

## 食の安全・安心にかかわる最近の話題 12

## 食品の放射性物質と人への影響

## Radionuclides in food and their effects on humans

つか だ ひろ ふみ  
塚 田 祥 文  
Hirofumi TSUKADA

## はじめに

2011年3月11日に発生した東日本大震災（マグニチュード9.0、わが国で記録が残っている最大級）によって、北日本の太平洋沿岸では10mを越える津波（最大40.5m、宮古市）が押し寄せ、各地で壊滅的な被害となった。東京電力福島第一原子力発電所（以下「福島第一原発」と記す）も津波によって被災し全ての電源供給が断たれ、原子炉を冷却することが困難となり、水素爆発を起こし大量の放射性物質を環境中に放出する事態となった。国際原子力事象評価尺度（International Nuclear and Radiological Event Scale, INES）では7段階レベルのレベル7と評価され、1986年のチェルノブイリ原子力発電所（以下「チェルノブイリ原発」と記す）事故と同列の深刻な事故と位置付けられ、燃料の一部がメルトダウンしたことも明らかになっている。原子炉内部の詳細については、今も調査中である。福島第一原発事故での放射性物質の放出量は、チェルノブイリ原発事故の約10%と報告されている<sup>1)</sup>。チェルノブイリ原発は、気密性を保ち原子炉施設を覆う原子炉格納容器の無い黒鉛炉であったため、燃料デブリ（溶けた核燃料等が冷えて固まったもの）の一部が爆発により小さな粒子（ホットパーティクル）となって、周辺100kmの環境に直接飛散し、激しく放射能汚染した。さらに、揮発性の高い放射性ヨウ素や放射性セシウム等の放射性物質はより広い範囲に拡散し、原発から約2,000km離れた北欧でも高い汚染となった地点のあることが知られている<sup>2)</sup>。一方、福島第一原発事故では、原発周辺の放射性ヨウ素や放射性セシウムは、チェルノブイリ原発周辺と同等

の汚染レベルに匹敵するが、汚染地域の空間的な広がりにはチェルノブイリ原発事故より少なく、チェルノブイリ原発事故で汚染した北欧と同程度の汚染レベルは福島第一原発周辺100km程度の範囲に収まっていた<sup>3)</sup>。

放射性物質には、それぞれ固有の物理学的半減期（放射性物質が、半分になるまでの時間 表1）があり、一定の時間が経過すると放射線を放出し、放射線を出さない安定な元素に変わる。放射性物質から放出される放射線による人への影響（放射線被ばく）には、人体の外にある放射性物質から受ける放射線による「外部被ばく」と、体内に取り込まれた放射性物質からの放射線による「内部被ばく」がある。さらに、内部被ばくの経路には、呼吸による内部被ばくと飲食物摂取による内部被ばくがある。

福島第一原発事故後に放出された主な放射性物質は、放射性希ガス（<sup>133</sup>Xeなど）、放射性ヨウ素（<sup>131</sup>I）と放射性セシウム（<sup>134</sup>Csと<sup>137</sup>Cs）であった。放射性希ガスは、土壌や作物などへの付着はほとんどないため速やかに大気中へ拡散し、放射性雲として事故を起こした福島第一原発周辺で、ごく短期間の外部被ばくをもたらした。一方、放射性ヨウ素と放射性セシウムは、それぞれの放射性物質が存在する

表1 福島第一原発事故で放出された主な放射性物質の半減期

放射性物質	半減期
<sup>3</sup> H (トリチウム)	12.3年
<sup>90</sup> Sr (ストロンチウム-90)	28.8年
<sup>131</sup> I (ヨウ素-131)	8.02日
<sup>133</sup> Xe (キセノン-133)	5.24日
<sup>134</sup> Cs (セシウム-134)	2.06年
<sup>137</sup> Cs (セシウム-137)	30.1年

間、土壌や作物に沈着し、被ばくをもたらしている。<sup>131</sup>Iの半減期は8日であるため、3か月後には放出時の千分の一以下に減少し、測定も困難となった。2011年の福島第一原発事故から12年が経過した2023年では、<sup>134</sup>Csは放出時の2%以下まで減少したが、<sup>137</sup>Csはまだ70%以上が存在している。ここでは、福島第一原発事故による作物摂取による被ばくの考え方と作物中放射性セシウムの変遷について解説する。

