

食品中の放射性核種の摂取量調査・評価研究

1. 研究目的

食品中の有害物質の量とその分布状況を明らかにし、さらに、公衆による摂取量を推定、評価することは食品の安心・安全確保の推進に資する上での一つの重要な課題である。

本研究では、日本国内に流通する各種の食品を対象として、日常的に摂取される消費量データに基づき調製したトータルダイエット試料について、人工ならびに天然 γ 線放出核種、 β 線放出の人工放射性核種ストロンチウム (^{90}Sr) および天然放射性核種のポロニウム (^{210}Po) の測定、分析を行う。これらの実測データをもとにして、各種食品群における放射性核種濃度と国内地域分布を明らかにする。さらに、このデータをもとにして日本人固有の食事摂取形態による放射性核種の暴露量（摂取量ならびに被ばく線量）を算出し、推定評価することを目的としてトータルダイエットスタディ（以下、TDS と表記する）を実施した。

2. 研究方法

本 TDS は平成 19 年度から平成 21 年度までの 3 年間、その研究方法は基本的に同一とした。調査研究対象地域は平成 16-18 年の TDS の結果を踏まえて、日本国内の 8 地域から各年度 3 あるいは 4 都市を選定した。対象食品はすでに実施中の化学物質の TDS に準じて飲料水を含む全 14 食品群に区分して対象地域において流通品を購入し、各地域における消費量データに基づき各種食品群を個別に調理して調製試料を得た。放

射性核種は放射性 Cs などの γ 線放出核種、 β 線放出の人工放射性核種ストロンチウム (^{90}Sr)、さらに天然由来の ^{210}Po とした。 ^{210}Po は微量で放射線毒性が強く、2006 年にロンドンで起きた元ロシア連邦保安庁情報部員の不審死との関連が示唆されたことや食品からの被ばく寄与が高いことからその再評価が求められている。食品（調理済み）からの 1 日摂取量と被ばく線量は測定、分析により得られた各放射性核種の放射能濃度をもとに算出し、推定評価した。

具体的な方法を以下に示す。

2-1. 試料

試料購入・調製：平成 19-21 年の 3 年間、日本国内全 8 地域 10 都市（北海道：札幌市，東北：仙台市，関東 I：東京都，横浜市，北陸：新潟市，金沢市，近畿 I：大阪市，中国：広島市，四国；高知市，北九州：福岡市）において飲料水を含む全 14 群に区分した食品を流通市場でマーケットバスケット方式により購入した。購入食品は食品群ごとに炊く、ゆでる、炒める、煮る、焼く等の調理を行い、日本人の日常食を再現したトータルダイエット試料を調製した。なお、調理にあたっては他の食品群の添加、混入は禁じた。

γ 線放出核種用試料：人工ならびに天然の γ 線放出核種 (^{137}Cs , ^{134}Cs , ^{40}K , ウラン系列, トリウム系列) の測定のために各食品群個別にプラスチック製容器（容量 100mL）に封入し、シリコーンシーラントを充填させて密閉し 2 週間程度放置した。なお、その物性上減容が困難な油脂類（食品群 IV）は調製試料の状態マリネリ容器（容量 1L）に封入し測定用試料とした。

^{90}Sr 分析用試料：飲料水を除く全 13 食品

群を各々調理，調製した後に摂取量比に準じて混合した．これら混合試料は γ 線放出核種測定用試料と同様な方法で乾燥，灰化処理して分析用試料とした．

^{210}Po 用試料:飲料水を除く全13食品群を各々調理，調製した後に摂取量比に準じて混合した．横浜市(平成19年度)，札幌市，大阪市，福岡市(平成20年度)，東京都(平成21年度)については各食品群別の調製試料も分析対象とした．

2-2. 測定法，分析法

γ 線スペクトロメトリー:「ゲルマニウム半導体検出器によるガンマ線スペクトロメトリー」(文部科学省放射能測定法シリーズ7，平成4年改訂)に準じた．測定法の概略は以下のとおりである．

