

食品照射専門部会報告書「食品への放射線照射について」について

平成18年10月3日

原子力委員会決定

1. 当委員会は、本日、食品照射専門部会から、「食品への放射線照射について」と題する報告書を受領しました。

同専門部会は、原子力政策大綱を踏まえて、食品照射に関する現状等について調査審議するために、学識経験者、マスコミ関係者、消費者、食品産業関係者などの有識者を構成員として設置されたものです。本報告書は、同専門部会が食品照射に関する基準等の国際動向を調査審議するとともに、自ら開催した食品照射について国民からのご意見を聴く会において得られたご意見をも踏まえて報告書（案）をとりまとめ、これを意見募集に付すとともに、ご意見を聴く会を2ヶ所で開催し、これらを通じて得られた国民の意見も参酌して、取りまとめたものです。

本報告書は、食品照射を巡る内外の現状を把握した上で、食品照射の有用性、照射食品の健全性の見通し、食品照射を巡るその他の課題について整理し、これらを踏まえて我が国における食品照射に関する今後の取組に関する考え方を示しています。当委員会は、これらの経緯から、本報告書は十分な調査審議を行って取りまとめられたもので、その考え方は尊重すべきものと評価します。

2. 本報告書の示す今後の取組に関する考え方を踏まえ、当委員会は、文部科学省、厚生労働省、農林水産省等において以下の取組が進められることが必要であると考えます。また、研究者、事業者等においても、(1) ②、(2) ②及び(3)の取組を進められることを期待します。

- (1) 食品安全行政の観点からの判断等

- ① 食品安全行政の観点から妥当性を判断するために、食品衛生法及び食品安全基本法に基づく、有用性が認められる食品への照射に関する検討・評価（まずは、有用性のある香辛料への照射について検討・

評価を実施。その他の食品については、有用性が認められる場合に
適宜、検討・評価を実施。)

②照射食品の健全性についての知見の不断の集積及び、健全性に関する
研究開発

③再照射を防止し、また、消費者の選択を確保する観点からの照射食
品に関する表示の義務付けの引き続きの実施及びその今後の在り
方に関する検討

(2) 検知技術の実用化等

①既存検知技術の試験手順の厳密化、公定検知法への採用等、行政検
査に用いられる公定検知法の早期確立、実用化に向けた取組の推進

②精度向上等の検知技術の高度化に向けた研究開発

③新しい照射食品の許可が行われる場合における監視・指導に係る新
たな対応の必要に応じた検討

(3) 食品照射に関する社会受容性の向上

①食品照射に関して国民との相互理解を一層進めるための国民にわ
かりやすい形でのデータの提供等の情報公開及び広聴・広報活動の
推進

②放射線利用全体に関する広聴・広報活動及び放射線に関する基本的
な知識に係る教育の充実

3. 当委員会としても、本報告書の示す今後の取組に関する考え方を踏まえ、
本報告書の内容に関する国民との相互理解の充実等に努めます。

また、当委員会は、今後、原子力政策大綱に示される政策の評価等の
定例的な取組の中で、2. に示したところについて関係行政機関等の当
該取組の状況を把握し、それを踏まえ必要な対応を図っていくこととし
ます。

以 上

食品への放射線照射についての科学的知見の とりまとめ業務

報告書 (概要版)

平成 20 年 3 月

株式会社 三菱総合研究所

はじめに

本業務では、食品安全行政の観点から食品への放射線照射について検討を行うため、これまでに公表された科学的知見を収集し、食品へ放射線照射を行うことにより生じると考えられる危害要因について、収集した文献等を精査・分析し、リスクプロファイル原案を作成するとともに、食品への放射線照射について、我が国内におけるニーズを把握するための調査を実施した。

1. 食品への放射線照射に係る科学的知見の収集及び整理

1.1 食品への放射線照射の利用

1.1.1 食品への放射線照射実用化の経緯

(1) 国際的な動向

1952年に Sparrow がジャガイモの発芽防止効果を報告して以来、米国を中心に食品照射の研究開発が本格的に展開された。表 1-1 に、食品照射の主要な歴史的経緯を示す。

1950年代は、米国、ソ連(当時)等で食品照射の実用化に向けた研究が始められた時期であり、米国陸軍では、50年代後半から60年代前半にかけて、ジャガイモ、小麦、ベーコン、モモなど多数の品目を対象にラットやイヌ、サルを用いた慢性毒性試験を実施している。

その後、60年代から70年代にかけてFAO/IAEA/WHOなどの国際機関や各国の研究機関において安全性の検討が行われるようになった。その中には、照射小麦を摂取した栄養失調児の末梢血細胞での倍数細胞(ポリプロイド、多倍体細胞)の増加といった研究例(1975年、インド)があった。この実験は、後にWHOの報告書(1994)において、「栄養失調児に倍数細胞(多倍体細胞)を出現させる証拠にはならない」と結論された。

80年代に入ると、国際機関において、照射食品の安全性に関する基本的な合意が得られ、実用化段階に入り、1980年のFAO/IAEA/WHOのJECFI「照射食品の健全性に関する合同専門家委員会」の結論に基づき、1983年にコーデックス委員会が10kGy以下の照射食品の一般規格を採択した。

90年代に入ると、米国で家禽肉、赤身肉の照射が許可されるなど、米国内での利用機運が高まったほか、欧州でもオランダ、ベルギー、フランスを中心に食品照射が進んだ。しかし、80年代後半からは、環境問題に対する意識の高まりやチェルノブイリ原子力発電所の事故の影響などもあり、欧州では2000年以降、照射量は減少傾向となった。ドイツでは、輸出用としてのみ、香辛料類の照射が実施されており、国内での照射食品の流通は禁止されている。また、1997年、ドイツ国立栄養生理学研究所の研究グループによって、アルキルシクロブタノンのDNA損傷のデータが発表されるなど、一部で安全性を再検討する動きも見られてきている。照射食品に関する国際的検討はその後進められ、2003年にはコーデックス委員会において、技術的な目的を達成する上で正当な必要性がある場合には、10kGy以上の照射も認められることとなった。

表 1-1 食品照射の主要な歴史的経緯

| 年代 | 年 | 主要な出来事 |
|-----------------------|---|--|
| 50年代 研究初期段階 | 1952年 | ・ 米国：ジャガイモの発芽防止効果の発見 (Sparrow) |
| | 1953年 | ・ 米国：陸軍によるジャガイモ、小麦、ベーコン、モモ等を用いた慢性毒性試験 (ラット、イヌ、サルを用いて 1960年代半ばまで継続) |
| | 1958年 | ・ 米国：食品照射の法律制定認可のプロセスは食品添加物と同様に食品の種類毎に個別に審査を経るもの |
| | 1958年 | ・ ソ連：ジャガイモの発芽防止許可 (カナダ：1959年、米国：1964年) |
| | 1959年 | ・ OEEC/ENEA：食品照射研究グループ発足 (1971年まで、19ヶ国) |
| 60～70年代 国際的な安全評価段階 | 1961年 | ・ FAO/IAEA/WHO：照射食品の健全性に関する合同会合開催 |
| | 1963年 | ・ 米国：穀物、ベーコンの許可 |
| | 1964年 | ・ FAO/IAEA/WHO：照射食品の法規制の技術的基礎に関する合同専門家委員会において、照射生成物は食品添加物とみなす旨を決定 |
| | 1967年 | ・ 日本：原子力特定総合研究「食品照射研究開発基本計画」として7品目 (ジャガイモ、タマネギ、米、小麦、ウインナーソーセージ、水産物製品、ミカン) の研究開始 (総理府原子力委員会、87年終了) |
| | 1968年 | ・ 米国：ベーコンの許可取り消し (提出されたデータに対し、当時のFDAがラットの死亡率の上昇、体重減少等を示唆するデータがあると判断したため) |
| | 1969年 | ・ 第1回 JECFI (FAO/IAEA/WHO 小麦、ジャガイモ、タマネギに関する照射食品の健全性に関する合同専門家委員会) |
| | 1970年 | ・ IFIPが発足 |
| | 1975年 | ・ インド：照射小麦を4～6週間摂取した栄養失調児での倍数細胞 (ポリプロイド、多倍体細胞) の増加に関する研究 |
| 1976年 | ・ 第2回 JECFI (FAO/IAEA/WHO 照射食品の健全性に関する合同専門家委員会)：食品照射は食品添加物ではなく物理的加工技術とみなすとの勧告 | |
| 1978年 | ・ IFFIT：オランダに設置 ・ 日本：「照射ベビーフード事件」が発生 (一審判決：1984年、二審判決：1985年) | |
| 80年代 安全性合意・実用化段階 | 1980年 | ・ 第3回 JECFI (FAO/IAEA/WHO 照射食品の健全性に関する合同専門家委員会)：10kGy以下の照射は健全性に問題がないとの見解を発表 |
| | 1983年 | ・ Codex：「照射食品に関する国際一般規格」を採択 |
| | 1984年 | ・ ICGFI設置：食品照射の実用化と貿易促進をめざすことを合意 (24ヶ国が参加) |
| | 1984年 | ・ 米国：スパイスへの照射許可 (30kGyまで) |
| | 1988年 | ・ 日本：食品照射の総合研究実施 (日本アイソトープ協会、1991年まで) ・ FAO/WHO/IAEAとITC：照射食品の受容、管理、貿易に関する合意文書を採択 |
| 90年代以降 実用化・再検討段階 | 1992年 | ・ 米国：家禽肉の許可 (3.0kGyまで) |
| | 1997年 | ・ 米国：赤身肉 (red meat) の照射許可 (FDA：1997、USDA：1999)、2000年発効 |
| | 1997年 | ・ FAO/IAEA/WHO 高線量照射に関する合同研究部会：10kGy以上の高線量健全性の宣言 ・ ドイツ：国立栄養生理研究所がアルキルシクロブタンによる細胞のDNA損傷についてのデータを発表 |
| | 1999年 | ・ EU：放射線照射食品の枠組みを定めるEU指令の制定 (2000年より施行。EU全体でスパイスを共通認可品目として制定) |
| | 2000年 | ・ 日本：全日本スパイス協会がスパイス (香辛料) の放射線照射による殺菌許可要望書を厚生労働省に提出 |
| 2003年 | ・ FAO/IAEA/WHO 高線量照射に関する合同研究部会：必要性がある場合には、10kGy以上の照射も認めることを合意 ・ Codex 照射食品に関する一般規格、食品の放射線処理に関する国際規範の改訂 | |

(出典：久米民和、新世紀の食品加工技術 藤田哲、小林登史夫、亀和田光男監修「世界の食品照射技術の動向」シーエムシー出版(2002)をもとに「食品への放射線照射について」原子力委員会食品照射専門部会 平成18年9月26日の情報を追加)

(2) 日本における動向

日本では、1955年に制定された原子力基本法において、「原子力の研究、開発及び利用を推進することによって、将来におけるエネルギー資源を確保し、学術の進歩と産業の振興とを図り、もって人類社会の福祉と国民生活の水準向上とに寄与する」とこととされた。これを受けて、1957年には、放射性同位元素等による放射線障害の防止に関する法律 (通称：放射線障害防止法) が制定され、労働安全衛生法とそれにもとづく電離放射線障害防止規則等の関連法令の整備も進められた。

以上の背景のもと、国際的な動向を踏まえて、食品への放射線照射への検討が開始された。1967年から「原子力特定総合研究」がスタートし、ジャガイモ (発芽防止)、タマネギ (発芽防止)、米 (殺虫)、小麦 (殺虫) など7品目について、放射線照射の条件と照射の効果、食品の健全性 (栄養試験、毒性試験、変異原性試験等)、検知法についての研究が行われた。

なお、食品衛生法では、食品への放射線照射は、原則的に禁止されているが、「原子力特定総合研究」の成果を踏まえて、1972年に、放射線によるジャガイモの発芽防止が同法のもとで認可された。1974年から北海道の士幌アイソトープ照射センターで実用照射が開始された。

こうした中、1978年には、食品衛生法に基づく許可を得ないまま、ベビーフードの原料に用いる粉末野菜に放射線殺菌を行って販売したという問題 (いわゆる「ベビーフード事件」) が発生した。この問題については、一審、二審で有罪判決が下されている。厚生省 (当時) では、この問題を受けて、「食品の放射線照射業者に対する監視指導について」(1978年10月12日付け環食第26号厚生省環境衛生局食品衛生課長通知) を発出し、各都道府県衛生担当に対して、事業者に対する監視指導の留意点について通知を行っている。

なお、輸入食品にあつては、食品衛生法第27条の規定に基づく輸入届出において、製造又は加工の方法に関する記載を求めており、検疫所において当該記載事項における放射線照射の有無の確認が行われているほか、2007年7月に熱発光法 (Thermoluminescence法、TL法) による放射線照射食品の検知法が通知され (「放射線照射された食品の検知法について」(2007年7月6日付け食安発第0706002号厚生労働省医薬食品局食品安全部長通知))、香辛料等について当該検知法を用いて輸入時検査が行われている。

一方、2000年には、「香辛料の微生物汚染の低減化を目的とする放射線照射の許可の要請」が関連業界団体 (全日本スパイス協会) から国に提出されている。

1.1.2 食品への放射線照射の利用分野

食品照射は、発芽防止、熟度調整、食品成分の改質、殺虫・殺菌などに有効な技術とされており、必要な線量は発芽防止、殺虫、殺菌の順に高くなっている。以下に、食品分野で利用されている放射線照射について、その目的、照射線量等を整理した (表 1-2)。

表 1-2. 食品照射の利用分野

| 応用区分 | 線量 (kGy) | 品目 |
|----------------------|-----------|---------------------------------|
| 低線量処理 (1kGy 以下) | | |
| (A)発芽防止 | 0.05~0.15 | ジャガイモ、タマネギ、ニンニク、ショウガなど |
| (B)殺虫及び害虫不妊化 | 0.15~0.5 | 穀類、豆、生鮮果実、乾燥魚、乾燥肉、豚肉など |
| (C)熟度調整 (成熟の遅延) | 0.5~1.0 | 生鮮果実、野菜など |
| 中線量処理 (1~10kGy 以下) | | |
| (A)貯蔵期間の延長 | 1.0~3.0 | 生鮮魚、イチゴなど |
| (B)殺菌 (病原菌や腐敗菌) | 1.0~7.0 | 生鮮魚介類、冷凍魚介類、生鮮鶏肉及び畜肉、冷凍鶏肉及び畜肉など |
| (C)品質改善 (食品の物性変化) | 2.0~7.0 | ブドウ (搾汁率の向上)、乾燥野菜 (調理時間短縮) など |
| 高線量処理 (10~50kGy 以下) | | |
| (A)工業的滅菌 (加温との組み合わせ) | 30~50 | 肉、鶏肉、魚介類、調理済み食品、病院用滅菌食など |
| (B)調味料、食品素材の殺菌 | 10~50 | スパイス、酵素製剤、天然ガムなど |

(出典：照射食品の安全性と栄養適性 コープ出版(1996) (WHO Safety and Nutritional Adequacy of Irradiated Food, 1994 の邦訳) 文献 5 をもとに一部改変)

1.2 食品への放射線照射の安全性をめぐる国際的議論の状況

1.2.1 国際機関における議論の状況

(1) FAO/IAEA/WHO

世界保健機関 (WHO) は 1960 年代から他の国連機関 (FAO, IAEA) と協力して照射食品の安全性評価に取り組んできた。その経緯は表 1-3 の通りである。

表 1-3 国際的議論の流れ

| 年 | 国際的議論に係わる事項 |
|--------|--|
| 1961 年 | FAO/IAEA/WHO 照射食品の健全性に関する合同会合 (Joint FAO/IAEA/WHO meeting on the wholesomeness of Irradiated Foods)。栄養学的適合性と食品としての安全性についての検討を開始。 |
| 1964 年 | FAO/IAEA/WHO 照射食品の法規制の技術的基礎に関する合同専門家委員会 (Joint FAO/IAEA/WHO Expert Committee meeting on the technical basis for legislation on irradiated food : JECFI)。照射生成物は食品添加物とみなすことを決定。 |
| 1969 年 | 第 1 回 JECFI (FAO/IAEA/WHO 小麦、ジャガイモ、タマネギに関する照射食品の健全性に関する合同専門家委員会、Joint FAO/IAEA/WHO Expert Committee meeting on the wholesomeness of irradiated food with special reference to wheat, potatoes and onions)。 |
| 1970 年 | 食品照射国際プロジェクト (International Project in the Field of Food Irradiation, IFIP) が発足。 |
| 1976 年 | 第 2 回 JECFI (FAO/IAEA/WHO 照射食品の健全性に関する合同専門家委員会、Joint FAO/IAEA/WHO Expert Committee meeting on the wholesomeness of irradiated foods)。「食品の放射線処理は物理的な処理法であり、食品添加物としての取り扱いには妥当でないこと」を結論。 |
| 1980 年 | 第 3 回 JECFI (FAO/IAEA/WHO 照射食品の健全性に関する合同専門家委員会、Joint FAO/IAEA/WHO Expert Committee meeting on the wholesomeness of irradiated foods)。「食品に総平均線量を 10kGy まで照射しても、毒性学的な問題点は認められないこと、また、栄養学的及び微生物学的な問題は生じないこと」を結論 (WHO 報告書、1981 年)。 |
| 1983 年 | Codex による「照射食品に関する国際一般規格」及び「食品処理のための照射施設の運転に関する国際基準」の採択。 |
| 1997 年 | FAO/IAEA/WHO の高線量照射に関する合同研究部会 (Joint FAO/IAEA/WHO Study Group on High Dose Irradiation)。「10kGy を超える高線量であっても安全である」との報告 (WHO 報告書、1999 年)。 |
| 2003 年 | FAO/IAEA/WHO の高線量照射に関する合同研究部会。10kGy 以上の放射線を照射した食品に関する関連データを再検討。その結果、「意図した技術上の目的を達成するために適切な線量を照射した食品は、適切な栄養を有し、安全に摂取できる」ことを結論。 |

(出典：Four decades in food irradiation, Editorial, Radiation Physics and Chemistry, vol.73, 2005, 346-347)

原子力百科事典 <http://www.rist.or.jp/atomica/>

WHO のホームページ (<http://www.who.int/foodsafety/en/>)

(2) コーデックス委員会 (Codex)

コーデックス委員会における照射食品に関する規格には、1983年に採択された以下の2つの基本的な規格が存在する。

- ・「照射食品に関する一般規格」(Codex General Standard for Irradiated Foods)
- ・「食品の放射線処理に関する国際規範」(Codex Recommended International Code of Practice for Radiation Processing of Food)

「照射食品に関する一般規格」では、食品照射に利用できる線源の種類と吸収線量の上限、施設管理や衛生管理の基本的考え方、再照射の原則禁止、表示などについて規定している。「食品の放射線処理に関する国際規範」では、一般規格よりも具体的に、照射前の食品の取扱い方、施設的设计・管理のあり方、線量の計測、記録の作成、HACCP(Hazard Analysis and Critical Control Point)の採用、表示などについて定めている。

1997年にFAO/IAEA/WHO合同会合が10kGyを超える高線量照射の安全性宣言を出して以降、コーデックス委員会では、これら2規格の改訂作業を進めた。

改訂作業では、吸収線量の上限撤廃と放射線分解生成物のアルキルシクロブタノンの安全性が論点となったが、最終的には、より高いレベルの放射線を食品照射に使用できることを含めた新しい規格を採択することとなり、2003年のコーデックス委員会において規格の改訂が決定した。

