

研究ノート

児童福祉施設入所児童の入所直後と7か月後の毛髪中ミネラル含量の変動について

塚田信^{*1}, 菅原明子^{*2}

^{*1}立正大学短期大学部, ^{*2}菅原食生態学研究所

Study on Trace Element Values in Hair Analysis of Boys Living in National Home for Resocialization of Minors

Nobu Tsukada^{*1} and Akiko Sugahara^{*2}

^{*1}Junior College of Rissho University, ^{*2}Sugahara Institute of Food Ecology

We conducted a nutrition study on 30 boys aged 12 to 16 years living in a national home for resocialization of minors for juvenile delinquents by comparing their food intake and dietary habits before and after seven months of their admission to the institution.

Their unbalanced and irregular dietary conditions prior to admission were improved after seven months. Trace elements in the hair samples considered to indicate nutritional conditions were measured before and after the seven-month stay and the differences were identified. The following result was obtained.

1) Comparison of trace elements in the hair samples of those who had spent more than seven months in the institution and those who just entered revealed that; ① essential minerals such as calcium, magnesium, iron, copper, zinc, chromium, manganese and selenium increased significantly; ② essential minerals such as sodium, potassium and cobalt decreased significantly; ③ essential minerals such as phosphorus and molybdenum did not show significant differences in content.

2) Toxic minerals such as lead and mercury decreased significantly, whereas cadmium and arsenic did not show significant differences and aluminum increased significantly.

It is presumed from the above that there was a close relation between the food intake and the trace minerals contained in hair. The mental life of the boys seemed to have changed gradually. Hair analysis which can be performed easily and painlessly is a helpful tool for improving nutrition and for preventive medicine.

Jpn. J. Nutr., 54 (1) 33~40 (1996)

緒 言

子どもの心身の異常が増加傾向にあり、社会問題として注目されてきている^{1,2)}が、その原因の1つとして考えられる食生活の乱れや食事の偏りを自然科学的に捉える調査研究が進められている^{3~8)}。筆者らのこれまでの調査^{9~11)}から、教護院に入所した少年達の入所前の食事には共通した傾向がみられた。すなわち、清涼飲料水の大量摂取、甘い冷菓、菓子、チップス、スナック菓子を好んで食べ、朝食を抜き、菓子パン、インスタント麺を食事代わりにし、副食としては肉類や食肉加工品を多食し、野菜が嫌いであまり食べていなかった。また、濃い味つけを好む傾向があると判明している。

このような食生活を長期間続いているとエネルギー、たんぱく質、脂肪は摂取できても、ビタミンやミネラ

Key words: nutritionally balanced diet, hair analysis, trace elements, essential minerals, toxic minerals
栄養管理された食事、毛髪分析、ミネラル、必須ミネラル、有害ミネラル

ルなどの微量栄養素の過不足が生じ¹²⁾、心身の健康状態が悪くなる可能性が示唆されている⁸⁾。しかし、教護院の院長や教母からの聞き取り調査が示すように、入所後は情緒も安定していくことが分かっており、その1つの機序として食生活の改善、すなわち、栄養管理された食事の規則的な摂取があると考えた。一方、毛髪分析は、過去のミネラルの栄養状態を反映する健康予測法であり^{13,14)}、犯罪・非行、行動障害・学習障害^{8,15,16)}、環境汚染¹⁷⁾の研究、医学、栄養学的¹⁸⁾観点から健康を維持する指標として有効であるといわれてきている。そこで筆者らは、教護院に入所した少年達の入所直後と入所7か月後の毛髪分析を実施し、必須ミネラルと有害ミネラル、合計18種の変動を調べるとともに、入所前後の食生活状況を調査し、検討した。

対象と方法

1. 対象

埼玉県の児童福祉施設（教護院）に入所した少年30人（年齢12～16歳）を対象とした（表1）。

2. 方法

対象施設を2回訪ね、1回目は食事調査と聞き取り調査及び入所直後の毛髪採取を、2回目は入所後7か月の毛髪採取を行った。

(1) 入所前と入所後の食生活調査

入所前の食生活についての質問事項は、① 清涼飲料水の摂取、② 食事の回数、③ 毎日の食事を摂った場所、④ 平均的な1日の食事内容についての4項目で、対象者自ら記入してもらった。