測定用試料は検出器エンドキャップに載せ80000～300000秒間計測した．バックグラウンド値は検出器に何も載せずに適時200000～300000秒間計測して求めた．測定にあたり，事前にエネルギー校正曲線およびピーク効率を混合核種基準線源(日本アイソトープ協会頒布)を用いて作成した．エネルギー校正曲線，ピーク効率，定量は γ 線核種解析用ソフトを使用した．定量法の概略は次のとおりである．測定目的核種のピーク領域内の計数値を用いてピーク面積を計算する．ここで他核種からの妨害が認められたときは補正した．ピーク面積をピーク効率と測定目的核種の γ 線放出比で除し，試料調製日に減衰補正して測定試料あたりの放射能を求めた後，測定供試量で除して定量結果とした．

放射性ストロンチウム(^{90}Sr)の分析:放射化学分離-低バックグラウンド β 線測定装置により分析した．

1. 化学分離:分析用試料から生2kg相当の灰試料を分取，担体(Sr^{2+})の一定量を添加した後，王水および硝酸を加え加熱分解した．塩酸を加えて加熱抽出した後，残留物をろ別し，ろ液から炭酸塩，次いでシュウ酸塩沈殿としてストロンチウム等を分離した．シュウ酸塩沈殿を 600°C に加熱後，塩酸で溶解し，イオン交換法でCa等を除き除去した．溶出液を蒸発乾固し，乾固物を水に溶解後， ^{90}Y を除去(スカベンジング)し，2週間放置して，新たに生成した ^{90}Y を水酸化鉄(III)沈殿に共沈させ(ミルクング)，分離型フィルターを用いてマウントして測定用試料とした．

2. 測定:測定用試料は低バックグラウンド β 線測定装置(LBC)で3,600秒測定した．測定試料の正味計数率を求め，計数効率，化学回収率等の補正を行い試料の放射能濃度を算出し，分析結果は減衰補正基準日に減衰補正した．

以上，「放射性ストロンチウム分析法」(文部科学省放射能測定法シリーズ2，平成15年改訂)参照．

α 線スペクトロメトリーによる ^{210}Po の分析: ^{210}Po の公的分析法(文部科学省放射能測定法シリーズなど)は未だ示されていない．本研究では，以下の分析法を適用した．

1. 化学分離:調製試料から15～30g生重量を分取し， ^{209}Po 回収率補正用トレーサを添加し硝酸を加え加熱分解した．加熱分解後，溶液を濃縮しろ過した．ろ液を加熱濃縮した後， HCl (1+2)を加え加熱した．放冷後，残留物をろ別し，ろ液をSr-SpecTMカラムに通しPoを吸着させた． HCl (1+2)， HCl (2+1)および HNO_3 (3+4)で順次洗浄

後、 HNO_3 (3+4) で溶離し蒸発濃縮した。溶離液に塩酸を加え、再び加熱濃縮後、 HCl (1+23) を加え加熱溶解した。試料溶液にアスコルビン酸を加え、 85°C に調節した電解装置で Po をステンレス板上に電着して測定試料とした。

2. 測定：測定試料を Si 半導体検出器 (ORTEC 社製) で原則として 80,000 秒間以上測定した。測定試料の正味計数を求め、回収率補正用トレーサ ^{209}Po の計数率との比較、分析供試量等から ^{210}Po (半減期: 138.4 日) の放射能濃度を算出し、分析結果は ^{210}Pb を分離した日に減衰補正した。

2-3. 線量評価方法

食品の摂取にともなう放射性核種による被ばく線量 (Sv) 評価の基本的な考え方は、食品の摂取に起因する各放射性核種の摂取量 (Bq) と実効線量換算係数 (mSv/Bq) に依存することである。

本研究では平成 16-18 年度の TDS と同様な方法で線量算定した。

本 TDS で用いた一般的な算出式の例は以下のとおりである。

$$A_{m,i} = C_{m,i} \cdot M_m \cdot f_{m_m} \cdot f_{d_m} \cdot t_m$$

$A_{m,i}$: 食品 m の摂取に起因する放射性核種 i の摂取量 (Bq), $C_{m,i}$: 採取時における評価対象食品 m 中放射性核種 i の濃度 (Bq/kg), t_m : 食品 m の摂取期間 (d), M_m : 食品 m の 1 日あたりの摂取量 (kg/d), f_{m_m} : 食品 m の市場希釈係数 (-), f_{d_m} : 食品 m の調理による除染係数 (-)