最大の争点であった吸収線量の上限については、「技術上の目的を達成する上で正当な必要性がある場合を除き、10kGyを超えてはならない」という記述に改められた。この結果、耐放射線性の病原菌であるクロストリジウム属のボツリヌス菌やバクテリアの芽胞も殺滅することが可能で、より高い放射線レベルの使用が認められることとなった。

これ以外には、食品照射の必要性に関する文言が消費者保護を重視する立場から改訂された。具体的には、食品の照射が正当化されるのは、技術上の要求を満たす場合と消費者の健康を保護するためであることが追加され、「照射を適正衛生規範(Good Hygienic Practice: GHP)、適正製造規範(Good Manufacturing Practice: GMP)、適正農業規範(Good Agricultural Practice: GAP)の代替措置として利用してはならない」という記述に改められた。

1.2.2 米国における議論の状況

FDAでは、1980年に公表された報告書“Recommendations for evaluating the safety of irradiated foods, Final report, 1980”(照射食品の安全性評価のための提言 最終報告 1980年)の中で食品照射の安全性評価に関する基準を提案している。

FDAでは、この基準が適用可能と判断される場合、適宜この基準を用いて食品照射の安全審査を行い、認可を行っている。

この評価基準のポイントは、以下の通りである。

- ① 1kGy以下の食品照射は食品として安全である。
- ② スパイスなど、毎日の食事に占める割合が0.01%以下の食品類については50kGy以下の線量までは、動物による安全性試験を行わなくとも安全である。

- ③ 1kGy以上照射された食品の許可にあたっては、遺伝毒性試験と90日間にわたる動物飼育試験(亜慢性試験)での安全性データを必要とし、有害な結果が得られなければ、食品として安全である。

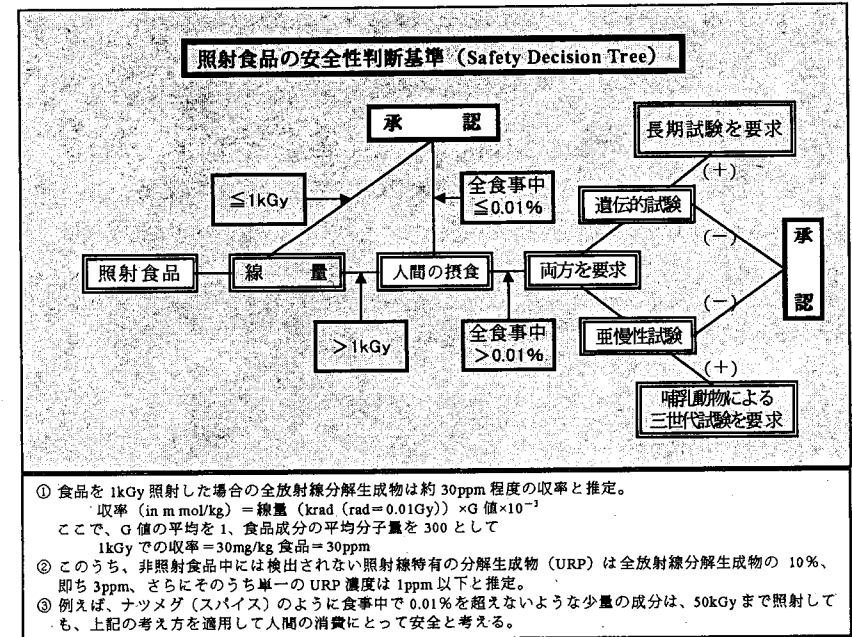


図 1-1 米国 FDA の照射食品に関する委員会 (BFIFC) により提言された照射食品の安全性評価基準の概略 (1980 年策定)

(出典: U.S. Regulatory Requirements for Irradiated Foods George H. Pauli, May 1999, <http://vm.cfsan.fda.gov/~dms/opa-rdtk.html>)

決定樹 (Safety Decision Tree) はあくまでも提言という位置づけにあり、これを基にした評価方法が法的な裏付けを持っていないわけではない。1994年にWHOが信頼に足る動物給餌実験を個々にではなく、全体的に考察する委員会レポートを発行すると、FDAでは照射食品の安全評価に同様のアプローチを取ることとし、赤身肉の許可にあたっては、鶏肉や他の生鮮食品に関する毒性学的評価データも考慮に入れた判断を実施している (表 1-4)。

また、この決定樹は1990年代に入ってからのアルキルシクロブタノンの安全性といった最近の議論よりも以前に作成されたことにも留意が必要である。

表 1-4 FDA が許可している主な照射食品の安全性評価の根拠

| 品目 | 評価に用いた根拠 | 許可年 |
|-----|--|------|
| 香辛料 | BFIFC(Bureau of Foods Irradiated Food Committee)の勧告による決定樹の考え方(摂取量の少ない食品については 50kGy まで安全とする)に従った。 | 1983 |
| 食鳥肉 | FDA が入手していた既存の個々の研究に関するレビューに基づく(鶏肉を用いた混餌試験、遺伝毒性試験等)。 | 1990 |
| 赤身肉 | WHO の 1994 年のレポート(1992 年の協議による)に従い、食鳥肉や他の生鮮食品に関する毒性学的評価データも考慮。 | 1997 |

(出典：内閣府食品安全委員会 平成 16 年度食品安全確保総合調査「放射線照射食品の安全性に関する文献等の収集・整理等の調査報告書」独立行政法人食品総合研究所 平成 17 年 3 月を一部改変)

1.3 適正な照射の確保に関する対応状況

食品への放射線照射については、FAO、IAEA、WHO といった国際機関が中心となって安全性の評価を進めてきた。こうした流れの中で、照射施設の適正な運転等に関する規則や照射された食品の検知方法の検討が進められている。

1.3.1 放射線照射施設等の管理

(1) 照射施設の管理

照射施設の管理については、IAEA(ICGFI)や Codex で国際的な基準が設けられている。

IAEA では、食品への放射線施設に対する GMP を定め、放射性物質が食品に混入しないために事業者が遵守すべき手順を定めている。1992 年と 1995 年には放射線照射施設の運転に関するトレーニングマニュアルを作成し、照射施設の運転員の能力の向上を図っている。

Codex では、放射線照射食品に関する一般規格の中で、照射処理を行う施設は、施設の免許と認可、施設の安全管理と衛生条件、運転管理に関わる人材の適性と訓練、運転管理(線量測定)などについて、国際的な基準に従うべきであるとしている。また、食品照射実施に関する国際基準附属書 A において、全体平均吸収線量の計算方法、過剰照射を防止するための最大・最小線量についての考え方などについて定めている。

各国では、これを踏まえて照射施設の管理が行われている。

なお、WHO の報告書(1994)によれば、食品への放射線照射に際して、「線量の均一性が欠如するのではないかと、特に大きな容器内では、食品が過剰線量で照射されるのではないかと疑問視されてきた」が、「これは、照射施設での技術上の問題であり、いかなる形状のどのような食品でもその最大線量を超えないように設定された特定のプロトコルを作成することで解決される」とされている。

(2) 作業員の被曝

放射線照射施設は、IAEA、Codex といった国際機関の定めた規定を踏まえて、各国で運用管理が行われている。作業員の被曝については、原子力委員会の 2006 年の報告書において、以下の通り記載されている。

「内外の放射線照射施設におけるこれまでの事故例からみて、当該施設に係る危険性の一つは、作業員が偶発的に電離放射線を浴びるかもしれないことである。作業員が設備故障を発見するため、あるいは作業員が何らかの原因で偶発的に放射線を浴びるのを防ぐために、放射線照射施設は幾重もの防護レベルのもとに設計されている。照射を行うために、放射線源が照射室内に露出している時には、危険な区域はモニターで監視され、またインターロックシステムの動きで、照射室への立ち入りができないようになっている。これらの設備面での対応に加え、作業員がマニュアルを遵守し、人為的な事故を避けることも重要である。以上より、放射線照射施設は、そもそも構造的に周辺環境への影響がないように設計・建設されている施設であり、また作業員の安全確保についても十分な配慮がなされているが、マニュアルの遵守等安全文化の一層の徹底が期待されている。」

1.3.2 再照射

Codex において、食品への再照射は、低水分量の食品類(穀類、豆類、乾燥食品、等)の殺虫を目的とした放射線処理を除き、原則的に禁止されている。ただし、低線量で照射された原料を用いて製造される食品や、照射された原料が 5%以下の食品、またはイオン化放射線の全体線量が目的とする効果を与える場合で分割照射せざるを得ない場合、再照射が認められる。なお、全体の平均累積線量は再照射の場合でも 10kGy を超えてはならないとされている。

1.3.3 照射された食品の検知法

照射された食品の検知法については、IAEA において検知法の技術開発が 1980 年代から進められ、1991 年の中間報告のとりまとめを踏まえて、1994 年に最終的な枠組みが定められた。これを受けて、各国で公定の検知方法が定められている。

2. 食品への放射線照射に関する世界各国・国際機関の規制及びその運用状況の調査

2.1 調査の概要

食品への放射線照射に関する世界各国・国際機関の規制（規制当局、根拠法令とその内容等）及びその運用状況を把握するため、各国の政府機関（管轄機関）を対象とするアンケート調査（中国についてはインタビュー調査）や各機関のホームページ等を通じた公開情報の調査を実施した。あわせて、照射食品に係る統計資料を収集・整理した。

2.1.1 調査の実施対象国及び機関

調査の実施対象については、食品への放射線照射に関する規制を実施している、もしくは検討している国、照射食品の流通量・輸出入量が多いと想定される国を中心に抽出した。

調査対象として抽出した地域、国、国際機関は表 2-1 の通りである。

表 2-1 食品への放射線照射に関する情報収集調査の実施対象

| | |
|-------|--|
| 北南米地域 | 米国, カナダ, チリ, ブラジル |
| 欧州地域 | EU, アイルランド, イギリス, イタリア, オランダ, スペイン, チェコ, ドイツ, ハンガリー, フランス, ベルギー, ポーランド, アイスランド |
| アジア地域 | 中国, 台湾, 韓国, インド, ASEAN, インドネシア, シンガポール, タイ, フィリピン, ベトナム, マレーシア |
| オセアニア | オーストラリア, ニュージーランド |
| 国際機関 | Codex, FAO, IAEA, OECD, WHO |

2.1.2 調査項目

本調査では、以下を調査項目とした。

- (1) 食品照射に関する法規制・ガイドライン等の有無及びその概要
- (2) 照射認可品目、照射目的、許可されている線量、年間照射量
- (3) 照射食品の表示制度
- (4) 照射施設の管理
- (5) 照射食品の記録
- (6) 照射食品のモニタリング制度及び検知法
- (7) 照射食品の輸入状況
- (8) その他（違反した際の罰則、規制の変更の提案等）

なお、国際機関に対しては、上記のうち、(1)食品照射のガイドラインの有無、(6)照射食品の検知法及び安全性に関する報告書等の発表状況を調査項目とした。

2.2 調査結果一覧

2.1 に概要を記述した調査結果及びその他の関連文書をもとに、各国・国際機関の食品照射の規制及び実施状況を整理した結果を以降に示す。

なお、表番号及び表タイトルの一覧は以下の通りである。

| | |
|-------|-------------------------------------|
| 表 2-2 | 各国及び国際機関による食品照射に関する法規制・ガイドライン等の規定状況 |
| 表 2-3 | 各国及び国際機関の照射認可品目（動物性食品） |
| 表 2-4 | 各国及び国際機関の照射認可品目（植物性食品） |
| 表 2-5 | 各国及び国際機関の照射認可品目（その他） |
| 表 2-6 | 各国及び国際機関における照射食品の表示の規定状況 |
| 表 2-7 | 各国及び国際機関の食品照射施設及び施設検査制度 |

| 国/機関名 | 照射条件 (線量、線 量) | 照射条件 (線量、線量 以外) | 照射に際し ての禁止事 項 | 認可品目 | 照射施設 の認可 ライセンス | 照射施設 の検査 | 照射の 記録 | 照射食品の モニタリング | 照射食品の 認可手続 制度 | 照射食品の 表示 | 照射食品の 輸入条件 | 照射食品の 輸入検査 | 違反時の 処罰等 | 事故等の際 の情報公開 | その他 |
|----------|---------------------|-----------------------|---------------------|------|----------------------|-------------|-----------|-----------------|---------------------|-------------|---------------|---------------|-------------|----------------|-----------------|
| アイスランド | ○ | × | ○ | ○ | × | × | × | × | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | × | |
| オーストラリア | ○ | — | ○ | ○ | — | — | ○ | — | — | ○ | — | — | — | — | |
| ニュージーランド | ○ | — | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ 食品全般 | — | ○ | ○ | ○ | — | — | |
| 中国 | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | — | |
| 台湾 | ○ | ○ | — | ○ | — | ○ | — | × | — | ○ | × | — | ○ | ○ | |
| 韓国 | ○ | — | — | ○ | ○ | ○ | — | ○ | — | ○ | — | — | — | — | |
| インド | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | — | — | ○ | — | — | — | — | |
| インドネシア | — | — | — | — | ○ | — | — | — | — | ○ | ○ | — | — | — | |
| シンガポール | ○ | ○ | ○ | × | × | × | × | ○ (食品全般) | × | ○ | ○ | — | ○ | — | |
| タイ | ○ | ○ | ○ | ○ | — | ○ | — | ○ | — | ○ | ○ | — | ○ | — | |
| フィリピン | ○ | ○ | — | — | ○ | ○ | ○ | ○ | — | ○ | ○ | — | ○ | — | |
| ベトナム | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | — | ○ | ○ | ○ | ○ | — | |
| マレーシア | ○ | — | — | — | ○ | ○ | — | — | — | ○ | ○ | — | — | — | |
| Codex | ○ | ○ | ○ | × | ○ | ○ | ○ | × | × | ○ | × | × | × | × | |
| ASEAN | ○ | ○ | ○ | × | × | ○ | ○ | ○ | × | ○ | ○ | × | ○ | × | 技術者が 満たすべき要件 |

注) ・各国及び国際機関の情報はアンケート調査結果及び参考文献の文献による。
 ・各項目について該当する規制や活動がある場合は「○」、該当する規制や活動がないことを確認した場合は「×」、該当する規制や活動について情報が得られなかった場合は「—」とした。
 ・EU加盟国で、国内法が確認できていないがEU統一規則に従うと思われる場合は「印」を示した。
 ・上記以外の国際機関の取り組み状況:WHOはCodex基準を採用、OECDは照射食品に関する活動なし、Joint FAO/IAEA Division for Nuclear Techniques in Food & Agricultureはアンケート回答なし。

表 2-2 各国及び国際機関による食品照射に関する法規制・ガイドライン等の規定状況

| 国/機関名 | 照射条件 (線量、線 量) | 照射条件 (線量、線量 以外) | 照射に際し ての禁止事 項 | 認可品目 | 照射施設 の認可 ライセンス | 照射施設 の検査 | 照射の 記録 | 照射食品の モニタリング | 照射食品の 認可手続 制度 | 照射食品の 表示 | 照射食品の 輸入条件 | 照射食品の 輸入検査 | 違反時の 処罰等 | 事故等の際 の情報公開 | その他 |
|--------|---------------------|-----------------------|---------------------|------|----------------------|-------------|-----------|-----------------|---------------------|-------------|---------------|---------------|-------------|----------------|--------------------------|
| 米国 | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | — | ○ | ○ | ○ | ○ | — | |
| カナダ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ 食品全般 | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | — | |
| チリ | ○ | ○ | ○ | ○ | — | ○ | ○ | × | — | ○ | ○ | ○ | — | — | |
| ブラジル | ○ | ○ | — | ○ | ○ | ○ | — | ○ | — | ○ | ○ | — | — | — | |
| EU | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | — | — | — | 照射食品の安全 性に関する情報 共有 |
| アイルランド | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | — | ○ | ○ | — | ○ | — | |
| イギリス | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | — | ○ | ○ | — | ○ | ○ | |
| イタリア | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * | |
| オランダ | ○ | ○ | ○ | ○ | — | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | — | — | — | |
| スペイン | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * | |
| チェコ | ○ | * | * | ○ | * | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | * | ○ | * | |
| ドイツ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | — | ○ | ○ | — | — | — | |
| ハンガリー | ○ | ○ | ○ | ○ | — | ○ | — | ○ | ○ | ○ | ○ | — | — | — | |
| フランス | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * | |
| ベルギー | ○ | ○ | ○ | ○ | — | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | — | ○ | — | |
| ポーランド | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | — | ○ | — | |

表 2-4 各国及び国際機関の照射認可品目 (植物性食品)

| | 根菜類 | | | | | 穀類 | | | 乾燥野菜 | | | 乾燥ハーブ/スパイス | | | 野菜由来調味料 | | | 野菜、果物(生) | | | マンゴー | パパイア | イチゴ | |
|----------|------|-------|------|--------|------|----|--------|----|---------|--------|------|------------|---------|----------|---------|------|-----|----------|---|---|------|------|-----|---|
| | タマネギ | ジャガイモ | ニンニク | エシャロット | ショウガ | 米 | 穀物フレーク | 豆類 | ドライフルーツ | 小麦、小麦粉 | 乾燥野菜 | 乾燥ハーブ/スパイス | 野菜由来調味料 | 野菜、果物(生) | マンゴー | パパイア | イチゴ | | | | | | | |
| 英国 | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| カナダ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| チリ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| ブラジル | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| EU | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| アイルランド | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| イギリス | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| イタリア | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| オランダ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| スペイン | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| チェコ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| ドイツ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| ハンガリー | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| フランス | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| ベルギー | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| ポーランド | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| アイスランド | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| オーストラリア | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| ニュージーランド | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| 中国 | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| 台湾 | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| 韓国 | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| インド | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| インドネシア | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| タイ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| フィリピン | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| ベトナム | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| マレーシア | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| ASEAN | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |

(注) 上段 認可の有無又は認可品名 中段 照射目的 下段 許容限度
 max 最大許容限度 min 最小許容限度 ave 平均許容限度
 ○ 許可 × 許可なし
 ● 放射線照射 虫殺剤 害虫忌避剤 殺菌剤 微生物抑制剤(Microbial Control) 乾燥剤 微生物汚染除去(Microbial Load) 脱脂剤 病原微生物の低減(Reduction of Pathogenic Microorganisms) 脱水 乾燥処理 貯蔵 貯蔵期間延長 成熟 成熟促進
 (注: 一部の品目についてはアメリカ食品医薬品局(FDA)のデータベースを参照することによる。)
 ● 各国及び国際機関の情報はアメリカ食品医薬品局(FDA)のデータベースの文庫による。
 (注) 許可品目は1999年に定められた品目であり、照射品目の拡大を認めている(2項を参照)。この一許可品目以外に追加品目を許可品目として認めることが認められている。
 ● シンガポールは認可品目がないため、空白で記している。

