

いは放射線照射のいずれかで殺菌処理されており、食品照射されたものが約7万8千トンあるといわれている。

c. EU (欧州連合)【参考2-10】

EUの食品科学委員会は、1987年および2003年に照射食品の健全性評価結果を報告書にまとめている。照射効果などの放射線化学的評価なども踏まえ、10kGy未満の照射食品については、適正な毒性学的データ、微生物学的データ、栄養学的データ及びその他技術的データが示されている特定の食品の種類と照射線量についてのみ承認するとともに、この時点では10kGy以上の毒性学的データは非常に限られているので、10kGyの上限を撤廃できないとする結論を出している<sup>25)</sup>。

照射食品の扱いについての統一規制の制定を進め、1999年、食品照射に関する一般原則、許可条件、技術的事項(線源、表示義務等)についてのEU指令を制定するとともに食品照射許可品目についてのEU指令を制定した。食品照射許可品目についてのEU指令において、香辛料類を域内の統一許可品目とした<sup>4)</sup>。すなわち、香辛料類については、EUにおいて統一的に許可されるものとされ、その他の品目については、現在、各国で個別の許可によって認められることとなっており、その取扱いは国によって異なる状況となっている。例えば、ニンニクについては、フランス、イタリア、英国、ベルギーなどで許可されている。

照射食品流通量は、2002年で、オランダ7千トン(うち香辛料類4千トン)、ベルギー7千トン(うちカエル足3千トン)、フランス5千トン(うち鳥肉類3千トン、香辛料類1千トン)といった情報があり、それらを合計すると約2万トンとなる<sup>4,26)</sup>。

d. オーストラリア/ニュージーランド<sup>4)</sup>【参考2-11】

オーストラリア及びニュージーランドの両国間で食品に係る基準(オーストラリア・ニュージーランド食品基準機関:FSA NZ)が統一されており、食品照射については、2000年に今後許可していく方針が決定され、2001年に香辛料類、2003年に熱帯果実が許可されている。

e. アジア諸国

アジア地域の2004年の照射食品の流通量は、IAEAによると約17万トンであるといわれている。そのうちもっとも流通量が多いのは中国であり、ニンニク、乾燥野菜、調味料等が照射され、その量は約14万トンといわれている<sup>4)</sup>。その他、ベトナムなど東南アジアの多くの国におい

ても食品照射が行われている。

f. 日本

ばれいしよの発芽防止のための放射線照射が1972年に許可され、1974年、実用化された。現在、年間約8千トンのばれいしよが放射線照射され、国内のばれいしよ供給の端境期である3月下旬～4月に出荷されている。

その後、消費者団体の反対運動もあり、事業者などから照射食品の品目拡大の要望は特段なく、しばらく新たな許可に係る動きはなかったが、2000年に、全日本スパイス協会から香辛料について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出された。現時点においては、これ以外の品目について、具体的に要請されているものはない。

(4) 食品照射に対する社会的関心

世界各国で、食品照射に関しては、肯定的な見解ばかりではなく、慎重な見解や反対する見解が存在している。例えば、オーストラリア／ニュージーランドが食品照射を許可するに際して行ったパブリックコメントにおいても様々な懸念の表明が見受けられるが、これらに対して、オーストラリア・ニュージーランド食品基準機関(FSANZ)は詳細に科学評価に基づく見解を示している。

わが国においても、1972年にばれいしよの発芽防止のための放射線照射が許可された以降において、慎重な見方や反対する見方は存在しており、消費者団体による反対運動もあった。わが国においてはその後、ワールドチェーンの進展や発芽防止に化学薬剤(毒性の問題により使用できない品目もある)が使用されたことなどもあり、食品照射が他の技術と比較して、著しく優位性があるとはいえない状況が続き、国内的にあまり議論が行われずに来たといえる。

海外においては、1980年代から徐々に食品照射の実用化が進み、衛生確保における放射線照射の有用性に対する認識の高まりや化学薬剤の使用を制限せざるを得ない状況から、2000年前後より更に食品照射への取組が進んだ。わが国においても2000年に全日本スパイス協会から香辛料への放射線照射の許可の要望が国に出され、それに対し消費者団体が連名で全日本スパイス協会に、必要性や安全性が疑問として反対を申入れるといった動きがあったが、その後十分に議論がなされることはなかった。

