日本人小児のミネラル摂取とその出納†

鈴木 和 春

東京農業大学農学部栄養学科

Mineral Intake and Its Balance in Japanese Young Children

Kazuharu SUZUKI

*Department of Nutrition, Faculty of Agriculture, Tokyo University of Agriculture,
Setagaya-ku, Tokyo 156*

ミネラルは、たんに身体を構成する各種の成分または素材に用いられるだけでなく、健全な生命活動に欠くことのできない多くの生理作用、代謝調節作用など、きわめて密接な関係を有していることは周知のところである。

これらの適量摂取は、他の栄養素摂取とともに、健康の保持、増進および疾病の予防に重要な役割を果たすことになる。人の疾病あるいは不健康状態の発現に、個人の食を含めた生活環境が大きく関与していることは周知の事実である。また、ある種の疾病においては、その形成は成人期のみに起こるのではなく、小児期より長期にわたる過程の積み重ねの結果生じるものと考えられる。そのために、発育期小児のミネラル所要量および必要量を知る必要がある。

ところが公表されている日本人のミネラル所要量としては、カルシウムと鉄のみである¹⁾²⁾。近年、加工食品の開発に伴い摂取食品の種類が過去に比してかなり異なってきたことが指摘されている²⁾³⁾ ところであり、さらに代謝上各栄養素間の関係が過去と比較して明瞭化されてきた現在、過去の文献成績のみより、摂取すべき各栄養素量を決定することには問題があると考えられる。

そこで、筆者らが昭和 53 年に大阪市内の某福祉施設で養育されている発育期小児（3 歳 5 カ月から 6 歳 9 カ月、男児 18 名、女児 15 名）を対象に測定可能な範囲で出納試験を試みたときの結果^{4)~6)} を中心に小児期のミネラル摂取量および必要量に関し若干の過去の成績ならびに外国の成績を加えて検討を試みた。

I. ミネラルの摂取状況 (Table 1)

1. カルシウム, リン, マグネシウムについて

日本人の栄養所要量¹⁾に示す Ca 量は 3~6 歳児の男児 22 mg/kg 体重、女児 24 mg/kg 体重となっている。本調査⁴⁾ の摂取量は男児が 23.89 mg/kg 体重 (393.7 mg/日) 女児が 22.98 mg/kg 体重 (379.1 mg/日) とやや低値を示した。吉田ら⁷⁾ の調査では平均 478 mg/日 (0~3 歳)、児童福祉施設 (平均 12 歳) での瓦家ら⁸⁾ の調査では 566 mg/日であったという。

P の摂取量は男女児の平均摂取量が 33~35 mg/kg 体重 Ca/P の比は 0.7 となり、吉明地⁹⁾ の報告にみられる P 摂取量より少ない。近年ポリリン酸塩、メタリン酸塩などが食品添加物として加工食品に広く用いられており、P の摂取過剰といふことの警告が発せられている。ところで、吉田ら⁷⁾ (0~3 歳) によると P 摂取量 1,072 mg/日、Ca/P の比が 2.24、瓦家ら⁸⁾ もほぼ同様に 1,072 mg/日で Ca/P の比 1.9 の成績を報告している。また、岡崎ら¹⁰⁾ は 3 歳児での P 摂取量は 900~1,022 mg/日で Ca/P の比が 1.6~2.2 の範囲であったと報告している。さらに加工食品が多く取り入れられた食事では両者の比がくずれ、P 摂取が過多になるとしている。

Mg については未だ所要量は策定されておらず、研究報告も少ない。日本人成人では日常食から摂取される Mg は 1 日当り 0.13~0.32 g であるという¹¹⁾。小児の Mg 所要量を定めている国は世界で 8 カ国あり、100~200 mg/日である¹²⁾。1989 年第 4 次改定日本人栄養所要量には Mg の目標摂取量が策定され¹³⁾、さらに食品成分表に Mg の成分値を入れる動きもあり、今後、多くの研究が望まれる。

2. ナトリウム, カリウムについて

Na について、健康な乳幼児の発育には 1 日当り 140~180 mg の Na が必要で体重 kg 当りに換算すると

† 本総説は平成元年度奨励賞の受賞の対象となったものである。

〒156 東京都世田谷区桜丘 1-1-1

Table 1. Mineral intake of Japanese young children.*

	Ca (mg/kg B.W.)	P (mg/kg B.W.)	Mg (mg/kg B.W.)	Fe (μg/kg B.W.)
Male (n=18)	23.93±0.73**	34.71±0.97	7.24±0.24	547.2±19.1
Female (n=15)	22.98±1.02	32.70±1.28	7.36±0.34	551.3±25.6
Average (n=33)	23.50±0.60	33.80±0.79	7.29±0.20	549.1±15.1
(mg/day)	(387.8)	(557.7)	(120.3)	(9.06)
	Zn (μg/kg B.W.)	Cu (μg/kg B.W.)	Na (mg/kg B.W.)	K (μg/kg B.W.)
Male (n=18)	453.3±21.0	59.8± 6.5	121.5±2.96	33.1±0.71
Female (n=15)	479.1±28.4	82.3±10.5	118.5±4.36	32.5±0.98
Average (n=33)	465.0±17.0	70.0± 6.1	120.2±2.49	32.8±0.58
(mg/day)	(7.67)	(0.12)	(1983)	(541.2)

* Subjects were provided with the daily normal diet, ** Mean±S.E.

14~18 mg に相当するといわれている¹⁴⁾¹⁵⁾。そして近年、この時期における食塩の過剰摂取量は将来、高血圧発症の原因となりうる可能性について危惧されており、アメリカ小児科学会栄養委員会では食塩摂取を減らすことを勧告している¹⁴⁾。本調査では平均 120 mg/kg 体重の Na を摂取しており、この値は平田ら¹⁶⁾の調査にみられる成人男女の平均値 120 mg/kg 体重と同値であり摂取過多の方向にあることが指摘できよう。さらに 1989 年のアメリカ人の健康のための推奨栄養摂取量では 2~5 歳の最少必要量 (体重 25 kg) が 300 mg と報告されている¹⁷⁾。

日本における K 摂取量の詳細は明らかではないが、欧米人に比して摂取する食品の種類および量と関連して少なく、成人男子の 1 日当りの摂取量は約 2~3 g と推定される¹⁸⁾。

3. 鉄, 亜鉛, 銅について

日本人の小児期から学童期の Fe 摂取量は陰膳方式を用いた鈴木ら¹⁹⁾の成績では 1 日当り約 12 mg であり、栄養調査方式による食品成分表からの計算では若原ら²⁰⁾、松平ら²¹⁾、山東²²⁾の、7.3~12 mg/日という報告がある。筆者らの日常食の実測結果では平均 9.0 mg/日 (550 μg/kg 体重) であった。

これは 3~6 歳児の Fe 所要量として示されている 8~9 mg (470~530 μg/kg 体重) にほぼ等しい値を示した。

Zn 摂取量は鈴木ら¹⁹⁾は 5~9 歳男子で 12 mg の摂取、また、同氏²³⁾の 12 歳の女子についての調査結果では 13.1 mg であったとしている。Yamagata ら²⁴⁾は農村小児について調査したところ 7.1 mg であったとしている。筆者らの実測値は Yamagata ら²⁴⁾の報告に近い

7.7 mg/日であった。一方、アメリカの 6~10 歳の少女での成績²⁵⁾によると 4.6~14.6 mg/日、スコットランドでの 8~12 歳の成績²⁶⁾では 7.3~9.7 mg/日である。ちなみに日本人成人の 1 日当たりの Zn 摂取量についての報告は一般的献立を作成して測定した古武ら²⁷⁾の成績によると約 9 mg、武ら²⁸⁾の計算では約 30 mg、Yamagata ら²⁴⁾の結果では 14 mg となっている。

1 日当りの Cu 摂取量は鈴木ら¹⁹⁾の成績では 1 日当り 3.2 mg の摂取であるが、筆者らの結果は 1.16 mg であった。標準献立による日常食中の Cu 量の実測値は村上²⁹⁾の結果では 2~4 mg/日、武ら²⁸⁾の成績は 2.5 mg/日、寺岡ら³⁰⁾は 3.6 mg/日であったと報告している。北アメリカでの調査では 3.0~5.0 mg/日、イギリスの調査値 1.6 mg という報告がある³¹⁾。このように食事から摂取する Cu 量に大きな差がみられるのは使用する食物の種類等によるものであろう。