教護院での食生活については、① 1週間ごとに決められている献立表2か月分を検討し、② 院長、教母から食事状況、また、生活や心の様子の変化についても聞き取り調査をした。

(2) 毛髪分析法

① 試料採取と洗浄法：毛髪採取は、入所直後に短髪にすることが義務づけられているので、その散髪時、また7か月後は月1回の散髪時に採取したものを試料とした。試料はいずれも、後頭部の頭皮より5cm以内の毛髪0.5gである。洗浄はIAEA法^{15,19)}を用いた。

② 測定方法：アルゴンプラズマ原子発光分析機（ICP）^{20～24)}により測定する日本予防医学システム研究所に委託して、必須ミネラル13元素〔カルシウム（Ca）、マグネシウム（Mg）、リン（P）、亜鉛（Zn）、鉄（Fe）、銅（Cu）、マンガン（Mn）、クロム（Cr）、セレン（Se）、ナトリウム（Na）、カリウム（K）、コバルト（Co）、モリブデン（Mo）〕と有害ミネラル5元素〔アルミニウム（Al）、鉛（Pb）、水銀（Hg）、カドミウム（Cd）、ヒ素（As）〕、計18種類のミネラルをppb単位まで検出した。個々のミネラルの真の値と測定結果との誤差は、±1%以内である²⁴⁾。

③ 統計処理方法：統計処理²⁵⁾は、まずミネラル含有量のヒストグラムを求め、対数正規分布を示すことから対数変換をした上で、各平均値、標準偏差を算出し、有意差検定を行った（統計処理は神奈川工業試験所の協力による）。

表1 対象者の年齢と身体状況（n=30）

年齢（歳）	人数（人）
12	1
13	3
14	10
15	12
16	4
平均年齢（歳）	14.5
身長（cm；M±SD）	163.6±3.4
体重（kg；M±SD）	56.0±3.8

表 2 入所前の食事の回数と国民栄養調査にみる食事状況 (%)

入所前の1日の食事回数		国民栄養調査(1988年)	7~14歳	15~19歳
1回	0	〈朝食〉食べた	96.7	87.5
2回	15	食べない ^a	3.3	12.5
3回	30	〈昼食〉食べた	99.7	97.3
4回	2	食べない ^a	0.3	2.7
決まっていない	53	〈夕食〉食べた	99.9	98.7
		食べない ^a	0.1	1.3
計	100	計	100.0	100.0

^a 食べない：3日間のうち食べないことがあった。

結 果

1. 教護院入所前と入所後の食生活及び精神活動状況

(1) 入所前の食生活

施設に入所する以前の食生活の調査結果を表2、3に示した。

清涼飲料水の摂取については、1週間全く飲まない者は1人もなく、毎日飲んでいた者は61.7%，2日に1本くらい飲む者は14.9%，1週間に1本くらい飲む者は23.4%で習慣化していた。中には清涼飲料水を1日に11びん1本以上飲んでいたと答えた者もいた。

食事の回数は、不規則な者・3回未満の者が70%であり、国民栄養調査の0.1~12.5%に比べ大幅に多かった(表2)。毎日の食事を摂った場所は、喫茶店68%，ファーストフードの店40%，持ち帰り弁当店40%，商店の店先20%，友人の家・祖父母の家・親戚の家76%，自分の家で食べる76%であり、24%が自分の家で食事をしていなかった(複数回答)。

平均的な食事内容は、大変偏っており、給食も残すことがしばしばであった。昼食(学校給食)以外は手作りの食事が少なく、持ち帰りの弁当類、ファーストフードであるハンバーガー・フライドチキンや、コンビニエンスストアで買うおにぎり、すし類、サンドイッチ、菓子パン、カップ麺などが多く、飲み物は清涼飲料水がほとんどであった。時には喫茶店やファミリーレストランなどでカレーライスやスパゲティ、ピザなどの単品食を好んで食べていた。また、間食にはスナック菓子、肉まん類やチョコレート、アイスクリーム類が多くあった。これらの食事では野菜類、特に和野菜、果物や根菜類、海草類、豆類、小魚が摂られていなかった。