表 2-7 各国及び国際機関の食品照射施設及び施設検査制度

| 国名 | 施設数 (アンケート 回答) | 施設数 (FAO/IAEA データ) | 代表的な施設名 | 照射 処理量(t) | 国内施設の 検査制度 | 国外施設の 利用 (輸入を含む) | 国外施設の 検査制度 |
|----------|----------------------|--------------------------|--|---------------------------|-----------------------|------------------------|-----------------------|
| 米国 | 未回答 | 18 | National Center for Electron Beam Food Research Sadex Corporation Hawaii Pride STERIS Corporation, STERIS Isomedix Services Ion Beam Applications Inc. (13ヶ所) | — — — — — | — — — — — | — — — — — | — — — — — |
| カナダ | 3 | 1 | STERIS/Isomedix MDS Nordion | x — | x — | x — | x — |
| チリ | 1 | 1 | Multipurpose irradiation plant | — | — | — | x |
| ブラジル | 未回答 | 4 | Embrapad Empresa Brasileira de Radicoes Ltda. (2ヶ所) CBE-Companhia Brasileira de Esterilizacao Multipurpose gamma irradiator CTR/IPEN | — — — — | — — — — | — — — — | — — — — |
| EU | | | | | | | ○(第3国) |
| アイルランド | 0 | 0 | x | x | — | — | — |
| イギリス | 1 | 1 | Isotron plc | x | — | — | x |
| イタリア | 1 | 1 | GAMMARAD ITALIA SPA | — | * | * | * |
| オランダ | 2 | 2 | Gammaster B.V. (2ヶ所) | 2639.3 | * | * | * |
| スペイン | 未回答 | 2 | Ionmed Esterilización, S.A. ARAGOGAMMA S.A. | — — | — — | * * | * * |
| チェコ | 1 | 1 | Artim spol. s. r. o. | 85.3 | — | — | x |
| ドイツ | 4 | 4 | Gamma Service Produktbestrahlung GmbH Isotron Deutschland GmbH BGS Beta-Gamma-Service GmbH&Co.KG Beta-Gamma-Service GmbH & Co. | 220 217.5 34.3 0 | — — — — | — — — — | — x — — |
| ハンガリー | 1 | 1 | AGROSTER Besugárzó Részvénytársaság | 110.8 | — | — | x |
| フランス | 未回答 | 7 | Gammaster Provence SA Ionis SA (5ヶ所) Radiant Ouest Le Flacac | — 3111 — | — * — | — * — | — * — |
| スロバキア | 1 | 1 | IBA Medris S.A. Zoning industriel | 7.3 | — | — | x |
| ポーランド | 1 | 2 | Institute of Nuclear Chemistry and Technology Institute of Applied Radiation Chemistry Technical University of Lodz | 863.6 23.4 | — — | — — | — x |
| アイスランド | 0 | — | x | x | x | — | x |
| オーストラリア | 3 | 3 | Steritech Pty. Ltd Wetherill Park Narangba | — — — | — — — | — — — | — — — |
| ニュージーランド | 0 | — | x | x | — | — | — |

| 国名 | 施設数 (アンケート 回答) | 施設数 (FAO/IAE データ) | 代表的な施設名 | 照射 処理量(t) | 国内施設の 検査制度 | 国外施設の 利用 (輸入を含む) | 国外施設の 検査制度 |
|--------|----------------------|-------------------------|--|---|---|---|---|
| 中国 | 不明 | 10 | Xinsha Depot of China Grain Reserves, China Grain Irradiation Engineering Center Guangzhou Suzhou CNNC Huedong Radiation Co., Ltd. Hongyisifang Rad. Technique Co., Ltd. Nanjing Radiation Center Beijing Yongzhu Mayak Rad. New Technique Co., Ltd. Yunnan Nuclear Technology Application Center Shan Dong Irradiation Center Human Institute for Appl. of Atomic Energy in Agriculture China National Nuclear Corp., Dalian Institute of Applied Technology Guangzhou R&D Center for Irradiation Technology | — — — — — — — — — — — | — — — — — — — — — — — | — — — — — — — — — — — | — — — — — — — — — — — |
| 台湾 | 3 | — | — | — | — | — | x |
| 韓国 | 2 | 3 | Greenpia Technology Inc Advanced Radiation Technology Institute (2ヶ所) | — — | — — | — — | x |
| インド | 未回答 | 9 | Isomed Spice Irradiation Plant Shriram Applied Radiation Center (SARC) Food Package Irradiator, Food Technology Division Krushni Ulpadan & Sanrakshan Kendra, KRUSHAK, BARC Universal ISO-MED, (A Div. of Universal Medicap Ltd.) A.V.Processors Pvt.Ltd VKIRAN GAMMA AGRO-MEDICAL PROCESSING PVT LTD | — — — — — — — — — — | — — — — — — — — — — | — — — — — — — — — — | |
| インドネシア | 未回答 | 1 | PL Ref-ion Sterilization Research Service | — | — | — | — |
| シンガポール | 0 | — | x | x | x | — | x |
| タイ | 3 | 2 | Isotron (Thailand Ltd.) Thai Irradiation Centre | — — | — — | — — | x |
| フィリピン | 2 | 1 | Philippine Nuclear Research Institute (PNRI), Multi-Purpose Irradiation Facility | — | — | — | x |
| ベトナム | 未回答 | 3 | VINAGAMMA, Research and Development Center for Radiation Technology Institute for Nuclear Science and Technology Son Son Co., Ltd. | — — — | — — — | — — — | — — — |
| マレーシア | 1 | 2 | Malaysian Institute for Nuclear Technology Research Isotron Malaysia | — — | — — | — — | — — |

注：・各国及び国際機関の情報はアンケート調査結果及び以下に示した参考資料による。
 ・施設名については、企業の合併等による名称の変更があり得る。
 ・各項目について該当する規制や活動がある場合は「○」、該当する規制や活動がないことを確認した場合は「×」、該当する規制や活動が得られなかった場合は「—」とした。
 ・EU加盟国で、国内法が確認できていないがEU加盟国としてEU統一規則に従う場合は「*」を示した。
 ・なお、南アフリカ、ウクライナなど2章の詳細調査対象国とならなかった国の施設については、1章を参照のこと。

参考：・FAO&IAEA, Food & Environmental Protection Newsletter, Vol.10 No.2, 2007
 ・List of Approved Facilities for the Treatment of Foods and Food Ingredients with Ionising Radiation in the Member States. (SANCO/D/3/JLDF/LA D(2004))
 ・COMMISSION DECISION of 4 December 2007 amending Decision 2002/840/EC as regards the list of approved facilities in third countries for the irradiation of foods(notified under document number C(2007) 5823/Text with EEA relevance(X/2007/802/EC)

3. わが国における食品への放射線照射に係るニーズ及び理解を把握するための調査

3.1 調査方法

我が国における食品への放射線照射に係るニーズを把握するため、一般消費者・食品関連事業者等・学会等の3者に対して食品への放射線照射に関するアンケート調査を行った。

一般消費者に対してはWEBアンケートを、事業者等・学会等については調査票（紙媒体）によるアンケートを採用した。

WEBアンケートでは、WEBアンケートシステムに登録している一般消費者モニターの中から、国勢調査における地域・年代・性別比にあわせて抽出した対象者（全国・全年齢）に電子メールで回答を依頼し、自宅のパソコン端末からアンケートに回答してもらった。

事業者等については、「(社)日本輸入食品安全推進協会正会員」「(財)食品産業センター会員」を対象とした。ただし、通関時の検査業や倉庫業は対象外とした。また、上記2団体の会員ではないが、香辛料に対する放射線照射の許可要望を行っている全日本スパイス協会に対しても、事業者として重要な位置を占めると考えられるため、調査対象とした。

学会等については、放射線分野の学会、食品衛生分野の学会、生物分野の学会、薬学分野の学会など、26学会を対象とした。

次ページの表に調査方法の概要を示す。

表 3-1 調査方法一覧

| | 一般市民 | 食品関連事業者等 | 学会等 |
|---------|---|--|--|
| 対象 | <ul style="list-style-type: none"> 一般市民(インターネットアンケートシステムに登録している消費者モニター) サンプリングに偏りが生じないように、国勢調査による地域ブロック別、年齢構成別、性別の人口比率に合わせて、全国のモニター約30万人から対象者を抽出。地域ブロックは、北海道、東北、関東、中部、近畿、中国、四国、九州・沖縄、年齢層は、20歳未満、20代、30代、40代、50代、60歳以上の年齢層とした。 抽出された対象者に電子メールで回答を依頼し、依頼されたモニターがPC端末を用いてアンケートに回答した。回答数が目標の3,000に達した時点で調査を終了した。 | <ul style="list-style-type: none"> (社)日本輸入食品安全推進協会正会員(94社:通関時の検査業や、倉庫業については除く) (財)食品産業センター会員(189社:(社)日本輸入食品安全推進協会正会員との重複は除く) 許可要望団体(全日本スパイス協会) | <ul style="list-style-type: none"> 放射線分野、食品衛生分野、生物分野、薬学分野等の学会・団体26団体 日本環境変異原学会、(社)日本原子力学会、(社)日本食品衛生学会、日本食品化学学会、(社)日本食品科学工学会、日本食品工学会、日本食品照射研究協議会、日本トキシコロジー学会、日本放射化学会、日本放射線安全管理学会、日本放射線影響学会、日本放射線化学会、日本包装学会、日本保健物理学会、その他12団体(五十音順) |
| 調査方法 | インターネット調査 | 郵送留置法 | 郵送留置法 |
| 送付日 | 平成20年2月6日 | 平成20年2月15日 | 平成20年2月8日 |
| 締切日 | 平成20年2月7日 | 平成20年2月29日(集計は平成20年3月11日返送分まで) | 平成20年2月29日 |
| アンケート項目 | <ul style="list-style-type: none"> ◇回答者プロフィール <ul style="list-style-type: none"> ・年齢 ・職業 ・同居家族人数 ・子供の有無 ◇食への関心 <ul style="list-style-type: none"> ・食生活スタイル ・食品に関する関心事項(栄養・価格・安全性・・・) ・食の安全に関する情報源 ◇放射線・照射食品の認知 <ul style="list-style-type: none"> ・放射線利用状況の認知 ・食品への放射線照射の有効性認知 ・照射食品への批判に対する認識 ◇照射食品への判断 <ul style="list-style-type: none"> ・照射食品の購入意思 ・照射食品の導入賛否 ・照射食品導入の条件 ◇照射食品に対する要望 <ul style="list-style-type: none"> ・照射食品の管理施策(表示義務等)の必要性 ・照射食品に関して欲する情報 ・その他自由意見 | <ul style="list-style-type: none"> ◇回答組織プロフィール <ul style="list-style-type: none"> ・業種分類 ・事業規模 ・業務内容(流通、販売、加工等) ・食品の入荷方法 ・輸入食品の取り扱い有無 ・放射線の利用有無 ◇照射食品の有効性認知 <ul style="list-style-type: none"> ・食品への放射線照射の有効性認知 ◇照射食品導入への判断 <ul style="list-style-type: none"> ・照射食品の導入賛否 ・照射食品導入の条件 ・照射食品導入への危惧 ◇照射食品利用希望 <ul style="list-style-type: none"> ・照射食品利用希望の有無 ・利用を希望する照射食品の内容 ・照射食品を利用する際の条件(自社で照射) ・照射食品を利用する際の条件(他からの入荷・利用) ◇自由意見 <ul style="list-style-type: none"> ・その他自由意見 | <ul style="list-style-type: none"> ◇食品への放射線照射に関する活動 <ul style="list-style-type: none"> ・過去に行われた議論 ・公表活動の有無 ◇自由意見 <ul style="list-style-type: none"> ・その他自由意見 |

3.2 一般消費者を対象とした意識調査

(1) 回答者属性

消費者アンケートの回答数は、3015件であった。年齢別に見ると、「50代」が特に多く約4割、その他の年代は概ね1割前後とほぼ同じであり、50代以上の高齢層からの回答が過半数を占めた。男女比については、極端な差はなかった。

職業別に見ると、「会社員・公務員等の常勤」が最も多く3割強。次いで「専業主婦・専業主夫」であった。

(2) 主要な調査結果

○技術認知

食品に放射線を照射することについては、安全性の確保を行った上で、以下の項目の目的等で利用されています。あなたはこれらの目的で、食品へ放射線照射を行う技術があることを知っていますか。それぞれ最も当てはまるもの一つずつお選び下さい。

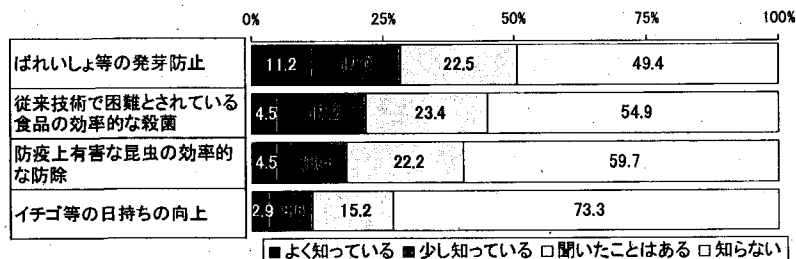


図 3-1 食品への放射線照射技術の認知度 (n=3,015)

食品へ放射線を照射する技術については、全ての目的に共通して、「知らない」と回答した人の方が多く概ね半数を上回っている。その中で「知っている」（「よく知っている」と「少し知っている」の合計）をみると、最も認知度が高かったものは、「ばれいしょ等の発芽防止」で28.2%であった。次いで「従来技術で困難とされている食品の効率的な殺菌」（21.7%）、「防疫上有害な昆虫の効率的な防除」（18.1%）の順であった。

○我が国への導入賛否

科学的知見に基づく安全性評価を行った上で、有効性が確認された食品への放射線照射技術を我が国で導入することについて、あなたはどのように思いますか。最も当てはまるもの一つだけお選び下さい。

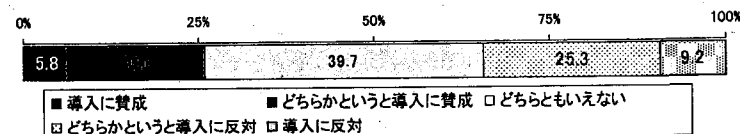


図 3-2 食品への放射線照射技術の導入について (n=3,015)

「どちらともいえない」が約4割と最も多く、「反対」「どちらかというと反対」の合計は約35%であった。「賛成」「どちらかといえば賛成」の合計は約25%程度であった。

○懸念事項

照射食品の安全性に関して、以下の項目のような意見もあります。これらの意見についてどのように思いますか。それぞれ最も当てはまるもの一つずつお選び下さい。

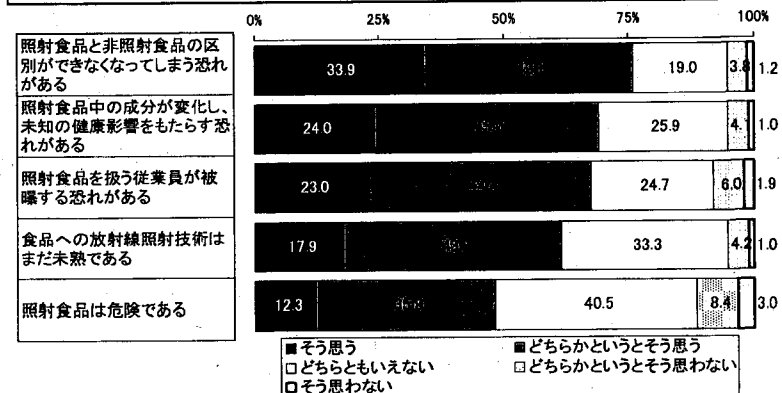


図 3-3 照射食品の安全性に関する意見 (n=3,015)

照射食品の安全性に関して、「そう思う」、「どちらかというと思う」の割合をみると、「照射食品と非照射食品の区別ができなくなってしまう恐れがある」が最も多く76.0%であった。次いで「照射食品中の成分が変化し、未知の健康影響をもたらす恐れがある」（69.0%）、「照射食品を扱う従業員が被曝する恐れがある」（67.4%）の順であった。「照射食品は危険である」との回答は48.2%となっている。

○不足情報・自由意見

食品への放射線照射技術や照射食品に関して不足していると思われる情報、入手したいとお考えの情報があれば、ご記入下さい。また、食品への放射線照射技術や照射食品に関して、その他ご意見があれば、自由に記述して下さい。

以下に主な意見を示す。

- 「不足していると思われる情報・入手したいと考える情報」に関する主たる意見
 - ・ 照射食品の科学的安全性に関する情報
 - ・ 照射食品と人体影響に関する情報（特に長期摂取の安全性）
 - ・ 照射食品の摂取に伴う被害等の事例
 - ・ 照射食品に関する海外の状況
 - ・ 照射食品が現在、我が国で流通しているのかどうか
 - ・ いつ導入するのか
 - ・ どのような食品に照射するのか
 - ・ どの程度の量の照射食品が流通するのか
 - ・ どのようなメリット・デメリットがあるのか
 - ・ 必要性があるのか
 - ・ 管理や責任体制をどのようにするのか
 - ・ 照射食品のどこに表示等がされるのか
 - ・ どこで情報を入手できるのか
 - ・ レントゲンと比較してどうなのかといった分かりやすい情報提供を望む
- その他意見
 - ・ 照射食品というものを初めて知った
 - ・ よくはわからないが、放射線と聞くと怖い
 - ・ 食品は自然なままで食するのが良い
 - ・ 表示義務を課すべき
 - ・ 情報不足のため、周知・広報を進めるべき（政府・企業・マスコミ一体の広報）
 - ・ 情報をもっと欲しい
 - ・ もっと知りたい
 - ・ 現状では行政・企業の情報は信用できない
 - ・ 導入する場合は安全が大前提である
 - ・ 偽装問題等あるなかで厳重な管理が求められる
 - ・ TV等の公開でもっと議論して欲しい
 - ・ 照射は国内で行うべきである
 - ・ 照射食品かなんて考えてもいなかったが、ギョウザの事件で日本のギョウザ製造メーカーが放射線で異物をチェックしているのを知った

3.3 食品関連事業者等を対象とした意識調査

(1)回答組織属性

回収票数は133件（サンプル数は139件）、回収率は46.8%であった。また「民間企業」の回答が約7割を占め、「団体・協会」の回答は3割弱であった。

● 回収票数：133件*（回収率46.8%）

※会員企業7社分の回答票を送付した団体が1件あるため、サンプル数を139件とした。

● 有効票数：139件

表 3-2 有効回答票の構成比

| 全体 | 民間企業 | 団体・協会 | 無回答 |
|------|-------|-------|------|
| 139 | 97 | 37 | 5 |
| 100% | 69.8% | 26.6% | 3.6% |

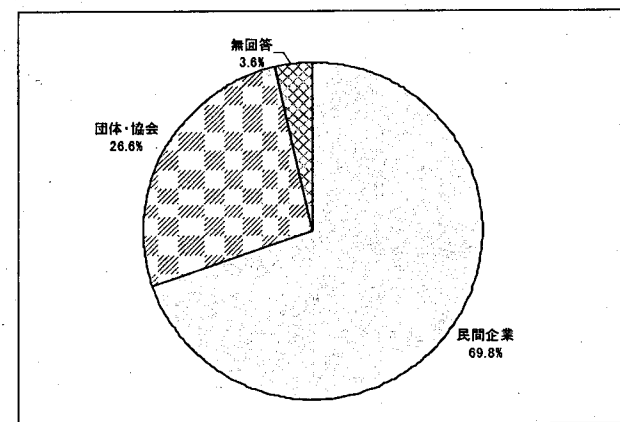


図 3-4 有効回答票の構成比

(2)主要な調査結果

食品関連事業者等のアンケート結果のポイントは以下の通り。

○放射線照射技術導入の意向

スパイス（香辛料）について、放射線照射による殺菌が有効であるとの主張がありますが、我が国において科学的知見に基づく安全性の評価を行った上で、有効性が確認された食品への放射線照射技術を導入することについてどのようにお考えですか。最も当てはまるもの一つだけに○をつけて下さい。