II. ミネラルの出納および体内での利用

1. Ca 出納について

わが国小児の Ca 所要量策定に関する実験は、林ら³²⁾ (昭和 27 年) による、4~7 歳の男女児各 3 名を被験者として行った実験が最初である。これによると 1 日およそ 0.6~0.9 g の Ca を摂取すれば要求をみたしうるものとし、体重 kg 当りの摂取量は 35~50 mg に相当すると報告している。また古明地⁹⁾は昭和 29 年に 3~6 歳の幼児に 10 カ月間にわたり Ca 出納試験を行い、最高の蓄積量をみたのは 1 日 0.7~0.8 g の摂取量のところであったが、Ca をとくに補給したものとの比較で X 線写真上の骨格の発育度には差がなく、身長、体重にも差がみられなかったとしている。さらに昭和 32 年に速水

Table 2. Comparison of calcium balance between male and female subjects.*

	Intake (mg/kg)	Absorption (mg/kg)	Urinary excretion (mg/kg)	Retention (mg/kg)
Male (n=18)	23.93±0.73	10.53±1.13** (43.0±3.97)***	2.83±0.21 (11.7±0.79)	7.70±1.02 (31.2±3.75)
Female (n=15)	22.98±1.02	9.76±1.10 (43.2±4.83)	2.69±0.21 (11.7±0.73)	7.06±1.06 (31.4±4.74)
Average (n=33)	23.50±0.60	10.18±0.78 (43.1±3.00)	2.76±0.15 (11.7±0.53)	7.41±0.72 (31.3±2.90)

* Subjects were provided with the daily normal diet, ** Mean±S.E., *** Percentage of intake.

Table 3. Comparison of phosphorus balance between male and female subjects.*

	Intake (mg/kg)	Absorption (mg/kg)	Urinary excretion (mg/kg)	Retention (mg/kg)
Male (n=18)	34.71±0.97	23.23±1.33** (66.2±2.54)***	21.19±0.92 (61.2±2.37)	2.02±1.18 (4.9±3.24)
Female (n=15)	32.70±1.28	23.24±1.02 (71.4±2.46)	20.12±0.95 (62.0±2.73)	3.11±0.71 (9.5±2.13)
Average (n=33)	33.80±0.79	23.23±0.85 (68.5±1.80)	20.71±0.65 (61.6±1.76)	2.51±0.72 (6.9±2.00)

* Subjects were provided with the daily normal diet, ** Mean±S.E., *** Percentage of intake.

ら³³⁾は10歳以下の児童についてCa出納試験を行っており、体重kg当り14~19mgの摂取量で24~38%の蓄積率を示したと報告している。しかし、それ以後わが国では幼児を用いたCa出納についての報告はみられない。

ところで、日本人の栄養所要量に示す3~6歳児のCa量は男女とも22mg/kg体重前後であり、本調査(Table 2)での摂取量は男児で23.89mg/kg体重であり、女児がやや低値を示した。また、体内保留量は7.4mg/kg体重で速水ら³³⁾が報告している蓄積量に近く、さらに体内保留量は摂取量よりも吸収量との間に正相関($r=0.982$)を示しており、食事からのCaは吸収量に左右されて、その蓄積量が変化することが推察された。

2. P出納について

幼児のP出納について、古明地⁹⁾はP摂取量が0.54~0.94g/日(体重kg当り40~55mg)の範囲で、食事内のCa/P比が0.3~0.5にあった場合に、Pの蓄積量は0.18~0.45g(13.3~26.3mg/kg体重)の間であったと報告している。

本出納(Table 3)では男女児の平均摂取量が33~35mg/kg体重でCa/P比は0.7となっており、古明地⁹⁾が報告している摂取量よりも少なく、そのためにPの蓄積量が平均値で2.51mg/kg体重と低値を示したと想

像される。Pの摂取過多が危惧される今日であるが、本出納ではP過剰摂取の危惧はなく、むしろ不足ぎみを呈していた。

3. Mg出納について

本報では幼児についてのMg出納に関する研究は非常に少ない、神谷³⁴⁾が4~6歳の男女児各2名を用い、Mg量を変化させて、出納試験を試みたもののみである。それによるとMg摂取量は1日8.0~16.6mg/kg体重の範囲で蓄積量は1例以外は全部プラスであり、10mg/kg体重程度の摂取量がこの年齢の適正な摂取量と推定している。またShofieldら³⁵⁾によると発育期では120~230mg/日の摂取で体内保留がみられるという。本調査(Table 4)の1日当りのMg摂取量平均値(7.29mg/kg体重)を全被験者の平均体重である16.50kgを用いて計算すると120mgに相当する。これはShofieldら³⁵⁾の下限値であり、神谷³⁴⁾が推定した(10mg/kg体重)×16.50kg=165mgよりも下回るが、約37%の体内保留を示しているので普通食からのMg供給は十分であろうと推定された。

4. Na出納について

本出納(Table 5)では平均120mg/kg体重のNaを摂取しており、尿中への排泄は非常に少なく平均21mg/日であった。一般に小児の尿中Na排泄は30mg/日で

Table 4. Comparison of magnesium balance between male and female subjects.*

	Intake (mg/kg)	Absorption (mg/kg)	Urinary excretion (mg/kg)	Retention (mg/kg)
Male (n=18)	7.24±0.24	4.21±0.36** (57.2±3.81)***	1.77±0.33 (23.9±4.28)	2.43±0.41 (33.2±4.93)
Female (n=15)	7.36±0.34	4.31±0.34 (58.5±4.14)	1.12±0.29 (15.9±4.16)	3.18±0.31 (42.5±3.41)
Average (n=33)	7.29±0.20	4.25±0.25 (56.8±2.50)	1.47±0.22 (20.3±3.00)	2.77±0.26 (37.4±3.16)

* Subjects were provided with the daily normal diet, ** Mean±S.E., *** Percentage of intake.

Table 5. Comparison of sodium balance between male and female subjects.*

	Intake (mg/kg)	Absorption (mg/kg)	Urinary excretion (mg/kg)	Retention (mg/kg)
Male (n=18)	121.5±2.96	120.2±2.98** (98.8±0.16)***	109.8±4.49 (90.5±3.25)	10.3±4.11 (8.2±3.31)
Female (n=15)	118.5±4.36	117.3±4.25 (98.9±0.21)	103.3±4.54 (87.4±2.89)	14.2±2.86 (11.7±2.86)
Average (n=33)	120.2±2.49	118.9±2.46 (98.9±0.13)	106.9±3.26 (89.1±2.16)	12.1±2.70 (9.8±2.21)

* Subjects were provided with the daily normal diet, ** Mean±S.E., *** Percentage of intake.

あるといわれている³⁶⁾。このことは摂取した Na の大部分が吸収されたことにほかならない。尿中排泄については摂取した食塩とほぼ等しい量が排泄されるといわれているが、本出納では摂取量の約 10% に相当する 12 mg/kg 体重が体内に保留される結果となり、尿中への排泄量が調査期間により異なり、夏季(7月調査)のほうが秋季(10月調査)に比し尿中排泄が少なく、見かけ上約 20 mg/kg 体重が体内に保留される結果となった。この差異は発汗による皮膚からの排泄の大小によるものと思われる。

Harrison ら³⁷⁾の 7~9 歳の学童について皮膚からのミネラル損失をみた成績から全身の皮膚から失われる推定最高値を引用すると Na で摂取量の 0.45% となるが、本調査は発汗による皮膚からの排泄をみていないので計算上高い体内保留を示す結果を生じたのかもしれない。

調査期間に関係なく全体として Na 摂取量と尿中排泄量との間に $r=0.572$ という正相関がみられ、尿中 Na 量を測定することにより Na 摂取量が推定でき、さらに食塩換算係数である 2.54 をかけあわせることにより食塩摂取量を推定することが可能となる。

5. K 出納について

摂取される K の大部分(約 80%)は尿中に排泄され、

残り(約 20%)はほとんど尿中に排泄されるので尿中 K 量からの K 摂取量をおよそ推定することができるといわれている¹⁾。このことは本実験でも摂取量と尿中排泄量との間に寄与率が低い $r=0.354$ ($p<0.05$, $n=33$) という正相関を示した。

