

食事試料中の微量元素濃度の PIXE 分析

千葉啓子¹⁾、網中雅仁²⁾、山内 博²⁾、世良耕一郎³⁾

¹⁾ 岩手県立大学盛岡短期大学部生活科学科
020-0193 岩手県岩手郡滝沢村滝沢字巢子 152-52

²⁾ 聖マリアンナ医科大学予防医学
216-8511 神奈川県川崎市宮前区菅生 2-16-1

³⁾ 岩手医科大学サイクロトロンセンター
020-0173 岩手県岩手郡滝沢村滝沢字留が森 348-58

1 はじめに

種々の元素類は単体あるいは化合物として様々な形態で地圏、気圏、水圏を循環し、生物圏では食物連鎖によってヒトの体内にも取り込まれる。日本人は欧米人に比較して魚貝類や海藻類などの食品摂取が多く、これらの食品を介してヒ素をはじめ多くの元素類が摂取されると考えられる。ヒ素の健康影響評価において、食物を介して経口摂取されるヒ素量の安全性を評価していくうえで、共に摂取される他の元素類の動向を把握しておくこともまた重要である。

今回、地域住民を対象とした健康調査の一環として、陰膳実測法による食事調査を実施し、飲食物を介して摂取される微量元素について PIXE 分析により検討したので報告する。

2 対象と方法

食事調査

調査は平成 15 年春に実施した。調査対象地区は図 1 に示す岩手県沿岸南部地域である。健康調査の対象は調査に同意した漁業従事者とその家族、男 76 名、女 74 名、計 150 名である。このうち、食事提供者は年齢が 27 歳から 81 歳までの男 39 名、女 40 名、計 79 名である。平均年齢は男 51.6±15.0 歳、女 52.3±12.9 歳であった。対象者には原則として陰膳実施の翌日に食事回収と健康診断を実施した。調査時期における対象者の生活状況は、養殖している海藻類（ワカメ、引き続いて昆布）の収穫から出荷に至る時期であり、さらにホタテ、アワビの稚貝の育成作業（耳釣り）と重なる、いわゆる漁繁期に相当した。

対象者には陰膳食事調査のほか、身体状況調査（アンケート、問診、生化学検査）および食生活状況調査（アンケート、聞き取り）および生体試料の採取（血液、毛髪、尿）を実施した。



図 1 調査地区

食事試料の処理

食事試料は事前に配布したタッパウェアなどの容器に朝・昼・夕・間食別に採取してもらい、食事表とともに回収した。食事試料は食品別に秤量したのち、食事ごとに少量の精製水とともにミキサーにかけ、その一部を分析用および保存用検体とした。これらの検体は、 -30°C で凍結保存した。栄養素等摂取量は五訂版日本食品標準成分表を用いて算出した。

分析方法

分析試料の調製は湿式灰化によった。12g の食事検体をテフロン製試験管に分取し、濃硝酸 10ml と少量の過塩素酸、硫酸を加えて一晚室温放置したのち、 $160\sim 180^{\circ}\text{C}$ のホットプレート上で加熱した。途中、適宜濃硝酸を加えて、透明な液となったところで灰化を終了した。放冷後、純水を加えて 20ml にメスアップしたものを調製試料とし、これを適宜希釈して PIXE 分析用試料とした。分析用、洗浄用純水については各元素の測定に影響がないことを確認した。また、分析用試薬についてもこれらによるバックグラウンドへの影響を極力排除するため、純度の高いものを検討して使用した。PIXE 分析では世良の方法¹⁾により、これに内部標準元素として原子吸光用 In 標準液を 200ppm となるよう添加した。十分攪拌した後、試料 $10\mu\text{l}$ をマイラーフィルムに滴下し、乾燥させたものを PIXE 測定試料とした。PIXE による多元素分析には岩手医科大学サイクロトロンセンター共同利用施設内の装置を用いた。

3 結果と考察

陰膳方式で採取した男 39 名、女 40 名の 1 日分の食事中微量元素摂取量を朝食・昼食・夕食・間食 (3 食以外に摂取した飲食物) 毎に PIXE を用いて多元素分析を実施した。男女別に朝食・昼食・夕食・間食 (3 食以外に摂取した飲食物) の食事毎の Na、Mg、Al、P、Ca、Cr、Mn、Fe、Ni、Cu、Zn、Se、Sr 元素についての測定値とそれらの 1 日分の集計値を表 1-1 および表 1-2 に示した。各元素とも摂取量に個人差が大きく、かなりのばらつきがあるため有意性は認められなかったが、Na、Fe、Cu は男女とも夕食に摂取する割合が高い傾向を示し、Ca は朝食で多く摂取する傾向を示した。3 回の食事のうち、昼食では朝食、夕食に比較して各元素と