## I. 放射能濃度(ベクレル Bq)と被ばく線量(シーベルト Sv)

放射性物質による人体への影響とは、放射線により細胞の遺伝子を傷つけることであり、放射能濃度から直接人への影響を評価することはできない。なぜなら、放射線の種類(アルファ線、ベータ線、ガンマ線等)やエネルギーによってその影響が異なるからである。例えば、アルファ線とは放射性物質からヘリウム粒子が飛び出ることであり、ウラン系列核種(ウランからできる様々な放射性物質)からの最大エネルギーのアルファ線は<sup>210</sup>Po(ポロニウム)から放出され(7,690keV)、空気中で約7cmの飛程(放射線の飛跡の長さ)である。しかしながら、大きな粒子ゆえ、紙一枚で止めることができるため体表に直接付着しない限り外部被ばくはない。ところが、誤って体内に入り込んだ場合、飛程は短いものの、質量が大きいためアルファ線が移動した周辺細胞へのダメージはきわめて大きく、内部被ばくへの影響は大きい。このようなアルファ線の特徴を利用して、手術での切除が困難な脳内のガン治療にもアルファ線治療(ホウ素中性子捕捉療法)が用いられている。また、2023年に福島第一原発から放出が始まった処理水に除去できずに残っているトリチウム(<sup>3</sup>H)はベータ線(平均5.7keV)を放出するが、低エネルギーであるため水中での飛程はわずか0.00056mmであり、動物細胞の核(約0.01mm)を通過できない。このように放射性物質濃度(ベクレル)が同じであったとしても、放出される放射線の種類やエネルギーが異なるため、濃度から直接人体への影響を知ることができない。そのため、人への影響を表す単位としてシーベルト(Sv)が用いられる。1Bqの放射性物質が経口摂取され、内部被ば

表2 経口による預託実効線量係数(μSv/Bq)

	<sup>3</sup> H	<sup>90</sup> Sr	<sup>137</sup> Cs	<sup>239</sup> Pu
成人	0.000018	0.028	0.013	0.25

1 mSv = 1,000 μSv

くを引き起こす場合の影響を表2に示す<sup>4)</sup>。

ここからもわかるように、<sup>137</sup>Csの1Bqに比べ、<sup>3</sup>Hが1Bqの場合は約1/1000、プルトニウム-239(<sup>239</sup>Pu)が1Bqでは約20倍の影響を受けることとなる。

人への放射線の影響は、多量の放射線を受けると一定の疾病を発生する「確定的影響」と、低い放射線によってガンを発生する「確率的影響」に分かれる。確定的影響では、嘔吐、脱毛、不妊等である。確率的影響では、低い放射線を受けることでガンの発症率が増加し、その増加が確認できるのは広島や長崎の原爆による被ばくやこれまでの多くの知見<sup>5,6等)</sup>から100mSvとされている。この時のガン発生率の上昇は0.5%とされている<sup>7)</sup>。一方、100mSv以下の放射線を受けた場合の影響は、いまだ確定しておらず、国際放射線防護委員会(ICRP)は直線仮説を推奨している。したがって、低い線量についても合理的に達成できる限り低く(As Low As Reasonably Achievable; ALARA)保つべきであるとされている<sup>8)</sup>。福島第一原発事故で環境中に放出された放射性物質による影響は、確率的影響に区分される。

## II. 飲食物の基準値について

2011年の福島第一原発事故前まで、飲食物中放射性物質濃度の規制値はなく、事故を受けて飲食物中放射性物質濃度は、2012年3月まで原子力安全委員会(現原子力規制委員会)により示されていた指標値を、暫定規制値(野菜類、穀類、肉、卵、魚、その他に含まれる放射性セシウム濃度:500Bq/kg)として運用されることになった。様々な議論や検討の後、事故による放射性物質の影響が長期間予測されることから、2012年4月から食品から許容することのできる年間の被ばく線量をこれまでの5mSvから1mSvへ引き下げ、日本で用いられる飲食物の放射性物質濃度の基準値は、事故後に環境中で検出および放出が推定された半減期が1年以上の放射性物質(<sup>134</sup>Cs、<sup>137</sup>Cs、<sup>90</sup>Sr、<sup>106</sup>Ru(ルテニウム)およびPu(プルトニウム))を対象として算出されること



