食と農の再生にむけた相互連動的な放射能対策の必要性

—放射性物質分布マップ・試験栽培・全袋検査から『営農指導データベース』の構築へ—

Regeneration of Food and Agriculture from Radioactive Contamination in Fukushima

石井 秀樹*

Hideki ISHII

1 はじめに

福島原発事故を受けて福島県を中心に東日本各地の農山村地域は放射能汚染の現実に悩まされている。放射能汚染を被った地域は、津波被災地のような景観の急激な変容はなかったが、飯舘村をはじめ伊達市や福島市などでは除染に伴う廃棄物を詰めたフレコンバックが遊休農地や里山に山積みにされ、耕作放棄によってセイタカアワダチソウなどが繁茂するなど、農山村地域の荒廃が進んでいる。また放射能汚染が軽微な地域でも風評被害は根強く、生産者の耕作意欲は減退し、農業生産の持続性が揺らいでいる。

本稿では、農山村地域の荒廃を生業の持続可能性の視点から掘り下げ、特に稲作を例に放射能汚染の中でもいかに農業生産を継続してゆくのか、①農地一筆毎の放射性物質の分布マップの作成、②水稲試験栽培、③全袋検査、などの取り組みと、これらの統合による『営農指導データベース』の構想を紹介しながら、今日の課題を整理したい。

2 日本の自然・社会に合わせた放射能対策の必要性

放射性物質を人為的に消滅することは原理的に不可能であり、人間にできる対策は基本的に「隔離」と「遮蔽」のみである。いわゆる「除染」や「廃炉」もその範疇を出ないが、その実現可能性すら見通しが立っていない。こうした中では、いわば「次善策」として、放射能汚染の現実の中でも農業生産や土地利用を進める方策を講じなければならない。

放射能汚染からの食と農の再生にむけた対策には4つの段階がある（図1）。チェルノブイリ原発事故で甚大な被害を被ったベラルーシでは、農地の除染は行わず、①－④の対策が生産段階（入口対策）から検査段階（出口対策）まで、国家の指導のもと一連の体系立った対策が講じられている。一方、日本では現在のところ、④の

図1 「放射能汚染からの食と農の再生にむけた対策」

流通前検査が主であり、生産段階からの対策を組織化が今後の課題である。

生産段階からの対策は、チェルノブイリの経験に学ぶべきことは多いが、チェルノブイリ周辺と福島とは、自然環境（気候・地質・土壌・植生）、ならびに社会環境（政治・経済）や営農環境（農業経営・流通）が大きく異なる。そのためベラルーシやウクライナでとられた対策が日本で直ちに機能するとは限らない。放射能対策というものは“普遍の真理”として「科学」を追及するだけでなく、福島独自の自然・社会の実態に合わせた「対策」を考案しなければならない。

3 放射性物質の農作物への移行と水稲試験栽培

放射性物質の農作物への移行経路は複数あり、根を介した「経根吸収」、葉や茎を介した「葉面吸収」、樹皮を介した「樹皮吸収」などがある。事故直後はフォールアウトした放射性物質が植物体表面に付着しており、野菜類では葉面吸収が、果樹では樹皮吸収が顕著であったが、時間の経過や、果樹樹皮の高圧洗浄機を用いた除染を受けて、今日では経根吸収が主な移行要因となっている。

* 福島大学うつくしまふくしま未来支援センター Fukushima Future Center for Regional Revitalization, Fukushima Univ.