対象者の各栄養素摂取は、学校給食に大きく支えられていた。入所前の栄養素摂取状況は、給食を残さずに食べたとしても、表3に示したとおり、特にビタミン、ミネラルの不足がみられた。

(2) 入所後の食生活

入所後は、栄養士の管理した食事を規則正しく摂り、6か月後にはほとんどの者が残さずに食べるようになった。7か月の献立(1週間分)から栄養素等摂取量を算出し表3に示した。

また、入所後の食生活について、院長や教母らは次のようなことを指摘していた。

① 入所直後の多くの者は、しょうゆ、ソースなどをたっぷりかけて食事をし、濃い味つけを好むが、施設で生活するにつれ、与えられた食事の味で満足していく傾向にある。

② 1日に労働とスポーツを数時間行い、食事の時には皆空腹状態にあり、6か月経つ頃にはほとんどの者の偏食が矯正されていた。

表3 入所前後の栄養素等摂取量と15歳の栄養所要量（1日当たり）

	入所前の栄養摂取量 ^a (M±SD; n=23)	施設での栄養摂取量 ^a (M±SD; n=30)	15歳の栄養所要量 ^c
エネルギー (kcal)	2,512±812	2,804±143	2,700
たんぱく質 (g)	71.4±23.7	98.2±9.9	90
脂 質 (g)	83.6±26.7	88.4±15.9	75~90
カルシウム (mg)	470±207	828±232	800
鉄 (mg)	9.6±7.4	13.0±2.3	12
リ ネ ン (mg)		1,488±196	
ナトリウム (mg)		5,178±1,366	
カリウム (mg)		3,285±205	
マグネシウム (mg)		157±55 ^b	
亜 鉛 (μg)		4,313±1,261 ^b	
銅 (μg)		696±246 ^b	
ビタミンA効力 (IU)	976±215	2,516±602	2,000
ビタミンB ₁ (mg)	0.82±0.40	1.43±2.65	1.1
ビタミンB ₂ (mg)	0.84±0.25	1.33±2.44	1.5
ビタミンC (mg)	56±61	66±30	50

^a 日本食品標準成分表²⁶⁾, 市販食品成分表²⁷⁾に記載されている食品のみからの算出, ^b 日本食品無機質成分表²⁸⁾に記載されている食品のみからの算出, ^c 男子, 生活活動強度Ⅱ。

(3) 入所後の精神活動状況

入所後の精神活動状況に関して、院長は、月日が経つにつれて教母のいうことを聞くようになり、集中力、学習意欲が増し、また、生活全般の態度が落ちついてくる傾向にあることを指摘していた。

2. 毛髪分析値

(1) 入所直後と7か月後の毛髪分析結果のヒストグラム

対象者のデータを個々に正確に把握する必要性から、まず毛髪分析値をヒストグラムで表した(図1)。

必須ミネラルのヒストグラム結果から、入所7か月後の対象者の毛髪中のミネラル含有量の中央値が、入所直後の中央値より有意に多かったのはCa, Mg, Fe, Cr, Se, Zn, Mn, Cuで、逆に、入所7か月後の含有量の中央値が有意に少なかったのはNa, K, Coであった。また、P, Moの両者には有意差は認められなかった。

有害ミネラルのヒストグラム結果では、Hg, Pbは入所7か月後に含有量の中央値が小さく、逆にAIは入所7か月後のほうが含有量の中央値が大きかった。AsとCdの両者には有意差は認められなかった。

(2) 入所直後と7か月後の毛髪分析平均値とその有意差

必須ミネラル13種類と有害ミネラル5種類について、両者の分析値との間に認められた有意の差を表4, 5に示した。また、日本人頭髪中の各ミネラル含有量の平均値及び標準偏差²⁹⁾、有害ミネラルの許容範囲の資料を示した。表4, 5に示すように、次の結果が得られた。

