— 原 著 —

日本人小児のミネラル出納について*

鈴木 和春

日本医科大学第2生化学教室 (主任: 吉野芳夫教授)

The mineral balance of young Japanese children

Kazuharu Suzuki

The Second Department of Biochemistry (Chief: Prof. Yoshio Yoshino), Nippon Medical School

In order to estimate the daily intake of calcium, phosphorus, magnesium, iron, zinc, copper, sodium and potassium and to establish their balanced requirement value, two kinds of survey were made of young children at a welfare facility in Osaka prefecture. In survey I, mineral balance tests were performed in order to assess the nutritional status of 18 male and 15 female children (aged from 3y5m to 6y9m) provided with a normal daily diet. In survey II, balance studies of calcium, phosphorus, magnesium, iron, zinc and copper were performed on 15 children (10 male and 5 female aged from 3y10m to 6y5m) receiving two levels of dietary protein which were composed of 2.7 and 2.0 g/kg body weight.

1) The minerals exhibited the positive retention in a daily normal diet. The magnesium, phosphorus, zinc and copper requirements were estimated as 2.6mg/kg, 27.2mg/kg, 197 μ g/kg and 36.8 μ g/kg body weight respectively.

2) The amount of calcium retention and urinary excretion were not influenced by a decrease in the dietary protein level from 2.7 to 2.0g/kg body weight. However the percentage of urinary calcium excretion showed a higher value, the protein content was increased to the level of a normal daily diet. The amount of urinary excretion of phosphorus increased and retention decreased at the higher protein level compared to the lower protein level (Low protein diet). In regard to the balance of magnesium, urinary excretion was less at the lower level of protein. Intake of copper increased and that of zinc decreased at the lower level of protein compared to the higher protein diet.

Key words: mineral balance, Japanese young children, Ca, P, Na, K, Fe, Zn and Cu, retention, urinary excretion

結 言

無機質 (ミネラル) 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することは周知の事実である。小児期におけるミネラ

ル必要量あるいは適正な摂取量を知ることは個人の将来にとって必要なことである。しかし、日本人のミネラル所要量は、従来からカルシウム (Ca) と鉄 (Fe) についてのみ算定され、ナトリウム (Na)、リン (P)、カリウム (K) については適正摂取量が記述してあるのみである¹⁾。さらにこれらの数値は国内外の文献値から求められたものである。しかし近年、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ていることは指摘されている^{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

Present address: The Second Department of Biochemistry, Nippon Medical School, 1-1-5, Sendagi, Bunkyo-ku, Tokyo, 113 Japan

*本論文は学位論文である。

各栄養素量を決定することは問題があると考えられる。

著者は幼児の育成に当たる H 福祉施設の協力を得て、測定可能な範囲内にてミネラル出納を測定した。なお、この調査は性差、蛋白質摂取の変化を考慮して行ったのでこの結果について報告する。

研究対象および方法

(1) 第 I 回試験

調査は大阪市内の H 福祉施設に養育される幼児について出納試験を 2 回実施した。1 回目は 1978 年 7 月

5 日～7 日の連続 3 日間で、3 歳 5 カ月～6 歳 9 カ月の男児 9 名、女児 10 名（合計 19 名）であり、2 回目は同年 10 月 4 日～6 日の連続 3 日間で、3 歳 10 カ月～6 歳 5 カ月の男児 9 名、女児 5 名（合計 14 名）である。

(2) 第 II 回試験

被験者は試験 I と同様の福祉施設に養育される 3 歳 10 カ月～6 歳 5 カ月の男児 10 名、女児 5 名の計 15 名である。出納試験として、まず 1978 年 10 月 4 日～6 日の 3 日間日常食（蛋白質平均 2.7 g/kg 体重）を投与

Table 1A Age, height and body weight of subjects provided with daily normal diet

Name	Sex	Month of investigation	Age	Height (cm)	Body weight (kg)
T.O.	M	July	3 y 6 m	90.50	13.34
N.M.	M	July	4 y 3 m	100.00	15.99
T.K.	M	July	4 y 9 m	104.85	17.22
K.U.	M	July	4 y 3 m	93.10	13.44
K.K.	M	July	5 y 5 m	108.50	17.04
Y.Y.	M	July	5 y 6 m	109.70	18.44
S.S.	M	July	6 y 9 m	107.00	18.75
S.F.	M	July	3 y 5 m	94.95	13.73
H.U.	M	July	5 y 7 m	107.75	18.00
C.K.	F	July	3 y 7 m	91.00	13.00
M.O.	F	July	5 y 1 m	106.45	20.60
T.K.	F	July	5 y 4 m	106.40	16.89
Y.M.	F	July	3 y 11 m	96.00	14.35
R.M.	F	July	4 y 9 m	103.05	16.33
M.F.	F	July	4 y 4 m	98.05	14.65
K.K.	F	July	4 y 7 m	100.55	16.90
A.S.	F	July	6 y 1 m	106.30	15.85
Y.N.	F	July	5 y 8 m	111.20	17.51
M.K.	F	July	6 y	107.70	18.45
M.K.	M	October	3 y 8 m	93.80	15.00
E.Y.	M	October	3 y 9 m	97.40	15.50
Y.M.	M	October	4 y 2 m	98.10	15.30
D.I.	M	October	4 y 7 m	103.70	15.50
T.K.	M	October	5 y 6 m	107.50	18.60
T.M.	M	October	5 y 7 m	102.10	15.70
M.T.	M	October	6 y 1 m	111.20	19.40
T.T.	M	October	6 y 3 m	108.30	17.10
K.S.	M	October	6 y 4 m	108.50	18.70
T.T.	F	October	3 y 8 m	97.70	17.20
M.H.	F	October	4 y 6 m	99.00	18.20
Y.K.	F	October	4 y 6 m	97.50	13.50
M.M.	F	October	5 y 2 m	102.40	17.10
H.T.	F	October	5 y 8 m	103.90	17.10
Mean (Average)	M(n=18)		4 y 11 m	102.60±1.50*	16.48±0.46
	F(n=15)		4 y 10 m	101.80±1.40	16.50±0.51
	(n=33)		4 y 10 m	102.22±1.03	16.50±0.34