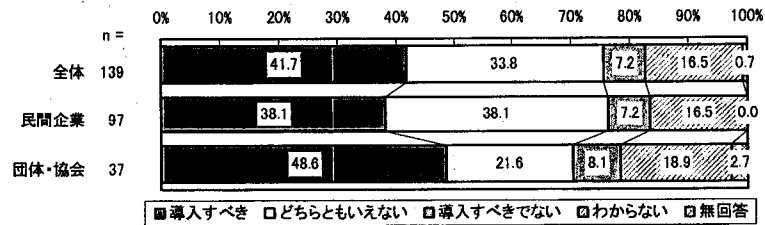


図 3-5 放射線照射技術導入の意向

全体では、食品への放射線照射技術を「導入すべき」と回答した割合は41.7%と最も多くなっている。一方で、食品への放射線照射技術を「導入すべきでない」と回答した割合は7.2%であり、意向が「決まっていない」（「どちらともいえない」と「わからない」の合計）と回答した割合は約5割程度である。

○放射線照射技術導入に必要な条件

設問6で「1. 導入すべき」を選択した方にお尋ねします。放射線照射技術を導入するためには、どのような条件が必要であるとお考えですか。貴社（貴団体）の考え方に当てはまるものに○をつけて下さい。（複数回答）

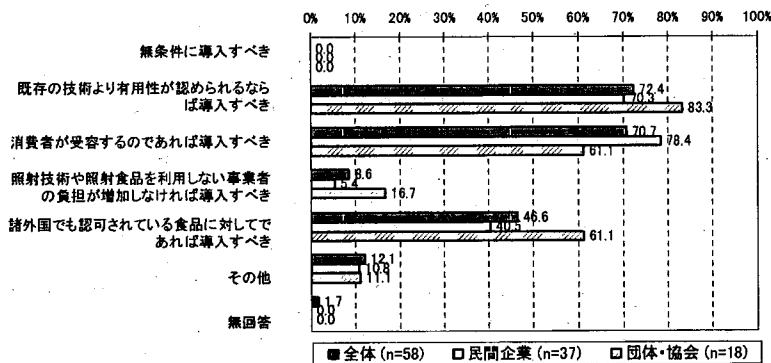


図 3-6 放射線照射技術導入に必要な条件

全体では、放射線照射技術を導入するためには、「既存の技術より有用性が認められるならば導入すべき」「消費者が受容するのであれば導入すべき」の2項目が高く約7割である。次いで、「諸外国でも認可されている食品に対してであれば導入すべき」（46.6%）であり、「無条件に導入すべき」との回答は0%であった。

○放射線照射技術を導入すべきでないと考えられる理由

設問6で「2. 導入すべきでない」を選択した方にお尋ねします。その理由のうち、貴社（貴団体）の考え方に当てはまるものに○をつけて下さい。（複数回答）

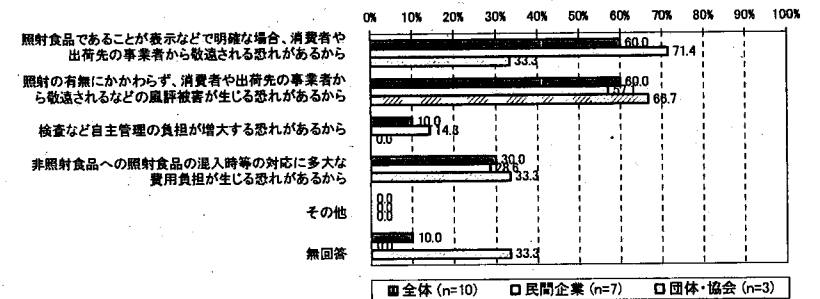


図 3-7 食品への放射線照射技術を導入すべきでないと考えられる理由

一方、懸念事項としては、「消費者や出荷先からの敬遠」「風評被害」が特に強く、また「混入時事故への対応」なども挙げられた。

○放射線照射を行いたい、取り扱いたい食品の有無

貴社（貴団体）において放射線照射を行いたいと思っている食品、あるいは利用・取り扱いを行いたいと考えている照射食品はありますか。当てはまるもの一つだけに○をつけて下さい。

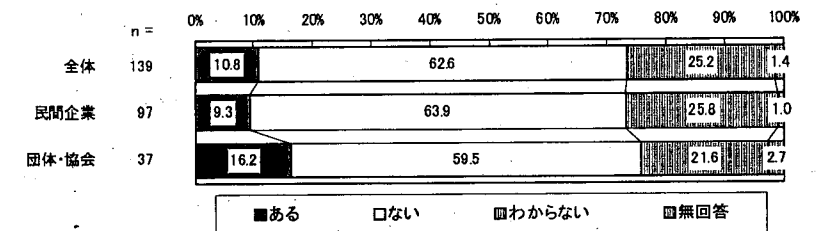


図 3-8 放射線照射を行いたい、取り扱いたい食品の有無

食品への放射線技術の導入には4割ほどが賛成しているが、実際に放射線照射を行いたい、あるいは取扱いを行いたいと考えている食品があるのは全体の1割程度である。放射線照射の利用意向が最も高い食品は、「香辛料」であった。

表 3-3 放射線照射を行いたい、取り扱いたい具体的食品名

| | | 食品の種類 (品名) | 照射を行う目的 (期待する効果) | 照射を行う食品の用途 |
|-------|----|---------------|---------------------|------------|
| 民間企業 | 1 | 香辛料 | 殺菌 | 加工用原材料 |
| | 2 | 香辛料 | 殺菌 | 加工用原材料 |
| | 3 | 香辛料 | 殺菌 | 加工用原材料 |
| | 4 | 香辛料 | 殺菌 | 加工用原材料 |
| | 5 | 香辛料 | - | 加工用原材料 |
| | 6 | スパイス | 殺菌 | 加工用原材料 |
| | 7 | スパイス | 殺菌 | 加工用原材料 |
| | 8 | 小麦 | 殺菌 | 加工用原材料 |
| | 9 | 米 | 殺菌 | 加工用原材料 |
| | 10 | 米 | 殺菌 | 加工用原材料 |
| | 11 | そば | 殺菌 | 加工用原材料 |
| | 12 | 大豆 | 殺菌 | 加工用原材料 |
| | 13 | とうもろこし | 殺菌 | 加工用原材料 |
| | 14 | ハーブ類 | 殺菌 | 加工用原材料 |
| | 15 | ばれいしょ | 殺菌 | 加工用原材料 |
| | 16 | フルーツソース等 | 殺菌 | 加工用原材料 |
| 団体・協会 | 1 | 果汁 | 殺菌 | 両方 |
| | 2 | 香辛料 | 殺菌 | 加工用原材料 |
| | 3 | 香辛料 | 殺菌 | 加工用原材料 |
| | 4 | 香辛料 | 殺菌及び殺虫 | 両方 |
| | 5 | 食肉 | 殺菌 | 両方 |
| | 6 | ばれいしょ | 発芽防止 | 直接消費用 |

～ (品名 50 音順 ただし「スパイス」は香辛料と同順とした)

3.4 学会等の関連団体を対象とした調査

(1) 回答組織属性

放射線分野、食品衛生分野、生物分野、薬学分野等の 26 学会・団体に対して意見照会を行ったところ、13 団体 (回答率 50%) から回答を得た。

(2) 主要な調査結果

○食品への放射線照射に対する活動

食品への放射線照射技術の安全性または放射線照射がなされた食品 (以下「照射食品」という。) の安全性について、どのような議論がなされましたか。議論の内容及び見解について記載願います。

本設問に対しては 9 件の有効回答があった (原文のまま)。

- 照射食品の安全性についての議論はない。
- 検知法についての議論があった。
- 協賛で研究発表会を行い、消費者を含めた議論を行った。その際、企業・研究者による説明により、消費者の不安が大きく拭かれるとの意見があった。
- 学会誌・学術大会において研究発表されている。
- シンポジウムにおいて講演を行っている。
- 本会主催のセミナーにおいてテーマとして取り上げた。ただし、安全性に関する議論ではなく有用性や線量管理・検知などに係る議論であった。
- 学会やシンポジウムで多く扱っているが、本会としての統一の見解があるわけではない。ただし、適切な管理下で合目的に照射された食品の健康被害の可能性は低いと考えている。また、施設の安全性や環境影響についても問題はないと判断している。
- 複数回の学術大会においてテーマとして扱った。また、研究成果発表報告もしている。
- 関心を持っており、複数回の学術大会においてテーマとしている。

○自由意見

食品への放射線技術又は照射食品に関する意見を聞いたところ、以下の通り、8 件の有効回答があった (原文のまま)。

- 放射線照射による変異物のリスクは極めて低く、アフラトキシン等の極めて強い遺伝毒性・発がん性を有するカビ毒等を抑える有効な手段になりうると考えており、その研究に貢献していきたい。また危険性・安全性・有効性をバランスよく国民に啓蒙していくことも本学会の使命と考えている。
- 100%安全と言える食品は存在せず、危険要因の種類と量に基づいて定量的にリスクが評価されるべきである。WHO 等の国際機関ですでに照射食品の安全性について十分データがあると結論しており、日本でも国際的な見解に基づいて政策的判断をすべきである。現状では海外からの照射食品が誤って輸入されてしまう

可能性が排除できず、そのような場合に正当なリスク評価がされていないと国民・事業者に必要な混乱等をもたらすことになる。リスクアナリシスの考え方を基本に、食品照射の法規制の可否の検討に早急に着手することが重要と考える。

- じゃがいもの放射線照射に対し、児童の保護者から問題視されたことがある。保護者の安全性に関する理解度が得られなければ今後も使用は難しいと考える。
- 既に国内に出回っていると思われるので基準を決めた方が良いのではないか。
- (回答者の個人的意見と断った上で) 照射食品の安全性には、「放射線照射による食品そのものの変異影響」と「照射したことによる変化から毒素などが産生される影響」の二種類があると考えている。後者については事前チェックが可能であろうが、前者についてはまだ不明部分等があると考えている。(注:原文のままであるため、ここで述べられている毒素の内容は不明)
- (回答者の個人的意見と断った上で) 照射食品の最大の課題は「科学的に安全とされていることをいかに公衆に理解いただくか」というリスクコミュニケーション問題であろう。食品照射の知識普及活動にあたっては、他の健康情報の正確性を確保するためにも関連諸学会との連携をとることを希望し、またそのような活動には協力していきたい。

3.5 わが国における食品への放射線照射に係るニーズのまとめ

前節までの調査結果を踏まえると、わが国における食品への放射線照射に対する意識状況については、おおむね次のようにまとめられる。

表 3-4 食品への放射線照射に対する意識状況

| | 照射食品の認知 | 照射食品の導入賛否 | 照射食品の利用意向 |
|---------|--------------------------------|------------------------|------------------------|
| 一般消費者 | ほとんど認知されていない | 賛否はほぼ均衡 (態度保留意見が最多) | 購入にはやや否定的 |
| 事業者 | 認知はされている | 賛成 | 一部の企業・団体において 利用意向あり |
| 学会・関連団体 | 認知はされているが、メイン テーマとしての認知は少ない | 賛否なし | |

食品を実際に扱う食品事業者の中には、食品への放射線照射について、風味を損なわない・密閉後に行えるなど有効な殺菌の手段として将来的に利用意向を持っている事業者がいることがわかった。ただし、その割合は有効回答票のうち、民間企業で1割程度である。利用意向の最も多かった食品としては香辛料が特に多く、その他は少数であった。これらの企業・団体は照射食品の有効性から、照射食品の利用意向を持っているが、実際の利用にあたっては消費者の理解が前提であるとの認識を示している。

上記の利用意向をもった事業者や関連団体も含めた事業者全体の傾向としても、照射食品の導入自体については、賛成が約4割、反対が約1割と賛成傾向が強い。賛成理由としては、照射食品の有効性が挙げられる他、海外で導入実績があることが挙げられる。

対して反対理由としては消費者や取引先からの敬遠・風評被害や、混入事故等への対応等が挙げられた。なお、表示の義務化等や検査体制の義務化などについては他の反対要因に比して必ずしも高くはなく、風評等のネガティブな影響が回避できるのであればそのような運用体制を必ずしも否定はしていないと考えられる。

上記のように、事業者にとっては消費者の理解が重要であり、導入に当たっては消費者の理解が前提に挙げられているが、その消費者の状況に目を向けると、そもそも「照射食品」自体をほとんど認知していない状況である。放射線の利用自体の認知はあるものの、食品への照射については極めて認知度が低い。そのため、照射食品に対する導入・購入の賛否について、いずれも明確な賛成・明確な反対は少なかった。しかしながら、傾向としては導入に対しては中立的、購入に対しては否定的であるといえる。

また、照射食品の導入に当たっては、照射施設の適切な管理や、照射食品であることの実示義務等、国が管理していくことが消費者から求められている。

しかし、何よりも消費者が不安に考えているのは照射食品に関する情報の圧倒的不足であり、照射食品の安全性、危険性、有効性、必要性や海外における状況など、照射食品に関する情報の提供について多くの要望があった。なお、照射食品に関する情報の提供について、一般消費者を対象としたアンケートで、レントゲンとの比較など一般市民に理解しやすい情

報提供を求める声もあった。

一方、学会については照射食品を主たるテーマとして扱っている団体は多くないと考えられるが、一般消費者に対する適切な情報提供が重要であるとの意見を有する学会もあった。

これら3者の照射食品に関するニーズをまとめると、概ね表 3-5 となる。ただし、あくまで3者の全体的傾向を示したものであり、個々の企業・団体、個人ではそれぞれ異なっていることには留意すべきである。

表 3-5 照射食品に関する主たるニーズ

| | 主たるニーズ |
|---------|---|
| 一般消費者 | <ul style="list-style-type: none"> 照射食品に関する種々の情報 一般消費者にわかりやすい情報提供方法 照射食品に対する国の管理 |
| 事業者 | <ul style="list-style-type: none"> 特に香辛料に対する照射 一般消費者の理解 風評被害の防止 |
| 学会・関連団体 | <ul style="list-style-type: none"> 一般消費者へのバランスのとれた情報提供 |

最後に、この3者の照射食品に対する認知状況と賛否状況及びそれぞれのニーズを図 3-9 に示す。

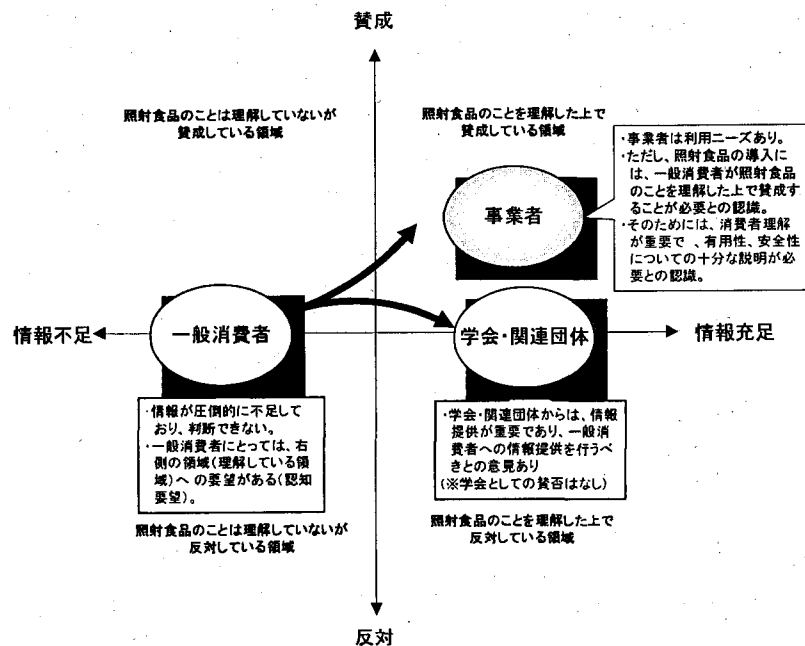


図 3-9 3者の意識状況とニーズ分類図

4. リスクプロファイルの作成

4.1 リスクプロファイル原案作成の考え方

WHO、IAEA 等の国際機関や米国 FDA、EC 等の諸外国の規制当局の作成したリスク評価に関する文書、国内外の科学技術文献を調査し、放射線照射食品のリスクプロファイル原案を作成した。リスクプロファイルの項目は以下の通り。

1. 照射食品の安全性に係るリスク
 - 1.1 有害物質等の生成（過酸化化物、放射線分解生成物、アルキルシクロブタノン）
 - 1.2 微生物の増殖（マイコトキシン産生菌、放射線抵抗微生物）
 - 1.3 誘導放射能の生成
2. 照射食品の栄養適性、加工適性、保存性に係るリスク
 - 2.1 栄養成分の変性（栄養価等の損失、食品の加工適性・食味・風味への影響）
 - 2.2 食品包装への影響