Key Words: 1) 水稲試験栽培, 2) 放射性物質分布マップ, 3) 全袋検査, 4) 営農指導データベース, 5) 農山村の復興

土壌からの野菜への移行係数は、ナス科などの果菜類で 0.1% 程、葉菜類や根菜類で高々 0.8% 程¹⁾であり、1000Bq/kg の土壌で作付した場合、10Bq/kg を超えることはまずない。コメの移行係数も高々 0.4% 程度であり、仮に 5000Bq/kg の圃場で生産した場合でも高々 20Bq/kg の移行に止まり、平成 23 年度は暫定基準値 500Bq/kg を超えるコメは出現し難いと考えられてきた。このように土壌からの放射性セシウムの移行は基本的に小さい。

ところが 2011 年度は二本松市小浜地区、伊達市小国地区、月舘地区、福島市大波地区、渡利地区など、周囲を山林に囲まれた中山間地域で、500Bq/kg から 1000Bq/kg を超える玄米が確認され、出荷制限の措置が取られた。こうした汚染米が確認された地域は、周囲を山林に囲まれた起伏に富んだ中山間地域が大部分を占め、一般に玄米と土壌中の放射性セシウムの含有量との間に相関関係は認められなかった。そして 2000Bq/kg 前の土壌から 800Bq/kg を超える玄米のように“見かけ”の移行係数が 30% を超える事例も確認された。植物は一般に経根吸収でも水からはセシウムを顕著に吸うことから、中山間地域という特徴的ランドスケープを伴う場に汚染米が出現した点を鑑み、玄米への高い移行は“地形的要因により水を介して運ばれる放射性セシウム”の寄与が推察された。チェルノブイリ周辺国に水田がなく、水を介した経根吸収は盲点であった。

また放射性セシウムの移行は、土壌中の交換性カリウムに大きく左右されることも 2011 年に判明した(図 2)。そのため土壌中の交換性カリウムが枯渇せぬように土壌中の交換性カリウムが 25mg/100g となる施肥設計が推奨されている²⁾。しかしながら土壌中の交換性カリウムが 10mg/100g を超えながらも高いセシウム吸収が見られる“外れ値”をもった事例も確認されており、土壌中の交換性カリウムの濃度だけでは説明つかない事例として、これは今後の研究課題とされた。

図 2 「土壌中の交換性カリウムと玄米へのセシウム移行」

4 試験栽培と稲のセシウム吸収メカニズム

2012 年度の稲の作付は、2011 年度に 500Bq/kg を超える玄米が確認された地域は「作付制限」となり、100Bq/kg 以上の地域は 1) 生産者毎に管理台帳をつけること、2) 深耕により空間線量を下げること、3) 各自治体が定めた分量のカリウム肥料やゼオライトを圃場に投入すること、4) 全数検査を実施すること、を条件に作付が認められ「出荷制限」となった。

そうした中、2012 年度は作付制限地域を中心に試験栽培が実施された。試験栽培には主に 3 つの意義があった。第一は、作付制限解除を判断するためのモニタリングであり、低減資材を投じた時に基準値 100Bq/kg を下回る玄米が生産できるかを見極めるものである。396 ヶ所での試験栽培の結果、基準値 100Bq/kg 超したの是一事例のみで、残り 395 ヶ所では 100Bq/kg 以下の米が生産できることが確認された。平成 25 年度は、作付制限されていた二本松市渋川地区、福島市渡利・大波地区、伊達市小国・月舘地区などで作付制限が解除された。

第二は、土壌条件や施肥条件、つまり土壌の化学的・物理的な性質によりセシウム吸収がどのように変化するかを検討する試験である。これらの詳細は福島県と農林水産省の報告書³⁾に譲る。第三は、地形的要因などにより水を介したセシウムの吸収を見るもので、伊達市小国地区の試験栽培では、カリウム肥料やゼオライトといった低減対策を施さず、“ありのままの水田生態系”の下で慣行的な栽培を行い、異なる水の取り入れ方(河川、用水、ため池、山からの小川)をした 55 ヶ所の多様な水田で試験をした。

これらの試験栽培を総括した福島県と農林水産省の報告書⁴⁾は稲のセシウム吸収を以下のように論じている。

- ①土壌の放射性セシウム濃度と玄米中の放射性セシウム濃度の間には相関関係はみられない。
- ②土壌中のカリウムは、作物が吸収する際に競合してセシウム吸収を抑える働きがある。土壌中の交換性カリウムの含有量が 25mg/100g を目標としてカリウム肥料を施用した場合、玄米中の放射性セシウム濃度が大きく低減できる。
- ③ゼオライトやバーミキュライトによる放射性セシウムの低減効果は、その吸着効果より、むしろゼオライト等に含まれるカリウムの効果で説明がつく。またゼオライトはセシウムの吸着効果ではなく、保肥力の向上を目的とした利用が適切である。(同報告書から筆者が抜粋・要約)

