

## 短 報

### 食事から摂取する人工放射性核種 および微量元素濃度について

飯島育代<sup>1</sup>, 高城裕之<sup>2</sup>, 戸村健児<sup>3</sup>

### Concentration of Artificial Radionuclides and Trace Elements in Daily Intakes

Ikuyo IJIMA<sup>1</sup>, Hiroyuki TAKAGI<sup>2</sup>  
and Kenji TOMURA<sup>3</sup>

#### はじめに

我々は全国的に実施されている環境放射能水準調査の一環として、陰膳方式による、成人の日常食（1日に摂取する食事・間食・飲み物等）中の人工放射性核種濃度の調査を継続して実施している。また、環境中の放射性核種の挙動を推定する上で、自然界の大部分を占める非放射性の安定元素の挙動は大きなファクターと考えられ、関心が高く、環境中の安定元素の挙動を把握するための試みがいくなされてきている<sup>1),2)</sup>。そこで、神奈川県内の日常食中の放射性核種分析結果および、一部試料について実施した安定元素分析結果から、県内在住成人が食事からどの程度放射性核種および安定元素を摂取しているか、また、放射性核種、安定元素と献立に使用された食材との関連性、および放射性核種と安定元素との濃度の関連性等について検討したので報告する。

#### 実 験

##### 1 試料

神奈川県平塚保健所管内（平塚市、中郡大磯町、同二宮町、以下平塚地区と称する）在住の成人5名および横浜市港南区（以下、横浜地区と称する）在住の成人5名の1日食事分を夏季、冬季の年2回、陰膳方式により、簡単な一日の献立表とともに採取した。試料は文部科学省

1 神奈川県衛生研究所 理化学部  
〒253-0087 茅ヶ崎市下町屋1-3-1  
2 神奈川県衛生研究所地域調査部  
〒253-0087 茅ヶ崎市下町屋1-3-1  
3 立教大学原子力研究所  
〒240-0101 横須賀市長坂2-5-1

監修の放射能測定シリーズ16「環境試料採取法」に準じ、磁製皿に分取し、105℃で1昼夜乾燥後、電気炉で24時間で灰化した。5人分の灰化物をよく混ぜ合わせ、1試料とした。

##### 2 核種分析

灰化物試料をスチロール樹脂製容器（U-8容器）に詰め、 $\gamma$ 線スペクトロメトリーにより、放射性核種の定量を行った。

##### 3 安定元素の分析

核種分析を行った灰化物試料の内、1990年～1994年までの5年間の平塚地区、横浜地区の計20試料について、それぞれ約100mgを分取して精秤し、ポリエチレン袋に密封して中性子放射化用試料とした。比較標準試料として、和光純薬製原子吸光測定用標準試料を東洋アドヴァンテックNo.7ろ紙に吸着させたもの、及び精度管理のため標準試料として、国立環境研究所頒布のCRM, No.1 PEPPERBUSH, および米国NIST製のSRM1571, ORCHARD LEAVESを約300mg精秤し、それぞれポリエチレン袋に密封した。

##### 4 安定元素の中性子照射条件

立教大学原子力研究所のTRIGA II型原子炉で、短半減期核種は1試料ごとにf孔で1分中性子照射した。中・長半減期核種はポリエチレン袋に封入した灰化物、比較標準試料、精度管理用試料を一緒に収納した、ポリエチレン製のカプセルを回転試料棚に入れ、6時間中性子照射した。

##### 5 装置

人工放射性核種および中性子放射化により生成した中・長半減期核種は、OXFORD社製Ge半導体検出器をOXFORD社製MCA（マルチポート）に接続して計測し、同社製解析プログラム（ガンマトラックまたはAssayer）を用いて定量した。中性子放射化により生成した短半減期核種は、ORTEC社製Ge半導体検出器をセイコーM7800型マルチチャンネルアナライザー（MCA）に接続し、同社の解析プログラムを用いて定量を行った。