教護院に入所し、7か月後に対象者の毛髪中必須ミネラル含有量が入所直後より有意に増加したものは、Ca, Mg, Fe, Cu, Zn, Mn, Se, Crの8元素であった。7か月後に有意に減少した必須ミネラルは、Na, K, Coであった。また、有意差の認められなかったものはP, Moであった。一方、有害ミネラル5種類のうち、7か月後にミネラル含量が有意に減少したものは、Hg, Pbであり、有意に増加していたものはAIであり、As, Cdでは有意差は認められなかった。

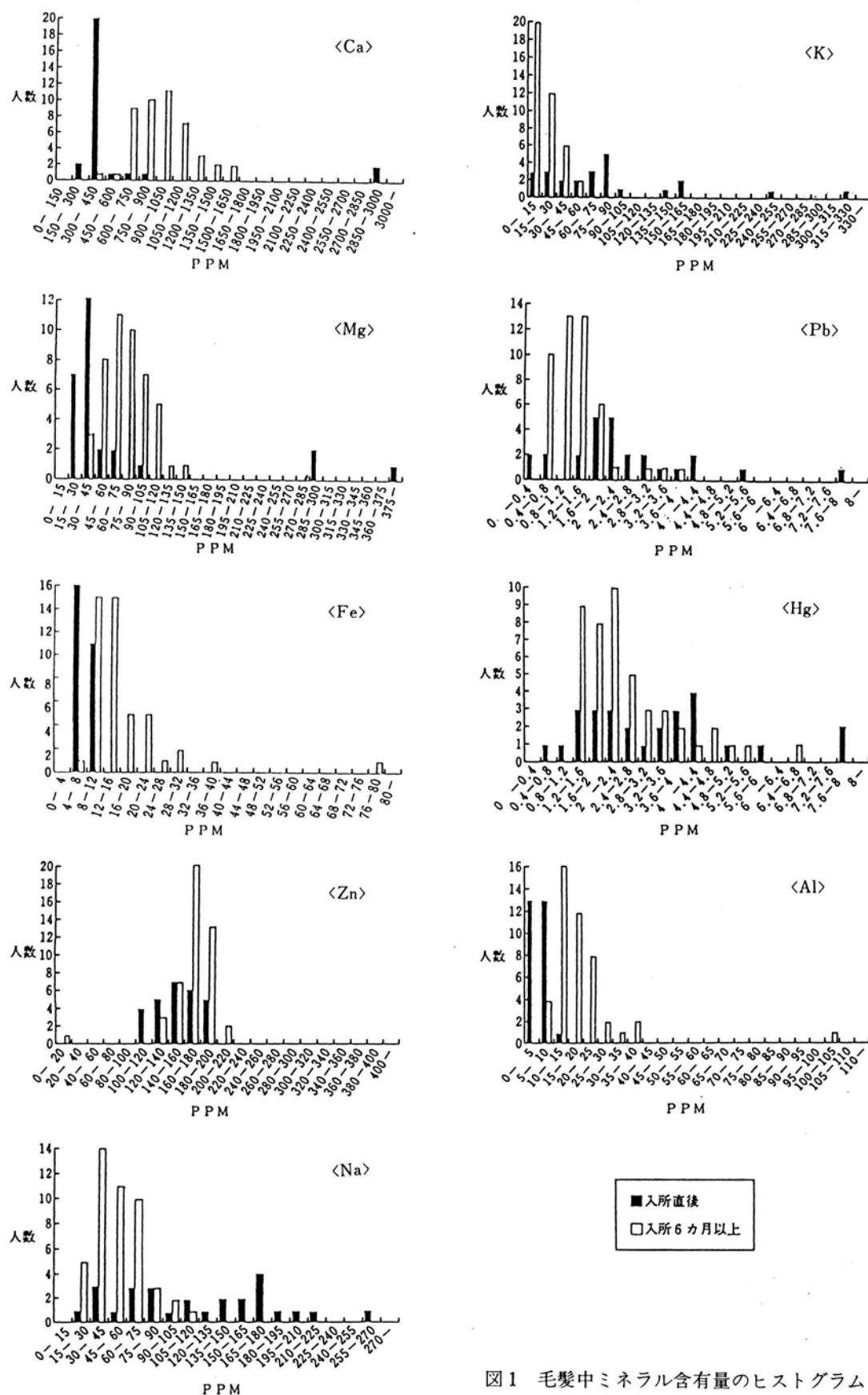


図1 毛髪中ミネラル含有量のヒストグラム

表4 必須ミネラル（13種類）の毛髪分析結果 (ppm)