4.2 アルキルシクロブタノンに関するリスクプロファイル

1990年代後半より注目されている、放射線特異的分解生成物のアルキルシクロブタノンについて、表形式でまとめた。

アルキルシクロブタンンに関するリスクプロファイルシート

| 項目 | 内容 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|-----------|----|---|----|----------------|---|--|-------|-----------------|--|--|--------|----------------|--|--|-------|---------------|---|--|--------|---------------|--|---|--|
| 1. ハザード (危害要因) | ①ハザードの分類 | 照射食品の安全性に係るリスク 有害物質等の生成 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | ②ハザードの名称 | アルキルシクロブタンン | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2. 注目されるようになった経緯 | 1970年代に放射線照射によって特異的に生成する放射線特異的分解生成物 (Unique Radiolytic Product, URP) として2-アルキルシクロブタンン (以下2-ACB) の存在が確認された ¹⁾ 。その後、1990年代後半にドイツ国立栄養生理学研究所の研究グループがコスメットアッセイ (個々の細胞における DNA 損傷を検出する試験法) を用いて、本物質が遺伝毒性を有する可能性を示唆した ²⁾ 。 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 科学的特性 2-ACB は、食品中の脂質であるトリグリセリドの分解によって生成し、前駆体となる脂肪酸の種類によって、2-ドデシルシクロブタンン、2-テトラデシルシクロブタンンなど、各種の2-ACB となる (表1参照)。アルキルシクロブタンンの構造と生成経路は図1の通りである ³⁾ 。 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <p style="text-align: center;">表1 食品中の脂質から生成する2-ACBの例</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>前駆体 (脂肪酸)</th> <th>名称</th> <th>R</th> <th>略称</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>パルミチン酸 (C16:0)</td> <td>2-Dodecylcyclobutane (2-ドデシルシクロブタンン)</td> <td>(CH₂)₁₁CH₃</td> <td>2-DCB</td> </tr> <tr> <td>パルミトリン酸 (C16:1)</td> <td>2-Dodec-5'-enylcyclobutane (2-ドデセニルシクロブタンン)</td> <td>(CH₂)₅CH=CH(CH₂)₉CH₃</td> <td>2-DeCB</td> </tr> <tr> <td>ステアリン酸 (C18:0)</td> <td>2-Tetradecylcyclobutane (2-テトラデシルシクロブタンン)</td> <td>(CH₂)₁₃CH₃</td> <td>2-TCB</td> </tr> <tr> <td>オレイン酸 (C18:1)</td> <td>2-Tetradec-5'-enylcyclobutane (2-テトラデセニルシクロブタンン)</td> <td>(CH₂)₉CH=CH(CH₂)₉CH₃</td> <td>2-TeCB</td> </tr> <tr> <td>リノール酸 (C18:2)</td> <td>2-Tetradecadienylcyclobutane (2-テトラデカジエニルシクロブタンン)</td> <td>(CH₂)₅CH=CHCH₂CH=CH(CH₂)₈CH₃</td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <p>このほか、ミリスチン酸からは2-decylcyclobutane (2-decyl-CB) が生成する。 (出典：文献4をもとに一部情報を追加)</p> | | | 前駆体 (脂肪酸) | 名称 | R | 略称 | パルミチン酸 (C16:0) | 2-Dodecylcyclobutane (2-ドデシルシクロブタンン) | (CH ₂) ₁₁ CH ₃ | 2-DCB | パルミトリン酸 (C16:1) | 2-Dodec-5'-enylcyclobutane (2-ドデセニルシクロブタンン) | (CH ₂) ₅ CH=CH(CH ₂) ₉ CH ₃ | 2-DeCB | ステアリン酸 (C18:0) | 2-Tetradecylcyclobutane (2-テトラデシルシクロブタンン) | (CH ₂) ₁₃ CH ₃ | 2-TCB | オレイン酸 (C18:1) | 2-Tetradec-5'-enylcyclobutane (2-テトラデセニルシクロブタンン) | (CH ₂) ₉ CH=CH(CH ₂) ₉ CH ₃ | 2-TeCB | リノール酸 (C18:2) | 2-Tetradecadienylcyclobutane (2-テトラデカジエニルシクロブタンン) | (CH ₂) ₅ CH=CHCH ₂ CH=CH(CH ₂) ₈ CH ₃ | |
| 前駆体 (脂肪酸) | 名称 | R | 略称 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| パルミチン酸 (C16:0) | 2-Dodecylcyclobutane (2-ドデシルシクロブタンン) | (CH ₂) ₁₁ CH ₃ | 2-DCB | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| パルミトリン酸 (C16:1) | 2-Dodec-5'-enylcyclobutane (2-ドデセニルシクロブタンン) | (CH ₂) ₅ CH=CH(CH ₂) ₉ CH ₃ | 2-DeCB | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ステアリン酸 (C18:0) | 2-Tetradecylcyclobutane (2-テトラデシルシクロブタンン) | (CH ₂) ₁₃ CH ₃ | 2-TCB | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| オレイン酸 (C18:1) | 2-Tetradec-5'-enylcyclobutane (2-テトラデセニルシクロブタンン) | (CH ₂) ₉ CH=CH(CH ₂) ₉ CH ₃ | 2-TeCB | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| リノール酸 (C18:2) | 2-Tetradecadienylcyclobutane (2-テトラデカジエニルシクロブタンン) | (CH ₂) ₅ CH=CHCH ₂ CH=CH(CH ₂) ₈ CH ₃ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

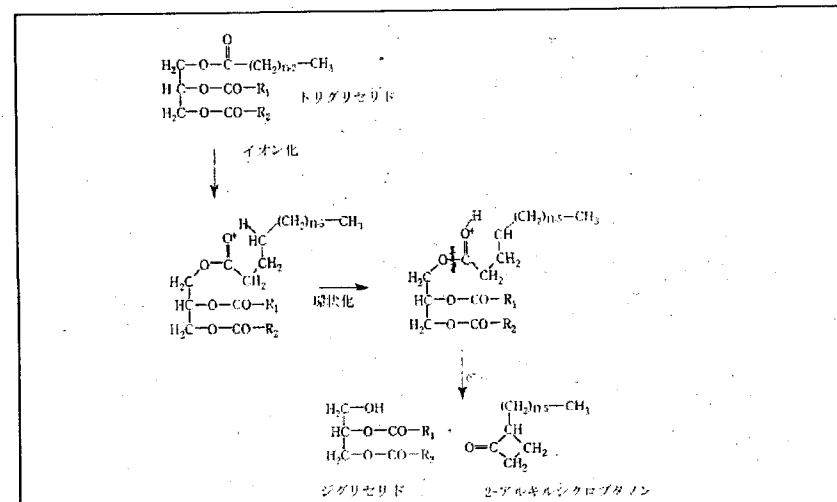


図1 アルキルシクロブタンンの構造と生成経路
(出典：文献3より和訳)

放射線照射が行われている食品のうち、主要な脂質の一種であるトリグリセリドの含有量の多い食品ほど2-ACB生成との関連性が強くなる。

| 4. 毒性評価 | |
|---------|---|
| ①体内動態 | <p>2-ACBの毒性については、遺伝毒性・発がん性との関連性を中心に1990年代後半から多くの報告が出されている。これまでの研究結果の概要は以下の通り。</p> <p>○ラットへの給餌試験 飲料水 (1%エタノール) 中に2-ACB (2-TCB、2-TeCB) を添加してラットに4ヶ月給餌した (ラット一頭当たり約1mg/日)。その結果、2-ACBは腸管/バリアを通過して、脂肪組織から検出された。その濃度は、2-TCBが0.31 μg/g 脂肪、2-TeCBが0.07 μg/g 脂肪であった。ラットの脂肪組織の重量を30gと仮定すると、脂肪組織への蓄積量はそれぞれ9 μg、2 μgで、ラットの摂取量の10万分の1程度であった。糞中に排泄されたのは、摂取した2-ACBの1%未満であった。このことから、これらの化合物は動物体内で代謝されるとともに、糞中にも排泄されることが明らかになった⁷⁾。</p> |
| ②一般毒性 | <p>◆急性毒性 2-ACBの急性毒性に関する研究例はない。</p> <p>◆亜急性毒性、慢性毒性 亜急性毒性試験 (28日間、90日間) 又は慢性毒性試験 (12ヶ月以上) の試験データは検索されなかった。ただし、WHOによる1970年代に行われた米国防軍の実験データの再解釈については、後述のリスク評価の項目を参照のこと。</p> <p>◆その他の細胞毒性試験 ・サルモネラ菌 TA97株に対して、2-decyl-CB、2-DCB及び2-TCBの影響を調べたところ、2-decyl-CB、2-DCBといった短鎖長の2-ACBに細胞毒性 (増殖率の減少) が認められた⁶⁾。 ・ヒト結腸がん細胞 (HT29 stem cells, HT29 clone19A) を2-TCBに曝露させたところ、37℃、30分では細胞毒性 (テトラゾリウム塩を用いた生細胞のミトコンドリア酵素活性測定法) が見られなかったが、1~2日間の曝露では、細胞毒性が観察された⁷⁾。</p> |

| | |
|------------|---|
| ③変異原性・遺伝毒性 | <p>・ヒト結腸正常細胞、前がん状態の細胞 (LT97 adenoma cells)、及びヒト結腸がん細胞 (HT29 clone19A) の 2-DCB に対する感受性を調べたところ、正常細胞及び前がん状態の細胞においては、細胞毒性 (トリパンブルー色素排除試験による細胞の生死判定法) が用量依存的に示された。一方、がん細胞においては、細胞毒性は観察されなかった⁸。</p> <p>○微生物を用いた試験</p> <ul style="list-style-type: none"> ・サルモネラ菌を用いた復帰突然変異試験 (Ames 試験) では、変異原性は認められなかった³⁶⁾。 ・その他、大腸菌、酵母等を用いた試験でも変異原性は認められなかった¹⁰⁾。 <p>○哺乳類培養細胞を用いた遺伝毒性試験</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ヒト結腸正常細胞、前がん状態の細胞 (LT97 adenoma cells)、及びヒト結腸がん細胞 (HT29 clone19A) の 2-DCB に対する感受性を調べたところ、正常細胞及び前がん状態の細胞においては、DNA 鎖切断が用量依存的に示された。一方、がん細胞においては、DNA 鎖切断は観察されなかった⁸。 ・ヒト結腸がん細胞 (HT29 stem cells, HT29 clone19A) を用いた <i>in vitro</i> コメットアッセイにおいて、2-ACB 類は DNA 損傷の増加を引き起こさなかった³。 ・ヒト HeLa 細胞及びヒト結腸がん細胞 (HT29 stem cells) に対する 2-TCB、2-TeCB、2-DCB、2-decyl-CB の影響を調べたところ、2-TCB 及び 2-TeCB については、細胞傷害が見られる高濃度でしか酸化的 DNA 傷害を引き起こさなかったが、2-DCB、2-decyl-CB については、細胞傷害が見られるより低い濃度で、酸化的 DNA 傷害を引き起こした³。 ・ヒト HeLa 細胞及びヒト結腸がん細胞 (HT29 stem cells) に対する 2-TCB、2-DCB、2-decyl CB の影響を調べたところ、細胞傷害が見られるより低い濃度で、2-TCB は DNA 鎖切断を引き起こし、2-DCB 及び 2-decyl CB は、酸化的 DNA 傷害を増加させた⁶。 ・2-DCB の染色体異常誘発性に関して、ヒトのリンパ球細胞 (TK6 lymphoblasts) を用いて、サイトカラシン B で細胞分裂を阻害した状態での小核形成を調べたところ、最高濃度 (53μM) で小核の有意な増加が見られた¹²。 <p>○ラットを用いた <i>in vivo</i> 試験</p> <ul style="list-style-type: none"> ・2-DCB を 2 段階の濃度 (1.12mg/kg/bw、14.9mg/kg/bw) でラットに経管投与し、16 時間後に結腸細胞を採取してコメットアッセイにより、DNA 損傷を観察した。その結果、低用量投与群 6 頭のうち 2 頭、高用量投与群 6 頭のすべてで陰性対照群に比べて DNA 損傷の頻度と損傷量が増加した¹³。 |
| ④発がん性 | <p>○ラットを用いた発がんプロモーション作用に関する試験</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ラットを用い、発がん物質である azoxymethane (AOM) 単体、AOM+2-TCB、AOM+2-TeCB の 3 投与群において、結腸における腫瘍発生を観察したところ、AOM+2-TeCB を投与した群において、AOM 単体を投与した群と比較して、投与 6 カ月後に前がん状態の傷害の促進が認められた (投与 3 カ月には有意差なし)。また、投与 6 カ月後に腫瘍が発生した個体数に有意な差は見られなかったものの、AOM+2-TCB を投与した群、AOM+2-TeCB を投与した群において、AOM 単体を投与した群と比較して、個体あたりの腫瘍の数やサイズの増加が見られた。これらの結果より、2-ACB は発がんプロモーション作用を有していると示唆されている¹⁴。 |

| 5. 暴露評価 | <p>WHO の声明 (2003) によれば、「2-DCB の照射食品中の生成量は極めて少なく、食品中での安定性も考慮すると、食品から摂取される 2-DCB の量は生の食品中の分析値よりも低い可能性がある¹⁵⁾。」とされている。この理由として、「一般的に、低用量から中程度の照射による 2-DCB の食品中の生成量はわずかなレベルであり、室温で保存した鶏肉中では安定であっても、熱、光、酸素にさらされるとある程度の分解が起こること」が指摘されている¹⁵⁾。</p> <p>これまでに、肉類 (牛肉・鶏肉)、卵・乳製品、魚介類 (サーモン)、アボガド、ヘーゼルナッツ、カカオ豆等で、2-ACB が検出されたとの報告がある³⁾。</p> <p>なお、鶏肉を用いた実験によれば、2-DCB の生成量と照射線量 (10kGy 以下) との間には直線性が見られる¹⁶⁾ (図 2)。</p> <div data-bbox="1523 462 1971 766" data-label="Figure"> <table border="1"> <caption>Data for Figure 2: 2-ACB formation in chicken meat</caption> <thead> <tr> <th>Dose (kGy)</th> <th>2-ACB formation (µg/g fat) - RAW</th> <th>2-ACB formation (µg/g fat) - FROZEN</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>1</td><td>~0.4</td><td>~0.2</td></tr> <tr><td>2</td><td>~0.8</td><td>~0.4</td></tr> <tr><td>3</td><td>~1.2</td><td>~0.6</td></tr> <tr><td>4</td><td>~1.6</td><td>~0.8</td></tr> <tr><td>5</td><td>~2.0</td><td>~1.0</td></tr> <tr><td>6</td><td>~2.4</td><td>~1.2</td></tr> <tr><td>7</td><td>~2.8</td><td>~1.4</td></tr> <tr><td>8</td><td>~3.2</td><td>~1.6</td></tr> <tr><td>9</td><td>~3.6</td><td>~1.8</td></tr> <tr><td>10</td><td>~4.0</td><td>~2.0</td></tr> </tbody> </table> </div> <p>図 2 鶏肉に放射線を照射した時のアルキルシクロブタン生成量 (出典: 文献 16 による)</p> <p>また、スライスの中にはゴマの種子、マスタードの種子、ナツメグ等、比較的脂肪含有量の高いものがあるが、これらについて、高線量照射を行った際の詳細な 2-ACB 生成量に関する研究はない。</p> <p>②推定摂取量</p> <ul style="list-style-type: none"> ・鶏肉を例とした試算例 殺菌線量 (3kGy) における 2-ACB の生成量は、鶏肉の脂肪含量を 10% とすると、0.4μg/鶏肉 (調理後) と算定され、成人 (70Kg) が 200g の鶏肉を一度に摂取すると仮定すると、摂取量は 80μg (体重 1kg 当たり約 1μg) となる¹⁵⁾。 なお、スライスからの推定摂取量に関する研究例はない。 | Dose (kGy) | 2-ACB formation (µg/g fat) - RAW | 2-ACB formation (µg/g fat) - FROZEN | 0 | 0 | 0 | 1 | ~0.4 | ~0.2 | 2 | ~0.8 | ~0.4 | 3 | ~1.2 | ~0.6 | 4 | ~1.6 | ~0.8 | 5 | ~2.0 | ~1.0 | 6 | ~2.4 | ~1.2 | 7 | ~2.8 | ~1.4 | 8 | ~3.2 | ~1.6 | 9 | ~3.6 | ~1.8 | 10 | ~4.0 | ~2.0 |
|------------------|--|-------------------------------------|----------------------------------|-------------------------------------|---|---|---|---|------|------|---|------|------|---|------|------|---|------|------|---|------|------|---|------|------|---|------|------|---|------|------|---|------|------|----|------|------|
| Dose (kGy) | 2-ACB formation (µg/g fat) - RAW | 2-ACB formation (µg/g fat) - FROZEN | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0 | 0 | 0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | ~0.4 | ~0.2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | ~0.8 | ~0.4 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3 | ~1.2 | ~0.6 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 4 | ~1.6 | ~0.8 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 5 | ~2.0 | ~1.0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 6 | ~2.4 | ~1.2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 7 | ~2.8 | ~1.4 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 8 | ~3.2 | ~1.6 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 9 | ~3.6 | ~1.8 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 10 | ~4.0 | ~2.0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 6. 耐容量 | <p>①耐容摂取量</p> <p>②急性参照値</p> <p>2-ACB に関する耐容摂取量、急性参照値は設定されていない。</p> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 7. 国際機関及び各国の取組状況 | <p>①基準値及び検出方法</p> <p>(a)基準値</p> <p>2-ACB についてはこれまでに基準値は設定されていない。</p> <p>(b)検出方法</p> <p>EU の照射食品の標準分析法 (EN1785)、Codex の標準分析法 (EN1785 を採用) として、食品中の脂肪を抽出し、カラムで精製した後、ガスクロマトグラフ質量分析 (GC/MS) (ガスクロ/マススペクトル) で分離検出する方法が定められているほか、MS 以外には、TLC、ELISA による検出方法も報告されている¹⁷⁾。</p> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

| | |
|--------------|---|
| ②リスク低減方法 | 現在、国際的あるいは各国における規制はとられていない。 |
| ③リスク評価の状況 | <p>○WHO WHOの声明(2003)によれば、「2-DCB及び他のシクロブタノン類の影響は、あったとしても極めてわずかが無視できる」とされている¹⁵。 これらの根拠となるデータは次の通り。 ◆1970年代の米国防軍の実験データの再解釈 米国防軍で1970年代に-30℃で保存した鶏肉に高線量照射(59kGy)を行い、長期毒性試験を実施した。この実験条件によれば、鶏肉中には約1.5µg/g 鶏肉の2-DCBが生成していたと推定されるが、この鶏肉をイヌ等に長期投与したり、細菌や哺乳類培養細胞を用いた遺伝毒性試験を行っても影響が見られなかったことから、2-DCB及び他のシクロブタノン類による影響は、あったとしても極めてわずかが無視できる。 ◆その他、最近の実験データの評価 ・実験に使用された2-DCBが分解している可能性を否定できず、原因物質が特定できない。 ・コメントアッセイは、変動性の結果が得られやすく、国レベルの規制機関によって正式な遺伝毒性試験方法としては採用されていない。 ◆体内動態 ・ラットへの給餌試験⁵(上述)によれば、2-ACBは脂肪組織に蓄積せず、速やかに代謝される。</p> <p>○EC ECの食品科学委員会の声明(2002)によれば、「これまでに2-ACBの悪影響を示すたとされたデータのほぼすべてが<i>in vitro</i>試験であり、これらの結果にもとづいて、脂質を含む照射食品中の2-ACB類をヒトが摂取した際の健康リスクを評価することは適当でない(not appropriate)。2-ACBの遺伝毒性は標準的な遺伝毒性試験法によって確認されたものではなく、各種2-ACB類に対するNOAELを定めるための適切な動物給餌実験データも存在しない¹⁶。」とされている。</p> <p>○米国FDA FDAの貝類への照射許可に関する官報(2005)によれば、「2-ACBが大腸がんを引き起こす可能性があるとの論文¹⁴があるが、この論文の著者も述べているように、実験で用いたラットの2-ACBの曝露量(mg/kg体重)は、予想されるヒトの曝露量(µg/kg体重)より3桁も大きい。実験動物モデルや実験計画の限界、データの曖昧性、実験で用いられた化学物質の曝露とヒトの曝露との間に密接な関係が存在しないことを考慮すると、大腸がんを引き起こすと考えるだけの科学的な確実性と信頼性をもった情報ではない」とされている¹⁹。</p> <p>○IARC(国際がん研究機関) 2-ACBの発がん性については国際がん研究機関(IARC)の評価書は出されていない。</p> |
| 8. 消費者の関心・認識 | <p>食品への放射線照射に関するアンケートによれば、一般消費者の食品への放射線照射に対する認知度は現状では高くない(p.22)。 ただし、同アンケートでは、照射食品について「食品中の成分が変化し、未知の健康影響をもたらす恐れがある」と思うかという設問に対して、69%の回答者が「そう思う」または「どちらかというと思う」と回答しており、この問題に対する潜在的な関心は高いと考えられる(p.23)。</p> |
| 9. 不足しているデータ | <p>各照射食品中のアルキルシクロブタノンの生成量及びその推定曝露量については、さらにデータの蓄積が望まれる。また、アルキルシクロブタノンの毒性(特に、遺伝</p> |