また同報告書は水田の水源に含まれる放射性セシウムの影響について、「溶存態のセシウムは作物が直接吸収できるのに対して、懸濁態のセシウムは作物が直接吸収し難く、作物への移行は基本的に小さいと考えられる」と記され、「福島県下における水路やため池などの水質

検査の実測結果を踏まえると、一般的に水からの影響は限定的である」と論じている。

一方、伊達市小国地区の試験栽培⁵⁾では、土壌中の交換性カリウムが12～15mg/100gと決して低い値ではないのに、玄米に高いセシウム吸収が見られた“外れ値水田”が2011年と同様に確認された。こうした“外れ値水田”には、

- ①外れ値水田が引く水の中には、一部で4Bq/リットルの放射性セシウム（大半が懸濁態）を含んだ水源が存在すること。

②葉茎の放射性セシウム濃度を7月中旬と8月中旬で比較した時、一般的な水田では7月の値の方が高い傾向があるのに対して、“外れ値水田”の場合は8月に吸収が顕著に伸びるケースがあること。

(同レポートから筆者が抜粋・要約)

同レポートでは、「外れ値水田は通常とは異なる経路でセシウムを吸収している可能性」が指摘されており、特に水源のセシウム汚染との関係を考察している。

放射性セシウムの稲の吸収メカニズムは未だ十分に解明されていないが、その概要は、土壌の放射性セシウムの移行は本来少ないものの、1) 土壌中の交換性カリウムの不足によりセシウム吸収が促進される可能性、2) 水源の放射性セシウム汚染による可能性、の二つが存在し、圃場毎の条件に応じてこれらの要因が複合していると考えられる。

5 放射性物質の分布マップの作成

放射性物質の分布実態の把握には、放射能計測とその可視化(地図化)、ならびにその情報公開が不可欠である。こうした実際把握ができれば、生活者の外部被曝の評価や、除染計画の策定ができる。また農作物の移行係数が解れば、農作物への移行が予測できる。汚染実態の把握は、原子力災害からの食と農の再生に向けた取り組みの中でも最も根幹をなすものであり、全ての出発点となるものである。

JA新ふくしま(管区：福島市・川俣町)では、ベラルーシのATOMTEX社が開発したNaIスペクトロメーター(AT6101DR)を用いて、福島市内の水田や果樹園の農地一筆毎の放射性物質の分布実態の把握を進めている。2013年3月末現在、水田(5066筆、13813地点、全水田筆数に対する達成度：18%)、果樹園(4412筆、13236地点、全果樹園筆数に対する達成度：44%)の計測が完了し、2013年度も計測を続ける。農地の放射能に関する悉皆調査は、日本ではJA新ふくしまのこの取り組み以外に存在しない。

本機では土壌が発するガンマ線を検知し、セシウム

写真1 (左) AT6101DR 測定器

写真2 (右) AT6101DR コントロールパネル

134や137、カリウム40等の濃度(Bq/kg)や沈着量(Bq/m²)を定量評価できる。またGPSが搭載され、緯度・経度・標高を特定し、Google Earthの航空写真上に計測結果を可視化できる。本機の最大の特徴は、現地で土壌を採取することなく、計測を短時間(福島市なら約2分)で行い、移動しながら広大なエリアの放射性物質の分布が把握できる点にある。