この計算式において、本研究で対象とする放射性核種は ^{210}Po (半減期: 138.4 日)

を除き物理的半減期が極めて長いために食品試料の調製時から測定時の間の物理的減衰は考慮を要しない。

食品の摂取による内部被ばく線量 H (mSv) は、以下の式で与えられる。

$$H = \sum_m \sum_i K_i \cdot A_{m,i}$$

ここで、

H : 食品摂取に起因する実効線量 (mSv), K_i : 放射性核種 i の経口摂取による実効線量への換算係数 (mSv/Bq)

本 TDS では、上記の算出式をもとにして各放射性核種の被ばく線量を算定評価した。なお、線量換算係数は国際放射線委員会 (ICRP Publication 72) の成人に対する数値を適用した。

3. 研究結果

3 年間における対象地域は日本国内の 8 地域 10 都市であった。分析対象放射性核種は γ 線放出核種、 ^{90}Sr , ^{210}Po とした。各放射能濃度 (調理後重量ベース) の実態を明らかにし、その濃度をもとにして食品からの 1 日摂取量ならびに被ばく線量について算定評価した。

3-1. 放射性核種濃度

γ 線放出核種の放射能濃度

人工の γ 線放出核種として検出・定量されたのは ^{137}Cs のみで、定量された食品群中の放射能濃度はいずれも低いレベル (0.1 Bq/kg 生以下; 調理後の状態) であり、多くの食品群では ^{137}Cs は検出下限値以下であった。食品群別では魚介類が比較的高い濃度を示した。他の食品群では肉類・卵類、乳類から ^{137}Cs が定量される傾向が認められた。ちなみに、厚生労働省が実施している

ヨーロッパ産輸入食品の放射能検査における放射性 Cs の暫定限度は 370 Bq/kg である。過去 3 年間の TDS の結果は、この数値との比較の上からも過去の大気圏内核爆発実験やチェルノブイリ原子力発電所事故等に由来する ^{137}Cs の国内流通食品中の濃度レベルは低いことを示した。

平成 19-21 年度で本 TDS における国内 10 都市の食品から定量された ^{137}Cs 濃度を年度順に最小値～最大値で示すと、0.005 Bq/kg（新潟市米類）～0.093 Bq/kg（横浜市魚介類）、0.006 Bq/kg（大阪市米・米加工品類）～0.071 Bq/kg（福岡市魚介類）、0.005 Bq/kg（高知市米・米加工品類）～0.093 Bq/kg（金沢市魚介類）であった。定量が可能であった食品群の中では全般的に食品群 X（魚介類）、食品群 XI（肉類・卵類）、食品群 VIII（その他野菜・きのこ・海藻類）などで比較的高い濃度、食品群 I（米・米加工品類）で低い濃度を示す傾向が認められた。また、飲料水からは検出が困難であった。なお、チェルノブイリ原子力発電所事故により放出された人工放射性核種の ^{134}Cs はいずれの都市の全 14 食品群で検出されなかった。

天然放射性核種の ^{40}K は食品の多量元素である K の同位体の一つとして約 0.012% 存在している。このため、全 10 都市において一部の油脂類を除いた食品群から ^{40}K が検出、定量された。飲料水を除く ^{40}K 濃度は大多数の食品では数 10 Bq/kg 程度（0.25～136.3 Bq/kg）であった。食品群別の濃度は緑黄色野菜（食品群 VII）、その他野菜・きのこ・海藻類（食品群 VIII）、魚類（食品群 X）、肉類・卵類（食品群 XI）、豆類（食品群 V）で高く、嗜好飲料類（食品群