| | |
|-----|---|
| | <p>毒性、発がんプロモーション作用)についても、今後の研究の動向を注視し、データを充実させていく必要がある。</p> |
| 10. | <p>出典</p> <ol style="list-style-type: none"> ¹ Letellier PR and Nawar WW, 2-Alkylcyclobutanones from the radiolysis of triglycerides., <i>Lipids</i>, Vol.7, p.75-76, (1972) ² Delincée H. et al., Genotoxic properties of 2-dodecylcyclobutanone, a compound formed on irradiation of food containing fat. <i>Radiat. Phys. Chem.</i> 52, p.39-42, (1998) ³ Boumouf D. et al., Etude toxicologique transfrontalière destinée à évaluer le risque encouru lors de la consommation d'aliments gras ionisés. <i>Toxikologische Untersuchung zur Risikobewertung beim Verzehr von bestrahlten fetthaltigen Lebensmitteln. Eine französisch-deutsche Studie im Grenzraum Oberhein.</i> In Marchioni et al. (ed.) <i>Rapport final/Schlussbericht INTERREG II. Project/Projekt No.3.171, Karlsruhe: Bundesforschungsanstalt fuer Ernährung</i> ⁴ 内閣府食品安全委員会 平成16年度食品安全確保総合調査「放射線照射食品の安全性に関する文献等の収集・整理等の調査報告書」独立行政法人食品総合研究所 平成17年3月 ⁵ Horvatovich P et al., Detection of 2-alkylcyclobutanones, markers for irradiated foods, in adipose tissues of animals fed with these substances., <i>J Food Prot.</i> Oct;65(10), p.1610, (2002) ⁶ Hartwig et al., Toxicological potential of 2-alkylcyclobutanones-specific radiolytic products in irradiated fat-containing food-in bacteria and human cell lines., <i>Food Chem Toxicol.</i> 45, p.2581-2591, (2007). ⁷ Delincée H. et al., Genotoxicity of 2-alkylcyclobutanones, markers for an irradiation treatment in fat-containing food- Part I: cyto- and genotoxic potential of 2-tetradecylcyclobutanone., <i>Radiat. Phys. Chem.</i> 63, 431-435 (2002) ⁸ Knoll et al., 2-Dodecylcyclobutanone, a radiolytic product of palmitic acid, is genotoxic in primary human colon cells and in cells from preneoplastic lesions., <i>Mutat Res.</i> 594, 10-19 (2006) ⁹ Gadgil P and Smith JS., Mutagenicity and acute toxicity evaluation of 2-dodecylcyclobutanone., <i>J Food Sci.</i> 69, C713-716, (2004) ¹⁰ Sommers CH, 2-Dodecylcyclobutanone does not induce mutations in the Escherichia coli tryptophan reverse mutation assay., <i>J Agric Food Chem.</i> 51, p.6367, (2003) ¹¹ Sommers CH and Schiszl RH, 2-Dodecylcyclobutanone does not induce mutations in the Salmonella mutagenicity test or intrachromosomal recombination in Saccharomyces cerevisiae., <i>J. Food Prot.</i> 67, p. 1293, (2004) ¹² Sommers CH, Induction of micronuclei in human TK6 lymphoblasts by 2-dodecylcyclobutanone, a unique radiolytic product of palmitic acid. <i>J Food Sci.</i> 71, C281-284, (2006) ¹³ Delincée H. et al., Genotoxicität von 2-Dodecylcyclobutanon In: Knoer M et al., (ed.) <i>Lebensmittelbestrahlung 5. Deutsche Tagung, Karlsruhe: Berichte der Bundesforschungsanstalt fuer Ernährung.</i> 11-12 Nov. 1998; BFE-R-99-01, p.262-269 (1999) ¹⁴ Raul F et al, Food-borne radiolytic compounds (2-alkylcyclobutanones) may promote experimental colon carcinogenesis., <i>Nutr Cancer</i> 44(2), p.88, (2002) ¹⁵ WHO, Statement on 2-Dodecylcyclobutanone and Related Compounds. (March 2003) ¹⁶ Stevenson MH. et al., The use of 2-dodecylcyclobutanone for the identification of irradiated chicken meat and eggs, <i>Radiat. Phys. Chem.</i> Vol.42, no.1-3, p.363-366, 1993 ¹⁷ Ndiaye B. et al., 2-Alkylcyclobutanones as markers for irradiated foodstuffs III. Improvement of the field of application on the EN 1785 method by using silver ion chromatography <i>Journal of Chromatography A</i>, 858, p.109-115, (1999) ¹⁸ EC: Statement of the Scientific Committee on Food on a Report on 2-alkylcyclobutanone http://europa.eu.int/comm/food/fs/sc/scf/index_en.html (2002) ¹⁹ U.S.Federal Register vol.70,157 Aug.16.(2005) <p>(注) アルキルシクロブタノンの毒性に関する文献は、論文として発表された情報もしくはWHOの報告書等に引用されている論文に準じた学術的情報に限定した。</p> |

食品中のカドミウムの規格基準の一部改正について

平成 21 年 10 月 19 日

薬事・食品衛生審議会食品衛生分科会

食品規格部会報告書

1. 経緯

食品中のカドミウムについては、食品、添加物等の規格基準（昭和 34 年厚生省告示第 370 号）第 1 食品の部 D 各条の「穀類、豆類及び野菜」において、穀類及び豆類の成分規格として、米にカドミウム及びその化合物が Cd として 1.0 ppm 以上含有するものであってはならないと定められている。

また、0.4 ppm 以上 1.0 ppm 未満の米は、農林水産省の指導により非食用に処理されている。

このような状況下、食品中のカドミウムについて国際規格策定の検討が開始されたことを受けて、平成 15 年 7 月、我が国における食品からのカドミウム摂取の現状に係る安全性確保について、厚生労働省から食品安全委員会に対し食品健康影響評価を依頼し（食品安全基本法（平成 15 年法律第 48 号）第 24 条第 3 項）、平成 20 年 7 月、食品安全委員会からカドミウムの耐容週間摂取量が答申された。

これを踏まえ、厚生労働省から薬事・食品衛生審議会に対し、食品中のカドミウムの規格基準の一部改正について諮問がなされ、当部会において審議した結果、米については平成 18 年に決定された国際規格を踏まえてカドミウムに係る成分規格の改正を行うことが適当との結論が得られた。この改正について、平成 21 年 2 月、厚生労働省から食品安全委員会に対し食品健康影響評価を依頼し（食品安全基本法第 24 条第 1 項）、平成 21 年 8 月、その評価結果が答申された。

なお、食品中のカドミウムについては、同各条の「清涼飲料水」及び「粉末清涼飲料」にも規格基準が定められているが、これらの見直しについては、別途審議を行う。

2. 食品健康影響評価

食品安全基本法第 24 条第 3 項の規定に基づき平成 15 年 7 月 1 日付け厚生労働省発食安第 0701021 号により、及び同条第 1 項の規定に基づき平成 21 年 2 月 9 日付け厚生労働省発食安第 0209014 号により厚生労働大臣より食品安全委員会委員長あてに意見を求めた食品健康影響評価については、平成 20 年 7 月 3 日付け及び平成 21 年 8 月 20 日付けで食品安全委員会より結果が通知されている。

9. 結論

<耐容週間摂取量>

カドミウム 7 µg/kg 体重/週

<根拠>

カドミウムの長期低濃度曝露におけるもっとも鋭敏かつ広範に認められる有害性の指標は、腎臓での近位尿細管の再吸収機能障害である。したがって、今回のリスク評価における耐容週間摂取量は、国内外における多くの疫学調査や動物実験による知見のうち、特に一般環境における長期低濃度曝露を重視し、日本国内におけるカドミウム摂取量が近位尿細管機能に及ぼす影響を調べた2つの疫学調査結果を主たる根拠として設定された。すなわち、カドミウム汚染地域住民と非汚染地域住民を対象とした疫学調査結果から、14.4 µg/kg 体重/週以下のカドミウム摂取量は、ヒトの健康に悪影響を及ぼさない摂取量であり、別の疫学調査結果から、7 µg/kg 体重/週程度のカドミウム曝露を受けた住民に非汚染地域の住民と比較して過剰な近位尿細管機能障害が認められなかった。したがって、カドミウムの耐容週間摂取量は、総合的に判断して7 µg/kg 体重/週に設定することが妥当である。

3. 我が国における食品からのカドミウム曝露状況

(1) 食品からの摂取量

平成19年度の「食品中の有害物質等の摂取量の調査及び評価に関する研究」(厚生労働科学研究)におけるマーケットバスケット方式による1日摂取量調査によると、我が国において食品からのカドミウムの1日摂取量は、21.1 µg/人/日であり、体重53.3 kgの人で2.8 µg/kg 体重/週となる。これは、耐容週間摂取量7 µg/kg 体重/週の約4割程度である。

このうち寄与率の最も高い食品は米であり、カドミウムの1日摂取量の約4割(耐容週間摂取量の約2割)を占めている。そのほか、雑穀、野菜、魚介類等から摂取されており、軟体動物(イカ等)の内臓を用いた加工食品に、比較的高いカドミウム含有を示す調査結果が得られている。

(2) 曝露推計

平成15年度の「日本人のカドミウム曝露量推計に関する研究」(厚生労働科学研究)において、確率論的曝露評価手法(モンテカルロ・シミュレーション)により以下の前提で曝露推計が行われた。

① 食品の摂取量

平成7年度から12年度までの国民栄養調査データ(20歳以上の成人男女のうち、妊娠している者を除いた約5万3千名のデータを体重1 kg 当たり1週間の摂取量に換算して使用)

② 食品中のカドミウム濃度

- ・農林水産省による農産物等に含まれるカドミウムの実態調査結果
 - ・輸入分として、米国産の小麦及び大豆の実態調査結果
- (国内産と海外産の消費割合を考慮して、これらの調査結果を使用)

当該推計の結果、いずれの食品についてもカドミウムの基準値を設定しない場合の95パーセンタイル値は7.33 µg/kg 体重/週であった。また、また、米のカドミウムの基準値を0.4 ppmに設定した場合の95パーセンタイル値は7.18 µg/kg 体重/週であり、いずれも食品安全委員会の食品健康影響評価により定められた耐容週間摂取量と同程度であり、人の健康に悪影響を及ぼさない摂取量であるとされている14.4 µg/kg 体重/週を十分下回っている。

なお、食品安全委員会の食品健康影響評価によると、当該曝露推計における曝露分布は計算上のものであり、分布の右側部分は、統計学的に非常に誤差が大きく、非常に確率が低い場合も考慮されている領域であり、実際には耐容週間摂取量を超える人は、ほとんどいないと考えるのが妥当であるとされている。

(3) 食品健康影響評価におけるカドミウム摂取量の評価

食品安全委員会の食品健康影響評価においては、食品からのカドミウム摂取について、次のとおりまとめられている。

10. まとめ及び今後の課題

(前略) カドミウムは、土壤中、水中、大気中の自然界に広く分布し、ほとんどの食品中に環境由来のカドミウムが多少なりとも含まれる。特に、日本では全国各地に鉱床や廃鉱山が多く存在し、米中カドミウム濃度が他国に比べて高い傾向にあり、米からのカドミウム摂取量が食品全体の約半分を占めている。しかしながら、近年、日本人の食生活の変化によって1人当たりの米消費量が1962年のピーク時に比べて半減した結果、日本人のカドミウム摂取量は減少してきている。2007年の日本人の食品からのカドミウム摂取量の実態については、21.1 µg/人/日(体重53.3 kgで2.8 µg/kg 体重/週)であったことから、耐容週間摂取量の7 µg/kg 体重/週よりも低いレベルにある。したがって、一般的な日本人における食品からのカドミウム摂取が健康に悪影響を及ぼす可能性は低いと考えられる。(以下、略)

4. 我が国における食品中のカドミウム低減対策

農産物中のカドミウム低減対策については、農林水産省及び環境省において、我

が国でカドミウムの摂取の寄与率の高い食品である米に係る対策から優先的に研究開発、実証及び普及がなされるとともに、対策の推進が図られている。

(1) 米

米については、現在、水田土壌の汚染状況等に応じて次のような対策が開発され、全国各地で講じられている。

① 土壌浄化対策

・客土

カドミウムの作物移行を防止するために、平成 19 年度末までに計 6,104 ha の汚染された水田で非汚染土壌による盛り土、他用途への転用などの対策を行った。

・植物浄化

土壌中のカドミウムを吸収する能力が高いことが知られている植物を栽培し、土壌中カドミウムを吸収させる。カドミウム吸収能により選抜された水稻（品種名：長香穀）を栽培した場合、3年間の栽培で土壌中カドミウム濃度が4割程度低下（対策前 0.76 mg/kg、対策後 0.45 mg/kg¹⁾）したことが確認されている。さらなる技術の普及に向け、平成 21 年度より実証事業が開始された。

② 吸収抑制対策

・湛水管理

水稻出穂前後の時期に水田に水を張ることにより、カドミウムの水稻への吸収が抑制される。通常の水管理を行った場合に比べ玄米中カドミウム濃度が8割程度低下（通常管理 0.50 mg/kg、湛水管理 0.08 mg/kg²⁾）したことが確認されている。平成 20 年度には約 37,800 ha で実施された。

(2) その他の農産物

その他の農産物についても、次のとおり対策を講じることとされている。

① 転作作物

転作作物として水田で生産される大豆、麦、野菜等のカドミウム濃度を低く抑制するために、植物浄化等の土壌浄化対策を推進する。

② 畑作物

畑で生産される大豆、麦、野菜等について、土壌や農産物の含有実態調査を通じて、対策が必要な地域の絞り込みを行うとともに、カドミウム低吸収性品

1) 農林水産省委託プロジェクト「農林水産生態系における有害化学物質の総合管理技術の開発」（平成 15～19 年度）における成果

2) 稲原ら、日本土壌肥科学雑誌、第 78 巻、第 2 号、p149-155

種・品目への転換や土壌改良資材の施用等によるカドミウム吸収抑制対策を推進する。併せて、植物浄化技術の畑への適用や新たなカドミウム低吸収性品種の開発等、畑で生産される農産物に係るカドミウム低減対策の実用化に向けた研究開発を進める。

農林水産省では、今後、各地域で行われた対策事業の成果を収集・解析し、カドミウムの汚染低減のための指針（仮称）を作成するとともに、現在普及が進められている農業生産工程管理の管理項目に当該指針の内容を組み込むことにより、農産物におけるカドミウム低減対策を一層推進することとしている。

5. 諸外国の規制状況

国際的な食品規格であるコーデックス規格は、以下のとおりである。

○ 食品中の汚染物質規格 (CODEX STAN 193-1995, Rev.3-2007)

| 食品群 | 基準値 ³⁾ (mg/kg) | 備考 |
|--|------------------------------|----------------------|
| 精米 | 0.4 | |
| 小麦 | 0.2 | |
| 穀類（そばを除く） | 0.1 | 小麦、米を除く ふすま、胚芽を除く |
| ばれいしょ | 0.1 | 皮を剥いたもの |
| 豆類 | 0.1 | 大豆（乾燥したもの）を除く |
| 根菜、茎菜 | 0.1 | セロリアック、ばれいしょを除く |
| 葉菜 | 0.2 | |
| その他の野菜 （鱗茎類、アブラナ科野菜※、 ウリ科果菜、その他果菜） | 0.05 | 食用キノコ、トマトを除く |
| 海産二枚貝 | 2 | カキ、ホタテを除く |
| 頭足類（イカ、タコ） | 2 | 内臓を除去したもの |

※「アブラナ科野菜」のうち、葉菜で結球しないものは「葉菜」に含まれる。

○ 個別食品規格

| 食品 | 基準値 | 備考 |
|----------------|--------------|---------------------|
| ナチュラルミネラルウォーター | 0.003 (mg/l) | CODEX STAN 108-1981 |
| 食塩 | 0.5 (mg/kg) | CODEX STAN 150-1985 |

3) CODEX STAN 193-1995, Rev.3-2007

1.2.4 Maximum level and related terms

The *Codex maximum level (ML)* for a contaminant in a food or feed commodity is the maximum concentration of that substance recommended by the Codex Alimentarius Commission (CAC) to be legally permitted in that commodity.

また、欧州連合（EU）、オーストラリア及びニュージーランドにおいて農水産物等に基準値が定められている。

6. 審議結果

カドミウムは自然環境中に存在し、一次産物を汚染するため、農水産物の生産段階でできるだけ汚染を防止することが望まれる。

一方、食品安全委員会の食品健康影響評価によると、現在の我が国の食品摂取の状況においては、一般的な日本人における食品からのカドミウム摂取が健康に悪影響を及ぼす可能性は低いと考えられるとされている。

また、直近のマーケットバスケット方式による1日摂取量調査においても、その摂取量は耐容週間摂取量から見て十分低い値である。

当部会においては、食品中のカドミウムについて、これらの状況及び「食品中の汚染物質に係る規格基準設定の考え方」を踏まえて審議を行い、最も寄与率の高い「米」について、国内の含有実態にALARAの原則⁴⁾を適用し、国際規格に準じて基準値を0.4 ppmに改定することとした（米が1日摂取量の約4割を占めており、他の食品に比べて寄与率は格段に高い）。「米」以外の品目については、米に比べ生産量や寄与率が低いため、検査に要する労力、時間、コストなどを考慮すると、基準を設定し遵守させることによるカドミウム曝露の低減に大きな効果は期待できない。農林水産省を通じ関係者に対して引き続きカドミウムの低減対策を講じるよう要請するとともに、一定期間経過後にその実施状況について報告を求め、必要に応じて規格基準の設定等について検討することとする。

(1) 食品中のカドミウムの規格基準の一部改正

食品衛生法第11条第1項の規定に基づき、米のカドミウムの成分規格を、カドミウム及びその化合物にあっては、玄米及び精米中にCdとして0.4 ppmを超えて含有するものであってはならないと改めることが適当である。

また、現行の成分規格において定めているカドミウムの試験法のうち、有害試験薬（クロロホルム等）を使用するジチゾン・クロロホルム法については廃止するとともに、現行の原子吸光法と同等以上の性能を有する試験法を別途通知により示すこととする。

4) 「合理的に達成可能な範囲でできる限り低く設定する (As low as reasonably achievable)」との考え方。

<参考 規格基準告示新旧対照表>

1 穀類及び豆類の成分規格

| | 改正案 | 現行 |
|-----|--|--|
| | 次の表の第1欄に掲げる穀類又は豆類は、同表第2欄に掲げる物をそれぞれ同表第3欄に定める量を超えて含有するものであってはならない。 | 次の表の第1欄に掲げる穀類又は豆類は、同表第2欄に掲げる物をそれぞれ同表第3欄に定める量を超えて（ただし、同表第2欄に掲げるカドミウム及びその化合物にあっては同表第3欄に定める量以上）含有するものであってはならない。 |
| 第1欄 | 米（玄米及び精米をいう。） | 米（玄米をいう。） |
| 第2欄 | カドミウム及びその化合物 | カドミウム及びその化合物 |
| 第3欄 | Cdとして0.4 ppm | Cdとして1.0 ppm |