本機は画期的なシステムを備えているが、現状のシステムのままでは膨大な測定データをGISやデータベースに移行することができず、計測データを用いてさらに踏み込んだ分析ができなかった。放射性物質の分布マップの作製は目的(ゴール)ではなく、あくまで手段(出発点)であり、これをベースに放射能対策をしなければならぬ。そこで筆者らは本機代理店の(株)アドヒューテック社と連携し、数万に及ぶバラバラの計測結果(テキストデータ)から、必要な情報を抽出・一覧化するソフトウェアの開発を行った。これにより本機はGoogle Earth上での可視化に止まらず、1) 圃場一筆毎のデータ(地権者情報、耕作履歴、土壌の化学組成etc)と放射能計測データとのデータベース上での統合、2) GISによる多様な空間的解析、3) 測定結果の多様な地図表現、4) 地権者個人への情報還元、への道が開けた。

6 米の全袋検査

平成24年度は、福島県が「ふくしまの恵み安全・安心推進事業」を独自に立ち上げ、県内で生産された米の全量全袋検査を実施した。これは30kgの米を袋に詰めて、ベルトコンベアーでスライドさせながら、約15秒間(測定下限値は25Bq/kg)で計測するものである。2013年3月5日現在、10,207,561袋が計測され、100Bq/kgを超えたものが71袋(0.0007%)とその割合は極めて少なく、50Bq/kgを超えたものでも2066袋(0.02%)、10,185,264袋(99.78%)は測定下限値未満(25Bq/kg以下)であった。

50Bq/kg を超えるような米は、福島市や二本松市、伊達市といった高い汚染（5000Bq/kg 程度）が認められた地域だけでなく、2000Bq/kg 程度の汚染エリアからも発見されている。その理由はセシウム吸収を促進させる環境要因がありながら、然るべき低減対策を怠ったからであり、このようなケースも少なくない。一方、JA 伊達みらいの管内（伊達市・国見町・桑折町）からは100Bq/kg 超をした米が全く確認されなかった。これは低減対策の一環としてJA 伊達みらいがケイ酸カリウムを地元生産者と共同で農地一枚毎に200kg/1000㎡ずつ、確実に散布したことが功を奏したからである。このような事例から、低減対策を確実に実施してゆく“マネージメント”がいかに大切であるかが明らかなと言える。

7 各種対策の相互連動的な組織化

これまで福島で行われてきた水稲試験栽培、放射性物質の分布マップの作成、米の全袋検査の動向を紹介してきたが、これらの対策はそれぞれ独立に講ずるのではなく、“複合的”かつ“相互連動的”に実施してこそ、より大きな効果が発揮できると考えられる（図1）。

たとえば米の全袋検査から、セシウムの高い吸収があった圃場（生産者）が判明する。リスクの高い圃場が特定できれば、圃場の水源を特定したり、GISにより農地と森林との空間的關係を解析したりすることができる。また圃場における水源や土壌の実態把握により、どのような土壌条件や水文環境で稲のセシウム吸収が進むのか、2012年の試験栽培の規模を大きく超えて、稲の移行メカニズムの解明が進むだろう。このように全袋検査の結果が、生産段階からの放射能対策に極めて重要な知見と、対策の方向性をもたらすのである。

逆に放射性物質の分布マップの作成を行い、農作物への移行メカニズムの知見が蓄積すれば、全袋検査の妥当性が評価でき、全袋検査の信頼性が高まるだろう。あるいは、たとえば全袋検査25Bq/kgを超えた圃場を対象に、交換性カリウムやCECなどを土壌診断することで、その圃場が1）土壌中の交換性カリウムが不足したことで、放射性セシウムの吸収が進んだのか、2）水源の放射性セシウムの汚染によって吸収が進んだのか、圃場毎にリスクの特質を把握することもできよう。そして土壌の化学組成に応じて、カリウム肥料をどの程度散布したらよいのか、生産者に定量的な営農指導をすることもできる。

現状の対策は、圃場の条件や水文条件によらず、カリウム肥料やゼオライトといった低減資材を自治体が定めた分量に応じて画一的に散布するものだが、今後は低減資材は圃場毎に必要なかつ十分な分量を散布し、環境負荷