6. Fe 出納について

Fe 出納は、腸管吸収の段階で抑制を受ける点が特異的であり、生理的鉄の排泄は、14 $\mu\text{g/kg/日}$ と推定されている。したがって、成人男子または閉経後の女性の鉄損失は 1 日当りそれぞれ 0.88 mg または 0.74 mg と算出されている。さらに安全率を考慮しても 1 日 1 mg の体内への Fe 補給ができれば Fe 出納は維持されることが知られている。さて、成長期は生理的条件下で Fe の要求量が亢進する期間である。そのため体重の増加に比例して段階的に増加するように所要量が示されている¹⁾。ところで、Table 7 に示した筆者らの 3 歳 5 カ月から 6 歳 9 カ月の 33 名の小児の結果では Fe の摂取量は男女児平均 549 $\mu\text{g/kg}$ 体重であった。この摂取量に対し約 42% が吸収され、体内に約 37% (203 $\mu\text{g/kg}$ 体重) が保留された。また、尿中への排泄は摂取量の 5% であった。鈴木ら¹⁹⁾が昭和 31 年に 4 歳から 9 歳の小児について行った Fe 出納成績によると 515 $\mu\text{g/kg}$ 体重の摂取量で 30% が吸収され、110 $\mu\text{g/kg}$ 体重の蓄積量がみら

Table 6. Comparison of potassium balance between male and female subjects.*

	Intake (mg/kg)	Absorption (mg/kg)	Urinary excretion (mg/kg)	Retention (mg/kg)
Male (n=18)	33.1±0.71	28.2±0.92** (85.0±1.60)***	23.1±0.71 (70.3±2.43)	5.0±1.07 (14.7±3.07)
Female (n=15)	32.5±0.98	27.4±1.16 (84.4±2.41)	20.9±0.90 (64.8±2.46)	6.4±1.10 (19.5±3.20)
Average (n=33)	32.8±0.58	27.8±0.72 (84.7±1.38)	22.1±0.59 (67.8±1.77)	5.7±0.77 (16.9±2.20)

* Subjects were provided with the daily normal diet, ** Mean±S.E., *** Percentage of intake.

Table 7. Comparison of iron balance between male and female subjects.*

	Intake (μg/kg)	Absorption (μg/kg)	Urinary excretion (μg/kg)	Retention (μg/kg)
Male (n=18)	547.2±19.1	206.7±28.3** (37.8±4.8)***	29.2±2.9 (5.6±0.4)	175.7±28.9 (32.2±4.9)
Female (n=15)	551.3±25.6	260.7±24.6 (47.7±4.5)	25.2±3.3 (4.8±0.7)	235.5±24.8 (42.9±4.5)
Average (n=33)	549.1±15.1	231.3±19.0 (42.3±3.4)	27.4±2.2 (5.2±0.4)	202.9±19.5 (37.1±3.4)

* Subjects were provided with the daily normal diet, ** Mean±S.E., *** Percentage of intake.

Table 8. Comparison of zinc balance between male and female subjects.*

	Intake (μg/kg)	Absorption (μg/kg)	Urinary excretion (μg/kg)	Retention (μg/kg)
Male (n=18)	453.3±21.0	183.7±28.3** (39.5±5.1)***	16.1±0.9 (3.7±0.2)	167.5±28.1 (35.8±5.1)
Female (n=15)	479.1±28.4	229.7±30.1 (46.2±5.0)	14.5±1.7 (3.1±0.3)	215.2±29.3 (43.1±4.9)
Average (n=33)	465.0±17.0	204.6±20.4 (42.5±3.6)	15.4±0.9 (3.4±0.2)	189.2±20.1 (39.1±3.6)

* Subjects were provided with the daily normal diet, ** Mean±S.E., *** Percentage of intake.

れている。筆者らの結果は、これより高い数値を示したが、この差は被験者の Fe 貯蔵量の多寡に係る可能性が考えられ、Bjorn-Rasmussen ら³⁹⁾によると Fe の吸収率が 40% を超えるということは、その生体が鉄欠乏の状態にあることを意味するものだとしている。また、Fe の吸収率は食事内容により変動することが知られており、鈴木ら¹⁹⁾が行った当時と現在の食生活の間には大きな差があるのではないと思われる。現在、成長期小児の偏食傾向の大きいことが指摘されており、このことが吸収率に差を生じたものかもしれない。また、Fe の体内保留量は食事での Fe 吸収量に左右されると

いわれており、筆者らの結果でも体内保留量の吸収量との間に $r=0.994$ という強い正相関を示した。

7. Zn 出納について

Zn は多くの酵素の成分として重要な働きを示すほか、インシュリン生成とも密接な関係をもち、さらに核酸、タンパク質合成にも必須の元素であることが知られている。食事由来の Zn 欠乏症が、エジプトのナイル川デルタ地域とイランの農村の青年期男子に存在することを Prasad らが、最初に指摘した³⁹⁾。Table 8 に筆者らが観察した Zn 出納の結果を示した。男女児とも体重 kg 当り、約 0.5 mg の摂取で吸収率は 40% 程度を示

Table 9. Comparison of copper balance between male and female subjects.*

	Intake ($\mu\text{g/kg}$)	Absorption ($\mu\text{g/kg}$)	Urinary excretion ($\mu\text{g/kg}$)	Retention ($\mu\text{g/kg}$)
Male ($n=18$)	59.8 ± 6.5^a	$25.3 \pm 7.9^{**}$ (34.7 ± 9.7)***	4.8 ± 0.5 (9.3 ± 1.3)	20.7 ± 8.1 (25.5 ± 10.3)
Female ($n=15$)	82.3 ± 10.5^a	51.5 ± 10.0 (52.6 ± 6.3)	4.7 ± 0.5 (6.7 ± 1.0)	46.7 ± 9.8 (47.9 ± 6.8)
Average ($n=33$)	70.0 ± 6.1	37.2 ± 6.5 (42.8 ± 6.1)	4.7 ± 0.3 (8.1 ± 0.8)	32.6 ± 6.5 (35.6 ± 6.6)

* Subjects were provided with the daily normal diet, ** Mean $\pm$ S.E., *** Percentage of intake. Superscript letter indicates a significant difference between the paired results ($p < 0.05$).

し、平均体内保留率 39.1% (189 $\mu\text{g/kg}$ 体重) であった。ところで小児の成長にとって適切な Zn 量は吸収しやすい形態の Zn では 7~8 mg の摂取で十分であると指摘する成績がある。また、Scoular⁴⁰⁾ と Engel ら⁴¹⁾ は 1 日当りの摂取量が約 6 mg のとき 3.4 mg, 7 mg のとき 2.1 mg の体内保留量を示したと報告している。筆者らの結果は、7 mg/日の Zn 摂取量で正の出納を示し、1 日当り 3.1 mg を保留した。これらの点から考えてこの時期の小児では 7 mg/日前後の摂取量が適正量と推定される。

8. Cu 出納について

Cu は成人の生体には約 75 mg と少量の存在であるが、各種の臓器に広く分布している。Cu は酵素の構成成分とし、また、Fe 代謝にも関与して、Fe の吸収、貯蔵および血色素の合成に役立っていることが知られている³⁹⁾。ヒトにみられる Cu 欠乏は Menkes 病の小児、Cu を欠いた非経口栄養だけに頼っている病人、あるいは重篤な栄養不良を治療中の小児といったように、限られた範囲にのみみられ、普通の食生活を営む成人あるいは小児についての Cu 欠乏の報告はこれまで見当たらない⁴²⁾。ところで、Table 9 に示した筆者らの Cu 出納成績は男女別平均摂取量間に有意差 ($p < 0.05$) を示し、女兒が高値を示し、吸収率も女兒が高い。しかし尿中排泄量には性差がないため、体内保留量は平均値として、男児の 21 $\mu\text{g/kg}$ 体重 (25.5%) に対し、女兒が 47 $\mu\text{g/kg}$ 体重 (47.9%) と高く顕著な差異をみとめた。すなわち、女兒が男児に比べて Cu の摂取量も体内保留量ともに高値を示したのである。これは女兒のほうが体重が重く、そのために摂取量が男児より高かったことに起因するものと考ええる。鈴木ら¹⁹⁾の 5 歳から 9 歳の男児 6 名を用いた Cu 出納成績では 1 日平均約 3.2 mg (0.145 mg/kg 体重) の摂取量に対し 1.8 mg (0.080 mg/kg/体重) の蓄積量をみたと報告しており、さらに、Engel ら⁴¹⁾の報告では vegetarian タイプの食事内容のとき Cu

