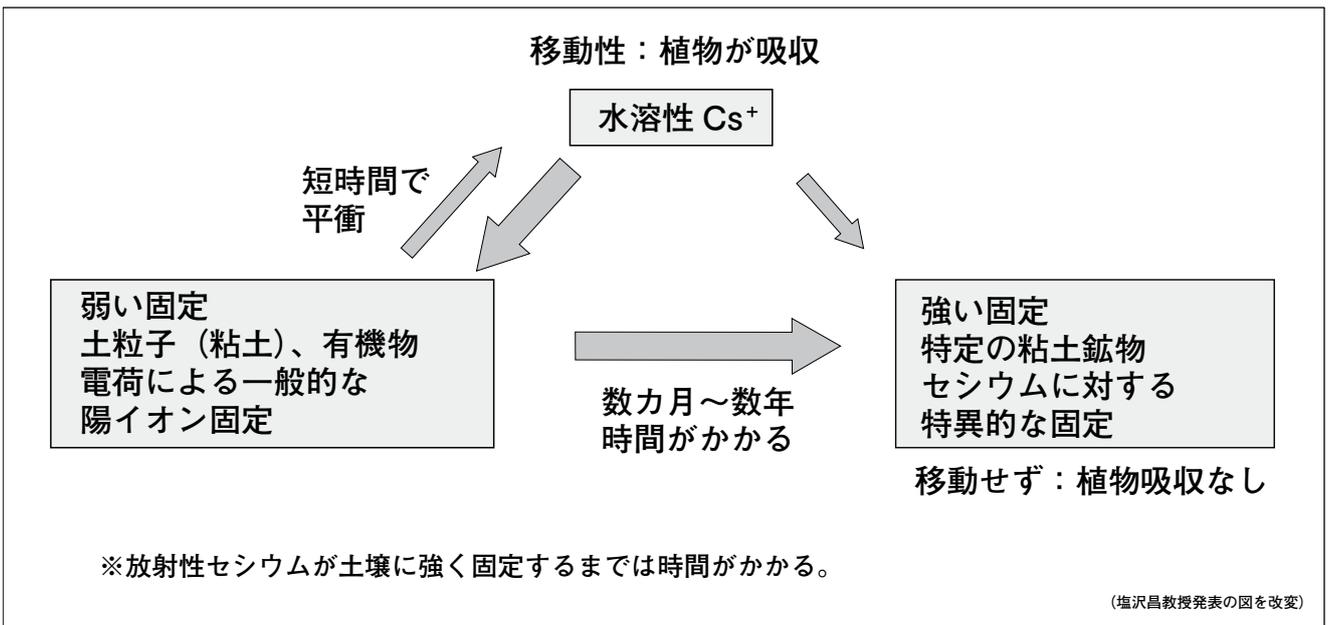
「二本松の水田の例はかなり特殊」としながら、放射性セシウムのイネへの移行割合が大きい水田の調査を続けた。津波を受けた水田や粘土質

山に囲まれ、北斜面の棚田だ。一番山側の1枚目の水田から、2枚目、3枚目と5枚の水田が段となってつぐられ、1枚目の水田から水をひき、順次全部の水田に流れている。この水田で収穫したイネは、2枚目の水田のみ、1キログラム当たり5000ベクレルとなった。「もし、用水が原因ならほかの水田もすべて規制値越えとなるはず」である。しかも、土壌中の水分や引いている湧水の放射線の線量は低かった。土壌中の放射性セシウムの鉛直分布を調べたところ、表層0〜2センチメートルの部分の放射性セシウムの濃度が高く、放射性セシウムが土と十分に混ざっていないことがわかった。さらに、冬の間の水田の様子を見ると、2枚目の水田には水がたまっていたが、ほかの水田は水がわずかにたまっているか、全くたまっていない状態だった。2枚目の水田は水はげが悪いことも判明し、同じ場所でありながら、個々の水田の性質は異なっていた。

■図1 有機物を介した放射性セシウムの吸収



■図2 放射性セシウムの土壌への固定のプロセス





の水田などさまざまな性質の水田の調査を続けた結果、共通の特徴が浮かび上がってきた。それは、どの水田も、放射性セシウムが降下した時に水田の表面が落ち葉や雑草などの有機物に覆われていたこと、浸透量が小さいこと、そして耕起や代かきが行われていたにも関わらず土壌表面の放射性セシウムの濃度が高いということだ。

有機物は軽いいため、代かきをして水田の表面に浮いてしまい水田の内部に混ざらなかつた。浸透量の小さい水田では、水はけが悪いのでいつまでも同じ水がたまっている。そのため、放射性セシウムの付着した有機物がいつまでもその場で浮いていて、温度の上昇とともに有機物が分解した。「浸透量の少ない水田では、水があまり動かないので酸素の量が少ないと考えられます。そのため、有機物の分解の速度が遅く、夏まで水中にとどまってしまうたのでしよう」と塩沢教授は話す。

