〝被曝農業時代〟を生きぬく

第７回

福島米で規制値超え 放射性セシウム汚染の要因と対策をどう考える？

本誌副編集長・浅川芳裕

福島県産のコメから国の暫定規制値（1kg当たり５００Bq）を超える放射性セシウムが相次ぎ検出されてきた。この問題の原因は何か。そして対策はあるのか。農林水産省と福島県は緊急原因調査を行なった。この中間報告をもとに、前回に引き続きサイエンスライター・佐藤成美氏にコメの放射能汚染の要因分析をまとめてもらった。

調査結果の中間報告が公表される

福島第一原発事故によるコメの放射能汚染問題は深刻さが増すばかりだ。２０１２年1月13日に、福島県川俣町では、町独自の調査で暫定規制値を超えるモチ米がみつかった。玄米から暫定規制値を超える放射性セシウムが検出された地域は、福島市、伊達市、二本松市に加え、川俣町の4市町となった。国の暫定規制値は1kg当たり５００Bqだが、福島市渡利地区では１５４０Bqが検出されるなど高い値を示した地域もあった（表1）。昨年4月に政府は、土壌から吸収される放射性セシウムの量を最大10％と想定し、土壌1kg当たり５０００Bq以下の水田で作付けを認めた。しかし、相次ぐコメの放射性セシウムの規制値越えのニュースに関係者も戸惑うばかりだ。

農林水産省と福島県は、まず二本松市旧小浜町、さらに福島市旧小国村、渡利地区などコメが暫定規制値を超えた水田やその周辺の水田の調査を行なった。その中間報告によれば、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いた。また、山間部の山林に囲まれた狭い水田（谷地田）が多いものの、基盤整備された比較的平坦な水田でも規制値超えが見られたという。さらに、このような規制値超えのコメが生産された水田では、背後に山林があり落ち葉などの層を経由して灌漑水が直接流入する立地条件が見られたこと、土壌中のカリウムが不足していたこと、あるいは根張りが浅かったことなどが指摘されていた。日本土壌肥料学会も「このような要件は、学会のホームページ上で予想し、懸念していたことに符号する」という。農林水産省では、「今回の規制値越えは、多くの要因が重なったものであり、空間放射線量や山林からの水の流入は現段階では直接的に影響しているとはいえない」というものの、付近の山林の水との関与はありそうだ。

山林の水が流入した？

放射性セシウムのイネへの移行には、大気からと土壌からのふたつの経路がある。大気中の放射性物質が直接イネに降り積もる、もしくは大気中の放射性物質を含む雨がイネに降り、植物の表面から吸収される経路。一方、土壌に雨水などとともに

■表1　放射性セシウム1kg当たり500Bqを超えた玄米の生産地区（2012年1月11日現在）

500Bq/kg以上の検出地点	検出農家の玄米の放射性Cs濃度の最高値（Bq/kg）					
福島県旧福島	510	550	590			
福島県旧小国	530	570	610	640	760	760
	900	1100	1170	1260	1270	
福島市渡利地区	1540					
伊達市旧小国村	580	730	780			
伊達市旧月館町	1050					
伊達市旧富成村	629	1240				
伊達市柱沢村	780					
伊達市旧掛田村	550					
二本松市旧渋川村	780					
川俣町	520					

（出典／森敏：WINEPブログ）

放射性物質がしみ込み、根から吸収し、取り込まれる経路だ。

中間報告では、山間部の水田では「沢水などの流入により、山林から放射性セシウムが供給された可能性がある」、平坦部の水田では「平坦部であっても、隣接する山林から水路を経由又は直接水田に水が流入するところでは、山林から放射性セシウムが供給された可能性がある」としている。

植物栄養学が専門でＮＰＯ法人ＷＩＮＥＰ理事長の森敏東京大学名誉教授も、その汚染源を山林の水ではないかと推測する。森名誉教授は、震災直後から農作物や土壌の放射能汚染問題についてブログで積極的に発言しており、なぜ放射性セシウムを高濃度に含む玄米が生産されたのかという仮説も述べている。以下に概略を引用する。

