

連載：東日本大震災からの10年—国立保健医療科学院からの発信—

<総説>

東京電力福島第一原子力発電所事故後の食品の放射線安全確保に向けた対策 —10年間の対応のまとめ—

山口一郎, 寺田宙, 志村勉, 温泉川肇彦, 牛山明

国立保健医療科学院生活環境研究部

Measures taken to ensure radiation safety of food after the accident at TEPCO's Fukushima Daiichi Nuclear Power Station - Summary of measures implemented over 10 years

YAMAGUCHI Ichiro, TERADA Hiroshi, SHIMURA Tsutomu,
YUNOKAWA Toshihiko, USHIYAMA Akira

Department of Environmental Health, National Institute of Public Health

抄録

東京電力福島第一原子力発電所事故後の食品の放射線安全確保のための対策について、事故後10年間の対応の整理を試みた。東日本大震災時に発生した原子力発電所事故後に食品の放射線安全確保のために用いられた指標は、あらかじめ備えていたものであったが、その後の現存被ばく状況での対応では、国際的な考え方に基づき管理のための指標値が導入され、国際的に調和が取れた規制での対応となった。対策の内、食品の放射性物質濃度のモニタリングは、地域の状況に応じた対応がPDCAサイクルを機能させてなされていた。事故によるリスク増加であることを踏まえた関係者間での合意形成が今後の対応でも求められる。

キーワード：原子力事故, 放射線リスク, 食の安全, 国際機関

Abstract

This study reviews the measures taken to ensure the radiation safety of food during the ten years since the accident at TEPCO's Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant. The criteria used to ensure the radiation safety of food after the accident had been prepared in advance. In the situation of exposure during the period of recovery from the accident, indicator values for control were introduced based on international standards, and measures were taken following internationally harmonized regulations. Among the measures taken, the monitoring of the concentration of radioactive materials in foodstuffs was handled in accordance with the local situation using the PDCA cycle. Consensus-building among stakeholders will continue to be necessary as part of the post-accident response process.

連絡先：山口一郎

〒351-0197埼玉県和光市南2-3-6

2-3-6 Minami, Wako, Saitama 351-0197, Japan.

Fax : 048-458-6270

e-mail: yamaguchi.i.aa@niph.go.jp

[令和3年7月6日受理]

keywords: nuclear accident, radiation risk, food safety, international organizations

(accepted for publication, July 6, 2021)

I. はじめに

原子力事故では放射性物質が環境中に放出されるために食品の安全確保も課題となる。2011年3月に発生した事故に対しても、多くの関係者が協力し合い、様々な対策を講じてきた。2011年4月4日に開催された薬事・食品衛生審議会食品衛生分科会では、大塚厚生労働副大臣から、『残念ながら、放射線物質と今後長い間、我が国は直面をし、そして、向き合っていかなければならないというのが現実でございます。』（原文ママ）との挨拶がなされた。

食品の放射線安全確保策として、これまでのリスクアセスメントの知見を踏まえた、リスクマネジメントとしての基準値の策定、モニタリング計画の策定と実施、生産現場での対策などが講じられてきた。また、リスクマネジメントにおいても重要なリスクコミュニケーションの取り組みも継続的に行われている。

本稿では、食品の放射線安全確保に向けた対策に関して、原子力事故の発生から10年間の整理を試みた。

II. 発生時からの法的対応

事故後、周辺環境から放射性物質が検出され始めた。放出された放射性物質による食品の汚染が考えられたことから、2011年3月17日に緊急的な措置として、事故前に原子力安全委員会により示されていた「飲食物摂取制限に関する指標」[1]を暫定規制値とし、これを上回る食品については食品衛生法（以下、法という）。第6条第2号に基づき規制を行うこととし、各自治体に対して通知[2]した。法第6条では「有毒な、若しくは有害な物質が含まれ、若しくは付着し、又はこれらの疑いがあるもの。ただし、人の健康を損なうおそれがない場合として厚生労働大臣が定める場合においては、この限りでない。」と販売等が禁止されており[3]とあり、これを適用するためには、その食品が人の健康を損なうおそれの有無を判断しなければならない。この科学的な判断を行うために、厚生労働省には薬事・食品衛生審議会[4]があり、また、リスク分析の考え方から食品のリスクを評価する機関として内閣府に食品安全委員会が設置されている[5]。

本来、規制値を設置するためには、これらの機関に諮問等を行い、意見を聞かなければならないが、震災による事故で十分な検討を行う時間的猶予がないことから、上述の「飲食物摂取制限に関する指標」を暫定規制値として概ね採用し、一部、放射性ヨウ素については、乳児の甲状腺への影響が大きいということから、コーデックス規格が100Bq/kgであることを準用して、牛乳・乳製品では100Bq/kgを超えるものは、乳児用調製粉乳及

び直接飲用に供する乳に使用しないよう指導することとした[6]。この暫定規制値の取り扱い等を検討するため、厚生労働省は同3月20日に食品安全委員会に対し、食品中の放射性物質に関する食品健康影響評価を依頼し、同3月29日に食品安全委員会は、厚生労働省に対し、「放射性物質に関する緊急とりまとめ」を提示した。また、同4月4日に薬事・食品衛生審議会食品衛生分科会が開催され、暫定規制値は継続し、汚染の状況を確認するための検査体制の強化や消費者等とのリスクコミュニケーションを充実することが提言されている。併せて、専門家による検討が機動的に実施できるように部会の設置が求められ、放射性物質対策部会が設置され、同4月8日に初回の検討会が開催された。そこにおいて、魚介類中の放射性ヨウ素については、あらかじめ余裕を持たせた暫定規制値の誘導で、1/3が保留されていたことから野菜類中の放射性ヨウ素と同一の暫定規制値である2,000 Bq/kgを準用することとした[7]。

一方、食品安全委員会は2011年10月27日に、厚生労働大臣に対して、食品健康影響評価[8]を答申し、「放射線による影響が見いだされているのは、通常の一般生活において受ける放射線量を除いた生涯における累積の実効線量として、おおよそ100 mSv以上と判断した」ということと、「そのうち、小児の期間については、感受性が成人より高い可能性があると考えられた」としている。この答申を受けて、厚生労働省では、同10月28日付で薬事・食品衛生審議会に食品中の放射性物質の規格基準に関して諮問を行った。放射性物質対策部会で規格基準の検討が行われ、基準値案を作成し、薬事・食品衛生審議会の審議[9]を経て、2012年4月1日からの現在の基準値（表1）を制定している[10]。

この基準値の趣旨は、発災当時作成した暫定規制値に適合している食品は自然放射性物質等の比較検討結果から、一般的には安全性は確保されていると評価されているが、より一層食品の安全と安心を確保していくという観点から、暫定規制値で耐容している年間摂取による預託実効線量として5 mSvの参考レベルを1 mSvへ引き下げることであった。この線量は、食品の国際規格を作成するコーデックス委員会が、指標として年間1 mSvを超えないようにガイドラインを示していることを根拠に策定されている。

表1 放射性セシウムの基準値

食品群	基準値*
飲料水	10
牛乳	50
一般食品	100
乳児用食品	50

*放射性ストロンチウム等を含め基準値を設定している。

なお、汚染物質である放射性物質を含む食品は、当初、法第6条第2号により規制されたが、基準値が設定されたことに伴い、法第11条（現在の13条）第1項の対象とされている。このように暫定規制値と新基準値では根拠となる食品衛生法上の条文が異なっている。暫定規制値の導入で想定された法第6条に違反するような食品は、通常、直ちに人の健康を害するおそれが極めて高いものであり、緊急時の対応として措置されたが、この規定のみでは、急性に健康を損なうもの以外について、食品衛生を確保し、食品に起因する事故を未然に防止することは困難であると考えられることから、更に積極的な見地から、公衆衛生上必要と考えられる具体的な基準又は規格を定めることができる11条による措置が取られたものと思われる[11]。この基準値は、モニタリングの限界を踏まえ仮定に基づく誘導も組み込まれているが、その仮定の妥当性がその後検証されている[12]。

III. 摂取制限・出荷制限

1. 概要

放射性物質の基準値を超過した食品は食品衛生法違反として取り扱われ、当該ロットを対象に回収・廃棄等の措置が取られる。基準値を上回った品目について、地域的な広がりがある場合は当該地域・品目を対象に出荷制限が設定され、検査結果にかかわらず出荷、販売等が制限される。また、著しく高い濃度の放射性物質が検出された品目については、家庭菜園で栽培された農産物等についても摂取を差し控えるよう求められる（摂取制限）。出荷制限ならびに摂取制限は原子力災害対策特別措置法（特措法）に基づく措置であり、原子力災害対策本部長である内閣総理大臣から関係知事宛に指示するものである。これらの措置の解除は当該都道府県からの申請に基づいて行われ、原則として1市町村当たり3か所以上、直近1か月以内の検査結果がすべて基準値以下であること等が条件となっている[13]。

