

IAEA・FAO 合同部による Q&A：食糧・農業のための原子力緊急対応

この Q&A は基本的なバックグラウンド情報を提供するためのものであり、例えば、国家レベルでの対応など、全体を網羅するものではない。また、情報は適宜更新される。

Q：放射性物質（放射性核種）はどのように農産物に入るのか？

A：放射性物質は（農産物との）外部被曝、内部被曝を通じて食物連鎖の中に取り込まれる。外部被曝は大気から生じる場合もあれば汚染された土壌を通じて生じる場合がある。内部被曝は吸入または食べ物の摂取で起こる。

食物連鎖を通じて放射能汚染が食料に取り込まれるには、空気、水、土壌の3つのルートが考えられる（図1参照）。

- 家畜の外部被曝（空気の汚染）とは皮膚や粘膜が放射性物質と接触することである。これは内部被曝に比べて危険度は格段に低いものである。また、皮膚の汚染は通常十分な洗浄によって除去される。直接的な汚染から家畜を守るには物理的な防護（家畜小屋に留めておくこと）で通常十分である。
- 内部被曝は吸入あるいは摂取によって起こる。吸入は放射性物質が外部の空気中に（煙霧質として）存在するとき起こる。吸入による危険性は、空気の汚染濃度、分子量（小さな分子は煙霧質の飛沫の中に容易に存在できる）、化学成分（溶解度）によって異なる。吸入では、放射性物質は肺の肺胞毛細血管システムを経由して吸収される。
- 摂取は、通常食物摂取の中で汚染された植物性物質（飼料）または水を通じて放射性物質が摂取されることによって起こる。動物飼料は大気または雨によって、放射性物質が動物飼料（例えば、放牧地や干草俵）に直接沈着することによって起こる。つまり、カバー等で覆われた飼料は覆われていない飼料に比べて汚染のリスクが低くなる。一度摂取された場合、汚染リスクは個々の放射性物質の再吸収率によって異なる。
- 汚染土壌は農産物の汚染の非常に重要な要因となる。粉塵沈着や降水によって、一度空気中から放射性物質が土壌に蓄積されると放射性物質が植物に取り込まれ、後々それが動物によって摂取される。
- 農地の放射能汚染は原子炉からの距離や優勢な気象状況によって変化する。半自然生態系においては、放射性物質の汚染物質、特にセシウム 137 がどのように土壌に蓄積しているかを判断する上で、針葉樹林や落葉樹林を含む植生バイオマス（生物体量あるいは生物量）が重要になる。（植生バイオマスが）高密度の森林では60%から100%は林冠（森林の上層部。草や木の葉）に残留することになるが、低植生バイオマスの地域ではその5%未満しか（森林）遮断されない。この放射能は林冠に長期にわたって蓄積される。地衣類（木の幹や岩の上にかさぶたのように生える菌類）に落ちた放射性物質はほとんどすべてが蓄積され、これら

の植物をあさる動物に長期的な問題を引き起こしながら、何年も存在することができる。

- 植物の根を経由した土壌から植物への放射性セシウム（Cs-134 および Cs-137）の吸収は、植物の種類や放射性セシウムが蓄積された土壌の種類毎の結合能力により異なる。この結合能力は土壌における土壌 pH（土壌の酸度の指標）や泥、カリウム、有機物の含有量によって大きく異なる。コケ類や地衣類では遮断と残留により放射性セシウムは大量に存在するが、汚染土壌から放射性セシウムを吸収することができる菌糸があるキノコ類では最も高濃度となる。
- 動物の食習性が放射性物質の摂取量を決定する。放射性セシウムが残存する半自然生態系で餌を探す羊や山羊、豚、野生熊のような小さな反芻動物にはしばしば高濃度で付着する。

Q：原子力緊急事態ではどんな早期対応が取られるべきか？

A：政府当局からの詳しい情報と指示を入手するように心がけること。汚染が自身の地域におよぶまでに時間がある場合、そしてそれが安全な場合は、農産物の放射性汚染を防ぐ、あるいは最小化するための措置を早急にとることが可能である。