や社会的コストを低減することが課題である。このように放射性物質の分布マップの作成や、稲のセシウム吸収メカニズムに関する知見が深まれば、全袋検査によりリスクの高い圃場を絞り込み、土壌診断をすることで圃場の多様性に応じた極細かな営農指導の可能性が開けるのである。

そして将来的には全袋検査の省力化・合理化も検討してゆくこともまた重要だろう。そもそも全袋検査をしなければならなかった理由は、どの圃場からセシウムが高いコメが生産されるのか誰もわからなかったからである。たとえばある圃場について今後数年間“不検出”が続き、かつ土壌の放射能濃度や化学組成から将来的な移行が想定されないならば、社会的コンセンサスを得た上で全袋検査の対象から外すことができるかもしれない。そうなれば全袋検査に伴う膨大な労力、費用、時間の削減に繋がる。あるいは台数が限られている検査器をリスクの高い圃場に集中し、より時間をかけた分析をすることで、さらに測定下限値を下げることもできよう。

つまり生産段階からの対策を講ずることが、検査体制の精度向上や合理化に繋がるのであり、これらの対策は“相互連動的”に講じてこそ、より大きな効果が発揮されるのである。そして今日実施している対策についても、状況を見ながら、エビデンスを提示しつつ、必要かつ十分なものに絞り込み、その合理化を図ってゆくことが重要である。

8 営農指導データベース』の構築へ

これまでJA 新ふくしまでは放射性物質の分布実態の把握を進めてきた。だが2013年度以降は実態把握の次元に止まらず、これをベースに具体的対策を講ずる段階にきたと認識し、先に述べた各種対策の相互連動的な組織化を具現化するものとして、『営農指導データベース』の構築を現在進めている。放射性物質の分布マップの作成から『営農指導データベース』の構築に至った理由は、社会的ニーズや学術的知見の蓄積も大きいですが、むしろ汚染実態の社会化に関わる者には、実態把握にとどまらず、その問題解決にむけた“処方箋”を講ずる責務があると認識したからである。

放射能汚染の実態把握では、当事者は少なからず“痛み”を伴う。風評被害の助長や不動産価格の低下を懸念し、放射性物質の分布マップの作成とその社会化に反対する地権者もおられる。水俣病などの公害問題では、“被害者は被害を隠したがる”、“隠さざるを得ない”状況があった。それ故、被害実態の社会化には、当事者が“正直者が馬鹿を見る”状況に陥らぬように、被害構造の社会化に伴う代償措置として“補償”や“賠償”とセット

で進める必要があったという。福島原子力災害にも基本的に同じ構造がある。

生産者は補償や賠償を受ける権利はあるが、究極的には生業の再開を望んでいる。放射能汚染からの食と農の再生に向けた取り組みは、放射性物質の分布マップという実態把握から全ては始まるが、水稻試験栽培や全袋検査との相互連動性を意識しながら、具体的な問題解決の糸口として『営農指導データベース』を構築し、被災地の復興に向けた貢献をしてゆきたいと考えている。

- 1) 農研機構 (2011) 「各種夏作野菜への土壌中の放射性セシウムの移行係数」
- 2) 農研機構 (2011) 「玄米の放射性セシウム低減のためのカリ施用」
- 3) 福島県, 農林水産省 (2013) 「放射性セシウム濃度の高い米が発生する要因とその対策について～要因解析調査と試験栽培等の結果の取りまとめ～ (概要) 1.24」
- 4) ii を参照のこと
- 5) 小国地区試験栽培支援グループ (2012) 「小国地区における稲の試験栽培について (平成 24 年 12 月 8 日)」

Summary: In this paper, I discuss the concept of a database that integrally manages soil component of each individual field, radioactive cesium level, producer information, and cesium content in rice to make the measures for the steps from production to inspection to link interactively, and discuss the way to manage both securing safety of Fukushima food and sustainable land use through detailed farming instruction on the producers.

Key Words: 1) Cultivation Experiments of Rice, 2) Contamination Map, 3) Complete Census of Rice, 4) Database for Cultivation, 5) Reconstruction of Farming Community.