ただし、浸透量の少ない水田でも、秋おこしをした水田では放射性セシウムの移行が少ない傾向があるという。放射性セシウムが降下した時、水田の表面に雑草がなかったため、放射性セシウムを付着した有機物が少なくなり、移行も少なくなつたと塩沢教授は考えている。



用水が要因ではない

塩沢教授らは、水田の土壌の浸透量が放射性セシウムの吸収を左右し、イネの規制値越えの要因となつていてと考える。土壌が水を浸透させる能力を浸透力や浸透性といい、これは土壌の粒子の大きさ、化学組成、さらには粒子同士の隙間の大きさや分布などで決まる。1日あたりの浸透量は平均10ミリ程度だが、水田によっては0〜40ミリ程度と多様で、水田に外部から入ってくる用水量は、浸透量とほぼ等しい。浸透量が多い水田ほど、入り込む用水量が多くなり、外部から物質がたくさん流れ込むことになる。用水が放射性セシウムの流入の要因ならば、浸透量の多い水田ほど外から放射性セシウムの流入が多くなり、イネへの放射性セシウムの移行は多くなるはずである。ところが、浸透量の多い水田ではコメへの放射性セシウムの高い吸収は生じていなかったという。

「放射性セシウムが規制値を超えた水田では浸透量が小さいばかりでなく、用水を引きこんでいないところもありました。ですから、用水がセシウムの吸収の大きな原因とは考えにくいのです」

土壌中のカリウムの量が少ないと



土自体が吸着材

放射性セシウムの吸収が増加することが知られている。水中にカリウムが含まれている、平均的な用水量ならばイネには十分な量のカリウムが供給される。一方、浸透量が少なければ用水から供給されるカリウムの量も少なくなり、放射性セシウムが吸収されやすくなる。土壌のカリウムの影響は、浸透量の影響も重ね合わさっているのではないかと塩沢教授は推測する(図3)。

次の作付けにむけて、イネへのセシウム移行を防ぐためには、塩沢教授は次のようにアドバイスする。

「すでに、耕起した水田では、田植え前に田んぼの表面をよく乾かし、土壌をよく混ぜてください。よく混ぜることによって、放射性セシウムが付着した有機物の分解をより促し、放射性セシウムの粘土への固定を進ませることができまます」

まだ耕起していない水田で、津波をかぶって、放射性セシウムを付着した有機物が表面に残っている場合は、それを取り除くとよいという。

今、除染で一番効果があるとされているのは、土を削りとること。そうすれば、作物への放射性物質の移行や地域の線量を下げることにはなる。しかし、削り取った土を運ぶの

にコストがかかるし、処理をどうするかという問題がある。

「土には放射線を遮蔽する効果がありますので、けずりとった土は埋めるといいです。水田ならイネが根を張るのはせいぜい15センチまでなので、地表から30センチぐらい下に埋めてしまいます。下の層にいい土があるならば、反転させるのもいいと思います」

「土自体が放射性セシウムが一番の吸着材なのです」と塩沢教授は続けた。植物は土が固定した放射性セシウムを吸収できないので、作物への移行は少ない。土の中では、放射性セシウムは土に吸着されて動きにくい形であることを考慮した上で、対策や除去法を検討すべきということだ。



東大が政府の作付制限を批判

さて、今年の作付けはどうなるのか。「雑草や落ち葉は、分解が進み腐植として、土壌に含まれています。この有機物の分解がさらに進み、粘土に固定されるので、来年のコメへの移行は大きく減ると考えています。しかし、枝や稲わらの分解は遅いので、水田によっては放射性セシウムが残るかもしれません」と塩沢教授は予測する。