##### 6 計測時間

人工放射性核種は80000～100000秒計測した。中性子放射化後に生成した短半減期核種は5分間、中半減期核種は照射後、約1週間程度放置後10000～50000秒、長半減期核種は中半減期核種の減衰のため、約1ヶ月放置後、80000秒計測した。

#### 結果と考察

##### 1 食事から摂取した放射性核種濃度の推移

神奈川県の日常食試料から検出された放射性核種は、人工放射性核種のセシウム-137(Cs-137)、セシウム-134(Cs-134)、ストロンチウム-90 (Sr-90)、天然放射性核

種のカリウム-40 (K-40) 等である<sup>3)</sup>。我々は1984年からガンマ線スペクトロメトリーによる日常食の核種分析を開始した。2005年までの日常食中のCs-137の濃度推移を図1に示した。Cs-137は1986年に旧ソビエト連邦キエフ市郊外にあるチェルノブイリ原子力発電所4号炉で原子炉事故が発生したため、日常食中の濃度が上昇したことがわかる。その後は濃度の小幅な上昇下降が認められる

図1に示すように、近年の神奈川県の日常食のCs-137摂取量は杉山<sup>5)</sup>が実施した国内におけるマーケットバスケット方式によるトータルダイエツト試料のCs-137摂取量(0.012<0.077Bq/日)とほぼ同じレベルである。なお、横浜地区の日常食調査は2003年度以降は国の環境放射能水準調査委託実施計画からはずれたため実施していない。