- 栽培している作物、野菜、家畜飼料をビニールシートまたは不可侵性の防水布で防護する
- 栽培している野菜や果物を防護するために、ビニールハウスの通気孔を閉じる
- 家畜を牧草地から戻し、閉じられた納屋あるいは畜舎へ移す
- 放射性降下物が検出される以前に栽培した作物を収穫し、カバーで覆う

汚染が確認された後、さらなる指示が出されるまで、汚染地域では以下の措置が必要となる。

- いかなる作物も収穫しない
- 地元で生産された牛乳や野菜を消費しない
- 家畜を食肉処理しない
- 水生動物や水生植物（魚、貝、海藻類を含む）を消費したり捕獲したりしない
- 動物を狩ったりキノコやその他の野生食物を採取しない

Q：原子力事故の後、放射性物質はどのように動物性食品に混入すると考えられるのか？

A：家畜が汚染された牧草地の草を食べている、あるいは汚染飼料を消費している場合、放射性物質、特にセシウム 137 とヨウ素 131 が動物性食品（例えば、肉や牛乳）に混入することが考えられる。これは多くの場合、牛、羊、山羊に言えるが、豚や家禽も注意する必要がある。その他配慮が必要な食品は、魚や人間が消費するために捕獲された猟鳥、動物である。

Q：家畜への放射能汚染の影響を回避（または和らげる）ために何ができるのか？

A: 汚染源（例えば、汚染飼料、汚染水、汚染された牧草地）は除去するべきであり、懸念される家畜は移動すべきである。取るべき措置は以下のとおりである。

- 牧草地から家畜を戻し、家畜が外部被曝を回避できる囲いや納屋、畜舎へ移す。（これらの家畜には）汚染されていない地域から運ばれた新鮮な飼料や水を提供すべきである。これは汚染が生産地におよぶ前に、原子力事故の早い段階で行うべき重要項目である。
- 低汚染地域では、長期的な政策として牛乳生産から牛肉生産へ切り替える。これはヨウ素 131 に汚染された牛乳の定期的な供給が食物連鎖の中に入らないようにするためのものである。一方、低レベルのセシウム 137 を持つ牛肉動物は、食肉処理の数週間前に非汚染地域に移動させることもある。
- 家畜の食事療法で食物繊維を増やすと放射性セシウム*（セシウム 137）の摂取を減らすことができるように、干草や貯蔵牧草のような粗飼料の摂取を増やす。
- 無差別に家畜を食肉加工しない。つまり、そのような処理を行う前に適切なモニタリングを実施する。

（*放射性セシウム（セシウム 137）は自然発生するものではなく、原子力事故による放射性降下物である。）

Q: 家畜の放射性セシウムの汚染レベルを減らすために他にどのような手段を講じることができるか？

A: 家畜の腸内での放射性セシウムの摂取を減らすため、ポーラス（家畜用丸薬）あるいはアンモニウム鉄ヘキサシアノ鉄酸塩のソルト・リックス（家畜用岩塩）、効果的な放射性セシウム結合剤またはベントナイト*を処方する。

（*ベントナイトは放射性セシウムを吸着またはセシウムと結合させるための粘土性添加物で、放射性セシウムが家畜の胃腸に取り込まれないようにするためのものである。）

Q: もし牛乳がヨウ素 131 に汚染されていることが分かったらどうするべきか？

A: 新鮮な牛乳は人間の消費には使われるべきではない。チーズやバターなどその他の乳製品は、製品に混入したヨウ素 131 の放射能レベルが人間の摂取許容量におさまるほど十分に減少した場合に限り、製造することができる。より大きな工業的規模の場合は、磁気分離、イオン変換、電気透析又は超濾過といった技術で牛乳の汚染除去を行うことができる。

ストロンチウム、セシウム、ヨウ素のレベルを減らすために、牛乳はサワークリーム（現存する放射能レベルの約 85% が除去）やバター（95% 減少）、牛乳凝固など、他の乳製品に加工することができる。