も摂取量は少ない傾向を示した。

陰膳実測法による食事調査は食事提供者に負担を掛けることや、食事検体の処理作業や測定が煩雑であることなどからあまり実施されず、日本人のミネラル摂取量の検討には日本食品標準成分表や無機質成分表から表計算される推定値を用いる場合が少なくない。しかし、ヒ素は食物、とくに魚貝類を介して摂取されることが多い元素のひとつである²⁾ことから、海産物を好む日本人では欧米人に比較して通常のヒ素のバックグラウンド値は高く^{3,4)}、日常、食生活で魚貝類や海藻類などの摂取頻度がより高い人々においてはヒ素のバックグラウンド値はさらに高いことが考えられる。ヒ素の健康影響の検討や安全性の評価には、食事を介して経口摂取されるヒ素量や他の元素類との関連について、食事中的元素類の実測を通して詳細に検討しておくことの意義は高いと考える。今回の検討では食事中微量元素測定値には男女ともかなり個人差が認められたが、これらの対象者を世帯毎や嗜好などの要素も加味した解析を継続し、元素類の摂取傾向などに関する情報を得ていきたいと考えている。

表 1-1 陰膳実測による食事からの元素摂取量

		Na	Mg	Al	P	K	Ca	Cr
男性	朝食	1391±1227	94.3±96.1	10.1±26.3	488±369	375±330	238±365	0.15±0.16
	昼食	1254± 881	87.3±86.7	6.50±6.44	372±286	304±402	146±225	0.16±0.25
	夕食	1618±1360	96.2±88.0	8.67±18.4	488±317	352±269	151±170	0.14±0.23
	間食	294±366	66.4±62.0	12.7±23.0	207±214	388±381	193±263	0.09±0.16
	1日合計	4412±1762	328±173	35.5±38.2	1491±660	1341±687	684±476	0.51±0.49
女性	朝食	1394±1072	102±94.2	6.03±9.01	448±304	348±328	157±204	0.15±0.16
	昼食	1148±858	85.6±73.8	6.40±9.11	369±231	317±293	140±157	0.13±0.12
	夕食	1762±1408	125±105	8.29±8.43	481±249	450±449	140±124	0.20±0.28
	間食	325±348	101±94.5	10.7±8.98	290±237	346±198	126±115	0.16±0.26
	1日合計	4585±2076	408±179	31.4±12.7	1570±534	1445±784	556±323	0.63±0.45

平均値±標準偏差

表 1-2 陰膳実測による食事からの元素摂取量

		Mn	Fe	Ni	Cu	Zn	Se	Sr
男性	朝食	1.69±1.02	4.53±2.78	0.06±0.07	0.75±0.72	5.69±5.71	0.05±0.08	1.28±1.41
	昼食	1.39±1.09	3.91±4.08	0.05±0.05	0.68±1.20	3.32±2.18	0.04±0.05	0.85±1.47
	夕食	1.66±1.01	5.47±6.62	0.06±0.08	0.81±0.63	5.36±3.50	0.04±0.06	1.38±2.47
	間食	1.07±0.87	2.40±2.25	0.15±0.45	0.32±0.42	2.32±3.60	0.04±0.06	0.44±0.56
	1日合計	5.53±1.93	15.7±7.62	0.30±0.44	2.46±1.55	16.0±7.02	0.17±0.12	3.79±3.07
女性	朝食	1.71±0.85	4.33±2.45	0.12±0.14	0.67±0.41	4.57±2.88	0.04±0.08	2.19±3.14
	昼食	1.51±0.74	3.36±1.91	0.06±0.07	0.74±1.71	3.33±1.58	0.05±0.07	1.28±2.28
	夕食	1.72±0.78	5.80±3.92	0.07±0.07	0.78±0.48	5.34±1.97	0.08±0.11	3.41±8.99
	間食	1.24±1.10	3.10±2.40	0.07±0.13	0.48±0.51	1.79±1.16	0.03±0.05	0.31±0.33
	1日合計	6.11±1.83	16.4±5.98	0.32±0.20	2.64±2.05	14.9±4.19	0.19±0.18	7.11±9.61

平均値±標準偏差

4 まとめ

漁業従事者とその家族を対象に、陰膳実測法による食事調査を実施した。これらの食事試料について、朝、昼、夕、間食の各食事毎に微量元素類を PIXE 分析し、Na、Mg、Al、P、K、Ca、Cr、Mn、Fe、Ni、Cu、Zn、Se、Sr の各元素について摂取状況を検討した。食事からの微量元素摂取量は個人差が大きかったが、Na、Fe、Cu は男女とも夕食に摂取する割合が高く、Ca は朝食で多く摂取する傾向がみられた。摂取食品との関連など、今後世帯面などからの検討を進めたいと考えている。

参考文献

- 1) 世良耕一郎、二ツ川章二、畠山 智、他：無標準定量法の開発－第二報、NMCC 共同利用研究成果報文集、5, 223-248 (1997)
- 2) 山内博、山村行夫：食品中無機の 3 価と 5 価ヒ素、メチルヒ素について、日本公衛誌、27,647-653 (1980)
- 3) 千葉啓子、立身政信、佐藤 洋、他：海産物中砒素の多量摂取者における砒素暴露とその生体影響に関する研究、日衛誌、55, 178 (2000)
- 4) 益子まり：日本人における化学形態別のヒ素摂取量および尿と血液中ヒ素濃度について、聖マリアンナ医大誌、17,305-312 (1989)