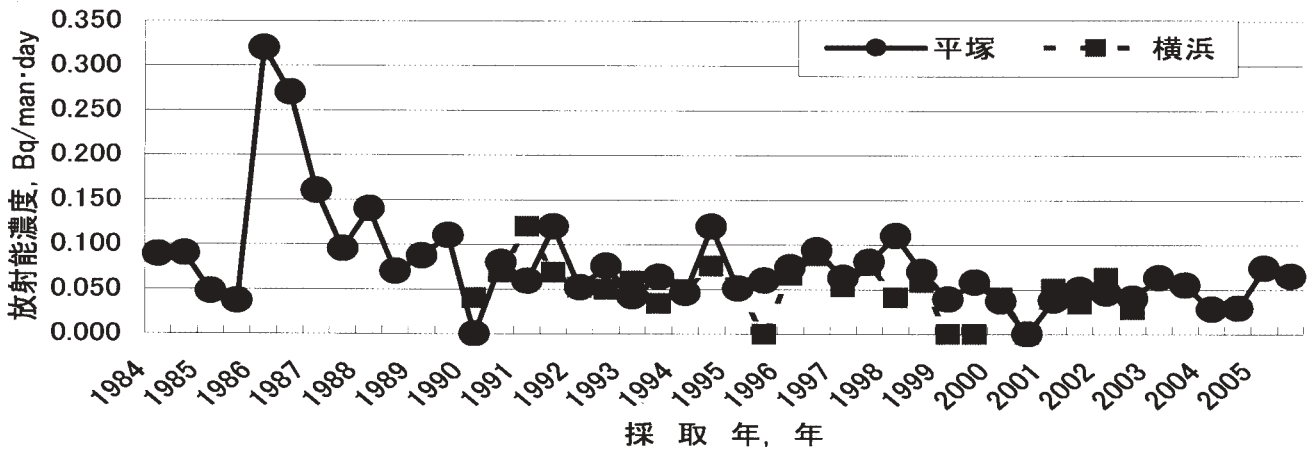


図1 日常食からのCs-137摂取量

が、徐々に減少していった。大気中核実験時に成層圏にまで上昇し滞留している放射性物質の降下が現在もあり、ここ数年のCs-137濃度の減衰傾向は停滞している。日本の人工放射性核種の多くは、中華人民共和国が実施した大気中核実験が供給源となっている核分裂生成物である<sup>4)</sup>。Cs-134は核分裂ではなく、稼働中の原子炉内で中性子によって放射化されて生成し、炉内に蓄積している放射性核種である。チェルノブイリ原子力発電所事故時に原子炉の火災爆発により、環境中に放出された。半減期が約2年と短いため、我々の調査では、事故直後は様々な食品や環境試料から検出されたが、日常食試料からは、1986年7月実施分より0.12Bq/人日検出されたのみで、同年冬の日常食調査では検出されなかった。Sr-90の分析は各自治体が採取した試料について財団法人日本分析センターが実施し、報告している<sup>3)</sup>。

2 安定元素摂取量

1990年から1994年までの5年間の平塚地区、横浜地区の日常食各10試料について中性子放射化分析法により安定元素濃度を定量した。1試料につき5名の協力者で、年2回、県内2カ所採取のため、延べ100人の協力者が対象となった。5年間の年齢構成は図2に示すとおり、横浜地区の方が全般的に若年である。平均年齢は横浜地区が42.1才±5.3才、平塚地区が52.4才±5.8才であった。また、

今回我々が元素分析を実施した1990年～1994年までの5年間についての神奈川県の日常食のCs-137摂取量は平均0.040Bq/人日で、同時期の全国の平均値0.061Bq/人日<sup>3)</sup>より十分低い。同じく5年間の日常食のCs-137摂取量の中央値も0.030Bq/人日と、全国の中央値0.050Bq/人日<sup>3)</sup>を下回った。この5年間の全国の最大値は日本海側の高緯度地域で、0.34Bq/人日であった<sup>3)</sup>。この地域は気象学的に中国の大気中核実験由来の放射性降下物が多い事が知られており、日常食にも影響が現れている。

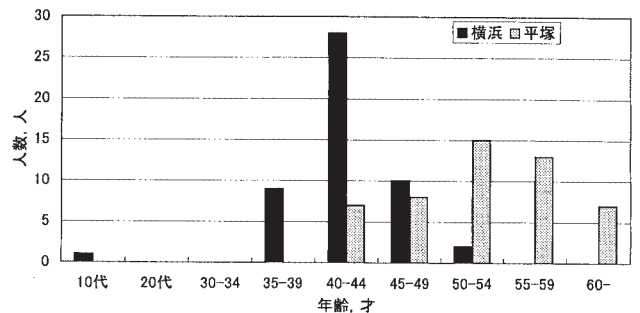


図2 提供者の年齢構成

1日食事摂取量は表1の通り、水を含め、平塚地区が平均2.05kg、横浜地区が1.81kgと、平均年齢が高い平塚地区の方が多かった。これは、横浜地区の協力者がサラリーマン家庭であるのに対し、平塚地区の協力者に肉体労働に従事している農家の主婦が含まれていることに起因すると考えられる。「日本人の食事摂取基準(2005年版)」

表1 試料提供者の1日食事摂取量

	単位: kg	
	平塚地区	横浜地区
提供者数	50人	50人
最小	1.174	1.264
最大	3.089	2.683
平均	2.053	1.808
SD	0.405	0.345
変動係数, %	19.75	19.08

として厚生労働省が数種のミネラル・微量元素について、平成17年から平成21年までの5年間に用いる1人当たりの1日摂取基準値を定めている。我々はその元素類について、食事からの1人当たりの1日摂取量を求め、前述の基準値と共に地区別に表2に示した。元素の分類は前述の基準に準じた。マグネシウム (Mg)、カルシウム (Ca) は基準値より若干低めであった。ナトリウム (Na) および食塩としての記載がある塩素 (Cl) は、両地区とも日標量を下回っており、食塩を控えていることが伺える。なお、Clは食塩摂取基準値から換算して求めた。カリウ