農林水産省は1キログラムあたり

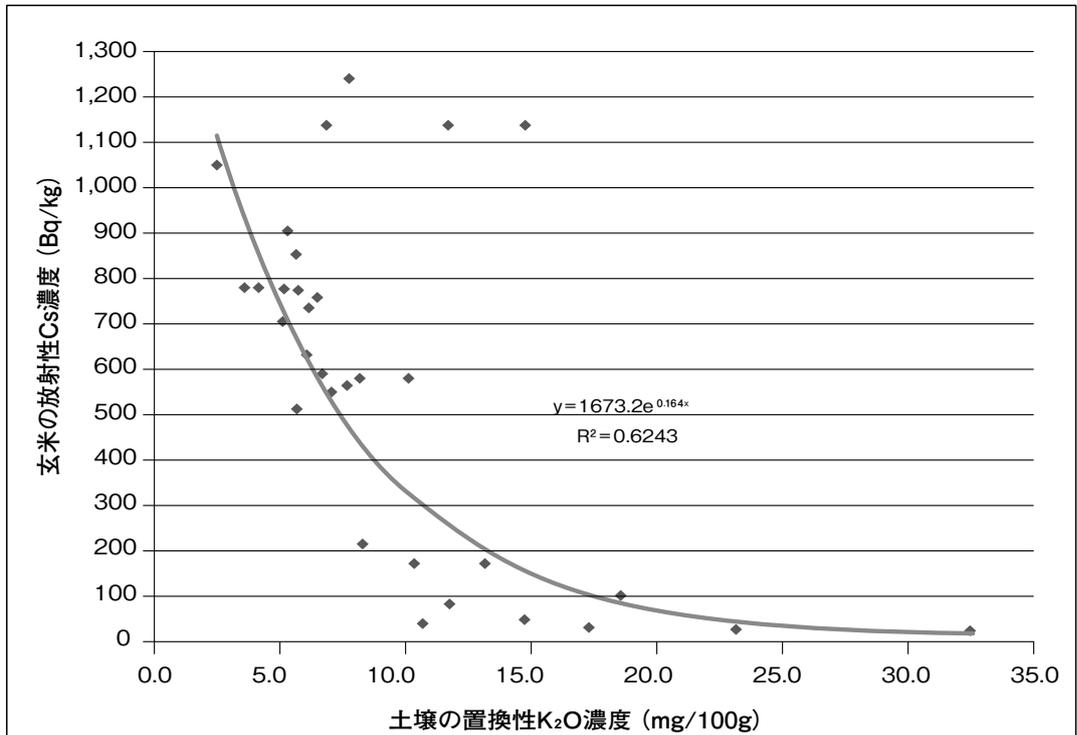


“被曝農業時代”を生きぬく

1000ベクレルを超える放射性物質が検出された地域を対象に、今年之作付けを制限するかどうかを検討していた。東京大学農学部は、「今年、作付けをしないのは弊害が大きい」

として作付け制限を反対し、試験栽培を推奨すべきだとする提言を発表した。塩沢教授も「今回の調査の結果でわかったように、同じ場所の水田でも規制値をこえるかどうかのば

■図3 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



昨年の中間報告で発表された図だが、実際には土壌の置換性カリウム濃度に浸透量の影響が重ねあわされているのではないかと塩沢教授は推測する。

(出典：農林水産省、福島県：放射性セシウムを含む米が生産された要因の解析)

らつきが非常に大きいのです。ですから、1000ベクレルを超すイネが生産されたからといって、その地域全部で作付けを制限する必要はないでしょう」と話す。もし1000ベクレルを目安にして作付け制限を行うと、対象は最大で12市町村の65の地域に及ぶとみられる。東大の提言では、水田の荒廃や農家の意欲の低下につながるとして、「農業復興を断念させるものだ」と作付け制限を批判した。「放射性セシウムが出てしまったからといって、作物をつくらなければいいという問題ではありません。農家はコメを作付けし、収穫したコメの全部の袋を検査すればいいのです。もしも規制値をこえたものが出たとしても、出荷しなければ問題はいいです」と塩沢教授。

このような動きのあと、3月9日に農林水産省から「24年産稲の作付け制限区域の設定等について」が発表された。500 Bq/kgを越える放射性セシウムを検出した米の生産地は作付け制限をすることで決まり、1000-500 Bq/kgのセシウムを検出した米の生産地については、見解がなかなかまとまらなかったものの、相馬市の旧玉野村のみで作付けが制限されることとなった。

塩沢教授は、イネへの移行に有機物が介したという説はまだ仮説と

【参考】

福島県、農林水産省：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）
http://www.pref.fukushima.jp/keieishien/kenkyuukaihatu/gijyutsufukuyuu/05gensiryoku/240112_tyukan.pdf

東京大学農学部：第2回放射能の農畜水産物等への影響についての研究報告会
<http://www.a.u-tokyo.ac.jp/rpjt/event/20120218.html>

農林水産省：「24年産稲の作付けに関する方針」について
<http://www.maff.go.jp/j/press/seisan/kokumotu/pdf/120228-01.pdf>

農林水産省：24年産稲の作付け制限区域の設定等について
http://www.maff.go.jp/j/press/seisan/kokumotu/120309_1.html

し、それを裏付けるため、ポット試験などによる移行のメカニズムの解明を急いでいる。この仮説が正しければ、前述した通り、放射性セシウムが付着した有機物が分解し、放射性セシウムの粘土への吸着も進んで、次期ではコメへの移行が大きく減るだろう。しかし、その程度は有機物の分解のしやすさによるといいう。放射性物質の作物への移行を明らかにするために、規制値を超えた水田での次年度のモニタリングの必要性を塩沢教授は訴えていた。今回の農林水産省の発表で、作付け制限された地域でも試験栽培などに取り組み方針を示したことから、モニタリングも実施されると思われる。要因解明が進み、農業の復興への足がかりとなることを期待する。