2. 近年の傾向

2020年以降の出荷制限例を表2に示す。検査リソースの割当がフェーズと共に変化し、濃度が高い食品に重点が置かれるようになってきたことから出荷量が少ない食

品で新たに出荷制限となる例が、複数の自治体で発生している。

3. 課題

1) 基準値としての性格

現存被ばく状況での放射線管理では参考レベルの適用が想定されている。参考レベルは範囲を持つバンドで指標を持ち、代表的な個人を想定して安全を確保することを目的としている。このため、基準値超過を許容しない食品衛生法の考え方とは必ずしも整合が取れていない。また、基準値超過が確認された際の措置に関しても、要求事項が満足されていない、法令からの逸脱として罰則を課すのか、さらに状況の把握のための調査が必要と考えられるトリガーと考えるかでも違いが生じ得る。食品衛生法では基準値超過は法令違反となるが、特措法では原子力事故に関連して基準値超過が確認された場合、直ちに出荷制限の措置が講じられるのではなく、まずは出荷の自粛が要請され、調査を行い対応法が決定されることになっている。基準値の設定では、代表的な個人をどう想定し、耐容するリスクレベルをどう設定し、各食品へのリスクをどう割り当てるかなどが課題となるが、チェルノブイリ事故での対応の経験が国際原子力機関のTECDOC-1788にも記述されている[14]。

IV. 食品中の放射性物質の濃度測定に関する検査計画

1. 検査計画

事故後、様々な機関で食品中の放射性物質の測定がなされた。放射線リスクの年齢依存を考え、給食を対象にした検査も広く行われたが、給食を対象としたものは、安全性が確保されていることが確認されたとして、その実施が減少している。この動きを支えているのは各自治体による日々の検査である。

2011年4月4日に原子力災害対策本部から示された「検査計画、出荷制限等の品目・区域の設定・解除の考え方」（以下、ガイドライン）に基づき、検査計画の策定及び検査の実施が自治体に要請されている。このうち、検査計画の策定では、毎年、直近約1年間の検査結果や低減対策等の知見の集積を踏まえて、原子力災害対策本部においてガイドラインが改正され、国民の食品摂取の実態等を踏まえた対象食品の充実、食品の出荷制限等の要否を適切に判断するための検査計画、検査結果に基づく出荷制限等の必要性の判断、出荷制限等の解除の考え方についても必要な見直しが行なわれている。

この見直しでは、合理的かつ効率的な検査のあり方について、消費者を含む関係者の意向を把握した上で検討がなされている。この結果、栽培/飼養管理が可能な品目群を中心に検査を合理化及び効率化されている。その一方、国内外の消費者を含む関係者への検査結果の情報提供等も重要であることには変わりがなく、検査結果の

表2 2020年以降の出荷制限例

年月日	対象食品
2021年4月19日	福島県沖において漁獲されたクロソイ
2021年3月26日	福島県一部地域の令和3年産米（2021年産米） 【帰還困難区域の解除に伴い県の定める管理計画に基づかない米の出荷制限が指示するもの】
2020年12月25日	宮城県気仙沼市及び南三陸町において産出されたキノコ類（野生のものに限る）
2020年12月25日	茨城県石岡市及びつくば市において産出されたキノコ類（野生のものに限る）
2020年6月18日	長野県御代田町（みよたまち）で産出されたコシアブラ

2021年7月2日現在

推移, 新たな科学的知見の集積, 出荷制限等の解除事例の状況等を見極めつつ, 検査等の合理的かつ効率的な実施のため, 引き続き関係省庁において検討することとされてきた。

2021年度の検査では, 直近1年間の検査結果を踏まえ, 個別品目(きのこ・山菜類)の取扱いの見直しがなされ, 県が定めた出荷・検査方針により, きのこ・山菜類等を適切に管理・検査する体制が整備された場合は, 非破壊検査により基準値を下回ったものを出荷することができることとされた。

一方, 2013年に策定されたコーデックスガイドライン「国際食品貿易におけるサンプリングと試験の使用の原理原則」では, 「生産者危険 (Producers' risk)」と「消費者危険 (Consumers' risk)」のバランスをとるべきとされており, その観点からもより科学的な根拠に則ったサンプリングが求められている。

2. 全頭検査・全袋検査とその見直し

2011年3月以降に実施された食品中の放射性物質の検査は2021年5月31日現在で2,673,652件に上る。2012年度以降, 年間の検査件数は30万件前後で推移していたが, 2020年のガイドラインの改正を機に減少し, 2020年度は54,412件と減少した。

2020年の改正では以下の全ての要件を満たす牛は検査を要しないと規定された。

- ①過去3年間において基準値の1/2を超える放射性セシウムが検出されたことがない農家が飼養する牛
- ②飼料の流通・利用の自粛対象外であるほ場で生産された飼料又は輸入飼料のみが給与され, かつ, 自粛対象のほ場で生産された飼料の誤用防止措置が取られていることを都道府県が確認し, 検査の必要がないと認める牛

牛については2011年7月に暫定規制値 (500 Bq/kg) を上回る牛肉が市場に流通していたことが判明したため, 全頭検査が行われるようになった。飼養管理の徹底等により2013年度以降, 牛肉での基準値超過は認められていないが, 全頭検査は継続され, 牛肉が全検査の7割以上を占めるに至った。2020年のガイドラインの改正によってほとんどの牛は検査の対象外となり, 検査体制も全頭検査から抽出検査に移行したため, 検査件数の大幅な減少につながった。

米については福島県では, 2012年産米より県内で生産される全ての米を対象に全量全袋検査を実施してきた。放射性物質の吸収を抑制するカリウムの追加施用などを徹底した結果, 2015年以降, 通算5年間基準値超過がないことから, 田村市, 南相馬市, 広野町, 楡葉町, 富岡町, 川内村, 大熊町, 双葉町, 浪江町, 葛尾村, 飯舘村及び川俣町 (旧山木屋村) の12市町村を除き, 全量全袋検査からモニタリングに2020年度から移行している。2014年度の時点で福島県での全袋検査 (スクリーニング検査) では10,981,547件中, 検出されたのは1,921件で0.02%に

なっていた。一方, 厚労省公表分では2014年度の米で3%程度から放射性セシウムが検出されている (福島県産では8%程度)。そのうち4件は1[Bq/kg]未満で検出されている。厚労省が公表している各自治体での測定では, 米だと94%が遮へい体を用いたゲルマニウム半導体検出器で計測されているので, より低いレベルまで検出していることになる。ただし, 2015年度自家消費米で, 基準値超過例がある, この事例は, 作付けしなかったことから塩化カリウム肥料が配られていなかった例であることが市の調査で判明している[15]。これら12市町村は, 営農再開が進んでいない地域や新たに作付けが行われる水田もあり, 検査データの蓄積が十分でないことから, 全量全袋検査を継続し, 検査済みの米にはラベルを貼付するとしている。

この他, あんぽ柿[16]や果樹[17]で全袋検査が行われていた例がある。

V. 食品中の放射性物質の検査の質の確保

1. マニュアルの整備と研修の実施

事故後の緊急時の測定は, 2002年5月9日付け事務連絡「緊急時における食品の放射能測定マニュアルの送付について」で全国に送付されていたマニュアルに従って行われた。このマニュアルは1998年度厚生科学研究費補助金特別研究事業 (H12-特別-047)「原子力施設の事故等緊急時における食品中の放射能の測定と安全性評価に関する研究」(主任研究者:出雲義朗)に基づいている。このマニュアルに沿った機器校正も行われた[18]。その後, 食品中の放射性セシウムスクリーニング法[19]等の検査法のガイドが提示され, 検出限界の結果への明示[20]や有効数字の扱いも説明[21]された。2019年8月に採取された南相馬市のかぼちゃで, 放射性セシウムの濃度が101 Bq/kgであるとされている。この事例では確認がなされこの他には濃度が高いものが見つかっていないが, 南相馬市の結果発表では, 基準値超過となっている。しかし, 検査結果は有効数字2桁で表記することとされており, 放射性セシウムに対して104 Bq/kgは基準内とされており, 現行ルールでは基準値内と判定される。なお, 福島県内でのカボチャの測定例では, これまで基準値を超えたものはないが, カボチャの移行係数は, 0.0038-0.023とされており, 土壌濃度が4 kBq/kg程度だと, このレベルに到達しうると考えられる。

食品中の放射性物質の検査は, 事故前から環境放射能水準調査などで全国の地方衛生研究所で行われていた。この経験を活かして, 各地の検査の質の確保に全国の地方衛生研究所が指導的な役割を果たした。この機能を支援するために全国の地方衛生研究所を対象にした講習会が国立医薬品食品衛生研究所と本院の間で連携して開催された[22]。