2 穀類及び豆類の成分規格の試験法

| | 改正案 | 現行 |
|--------------|--------------------------------------|---|
| (1) 検体 | 玄米及び精米 | 玄米 |
| (2) カドミウム試験法 | カドミウムの定量法は、次に示す原子吸光法による。 原子吸光法（略） | カドミウムの定量法は、1. に示す原子吸光法による。ただし、2. に示すジチゾン・クロロホルム法によることができる。 1. 原子吸光法（略） 2. ジチゾン・クロロホルム法（略） |

(2) 食品中のカドミウムについての消費者への情報提供及び低減対策の推進

日本人の食品からのカドミウム摂取の実態については、耐容週間摂取量の7 µg/kg 体重/週よりも低いレベルにあり、一般的な日本人における食品からのカドミウムの摂取が健康に悪影響を及ぼす可能性は低いと考えられる。

しかしながら、摂取寄与率は低いものの、海産物やそれらを原料とした加工食品など、一部にカドミウム濃度が高い食品があることも事実であり、消費者に対してバランスの良い食生活を心がけることの重要性について情報提供を引き続き行うことが望ましい。

また、カドミウムの摂取寄与率の高い米をはじめとし、大豆、麦、野菜等の農作物については、農林水産省が実施している低減対策を引き続き推進するよう、農林水産省を通じて関係者に要請する。

加えて、引き続きカドミウム汚染の実態把握に努めるよう、農林水産省を通じて関係者に要請することが必要である。また、それらの実施状況について3～5年後を目途に報告を求めることとする。

(参 考)

○ 審議経緯

- 平成 15 年 7 月 1 日 厚生労働大臣から食品安全委員会委員長あてに「食品からのカドミウム摂取の現状に係る安全性確保」に係る食品健康影響評価について依頼
- 平成 20 年 7 月 3 日 食品安全委員会委員長から厚生労働大臣あて食品健康影響評価の結果について通知
- 平成 20 年 7 月 4 日 厚生労働大臣より薬事・食品衛生審議会に食品中のカドミウムの規格基準の一部改正について諮問
- 平成 20 年 7 月 8 日 薬事・食品衛生審議会食品衛生分科会食品規格部会において審議
- 平成 20 年 10 月 22 日 薬事・食品衛生審議会食品衛生分科会食品規格部会において審議
- 平成 21 年 1 月 14 日 薬事・食品衛生審議会食品衛生分科会食品規格部会において審議
- 平成 21 年 2 月 9 日 厚生労働大臣から食品安全委員会委員長あてに「米のカドミウムの成分規格改正」に係る食品健康影響評価について依頼するとともに、「米の成分規格からのカドミウム試験法の削除」について食品健康影響評価を行うことが明らかに必要でないときに該当するか照会
- 平成 21 年 2 月 19 日 食品安全委員会委員長から厚生労働大臣あて照会事項について回答
- 平成 21 年 8 月 20 日 食品安全委員会委員長から厚生労働大臣あて食品健康影響評価の結果について通知
- 平成 21 年 10 月 6 日 薬事・食品衛生審議会食品衛生分科会食品規格部会において審議

○ 薬事・食品衛生審議会食品衛生分科会食品規格部会委員（◎は部会長）

<平成 21 年 1 月 23 日まで>

- 五十君 静信 国立医薬品食品衛生研究所食品衛生管理部第一室長
- 池上 幸江 大妻女子大学家政学部食物学科教授
- 石田 裕美 女子栄養大学栄養学部実践栄養学科教授
- 香山 不二雄 自治医科大学地域医療学センター環境医学部門教授
- 小西 良子 国立医薬品食品衛生研究所衛生微生物部長
- 小沼 博隆 東海大学海洋学部水産学科教授
- 品川 邦汎 岩手大学農学部教授
- 西川 秋佳 国立医薬品食品衛生研究所安全性生物試験研究センター病理部長
- 早川 和一 金沢大学医薬保健研究域薬学系教授
- ◎ 廣橋 説雄 国立がんセンター総長
- 松田 りえ子 国立医薬品食品衛生研究所食品部長
- 宮原 誠 国立医薬品食品衛生研究所食品部第二室長
- 山内 明子 日本生活協同組合連合会組織推進本部本部長

<平成21年1月24日から>

- | | |
|---------|----------------------------|
| 浅見 真理 | 国立保健医療科学院水道工学部水質管理室長 |
| 五十君 静信 | 国立医薬品食品衛生研究所食品衛生管理部第一室長 |
| 石田 裕美 | 女子栄養大学栄養学部実践栄養学科教授 |
| 井上 達 | 国立医薬品食品衛生研究所安全性生物試験研究センター長 |
| ◎ 大前 和幸 | 慶應義塾大学医学部教授 |
| 香山不二雄 | 自治医科大学地域医療学センター環境医学部門教授 |
| 小西 良子 | 国立医薬品食品衛生研究所衛生微生物部長 |
| 小沼 博隆 | 東海大学海洋学部水産学科教授 |
| 阪口 雅弘 | 麻布大学獣医学部獣医学科教授 |
| 長野 哲雄 | 東京大学大学院薬学系研究科教授 |
| 松田りえ子 | 国立医薬品食品衛生研究所食品部長 |
| 宮原 誠 | 国立医薬品食品衛生研究所食品部第二室長 |
| 宮村 達男 | 国立感染症研究所長 |
| 山内 明子 | 日本生活協同組合連合会組織推進本部本部長 |

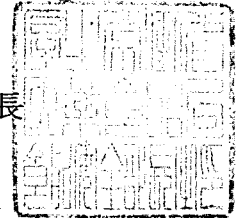
食安発 0408 第 2 号
平成 22 年 4 月 8 日

各
{

 都道府県知事
 保健所設置市長
 特別区長

}
 殿

厚生労働省医薬食品局食品安全部長



食品、添加物等の規格基準の一部を改正する件について

食品、添加物等の規格基準の一部を改正する件（平成 22 年厚生労働省告示第 183 号）が本日公布され、これにより食品、添加物等の規格基準（昭和 34 年厚生省告示第 370 号。以下「告示」という。）の一部が改正されたところであるが、その改正の概要等は下記のとおりであるので、その運用に遺憾なきよう取り計らわれたい。

また、当該改正の概要等につき、関係者への周知方よろしく願います。

なお、本改正の内容については、消費者庁、農林水産省及び環境省と協議済みであることを、念のため申し添える。

記

第 1 改正の概要

食品衛生法（昭和 22 年法律第 233 号）第 11 条第 1 項の規定に基づき、穀類及び豆類の成分規格のうち、米に含有されるカドミウム及びその化合物にあっては、玄米及び精米中に Cd として **0.4 ppm** を超えて含有するものであってはならないと改め、同成分規格の試験法において、検体に精米を加えるとともに、ジチゾン・クロロホルム法を削除したこと。

第 2 適用期日

平成 23 年 2 月 28 日から適用されるものであること。ただし、ジチゾン・クロロホルム法の改正規定については、公布の日から適用されるものであること。

第3 運用上の注意

- 1 穀類及び豆類の成分規格の試験法のうち、米に含有されるカドミウム及びその化合物の試験法について、告示に示す試験法と同等以上の性能を有するものとして適用可能な試験法を別紙に示すこと。なお、試験室におけるこれら試験法等の運用に当たっては、「食品中の金属に関する試験法の妥当性評価ガイドライン」（平成20年9月26日食安発第0926001号別添）を参考とされたいこと。
- 2 本改正に合わせて、農用地の土壌の汚染防止等に関する法律（昭和45年法律第139号。以下「農用地土壌汚染防止法」という。）に基づく農用地土壌汚染対策地域（以下「対策地域」という。）の指定要件の見直しなど、米に含有されるカドミウムの低減に係る施策の改正等が予定されていることから、関係部局が十分に連携の上、関連施策の円滑な導入に向けた普及啓発及び監視指導が行われるよう努められたいこと。

第4 消費者への情報提供

食品からのカドミウム摂取については、厚生労働省ホームページ（<http://www.mhlw.go.jp/topics/bukyoku/iyaku/syoku-anzen/cadmium/index.html>）においてQ&Aを掲載し、消費者に対してバランスの良い食生活を心がけることの重要性について情報提供しているところであり、貴職においても情報提供に際し活用されたいこと。特に、農用地土壌汚染防止法に基づく対策地域を有する地方公共団体にあつては、関係部局が連携し、当該地域等で収穫される農産物を自家消費等により継続的に摂取する住民に配慮した情報提供等に努められたいこと。

(別 紙)

米（玄米及び精米）のカドミウム試験法

1. 誘導結合プラズマ発光分光分析法

(1) 装置

誘導結合プラズマ発光分光分析装置

(2) 試薬、試液等

次に示すもの以外は、食品、添加物等の規格基準（昭和 34 年厚生省告示第 370 号）第 2 添加物の部 C. 試薬・試液等の項（以下「規格基準告示」という。）に示すものを用いる。

カドミウム標準溶液 金属カドミウム 0.100 g を 10% 硝酸 50 ml に溶かし、煮沸し、水を加えて 1,000 ml とする。この 10 ml を採り、水を加えて 1,000 ml とする。

カドミウム標準溶液 1 ml = 1 μ g Cd²⁺

市販の金属分析用カドミウム標準液を使用することもできる。

イットリウム溶液 硝酸イットリウム (Y(NO₃)₃) 0.773 g をビーカーに採り、硝酸 5 ml を加えて加熱溶解し、冷後、250 ml のメスフラスコに移す。ビーカーを水で洗い、洗液をメスフラスコに合わせ、水を加えて 250 ml とする。この液 10 ml を採り、0.1 mol/L 硝酸を加えて 100 ml とする。市販の金属分析用イットリウム標準液を使用することもできる。

検量線用カドミウム溶液 カドミウム標準溶液及びイットリウム溶液を 0.1 mol/L 硝酸で希釈し、カドミウム濃度が 0.04~0.2 μ g/ml の範囲の数点、イットリウム濃度が 0.5 μ g/ml となるように調製する。

(3) 試験溶液の調製

検体約 20 g を精密に量り採り、300~500 ml の分解容器に入れ、水 10~40 ml 及び硝酸 40 ml を加え、よく混和した後、穏やかに加熱する。暫時加熱した後、放冷し、硫酸 2 ml を加え、再び加熱する。その間、必要があれば時々少量ずつ硝酸を加える。内容物が淡黄色から無色の透明な液になれば分解を完了する。冷後、イットリウム¹⁾溶液 0.5 ml を正確に加え、0.1 mol/L 硝酸を加えて 100 ml とする。

別に、検体の代わりに水を用いて検体の場合と同様に操作して得られた溶液を空試験溶液とする。

(4) 試験操作

試験溶液を採り、分析波長 228.802 nm 付近²⁾でカドミウムの発光強度を、371.030 nm²⁾付近でイットリウムの発光強度を測定し、イットリウムに対するカドミウムの相対発光強度比を求める。

検量線用カドミウム溶液を同様に操作して求めた発光強度比から検

量線を作成する。試験溶液から得られた発光強度比と検量線からカドミウム濃度を求める。別に空試験溶液を試験溶液と同様に操作して得た濃度により補正する。

2. 誘導結合プラズマ質量分析法

(1) 装置

誘導結合プラズマ質量分析装置

(2) 試薬、試液等

次に示すもの以外は、1. 誘導結合プラズマ発光分光分析法及び規格基準告示に示すものを用いる。

検量線用カドミウム溶液 カドミウム標準溶液及びイットリウム溶液を 0.1 mol/L 硝酸で希釈し、カドミウム濃度が 0.4~2 ng/ml の範囲の数点、イットリウム濃度が 5 ng/ml となるように調製する。

(3) 試料の調製

1. 誘導結合プラズマ発光分光分析法の試験溶液の調製に準じて分解し、冷後、イットリウム³⁾溶液 0.5 ml を正確に加え、0.1 mol/L 硝酸を加えて 100 ml とする。この液 1 ml に 0.1 mol/L 硝酸を加え 100 ml とし試験溶液とする。

別に、検体の代わりに水を用いて検体の場合と同様に操作して得られた溶液を空試験溶液とする。

(4) 試験操作

試験溶液を採り、質量数 111⁴⁾におけるカドミウムのイオン強度を、質量数 89 でイットリウムのイオン強度を測定し、イットリウムに対するカドミウムの相対イオン強度比を求める。

検量線用カドミウム溶液を同様に操作して求めたイオン強度比から検量線を作成する。試料溶液から得られたイオン強度比と検量線からカドミウム濃度を求める。別に空試験溶液を試料と同様に操作して得た濃度により補正する。

<注解>

- 1) 内部標準としてイッテルビウムを使用することもできる。
- 2) 状況により他の波長を使用することもできる。
- 3) 内部標準としてロジウム又はインジウムを使用することもできる。
- 4) 状況により他の質量数を使用することもできる。

「食品に含まれるカドミウム」に関するQ & A

厚生労働省医薬食品局食品安全部

平成22年4月改訂

< 1. 食品に含まれるカドミウム >

- Q 1 カドミウムはどのような物質ですか？どのような害があるのですか？
- Q 2 どうしてお米などの食品にカドミウムが含まれているのですか？
- Q 3 どんな食品にカドミウムが含まれているのですか？どのくらい摂取しているのですか？
- Q 4 お米には、どの程度のカドミウムが含まれているのですか。
- Q 5 毎日お米を食べても健康に影響はないのですか？
- Q 6 食品以外からもカドミウムを摂っているのですか？

< 2. 規制及びリスク管理 >

- Q 7 国内、国外の食品中のカドミウムの規制はどのようになっていますか？
- Q 8 国際基準が設定されている食品について、わが国でも同様に基準値を設定すべきではないですか？
- Q 9 農産物の生産段階などにおけるカドミウムの汚染低減対策として、どのような取組みが行われているのですか？

< 3. 食品摂食時の注意事項 >

- Q 10 食生活において、カドミウムの摂取を減らすために気をつけることはありますか？
- Q 11 いつも親戚の農家から米をもらっていますが、米中のカドミウム濃度は大丈夫でしょうか？

< 4. 環境省調査結果への対応 >

- Q 12 本年3月に新たに公表された環境省の調査結果によれば、カドミウム濃度の高い畑作物が確認されていますが、厚生労働省は、この結果を踏まえて畑作物に関する基準を設定するなど、再審議をしないのですか？
- Q 13 新たに公表された環境省の調査結果によれば、カドミウム濃度の高い野菜があるようですが、野菜を食べても大丈夫でしょうか？

< 1. 食品中に含まれるカドミウム >

Q 1 カドミウムはどのような物質ですか？どのような害があるのですか？

A)

カドミウムは、鉱物中や土壌中などに天然に存在する重金属で、鉛・銅・亜鉛などの金属とともに存在することから、日本においては1千年以上前から鉱山開発などにより、地中から掘り出されてきました。

自然環境中のカドミウムが農畜水産物に蓄積し、それらを食品として摂取することで、カドミウムの一部が体内に吸収され、主に腎臓に蓄積します。カドミウム濃度の高い食品を長年にわたり摂取すると、近位尿細管の再吸収機能障害により腎機能障害を引き起こす可能性があります。また、鉄欠乏の状態では、カドミウム吸収が増加する報告があります。

なお、カドミウム中毒の事例としてイタイイタイ病がありますが、これは、高濃度のカドミウムの長期にわたる摂取に加えて、様々な要因（妊娠、授乳、老化、栄養不足等）が誘因となって生じたものと考えられています。今回検討が行われているような低濃度のカドミウムの摂取とは状況が全く異なっており、低濃度の摂取でイタイイタイ病が発症することは考えられません。

Q 2 どうしてお米などの食品にカドミウムが含まれているのですか？

A)

日本には、全国各地に鉛・銅・亜鉛の鉱山や鉱床が多数あります。カドミウムは、このような鉱山や鉱床に含まれて天然に存在し、さらに、鉱山開発や精錬などの人の活動によって環境中へ排出されるなど、いろいろな原因により水田などの土壌に蓄積してきました。

お米などの作物に含まれるカドミウムは、作物を栽培している間に、水田などの土壌に含まれているカドミウムが吸収され蓄積したものです。

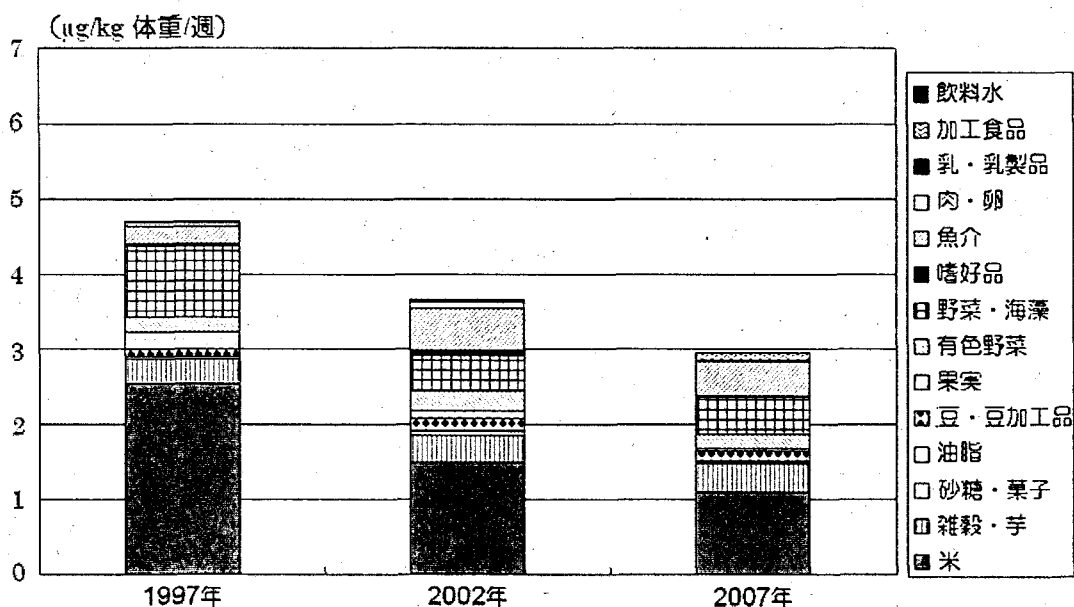
また、カドミウムは海水や海の底質中にも含まれており、貝類、イカやタコなどの軟体動物や、エビやカニなどの甲殻類の内臓に蓄積されやすいことがわかっています。

Q3 どんな食品にカドミウムが含まれているのですか？どのくらい摂取しているのですか？

A)

カドミウムは土壌又は水など環境中に広く存在するため、米、野菜、果実、肉、魚など多くの食品に含まれていますが、我が国においては米から摂取する割合が最も多く、日本人のカドミウムの1日摂取量の約4割は米から摂取されているものと推定されています。

<食品からのカドミウム摂取量の経年変化>



厚生労働省の研究機関である国立医薬品食品衛生研究所は、昭和52(1977)年度から毎年、日常食の汚染物質の摂取量調査¹⁾を行っています。平成19(2007)年度の調査結果によれば、日本人の日常食からのカドミウムの1日摂取量は、 $21.1 \mu\text{g}$ ²⁾(成人の平均体重を53.3 kgとすると $2.8 \mu\text{g}/\text{kg}$ 体重/週)であり、調査開始以降、経年変化はあるものの米の摂食量の低下などにより減少してきています。

1) 国立医薬品食品衛生研究所が、地方衛生研究所と協力して行っている調査です。食品を集めて調理し、食品中に含まれるカドミウムの濃度を分析し、国民栄養調査の食品摂取量をもとに、1日当たりの汚染物質摂取量を推定しています。