Q: 事故後、家畜はどのくらいの間、放射線の被曝を受けるのか？

A: 主要な放射性同位元素の半減期によるが、土壌と環境は長く汚染されることも短く汚染されることもあり得る。さらに、同位元素は土壌で安定塩を形成するが植物には吸

収されない。もしそのような安定塩が長い半減期であれば、雨季・洪水期ごとに再現し、そこに放牧されている家畜を再汚染しかねない。

Q：動物生産システムを踏まえて汚染を検出するために、サンプルはどのように、また、どれを収集すべきなのか？

A：サンプルはガラスまたはプラスチックの瓶（液体サンプル）、あるいはビニール袋（固形サンプル）に収集するべきである。

土壌の採掘に関しては、放射能は（湿度や降水等により、）田畑に均一に広がるわけではないため、サンプルは汚染地域の中で複数箇所から採取されるべきである。検出結果は計測後に平均化すべきである。

作物のサンプリングに関しては、体系的なランダム・グリッド設計が用いられるべきである。20 から 25 グラムの食物（葉、茎、花、根など）を別々のビニール袋に採取されたい。作物の食用部分（例えば、カリフラワーの頭部、エンドウ豆のさや、米の穀粒、大根の根など）がサンプリングの優先事項である。サンプルは最も放射能汚染が高いと見込まれる食物の部位（例えば、葉または穀物の粒や塊茎のような生産器官）から採取されるべきである。

牛乳のサンプルに関しては、牛乳はしばしば最も重要な動物性食品であり、次のような理由によってモニタリングされるべき製品である。人間によって大量に消費される、特に乳幼児によって消費される、牧草に沈着した放射性物質は放牧されている家畜に消費され、この放射性物質が事実上牛乳に移動する。

牛乳のサンプルは、大量の牛乳貯蔵庫（例えば、出荷前に牛乳が収集されている場所）や通常、食品規制の他の側面について責任を有する衛生又は保健検査施設から採取されるべきである。地元の特化された汚染の場合は、個々の酪農家で生乳約 4 リットルを採取されたい（必要であれば、サンプルはホルムアルデヒドで保存可能である。）サンプルは汚染地域に放牧されていた牛、山羊から採取されるべきである。（例えば、これらの家畜は貯蔵されていた飼料により飼育されたものではないこと。）

肉、魚、肉製品、チーズに関しては、上部あるいは外側の層 1 センチメートルを採取されたい。サンプルは袋または容器に保管すべきである。一つの家畜から採取された複数のサンプルをプールしておいてもよい。より多くの家畜から採取する場合は、サンプルは各々の家畜（家畜間のプールなし）から採取されるべきである。これらの製品をサンプリングする際もし可能であれば、肋骨一本全体、あるいは、例えば、肝臓、心臓、腎臓から 100 グラムを採取することを強く勧める。生きた家畜は牛用に目盛りが付けられている NaI（ヨウ化ナトリウム）モニターを使って計測できる点に注意する。後脚の大筋肉量の部分が用いられ、1 分間読み取られる。

（*ヨウ化ナトリウム（NaI）は放射線検知に用いられる。）

Q：汚染された牛乳はどう廃棄すればよいのか？

A：人間の消費に適さない大量の汚染牛乳は廃棄処分が必要である（図 2、3 参照）。（短い半減期を持つ）ヨウ素 131 に汚染された牛乳に関しては、以下に表示されるように広い土地での廃棄が一つの有効な選択肢である。

廃棄にあたっては適切に土地を選定することで、環境への影響を最小限に止める措置を取る。

Q：作物と土壌はどのように汚染されるのか？

原子力事故が起こる際、一般的にヨウ素 131、セシウム 134、セシウム 137 のような放射性物質が大気中に放出する。放射性降下物は、剥き出しの状態になっている土壌や作物の表面に直接的に付着あるいは降水により付着して、放射能汚染をもたらす。いったん土壌に溜まったり、植物の葉に付着すると（図 4 参照）、放射性物質は吸収され、また、植物の根を通じて土壌から植物へと取り込まれる。植物の放射能汚染の程度や蓄積具合は放射性降下物の総量、食物の種類、土壌の性質により異なる。一般的には、以下に注意する必要がある。