また, 食品の放射能濃度測定の質の確保のために国立研究開発法人産業技術総合研究所(産総研)と(独)農業・

食品産業技術総合研究機構食品総合研究所（食総研）共催による放射能測定確認試験が実施され、民間の市民測定所もこのプログラムに参加し質の確保が図られた。

VI. 食品中の放射性物質の検査結果の推移

初期の検査結果の推移は、既に報告している[23]ので、ここではその後の推移について述べる。

(1)米

2011年の事故以降での全国での米の検査数の推移を図1に示す。秋の収穫時期に検査数が増加する周期的な変化が観察されている。2020年度から福島県での米の全

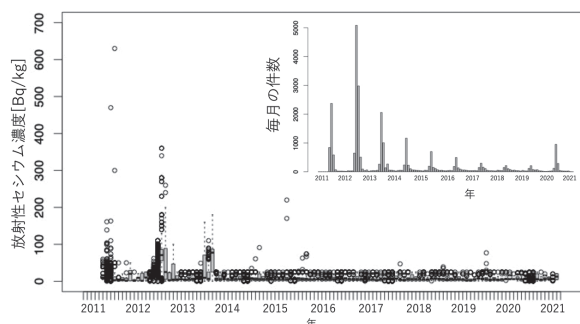


図1 全国での米の放射性セシウム濃度の推移と検査数の推移

箱ひげ図で濃度の推移を示し、右上の棒グラフで検査数の推移を示す。

濃度がもっとも高かったのは2011年でその後低下している。秋の収穫時期を過ぎた冬の方が検出される濃度が高いことが観察されている。2019年11月で基準値に近くなったのは福島県鏡石町で採取された試料で濃度は77 Bq/kgであったが、この試料は非流通品であった。濃度が示されている箱ひげ図の中央の太線はデータの中央値である。箱の最上端は第3四分位数で最下端は第1四分位数である。上側と下側のひげは第1四分位数-1.5×(第3四分位数-第1四分位数)以上と第3四分位数+1.5×(第3四分位数-第1四分位数)以下の範囲で、それぞれ最も大きいデータ点および最も小さいデータ点を指す。その外側にある丸はひげより大きい小さいデータ点を示す。また作図に用いたデータは2021年5月までに公表された分である(他の箱ひげ図も同様)。

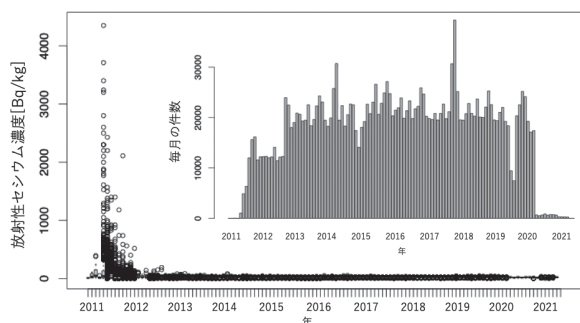


図2 全国での牛肉の放射性セシウム濃度の推移と検査数の推移

2011年度途中から高い濃度になったが、2013年以降、基準値超過事例はない。2013年以降の最大値は2013年4月の85 Bq/kg（栃木県那須町）であった。

全ての品目の中で牛肉はもっとも多い試料数であったが、2020年のガイドラインの改正により試料数が減少している。

袋検査が見直されたことから2020年度は検査数が増加した。

濃度がもっとも高かったのは2011年で、その後は低下している。秋の収穫時期を過ぎた冬の方が検出される濃度が高いことが観察されている。2016年以降、基準値を超過した試料はない。2019年11月で基準値に近くなったのは福島県鏡石町で採取された試料で濃度は77 Bq/kgであったが、この試料は非流通品であった。

(2)牛肉

全ての品目の中で牛肉はもっとも多い試料数であったが、2020年のガイドラインの改正により試料数が激減している（図2）。

餌の管理の問題から2011年度途中から高い濃度になったが、2013年以降、基準値超過事例はない。2013年以降の最大値は2013年4月の85 Bq/kg（栃木県那須町）であった。

(3)水産物

2014年まで検査数が増加し、その後は低下傾向にある（図3）。

放射性セシウム濃度の推移を図4に示す。放射性セシ

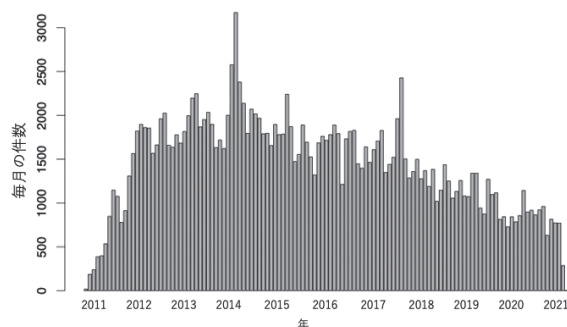


図3 全国での水産物の検査数の推移

2014年まで検査数が増加し、その後低下傾向にある。

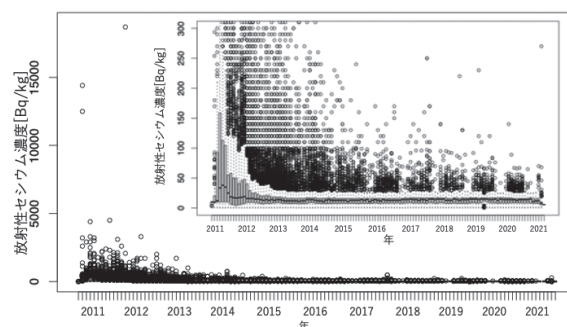


図4 全国での水産物の放射性セシウム濃度の推移

全てのデータと放射性セシウムの濃度が300 Bq/kg未満であったデータ（右上のグラフ）を示す。

これまでで高濃度であったのは、いずれも福島県で飯館村のヤマメ（2012年3月）18,700 Bq/kg、いわき市のイカナゴ稚魚（2011年4月）14,400 Bq/kg、いわき市のイカナゴ稚魚（2011年4月）12,500 Bq/kg、いわき市のヒラメ（2011年11月）4,500 Bq/kg、南相馬市のアユ（2011年6月）4,400 Bq/kgの順となっている。初期には海水表層で生息する魚の濃度が増加した（イカナゴなど）。淡水魚では塩分をため込むので放射性セシウムの濃度が増加しやすいことがチェルノブイリ事故でも知られていた。

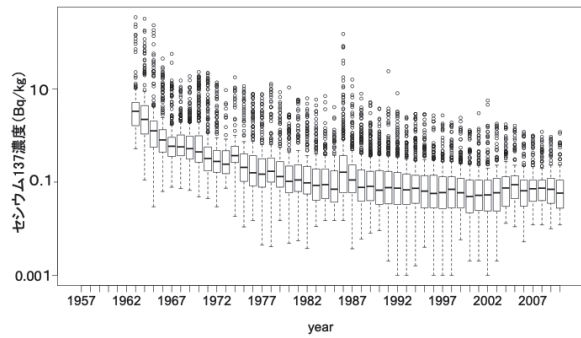


図5 東京電力福島第一発電所事故前の国内の農林産物中のセシウム137濃度

1963年に発効した部分的核実験停止条約により濃度が低下していたが、1986年にチェルノブイリ原子力発電所事故で濃度が増加した。東京電力福島第一原子力発電所事故前は概ね0.01~0.1 Bq/kg程度であった。

作図は、環境放射線データベース－日本の環境放射能と放射線[54]のデータを用いて行った。

ウムが高濃度であったのは、いずれも福島県産で飯館村のヤマメ（2012年3月）18,700 Bq/kg、いわき市のイカナゴ稚魚（2011年4月）14,400 Bq/kg、いわき市のイカナゴ稚魚（2011年4月）12,500 Bq/kg、いわき市のヒラメ（2011年11月）4,500 Bq/kg、南相馬市のアユ（2011年6月）4,400 Bq/kgの順となっている。

(4)事故前の食品中の放射性セシウム濃度の推移のグラフ
東京電力福島第一事故前の国内の農林産物中のセシウム137濃度を図5に示す。

(5)乾燥食品

事故後はフォールアウトの表面吸着と乾燥により茶葉で広範囲に放射性セシウムが検出されていたが、2012年に2万Bq/kgを超える試料があった[24]。この事例は前年度に採取された葉を使って加工されていた[25]。

(6)山菜

道の駅などで販売されていた山菜で基準値超過例がある[26]。被災地では山菜やきのこの出荷再開が課題となっており、検査の重点が変わることで、2020年以降に新たに自粛が自治体から要請された例がある[27]。その一方で、ほ場を整備し、栽培した山菜の出荷がなされるようになった例がある[28]。

厚労省が公表している食品中の放射性物質濃度の検査データの解析の例として、山菜の検査データの推移を分析した結果を示す。各自治体から提供されたデータを厚生労働省では毎週公表しているが、データを利用しやすいように本院ではデータベースとして提供している[29]。このデータベースは事故後、民間機関が運営していたものを本院で引き取ったものである。データの質を確保するために閲覧者のフィードバックも役立ってきた。この分析では、放射性物質の濃度に関する山菜の検査データを種類別・都道府県別に集計し、各年の検査件数、算術平均値、95パーセンタイル値を求めた。対象とした食品のモニタリングデータは、2011年3月に発生した東京電力福島第一原子力発電所事故以降、2021年4月までの期

間に厚生労働省から測定結果が公開されたものを対象とした。山菜としては、表表に示した35種類の食品を解析の対象とした。

原子力発電所事故の発生以降、2021年4月までの期間に測定結果が公表された山菜は22,172件であり、野菜類（279,208件）の7.9%であった。件数が最も多かったのはタケノコ9,042件で次いで、ワラビ4,037件、タラの芽2,556件、コシアブラ1,016件、青こごみ937件であった（表3）。このうち基準値超過の割合が最も高いのはコシアブラで（260件25.6%）、件数が最も多かったのはタケノコであった（271件）。

コシアブラの2013年から2020年の推移では、福島県と栃木県では検査件数が減少していたが、新潟県では増加していた（表4）。2020年でもっとも件数が多いのは、山形県（49件）で、次いで新潟県（25件）宮城県（21件）であった。放射線防護では集団内の上位5%が代表的個人として想定されているが、放射性セシウム濃度の95パーセンタイル値の推移は、宮城県では低下していたが、新潟県では増加していた。2020年でもっとも濃度が高いのは、長野県（254 Bq/kg）で、次いで宮城県（200 Bq/kg）、新潟県（136 Bq/kg）、山形県（240 Bq/kg）となっていたが、この順位は年度によって異なっていた（表5）。