食品照射に限らず他の工業等の利用分野においてさえ、放射線全般に対する消費者のイメージを懸念する関係者が放射線利用についてあまり積極的に言及しない風潮があるのではとの見方もあり、一部公的機関の研究者

を除いて、食品照射の有用性について積極的に発言されることはなく、食品照射に対する国内的関心は必ずしも高くない。

民間組織が行ったアンケート調査の結果によれば、かなりの割合で食品照射についてそもそも知識を持っていないこと、放射線について知らないことが怖いと思う理由につながることで、放射線に関することについては恐怖感に関わりなくもっと知りたいと思っていること、などが報告されている<sup>27)</sup>【参考2-12, 13】。

また、2006年5月10日東京都内で当専門部会が行った「食品照射についてご意見を聴く会」でも、情報の提供を求める声が多く出された。さらに、このご意見を聴く会では照射食品の表示について、消費者が選択できるようにするべきといったご意見や、今後どのように対処するのかという疑問の声が出たほか、放射線に関する教育の充実を求める意見なども出された。

これらのことから、現状においては、食品照射や照射食品に関する国民との相互理解を深めていくことも今後の大きな課題であり、そのためには関係者による国民への情報提供や理解活動の充実とともに、国民がそのような機会を積極的に活用できるような生涯学習の仕組みの工夫も関係者に求められているといえる。

## 2-2. わが国の照射食品に関する法制度等

### (1) 照射食品の許可及び表示

現在、照射食品について、わが国では、食品衛生法第11条に基づき定められる「食品の製造・加工基準、保存基準」において、原則禁止とした上で、ばれいしよに対する放射線照射のみ許可している【参考2-14～17】。新たな食品への放射線照射が認められるためには、食品安全行政の観点から当該食品の安全性等について、食品衛生法及び食品安全基本法に基づく検討・評価が行われ、上記基準において許可される必要がある。具体的には、検討・評価の対象となる個別の食品について、リスク管理機関である厚生労働省で食品衛生法に基づき検討が行われ、厚生労働大臣の許可を受ける必要があり、その際に厚生労働大臣は、食品安全基本法に基づき、リスク評価機関である食品安全委員会から意見を聴かなければならないこととなっている。ここで、食品安全委員会は、当該食品に関するリスク評価（食品健康影響評価）を行い、評価結果について意見を通知することとなっている。【参考2-18】

なお、現在、上記基準で許可されている照射食品を流通する際には、再照射を防止する観点から、食品衛生法に基づき、放射線を照射した旨を容

器包装を開かないでも容易に見ることができるように当該容器包装又は包装の見やすい場所に表示することが義務付けられている。また、消費者の商品選択に資するために飲食料品の品質に関する表示を義務付けているJAS法（農林物資の規格化及び品質表示の適正化に関する法律）においても、照射食品（容器に入れ、又は包装されたものに限る。）について、同様に放射線照射されている旨を表示することが義務付けられている。

## （2）照射食品等への監視・指導

わが国では、食品衛生法に基づき、照射食品や食品照射を行う施設に対する監視・指導が以下の通り行われている【参考2-19】。

現在、輸入食品の監視に当たっては、食品衛生法に違反する食品の流入を防ぐため、輸入時には厚生労働省が毎年度定める「輸入食品等監視指導計画」に基づき国の食品衛生監視員によって、国内流通時には都道府県等が毎年度定める「食品衛生監視指導計画」に基づき都道府県等の食品衛生監視員によって監視・指導が行われている。その際、食品衛生法で認められていない照射食品への対応として、輸入された個々の食品について輸入時に製造方法を確認しているほか、過去の違反事例や海外情報等により食品に対し放射線照射を行っている可能性がある国からの食品であって殺菌処理を行っている場合には、輸入者を通じて製造者からの文書入手し、食品に対して放射線照射が行われているかどうかの確認がなされている。放射線の照射が確認され、食品衛生法違反であることが判明した場合には、規制当局により、廃棄・積戻し等の措置が行われることとなる。平成13年1月から平成18年3月の期間において、輸入食品への監視・指導により食品への放射線照射が見つかった事例は5件、輸入食品の国内での流通時の監視・指導により食品への放射線照射が見つかった事例は1件となっている。