写真1 NaI (TI) シンチレーション検出器



写真2 Ge半導体検出器

(写真1, 2は巻末にカラーで掲載しています)

になった。放射性セシウムはガンマ線を放出するため、NaI (TI) シンチレーション検出器<sup>\*1</sup>やGe半導体検出器<sup>\*2</sup>(写真1, 2)等の放射能測定機により比較的短時間で測定可能である。しかしながら、それ以外の<sup>90</sup>SrおよびPuは、それぞれベータ線とアルファ線を計測するため、分析に時間を要する化学分離が必要となり、食料品の管理上適当でない。そのため、飲食物検査の実効性を確保する観点からそれらの放射性物質の濃度は、環境中で検出された<sup>137</sup>Csとの濃度比を用いて一定の寄与があるとして評価に含め、内部被ばく線量に対する影響が最も大きい放射性セシウムによる一括した基準値を設けることとした。その結果、一般食品中放射性セシウム(<sup>134</sup>Csと<sup>137</sup>Csの合計)の基準値は、100 Bq/kgと決められた。基準値算定にあたっては、①年齢および性別区

表3 飲食物中放射性セシウム濃度が基準値である場合の内部被ばく線量評価 (mSv)

年齢区分	年間の預託実効線量 (mSv)	
	男	女
1歳未満	0.29	
1～6歳	0.37	0.36
7～12歳	0.56	0.52
13～18歳	0.80	0.68
19歳以上	0.78	0.64
妊婦	-	0.66

分の導入、②食品分類ごとの算出、③流通食品の汚染割合を50%、④製造食品、加工食品については、原材料の状態、製造、加工された状態それぞれで一般食品の基準値を適用、⑤牛乳および乳幼児食品については、放射線影響の感受性が高いとされる子どもの摂取量が多い食品であることを考慮し、一般食品の基準値の2分の1と設定されている。施行された基準値を基に、年齢および性別の食品摂取量を考慮して内部被ばく線量を評価すると、最大であっても食品摂取量の最も多い13～18歳(男子)で0.80 mSvである(表3)。

### Ⅲ. 福島における作物中放射性セシウム濃度の変遷

福島第一原発事故の後、半減期が比較的長い<sup>137</sup>Csの汚染が長期間にわたって継続する。そこで、積極的な介入による作物中放射性セシウムの低減化が行われている。事故によって放出された放射性セシウムは土壤に汚染した後、速やかに土壤粒子と強く結合するため、表層土壤に留まり<sup>9)</sup>、土壤の下層深くに浸透することはない<sup>10,11)</sup>。そのため、土壤の表土剥ぎ取りによって放射性セシウムの効率的な除染ができた。また、セシウムと性質が似ている同族元素のカリウム(K)は、動植物にとっての必須元素であり、作物栽培でも多量に畑や水田に施用される。放射性セシウムが土壤から作物に吸収される際に、Kと競合することが明らかになっている<sup>12-14)</sup>。つまり、十分なKが土壤中に存在すると放射性セシウムの作物移行を抑制することができるため、適切な土壤施用管理によっても作物中放射性セシウムの低減化を図っている。

\*1 NaI (TI) シンチレーション検出器：ガンマ放射線をNaI (TI) シンチレータで発光し、増幅・電流に変換して検出する。比較的安価で、常温で使用可能である。エネルギー分解能に劣るが、汎用性の高い測定機器である。

\*2 Ge半導体検出器：ガンマ放射線をGe半導体で電気信号に変換し、増幅し検出する。高価で、-196℃の液体窒素で常時冷却の必要がある。エネルギー分解能が高く、精度の高い測定機器である。

飲食物のモニタリングは、継続して実施されている。事故の後、福島県で実施してきた食品等のモニタリング結果が報告書<sup>15)</sup>として取りまとめられている(表4)。この検体には、市場流通している飲食物以外にも、事故後市場流通が規制されている野生鳥獣肉を含む、約25万件の検査結果を解析した報告書となっている。2021年度は約93%以上の検体が、放射性セシウムの測定値が検出下限値未満又は不検出となる「検出せず」となっており、ほとんどの食品は通常の検査では検出できないレベルであると報告されている。一方で、2021年に100 Bq/kgの基準値を超えた38検体のうち、28検体が流通の規制されているイノシシ、ツキノワグマ、ヤマドリ等の野生鳥獣肉である。