の摂取量が 3.35 mg/日で保留量が 1.02 mg/日であったとし、鈴木ら¹⁹⁾の結果に類似している。Engel ら⁴¹⁾や Price ら⁴³⁾の 6~10 歳の女兒で 30~40% の保留率を示しており筆者らの成績と類似である。筆者らの摂取量は鈴木ら¹⁹⁾ならびに Engel ら⁴¹⁾の値の 1/2 であった。

III. リン、マグネシウム、カリウム、亜鉛、銅の必要量の推定について

年齢、性別の所要量が未だ定められていない P, Mg, K, Zn および Cu について平衡試験法、すなわち、摂取量と体内保留量との回帰直線式からゼロ平衡を示す摂取量をその必要量とみなし推定を試みた。P の必要量は P 代謝が Ca 代謝と深い関係をもつため、Ca の必要量とほぼ等しい量を摂取する必要があるといわれている。そこで 3~6 歳の男女児の必要量を本出納結果より回帰直線の外挿法にて算定すると、P 摂取量 (X mg/kg 体重) と体内保留量 (Y mg/kg 体重) との回帰直線式は $Y = -10.359 + 0.381 X$ ($r = 0.421$) となった。この直線式から P のゼロ平衡を示す X の値、すなわち P の摂取量をその必要量とみなすことができ、平均値は Fig. 1 に示すごとく 27.2 mg/kg 体重 (95% 信頼限界: 10.0~32.0 mg/kg 体重) と計算された。他方同年代の Ca の必要量は男女とも 10 mg/kg 体重であり、また P の目標摂取量は Ca とほぼ等量であるとされている¹⁾点からすると高い数値であるが、P の利用度の低い点から考えても、算出した 27.2 mg/kg 体重はほぼこの年齢の P の必要量と考えることができる。

Mg 必要量を外挿法より推定すると、Fig. 2 に示したように、Mg がゼロ平衡を示す摂取量は 2.60 mg/kg 体重 (95% 信頼限界: 0~4.8 mg/kg 体重) に相当するので、この値が 4~6 歳の男女児の Mg 必要量であると推定された。

同年齢の K 必要量は本成績より求めた回帰直線 (Fig. 3) から計算すると、23.8 mg/kg 体重 (0.6 meq/kg 体

Fig. 1. Correlation between intake and retention of phosphorus in the group having the daily normal diet.

$$P \text{ retention (mg/kg)} = -10.35 + 0.38 \times P \text{ intake (mg/kg)}$$

$$r = +0.421 \ (n=33, p < 0.05).$$

L_1 : Regression line; L_2, L_3 : Confidence limit of regression ($p=0.95$). ● July, ▲ October.

Fig. 2. Correlation between intake and retention of magnesium in the group having the daily normal diet.

$$Mg \text{ retention (mg/kg)} = -1.53 + 0.59 \times Mg \text{ intake (mg/kg)}$$

$$r = +0.443 \ (n=33, p < 0.05).$$

L_1 : Regression line; L_2, L_3 : Confidence limit of regression ($p=0.95$). ● July, ▲ October.

重)の摂取量となり、Frankら⁴⁰⁾が成人に対して用いた体重 kg 当り 0.4 meq よりも高い値になった。この値がこの年齢の男女児の K 必要量と推定される。

Zn の摂取量と体内保留量との間に Fig. 4 に示すように正相関がみられ、回帰直線から平衡維持量を示す摂取量を求めたところ、男児では 188.7 $\mu\text{g/kg}$ 体重、女児では 183.2 $\mu\text{g/kg}$ 体重と算出された。さらに男女児

Fig. 3. Correlation between intake and retention of potassium in the group having the daily normal diet.

$$K \text{ retention (mg/kg)} = -15.00 + 0.63 \times K \text{ intake (mg/kg)}$$

$$r = +0.481 \ (n=33, p < 0.01).$$

L_1 : Regression line; L_2, L_3 : Confidence limit of regression ($p=0.95$). ● July, ▲ October.

Fig. 4. Correlation between intake and retention of zinc in the group having the daily normal diet.

$$Zn \text{ retention (}\mu\text{g/kg)} = -139.01 + 0.70 \times Zn \text{ intake (}\mu\text{g/kg)}$$

$$r = +0.592 \ (n=33, p < 0.01).$$

L_1 : Regression line; L_2, L_3 : Confidence limit of regression ($p < 0.95$). ● July, ▲ October.

全体について Zn の必要量を推定したところ 197 $\mu\text{g/kg}$ 体重と算出された。被験者の平均体重 16.50 kg を乗じて 1 日当りに換算すると 3.2 mg に相当した。しかし、Zn は汗や毛髪などからも損失することが知られている。そこで、Ritchey ら²⁵⁾が報告している汗からの損失量 1.2~1.4 mg/日を最大限に見積って加算した場合 4.6

Fig. 5. Correlation between intake and retention of copper in the group having the daily normal diet.

Cu retention ($\mu\text{g}/\text{kg}$) = $-33.36 + 0.94 \times \text{Cu intake } (\mu\text{g}/\text{kg})$.

$r = +0.963$ ($n = 33$, $p < 0.01$).

L_1 : Regression line; L_2 , L_3 : Confidence limit of regression ($p = 0.95$). ● July, ▲ October.

mg/日量の摂取が必要となる。また毛髪中に 150~190 ppm の Zn が存在しているので、毛髪からの損失も加算する必要があるが、前記の1日当り 4.6 mg の値が日本人小児の必要量であると考えてよいであろう。鈴木ら⁴⁵⁾の日本人成人女性による Zn 出納成績の平衡維持量は約 10 mg である。

Cu 必要量についての日本人の成績は昭和 31 年に行った鈴木ら¹⁹⁾の成績のみである。筆者らの結果を用い Fig. 5 に示す回帰直線からの Cu 必要量を求めたところ、体重 kg 当り男児で 40.5 μg 、女児で 30.2 μg 、男女児全体では 36.8 μg という数値が得られた。Cartwright ら⁴⁶⁾も Cu 出納についてゼロ平衡を示す Cu 摂取量は 30 $\mu\text{g}/\text{kg}$ 体重であると報告している。また、筆者らの出納試験に協力した被験者の平均体重 16.50 kg を乗じてみると1日当り 0.61 mg に相当し、Engel ら⁴¹⁾が報告している損失量 0.5 mg/日、鈴木ら¹⁹⁾が日本人小児で試算した 1.0 mg を加えても1日当り 1.11~1.61 mg である。毛髪中に Cu が 15~17 ppm 存在し⁴⁷⁾、この毛髪からの損失量を加算しても1日当り 1.1~1.16 mg の Cu 摂取は、3~6 歳の男女の Cu 必要量として十分と考えることができる。

Scoular⁴⁸⁾は 20 kg までの体重の 3~6 歳児の平均必要量は1日当り 1.0~1.6 mg であると報告している。さらに Engel ら⁴¹⁾は 3~10 歳の 36 人の少女で行った

Fig. 6. Correlation between calcium and phosphorus of intake in the group having the daily normal diet.

P intake (mg/kg) = $5.39 + 1.18 \times \text{Ca intake } (\text{mg}/\text{kg})$.

$r = +0.897$ ($n = 33$, $p < 0.01$).

L_1 : Regression line; L_2 , L_3 : Confidence limit of regression ($p = 0.95$). ● July, ▲ October.

出納試験から1日当り 1.3 mg の Cu 摂取が平均維持に必要であると推定している点でも、上記の年齢の Cu 必要量はほぼ 1~2 mg/日であると考えられる。日本人小児の血清 Cu 濃度は 2~5 歳の間に上昇ピークがみられると Hatano ら⁴⁹⁾が報告しているので、小児期では Cu の摂取に注意を払う必要があると思われる。一方、アメリカの栄養所要量の解説 (1980 年) によると Cu の適正摂取量は 4~6 歳の小児で 1.5~2.0 mg/日としている¹⁾。

IV. ミネラル摂取相互間の関係

次に、ミネラル摂取間関係を述べると、本出納における各被験者の Ca 摂取量と Mg および P 摂取量との相関をみたところ、Fig. 6, 7 に示すように Ca 摂取が上がれば Mg および P の摂取量も高くなる傾向を示している。

一方、食事の Ca と Mg の比率 (重量比) が虚血性心疾患の死亡率との間に相関関係を有することを 1978 年にフィンランドの Karppanen ら⁵⁰⁾は報告しており、それによると Ca/Mg 比が小さいほうが死亡率が低いと述べている。本出納での Mg 摂取量は前述の考案のごとくにはば十分量であると思われる。しかし、Ca/Mg の比が 3.23 で高く、食事の Ca/Mg 比が循環器疾患の発生に関連が大きいとすれば、小児期からの Ca/Mg 比を十分注意し、もう少し Mg 摂取を増やす必要性があ

Fig. 7. Correlation between calcium and magnesium of intake in the group having the daily normal diet.

$$\text{Mg intake (mg/kg)} = 1.70 + 0.24 \times \text{Ca intake (mg/kg)}.$$

$$r = +0.713 \quad (n=33, p < 0.01).$$

L₁: Regression line; L₂, L₃: Confidence limit of regression ($p=0.95$). ● July, ▲ October.