※

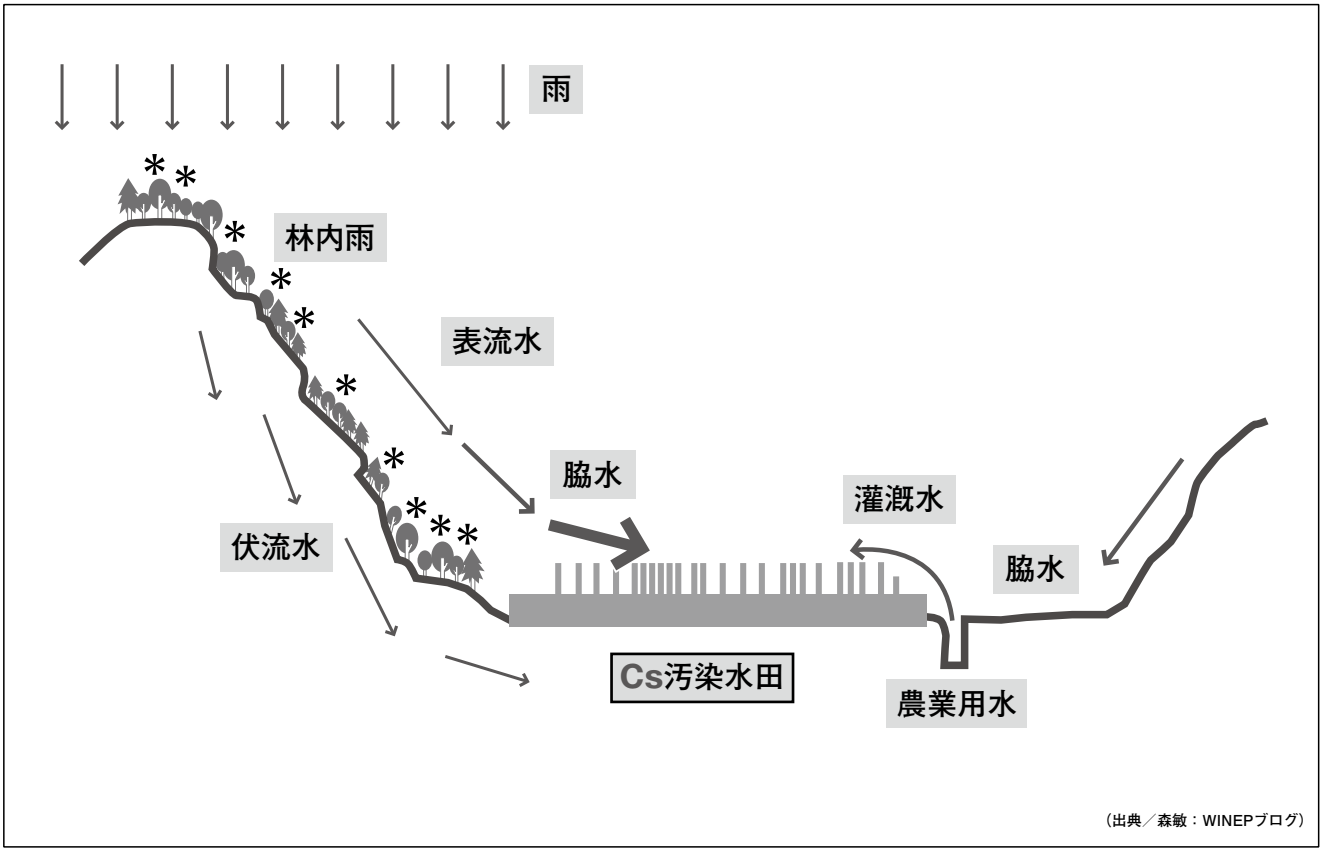
東電福島第一原発から放出された放射性物質は、気流に乗って谷地田に隣接する山林に降り、雨と共に針葉樹に吸着した。事故直後、広葉樹にはまだ葉がついていなかったので、樹の幹、樹の下の落ち葉や腐植に吸着した。その後、稲作が行なわれ、大雨の日には、山林では放射性セシウムが徐々に溶け出して、土壌にしみこみ伏流水になるとともに、過剰な分は山林の表流水となって、水田に接する部分から脇水として直接、水田に流れ込んだ。湛水にしている水田では、水に接している根や茎から放射性セシウムが直接吸収された。小雨の日は、放射性セシウムは土壌にしみ込んで水田の側面から伏流水となり、土壌に吸着・固着されなかった放射性セシウムが根から吸収されたのだろう。