福島大学において、2012年から2022年までに福島県内で栽培された作物を採取し<sup>137</sup>Cs濃度を調査した結果、イネ、芋類、葉菜類、根菜類、豆類、果菜類の種別作物において経時的に濃度は減少し、基準値を超える作物がなかったことを確認した<sup>16)</sup>。採取年によって作物採取数や作物種により偏りはあるが、全試料を対象とした検定でも減少傾向が示された(図1 ヨンクヒール=タブストラ検定  $P<0.001$ )。事故時に放出が確認されている<sup>90</sup>Srについては、原

発周辺のごく限られた地点を除き、その他の地域では大気圏核実験由来である他府県と同様の濃度にあることが示されている<sup>17,18)</sup>。また、半減期のきわめて長いヨウ素-129(<sup>129</sup>I)も放出されたことは確認されているが、作物中濃度はきわめて低く1 mBq/kg 乾物重量以下であることが明らかになっている<sup>18)</sup>。

#### IV. 福島における作物摂取による被ばく線量

福島大学で調査した福島県内で採取された作物中放射性セシウム濃度を用いて、事故によって増加した作物摂取による内部被ばく線量を評価した(図2)。また、2012年に厚生労働省が調査した食品摂取による内部被ばく線量を表5に示す<sup>19)</sup>。「マーケットバスケット」とは、スーパーマーケット等で売られている食品を購入し、その中に含まれている放射性物質を測定、「陰膳」とは摂取した食物の実物と同じものを同量用意し、その放射性物質を測定して評価する方法である。マーケットバスケットで採取される作物では、産地は限定されておらず、福島県産以外も含まれる。そのため、福島県の調査結果であっても他県と同等の値となる。一方で、図2では年間を通してすべて福島県作物を摂取するとして

表4 福島県による食品などのモニタリング結果(報告書から抜粋)

採取年度	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
検体数	18,920	29,065	30,667	29,617	25,976	24,646	22,243	19,049	16,654	13,867	12,860
基準値を超える検体数の割合(%)	12.8	4.6	2.0	1.0	0.8	0.5	0.4	0.5	0.4	0.1	0.3
検出限界値未満の割合(%)	63.7	74.7	77.2	85.2	89.1	89.8	91.5	91.6	90.9	90.8	92.7

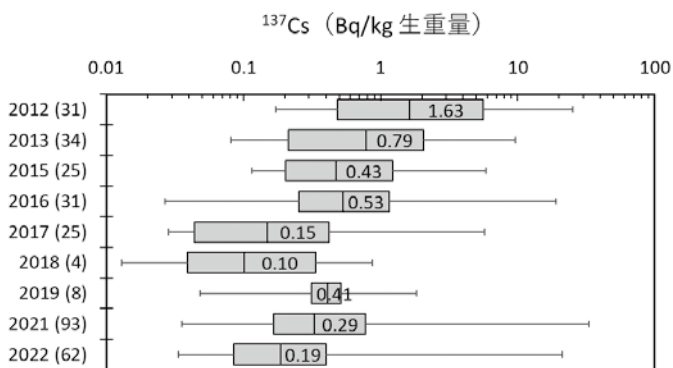


図1 箱ひげ図で示す福島県で栽培された作物中<sup>137</sup>Cs濃度(Bq/kg生重量)の経時的変化

数値は中央値を示す。ボックスは25～75%、ひげは最小値～最大値を示す。

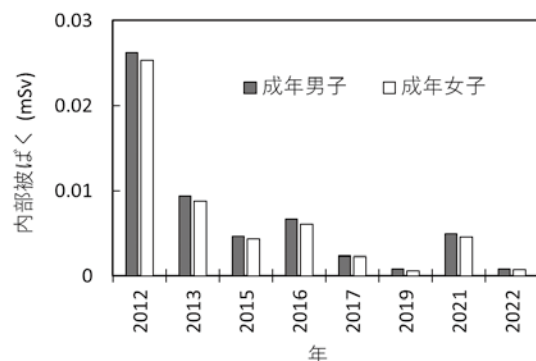


図2 全て福島県産の作物を摂取した際の内部被ばく線量

表5 2012年の食品摂取による内部被ばく線量 (mSv)