タケノコでは、95パーセンタイル値が最も高かったのは2011-2012年：福島県、2013年：群馬県、2014年：福島県、2015-2021年：宮城県であった。

自然に栽培されている山菜の濃度は、サンプリングの特性に依存し、地域での分布の推定には不確かさを伴う。また、この調査の性格を反映し、市販を指さない場合にはサンプリングの優先度が低下することも考えられる。このため、福島県が公表しているデータと、福島県内の自治体が住民持ち込み食品の検査結果として公表しているデータでは乖離がある[30]。

山菜類はほかの食品と比較して放射性セシウム濃度が高いものの、年間の摂取量が限られるので喫食した場合でも放射線リスクとしては限定的であると考えられる。山菜の摂取量は個人差が大きい、多くは限定的と考えられ[31]、コシアブラでは95パーセンタイル値が2020年にもっとも高かった長野県（254 Bq/kg）でも極端な安全側推計として仮に年間200kg（毎日550g）食べても預託実効線量は1mSvに達することはない、仮に濃度が4倍で年間50kg食べても預託実効線量は1mSvに達しない。会津若松市では、山菜が保存して食されることも考慮し保守的に摂取量を見込んだリスクの説明がなされている[32]。

山菜の放射性物質濃度のサンプリング検査の結果は自治体によって年次推移のパターンが異なっていた。食品のモニタリングは市場に基準値を超過したものが出荷されないように行われるために、主として自家消費が想定される食品では優先度が低くなることがある。

自生山菜で放射性物質の基準値超過例があった場合、超過事案が発生した市町村及び周辺市町村で放射性物質

表3 山菜の種類別の検査件数（2021年4月公表分まで）

品目	件数	品目	件数	品目	件数	品目	件数
タラの芽	2,556 (89)	エゾニユウ	1 (0)	ニリンソウ	0 (0)	ツワブキ	0 (0)
コシアブラ	1,016 (260)	山わさび	0 (0)	イタドリ	4 (0)	トリアシショウマ	1 (0)
ふきのとう	0 (0)	ワラビ	4,037 (47)	ノビル	73 (0)	根曲り竹	0 (0)
青みず	0 (0)	ヤマウド	7 (0)	セリ	621 (4)	木の芽	221 (1)
赤みず	797 (6)	カタクリ	0 (0)	カンゾウ	2 (0)	ズイキ	16 (0)
青こごみ	937 (2)	行者にんにく	161 (0)	シャク	25 (0)	ミョウガタケ	793 (1)
赤こごみ	0 (0)	ウルイ	246 (0)	ハリギリ	6 (0)	クレソン	193 (0)
ゼンマイ	472 (38)	アイコ	275 (0)	アサツキ	201 (0)	タケノコ	9,042 (271)
ポウナ	40 (0)	シドケ	429 (2)	つくし	0 (0)	合計	22,172

注：括弧内は基準値超過数である。

表4 自治体別のコシアブラの件数の推移

自治体	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	係数	標準誤差	係数の有意確率
岩手県	0	10	6	0	1	1	3	10	17	6	1.36	0.78	0.13
宮城県	0	9	8	8	10	10	2	14	24	21	2.08	0.86	0.05
山形県	0	0	22	41	10	22	33	61	42	49	4.26	2.15	0.09
福島県	3	35	51	15	10	8	3	3	0	0	-5.45	1.72	0.02
茨城県	0	4	0	0	0	1	1	5	9	0	0.71	0.47	0.18
栃木県	0	16	4	4	3	5	1	1	1	1	-0.55	0.17	0.02
群馬県	0	1	0	1	0	0	1	24	3	0	0.99	1.32	0.48
新潟県	0	0	9	21	15	17	23	25	44	25	3.13	1.15	0.03
山梨県	0	0	0	0	1	3	1	0	5	0	0.24	0.29	0.44
長野県	0	2	2	35	27	16	14	11	10	9	-1.50	1.66	0.40

NAは利用できるデータがないことを示す。

係数は2013年から2020年のデータを用いて解析した回帰直線の傾きを示す。

集計は2021年4月公表分までのものを用いたが2021年分はここでは示していない。

表5 自治体別のコシアブラの放射性セシウム濃度の95パーセンタイル値の推移

自治体	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	係数	標準誤差	係数の有意確率
岩手県	NA	327	250	NA	360	36	123	38	101	29	0.04	1.67	0.98
宮城県	NA	438	748	1,200	461	720	266	414	450	200	-97.43	36.27	0.04
山形県	NA	NA	70	91	126	170	100	97	72	67	-3.21	5.61	0.59
福島県	397	1,730	5,900	85	94	110	68	50	NA	NA	-29.22	13.69	0.08
茨城県	NA	1,150	NA	NA	NA	13	10	306	590	NA	0.45	0.96	0.66
栃木県	NA	2,825	192	376	24	2,080	14	8	18	13	-61.39	116.49	0.62
群馬県	NA	39	NA	530	NA	NA	270	443	38	NA	-0.26	8.33	0.97
新潟県	NA	NA	26	130	80	111	147	164	146	136	13.49	5.05	0.04
山梨県	NA	NA	NA	NA	14	49	8	NA	25	NA	0.95	1.02	0.39
長野県	NA	9	581	340	371	100	339	155	232	254	-38.59	19.15	0.09

NAは利用できるデータがないことを示す。

係数は2013年から2020年のデータを用いて解析した回帰直線の傾きを示す。

集計は2021年4月公表分までのものを用いたが2021年分はここでは示していない。

検査を実施し、林野庁及び厚生労働省と連携し、対応方針が決定されている。必要に応じて検査体制が強化され、保健所をととして、採取者に対し自生山菜に関する注意喚起がされている。

一方、避難指示区域では営農の制限などによりモニタリング検査による安全性が確認されていないことから、避難指示解除準備区域および居住制限区域（申請が必要）、および国の指定区域解除から1年以内の区域は、全ての品目で収穫前に県による事前確認検査がなされ、さらに、出荷前（出荷の概ね3日前）に再度採取し、県による出荷確認検査を受けることとなっている。[33]。

(7)福島県内の野生キノコ

福島県内でも濃度が低いものでは野生きのこの出荷制限が解除されており、2018年3月29日に西会津町において採取された野生きのこの類（ムキタケに限る）、只見町において採取された野生きのこの類（ナメコ、ムキタケ、クリタケ、マイタケに限る）で出荷制限が解除された。この出荷制限の解除の判断はモニタリング検査に基づいており、検査した範囲では、食品の基準値を超えるものは検出されず（平均値:8.8 Bq/kg, 最大値:35 Bq/kg）、すべて基準値の2分の1を下回り、地域内での対象食品の放射性物質濃度は安定して低水準であることが確認され

ている。このモニタリング結果から、基準値を超過する確率（95パーセンタイル値27Bq/kg）は低いと推定されている。

ここでの課題は、判断のために必要な試料数の確保と不確実性への対応である。天然のきのこは希少なことがあり、検査のために数を確保することが難しいことがある。また、自然に育つものであるが、森林での除染は困難であり、きのこの成育環境での放射性物質の制御に困難さがある。場所により降下量にバラツキがあるだけでなく気象条件などによって放射性物質は環境中で移動する。また、試料の価値が高いことから非破壊検査の手法も示されている[34]。

(8)福島県外の野生キノコ

福島県外産で出荷制限がなされているものでは、福島の事故の影響を受けていないものがある。青森県では青森市、十和田市、鯉ヶ沢町、階上町において採取された野生きのこ類から、基準値（100ベクレル/kg）を超える放射性セシウムが検出されたことから、国から野生きのこ類の出荷制限が指示されていた。このうち、青森市、十和田市及び鯉ヶ沢町において採取された野生のキノコ類（ナラタケに限る。）の出荷制限が解除されている（2015年11月20日）。この措置は、自治体の取り組みとして、「あおり産野生きのこ安全性実証事業」を経たものであるが、ここで検出された放射性セシウムはCs-134が検出されていないことからチェルノブイリ事故やそれ以前の大気圏核実験の降下物に由来したものである。

一方、静岡県や山梨県での出荷制限は、両方の影響を受けたものとなっている[35]。静岡県の野生キノコの検査結果の例を表6に示す。このように異なる原因による有害物質の混入が生じるので、データを解析して原因を弁別している例もある[36]。

VII. 原子力事故後の食品の放射線安全確保策としての食品の基準値の策定

放射線の安全対策に関して、加盟国が役立てることができるよう国際原子力機関（IAEA）では、電離放射線への曝露による有害な影響からの人の防護の要件を、一般的な安全要求事項（General Safety Requirements, GSR）パート3「放射線防護および放射線源の安全性」に定めている。放射線の安全対策は、事故後だけに求められるものではないことから、被曝状況別にそれぞれの対応の要求事項が提示されている。

1. 計画被ばく状況

放射線施設の日常の放射線管理は、計画被ばく状況への対応である。原子力事業者や医療機関など事業者は計画被ばく状況を公衆や労働者にもたやすので、厳格な管理が求められている。