出穂期以降の種子の登熟過程では、葉や茎からの転流ミネラルよりも根から吸収されるミネラルが主要なミネラル成分になる。これは、最近の植物栄養学の知見なため、きちんと測定した人はいないが、セシウムもその例外ではないと思われる。そこで、イネの登熟期に水田を湛水している場合に、山林の脇水から流れ込んだセシウムがイネから容易に吸収されたことが、玄米のセシウム含量が高くなる主要な原因となったのではないだろうか。

脇水以外に農業用水を併用する場合、谷地田の最上流に近い水田では、山林の表流水や伏流水の高濃度のセシウムが、農業用水路にも流れ込む。その用水を灌漑水として利用すれば、玄米のセシウム含量も高くなると考えられる（図1）。

※

■図1　なぜ放射性セシウム1kg当たり500Bq以上の玄米が生産されたのか



（出典／森敏：WINEPブログ）

森林の生態系での放射性セシウム

山地の水が水田に流れ込んでいる可能性が高いが、森林では放射性セシウムはどういう形をしているのだろうか。ここでは、森林生態系における放射性物質の動態についてまとめる。

大気中の汚染物質は、粒子としてあるいは雨水と共に森林の樹木のてっぺんの部分の樹冠でとらえられる。樹冠は、表面積が大きいので大気中の汚染物質を取り込む性質をもつ。樹冠に入ってきた放射性物質は、雨などで洗い落とされ、あるいは落ち葉や落ち枝と共に森林の地表面（林床）に移行する。林床では、落ち葉や枝の分解が進み、雨水などを通じて分解した成分が土へ流出する。放射性セシウムも土の表面から徐々に流れ込み、最終的には土壌の腐植層に保持される。

森林では、栄養塩のサイクルにともなって放射性セシウムも循環する。土壌の表層の放射性セシウムは植物の根から吸収されて葉へ移行し、これが再び溶け出し、枝や葉と共に林床に戻るという循環だ。この循環の中では、放射性セシウムは植物にとって利用されやすい形をしている。そのため、森林のキノコや植物には、比較的高い濃度の放射性セシウムが含まれる。また、森林に降り積もった放射性セシウムの約80％は深さ5㎝までの土壌の表層にあるという。なお、残りの約20％は、より深い土壌や樹木などの植物に存在する。樹木中のカリウムは、若い葉や樹木の幹の形成層など生物の活動が活発な部分に集まることが知られている。放射性セシウムも同じ様な傾向で、チェルノブイリ事故によって汚染されたマツでは、若い葉や、樹幹の形成層付近で濃度が高いことが確認された。

関東森林管理局などが7月に福島県の森林（山林）の放射性セシウムを調査した結果では、福島市、伊達市、月舘市、相馬市などで1時間当たり1・0～9・5マイクロSvの高い空間線量率が測定された。まだ、空間線量率と森林汚染の関係についての詳しい結果は出ていないが、森林総合研究所が福島県大玉村で行なった調査では、樹木に森林全体の51％の量の放射性セシウムが分布しており、林床の落ち葉に全体の33％、表土に17％が存在していた。

粘土質が少ない土壌だった

前号でも述べたとおり、土壌中の放射性セシウムの動態は土壌の性質に大きく影響される。粘土の多い土壌では、放射性セシウムが粘土に吸着されるので、動きにくく根からも吸収されにくい。一方、粘土の少ない土壌では、放射性セシウムの固定が少なく、吸収されやすい。