2) μg (マイクログラム)は、1グラムの百万分の1の重さです。

また、2003年6月に開催された第61回FAO/WHO食品添加物専門家会議(Joint Expert Committee on Food Additives, JECFA)³⁾の報告書によれば、各国の調査に基づくカドミウムの平均的な摂取量は0.7~6.3 µg/kg体重/週、また、WHOが公表している世界の各地域の食品の消費量とカドミウム濃度から得られた地域ごとの平均的なカドミウム摂取量は2.8~4.2 µg/kg体重/週となっており、我が国の摂取量は比較的低い状況となっています。

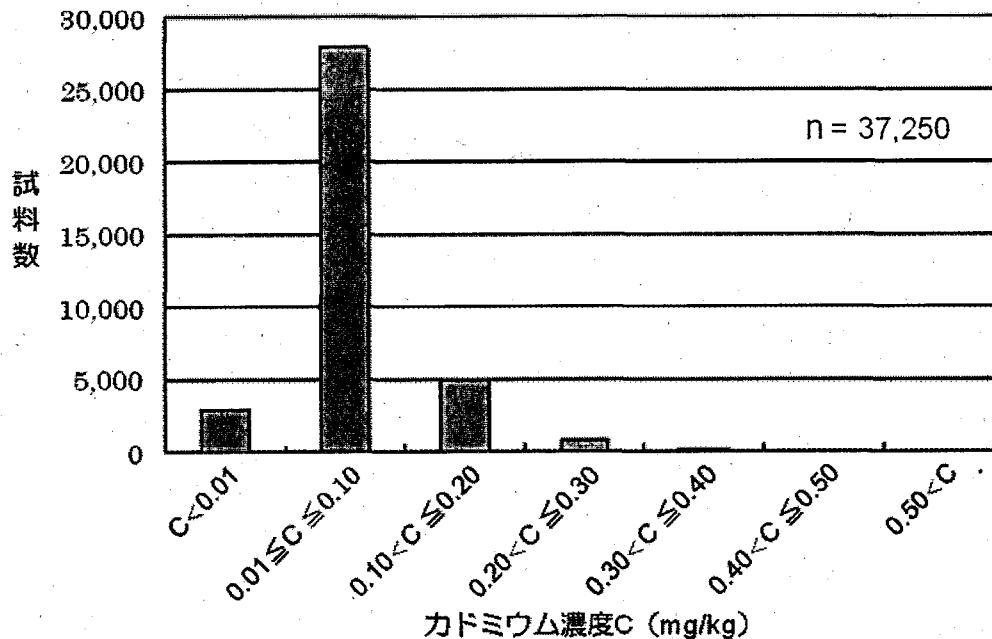
Q4 お米には、どの程度のカドミウムが含まれているのですか？

A)

お米(玄米)のカドミウム含有量について、全国のさまざまな地域(約3万7千点)を調査した結果によると、日本産のお米1kg中に含まれるカドミウム量は平均して0.06 mg (=0.06 ppm)でした(1997~1998年 旧食糧庁の全国実態調査結果より)。

お米のカドミウム濃度が0.4 ppmを超える場合、それは鉱山からの排出などによって人為的に水田がカドミウムに汚染されていることが原因と考えられています。上記調査結果からは、そのようなお米の割合は全体の0.3%となっています。

＜玄米中のカドミウム含有量の全国実態調査結果＞



3) 国際食糧農業機関 (Food and Agriculture Organization, FAO) と世界保健機関 (World Health Organization, WHO) が合同で運営している専門家により構成される機関であり、食品添加物や食品中の汚染物質等のリスク評価を行っています。

Q 5 毎日お米を食べても健康に影響はないのですか？

A)

食品安全委員会の食品健康影響評価によると、「近年、日本人の食生活の変化によって1人当たりの米消費量が1962年のピーク時に比べて半減した結果、日本人のカドミウム摂取量は減少してきている。2007年の日本人の食品からのカドミウム摂取量の実態については、21.1 µg/人/日（体重53.3 kgで2.8 µg/kg体重/週）であったことから、耐容週間摂取量⁴⁾の7 µg/kg体重/週よりも低いレベルにある。したがって、一般的な日本人における食品からのカドミウム摂取が健康に悪影響を及ぼす可能性は低いと考えられる。」とされています。

<参考> 食品からのカドミウム摂取の現状に係る安全性確保について
(食品安全委員会)

http://www.fsc.go.jp/hyouka/risk_hyouka.html

Q 6 食品以外からもカドミウムを摂っているのですか？

A)

飲料水や食品からの摂取といった経口での摂取経路のほかに、呼吸器を介して体内にカドミウムが吸収され、体内を循環する経路があります。

例えば、たばこの煙の中にはカドミウムが多く含まれていることから、喫煙する人は、喫煙しない人よりも、カドミウム摂取量が多くなります。

仮にたばこに含まれるカドミウム（約1～2 µg/本）の約10%が喫煙により肺に吸入され、さらに、吸入されたカドミウムの約50%が体内に吸収されるとすると、1日に20本喫煙する人は、毎日約1～2 µgのカドミウムを吸収すると推定されます。

< 2. 規制及びリスク管理 >

Q 7 国内、国外の食品中のカドミウムの規制はどのようになっていますか？

A)

A)

国内では、食品衛生法において、米、清涼飲料水及び粉末清涼飲料にカドミウムの基準値が設定されています。

4) 毒性試験などに基づくリスク評価により、人が一生涯、毎日摂取したとしても健康に悪影響を与えない量として推定されたものです。

米については、昭和45年以降、基準値は1.0 mg/kg未満とされてきました。また、その当時、カドミウム濃度0.4 mg/kgを超える米が生産される地域は、何らかのカドミウムによる環境汚染があると考えられていたため、市場の混乱を避けるために、国が0.4 mg/kgから1.0 mg/kg未満の米を買い上げて市場流通しないよう管理してきました。

<食品中のカドミウムの基準値>

| 食 品 | | 基準値 |
|--------------------------|----|-------------|
| 米（玄米） | | 1.0 mg/kg未満 |
| 清涼飲料水 （ミネラルウォーター類を含む） | 原水 | 0.01 mg/L以下 |
| | 製品 | 検出してはならない |
| 粉末清涼飲料 | | 検出してはならない |

また、国際基準は次のように設定されています。

<食品中の汚染物質規格> (CODEX STAN 193-1995, Rev.3-2007)

| 食品群 | 基準値 (mg/kg) | 備 考 |
|----------------------------------|----------------|----------------------|
| 穀類（そばを除く） | 0.1 | 小麦、米を除く ふすま、胚芽を除く |
| 小麦 | 0.2 | |
| ばれいしょ | 0.1 | 皮を剥いたもの |
| 豆類 | 0.1 | 大豆（乾燥したもの）を除く |
| 根菜、茎菜 | 0.1 | セロリアック、ばれいしょを除く |
| 葉菜 | 0.2 | |
| その他の野菜（鱗茎類、アブラナ科野菜※、ウリ科果菜、その他果菜） | 0.05 | 食用キノコ、トマトを除く |
| 精米 | 0.4 | |
| 海産二枚貝 | 2 | カキ、ホタテを除く |
| 頭足類（イカ及びタコ） | 2 | 内臓を除去したもの |

※「アブラナ科野菜」のうち、葉菜で結球しないものは「葉菜」に含まれる。

<個別食品規格>

| 食 品 | 基準値 | 備 考 |
|----------------|--------------|---------------------|
| ナチュラルミネラルウォーター | 0.003 (mg/l) | CODEX STAN 108-1981 |
| 食塩 | 0.5 (mg/kg) | CODEX STAN 150-1985 |

上記の国際基準の設定を受け、平成20年7月から平成21年10月までに開催された薬事・食品衛生審議会食品衛生分科会食品規格部会において、食品安全委員会の食品健康影響評価結果を踏まえて食品からのカドミウム摂取のリスク管理について審議が行われました。

この審議の結果、米中のカドミウムの基準値を現行の玄米中1.0 mg/kg未満から玄米及び精米中0.4 mg/kg以下に改正することとされ、食品衛生分科会の審議を経て、平成22年2月に薬事・食品衛生審議会から答申がなされました。この改正内容については、平成22年4月に関係告示が公布されたところであり、平成23年2月28日より施行されることとなっています。

<改正後の米のカドミウムの基準値（平成23年2月28日施行）>

| 食 品 | 基準値 |
|-----------|--------------|
| 米（玄米及び精米） | 0.4 mg/kg 以下 |

<参考> 食品中のカドミウムの規格基準（厚生労働省）

また、現在、食品衛生法でカドミウムの規格基準が設定されている清涼飲料水（ミネラルウォーター類を含む）及び粉末清涼飲料については、別途検討することとしています。

Q8 国際基準が設定されている食品について、わが国でも同様に基準値を設定すべきではないですか？

A)

食品中の汚染物質のリスク管理の方法としては、①農産物の生産段階での汚染低減対策、②食品の製造・加工段階での汚染低減対策、③基準値の設定があります。

今回、わが国における食品からのカドミウムの摂取状況及び国内食品中のカドミウムの含有実態を勘案した結果、一般的な日本人における食品からのカドミウム摂取が健康に悪影響を及ぼす可能性は低いと考えられます。

しかしながら、汚染物質であるカドミウムの摂取量をさらに低減することが望ましいことから、農産物の生産段階での低減対策を進めることに加えて、米について基準値を設定することとしました。これは、日本人の食品からのカドミウム摂取の約4割が米からの摂取であり、米に基準値を設定して管理を行うことが効果的であることから、ALARAの原則⁵⁾に従って基準値を改正することとしたものです（1.0 ppm→0.4 ppm）。

5) 「合理的に達成可能な範囲でできる限り低く設定する（As low as reasonably achievable）」との考え方。

米以外の食品については、米に比べて、それらからのカドミウム摂取量が少なく、基準値を設定して管理することとしてもカドミウム摂取の低減には大きな効果は期待できないことから基準値を設定しないこととし、関係者に対し、引き続き、農産物の生産段階での低減対策を推進するよう要請することとしました。

併せて農水産物の含有実態調査を実施することを要請し、今後、一定期間経過後に低減対策と含有実態調査のその実施状況について報告を求め、必要に応じて米以外の食品の規格基準の設定等について検討することとしています。

Q9 農産物の生産段階などにおけるカドミウムの汚染低減対策として、どのような取組みが行われているのですか？

A)

土壌がカドミウムに汚染された農用地については、農用地の土壌の汚染防止等に関する法律等に基づき、環境省及び農林水産省において、汚染を除去するための客土（非汚染土による盛り土）などの事業が行われています。

<参考> 農用地土壌汚染対策（環境省）

<http://www.env.go.jp/water/dojo/nouyo/index.html>

また、農林水産省において、①カドミウムの吸収効率の高い植物を用いて土壌中のカドミウム濃度を低減する「植物浄化」技術の普及、②稲穂が出る時期の前後に水田に水を張ることによりカドミウムの水稻への吸収を抑制する「湛水管理」が推進されています。

さらに、米以外の品目（大豆、麦、野菜等）についても、①転作作物として水田で生産された際のカドミウム濃度を低く抑制するための植物浄化等の土壌浄化対策、②カドミウム低吸収性品種・品目への転換、③土壌改良資材の施用などによるカドミウム吸収抑制対策が推進されているほか、④植物浄化技術の畑への適用、⑤新たなカドミウム低吸収性品種の開発など、新たなカドミウム低減対策の実用化に向けた研究開発が進められています。

<参考> 食品のカドミウム対策（農林水産省）

http://www.maff.go.jp/j/syouan/nouan/kome/k_cd/taisaku/index.html

<3. 食品摂食時の注意事項>

Q10 食生活において、カドミウムの摂取を減らすために気をつけることはありますか？

A)

前述のとおり、食品安全委員会の食品健康影響評価によれば、一般的な日本人における食品からのカドミウム摂取が健康に悪影響を及ぼす可能性は低いと考えられます（Q5参照）。

しかしながら、水産庁や厚生労働省の調査結果によると、軟体動物（貝類、たこ、いか）、甲殻類（かに、えび）の内臓にカドミウム濃度の高いものが認められており、これらを原料として用いた加工食品である塩辛類の一部にはカドミウム濃度の比較的高いものが認められています。

これらの食品は、我が国において古くから食されてきたものであり、通常の食生活において健康に悪影響を与える可能性は低いと考えます。食生活を通じて健康な毎日を過ごすためにも、同じ食品を毎日たくさん食べ続ける偏食などに注意し、バランスの良い食生活を心がけましょう。

<参考> 国内産農畜産物等の実態調査結果（農林水産省）

http://www.maff.go.jp/j/syouan/nouan/kome/k_cd/cyosa/index.html

Q11 いつも親戚の農家から米をもらっていますが、米中のカドミウム濃度は大丈夫でしょうか？

A)

わが国で生産される米中のカドミウムについては、農林水産省が調査を実施しています。農林水産省において重点的に調査されている地域などは、以下を参照して下さい。

<参考> 産地におけるコメのモニタリング調査結果（農林水産省）

http://www.maff.go.jp/j/syouan/nouan/kome/k_cd/cyosa/index.html

米中のカドミウム濃度の高い可能性がある地域においては、生産された自家消費用などの非売用の米についても、生産者の希望に基づき、JA等が調査分析を実施しており、販売される米と同様、食品衛生法の基準値を超過する場合は、JA等が生産者に対して消費しないよう連絡し、翌年度の栽培に当たっては湛水管理などのカドミウム低減対策を講じるよう指導を徹底しています。

なお、食品衛生法は、販売のみでなく、不特定又は多数の者に対する販売以

外の授与についても規制の対象とされており、その場合は基準値に適合する必要がありますが、親戚など限られた人への授与については、対象外となっています。

< 4. 環境省調査結果への対応 >

Q12 本年3月に新たに公表された環境省の調査結果によれば、カドミウム濃度の高い畑作物が確認されていますが、厚生労働省は、この結果を踏まえて畑作物に関する基準を設定するなど、再審議をしないのですか？

A)

環境省が実施した調査は、農用地の土壌の汚染防止等に関する法律に基づく対策地域の指定要件を検討することを目的として、畑作物と土壌中のカドミウム濃度の相関関係を調べるため、土壌中のカドミウム濃度が高めの地域も含めて実施されたものと聞いていますが、調査した畑作物の点数や地域に限りがあります。

薬事・食品衛生審議会における食品中のカドミウムに関する審議は、食品安全委員会の食品健康影響評価を踏まえて行われたものです。同評価では、農林水産省が実施した全国規模の調査結果をもとにカドミウム濃度が比較的高い農作物の流通も想定して推計された日本人のカドミウム摂取量分布も含めて評価されています。

審議会においては、食品安全委員会の食品健康影響評価を踏まえ、各食品群のカドミウム摂取量の寄与率、国際基準のある作物に基準を設定した場合のカドミウム摂取量低減効果の推計等も勘案して、以下の結論が得られました。

- ① 米中のカドミウムの規格基準を改正 (1.0 ppm→0.4 ppm) すること
- ② 消費者に対し、バランスのよい食生活を心がけることの重要性について情報提供を行うこと
- ③ 米をはじめその他の農作物について、低減対策を推進するよう関係者に要請すること
- ④ 農水産物中のカドミウムの実態把握に努めるよう関係者に要請すること

今般公表された環境省の調査結果を含めたとしても、以上の審議会での審議の結論に影響を与えることはないと考えていますが、次回開催される定例の審議会(5月予定)では、環境省の調査結果をご報告し、ご確認をいただくこととしています。

Q13 新たに公表された環境省の調査結果によれば、カドミウム濃度の高い野菜があるようですが、野菜を食べても大丈夫でしょうか？

A)

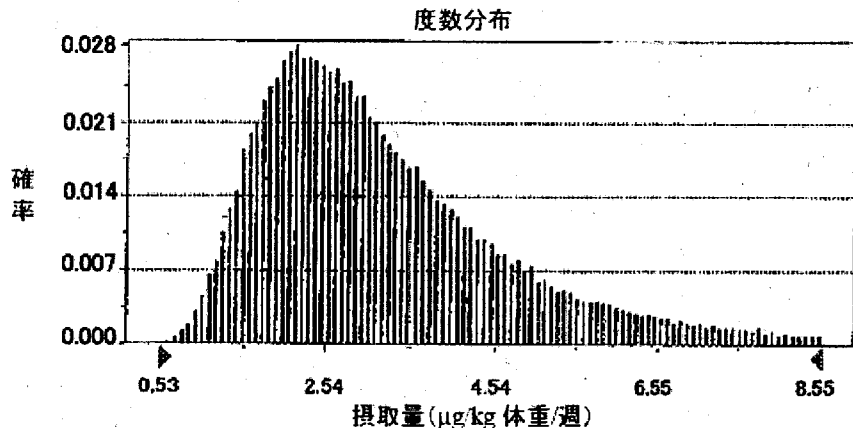
Q3及びQ5のとおり、食品安全委員会の食品健康影響評価によれば、我が国での市場流通食品の分析結果をもとに算定したカドミウムの一日摂取量は2.8 $\mu\text{g}/\text{kg}$ 体重/週であり、耐容週間摂取量の7 $\mu\text{g}/\text{kg}$ 体重/週を十分下回っていることから、一般的な日本人における食品からのカドミウム摂取が健康に悪影響を及ぼす可能性は低いと考えられるとされています。

また、同委員会では、比較的カドミウム濃度が高い農作物が流通することも想定し推計された日本人のカドミウム摂取量分布についても、以下のとおり評価しており、審議会における議論では、カドミウム摂取量が多いと推定される人でも、健康に悪影響を及ぼさない摂取量を十分に下回っているとされています。

—食品安全委員会汚染物質評価書 カドミウム（第2版）より抜粋—

独立行政法人国立環境研究所（2004）は、平成7年から平成12年までの6年間の国民栄養調査による摂取量データと農林水産省の実態調査による食品別カドミウム濃度データから確率論的曝露評価手法（モンテカルロシミュレーション）を適用し、日本人のカドミウム摂取量分布*の推計を行っている。この結果、現状の0.4 ppm以上の米を流通させない場合におけるカドミウム摂取量は、算術平均値3.44 $\mu\text{g}/\text{kg}$ 体重/週、中央値2.92 $\mu\text{g}/\text{kg}$ 体重/週、95パーセンタイルで7.18 $\mu\text{g}/\text{kg}$ 体重/週であると報告されている。

<日本人のカドミウム摂取量の分布>



* この摂取量分布は、計算上のものであり、分布図の右側部分は、統計学的に非常に誤差が大きく、非常に確率が低い場合も考慮されている領域である。したがって、実際にはPTWI（Provisional Tolerable Weekly Intake, 暫定耐容週間摂取量）を超える人は、ほとんどいないと考えるのが妥当である。

日本人が食品を通じて摂取するカドミウムのうち野菜各品目から摂取する量の割合は、主要な摂取源である米に比べて低い上、我が国の農作物の流通・販売や食生活の現状からは、カドミウム濃度の高い野菜を毎日大量に、長期間にわたって摂取する可能性は低いと考えられますが、食生活を通じて健康な毎日を過ごすためにも、同じ食品を毎日たくさん食べ続ける偏食などに注意し、バランスの良い食生活を心がけましょう。