	入所7か月後 (M±SD; n=30)	入所直後 (M±SD; n=27)	有意差の有無	日本人頭髪中の金属含有量平均値 ²⁹⁾		
				分布の目安		
				M-SD	M	M+SD
Na	52.063±20.267	119.548±62.674	****(—)	35	65	120
K	15.543±13.128	73.603±75.821	****(—)	3.5	15	70
Ca	970.333±248.260	578.400±654.259	****	310	460	700
Mg	81.633±23.209	58.085±91.612	****	25	40	70
P	175.100±20.300	156.407±17.333		155	170	190
Fe	16.884±10.994	7.719±1.534	****	5.5	8	11
Cu	10.096±1.367	8.701±1.713	****	8.5	11	14
Mo	0.355±0.149	0.314±0.270				
Zn	172.100±29.302	151.926±25.896	****	130	155	180
Cr	0.530±0.174	0.459±0.326	*	0.1	0.3	0.8
Mn	0.865±0.393	0.254±0.210	****	0.1	0.2	0.6
Se	0.663±0.151	0.541±0.137	****	0.5	0.65	0.8
Co	0.078±0.065	0.118±0.114	**(—)			

* p<0.05, ** p<0.005, **** p<0.00005 (入所7か月後の値が入所直後よりも増加の傾向で有意差あり) (—) : 入所7か月後の値が入所直後よりも減少の傾向で有意差あり。

表5 有害ミネラル（5種類）の毛髪分析結果 (ppm)

	入所7か月後 (M±SD; n=30)	入所直後 (M±SD; n=27)	有意差の有無	有害ミネラルの許容範囲 ³⁰⁾		
				許容範囲	注意すべき範囲	危険範囲
Al	19.149±14.326	5.046±1.196	****	0.00~20.00	100.00	180.00
As	4.267±0.080	9.963±0.044		0.00~1.60	5.00	8.40
Cd	0.080±0.031	0.144±0.092		0.00~0.55	1.50	2.45
Pb	1.103±0.679	2.369±1.663	*(—)	0.00~20.00	30.00	40.00
Hg	2.525±1.161	3.216±1.807	**(—)	0.00~4.00	10.00	16.00

* p<0.05, ** p<0.005, **** p<0.00005 (入所7か月後の値が入所直後よりも増加の傾向で有意差あり) (—) : 入所7か月後の値が入所直後よりも減少の傾向で有意差あり。

考 察

今回の調査では、2回の測定における毛髪中のミネラル含量に変動がみられた。これらの変動は食事調査に示唆されるように、入所前の少年の食生活は偏っており、Ca, Mg, Fe, Cu, Znなどの給源となる野菜、果物、魚介類、海草類、豆類の摂取が少なかったが、入所後の食生活の改善によってミネラル含量が変動したのではないかと考えられた。特に興味深いのは、7か月後の含有量が増加していたCa, Fe, Znなどは、精神活動状態と関連があるという報告が多く、Caが欠乏すると怒りっぽくなったり、情緒が不安定になるという報告もある^{8,24)}。また、Feが欠乏すると注意力が散漫になり、無気力、無感覚になるといわれており^{8,13)}、Znの欠乏と食欲や味覚とには相関があるという報告もある^{8,30~32)}。

7か月後に有意に減少したNa, Kについては、入所前の食事や間食はインスタント食品やスナック菓子に代表される味の濃いものが多かったが、入所後改善されたことによるとも考えられる。栄養障害のある高齢者の