中間報告では、「暫定規制値を超過した放射性セシウムを含む玄米が生産された水田（16地点）の土壌について粒径組成を分析したところ、14地点は粘土分が25％以上存在する土壌であり、砂の多い土壌は一部地区（伊達市旧月舘町）のサンプルに限られた。一方、粘土鉱物の組成は、地域によって異なるが、福島市旧小国村、旧福島市、伊達市のサンプルでは、セシウムの固定力の強いイライトやバーミキュライト類は少なく、粘土含量は一定程度あっても、固定力や吸着力は低い可能性が考えられる」と報告された。いずれの場所も土壌中の放射性セシウムは吸収されやすい形だった可能性がある。

福島県の土壌は、灰色低地土と褐色森林土が多く、平地部に灰色低地土が、山間部には褐色森林土が広がる。灰色低地土は粘土分が多く、褐色森林土は粘土分が少ない。東京大学の根本圭介教授らの報告によれば、イネへの放射性セシウムの吸収を比べると褐色森林土が灰色低地土より8～10倍多かったという。また、学習院大学村松康之教授らが、灰色低地土と黒ボク土で放射性セシウムのイネへの移行を調べたところ黒ボク土のほうが灰色低地土より移行しやすいことがわかった。黒ボク土は、有機物（腐植質）が多く、セシウムをそれほど強く吸着していないため、根を通じて放射性セシウムを取り込みやすい傾向がある。

カリウム濃度が不足

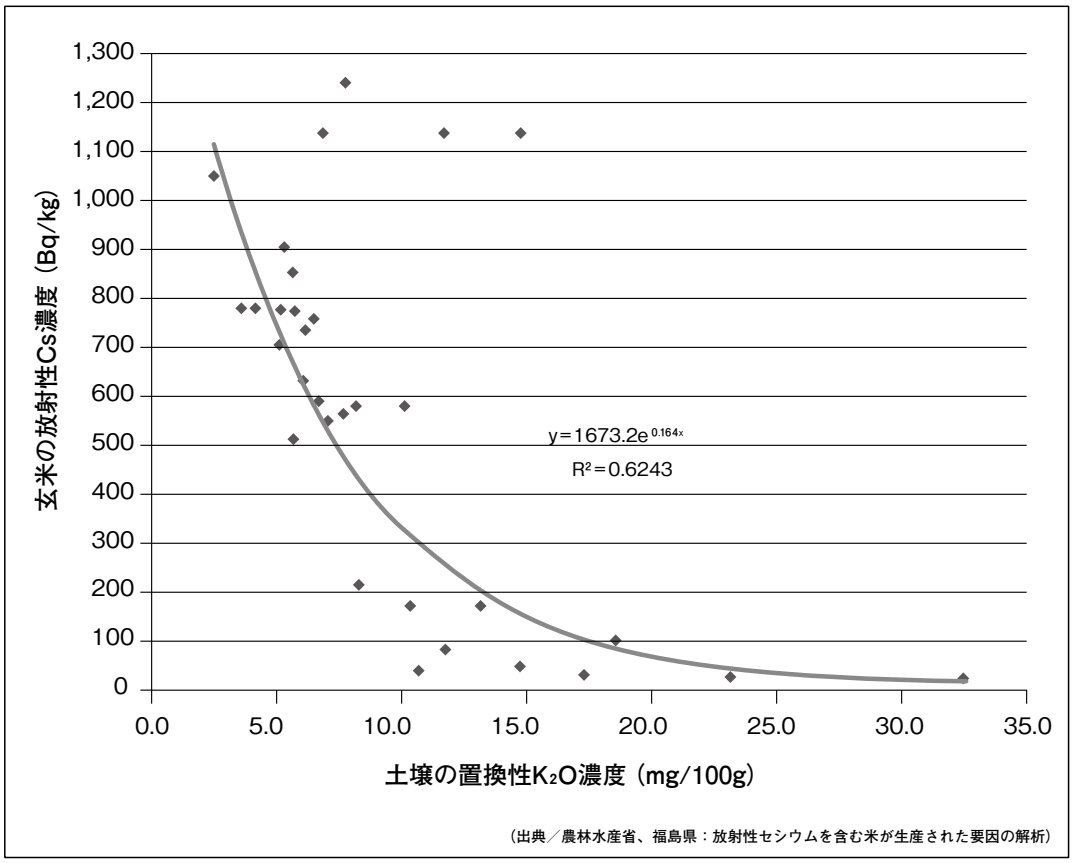
これも前号でも述べたが、カリウムとセシウムは化学的な性質が似ている。土壌中にカリウムが少なければ、植物は栄養分としてカリウムの代わりにセシウムを吸収する。また、カリウムが多ければ多いほどセシウムと競合するため、セシウムの吸収を抑えることができる。中間報告では、「暫定規制値を超過した水田土壌の置換性カリウム濃度は100g当たり平均6・7㎎で、福島市の土壌の平均15・9㎎の3分の1程度と低い水準であった」という。コメの放射性セシウム濃度と土壌のカリウム濃度の間には一定の相関が見られ（図2）、土壌のカリウムの量が少ないほど玄米中の放射性セシウムの量が多く検出される傾向があることがわかった。また、「農家の中にはカリ肥料が無施用の場合もあり、土壌中のカリウム濃度が低いため、放射性セシウムの吸収が増加した可