2. 緊急被ばく状況や事故に引き続く現存被ばく状況と計画被ばく状況の違い

緊急被ばく状況や事故に引き続く現存被ばく状況は、通常の管理の破綻によりもたらされる。この破綻はあってはならないものであり、それをもたらした責任の問題が発生しうる。また、補償の問題も生じる。このことから、緊急被ばく状況や事故に引き続く現存被ばく状況は補償原理が機能した条件でないと公平性が確保されない。この課題は放射性物質に限らず有害物質の環境放出を伴う事故の際の対応での課題となる。

3. 緊急時の対応

IAEAは、緊急時の放射線防護に関する一般的な安全要求事項をGSR Part 7で規定し[37]、緊急時での対応の

表6 静岡県の野生キノコの検査結果

自治体	御殿場市	裾野市	裾野市	富士市	富士市
キノコの種類	ハナイグチ	キハツタケ	アカモミタケ	シロヌメリイグチ	ハナイグチ
採取日	2014年10月03日 ^{*1}	2014年9月30日 ^{*2}	2014年9月30日 ^{*3}	2014年9月29日 ^{*4}	2014年9月29日 ^{*5}
Cs-134[Bq/kg] の濃度	18.5	68.1	48.4	12.4	52.8
Cs-137[Bq/kg] の濃度	94.7	258	194	104	308
計測されたCs-134から推計されるCs-137の濃度[Bq/kg]	55	203	144	37	158
過去のフォールアウト分と推計されるCs-137の濃度[Bq/kg]	39	54	49	67	149
東京電力福島第一原子力発電所由来と考えられる放射性Csの濃度[Bq/kg]	74	272	193	50	211
東京電力福島第一原子力発電所由来の放射性Csの割合	65%	83%	80%	43%	58%

*1 <http://www.radioactivity-db.info/detail.aspx?no=1410406335>

*2 <http://www.radioactivity-db.info/detail.aspx?no=1410406339>

*3 <http://www.radioactivity-db.info/detail.aspx?no=1410406341>

*4 <http://www.radioactivity-db.info/detail.aspx?no=1410406342>

*5 <http://www.radioactivity-db.info/detail.aspx?no=1410406344>

対処方針と用いられるクライテリアを一般安全ガイド GSG-2で提示している[38].

4. 現存被ばく状況の対応

放射線防護および放射線源の安全性に関する国際的な基本安全基準であるGSR Part 3では、現存被ばく状況を想定し、規制機関が、食品や飲料水などの商品に含まれる放射性核種による被ばくについて、それぞれの利用による年間の曝露による集団内での代表的個人への預託実効線量の基準として1 mSvとすることを要求事項51で求めている[39]. 代表的個人とは公衆の放射線防護において対象とする集団を代表する人であり、その集団での上位5パーセントの線量を受ける人が想定されている。

なお、ここでは飼料（原文ではfeed）も項目に含めている。飼料への線量の割り当てによる飼料の基準値(Bq/kg)の誘導は、飼料に含まれる放射性物質を管理することで肉や牛乳の放射能濃度をコントロールできることに基づいており、伝統的に提示されている。飼料中の放射性核種の最大濃度の基準を設定することで、食品に対する各国の規制を確実に満たすことができる。このことは誤解されることがあるが、動物の健康を守るために設定されたのではない。日本を含む多くの国では、牛、豚、羊、鶏、養殖魚などの動物用飼料に含まれる様々な放射性核種の最大濃度を設定している。この考え方は、放射性物質以外の汚染物質についても同様となっている。飼料中の放射性核種の濃度を管理することは、賢明で費用対効果の高い方法だと考えられるが、飼料を直接、ヒトが食べることはないので、この記述を削除すべきとの意見もある。このように計画被ばく状況での公衆の実効線量限度である1 mSv/yとは別の規定に基づいている。

食品は国際的に流通することから、国際的な取引の観点から国際基準が設けられている。

国際連合食糧農業機関/世界保健機関(FAO/WHO)コーデックス委員会は、原子力・放射線緊急事態により食品に含まれる放射性物質に関して、国際的な取引の観点から国際基準を策定している。一方、WHOでは、原子力・放射線緊急事態以外での飲料水に含まれる放射性物質に関する国際基準を策定している[40].

これらの様々な国際基準における放射性物質の濃度レベルの基準は、様々な状況下で公衆衛生を保護するという共通の目的を持つが、多くの要因と仮定により異なっている。TECDOC-1788は、原子力・放射線緊急事態以外での現存被ばく状況での放射線管理を目的として、様々な状況下で食品や飲料水に含まれる放射性核種による線量を制御するために、国家レベルで適用される基準について概要を示している[14]. また、特定の状況下で使用する基準として、食品中および飲料水中の放射性核種の放射能濃度の基準レベルを導き出すための方策についても解説している。

VIII. 国際的な取り組みとの関係

1. 国際的な調和への取り組み

2012年4月から用いている基準値は、輸入品に対しても適用されており、コーデックス委員会(Codex Alimentarius Commission (CAC))のガイドライン値とは異なっているが、国際原子力機関の文書で紹介されるだけでなく、あらかじめ世界貿易機関(WTO)に通報がなされていることから、各加盟国は、日本独自の基準値を尊重している。WTOの衛生植物検疫措置の適用に関する協定(SPS協定)では、各国の取る規制は国際的調和を求め、コーデックス委員会が定める基準のような国際基準を採用するよう調和を求めているが、第3条3では科学的に正当な理由がある場合には、関連する国際的な基準等に基づく措置によって達成される水準よりも高い衛生植物検疫上の保護の水準をもたらし措置を導入できるため、日本で定めていた輸入の基準は従来からコーデックス委員会のものとは異なっていたが[41]、原子力事故後に日本で導入した基準も、コーデックス委員会が定めるものより小さいことから、ヨーロッパからの輸入品が基準値を超過する事例が原子力事故の前後で発生している[42][43][44].

一方、韓国政府の日本からの食品輸入に関する措置に関して、SPS協定に違反するとして、SPS協定上の放射性物質に関する事案としては初になるWTO協定によるパネルが設置され、2017年11月にパネルの裁定がなされ、韓国の措置は不必要に貿易制限的で加盟国に権利として認められている暫定措置の範囲外とされた。しかし、上級委員会では韓国の適切な保護の水準(Appropriate Level of Protection, ALOP)の要素になり得るのかどうかを明示的に検討しなかったとして、このパネルの裁定を2019年4月に破棄している[45]. 農林水産省は、この報告書を受けて、対応の方向性を示している[46].

日本から輸入する食品の安全を確保するためとして、韓国政府は日本現地調査を実施し、日本政府はこの取り組みにも協力した[47]. 測定に関して、トリチウムだけでなく処理での回収が容易でなく人々から懸念が持たれている測定難核種に関しても挑戦している市民測定所があり、第三者の関与の観点で、このような施設の役割も重要となるかもしれない。

売り上げの回復に向けて農林水産省では、輸出促進事業を行い、「諸外国・地域の輸入規制の状況について」まとめている[48]. また、輸出拡大推進委託事業のうち輸入規制対策緊急調査(農林水産物中の放射性物質調査分析)委託事業では、海外に提示するためのモニタリングデータの収集が試みられていた。

なお、食品中の自然放射性物質の扱いに関しては、国際原子力機関の第50回の放射線安全基準委員会でも議題6.4として取り上げられている。

IX. 避難区域の解除等に伴う一次産業の再開

避難区域の解除等に伴う一次産業の再開も進められている。福島県では、農林漁業に関する事業再開、経営支援制度に関する事業を展開しており、それらには、営農再開に向けた作付実証も含まれており、安全を実証的に確認しながらの再興が模索されている。対策としては、農地除染、カリ施肥による吸収抑制対策、果樹の樹体洗浄、粗皮削り、肥料等の管理がなされてきた。また、海洋での漁業では、2012年6月に3魚種を対象に始まった漁獲量を制限して続けてきた試験操業は、毎週200検体前後のモニタリング検査が続けられ、安全が確認された魚種が対象として増加し、2017年1月に97魚種が対象となった。2015年4月以降のモニタリング検査で基準値を超える魚種が認められなかったために、2017年3月に、すべての魚介類（出荷制限魚種を除く）が対象になった。2020年2月25日のコモンカスベ出荷制限指示解除により、全て解除となったことから、2021年4月からは、拡大操業が展開されている（ただし、福島県沖のクロソイが2021年4月19日から新たに出荷制限となっている）。また、復興期の取り組みとして、政府からは、「復興・創生期間」後における東日本大震災からの復興の基本方針が示され、「発災から10年が経ち、様々な知見やデータが蓄積されたことを踏まえ、食品等に関する規制等について、科学的・合理的な見地から検証する。併せて、その検証結果等について、消費者の理解を深めるため、分かりやすい形で情報発信・リスクコミュニケーションを進める。」こととされた。

X. 今後の課題

1. 安全確保と原因分析のバランス

基準値を超過した品目で地域的な広がりがある場合には出荷が制限されることとなっているが、各自治体では、消費者を守るために基準値を超える結果が得られた場合には、即時に当該市町村からの当該品目の出荷自粛を求めることとしている。自動的に出荷制限の措置が講じられるものではないが、さらなる調査の結果、その野菜は地域の全域で出荷が制限される場合がある。このように段階的な措置が講じられているが、『モニタリング検査により基準値を超えてしまった場合、その野菜は町内全域で出荷・摂取等が制限されることになります。』と説明している例がある[33]。このため出荷を考えている場合には、確実に基準値を下回ることの確証が得られていないと検査が行われなくなるかもしれない。この懸念は、基準値など指標値適用の課題として、2012年2月24日の薬事・食品衛生審議会食品衛生分科会でも議論されていたが、安全確保と原因分析のバランスの課題である。