半数以上は、Na, Kともに毛髪分析値が高く、栄養障害の指標として毛髪分析値を使うことができるという報告がある¹⁴⁾。Gordonら¹⁵⁾の毛髪分析結果では、當時狂暴である者の毛髪中Na含量が非常に高く、Cuが非常に低いと報告されている。一方、有害ミネラルが許容範囲以上含まれていることは、健康によくないとされている。毛髪分析値が健康指標として使われていることが最もよく知られているのは、Hgである³³⁾。7か月後有意に増加したAIに関しては、酸性雨やアルミ調理器具の普及が毛髪含量に影響することも指摘されている^{8,15)}。最近では、Pbの毛髪含量の多い子どもは、少ない子どもよりも攻撃的であり、神経系に影響があることも指摘されている^{8,16)}。また、毛髪中のPbとCdの両方が高水準である者に暴力犯罪者が多くみられたという報告も興味深い²³⁾。

しかし、本調査では心の安定に関しては、教護院の職員からの聞き取りにとどまったため、的確な尺度を用いてはいない。ミネラルの過不足と精神活動状況との間に何らかの関係があるかどうかの観点は、様々な要因やケースを考慮し、的確な尺度を用いるなど、更に検討することが今後の課題である。

要 約

非行などにより教護院に収容された少年30人の、入所前と入所後との食生活を調査した。また、入所前の食生活を表すと考えられる入所直後の毛髪と、入所してから7か月経過した毛髪のミネラルを測定した。入所前の食生活は偏っていたり、不規則だったが、入所後栄養管理された食事を規則正しく摂るように変化し、入所前・後の毛髪分析結果に違いがみられた。これらを検討した結果、以下のことが明らかになった。

- 1) 入所7か月後の毛髪中の必須ミネラル含量が入所直後より、①有意に増加したものは、カルシウム、マグネシウム、鉄、銅、亜鉛、クロム、マンガン、セレンの8元素であった。②有意に減少したものは、ナトリウム、カリウム、コバルトであった。③有意差がなかったものは、リン、モリブデンであった。
- 2) 入所7か月後の毛髪中の有害ミネラル含量のうち有意に減少したものは、鉛、水銀であり、カドミウム、ヒ素は差がなく、アルミニウムは有意に増加した。

以上の結果から、入所後8種の必須ミネラルは有意に増加し、2種の有害ミネラルが有意に減少し、摂取食物と毛髪中のミネラル含量には密接な関係が示唆された。これらの変動は、食事調査によって示唆される食生活の改善などによってもたらされたものと考えた。また、入所後の対象者の精神活動状態にも変化がみられた。毛髪分析法は、苦痛なく簡便にできるので、栄養改善や予防医学の指標としても役立てることが可能と考えた。

*

本研究を行うに当たり、調査に多大なご協力をいただきました更生施設の方々、分析にご協力いただきました日本予防医学システム研究所 舘野 誠氏、統計処理にご協力いただきました神奈川工業試験所 内田 弘氏、ご助言をいただきました日本大学医学部 富田 寛教授に深く感謝いたします。

文 献

- 1) 鷹賀テル、及川桂子、赤沢典子、相沢恵久子：食生活の変化が健康に及ぼす影響について、岩手大学教育学部研究年報、45, 36 (1986)
- 2) 江指隆年、他：7年間の子どもの生活リズムと食生活；健康自覚調査、家庭栄養研究会報告 (1990)
- 3) Rimland, B. and Larson, G. E. : Nutritional and ecological approaches to the reduction of criminality, delinquency and violence, *Journal of Applied Nutrition*, 33, 116~137 (1981)
- 4) 日本児童福祉給食会青少年食生活研究班：青少年の食生活に関する調査研究, 38~48 (1987) 伊藤忠記