手法	北海道	岩手	福島	栃木	茨城	埼玉	新潟	大阪	高知
マーケットバスケット	0.0009	0.0094	0.0039~ 0.0066	0.0090	0.0044	0.0039	0.0023	0.0016	0.0012
陰膳	0.0013	0.0035	0.0022	0.0030	0.0039	0.0018	0.0015	0.0012	0.0012

評価したため、表5で示す内部被ばく線量より高い値を示す。加えて、食品の調理や加工に伴い、放射性セシウムは溶脱するため<sup>20)</sup>、調理加工済みの食品を測定した陰膳による調査結果が、マーケットバスケットにより評価した内部被ばく線量よりさらに低い値となる。

以上から、食品摂取による内部被ばくは、一般公衆の年間被ばく線量限度である1mSvを大きく下回る値であり、仮に福島県産作物のみを摂取したとしても、十分に低い内部被ばく線量であることが確かめられている。

## V. 福島における外部被ばくと内部被ばく

福島第一原発事故による外部被ばくと内部被ばくについて、浪江町（福島第一原発から浪江町役場まで北北東約8km）で得られたデータから算出し比較した。外部被ばくについては、浪江町の16地点で測定されているモニタリングポストの結果<sup>21)</sup>から、外部被ばく線量（一日のうちで8時間を屋外、16時間を屋内で生活すると想定）を算出した。屋内での線量は建物や建材による遮へい、床下に汚染物質がないことなどを考慮し、木造家屋の低減係数を0.4乗じた<sup>22)</sup>。モニタリングポストの空間線量率には、天然放射性物質に由来するバックグラウンドの空間線量率が含まれるため、浪江町のバックグラウンド<sup>23)</sup>を差し引き、事故由来による追加となる外部被ばく線量に限定した結果、2020年の浪江町における外部被ばく線量は0.61mSvであった<sup>24)</sup>。また、浪江町の8地点でモニタリングしている大気中放射性セシウム濃度から評価した2020年の吸入による内部被ばく線量は、0.000050mSvと限定的であった<sup>21)</sup>。2020年に浪江町内で栽培された94試料の作物中<sup>137</sup>Cs濃度の平均値は、3.6(0.22~26)Bq/kg生重量であり、図1に示す福島県内の作物のモニタリング結果より高い値であった。このデータを用いて作物摂取による内部被ばくを評価した結果、成人男子および成人女子で共に0.012mSvであ

表6 浪江町における2020年の外部および内部被ばく線量 (mSv)

外部被ばく	内部被ばく	計
0.61	0.000050 (吸入)	0.62
-	0.012 (作物摂取)	-

り、福島県内のモニタリング結果から求めた図2に示す値（2013年以降の内部被ばく）より高くなった（表6）。これは、土壌の剥ぎ取り除染は行われたものの、福島第一原発の近傍であるため、土壌中放射性セシウム濃度が高いことなどが影響している。しかしながら、被ばくに占める作物摂取からの内部被ばくは2% (0.012 ÷ 0.62 mSv) に留まっていた。

## おわりに

われわれは、環境中に存在する天然放射性物質から常に被ばくを受けている。地域によっても受ける線量は異なるが、1年間に自然放射線から受ける日本人の平均的な外部被ばくと内部被ばくを合わせて2.10mSvである<sup>25)</sup>。他に、検査や治療など医療により3.87mSvを受け、年間で合計5.97mSv被ばくしている。自然放射線から受ける内部被ばくのうち、市場流通の作物摂取による天然放射性物質<sup>14</sup>C、<sup>40</sup>K、<sup>210</sup>Pb（鉛）、<sup>210</sup>Po等}から受ける日本人の平均的な内部被ばく線量は年間0.99mSv<sup>25)</sup>である。一方、福島の作物を摂取して福島第一原発事故に由来する放射性セシウムによる内部被ばく線量は、浪江町で年間0.012mSvであるので、天然放射性物質由来の1.2%と限られる。より現実的には、スーパーマーケットで購入する作物は様々な地域からの食材であり、福島の作物は限られ（市場希釈）、また、調理・加工により食材から放射性セシウムの溶脱など、食材中放射性セシウム濃度は下がるため、内部被ばく線量も下がる。