Fig. 8. Correlation between magnesium and phosphorus of intake in the group having the daily normal diet.

$$\text{P intake (mg/kg)} = 13.63 + 2.76 \times \text{Mg intake (mg/kg)}.$$

$$r = +0.702 \quad (n=33, p < 0.01).$$

L₁: Regression line; L₂, L₃: Confidence limit of regression ($p=0.95$). ● July, ▲ October.

るという考えも成立する。

また、PとMgの摂取量にも相関がみられた (Fig. 8)。さらにFeとCuとの摂取量にも正の相関がみられたが、これはFeの摂取が増せばCuの摂取も増す傾向

Fig. 9. Correlation between calcium retention and nitrogen intake in children having two levels of dietary protein.

$$\text{N intake (mg/kg)} = 458.86 - 7.71 \times \text{Ca retention (mg/kg)}.$$

$$r = -0.433 \quad (n=27, p < 0.05).$$

L₁: Regression line; L₂, L₃: Confidence limit of regression ($p=0.95$). ● Daily normal diet, ■ Low protein diet.

Fig. 10. Correlation between phosphorus retention and nitrogen intake in children having two levels of dietary protein.

$$\text{N intake (mg/kg)} = 411.75 - 7.97 \times \text{P retention (mg/kg)}.$$

$$r = -0.443 \quad (n=27, p < 0.05).$$

L₁: Regression line; L₂, L₃: Confidence limit of regression ($p=0.95$). ● Daily normal diet, ■ Low protein diet.

Table 10. Effect of two levels of protein intake on calcium balance (mg/kg).

		Male	Female	Average
Intake	DD*	25.89±0.79* ¹	25.96±1.78	25.91±0.77
	LPD**	31.60±1.08	31.18±1.70	31.46±0.88
Fecal excretion	DD	12.39±1.47	12.01±3.31	12.25±1.43
		(47.8±5.4)* ²	(44.4±10.4)	(46.6±4.9)
	LPD	13.88±1.13	15.65±3.15	14.47±1.46
		(43.6±4.7)	(49.4±8.2)	(45.6±4.1)
Absorption	DD	13.49±1.46	13.95±2.28	13.66±1.15
		(52.2±5.4)	(55.6±10.4)	(53.4±4.9)
	LPD	17.70±1.47	15.52±2.28	16.98±1.22
		(56.4±4.7)	(50.6±8.2)	(54.5±4.1)
Urinary excretion	DD	3.36±0.22	3.49±0.24	3.41±0.16
		(13.1±0.8)	(13.6±0.9)	(13.2±0.6) ^a
	LPD	3.43±0.31	3.44±0.36	3.43±0.23
		(10.8±0.9)	(10.9±0.7)	(10.9±0.6) ^a
Retention	DD	10.12±1.41	10.45±2.22	10.24±1.15
		(39.1±5.3)	(42.0±10.4)	(40.2±4.8)
	LPD	14.27±1.63	12.08±2.41	13.54±1.33
		(45.5±5.3)	(39.6±8.5)	(43.5±4.4)

* Daily normal diet, ** Low protein diet.

*¹ Mean±S.E., *² Percentage of intake.Superscript letter indicates a significant difference between the paired results ($p<0.05$).

を示すものである。なお、Fe と Cu との関係は、Cu が Fe の吸収や貯蔵 Fe からの Fe 動員に深く関与している⁵¹⁾ことが知られている。

V. ミネラル出納とタンパク質との関係

1. Ca について

摂取タンパク質レベルと Ca 出納との関係について、Sherman (1920 年)⁵²⁾が低 Ca 食に肉を加えて与えたところ、尿中 Ca の排泄増加のあったことを報告しているがこれがヒトによる実験の最初の報告とされている。近年に入り、Anand ら⁵³⁾は成人男子を被験者として投与 Ca 量を一定にし、タンパク質レベルを3段階設定して Ca 出納を観察し、タンパク質の摂取増加に伴い尿中 Ca の排泄量が増加し Ca 平衡は負値を示したという。また、Johnson ら⁵⁴⁾も 18~20 歳の男子で、Ca 平衡が負になったと報告している。

このように成人では、タンパク質の摂取量が上がれば尿中の Ca 排泄増がみられ Ca 平衡の負になることは明らかである。しかし、小児では様相が違うようで Hawks ら⁵⁵⁾によると体重 kg 当り 3~4 g にタンパク質

量を変えたが Ca の体内保留に影響しなかったという。また一方、Shofield ら⁵⁵⁾の小児について最低 0.5 g/kg 体重から最高 3 g/kg 体重のタンパク質を与え、Ca 量を一定投与したときの出納成績によると Ca の尿中排泄は各群間に差はみられないが、尿中排泄は、成人の場合と同様、高タンパク質摂取群では高い Ca の尿中排泄を示している。

Table 10 に示した Ca の出納結果より吸収率はタンパク質摂取量の多寡とは関係なく、尿中排泄量も投与食事中タンパク質含量によって差はみられなかったが、尿中排泄率ではタンパク質レベルによって有意差 ($p<0.05$) がみられ、低タンパク食では、吸収された Ca が体内により効率よく保留される傾向にあると思われた。しかし、体内保留は両群間に有意差が認められなかった。

本出納試験においてタンパク質摂取量と Ca 出納の関係は従来の報告⁵³⁾⁵⁴⁾にみられるように明確につかむことはできなかったが、これはタンパク質レベル差の小さい (2.7 g/kg 体重と 2.0 g/kg 体重) ことに関係すると推察された⁵⁵⁾。次に、タンパク質摂取 (窒素摂取量) と体内 Ca 保留量との関係を被験者より得られた数値をもと

Table 11. Effect of two levels of protein intake on phosphorus balance (mg/kg).

		Male	Female	Average
Intake	DD*	37.32±1.10* ¹	36.18±2.91	36.91±1.20
	LPD**	28.92±0.96	28.63±1.44	28.82±0.77
Fecal excretion	DD	10.35±1.27	8.58±2.53	9.72±1.18
		(27.8±3.4)* ²	(22.6±5.6)	(25.9±2.9)
	LPD	7.95±1.11	8.93±1.52	8.27±0.87
		(27.4±3.7)	(30.8±4.4)	(28.6±2.8)
Absorption	DD	26.96±1.53	27.59±1.60	27.19±1.10
		(72.2±3.4)	(77.5±5.6)	(74.1±2.8)
	LPD	20.97±1.29	19.70±1.40	20.55±0.93
		(72.5±3.7)	(69.2±4.4)	(71.4±2.8)
Urinary excretion	DD	23.42±1.23	23.64±1.60	23.50±0.94
		(62.9±3.3)	(67.0±6.9)	(64.4±3.1) ^a
	LPD	12.48±0.82	13.18±2.15	12.71±0.85
		(43.3±2.7)	(45.2±5.2)	(43.9±2.4) ^a
Retention	DD	3.54±1.75	3.94±1.39	3.68±1.19
		(9.3±4.5)	(10.5±3.2)	(9.7±3.0) ^b
	LPD	8.49±1.47	6.51±2.48	7.83±1.25
		(29.3±4.8)	(24.0±9.1)	(27.5±4.3) ^b

* Daily normal diet, ** Low protein diet.

*¹ Mean±S.E., *² Percentage of intake.Superscript letter indicates a significant difference between the paired results ($p<0.05$).