IX）や米・米加工品類（食品群 I）で低い値であった。飲料水は 0.1 Bq/kg 以下の極めて低い濃度であった。

近年、その濃度実態の把握が求められている一部の天然 γ 線放射性核種（ウラン系列、トリウム系列の ^{214}Pb , ^{214}Bi , ^{228}Ac , ^{212}Pb , ^{208}Tl ）は大多数の食品群で検出下限値以下であり全 10 都市ともに食品中の存在量の小さいことが明らかとなった。核種別にはとくに ^{208}Tl の検出が困難であった。一方、 ^{214}Pb は穀類・種実類・芋類（食品群 II）、砂糖類・菓子類（食品群 III）、油脂類（食品群 IV）などで 0.01～0.81 Bq/kg、 ^{228}Ac は食品群 II、III などで 0.0006～0.10 Bq/kg が検出された。

^{90}Sr の放射能濃度

^{90}Sr の放射能濃度は飲料水（食品群 XIV）を除く全 13 食品群を食品群ごとに調理し、摂取量比に準じて均一混合した調製試料を分析して求めた。

^{90}Sr 濃度は横浜市と新潟市の試料では検出下限値未満、高知市では 0.03 Bq/kg（調理後重量ベース）であった。参考までに、平成 16-18 年度における TDS の結果は、国内 12 ブロックでの ^{90}Sr 濃度は 13～29 mBq/kg の範囲で平均値 ±標準偏差は 23 ± 5.6 mBq/kg（C.V.=24.3%）で、高知市の結果は比較的高い値であるといえる。

^{210}Po の放射能濃度

飲料水（食品群 XIV）を除いた全 13 食品群を個別群に調理した後に、各群の消費量比に従って混合した調製試料の ^{210}Po 分析を行った。また、一部の都市については全 14 食品群を分析対象とした。

混合試料中の ^{210}Po 濃度は 0.17-0.92 Bq/kg の範囲にあり、平成 19 年度の高知市

が特に高い濃度 (0.92 Bq/kg) を示した。食品群別では魚類が突出して高く、次いで調味料・香辛料類、緑黄色野菜等が高かった。一方、米・米加工品類、油脂類、果実類、飲料水では検出下限値以下の都市もあった。

食品中の ^{210}Po 濃度の報告はいくつか見られるが、いずれも食品素材そのものの分析値であり、本研究では、実際の摂取形態に近い調理後の調製試料の濃度を求めていることが特徴である。

3-2. 放射性核種 1 日摂取量

γ 線放出核種の 1 日摂取量

γ 線放出核種の摂取量評価は、今回測定した 8 種類の核種 (^{137}Cs , ^{134}Cs , ^{40}K , ^{214}Pb , ^{214}Bi , ^{228}Ac , ^{212}Pb , ^{208}Tl) を対象として、それぞれ個別の食品群ごとに 1 日摂取量を求めた後、全 14 食品群の摂取量を積算した合計値を 1 日摂取量 (mBq/d) とした。

本 TDS では対象とする各放射性核種や各食品群における放射能濃度が検出下限値を下回る結果がみられる。したがって、1 日摂取量の評価にあたっては、いわゆる“不検出”試料の摂取量はゼロとせずその検出下限値を摂取量と見なすよう考慮した。具体的には、合計値 (T) の意味するところは、定量値の得られた数値のみを積算したものを最小値とし、この積算値に検出下限値より求めた摂取量を足し合わせた数値を最大値として評価した (表中では最小値 $<T<$ 最大値で表記)。ここで、この考え方による摂取量評価では最大値については過大評価となることの認識が必要となる。

人工放射性核種 ^{137}Cs の 1 日摂取量は、平成 19, 20, 21 年度 3 年間におけるそれぞれ年度順の最小値は 10.2 mBq/d (高知市),

4.7 mBq/d (仙台市), 13.6 mBq/d (広島市) で、同様に最大値は <72.4 mBq/d (横浜市), <57.1 mBq/d (仙台市), <58.4 mBq/d (広島市) であった。この結果より、 ^{137}Cs の 1 日摂取量は日本国内各地域において大きな差のないことが評価される。なお、チェルノブイリ原子力発電所事故に由来する人工放射性核種の ^{134}Cs は本 TDS (平成 19-21 年度) における国内全 8 地域 10 都市の食品からは検出されていない。従って、その 1 日摂取量は評価に値しない。