2. 社会的な課題の解決のための手法の利用

長期的な課題ではPDCAサイクル（plan-do-check-act cycle）の導入が課題となる。食品の検査計画では検査結果に基づいて年度毎に計画を見直す等、PDCAサイクルを機能させた取り組みがなされていた。今後も継続してPDCAサイクルを機能させるには科学的なデータの整備が必要となり、事故に由来した線量は限られた範囲であると考えられるが[49][50][51]、科学的なデータだけではなくリスク認知が主観的であることから心理面への配慮も求められる。また、課題解決における公平性の確保も求められ、利害関係者を巻き込んだ米国環境保護庁のEnvironmental Justice Collaborative Problem-Solving Modelの利用も考えられる[52][53]。

XI. まとめ

原子力災害後に食品の放射線安全対策も必要となったが、各自治体において対策が講じられ人々の安全が確保された。セシウム137の半減期が30年と長いために、チェルノブイリ事故と同様の長い経過をたどるために時期により状況が異なることにもなる。このため、今後もデータに基づき対策の最適化を図っていくことが求められる。

謝辞

対策の状況をご教示下さった各自治体の担当者や現状を教えて下さった市民測定所の方々に感謝いたします。食品中の放射性物質のモニタリングのデータの整備で研究補助の松本晶氏の援助を受けました。

引用文献

- [1] 原子力安全委員会原子力発電所等周辺防災対策専門部会環境ワーキンググループ。飲食物摂取制限に関する指標について。1998. <https://www.mhlw.go.jp/stf/shingi/2r98520000018iyb-att/2r98520000018k4m.pdf> (accessed 2021-07-02)
Emergency Preparedness for Nuclear Facilities, The Nuclear Safety Commission of Japan. [The index of drinking water based on the indicator about the restriction of food intake.] 1998. <https://www.mhlw.go.jp/stf/shingi/2r98520000018iyb-att/2r98520000018k4m.pdf> (in Japanese) (accessed 2021-07-02)
- [2] 厚生労働省医薬食品局食品安全部長。放射能汚染された食品の取り扱いについて。2011. <https://www.mhlw.go.jp/stf/shingi/2r98520000018iyb-att/2r98520000018klz.pdf> (accessed 2021-07-02)
Director, Food Safety Division, Pharmaceutical and Food Safety Bureau, Ministry of Health, Labour and Welfare. [Handling of radioactively contaminated food.] 2011. <https://www.mhlw.go.jp/stf/shingi/2r98520000018iyb-att/>

- t/2r98520000018klz.pdf (in Japanese)(accessed 2021-07-02)
- [3] 厚生労働省医薬食品局食品安全部. 食品衛生法上の指標値に関する食品安全委員会への諮問について. 2011. <https://www.mhlw.go.jp/stf/houdou/2r98520000015mk5.html>(accessed 2021-07-02) Food Safety Division, Pharmaceutical and Food Safety Bureau, Ministry of Health, Labour and Welfare. [Consultation with the food safety commission on the indicator values under the food sanitation law.] 2011. <https://www.mhlw.go.jp/stf/houdou/2r98520000015mk5.html> (in Japanese)(accessed 2021-07-02)
- [4] 法令検索. 食品衛生法(昭和二十二年法律第二百三十三号)第十三条. <https://elaws.e-gov.go.jp/document?lawid=322AC0000000233> (accessed 2021-07-02) e-GOV. [Food hygiene law (Article 13).] <https://elaws.e-gov.go.jp/document?lawid=322AC0000000233> (in Japanese)(accessed 2021-07-02)
- [5] 法令検索. 食品安全基本法(平成十五年法律第四十八号)第二十四条. e-GOV. [Food safety basic law (Article 24).] <https://elaws.e-gov.go.jp/document?lawid=415AC0000000048> (in Japanese)(accessed 2021-07-02)
- [6] 厚生労働省医薬食品局食品安全部基準審査課. 食品中の放射性物質の新たな基準値について. 2011. Standards Review Division, Food Safety Department, Pharmaceutical and Food Safety Bureau, Ministry of Health, Labour and Welfare. [New reference values for radioactive substances in foods.] 2011. (in Japanese)
- [7] 厚生労働省医薬食品局食品安全部長. 魚介類中の放射性ヨウ素に関する暫定規制値の取扱いについて. <https://www.mhlw.go.jp/stf/shingi/2r98520000012bpc-att/2r98520000018kgb.pdf> (accessed 2021-07-02) Director, Food Safety Division, Pharmaceutical and Food Safety Bureau, Ministry of Health, Labour and Welfare. [Handling of provisional regulation values for radioactive iodine in fish and shellfish.] 2011. <https://www.mhlw.go.jp/stf/shingi/2r98520000012bpc-att/2r98520000018kgb.pdf> (in Japanese)(accessed 2021-07-02)
- [8] 食品安全委員会. 食品衛生法に基づき放射性物質について指標値を定めること. <https://www.fsc.go.jp/fsciis/evaluationDocument/show/kya20110320797> (accessed 2021-07-02) Food Safety Commission. [Establishing indicator values for radioactive materials based on the Food Sanitation Law.] 2011. <https://www.fsc.go.jp/fsciis/evaluationDocument/show/kya20110320797> (in Japanese)(accessed 2021-07-02)
- [9] 薬事・食品衛生審議会食品衛生分科会及び薬事・食品衛生審議会食品衛生分科会放射性物質対策部会. 食品中の放射性物質の規格基準(案)について. 2012. <https://www.mhlw.go.jp/stf/shingi/2r98520000023pe7.html> (accessed 2021-07-02) The Subcommittee on Food Sanitation of the Pharmaceutical Affairs and Food Sanitation Council and the Subcommittee on Radioactive Substances of the Pharmaceutical Affairs and Food Sanitation Council. [Draft standards for radioactive substances in foods.] 2011. <https://www.mhlw.go.jp/stf/shingi/2r98520000023pe7.html> (in Japanese)(accessed 2021-07-02)
- [10] 厚生労働省医薬食品局食品安全部長. 乳及び乳製品の成分規格等に関する省令の一部を改正する省令, 乳及び乳製品の成分規格等に関する省令別表の二の(一)の(1)の規定に基づき厚生労働大臣が定める放射性物質を定める件及び食品, 添加物等の規格基準の一部を改正する件について. 2012. https://www.mhlw.go.jp/shinsai_jouhou/dl/tuuchi_120316.pdf (accessed 2021-07-02) Director-General, Food Safety Division, Pharmaceutical and Food Safety Bureau, Ministry of Health, Labour and Welfare. [Ministerial ordinance partially revising the ministerial ordinance on compositional standards for milk and milk products, determination of radioactive substances specified by the Minister of Health, Labour and Welfare pursuant to (1) of appended table 2 (i) of the ministerial ordinance on compositional standards for milk and milk products, and partial revision of the standard specifications for foods, additives, etc.] 2012. https://www.mhlw.go.jp/shinsai_jouhou/dl/tuuchi_120316.pdf (in Japanese)(accessed 2021-07-02)
- [11] 公益社団法人日本食品衛生協会. 新訂早わかり食品衛生法第7版. 2020. Japan Food Hygiene Association. [Newly revised quick understanding guide on food sanitation law, 7th Edition. 2020. (in Japanese)]
- [12] 小山内暢, 工藤幸清, 岩岡和輝, 山口一郎, 對馬恵, 齋藤陽子, 他. 福島第一原子力発電所事故に係る食品中の放射性物質に関する現行の基準値の検証—海産物中の規制対象核種による線量への寄与割合に対する仮定の妥当性—. *Radioisotopes*. 2017;66:259-269. Osanai M, Kudo K, Iwaoka K, Yamaguchi I, Tsushima M, Saito Y, et al. [Verification of the assumption on contribution ratio to the reference level from each radionuclide in seafood to derive criteria for radionuclide activity concentrations for food in the existing exposure situation regarding the Fukushima Dai-ichi Nuclear Power Plant accident.] *Radioisotopes*. 2017;66(7):259-269. (in Japanese)
- [13] 原子力災害対策本部. 検査計画, 出荷制限等の品目・区域の設定・解除の考え方(令和2年3月23日).