表3 五訂食品成分表における主な食品分類

食品群番号	分類名	主な食品名
1	穀類	こむぎ、パン類、めん類、こめなど
2	いも及び でんぷん類	さつまいも、さといも、じゃがいも、こんにやく、でんぷん類、はるさめなど
3	砂糖及び 甘味類	砂糖類、はちみつ、メープルシロップなど
4	豆類	いんげん豆、大豆、豆腐類、納豆類、豆乳、湯葉など
5	糧食類	アーモンド、ぎんなん、くり、ごま、らっかせい、ピーナッツバターなど
6	野菜類	きゅうり、だいこん、たまねぎ、なす、にんじん、ピーマン、ほうれんそうなど
7	果実類	うめ、梅干し、みかん、かき、りんご、なし、もも、ぶどうなど
8	きのこ類	えのきたけ、さくらげ、しいたけ、しめじ類、ひらたけ類、まつたけなど
9	藻類	あおのり、あまのり、こんぶ類、ひじき、わかめなど
10	魚介類	魚類、貝類、えび・かに類、いか・たこ類、水産練り製品など
11	肉類	うし、ぶた、ハム類、ベーコン類、ソーセージ類、にわとり、かえる、はちなど
12	卵類	うずら卵、鶏卵類、卵豆腐、たまご焼きなど
13	乳類	生乳、加工乳、粉乳類、植物性脂肪、チーズ類、アイスクリームなど
14	油脂類	ごま油、大豆油、顔合油、牛脂、バター類、マーガリン類など
15	菓子類	和菓子類、菓子パン類、ケーキ、デザート菓子、チョコレートなど
16	嗜好飲料類	アルコール飲料、茶類、コーヒー・ココア類、昆布茶、炭酸飲料類など
17	調味料及び 食香料類	食塩類、食酢類、だし類、マヨネーズ、醤油、みそ類、コショウなど
18	調理加工 食品類	レトルトカレー、冷凍きゅうぎ、冷凍ハンバーグ、冷凍ピラフなど

ム (K) はほぼ目安量に達している。亜鉛 (Zn) は試料間のばらつきが小さく、両地区とも摂取基準を満たしていた。鉄 (Fe) もほぼ基準値に近かった。いずれも上限量を超えておらず、極端な不足といえる元素もなかった。また、クロム (Cr) を除くとすべて平塚地区の住民の摂取量が高いことがわかった。

3 食材との関連性

5年間の全献立表100枚より、使用された食材を表3の五訂食品成分表に基づいて食品群別に分類した。食品群

表2 日常食中の元素1日摂取量と摂取基準

単位: mg/日

分類	元素名	平塚地区				横浜地区				推定平均必要量	推奨量 <sup>1</sup>	推奨量 <sup>2</sup>	目安量 <sup>1</sup>	目安量 <sup>2</sup>	目標量 <sup>1</sup>	目標量 <sup>2</sup>	上限量 <sup>1</sup>	上限量 <sup>2</sup>	高血圧 予防に 望ましい 摂取量	
		平均値	SD	CV%	n	平均値	SD	CV%	n											
ミネラル	Mg	180	81	46.35	7	130	64	48.98	7	240	280	290	-	-	-	-	-	-	-	-
	Ca	410	110	26.29	10	310	74	23.82	10	-	-	-	600	700	-	600	-	-	2300	-
微量元素	Cr	0.045	0.025	55.51	10	0.060	0.062	103.41	10	0.025	0.030	0.030	-	-	-	-	-	-	-	-
	Mn	2.1	0.4	17.96	10	1.9	0.77	41.18	10	-	-	-	3.5	3.5	-	-	-	11	11	-
	Fe	8.2	2.8	33.57	10	5.8	1.6	26.80	10	9	10.5	10.5	-	-	-	-	-	40	45	-
	Zn	6.7	0.88	13.12	10	6.1	2.0	32.86	10	6	7	7	-	-	-	-	-	30	30	-
電解質	Na	3000	440	14.79	10	2500	440	17.22	10	600	-	-	-	-	<3100	<3100	-	-	-	-
	Cl <sup>3</sup>	4200	610	14.48	10	3500	500	14.19	10	910	-	-	-	-	<4900	<4900	-	-	-	-
	K	1700	320	18.41	10	1400	410	28.82	10	-	-	-	1600	1600	2800	3100	-	-	-	3500