天然放射性核種 ^{40}K の 1 日摂取量の合計値は平成 19, 20, 21 年度の TDS において、それぞれ年度順に 78,650 ~ $<94,213$ mBq/d, 68,489 ~ 81,391 mBq/d, 71,760 ~ $<84,813$ mBq/d の結果が得られた。これより、全食品群に由来する ^{40}K の 1 日摂取量は極めて多く、 ^{137}Cs と同様に日本国内 10 都市において比較的同程度であることが明らかとなった。

その他の天然放射性核種の平成 19-21 年度における 1 日摂取量は、 ^{214}Pb は合計値の最小値としては 12.0 ~ 84.7 mBq/d, 最大値は <60.6 ~ <142.7 mBq/d, 同様に ^{214}Bi は最小値 2.7 ~ 81.8 mBq/d, 最大値 <48.5 ~ <189.4 mBq/d, ^{212}Pb は最小値 0.0 ~ 31.1 mBq/d, 最大値 <56.3 ~ <98.5 mBq/d であった。 ^{228}Ac と ^{208}Tl は 10 都市において全 14 食品群からの検出されことはまれであった。平成 19, 20, 21 年度 3 年間の TDS 結果、これら 5 核種ともに検出下限値を下回る食品群が多数であった。したがって、都市別あるいは食品群別にその摂取量の分布を評価には至っていない。

^{90}Sr の 1 日摂取量

^{90}Sr の 1 日摂取量は、全 14 食品群の中か

ら飲料水(食品群XIV)を除いた全 13 食品群を個別に調理, 調製した後の均一混合試料の ^{90}Sr 分析結果をもとにして算出した.

分析対象とした平成 19 年度の 3 都市(横浜市, 新潟市, 高知市)において ^{90}Sr が定量されたのは高知市のみであったことから, 高知市における ^{90}Sr の 1 日摂取量を評価した. その値は 60 mBq/d であった.

平成 16-18 年度における TDS による国内 12 ブロックでの ^{90}Sr の 1 日摂取量は 20.8 ~ 60.0 mBq/d 範囲で平均値±標準偏差は 39.7 ± 10.7 mBq/d (C. V. =27.0%) であった. 本 TDS による高知市の値は過去のデータの上限值に相当する結果であることが示された.

^{210}Po の 1 日摂取量

^{210}Po の 1 日摂取量は, 全 14 食品群の中から飲料水(食品群XIV)を除いた全 13 食品群を個別に調理, 調製した後の均一混合試料の ^{210}Po 分析結果をもとにして算出した.

本 TDS で対象都市とした 8 都市(横浜市, 新潟市, 高知市, 札幌市, 仙台市, 大阪市, 福岡市, 東京都)では, 成人による ^{210}Po の 1 日摂取量は 344 ~ 1841 (平均値± σ : 649 ± 496) mBq/d の範囲内であった. 高知市が高い値を示したものの, 他の都市では大きなバラツキは認められなかった.

個別の食品群について分析した横浜市, 札幌市, 大阪市, 福岡市, 東京都の結果では, ^{210}Po の 1 日摂取量は食品群別では魚介類の寄与が著しく大きく, 次いで嗜好飲料類嗜好飲料類の寄与が比較的大きい傾向が認められた.

3-3. 被ばく線量評価

γ 線放出核種による被ばく線量評価

成人に対する被ばく線量(預託実効線量)

は食品中の放射能濃度と消費量データをもとに求めた 1 日摂取量ならびに線量換算係数を適用して算出した. 預託実効線量は前述の 1 日摂取量と同様に定量値をもとにした最小値と検出下限値を考慮した最大値を考慮した.