2020. https://www.mhlw.go.jp/stf/newpage_10331.html (accessed 2021-07-02)
- Nuclear Emergency Response Headquarters. [Inspection plan, setting and lifting of items and zones for restricted shipments, etc.] 2020. https://www.mhlw.go.jp/stf/newpage_10331.html (in Japanese)(accessed 2021-07-02)
- [14] IAEA. TECDOC-1788 Criteria for radionuclide activity concentrations for food and drinking water. Vienna. 2016. <https://www.iaea.org/publications/11061/criteria-for-radionuclide-activity-concentrations-for-food-and-drinking-water> (accessed 2021-07-02)
- [15] 厚生労働省医薬食品局食品安全部監視安全課. 食品中の放射性物質の検査結果について (第938報). 2015. <https://www.mhlw.go.jp/stf/houdou/0000091488.html> (accessed 2021-07-02)
- Ministry of Health, Labour and Welfare. Monitoring and Safety Division, Food Safety Department, Pharmaceutical and Food Safety Bureau. [Test results of radioactive materials in foods (Report 938).] (in Japanese)(accessed 2021-07-02)
- [16] 農林水産省. あんぽ柿の産地再開にむけた取組. 2015. https://warp.da.ndl.go.jp/info:ndljp/pid/10126628/www.maff.go.jp/tohoku/osirase/higai_taisaku/hukkou/pdf/anpogaki-kyogikai_h2708.pdf (accessed 2021-07-02)
- Ministry of Agriculture, Forestry and Fisheries. [Efforts to resume production of ampogaki, half-dried persimmons.] 2015. https://warp.da.ndl.go.jp/info:ndljp/pid/10126628/www.maff.go.jp/tohoku/osirase/higai_taisaku/hukkou/pdf/anpogaki-kyogikai_h2708.pdf (in Japanese)(accessed 2021-07-02)
- [17] 福島県石川町. 果樹(林檎等)の放射性セシウムスクリーニング検査(モデル事業)について. 2012. <https://warp.da.ndl.go.jp/info:ndljp/pid/6019884/trace.town.ishikawa.fukushima.jp/PDF/01.pdf> (accessed 2021-07-02)
- Ishikawa Town, Fukushima Prefecture. [Radioactive cesium screening inspection (model project) for fruit trees (apples, etc).] <https://warp.da.ndl.go.jp/info:ndljp/pid/6019884/trace.town.ishikawa.fukushima.jp/PDF/01.pdf> (in Japanese) (accessed 2021-07-02)
- [18] 日本アイソトープ協会. 緊急時における食品の放射能測定マニュアルに基づく食品中の放射能の簡易分析について. 2011. <https://warp.da.ndl.go.jp/info:ndljp/pid/11561265/www.jrias.or.jp/products/info/703.html> (accessed 2021-07-02)
- Japan Radioisotope Association. [Simple analysis of radioactivity in food based on the manual for measuring radioactivity in food in emergencies.] <https://warp.da.ndl.go.jp/info:ndljp/pid/11561265/www.jrias.or.jp/products/info/703.html> (in Japanese)(accessed 2021-07-02)
- [19] 厚生労働省医薬食品局食品安全部監視安全課. 食品中の放射性セシウムスクリーニング法の一部改正について. 2012.
- Surveillance and Safety Division, Food Safety Department, Pharmaceutical and Food Safety Bureau, Ministry of Health, Labour and Welfare. [Partial revision of the screening method for radiocesium in food.] 2012. (in Japanese)
- [20] 厚生労働省医薬食品局食品安全部監視安全課. 食品中の放射性物質の検査結果について. 2011. <https://www.mhlw.go.jp/stf/houdou/2r9852000001q51k-att/2r9852000001qj5v.pdf> (accessed 2021-07-02)
- Surveillance and Safety Division, Food Safety Department, Pharmaceutical and Food Safety Bureau, Ministry of Health, Labour and Welfare. [Test results of radioactive materials in foods.] 2011. <https://www.mhlw.go.jp/stf/houdou/2r9852000001q51k-att/2r9852000001qj5v.pdf> (in Japanese) (accessed 2021-07-02)
- [21] 厚生労働省医薬食品局食品安全部監視安全課. 食品中の放射性セシウムスクリーニング法の一部改正について. 2011. <https://www.mhlw.go.jp/stf/houdou/2r9852000001us4f-att/2r9852000001us94.pdf> (accessed 2021-07-02)
- Surveillance and Safety Division, Food Safety Department, Pharmaceutical and Food Safety Bureau, Ministry of Health, Labour and Welfare. [Partial revision of the screening method for radiocesium in food.] 2012. <https://www.mhlw.go.jp/stf/houdou/2r9852000001us4f-att/2r9852000001us94.pdf> (in Japanese)(accessed 2021-07-02)
- [22] 宮原誠. 国立衛研で放射性物質測定実務者研修開催地衛協理化学分野の研修会に協力. 衛研ニュース第9号. 2012. http://www.nihs.go.jp/nihs/news/tieiken_kensyu.pdf (accessed 2021-07-02)
- Miyazaki M. [Training for practitioners of radioactive material measurement held at the National Institute of Health Sciences(NIHS) in cooperation with training sessions in the field of science and chemistry at local health research institutes.] 2012. http://www.nihs.go.jp/nihs/news/tieiken_kensyu.pdf (in Japanese)(accessed 2021-07-02)
- [23] 寺田宙, 山口一郎. 放射性物質による食品汚染の概要と課題. 保健医療科学. 2011;60(4):300-305.
- Terada H, Yamaguchi I. [Summary of radioactive contamination of food in Japan and related issues.] Journal of the National Institute of Public Health. 2011;60(4):300-305. (in Japanese)
- [24] 宮城県. 蔵王町で採取されたヤーコン茶(粉末)の検査結果(2012-04-13採取). 2012. <http://www.radioactivity-db.info/detail.aspx?no=1204503040> (accessed 2021-07-02)

- Miyagi Prefecture. [Test results of Yacon tea (powder) collected in Zao Town (collected on 2012-April-13).] 2012. <http://www.radioactivity-db.info/detail.aspx?no=1204503040> (in Japanese)(accessed 2021-07-02)
- [25] 蔵王町. 町内ヤーコンは基準値を大きく下まわる結果. 広報ぞおう 号外19平成24年4月25日発行. 2012. https://www.town.zao.miyagi.jp/kurashi_guide/seikatsu_kankyo/shinsai/shinsai.files/sinsai19.pdf (accessed 2021-07-02)
- Zao Town, Miyagi. [Yacon in the town are well below the standard value.] Public Relations Zao. Extra Issue 19, 2012. https://www.town.zao.miyagi.jp/kurashi_guide/seikatsu_kankyo/shinsai/shinsai.files/sinsai19.pdf (in Japanese)(accessed 2021-07-02)
- [26] 厚生労働省医薬・生活衛生局食品監視安全課. オークションサイト・フリマサイトにおける野生の農産物の販売について. 2021. https://www.mhlw.go.jp/stf/newpage_14183.html (accessed 2021-07-02)
- Food Surveillance and Safety Division, Pharmaceutical and Consumer Health Bureau, Ministry of Health, Labour and Welfare. [Sale of wild agricultural products on auction sites and flea market sites.] 2021. https://www.mhlw.go.jp/stf/newpage_14183.html (in Japanese)(accessed 2021-07-02)
- [27] 茨城県. 野生の山菜類・きのこ類を出荷する皆様へ. 2021. https://www.pref.ibaraki.jp/nourinsuisan/rinsei/shido/shido/contents/sansai_kinoko/index.html (accessed 2021-07-02)
- Ibaraki Prefecture. [To all who ship wild wild plants and mushrooms.] 2021. https://www.pref.ibaraki.jp/nourinsuisan/rinsei/shido/shido/contents/sansai_kinoko/index.html (in Japanese)(accessed 2021-07-02)
- [28] 原子力災害対策本部長指示. 原子力災害対策特別措置法第20条第2項の規定に基づく食品の出荷制限の解除. 2016. <https://www.mhlw.go.jp/stf/houdou/0000128562.html> (accessed 2021-07-02)
- Instructions of the Director-General of the Nuclear Emergency Response Headquarters. [Lifting of restrictions on the shipment of food products under the provisions of Article 20, paragraph 2 of the Act on Special Measures Concerning Nuclear Emergency Preparedness.] 2016. <https://www.mhlw.go.jp/stf/houdou/0000128562.html> (in Japanese)(accessed 2021-07-02)
- [29] 厚生労働省. 食品中の放射性物質濃度データベース. 2013. <http://www.radioactivity-db.info> (accessed 2021-07-02)
- Ministry of Health, Labour and Welfare. [Database of radioactive substances in food.] 2013. <http://www.radioactivity-db.info> (in Japanese)(accessed 2021-07-02)
- [30] ふくしま30年プロジェクト. 福島県内自治体の持ち込み検査に見るコシアブラの結果. 2021. <https://fukushima-30year-project.org/?p=12555> (accessed 2021-07-02)
- Fukushima 30 Year Project. [Measurement results of the specimens of Eleutherococcus sciadophyloides brought in by residents to each municipality in Fukushima prefecture.] 2021. <https://fukushima-30year-project.org/?p=12555> (in Japanese)(accessed 2021-07-02)
- [31] 吉野馨子, 片山千栄, 諸藤享子. 住民による農産物の入手と利用からみた地域内自給の実態把握. 農林業問題研究. 2008;44:449-460.
- Yoshino K, Katayama C, Morofuji K. [Understanding the present situation of local supply and consumption of agricultural products from the aspect acquisition and utilization by local people, case study in Iida City, Nagano.] Journal of Rural Problems. 2008;44:449-460. (in Japanese)
- [32] 福島県会津若松市. 放射線Q & A～教えて！下先生～. 2015. <https://www.city.aizuwakamatsu.fukushima.jp/docs/2013022100021/> (accessed 2021-07-02)
- Aizuwakamatsu City, Fukushima Prefecture. [Radiation Q&A : Teach us! Dr. Shimo.] 2015. <https://www.city.aizuwakamatsu.fukushima.jp/docs/2013022100021/> (in Japanese)(accessed 2021-07-02)
- [33] 富岡町. 野菜の出荷・摂取等の制限解除について. 2017. <https://warp.da.ndl.go.jp/info:ndljp/pid/10326971/www.tomioka-town.jp/sp/living/cat4/003390.html> (accessed 2021-07-02)
- Tomioka Town, Fukushima Prefecture. [Lifting of restrictions on the shipment and consumption of vegetables.] 2017. <https://warp.da.ndl.go.jp/info:ndljp/pid/10326971/www.tomioka-town.jp/sp/living/cat4/003390.html> (in Japanese)(accessed 2021-07-02)
- [34] 厚生労働省医薬・生活衛生局食品監視安全課. 非破壊検査法による食品中の放射性セシウムスクリーニング法について. 2021.
- Ministry of Health, Labour and Welfare, Pharmaceutical and Life Science Bureau, Food Surveillance and Safety Division. [Screening method of radiocesium in food by nondestructive testing method.] 2021. (in Japanese)
- [35] Hori M, Saito T, Shozugawa K. Source evaluation of ¹³⁷Cs in foodstuffs based on trace ¹³⁴Cs radioactivity measurements following the Fukushima nuclear accident. Sci Rep. 2018;8:16806.
- [36] 谷村暢子, 伏屋弓子. 牛乳に含まれる放射性セシウムはどこから来たか 放射性セシウム ¹³⁴/¹³⁷ 比率の分析による評価. 2021. https://cnic.jp/wp/wp-content/uploads/2021/03/210330milk_CNIC.pdf (accessed 2021-07-02)
- Tanimura N, Fuseya Y. [Where did the radiocesium in milk come from? Evaluation by analysis of radiocesium