注) 1: 30~49才女性の各基準値、2: 50~69才女性の各基準値  
3: 食塩相当量から換算した。

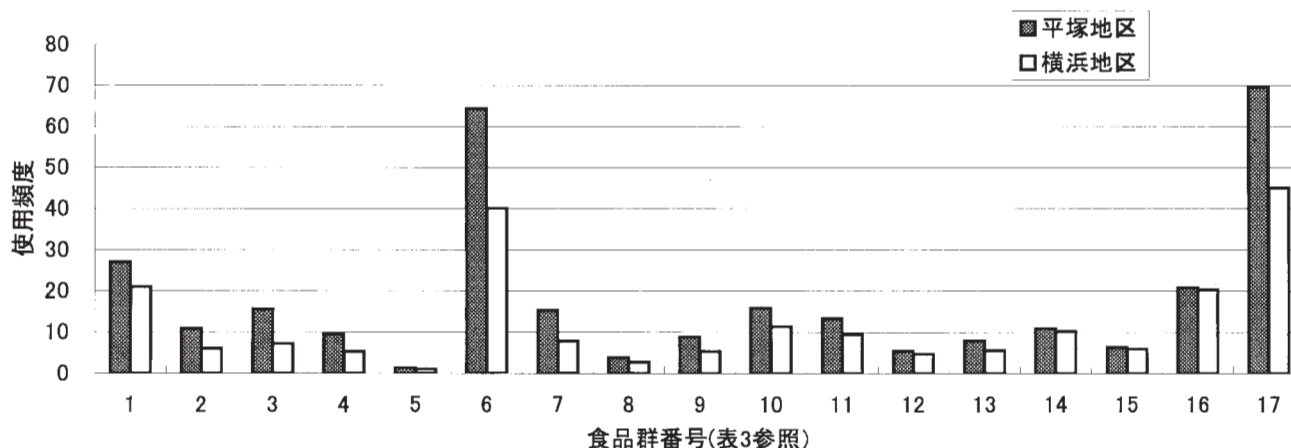


図3 食品群別食材使用頻度

によっては使用頻度が小さいものもあるため、1試料(5人分)あたりの平均食品群別食材数として、地区別に図3に示した。なお18群については、献立表からは判断ができないため除いた。17群には調味料が含まれ、これらはほとんどの献立に出てくるため、横浜、平塚地区とも使用頻度が高かった。次いで、6群の野菜類が両地区とも突出して多いことがわかる。前述の杉山の報告<sup>5)</sup>によれば、本研究と食品群の分類方法に違いがあるものの、その他野菜きのこ・海藻類からのCs-137の寄与が高いという結果が出ているが、安定元素摂取量についても、献立中に多用されている6群からの寄与が高いと考えられる。全ての食品群について、横浜地区に比べ、平塚地区は献立中の使用食材数が多い事がわかった。これは同地区の協力者を保健所が主催する食生活改善の会員から選定しているため、日頃の学習成果が献立に反映され、いわゆる「1日30品目」という知識が実際の献立に反映していることが伺える。結果としてミネラル等が基準値に近く、適切に摂取しているものと推測できる。なお、前述の平均一日食事摂取重量は、当時の国民栄養調査結果から求めた重量より少なめであったことが基準値より低めの元素が認められた一因と考えられる。横浜地区では年間を通し、同じ対象者に依頼した。また、調査期間中の対象者の入れ替わりが少なく、延べ50名であるが実数は9名であった。また延べ50名のうち1名は15才の少年が入っている。この1名を除いても横浜地区の協力者は平均年齢が10才近く若いことから、ダイエット効果を望んだ献立を組んだ可能性がある。Crは両地区とも、試料間の変動が非常に大きかったが、何に起因するかは不明である。