能性が考えられた」と考察する。

根の張り方が浅かった

中間報告では、「玄米の規制値超えが多かった山間部の狭い水田は十分に耕されておらず、表土に近いほど土壌のセシウム濃度が高かった。十分に耕さず、固まった表土近くにセシウムがたまり、イネは高濃度の表土層に根を張る状態になっていた」という。「浅い耕うんと常時湛水のため、根張りが浅いことに加え、根が主に分布している土壌表層に高濃度の放射性セシウムが残り、放射性セシウムを吸収しやすい状況にあった」と推測している。十分に耕されていない水田では、根の張り方が浅いため表層にある放射性セシウムに接しやすかったということだ。原発から放出された放射性セシウムは表層近くにとどまっていて、東京大学の塩沢昌教授らも、耕していない土地の表面から5㎝のところに全体の90％以上もの放射性セシウムが集まっていたと報告している。

■図2　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



（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）

今後の対策は？

昨年末には農林水産省から「24年産稲の作付に関する考え方について」が示された。それによれば、平成24年度のイネの作付けはより厳しい条件になりそうだ。だからといって、カリウム肥料を与えるなどの早まった行動は控えたい。「むやみにカリウム肥料を施用することは土壌中の養分バランスを崩しますので、土壌診断で診断基準よりも低い場合に限り、セシウム吸収抑制対策も兼ねて施用するくらいの節度ある対応がのぞまれます。これは、経費の点からも言えることだと思います」と日本土壌肥料学会もコメントする。

今考えられている放射性セシウム汚染の要因をまとめたが、ここからいえることは、コメの規制値越えは水田だけの問題ではないということだ。イネの汚染経路は山林―用水―水田―河川の流域とつながっている。これらをひとつとして、地域全体で対策を考えていく必要があるのだろう。

2月18日に、東京大学で2回目の「放射能の農畜水産物等への影響についての研究報告会」が行なわれた。塩沢昌教授は水田の土壌からイネへのセシウムの移行は雑草や枯れ葉などの有機物を介して起こったという説を新たに発表した。詳細については、次号で紹介する。

〔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/gijyutsufukyuu/05gensiryoku/240112_tyukan.pdf

森敏：WINEPブログ　http://moribin.blog114.fc2.com/

東京大学農学部：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/20111119.html

農林水産省：24年産稲の作付に関する考え方について
http://www.maff.go.jp/j/kanbo/joho/saigai/s_seisan_k24.html

日本農学会：東日本大震災からの農林水産業の復興に向けて
―被害の認識と理解、復興へのテクニカル リコメンデーション―
http://www.ajass.jp/disaster.html

農業環境技術研究所：第34回農業環境シンポジウム講演要旨集
www.niaes.affrc.go.jp/sinfo/sympo/h23/34sympo_youshi.html

塚田祥文ら：土壌肥料学雑誌　82(2011)408-418