に求めた回帰直線と 95% の信頼区間限界を Fig. 9 に示した。描かれた回帰直線を Y 軸に外挿すると窒素摂取量 457 mg/kg 体重の点で交差する。このときの体内 Ca 保留値は 0 mg/kg 体重であるから摂取窒素量が 457 mg/kg 体重すなわちタンパク質として約 2.9 g/kg 体重を超えると Ca の体内保留が負になることを示唆している。

2. P について

P の出納結果を Table 11 に示した。投与タンパク質レベルは吸収率に影響を与えなかったが、尿中排泄率、体内保留率に影響を及ぼし ($p<0.05$)、低タンパク質レベルは尿中 P 排泄を減少させ、体内保留を増加させる結果を得た。

P 出納とタンパク質摂取との関係については Shofield ら³⁵⁾ Hawks ら³⁵⁾は食事性タンパク質レベルが減少すると P の吸収が上昇すると述べているが、筆者らの成績ではこのような結果は得られず、これは設定したタンパク質レベルの差の小さいことによるものかもしれない。

P の体内保留量と窒素摂取量との関係 (Fig. 10) は Ca と同様な傾向がみられ、窒素の摂取 411 mg/kg 体重で

P の体内保留がゼロとなる結果が得られ、タンパク質としては 2.6 g/kg 体重以下の摂取が妥当であると推定された。

3. Mg について

Mg の出納結果を Table 12 に示した。体重 1 kg 当り普通食 7.7 mg、低タンパク食 8.1 mg の Mg 摂取のとき、食事性タンパク質レベルは男女児の Mg 吸収に影響を与えなかった。尿中への Mg 排泄率は男女児ともに高タンパク質レベルで排泄増の結果を得た ($p<0.05$)。しかし、体内保留にはタンパク質レベルとの関係はみられなかった。

ところで、Mg とタンパク質との関係について、Shofield ら³⁵⁾の成績によると窒素レベルが 0.1~0.2 mg/kg 体重から 0.3~0.4 mg/kg 体重に上昇すると、Mg の吸収率そして体内保留の割合が低下する結果を示しており、筆者らの成績とは一致しない。これは Shofield ら³⁵⁾の成績にみられる Mg 摂取量 135~230 mg/日に対し、本出納試験の食事中 Mg 量が少ない (129~136 mg/日) ことによるものであろう。また、Mg の体内保留と窒素摂取量との間には Ca あるいは P のそれにみられた

Table 12. Effect of two levels of protein intake on magnesium balance (mg/kg).

		Male	Female	Average
Intake	DD*	7.71±0.24* ¹	7.64±0.85	7.69±0.25
	LPD**	8.19±0.24	8.02±0.40	8.13±0.20
Fecal excretion	DD	2.89±0.54	2.24±1.58	2.67±0.44
		(37.9±6.8)* ²	(27.8±9.1)	(34.3±5.4)
	LPD	3.26±0.49	4.14±0.72	3.55±0.40
		(39.7±5.8)	(51.2±7.8)	(43.5±4.7)
Absorption	DD	4.79±0.59	5.40±0.71	5.01±0.41
		(62.1±6.8)	(72.2±9.1)	(65.7±5.4)
	LPD	4.92±0.48	3.88±0.59	4.57±0.38
		(60.3±5.8)	(48.8±7.8)	(56.5±4.7)
Urinary excretion	DD	2.82±0.37	2.55±0.15	2.72±0.25
		(36.8±4.8)	(34.7±5.2)	(36.1±3.5) ^a
	LPD	2.25±0.20	1.73±0.25	2.08±0.17
		(27.5±2.1)	(21.4±2.4)	(25.5±1.8) ^a
Retention	DD	1.97±0.66	2.84±0.60	2.28±0.46
		(25.2±8.0)	(37.4±7.5)	(29.6±5.8)
	LPD	2.66±0.54	2.14±0.63	2.48±0.40
		(32.8±6.4)	(27.4±8.1)	(31.0±4.9)

* Daily normal diet, ** Low protein diet.

^{*1} Mean±S.E., ^{*2} Percentage of intake.Superscript letter indicates a significant difference between the paired results ($p<0.05$).

ような関係は観察できなかった。

4. Fe について

Fe の出納結果を Table 13 に示した。男女の平均値でみると、体重 kg 当り約 500 μ g の Fe 摂取で投与タンパク質レベルは Fe 出納に有意な影響を与えなかったが、女児では吸収率および体内保留率がタンパク質レベルの高い食事のとき高値傾向を示した。ところで、Fe 代謝とタンパク質栄養との関係は protein-energy-malnutrition (PEM) の症状で貧血の起こることはよく知られており⁵⁶⁾、また、低タンパク質摂取では Fe の腸管吸収が減少し、逆にタンパク質レベルの上昇により吸収が促進されたことも知られている⁵⁷⁾。しかし、本結果ではタンパク質レベルの差が小さかったためか、従来の報告にみられるような結果は得られなかった。

5. Zn について

Zn 出納については体重 kg 当りの Zn 摂取量に性差はみられないが、タンパク質 2.7 g/kg レベルと 2.0 g/kg レベルにおける Zn の摂取量を比較すると、前者が有意に高値であった。そして、Zn の腸管吸収は前者が後者に比して大であった。尿中排泄量には両者間に顕著

な差がないため、Zn の体内保留量は 2.7 g/kg 体重のタンパク質レベルで 238.3 μ g/kg 体重 (47.2%)、2.0 g/kg 体重のタンパク質レベルで 114.6 μ g/kg 体重 (31.8%) を示した。すなわち、Zn の摂取量および体内保留量ともに、摂取タンパク質レベルに応じて左右されることが観察された (Table 14)。ところで、Zn とタンパク質との関係は Zn の吸収に動物性タンパク質が強く関与しており、とくに動物性タンパク質の摂取量が多いと Zn の吸収が促進されると Sandstrom ら⁵⁸⁾は報告している。さらに、Price ら⁵⁹⁾は、タンパク質摂取量が 50 g で Zn 摂取量が 7 mg のとき、Zn の保留量は約 2 mg 以上であった。しかし、タンパク質が 25 g で Zn 摂取量が 5 mg のとき保留量は 1 mg 以下であったと報告している。タンパク質摂取量の多少により Zn 摂取量も変動することが知られている。本実験でもタンパク質摂取の低いときは、高いときに比して Zn の摂取量そして Zn の体内保留量に低値がみられた。このことは、発育のさかんな小児期では Zn の摂取量を高めることもさることながら、Zn の利用を高めるために摂取するタンパク質の量と質をも考慮することが大切であると思わ

Table 13. Effect of two levels of protein intake on iron balance ($\mu\text{g}/\text{kg}$).

		Male	Female	Average
Intake	DD*	491.6 $\pm$ 14.1* ¹	482.7 $\pm$ 35.8	490.0 $\pm$ 14.8
	LPD**	482.6 $\pm$ 15.8	486.4 $\pm$ 24.9	483.8 $\pm$ 12.9
Fecal excretion	DD	311.0 $\pm$ 36.6	246.9 $\pm$ 70.1	288.1 $\pm$ 33.8
		(63.5 $\pm$ 7.4)* ²	(48.3 $\pm$ 11.6)	(58.1 $\pm$ 6.4)
	LPD	279.1 $\pm$ 42.0	323.1 $\pm$ 43.2	293.7 $\pm$ 31.1
		(57.8 $\pm$ 8.6)	(65.9 $\pm$ 6.4)	(58.1 $\pm$ 6.4)
Absorption	DD	180.5 $\pm$ 38.7	240.2 $\pm$ 44.5	201.8 $\pm$ 29.9
		(36.4 $\pm$ 7.4)	(51.6 $\pm$ 11.6)	(41.8 $\pm$ 6.4)
	LPD	203.4 $\pm$ 42.1	162.8 $\pm$ 28.5	189.9 $\pm$ 29.4
		(42.2 $\pm$ 8.6)	(34.1 $\pm$ 6.4)	(41.8 $\pm$ 6.4)
Urinary excretion	DD	26.1 $\pm$ 4.0	25.4 $\pm$ 7.0	25.8 $\pm$ 3.4
		(5.5 $\pm$ 0.7)	(5.3 $\pm$ 1.4)	(5.4 $\pm$ 0.6)
	LPD	23.7 $\pm$ 2.5	20.9 $\pm$ 2.8	22.8 $\pm$ 1.9
		(5.0 $\pm$ 0.6)	(4.3 $\pm$ 0.5)	(4.7 $\pm$ 0.4)
Retention	DD	152.8 $\pm$ 37.5	214.7 $\pm$ 44.0	174.9 $\pm$ 28.9
		(30.8 $\pm$ 7.2)	(46.2 $\pm$ 11.4)	(36.3 $\pm$ 6.2)
	LPD	179.6 $\pm$ 43.5	141.8 $\pm$ 27.7	167.0 $\pm$ 28.7
		(37.2 $\pm$ 8.4)	(29.7 $\pm$ 6.2)	(34.7 $\pm$ 5.9)

* Daily normal diet, ** Low protein diet.