- 放射性物質の作物への沈着は、葉が少ない作物（例えば、玉ねぎやトマト等）よりも、草または葉もの野菜（例えば、ほうれん草、キャベツ等）に多い。これは後者の方が葉の表面が大きいからである。
- 樹木作物も葉に多く付着するが、果物や豆類等には相対的に少ない割合で沈着する。
- 根菜類（例えば、にんじん、じゃがいも等）は放射性降下物そのものによる直接的な汚染リスクはほとんどない。

Q：天候は土壌と作物の放射能汚染に重要な役割を担うのか？

A：はい、特に風（方向と速度）と降水（量と強度）は放射能汚染の程度に影響を及ぼす。天候は土壌と作物への放射性物質（放射性核種）の拡散とそれによる付着に影響する。また、それに続いて起こる降水は、葉に付着した放射性物質を洗い落として土壌に付着させる作用がある。

Q：雨や埃を通じた放射能汚染から野菜作物や土壌を守ることはできるのか？

A：高価な野菜作物が栽培されている放射性汚染地域では、ビニールハウスを利用したり、灌漑用に防護されている源泉のみを使うことで、汚染された降雨からの放射能汚染を最小限に止めることができる。

主要作物または草地に関しては、広い地域を物理的に放射能汚染から回避することは難しい。土壌の汚染を回避するための土壌保護植生として、これらの作物はそのまま残しておくことを勧める。放射性物質は降下後、直ちに栽培中の作物の表面に付着するかもしれない。この場合、降下後、出来るだけ直ちに作物を除去することで、汚染が土壌に移行するのを最小限に止めることができる。取り除かれた作物は、通常、野菜作物が根をはる深さよりもさらに深く掘り起こし、そこに埋めることができる。

Q：放射性物質の沈着（降下）が終わった事故後の段階では、耕作地とその作物はどのようにして守ればいいのか？

A：いったん放射性物質が空気中に拡散すると、耕作地の汚染を減らすために取るべき農業的措置はたくさんある。放射性物質は比較的ゆっくりと土壌に取り込まれ、従って最初の沈着からいくつかのシーズンにわたって作物へと吸収されるという事実を考慮し

た措置である。実現可能性ならびにこれらの措置に必要とされる期間は放射性汚染のレベルによって異なる。

- カリウム肥料と石灰の利用は、植物による放射性物質の摂取を潜在的に減らす。
- 通常その地域で栽培されているものよりも放射性物質をより少なく蓄積する代替作物を栽培する。例えば、葉もの野菜や牧草の代わりに穀物を栽培する。
- 食用作物が生産されていた地域で、繊維用の亜麻や綿花、潤滑用又はバイオ燃料用の油糧種子のような非食用の作物を栽培し、結果的に人間や家畜への汚染を減らす。
- 深耕し、汚染された表層を埋める。これは広大な地域に有効な方法である。

放射能汚染の初期レベルの対応として、通常の農法に加えて、耕起や化学的処置におよぶ対応措置のすべての有効性を数値化する必要がある。

Q：汚染土壌から放射能の拡大を軽減することはできるのか？

A：はい。土壌浸食、水食、風食を最小化するいかなる要因も放射能汚染の拡散を減らす。また、土壌かく乱や車両の移動のように土壌埃を発生させる活動は、汚染土壌からの放射能の拡散を減らすべく、最小限に抑えられるべきである。野菜や果実の輸送は、もし路上の埃に晒されるならば、放射性物質（例えば、セシウム 134 とセシウム 137）の汚染を招くかもしれないということに注意すること。

Q：放射性物質（放射性降下物）の拡散後であっても、作物は汚染土壌から出る放射性物質を蓄積できるのか？

A：はい。作物は根からの摂取を通じて、汚染土壌から放射性物質（放射性核種）を蓄積することが出来る。この摂取は作物の種類と土壌の性質により異なる。土壌中の放射能汚染を取り除くために、土壌から放射性物質の相当量を吸収する能力のある作物を特別に栽培し、結果的に土壌回復（すなわち、ハイトレメディエーション「植物による放射性物質の吸収」）に貢献することもできる。