また、わが国において、照射食品に関し、食品衛生法に基づく行政処分をするか否かを判断するために用いる検知法として公的に認められている技術（以下、「公定検知法」という。）は現在のところないが、厚生労働科学研究費補助金による、公定検知法の確立を目指した検知技術に関する研究が行われている。

国内における食品に放射線照射する施設については、都道府県等が毎年度策定する「食品衛生監視指導計画」に基づき、放射線照射施設の営業許可施設の監視・指導が実施されているが、現在は、対象施設は1か所である。

### 第3章 食品照射の有用性

新しい技術が採用されるのは、一般的に、他の技術に対する優位性、固有の特長がある場合であり、その際には技術の有用性（必要性）が重要になる。食品照射の有用性について内外の状況等からの現状認識をとりまとめた【参考3-1～7】。

#### 3-1. 一般的事項

食品照射は、食品に放射線を照射して、病原性細菌、腐敗菌、害虫、作物の生細胞において、放射線により生成するフリーラジカルがDNAに対して作用することにより細胞死が起こることなどを利用して、食品の殺菌、殺虫、発芽防止などを行うものである。放射線の照射量で作用の程度が変わるため、それぞれの目的に応じた量の放射線を照射することになる。フリーラジカルは、一般の加熱処理の際にも食品の中で生成され、放射線照射の際よりも生成量が多いとされている。放射線照射と加熱調理のいずれにおいても、生成されるフリーラジカルの性質は基本的に同じで区別できず、短期間で消滅するとされている。

表1. 食品照射の応用区分、対象品目、線量<sup>13)</sup>

応用区分	対象品目	線量(k Gy)
発芽防止	ばれいしよ、タマネギ、ニンニク、甘藷など	0.03～0.15
殺虫及び不妊化、 寄生虫殺滅	穀類、豆類、果実、カカオ豆、豚肉など	0.1～1.0
成熟遅延	生鮮果実、野菜など	0.5～1.0
品質改善	乾燥野菜、コーヒー豆など	1.0～10.0
病原菌の殺菌（孢子非 形成型病原性細菌）	冷凍エビ、冷凍カエル脚、食鳥肉、畜肉、飼 料原料など	1.0～7.0
腐敗菌の殺菌（貯蔵性 向上）	果実、水産加工品、畜産加工品、魚など	1.0～7.0
殺菌（衛生化）	香辛料、乾燥野菜、アラビアガムなど	3.0～10.0
滅菌（完全な殺菌）	宇宙食、病院食	20.0～50.0

#### 3-2. 食品照射の便益とリスク

##### (1) 食品衛生面の便益

食品は、食品衛生の観点から、必要に応じて、食品の性状に応じた方法で殺菌や殺虫が行われることになる。その方法の一つとして、食品照射が世界で広く利用されていることは、以下のような特長による。

a. 優れた殺菌能力

サルモネラ菌、カンピロバクター、腸管出血性大腸菌O157など、食品衛生上大きな問題となる病原性微生物の大部分を比較的低線量で滅菌することができる。また、放射線（ガンマ線）は透過力が優れており、食品の形状を問わず、食品内部までほぼ均一な処理が可能である。

b. 温度上昇を伴わず、品質への影響が少ない

食品照射は、食品の温度をほとんど上昇させることのない、優れた非加熱処理技術であるため、加熱による変質や香気成分の揮散を起こさずに殺菌することが可能である。従って、生鮮食品、冷蔵・冷凍食品や香辛料、乾燥野菜など、加熱することに制約のある食品に対しても適用できる。上記 a の特長との組み合わせにより、例としては、肉類における腸管出血性大腸菌O157の殺菌や香辛料における各種微生物の殺菌を行うことができる。また、化学薬剤処理の問題点である残留といった問題もない。

c. 作業性の良さ

殺菌、殺虫といった作業を行う際、食品の形状を問わない、連続で大量処理が可能、包装後に処理が可能、消費エネルギーが小さいことは、作業を効率的に進めることに寄与する。このことは同時に作業の確実性あるいは、経済性の向上にもつながる。