*¹ Mean $\pm$ S.E., *² Percentage of intake.

れる。

6. Cu 出納について

Cu について、Price ら⁵⁹⁾は食事のタンパク質レベルが変わっても Cu 出納に影響はおよぼさないとしている。また、Butler ら⁶⁰⁾はビーナッツ粉末およびカゼイン-乳アルブミン (5:1) をタンパク質源として用いたところ前者のビーナッツ粉末のほうが Cu 摂取量として後者より高い結果を示したと報告している。筆者らの Cu 出納成績ではタンパク質レベルを低くするため献立より簡単におとせる牛乳、卵、肉を除くことによって調整させたところ、タンパク質摂取量の低いほうが Cu の摂取量が高値を示す結果となった。また、Cu の尿中排泄率は (Table 15) 摂取タンパク質レベルにより有意な差を示したが、絶対量の上では差はみられなかった。

VI. おわりに

福祉施設に住む男女児について、試験Ⅰ、試験Ⅱを行った。試験Ⅰは男女児 33 名について日常食摂取下におけるミネラルの出納を観察したところ測定ミネラルはいずれも男女児の平均値でみれば正の体内保留を示した。また、摂取量と体内保留量との間の回帰直線より必要量

を推定したところ、体重 kg 当り、Mg は 2.6 mg であり、P は 27.2 mg、K は 23.8 mg、Zn は 197 μg 、Cu は 36.8 μg と推定した。

試験Ⅱでは男女児 15 名について、食事のタンパク質レベルを変えたときの Ca、P、Mg、Fe、Zn、Cu 出納の変化について観察したところ、高タンパク質レベル (普通食) は低タンパク質食に比し Ca の尿中排泄率を高める結果を得た。タンパク質摂取量との体内 Ca 保留量との関係より推定すると 26~31 mg/kg 体重の Ca 摂取ではタンパク質レベルは 2.9 g/kg 体重以下が望まれる結果を得た。

高タンパク質レベルは P の尿中排泄を高め、体内保留を減少させ、さらに Mg の尿中排泄増を招来した。タンパク質摂取量と体内 P 保留量との関係より、タンパク質の摂取は 2.6 g/kg 体重以下が望まれる結果を得た。また、Zn および Cu の摂取量は食事中タンパク質レベルの変化により影響を示した。

本稿を終えるにあたり、本学会の奨励賞受賞の機会を与えて下さいました日本栄養・食糧学会の皆様から心からの感謝の意を表わします。本研究を進めるにあたり、終

Table 14. Effect of two levels of protein intake on zinc balance ($\mu\text{g/kg}$).

		Male	Female	Average
Intake	DD*	508.0 $\pm$ 15.7* ¹	521.1 $\pm$ 28.5	512.7 $\pm$ 13.8 ^a
	LPD**	353.2 $\pm$ 12.1	383.7 $\pm$ 32.1	363.4 $\pm$ 13.2 ^a
Fecal excretion	DD	284.3 $\pm$ 50.0	199.9 $\pm$ 63.0	254.1 $\pm$ 38.3
		(55.3 $\pm$ 8.8)* ²	(36.9 $\pm$ 9.3)	(48.7 $\pm$ 6.8)
	LPD	209.3 $\pm$ 30.8	262.0 $\pm$ 40.9	226.9 $\pm$ 24.7
		(59.1 $\pm$ 8.4)	(68.0 $\pm$ 9.3)	(62.1 $\pm$ 6.3)
Absorption	DD	223.7 $\pm$ 46.1	321.1 $\pm$ 36.5	258.5 $\pm$ 34.0 ^b
		(44.6 $\pm$ 8.8)	(63.0 $\pm$ 9.3)	(51.2 $\pm$ 6.8)
	LPD	143.8 $\pm$ 30.1	121.1 $\pm$ 33.0	136.4 $\pm$ 22.4 ^b
		(40.8 $\pm$ 8.4)	(31.9 $\pm$ 9.3)	(37.8 $\pm$ 6.3)
Urinary excretion	DD	18.6 $\pm$ 1.17	22.9 $\pm$ 1.1	20.1 $\pm$ 0.9
		(5.8 $\pm$ 0.2)	(6.0 $\pm$ 0.3)	(5.9 $\pm$ 0.2)
	LPD	20.7 $\pm$ 1.2	23.8 $\pm$ 3.0	21.7 $\pm$ 0.9
		(3.6 $\pm$ 0.1)	(4.4 $\pm$ 0.1)	(3.9 $\pm$ 0.1)
Retention	DD	205.0 $\pm$ 45.9	298.2 $\pm$ 37.2	283.3 $\pm$ 33.7 ^c
		(40.9 $\pm$ 8.7)	(58.6 $\pm$ 9.3)	(47.2 $\pm$ 6.7)
	LPD	123.0 $\pm$ 30.5	97.7 $\pm$ 32.6	114.6 $\pm$ 23.6 ^c
		(34.9 $\pm$ 8.6)	(25.7 $\pm$ 9.4)	(31.8 $\pm$ 6.4)

* Daily normal diet, ** Low protein diet.

*¹ Mean $\pm$ S.E., *² Percentage of intake.Superscript letter indicates a significant difference between the paired results ($p<0.05$).

始ご指導ご鞭撻いただきました東京農業大学教授 五島孜郎先生、日本医科大学教授 吉野芳夫先生、大阪市立大学名誉教授 現在静岡県立大学教授 小石秀夫先生に心から感謝いたします。また、本研究の遂行にご協力をいただきました被験者としての小児の皆さん、さらに、熊本大学医学部の北野隆雄先生ならびに東京農業大学栄養生理学研究室の皆様がたに改めてお礼申し上げます。

文 献

- 1) 厚生省保健医療局健康増進栄養課(編): 第三次改定日本人の栄養所要量, 75 (1983), 第一出版(東京)
- 2) 総理府統計局(編): 昭和 58 年度家計調査年報, 196 (1954), 日本統計協会(東京)
- 3) 厚生省保健医療局健康増進栄養課(編): 昭和 62 年度版国民栄養の現状, 49 (1987), 第一出版(東京)
- 4) 鈴木和春: 日医大誌, 54, 25 (1987)
- 5) 鈴木和春, 五島孜郎, 菅家祐輔, 北野隆雄, 小石秀夫: 栄養誌, 36, 231 (1983)
- 6) 鈴木和春, 五島孜郎: 栄養誌, 40, 443 (1987)
- 7) 吉田精作, 池辺克彦, 田中源一: 栄養誌, 39, 15 (1986)
- 8) 瓦家千代子, 大柴恵一, 神戸 保, 藤田忠雄, 亀

- 井正治, 新井弘子, 野村公子, 津田 照: 栄養学雑誌, 41, 147 (1983)
- 9) 古明地良孝: 栄養誌, 7, 51 (1954)
- 10) 岡崎光子, 広川いさ子, 姫野誠一郎, 鈴木継美: 栄養誌, 38, 167 (1985)
- 11) 川村信一郎: 栄養: 所要量と摂取量, 191 (1983) 共立出版(東京)
- 12) 鈴江緑衣郎: 臨床栄養, 61, 148 (1982)
- 13) 厚生省保健医療局健康増進栄養課(監修): 第四次改定日本人の栄養所要量, 86 (1989), 第一出版(東京)
- 14) Committee on Nutrition, American Academy of Pediatrics: *Pediatrics*, 53, 115 (1974)
- 15) Blair-West, J.R., Coghlan, J.P., Denton, D.A., Funder, J.W., Nelson, J.F., Scoggins, B.A. and Wright, R.D.: *Circ. Res.*, 27 (Suppl.), II-251 (1970)
- 16) 平田清平, 阿部達夫, 花岡 隆, 戸田まゆみ, 野津浩二: 第 33 回日本栄養・食糧学会総会講演要旨集, 132 (1979)
- 17) Monsen, E.R.: Recommended dietary allowances—The 10th edition, *J. Am. Diet. Assoc.*, 89, 1748 (1989)
- 18) 吉川陽造, 藤田光男: 美作女子大学研究紀要, 6, 49 (1973)
- 19) 鈴木一正, 早川徳子, 長谷川好亮: 昭和 31 年度国立栄養年報, 39 (1956)
- 20) 若原延子, 桑 畑: 栄養誌, 26, 155 (1973)

Table 15. Effect of two levels of protein intake on copper balance ($\mu\text{g/kg}$).