以上から、栽培される農作物については除染やカリウム施用による低減化対策で、十分に基準値を下回り、安心して食するに十分となっている。一方で、

山菜や天然のキノコ（菌床となる原木やおがくず等の汚染していない培地で栽培されたキノコには放射性セシウムは汚染しない）やイノシシ、クマ等の野生動物については注意が必要となる。福島で採取される天然キノコやジビエについては、2024年でもまだ出荷制限となっているが、イノシシの放射性セシウム濃度は次第に減少していることが報告されている<sup>26)</sup>。

環境中に現存する放射性セシウムは、その全てが2011年の福島第一原発事故に由来するものではない。1950～1960年代の大気圏核実験や、1986年のチェルノブイリ原発事故等に由来する放射性セシウムは未だに土壤に蓄積しており、日本においても事故前からキノコ中放射性セシウム濃度が100 Bq/kgを越えるものもあることが多数報告されている<sup>27～29)</sup>。また、事故後に福島から遠く離れた地域で検出された放射性セシウムは、その多くが事故以外の由来である。例えば、2011年に中国地方の調査研究機関から、「ヨモギから数十 Bq/kg の放射性セシウムを検出したが、福島第一原発事故由来ですか。」と問い合わせがあった。測定結果のガンマ線スペクトルを見ると、<sup>137</sup>Cs のピークである 662 keV しか存在せず、事故によって<sup>137</sup>Cs と同量が放出された<sup>134</sup>Cs のピーク（605、796 keV 等）の存在がなかった。そのため、福島第一原発事故由来ではなく、それ以前の大気圏核実験由来の放射性セシウムであることを確認した。ここに挙げたように、科学的に適切な判断のうえ、評価することが大切である。

## 文 献

- 1) Chino M, Nakayama H, Nagai H, et al. Preliminary estimation of release amount of <sup>131</sup>I and <sup>137</sup>Cs accidentally discharged from the Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant into the atmosphere. *Journal of Nuclear Science and Technology* **48**: 1129-1134.
- 2) 原子放射線の影響に関する国連科学委員会(UNSCEAR). UNSCEAR 2000 Report Vol. II. Source and Effects of Ionizing Radiation. 2000.
- 3) 文部科学省. 文部科学省による放射線量等分布マップ(放射性セシウムの土壤濃度マップ)の作成結果を踏まえた航空機モニタリング結果(土壤濃度マップ)の改訂について:  
[https://radioactivity.nra.go.jp/ja/contents/5000/4931/24/1940\\_0830\\_1.pdf](https://radioactivity.nra.go.jp/ja/contents/5000/4931/24/1940_0830_1.pdf) (引用2024/1/5)
- 4) 国際放射線防護委員会(ICRP). Compendium of Dose Coefficients based on ICRP Publication 60. ICRP Publication 119. *Ann. ICRP* **41** (Suppl.), 2012.
- 5) The Radiation Effects Research Foundation (RERF). US-Japan Joint Reassessment of Atomic Bomb Radiation Dosimetry in Hiroshima and Nagasaki (DS86 Final Report) Vols. 1&2, 1987.
- 6) 国際放射線防護委員会(ICRP). Protecting People against Radiation Exposure in the Event of a Radiological Attack. ICRP Publication 96.2005.
- 7) 国際放射線防護委員会(ICRP). The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. ICRP Publication 103. *Ann. ICRP* **37** (2-4). 2007.
- 8) 国際放射線防護委員会(ICRP). Implications of Commission Recommendations that Doses be Kept as Low as Readily Achievable. ICRP Publication 22. 1973.
- 9) 塚田祥文, 鳥山和伸, 山口紀子, 他. 土壤-作物系における放射性核種の挙動. *日本土壤肥科学雑誌* **82**: 2011. 408-418.
- 10) Tsukada H, Takeda A, Nakao A. Vertical distribution and physicochemical form of fallout <sup>137</sup>Cs in an allophanic Andisol acidified by long-term fertilizer application. *Pedologist* **55**: 2012. 435-441.
- 11) 塚田祥文. 土壤中放射性セシウムの経時的な変化. *日本土壤肥科学雑誌* **85**: 2014. 77-79.
- 12) White PJ, Broadley MR. Mechanisms of caesium uptake by plants, *New Phytologist* **147**: 2000. 241-256.
- 13) Tsukada H, Nakamura Y. Transfer of <sup>137</sup>Cs and stable Cs from soil to potato in agricultural fields. *Science of the Total Environment* **228**: 1999. 111-120.
- 14) Saito T, Ohkoshi S, Fujimura S, et al. Effect of potassium application on root uptake of radiocesium in rice. *International Symposium on Environmental Monitoring and Dose Estimation of Residents after Accident of TEPCO's Fukushima Daiichi Nuclear Power Stations*. 2012; 165-169.
- 15) 福島県食品生活衛生課. 令和4年度放射性物質検査結果の分析事業. 2023.
- 16) 明石真言, 塚田祥文, 青野辰雄, 他. 厚生労働省食品中の放射性物質の基準値施行後の検証とその影響評価に関する研究. 2023.
- 17) Tsukada H, Takahashi T, Fukutani S, et al. Concentrations of radiocesium and <sup>90</sup>Sr in agricultural plants collected from local markets and experimental fields before resuming agriculture in Fukushima Prefecture. *Proceeding of the 14th International Congress of the International Radiation Protection Association (IRPA14)*, Cape Town, South Africa, 2017. 37-42.
- 18) Tsukada H, Takahashi T, Fukutani S. Activity concentrations of radiocaesium, <sup>90</sup>Sr and <sup>129</sup>I in agricultural crops collected from Fukushima and reference areas, and internal radiation dose. *Radiation Protection Dosimetry* **198**: 2022. **198**: 1104-1108.
- 19) 厚生労働省. 東日本大震災関連情報食品中の放射性物質:  
[https://www.mhlw.go.jp/shinsai\\_jouhou/shokuhin.html](https://www.mhlw.go.jp/shinsai_jouhou/shokuhin.html) (引用2024/1/8)