以上、食品照射の優れた殺菌能力や、温度の上昇が少なく、品質への影響が少ないという特長は、衛生的で高品質な食品を供給することにつながる。そこで、食品照射は、加熱のできない各種の生鮮物、冷蔵品、冷凍品、あるいは香辛料、乾燥野菜などの殺菌に適しており、そうした食品を中心に、数多くの国で照射食品の許可、実用化が進捗した。また、作業性の良さは、直接的には事業者の便益であるが、その結果として、市場に安全な食品が安定的に供給されることは、消費者の便益につながるものである。

(2) 食品損耗の防止面の便益

食品は、損耗を防止し安定供給を行うために、必要に応じて、発芽防止、成熟遅延、殺菌（腐敗菌の殺菌）、殺虫などの処理が行われている。その方

法の一つとして、温度の上昇が少なく、品質への影響が少ないことや、化学薬剤の残留がないこと、作業性が良いことという特長から、食品照射が世界各国で利用されている。

わが国でも、現在、年間約8千トンのばれいしよが発芽防止の目的で放射線照射され、端境期に出荷されている。

また、将来の世界の人口増加と食料生産量の関係の厳しい見通しに対して、食品照射は、食品の損耗の全ての問題の解決にはならないが、腐敗や虫害による食料損耗の低減に有効な選択肢であるとされている。

### (3) 食品照射のリスク

食品に何らかの処理をする場合、便益の一方でリスクも存在する。食品照射の主要なリスクとして、照射食品の健全性を考慮すべきであり、第4章に整理した。

### (4) 技術の選択肢を増やす必要性

#### a. 技術にはそれぞれ便益とリスクがあり、状況に応じて選択される

食品衛生の確保や食料損耗の防止のための技術としては、加熱処理の他に、非加熱処理方法として、ガス燻蒸・化学処理、雰囲気制御、冷凍・冷蔵、食品照射などの様々な技術が実用化されている。食品の性状は様々であるので、それぞれの食品においては、その性状を踏まえつつ、それぞれの技術の優位性や固有の特徴をもとに、採用される技術が選択されることになる。

食品照射の便益などについてこれまで述べてきたところであるが、それぞれの技術には、それぞれ固有の便益とリスクがある。加熱処理は、広く適用されているが、加熱が制約されるものへの使用は制限される。化学処理は、コストが安い反面、化学薬剤の使用が環境への影響や薬剤自身の毒性から制限される方向にあり、将来、既存の方法が制約を受ける可能性もある<sup>28)</sup>。

国際機関のICGFIは、食品照射と他の方式について、適用できる範囲や規制上の課題などの比較評価を行った報告があり、また、オーストラリア/ニュージーランドは、放射線照射を許可する場合と許可しない場合の便益とリスクの評価を行ったことがある。前者は定性的な比較を行ったものであるが、後者では、消費者、産業界、政府にとって利益があるとして、香辛料等への放射線照射を許可するに至っている<sup>28, 29)</sup>【参考3-8】。

b. 技術の選択肢を増やすこと。その一つとしての食品照射

わが国においては、既存の技術により食品衛生が確保されているものの、食中毒は依然発生しており、食生活の多様化に対応できるより一層の食品衛生の確保が求められる。一方で、将来、化学処理等既存の方法が制約を受ける可能性もあることも踏まえると、健全性についての慎重な議論を経て、新しい技術が許可され、必要なときに使える技術の選択肢を増やすことは、今後も食品の衛生を確保していく観点から有益であると考えられる。さらに、世界的に食糧需給が逼迫化する恐れのある中で、食料の損耗を防止する技術の選択肢を増やすことは望ましいことである。

食品照射は、既に国内外で事業として成立している実績があり、コストやエネルギー消費といった面も含めて他の技術と比較衡量すると、わが国で対象となる食品数を増したときに食品照射の利用が拡大しうることについて一定の見通しがあるので、現実に技術の選択肢となりうると考えられる。例えば、ばれいしよの発芽防止のような低い線量の照射コストは、1トンにつき10～15米ドルの範囲で（日本でのじゃがいも照射のコストは2～4円／キログラム程度）、衛生的な品質を確保するための香辛料の照射のような高い線量の照射コストは、1トンにつき100～250米ドルの範囲であり、これらのコストは他の処理技術に比べて十分に競争力があるとされている<sup>30)</sup>。