		Male	Female	Average
Intake	DD*	45.6 $\pm$ 1.4 ^{*1}	46.0 $\pm$ 2.9	45.8 $\pm$ 1.3 ^a
	LPD**	55.0 $\pm$ 1.5	55.7 $\pm$ 2.9	55.2 $\pm$ 1.3 ^a
Fecal excretion	DD	30.3 $\pm$ 3.8	27.8 $\pm$ 7.2	29.3 $\pm$ 3.4
		(66.9 $\pm$ 8.5) ^{*2}	(58.9 $\pm$ 14.4)	(63.9 $\pm$ 7.3)
	LPD	32.5 $\pm$ 4.7	38.8 $\pm$ 6.2	34.6 $\pm$ 3.7
		(58.8 $\pm$ 8.1)	(69.2 $\pm$ 9.6)	(62.3 $\pm$ 6.2)
Absorption	DD	15.3 $\pm$ 4.2	18.2 $\pm$ 5.8	16.4 $\pm$ 3.3
		(33.0 $\pm$ 8.5)	(41.0 $\pm$ 14.4)	(36.0 $\pm$ 7.3)
	LPD	22.5 $\pm$ 4.5	16.8 $\pm$ 5.1	20.6 $\pm$ 3.4
		(41.4 $\pm$ 8.1)	(30.7 $\pm$ 9.6)	(37.6 $\pm$ 6.2)
Urinary excretion	DD	6.8 $\pm$ 0.4	5.3 $\pm$ 0.6	6.2 $\pm$ 0.4
		(14.8 $\pm$ 0.7)	(11.8 $\pm$ 1.5)	(13.6 $\pm$ 0.8) ^b
	LPD	5.1 $\pm$ 0.8	5.6 $\pm$ 0.7	5.2 $\pm$ 0.5
		(9.1 $\pm$ 1.2)	(9.9 $\pm$ 0.9)	(9.4 $\pm$ 0.8) ^b
Retention	DD	8.5 $\pm$ 4.1	12.8 $\pm$ 5.8	10.1 $\pm$ 3.3
		(18.1 $\pm$ 8.7)	(29.2 $\pm$ 14.1)	(22.4 $\pm$ 7.4)
	LPD	17.3 $\pm$ 4.8	11.2 $\pm$ 4.8	15.3 $\pm$ 3.5
		(32.0 $\pm$ 8.5)	(20.7 $\pm$ 9.0)	(28.2 $\pm$ 6.4)

* Daily normal diet, ** Low protein diet.

*¹ Mean $\pm$ S.E., *² Percentage of intake.Superscript letter indicates a significant difference between the paired results ($p<0.05$).

- 21) 松平敏子, 柳瀬恭子, 中西妙子, 山田京子, 片山洋子, 奥田豊子, 武副礼子, 小石秀夫: 栄食誌, 30, 193 (1977)
- 22) 山東せつ子: 栄食誌, 34, 109 (1981)
- 23) 鈴木一正: 昭和38年度国立栄研年報, 24 (1963)
- 24) Yamagata, N. and Iwashima, K.: 公衆衛生院研究報告, 11, 131 (1962)
- 25) Ritchey, S.J., Korslund, M.K., Gilbert, L.M., Fay, D.D. and Robinson, M.R.: *Am. J. Clin. Nutr.*, 32, 799 (1979)
- 26) Lyon, T.D.B., Smith, M. and Smith, L.B.: *Br. J. Nutr.*, 42, 413 (1979)
- 27) 古武弥三, 池田小夜子, 柴田満里子: 栄食誌, 34, 355 (1981)
- 28) 武 敦子, 矢野公子, 鈴木泰夫, 野田克彦: 栄食誌, 30, 381 (1977)
- 29) 村上 靖: 大阪市大医誌, 22, 13 (1975)
- 30) 寺岡久之, 森井ふじ, 小林 純: 栄食誌, 34, 221 (1981)
- 31) Aspin, N. and Sass-Kortsak, A.: Disorders of Mineral Metabolism, Vol. 1, Trace Mineral (Bronner, F. and Coburn, W., eds.), 59 (1981), Academic Press (New York)
- 32) 林 路彰, 大栗サダ, 原 綾子: 栄食誌, 5, 20 (1952)
- 33) 速水 洪, 橋本タニ, 松野ゆき: 昭和31年度国立栄研年報, 37 (1956)
- 34) 神谷保男: 栄食誌, 9, 112 (1956)
- 35) Shofield, F.A. and Morrel, E.: *Fed. Proc.*, 19, 1014 (1960)
- 36) Henneman, P.H. and Dempsey, E.R.: *J. Clin. Invest.*, 35, 711 (1956)
- 37) Harrison, M.E., Walls, C., Korsland, M.K. and Ritchey, S.J.: *Am. J. Clin. Nutr.*, 29, 842 (1976)
- 38) Bjorn-Rasmussen, E., Hallberg, L., Magnuson, B., Rossander, L., Sranberg, B. and Arvidsson, B.: *Am. J. Clin. Nutr.*, 29, 772 (1976)
- 39) Sandstead, H.H. and Evans, G.W.: Present Knowledge in Nutrition (Olson, R.E., ed.), "Zinc", 479 (1984), Nutr. Foundation, Inc. (Washington, D.C.)
- 40) Scoular, F.I.: *J. Nutr.*, 17, 103 (1939)
- 41) Engel, R.W., Price, N.O. and Miller, R.F.: *J. Nutr.*, 92, 197 (1967)
- 42) O'Dell, B.L.: Present Knowledge in Nutrition (Olson, R.E., ed.), "Copper", 506 (1984), Nutr. Foundation, Inc. (Washington, D.C.)
- 43) Price, N.O., Bunce, G.E. and Engel, R.W.: *Am. J. Clin. Nutr.*, 23, 258 (1970)
- 44) Frank, H.A., Hastings, T.N. and Brophy, T.W.: *West. J. Surg.*, 60, 25 (1952)
- 45) 鈴木一正: 微量金属代謝, No. 9, 1 (1981)
- 46) Cartwright, G.E., Hodges, R.E., Gubler, C.J., Mahoney, J.D., Daum, K., Wintrobe, M.M. and Bean, W.B.: *J. Clin. Invest.*, 33, 1487

- (1954)
- 47) 森田昌敏：生体と重金属（不破敬一郎編），151
（1981）講談社サイエンティフィック（東京）
 - 48) Scoular, F.E. : *J. Nutr.*, **16**, 437 (1938)
 - 49) Hatano, S., Nishi, Y. and Usui, T. : *Am. J. Clin. Nutr.*, **35**, 120 (1982)
 - 50) Karppanen, H., Pennanen, R. and Passinen, L. : *Adv. Cardiol.*, **25**, 9 (1978)
 - 51) Underwood, E.J.（日本化学会訳編）：微量元素；
栄養と毒性，57（1975），丸善（東京）
 - 52) Sherman, H.C. : *J. Biol. Chem.*, **44**, 21 (1920)
 - 53) Anand, C.R. and Linkswiler, H.H. : *J. Nutr.*,
104, 695 (1974)
 - 54) Johnson, N.E., Alcantara, E.N. and Linkswiler,
H.H. : *J. Nutr.*, **100**, 1425 (1970)
 - 55) Hawks, J.E., Bray, M.M., Wilde, M.O. and
Dye, M. : *J. Nutr.*, **24**, 283 (1942)
 - 56) Lynch, S.R., Becker, D., Seftel, H., Bothwell,
T.H., Stevens, K. and Metz, J. : *Am. J. Clin.
Nutr.*, **23**, 792 (1970)
 - 57) Layrisse, M., Marting-Torres, C. and Gonzales,
M. : *Am. J. Clin. Nutr.*, **27**, 152 (1974)
 - 58) Standstrom, B., Aruidsson, B., Cederblad, A.
and Bjorn-rasmussen, E. : *Am. J. Clin. Nutr.*,
33, 739 (1980)
 - 59) Price, N.O., Bunce, G.E. and Engel, R.W. :
Am. J. Clin. Nutr., **23**, 258 (1970)
 - 60) Butler, L.C. and Daniel, J.M. : *Am. J. Clin.
Nutr.*, **26**, 744 (1973)

（1990 年 8 月 4 日受理）