- 20) 国際原子力機関 (IAEA). Environmental Transfer of Radionuclides in Japan following the Accident at the Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant. TECDOC Series 1927. IAEA, Vienna. 2020.
- 21) 浪江町. 広報なみえ : <https://www.town.namie.fukushima.jp/site/kouhou/> (引用2024/1/8)
- 22) 環境省. 保健・化学物質対策：放射線による健康影響等に関する統一的な基礎資料，第2章放射線による被ばく2.4線量測定と計算，遮蔽と低減係数：令和元年度版. <https://www.env.go.jp/chemi/rhm/r1kisoshiryo/attach/202003mat1-02-31.pdf> (引用2024/1/8)
- 23) Ogura K, Hosoda M, Tamakuma Y, et al. Discriminative measurement of absorbed dose rates in air from natural and artificial radionuclides in Namie Town, Fukushima Prefecture, International Journal of Environmental Research and Public Health **18**: 2021. 978.
- 24) 菊池美保子, 西康一, 高村昇, 他. 2019年～2020年に採取した福島県浪江町における自家消費作物中放射性Cs濃度と内部被ばく線量, *Radioisotopes* **71**: 2022. 185-193.
- 25) 原子力安全研究協会. 生活環境放射線 (国民線量の算定) 第3版, 2020.
- 26) Saito R, Kumada R, Inami K, et al. Monitoring of radioactive cesium in wild boars captured inside the difficult-to-return zone in Fukushima Prefecture over a 5-year period. *Scientific Report* **12**: 2022. 5667.
- 27) 杉山英男, 寺田宙, 磯村公郎, 他. キノコへの放射性セシウムの移行特性—野性キノコおよび培養キノコ—, *Radioisotopes* **42**: 1993. 683-690.
- 28) Tsukada H, Shibata H, Sugiyama H. Transfer of radiocaesium and stable caesium from substrata to mushrooms in a pine forest in Rokkasho-mura, Aomori, Japan. *Journal of Environmental Radioactivity* **39**: 1998. 149-160.
- 29) Yoshida S, Muramatsu Y. Accumulation of radiocesium in basidiomycetes collected from Japanese forests. *Science of the Total Environment* **157**: 1994. 197-205.

食の安全・安心にかかわる最近の話題 12  
食品の放射性物質と人への影響 塚田 祥文



写真1 NaI(Tl) シンチレーション検出器



写真2 Ge半導体検出器