なお、食品照射を採用する場合にも、他の技術を採用する場合と同様に、食品衛生の一般原則に則った管理は、当然行われるべきである。食品照射の場合、コーデックス規格<sup>10)</sup>において、照射される食品及びその包装材について、それら規範に則った管理を行うことが技術的条件として規定されている。

3-3. 食品の貿易に貢献するものとして

照射食品は国際市場に流通しており、わが国において、新たな食品への放射線照射を認めることは、食品貿易の拡大に貢献し、ひいては、われわれの食生活の多様化、高度化に貢献するものと考えられる。

なお、放射線照射は、殺虫・検疫処理の有望な手段として認識されており、2003年に、植物検疫措置に関する国際基準の中に、「放射線照射を検疫処理に用いるための指針」が定められ、国際植物防疫条約において認知された検疫措置として、放射線照射が挙げられていることにも留意するべきである【参考3-9, 10】。



### 3-4. 香辛料への放射線照射の有用性

原子力政策大綱において、「多くの国で食品照射の実績がある食品については、関係者が科学的データ等により科学的合理性を評価し、それに基づく措置が講じられることが重要である。」とされているが、現在、世界で最も多くの国で食品照射の実績がある食品は香辛料であり、その有用性等についての現状認識をとりまとめた。

#### (1) 香辛料の衛生確保の必要性

香辛料は、主として熱帯、亜熱帯、温帯地方で産出する植物の種子、果実等から得られる物質であり、飲食物に風味を付与したり、着色したりするとともに、食欲増進、消化吸収を助けるといった働きがあるものの総称とされている<sup>31)</sup>。

産出された香辛料については、その産地の状況から微生物による汚染が著しく、1g当たり10万個から100万個以上の微生物で汚染されているものもある。これらの微生物の多くは有芽胞菌であり、加熱しても死滅しにくいとされている<sup>20)</sup>【参考3-11, 12】。

食中毒防止の観点から、そうした有芽胞菌の殺菌が求められ、わが国では、食品衛生法において、「食肉製品および魚肉練り製品を製造する場合、使用する香辛料は、その1gあたりの芽胞数を1,000個以下にすること」を義務付けており、海外でも、国際市場で流通する香辛料原料に対して、微生物汚染や害虫類の混入などを厳しく規制している。

そうした微生物汚染に対して、産地での微生物制御は極めて難しいため、輸入国で気流式過熱蒸気殺菌、エチレンオキサイド殺菌、放射線照射によって殺菌が行われてきた。しかし、近年、多くの国で、エチレンオキサイドによる殺菌は毒性の懸念から禁止されている。現在、わが国における香辛料の殺菌には、気流式過熱蒸気殺菌だけが唯一の方法となっている<sup>31)</sup>【参考3-13】。

#### (2) 香辛料の衛生確保における放射線照射の有用性

##### a. 香辛料の殺菌における制約と世界各国の対応

香辛料は、そもそも熱に対して高い感受性を有するものであり、気流式過熱蒸気殺菌により十分な殺菌効果を得ようとする、種類によっては、色調、香味等の変化が生じ、天然価値が減じることがある。特に、加工用の香辛料には、食品の衛生保持の観点からの菌数の制限があり、その一方で香味等への影響を抑えることも求められ、気流式過熱蒸気殺菌ではそれら全ての要請に対応するのは困難な状況にあると考えられる。

そこで、世界各国で、香辛料に対する非加熱処理が模索され、研究開発の結果、要求される殺菌レベルを満たすことが可能な非加熱処理技術として放射線照射技術が確立し、世界で幅広く用いられる状況となっている。

b. わが国において存在する香辛料の殺菌における制約

わが国においては、香辛料の年間輸入量は5～6万トンと推定されるが、気流式過熱蒸気殺菌を唯一の選択肢として、事業者の努力によって衛生的な香辛料が供給され、香辛料が食中毒の原因となった事例は報告されていない。