Q：灌漑用に表層水を利用することはできるのか？

A：はい。（しかし、）最善策はビニールハウスにある高価な野菜の灌漑には、深井戸からの地下水を用いるのが良い。放射性物質は徐々に土壌に取り込まれることから、地下水の重大な放射能汚染は起こりにくい。放射性物質（放射性核種）が放出されている間は、表層水はおそらく汚染される。よって、汚染地域では灌漑目的の貯水所または池からの水を利用することは望ましくない。

Q：土壌や作物にある放射能汚染（放射性核種）を計測するにはどうしたらよいか？

A：放射性物質の有無は、実験室または高精度の測定器（ガンマ検出器）を使って計測できる。土壌や農産物の放射能を測定する携帯用線量計は、採取した土壌や作物サンプルの放射能レベルを一次検査するのに役立つ。

Q：土壌や作物の広範囲におよぶ継続的な放射能汚染のモニタリングは必要か？

A：はい。広範囲におよぶ土壌と作物の放射能汚染調査は、土地利用（密集した作物植生から希薄な作物植生まで）の相互作用や、汚染に関する地形の特徴に配慮した被災地の分類に役立つ。

放射性物質が放出し下降している間、この情報は土壌と野菜の放射能汚染を回避するための早期農業対応措置の潜在的有効性を初期評価するのに役立つ。

そのような調査は詳細な方法で実施されなければならないし、時間とともに放射能汚染レベルがどう変化しているかを評価するために何年もかけて繰り返し行わなければならない。そのような調査はホットスポットが抜け落ちないように階層的に実施されるべきである。ホットスポットとは周辺地域よりずっと高い汚染レベルを示す小さな地域を指す。地理情報システムの利用は広範囲にわたる汚染の分布を視覚化し、とりわけそのようなホットスポットの存在を示すのに有効である。

Q：原子力事故後の作物生産への影響は何か？

A：政府当局から詳細な助言と指示を仰ぐことは非常に重要である。これまでに排除区域に指定された地域で農業生産を再開するには、特定地域の土壌および植物中の放射線が区域全体にどれだけ拡散したかを知ることが重要である。これらやその他のデータに基づいて、政府当局は農業生産者が長期にわたってその地域にいても差し支えない放射能レベルかどうかを判断することになる。

Q：原子力事故の付近では、農産物をどう扱うべきか？

A：中央政府が適切な助言を与える。一般的に、排除区域内の作物は土壌の汚染を最小限に抑えるために、放射性降下物がなくなり、後日、廃棄されるまで（詳細は以下を参照）、土壌保護植生として田畑に残しておくべきである。放射能汚染が低い排除区域の外では、作物の種類や汚染レベルに応じてケースバイケースで助言が行われ、これは広範囲の地域で継続的にモニタリングされるべきものである。

Q：汚染農産物はどのように廃棄されるべきか？

A：汚染農産物は低放射性廃棄物として指定されるかもしれない。廃棄の方法は政府当局によって勧告されることになる。そのような農産物は適切な容器に格納するか、（根域よりも深く）掘って土壌中に埋める。原子力安全規制に基づいて、また、適切なフィルター機能のある特別な施設で行う場合を除いて、焼却は検討されるべきではない。灰は、特別な処分地に廃棄してもよいかもしれない。

Q：排除区域*外のビニールハウスにある生産物はどう守ればよいのか？

A：既存のビニールハウスの汚染レベルは密閉または通気の程度により異なるものの、より低いと考えられる。さらなる汚染を回避するために、以下の措置が有効だろう。

1. ビニールハウス内の大気、灌漑用水及び土壌の汚染を点検する
2. 汚染されていない灌漑用水、タンクローリーまたは防護された井戸水によって供給される水だけを利用する
3. 表土が汚染されている場合は、汚染土を根域より下に埋める

4. 窓は閉め切り、可動式冷却・加温装置で温度を管理する
5. 原子力安全規制に従って空気フィルターを設置する
6. ビニールハウスで行われる作業服は別に用意する

(*政府に指定された上限を超える汚染レベルのある区域で、農業を含む人間の主な活動のほとんどが排除される区域)

英文URL : <http://www-naweb.iaea.org/nafa/faqs-food-agriculture.html>