γ 線放出核種のうち, ^{137}Cs の被ばく線量(線量換算係数は 1.3×10^{-5} mSv/Bq) は, 最小値は $0.022 \sim 0.143 \mu\text{Sv}$, 最大値は $<0.168 \sim <0.343 \mu\text{Sv}$ と算出された. 本 TDS の平成 19, 20, 21 年度の結果はそれぞれ年度順に, 最小値 $0.049 \sim$ 最大値 $<0.343 \mu\text{Sv}$, 最小値 $0.022 \sim$ 最大値 $0.271 \mu\text{Sv}$, 最小値 $0.065 \sim$ 最大値 $<0.277 \mu\text{Sv}$ であった. 同様に, ^{40}K (線量換算係数は 6.2×10^{-6} mSv/Bq) は平成 19, 20, 21 年度の順に, それぞれ最小値 $178 \sim$ 最大値 $213.2 \mu\text{Sv}$, 最小値 $155.0 \sim$ 最大値 $<184.2 \mu\text{Sv}$, 最小値 $162.4 \sim$ 最大値 $192.0 \mu\text{Sv}$ であった. ^{40}K の食品群別の年実効線量への寄与は食品群 I (米・米加工品類), 食品群 IV (油脂類), 食品群 III (砂糖類・菓子類), 食品群 X III (その他食品) で小さいことが分かった. 天然放射性核種の ^{214}Pb (線量換算係数は 1.4×10^{-7} mSv/Bq), ^{214}Bi (線量換算係数は 1.1×10^{-7} mSv/Bq), ^{228}Ac (線量換算係数は 4.3×10^{-7} mSv/Bq), ^{212}Pb (線量換算係数は 6.0×10^{-6} mSv/Bq) はカッコ内に示した線量換算係数を用いて年実効線量を算出した. さきに示したとおり, これら放射性核種の各食品群はその多くが検出下限値以下であった. したがって, 本 TDS における評価の一方法として 1 日摂取量で求めた合計値の中からいわゆる最小値と最大値をもとに線量算出を行った. 以下, その結果を各放射性核種別にそれぞれ平成 19, 20, 21 年度の順

に最小値～最大値で示す。 ^{214}Pb は平成 19, 20, 21 年度の順に, $0 \sim < 0.008 \mu\text{Sv}$, $0 \sim < 0.002 \mu\text{Sv}$, $0.004 \sim < 0.007 \mu\text{Sv}$ の結果が得られた。以下, 他の核種について同様に表すと, ^{214}Bi はそれぞれ $0 \sim < 0.007 \mu\text{Sv}$, $0 \sim < 0.007 \mu\text{Sv}$, $0.002 \sim < 0.008 \mu\text{Sv}$ であった。 ^{228}Ac はそれぞれ $0 \sim < 0.051 \mu\text{Sv}$, $0 \sim < 0.051 \mu\text{Sv}$, $0.002 \sim < 0.040 \mu\text{Sv}$, ^{212}Pb は $0.016 \sim < 0.279 \mu\text{Sv}$, $0.016 \sim < 0.279 \mu\text{Sv}$, $0.030 \sim < 0.202 \mu\text{Sv}$ と算出された。なお, ^{208}Tl は本 TDS で引用する ICRP Publication に線量換算係数の記載がないために線量評価は省いた。

以上, γ 線放出核種による被ばく線量評価の結果より, 食品摂取に伴う放射性核種の被ばく寄与は ^{40}K が一番大きいこと, また ^{137}Cs と同様に日本国内全 12 地域において大きな差はないことが明らかとなった。

^{90}Sr による被ばく線量評価

^{90}Sr 摂取にともなう成人の年実効線量は放射能濃度と消費量データをもとに求めた 1 日摂取量と線量換算係数 (線量換算係数は $2.8 \times 10^{-5} \text{ mSv/Bq}$) を適用して算出した。対象とした 3 都市において ^{90}Sr が定量されたのは高知市 (平成 19 年度) のみであったことから, 高知市における ^{90}Sr による預託実効線量を評価した。その値は $0.68 \mu\text{Sv}$ であった。平成 16, 17, 18 年度の TDS による国内 12 ブロックでの ^{90}Sr による預託実効線量は $0.21 \sim 0.61 \mu\text{Sv}$ の範囲で, 本 TDS による高知市の値は過去のデータの上限值に相当し, 国連科学委員会 2000 年報告 (UNSCEAR 2000) の年実効線量 $0.56 \mu\text{Sv/year} \cdot \text{person}$ をやや上回るものであった。