しかしながら、特に、加工用原料としての香辛料は、気流式過熱蒸気殺菌によって、求められる殺菌レベルが達成されているが、香味等への影響が小さくなく、加工用原料として思うように香辛料を使えない、あるいは、本来の性質をある程度失って加工用原料として出荷されている、という現状がある。

食品照射は、食品の衛生の確保や損耗防止の一つの技術であるが、香辛料においては、既存の方法において存在する制約を取り払い、衛生的かつ高品質なものを市場に供給することのできる方法として、世界で幅広くその有用性が認められ実用化されている状況にある。わが国においても、その有用性を享受することを排除すべき理由はない以上、その実用化について検討するべきものと考えられる。

## 第4章 照射食品の健全性の見直し

食品照射が有用な技術であるとしても、放射線照射された食品が健全でなければ、食品照射という技術を食品取扱い技術の選択肢の一つとすることはできない。ここでいう照射食品の健全性とは、照射食品の毒性学的安全性、微生物学的安全性、および栄養学的適格性の3つの観点を合わせたものである<sup>1-3)</sup>【参考4-1】。

照射食品の健全性に関する知見については、わが国や各国、さらには国際的な機関が実施した大規模な調査・研究により蓄積され、複数の学術的な報告書が公開されている。それらの知見を基に、食品照射の主要なリスクと考えられる照射食品の健全性についての見直しを以下のようにとりまとめた。

### 4-1. 食品照射を行う前提条件<sup>4,10,13)</sup>

生鮮食料品に過剰な線量を照射すると、その食品本来の特性や商品価値を失う可能性があり、また、照射前後の管理が不十分な場合、生き残った微生物などが増殖する危険性がある。

コーデックス規格では、一般条件として、以下を必要としている。

- i) 食品照射の正当性は、技術的な必要性のある場合や消費者の健康上の利益となる場合、及びその両方の場合に認められること
- ii) 食品照射を適正衛生規範（GHP：Good Hygienic Practice）と適正製造規範（GMP：Good Manufacturing Practice）、または適正農業規範（GAP：Good Agricultural Practice）の代替として用いるべきではないこと
- iii) 線量が技術的及び衛生上の目的に見合っていること
- iv) 適正照射基準（GIP：Good Irradiation Practice）に適合していること
- v) 食品及び容器包装が適切な品質、かつ許容できる衛生状態であり、放射線照射処理に適していること
- vi) 適正製造規範（GMP）に則って放射線照射前後に対象となる食品及び容器包装が適正に取扱われていること

### 4-2. 安全性（毒性学的安全性、微生物学的安全性）の見直し

#### (1) 毒性学的安全性

毒性学的安全性とは、照射食品の急性毒性、慢性毒性、発がん性、変異原性、遺伝毒性、催奇形性等に関する安全性である。これに関しては、非常に多くの動物実験が過去数十年にわたって実施されてきた。

a. わが国の原子力特定総合研究

わが国の原子力特定総合研究では、同研究が終了する1988年までに、ばれいしよ（照射される放射線の種類：ガンマ線、その目的：発芽防止、以下同様に示す）、タマネギ（ガンマ線、発芽防止）、米（ガンマ線、殺虫）、小麦（ガンマ線、殺虫）、ウィンナソーセージ（ガンマ線、殺菌）、水産ねり製品（ガンマ線、殺菌）、みかん（電子線、表面殺菌）の7品目に対し、慢性毒性、繁殖性、催奇形性、変異原性、遺伝毒性など多くの毒性学因子に関する何百もの研究が実施され、その結果が検討・評価された<sup>32-35)</sup>。その結果は、

- i) 照射による毒性物質の生成を調べる化学的検査において、照射による影響と見られる成分変化は認められない
- ii) 照射した食品の慢性毒性、繁殖性、催奇形性などに及ぼす影響を調べた動物実験において、影響が見られない
- iii) 照射した食品の染色体や生殖細胞に対する遺伝的な影響を調べる変異原性試験や遺伝毒性試験において影響が見られない