- 134/137 ratio.] 2021. https://cnic.jp/wp/wp-content/uploads/2021/03/210330milk_CNIC.pdf (in Japanese) (accessed 2021-07-02)
- [37] IAEA. General safety requirements GSR Part 7: Preparedness and response for a nuclear or radiological emergency. Vienna; 2015.
- [38] IAEA. General safety guide IAEA safety standards series No. GSG-2. Criteria for use in preparedness and response for a nuclear or radiological emergency. Vienna, Austria; 2011.
- [39] IAEA, FAO, ILO et al. GSR part3 Radiation protection and safety of radiation sources: International basic safety standards. 2014. <https://www.iaea.org/publications/8930/radiation-protection-and-safety-of-radiation-sources-international-basic-safety-standards> (accessed 2021-07-02)
- [40] 山口一郎, 浅見真理, 寺田宙, 志村勉, 杉山英男, 樺田尚樹. 飲料水中の放射性物質に関する国内外の指標. 保健医療科学. 2020;69(5):471-486.
Yamaguchi I, Asami M, Terada H, Shimura T, Sugiyama H, Kunugita N. [Japanese and international criteria for radioactive materials in drinking water.] Journal of the National Institute of Public Health. 2020;69(5):471-486. (in Japanese)
- [41] 厚生労働省医薬食品局食品安全部監視安全課輸入食品安全対策室長. 通知 旧ソ連原子力発電所事故に係る輸入食品の監視指導について(一部改正). 食品衛生研究. 2010;60:62-64. <http://ci.nii.ac.jp/naid/40016984880/ja/> (accessed 2021-07-02)
Director, Office of Imported Food Safety, Surveillance and Safety Division, Food Safety Department, Pharmaceutical and Food Safety Bureau, Ministry of Health, Labour and Welfare. [Notice: Monitoring and guidance of imported foods related to the accident at the nuclear power plant in the former Soviet Union.] 2010;60:62-64. <http://ci.nii.ac.jp/naid/40016984880/ja/> (in Japanese) (accessed 2021-07-02)
- [42] 厚生労働省医薬食品局食品安全部監視安全課輸入食品安全対策室長. ポーランド及びウクライナ産ベリー類の濃縮加工品の放射能検査の実施について. 2009. <https://www.mhlw.go.jp/topics/yunyu/hassiyutu/2009/dl/h08h.pdf> (accessed 2021-07-02)
Director, Office of Imported Food Safety, Surveillance and Safety Division, Food Safety Department, Pharmaceutical and Food Safety Bureau, Ministry of Health, Labour and Welfare. [Radioactivity testing of enriched processed berry products from Poland and Ukraine.] 2009; <https://www.mhlw.go.jp/topics/yunyu/hassiyutu/2009/dl/h08h.pdf> (in Japanese) (accessed 2021-07-02)
- [43] 東京都. 基準を超える放射性セシウムを検出したブルーベリージャムについて. 2013. https://www.fukushihoken.metro.tokyo.lg.jp/shokuhin/foods_archives/publications/violationHandling/pdf/violationHandling_h25/violationHandling_h25-03.pdf (accessed 2021-07-02)
Tokyo Metropolitan Government. [Blueberry jam detected with radioactive Cesium exceeding standards.] https://www.fukushihoken.metro.tokyo.lg.jp/shokuhin/foods_archives/publications/violationHandling/pdf/violationHandling_h25/violationHandling_h25-03.pdf (in Japanese) (accessed 2021-07-02)
- [44] 江東区. 平成25年度 江東区食品衛生監視指導結果について. 2013. <https://warp.da.ndl.go.jp/info:ndljp/pid/9482009/www.city.koto.lg.jp/seikatsu/hoken/6962/12490.html> (accessed 2021-07-02)
Koto-ku, Tokyo. [Results of food sanitation monitoring and guidance in Koto-ku in 2013.] 2013. <https://warp.da.ndl.go.jp/info:ndljp/pid/9482009/www.city.koto.lg.jp/seikatsu/hoken/6962/12490.html> (in Japanese) (accessed 2021-07-02)
- [45] 邵洪範. 韓国－放射性核種事件 (DS495) 一放射能汚染を理由とした通商規制に関するSPS協定上の争点一. 2020. <https://www.rieti.go.jp/jp/publications/summary/20110007.html> (accessed 2021-07-02)
Hongbum So. [WTO Panel Senior Committee report.] Korea : Radionuclides Case (DS495) . Issues under the SPS agreement concerning trade restrictions on the basis of radioactive contamination.] 2020. <https://www.rieti.go.jp/jp/publications/summary/20110007.html> (in Japanese) (accessed 2021-07-02)
- [46] 農林水産省. WTO上級委員会報告書の結果を踏まえた対応方向について. 2019. <https://www.jfa.maff.go.jp/j/press/kakou/190517.html> (accessed 2021-07-02)
Ministry of Agriculture, Forestry and Fisheries. [Direction of action based on the results of the report of the WTO Senior Committee.] 2019. <https://www.jfa.maff.go.jp/j/press/kakou/190517.html> (in Japanese) (accessed 2021-07-02)
- [47] 原子力規制委員会. 原子力規制庁と韓国の日本放射能安全管理民間専門家委員会による海水の共同採取・分析活動の結果について. 2015. https://radioactivity.nsr.go.jp/ja/contents/11000/10681/24/PressRelease_20150521.pdf (accessed 2021-07-02)
Nuclear Regulatory Commission. [Results of joint seawater sampling and analysis activities by the nuclear regulation authority and the Korean Committee of Civilian Experts on Radiation Safety Management in Japan.] 2015. https://radioactivity.nsr.go.jp/ja/contents/11000/10681/24/PressRelease_20150521.pdf (in Japanese) (accessed 2021-07-02)
- [48] 農林水産省. 東京電力福島第一原子力発電所事故に伴う食品等に係る諸外国・地域への輸出に関する証明書発行等について. 2011. <https://www.maff.go.jp/j/>

- export/e_shoumei/ (accessed 2021-07-02)
- Ministry of Agriculture, Forestry and Fisheries. [Issuance, etc. of certificates for exports to foreign countries and regions related to foodstuffs accompanying the accident at TEPCO's Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant.] 2011. https://www.maff.go.jp/j/export/e_shoumei/ (in Japanese)(accessed 2021-07-02)
- [49] Yamaguchi I, Takahashi H. Estimating of internal radiation doses due to food consumption and its reduction applying the food regulation after the Fukushima nuclear accident using national food-monitoring data. *Journal of the National Institute of Public Health*. 2021;70(1):61-75.
- [50] Osanai M, Hirano D, Mitsuhashi S, Kudo K, Hosokawa S, Tsushima M, et al. Estimation of effect of radiation dose reduction for internal exposure by food regulations under the current criteria for radionuclides in foodstuff in Japan using monitoring results. *Foods*. 2021;10(4):691.
- [51] Terada H, Iijima I, Miyake S, Isomura K, Sugiyama H. Total diet study to assess radioactive Cs and (40)K levels in the Japanese population before and after the Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant Accident. *Int J Environ Res Public Health*. 2020;17:8131.
- [52] Erik RS. Disaster epidemiology: Assessing the health impacts of environmental public health disasters. *Journal of the National Institute of Public Health*. 2018;67(1):123-132.
- [53] Wilson SM, Wilson OR, Heaney CD, Cooper J. Use of EPA collaborative problem-solving model to obtain environmental justice in North Carolina. *Prog Community Health Partnersh. United States*. 2007;1:327-337.
- [54] 公益財団法人日本分析センター. 日本の環境放射能と放射線. 2020. <https://www.kankyo-hoshano.go.jp/> (accessed 2021-07-02)
- Japan Analytical Center. [Environmental radioactivity and radiation in Japan.] 2020. <https://www.kankyo-hoshano.go.jp/> (in Japanese) (accessed 2021-07-02)