^{210}Po による被ばく線量評価

^{210}Po (線量換算係数: $1.2 \times 10^{-3} \text{ mSv/Bq}$) による成人の預託実効線量を算出した。

平成 19, 20, 21 年度 3 年間における本 TDS による国内 8 都市における ^{210}Po の預託実効線量 (μSv) はそれぞれ年度順に横浜市: 304, 新潟市: 162, 高知市: 806 (平成 19 年度), 札幌市: 166, 仙台市: 253, 大阪市: 195, 福岡市: 151 (平成 20 年度), 東京都: 236 (平成 21 年度) であった。高知市が $806 \mu\text{Sv}$ と高い値を示したものの, 日本国内各市における預託実効線量のバラツキは小さいと評価される。食品群別では例えば東京都における ^{210}Po の預託実効線量では全体の 85%以上が魚介類に起因し, 札幌市, 横浜市, 大阪市, 福岡市でも同様に魚介類由来の線量が極めて高い傾向が認められた。

線量評価総括

本 TDS で用いた預託実効線量 (μSv) の評価法は, 原子力関連施設等周辺の環境放射能モニタリングで一般的に用いられている比較的簡便な方法を適用したものである。今回の線量評価は定量が不可能であった核種も検出下限値をデータとして採用したケースもあり, 一部で過大な評価が与えられていることに留意を要する。食品中の ^{210}Po 放射能濃度データは日本国内のみならず国際的にも少なく, ^{210}Po の暴露量を評価した研究は限られる。さらに, 国連科学委員会報告 2000 (UNSCEAR 2000) には日本に関する ^{210}Po の飲食物中の濃度は記載されていない。また, 2006 年 11 月にイギリスで発生した元ロシア連邦保安庁情報部員の将校の不審死では ^{210}Po が被害者の尿より検出されたことから暗殺死の可能性が指摘されており, 食品への混入テロなど健康危機管理対

応の上からも食品に由来する²¹⁰Poの暴露量を評価する必要性が求められる状況にある。平成19, 20, 21年度における本研究の実施により、日本国内各都市における食品摂取に由来する²¹⁰Poの成人の実効線量の実態が明らかとなりつつある。本研究結果によれば、日本国内8市における²¹⁰Poと⁴⁰Kの預託実効線量の合計値は0.46 mSvと評価された。この線量は全世界平均の年実効線量0.29 mSv/yearを上回るが、典型的な範囲の0.2-0.8 mSv/year (UNSCEAR 2000)に相当する値と評価される。今回、²¹⁰Poの平均値は 0.28 ± 0.22 mSvはUNSCEAR 2000のウランおよびトリウム系列の全世界平均値0.12 mSv/yearを大きく上回る。一方、日本国内8市の⁴⁰Kによる線量の平均値は 0.18 ± 0.02 mSvは全世界平均値0.17 mSv/year (UNSCEAR 2000)と同程度であることから、日本成人の食品摂取被ばくの特徴は諸外国に比べて²¹⁰Poの寄与が大きいものと評価される。過去のいくつかの研究例は食品素材に関する分析データをもとにした暴露量評価である。一方、本研究では、食品素材を調理した後の日常食に近い試料をもとにして²¹⁰Poおよび⁴⁰K放射能濃度を求めたことから、実際の摂食状態にもとづく暴露量評価結果が得られた。また、日本国内では魚介類に由来する²¹⁰Poの1日摂取量、預託実効線量の大きいことが示されたことは魚類を好んで食する日本人固有の食事摂取状況が反映された結果と考える。