- 念財団, 東京
- 5) 総務庁統計局：家計調査年報 昭和62年 (1988)
 - 6) 厚生省保健医療局健康増進栄養課監修：国民栄養の現状 昭和63年国民栄養調査成績 (1990) 第一出版, 東京
 - 7) 日本児童福祉給食会：みんなで考えよう子どもの食事, pp.61~82 (1991) 日本児童福祉給食会, 東京
 - 8) 大沢 博：食原生症候群, pp.13~146 (1995) ブレーン出版, 東京
 - 9) 菅原明子：非行は食べ物が原因だった, pp.45~115 (1985) 講談社, 東京
 - 10) 菅原明子：子育て食生活, pp.41~47, 71~74 (1987) 文化出版局, 東京
 - 11) 塚田 信, 菅原明子：小学生の夏休みの食事調査, 菅原食生態学研究所リポート, 2, 1~23 (1989)
 - 12) 由田克士, 田畠正司, 木村律子, 宮下 良, 厚見智子, 中川秀昭：単位エネルギー当たりのミネラル摂取量と食物摂取状況・食習慣, 栄養学雑誌, 53, 13~23 (1995)
 - 13) 今井良次：毛髪分析でさばり健康度がわかる本 (1982) 中経出版, 東京
 - 14) 近藤 賢：毛髪分析基礎編, p.52 (1981) サンロード, 東京
 - 15) Gordon, G. F. 他：生体における微量元素分析の現場, 日本毛髪分析会報, 6, 71 (1984)
 - 16) Schauss, A. G. : Diet, Crime, and Delinquency (1980) Parker House, Berkeley
 - 17) 近藤東郎, 他：日本人毛髪微量元素における公衆衛生的意義, 第12回毛髪分析研究会要旨 (1985)
 - 18) 牧野秀夫, 他：老人の栄養アセスメントにおける毛髪ミネラル分析の意義, 第12回毛髪分析研究会要旨 (1985)
 - 19) IAEA Report : Activation analysis of hair as indicator of contamination of man by environmental trace elements pollutants, IAEA/RL/50, Vienna (1978)
 - 20) 内田 弘, 久田清次郎, 豊田英昭, 他：ICP発光分光法による毛髪ならびに血清中の微量金属の多元素同時分析, 微量金属代謝, 13, 173~180 (1985)
 - 21) 内田 弘, 高橋 薫, 豊田英昭, 他：ICP発光分光法による日本人頭髪中の微量金属パターンの検討, 微量金属代謝, 14, 161~168 (1986)
 - 22) 豊田英昭, 内田 弘, 高橋純一：誘導結合プラズマ発光分析法による頭髪試料の多元素同時分析, 分析化学, 35, 80~84 (1986)
 - 23) 津金昌一郎, 今井良久：2種のICP-AES間の同一検体による毛髪分析結果, 日本毛髪分析会報, 6, 25~32 (1984)
 - 24) 鈴木継美, 和田 攻編：ミネラル・微量元素の栄養学, pp.77~82 (1994) 第一出版, 東京
 - 25) 秦 周大：毛髪分析値共有のために, 数値処理方法に関する提案, 日本毛髪分析会報, 6, 12~17 (1984)
 - 26) 科学技術庁資源調査会編：四訂 日本食品標準成分表 (1995) 女子栄養大学出版部, 東京
 - 27) 香川芳子監修：市販食品成分表 (1986) 女子栄養大学出版部, 東京
 - 28) 科学技術庁資源調査会編：日本食品無機質成分表 (1991) 大蔵省印刷局, 東京
 - 29) 内田 弘, 豊田英昭, 高橋 薫, 高橋純一, 菅原明子, 富田 寛, 大森英生：日本人頭髪中の金属含有量解析, 微量金属代謝, 15, 103~108 (1987)
 - 30) 高橋 容, 吉田晋也, 富田 寛：味覚異常者における全血中と血清中亜鉛の意義, 微量金属代謝, 15, 117 (1987)
 - 31) 長谷川充弘, 山田一仁, 内田 弘, 富田 寛：味覚異常者の毛髪中微量金属, 微量金属代謝, 15, 109 (1987)
 - 32) 石田裕美：若年成人女子における潜在的亜鉛欠乏と塩味に対する味覚, 日本栄養・食糧学会誌, 46, 299~307 (1993)
 - 33) 津金昌一郎, 近藤東郎：日本人小児の毛髪内元素プロフィールについて, 日本衛生学雑誌, 40, 619~626 (1986)

(受付：平成6年8月30日)