というものであった。この結果に基づいて、7品目それぞれに適性線量（照射目的が達成でき、食品として適性が維持される線量）が明らかにされた（ばれいしよ：70～150 Gy、タマネギ：20～150 Gy、米及び小麦：200～500 Gy、ウィンナソーセージ：3～5 kGy、水産ねり製品：3 kGy、みかん：1.5 kGy）。

b. WHOの評価

WHOは、各加盟国における食品照射に対する消費者からの不安・批判があったため、過去に行われた国際的な検討あるいは各国の専門家委員会により検討された膨大な量の研究と共に1980年以降に実施された科学的研究も検討・評価し、特にその当時議論的となった研究や指摘について注意深く評価して、1994年、報告書「照射食品の安全性と栄養適性」<sup>1)</sup>において、

- i) 入手可能な科学的な文献の再検討の結果、食品照射は十分に検証された食品処理技術であることを示している。安全性についての研究結果は、現在までのところ有害な影響を示していない。食品照射は、貯蔵期間を延長し、微生物などの有害生物を不活性化することで、より安全で豊富な食品の供給を保證することができる。
- ii) なお、慢性毒性、生殖毒性、催奇形性など多くの毒性学的因子を評価・検討した結果、対象とする因子によっては、評価・検討の対象となる研究報告が少ないものもあるが、照射食品の摂取による毒性学的な影

響はない、という研究結果で一致している。

ということを確認している。なお、同報告書では、中国において、医大生男女70人の健康なボランティアに対する照射食品の試食試験が実施され、非照射食品を与えたグループと照射食品を与えたグループの間で有意な差はなかったとする結果もまとめられている。

さらに、世界各国で研究開発が進められ、1997年、WHOの高線量照射に関する専門家委員会は10kGy以上の線量を照射した食品に関しても健全性評価を実施し、意図した技術上の目的を達成するために適正な線量を照射した食品は、適正な栄養を有し安全に摂取できる旨の結論を下した<sup>9)</sup>。

#### c. 香辛料について

香辛料への放射線照射した場合の分解生成物については、香辛料に放射線を80kGy照射するとアルデヒド・有機酸類などの酸化物が微量生成されるが、10kGyの場合ほとんど検出されないとされている<sup>36,37)</sup>。毒性試験による評価については、香辛料にはもともと変異原性物質や刺激性物質が含まれているため長期毒性試験を実施することが難しい。ハンガリーでは、催奇形性試験、遺伝毒性試験について、代表的な香辛料の混合物（パプリカ55%、黒コショウ14%、コリアンダー9%、オールスパイス9%、マジヨラム7%、クミン4%、ナツメグ2%）にコバルト60からのガンマ線を15kGy照射したものを被験試料として実験が行われた。その結果、照射香辛料でラットやマウスを飼育試験した場合、その生育には照射、非照射による差は認められず、また、照射によるそれらの催奇形性や遺伝毒性の発現は認められなかった<sup>38,39)</sup>。さらに、照射香辛料による変異原性試験でも、照射による変異原性は認められていない<sup>40)</sup>。また、わが国で実施した4種類のスパイス（黒コショウ、赤トウガラシ、ナツメグ、パプリカ）についてのエームス試験の結果<sup>41)</sup>においても変異原性は認められていない。

#### (2) 微生物学的安全性

微生物学的安全性とは、照射食品に生残する微生物による影響や照射による微生物の突然変異に関する安全性である。放射線は、その物理化学的作用で微生物を殺滅または不活性化させる化学変化を誘発する。その線量レベルは、存在する微生物を完全に殺滅するには十分ではないが、微生物数やその種類を著しく減少させるには十分な線量に設定される。一方、放射線照射が、病原性や毒性または放射線などに対して抵抗性が増大した突

然変異株の誘発を増加させるのではないかという懸念が指摘されているが、そのような誘発が生じているとの科学的な証拠は得られていない<sup>1)</sup>。

食品の中には、一般に、アフラトキシン等のカビ毒（マイコトキシン）を産生する可能性がある糸状菌類やボツリヌス菌で汚染されているものがある。例えば、アフラトキシンは、日本、EU、米国で輸入食品に対する規制が行われている。アフラトキシンの汚染が見つかった事例としては、わが国では、平成17年度輸入食品監視指導計画に基づく監視指導結果によると2005年度にナツメグ、バジルシード、トウガラシで併せて15件、その他のもの（トウモロコシ、落花生、ハトムギ等）で139件となっており、欧州では、EU諸国の食品・飼料の危害情報の報告（RASFF年次報告）によると2005年にトウガラシやパプリカなどの香辛料で48件、その他のもの（果物・野菜、ナッツ類等）で899件となっている。