4. まとめ

食品中の放射性核種の摂取量調査研究(トータルダイエツトスタヂィ; TDS)は平成19, 20, 21年度に日本国内全8地域10

都市(北海道:札幌市, 東北:仙台市, 関東I:東京都, 横浜市, 北陸:新潟市, 金沢市, 近畿I:大阪市, 中国:広島市, 四国; 高知市, 北九州:福岡市)で実施した。その結果、対象とした放射性核種の中では自然放射性核種である⁴⁰Kと²¹⁰Poの1日摂取量が大きく、成人の被ばく線量(預託実効線量)への寄与も大きいことが明らかになった。わが国では、食品中の有害物質の中でも放射性核種の摂取量とその暴露評価に関する知見は限られている。したがって、平成16-18年度、さらに今回平成19-21年度と引き続きTDSを実施したことにより、過去の大気圏内核爆発実験やチェルノブイリ原子力発電所事故等に由来する人工放射性核種(放射性Csおよび⁹⁰Sr)をはじめとして、天然の γ 線放出核種や α 線放出核種である²¹⁰Po等、多種にわたる放射性核種について1日摂取量ならびに被ばく線量に関して一定の科学的評価が可能となった。このことは放射線緊急時等を含めた食品の安全・安心確保、健康危機管理などの政策的対応に対して一つの基礎資料としての活用が見込まれる。

謝辞:本研究を実施するにあたり放射性核種の分析にご協力をいただいた(財)日本分析センターに謝意を表します。

5. 研究発表

1. 論文発表

1. Sugiyama H., Takahashi MN, Terada H., Kuwahara C., Maeda C., Anzai Y., Kato F. (2008) Accumulation and localization of cesium in edible mushroom (*Pleurotus ostreatus*) mycelia. *J. Agric. Food Chem.* **56**,

9641-9646.

2. Iijima I., Takagi H., Tomura K., Watanuki T., Sugiyama H. (2009) Evaluation of cesium-137 (^{137}Cs) and elements intake from daily diets in residents of Kanagawa prefecture, Japan. *J. Health Sci.* **55**, 192-205.

3. Sugiyama H., Terada H., Isomura K., Iijima I., Kobayashi J., Kitamura K. : Internal exposure to ^{210}Po and ^{40}K from ingestion of cooked daily foodstuffs for adults in Japanese cities. *J. Toxicol. Sci.* 2009; **34**:4: 417-425.

2. 学会発表

1. 杉山英男, 寺田宙, 高橋光子, 飯島育代, 磯村公郎. トータルダイエツトスタヂイによる放射性. 第44回アイソト-プ・放射線研究発表会; 2007; 東京. 同要旨集. p.144.

2. Sugiyama H., Terada H., Takahashi M.N., Iijima I., Isomura K., Hirata A., Sakurai K., Miyata M., Goto S.. Concentrations of Cs-137 in Imported Foodstuffs and Daily Intakes of Radionuclides for People, in Japan. 52nd Annual Meeting of the Health Physics Society; 2007; Portland. P.15.

3. Sugiyama H. Takahashi M.N., Terada H., Maeda C., Kato F.. Substrate-to-mushroom transfer of ^{137}Cs and K in some forests in Japan and accumulation of Cs in mycelia of an edible mushroom. International Symposium on Metallomics 2007; 2007; Nagoya. p.171.

4. 杉山英男, 寺田宙, 磯村公郎, 飯島育代. トータルダイエツトスタヂイによる放射性核種の摂取量評価. 第67回日本公衆衛生学会総会; 2008; 福岡. 同抄録集. p.621.

5. 杉山英男, 寺田宙, 磯村公郎, 飯島育代. 食品に由来するポロニウム (Po-210) の暴露量. 第45回全国衛生化学技術協議会年

会; 2008; 佐賀. 同講演集. p.109-110.

6. Sugiyama H., Terada H., Takahashi M., Iijima I., Isomura K. Intakes of radionuclides from foods in total diet study and concentrations of ^{137}Cs in imported foods in Japan. Seventh International Conference on Nuclear and Radiochemistry; 2008; Budapest. p.142.

7. 寺田宙, 杉山英男, 小谷野道子, 飯島育代, 三宅定明, 磯村公郎. 食品に由来する NORM の摂取量評価. 第46回全国衛生化学技術協議会; 2009; 盛岡. 同講演集. p. 178-179.