#### 4 放射性核種と安定元素との関連

1990年から1994年までの5年間の平塚地区、横浜地区の各10試料についてCs-137と安定元素セシウム(Cs)濃度の関係を調べ、図4に示した。我々のこれまで食品素材別の調査では、脱脂粉乳や魚類などはCs-137との間に正の相関が認められた<sup>6) 7)</sup>が日常食試料においては両者間の相関は認められなかった。これは、両者の相関が認

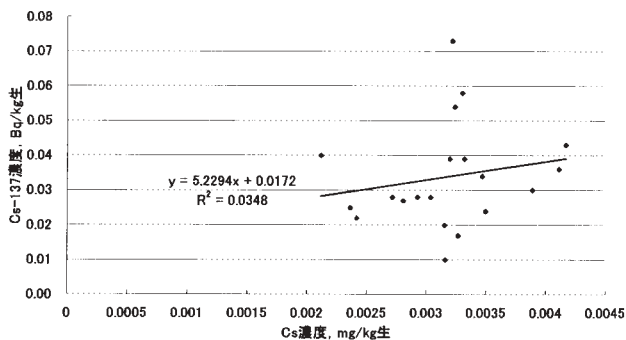


図4 日常食のCsとCs-137の濃度

められているミルクや魚類の日常食に占める割合が低く、他の食材の多くはCs-137と安定Csが平衡に達していない事を示している。

食品中の放射性核種や無機元素については様々なデータがすでにまとめられているが、食事からの摂取量は調理での損失分の見積もり方などで数値が大きく変動する。このため、調理後の日常食の調査は直接的な摂取量を求める上で有用であり、今後も検討を続ける必要がある。

#### まとめ

神奈川県内の日常食中の放射性核種濃度調査をガンマ線スペクトロメトリーにより実施した。Cs-137は1986年のチェルノブイリ事故時に濃度が増加したが、その後、漸減傾向が見られた。しかし近年では漸減傾向が停滞していることがわかった。1990年～1994年までの5年間の日常食試料について機器放射化分析法により安定元素を定量し、神奈川県内在住の40～60代の女性の無機元素摂取量を求めた。本調査では平塚地区の女性の方が横浜地区に比べ、若干摂取量が大きかった。平塚地区では横浜地区に比べ、野菜類を初め、全ての食品群で食材を多用した献立を組み立てていること、また1日食事摂取量が大きかったためと見られる。日本人の食事摂取基準(2005)と比較すると、ほぼ基準を満たしているかやや少ない傾向が見られた。食塩は両地区とも日標量以下に抑えられていた。上限量を超えているものはなかった。安定CsとCs-137の1日摂取量には相関関係が認められず、多くの食品で、CsとCs-137とは平衡に達していない事が確認された。(平成18年7月20日受理)

#### 文献

- 1) 塚田祥文, 渡部輝久: 保健物理, **31**, (2), 177-183 (1996)
- 2) Tsukada, H. shibata, H. et all.: J. Environ. Radioac., **39**, 149-160 (1998)
- 3) (財) 日本分析センター: 環境放射線データベース <http://search.kankyo-hoshano.go.jp/> より
- 4) 高城裕之, 飯島育代, 小山包博: 神奈川県衛生報告, **22**, 22-28 (1992)
- 5) 杉山英男: 食品の安全性高度化推進事業平成16年度総括・分担研究報告書, 67-96 (2005)
- 6) 飯島育代, 高城裕之, 戸村健児: 第38回理工における同位元素・放射線研究発表会要旨集, p.4 (2001)
- 7) 飯島育代, 高城裕之, 戸村健児: 第39回理工における同位元素・放射線研究発表会要旨集, p.20 (2002)