放射線照射処理により、アフラトキシンの産生能が増加すると指摘された（Jemmali & Guilbot(1969), Applegate & Chipley (1973), Priyadarshini & Tulpule (1979)) ことに対し、他の研究者は、放射線照射によるアフラトキシンの産生能は増加せずむしろ減少することを見出した。WHOは、科学的知見に基づく総合的な評価として、GMPに基づく適正な条件で貯蔵した照射食品のアフラトキシンレベルの増加という危険性は存在しないと結論した<sup>1)</sup>。また、ボツリヌス菌についても同様の試験が行われているが、毒素産生能への影響は認められなかった<sup>1,42)</sup>。

以上により、安全性についての研究結果が現在までのところ有害な影響を示しておらず、安全性について一定の見通しは得られているものと考えられる。

#### 4-3. 栄養学的適格性の見通し

食品照射は、主要栄養素及び微量栄養素の両方に変化を起し得るがその変化量は少ない<sup>1)</sup>。10kGyまでの線量では、それらの主要栄養素の顕著な破壊は観察されていない。50kGy程度の高い線量の場合、化学分析を行うと多種類の栄養素の含有量が減少することが検出されるが、その変化量は小さく、また、生成物は放射線照射に特有なものではないことがわかっている<sup>9)</sup>。また、タンパク質に対する放射線照射の影響は加熱と同様であり、その変化量は加熱と比較して小さい場合が多いとされるとともに、肉や魚をはじめとして多くの食品で滅菌線量を照射しても、必須アミノ酸への顕著な影響は観察されなかった。

ビタミン類には、ビタミンB<sub>1</sub>などのように放射線照射によって破壊され易い

ものがある。しかし、放射線の効果はビタミンの種類によって異なるとともに、食品の種類によっても異なるため、栄養素摂取の観点からは、全体の食事に対するその食品の寄与率に左右されることを考慮すべきである。香辛料について考えると、香辛料の1日当たりの摂取量は食品全体から見て非常に小さいと推定され、香辛料本来の使用目的からしても栄養学的影響は無視できるレベルとされている。一方、ミネラルは放射線感受性が低いので放射線照射による損失は無視できる。

以上より、食品照射による栄養学的適格性についても見通しが得られているといえる。

#### 4-4. 個別に指摘されてきた事項

以上に述べてきたことのほか、照射食品の健全性に係る事項として、今まで指摘されてきたことについて、これまでの知見を整理すると以下の通りである。

##### (1) 誘導放射能の生成<sup>1)</sup>

食品照射に用いる電離放射線のエネルギーには、食品の構成元素に誘導放射能を生成する可能性がある核反応のしきい値を考慮して上限が設けられており、それを超えなければ、放射線測定感度の高い測定装置で測っても検知できるほどの誘導放射能は生成されない。コーデックス規格<sup>28)</sup>で定めている、照射する放射線のエネルギーの上限は、電子線10MeV、X線及びガンマ線5MeVであり、使用されるガンマ線源とそのエネルギーは、コバルト60が1.173MeV及び1.333MeV、セシウム137が0.662MeVとなっている。

##### (2) 放射線の照射により生じる化学反応<sup>1)</sup>

食品照射は加熱処理と同様に、物理的な方法である。すなわち、電離放射線のエネルギーが食品に吸収されると、励起分子が生成され、この分子が解裂またはイオン化を引き起こす。さらに化学結合が切断され、電荷を有するフリーラジカルが生成される。フリーラジカルは、非常に不安定で化学反応を起こし易く、ほとんど瞬間的にその反応が起きて、食品中に分解生成物ができる。分解生成物は、そのほとんどが加熱でも生成することがよく知られている。放射線照射特有の化合物としては、脂質に放射線照射した場合の2-アルキルシクロブタノン類の生成が報告されている<sup>43)</sup>。これについての評価や見解については後述する。