M: Male, F: Female, *: Mean±S.E.

Table 1B Age, height and body weight of subjects provided with two levels of dietary protein

Name	Sex	Age	Height (cm)	Body weight (kg)
M. K.	M	3 y 10 m	93.80	15.00
M. Y.	M	3 y 10 m	100.00	18.30
E. Y.	M	3 y 11 m	97.40	15.50
Y. M.	M	4 y 2 m	98.10	15.30
D. I.	M	4 y 8 m	103.70	15.50
T. K.	M	5 y 7 m	107.50	18.60
T. M.	M	5 y 8 m	102.10	15.70
M. T.	M	6 y 1 m	111.20	19.40
T. T.	M	6 y 5 m	108.50	18.70
K. S.	M	6 y 4 m	108.30	17.10
T. T.	F	3 y 10 m	97.70	17.20
M. H.	F	4 y 7 m	99.00	18.20
Y. K.	F	5 y 2 m	97.50	13.50
M. M.	F	5 y 2 m	102.40	17.10
H. T.	F	5 y 10 m	103.90	17.10
Mean (Average)	M(n=10)	5 y 1 m	103.1±1.8*	16.90±0.5
	F(n= 5)	4 y 11 m	100.1±1.3	16.60±0.8
	(n=15)	5 y 0 m	102.1±1.3	16.80±0.43

M : Male, F : Female, * : Mean±S.E.

して出納観察し、次いで低蛋白質食（蛋白質平均 2.0 g/kg 体重）に切り替え、これを 1 週間投与し、投与終了前 3 日間にわたり出納を観察した。低蛋白質食の調製は牛乳、卵、肉など簡単に献立からおとせるものを削除することで行い、Ca 量の調整に乳酸 Ca を添加した。

なお、児童の健康管理は当施設内に併置された診療所の医師によって行われ、食事は栄養士により管理された。

(3) 試験方法

1) 出納食

本出納試験に用いた食事内容は特別に調製されたものではなく、日常施設で用いられている基準食事である。そして各人の摂取量は個人別に測定し、そのすべてについて、一部を研究室に持ち帰り分析し、摂取栄養素量を実測した。

2) 尿尿の採取

尿は実験開始の朝 6 時～翌朝 6 時までのものを 24 時間尿として 3 日間採取し、分析試料とした。尿については、カルミンをマーカーとして出納食に由来する 3 日分を採取し分析に供した。

また、これら小児の出納実験時の年齢、体重および身長を Table 1A, 1B に示した。体重測定には台秤、

身長測定にはマルチンの身長計を用い早朝空腹時に測定した。

3) 試料の分析

食品と尿はともに凍結乾燥粉末化したものを電気炉で 500℃、48 時間灰化し、尿は濃縮乾燥後、同様に電気炉で灰化し、いずれも希塩酸溶液とした⁴⁾。

4) ミネラルの測定

カルシウム (Ca)、マグネシウム (Mg)、鉄 (Fe)、銅 (Cu)、亜鉛 (Zn) は原子吸光分光光度計⁵⁾により測定し、ナトリウム (Na)、カリウム (K) は炎光光度計⁶⁾、リン (P) は Gomori 法⁷⁾により測定した。

5) 出納法

吸収量、体内保留量は下記の計算法にて計算した。

摂取量－尿中排泄量＝吸収量

吸収量－尿中排泄量＝体内保留量

で表すこととした。また率はすべて摂取量に対するパーセントで示した。

6) 統計処理

student's t-test 法⁸⁾を用いて検定した。

結 果

調査対象の年齢、性別、身長、体重および調査時期は Table 1A に示した。統計処理のうえで 10 月に調査した対象のうち 1 名の成績を棄却したので、総数 33 名である。10 月の調査は投与蛋白量を 2 段に変化させたので、対象者を特に Table 1B に別記した。Ca, P, Mg, Fe, Zn, Cu, Na および K の出納は同じ順序で Table 2～9 に示したが、A 表は 33 名総数の成績であり、B 表は調査時期または性別によって分類し検討した結果である。なお負荷蛋白量の異なる 2 群間における各栄養素の出納結果を Table 10～15 に示した。

1. 第 I 回試験：日常食摂取下での各種ミネラルの出納

(1) 調査期日と摂取量

Ca, P, Zn の摂取量は Table 2B, 3B, 6B に示したように 7 月に比較して 10 月のほうが高値を示し、それに伴い吸収、体内保留も同様な結果を示した。特別行事日や、土、日曜日を除き、連続 3 日間の出納試験を行ったが、10 月の対象者は、7 月の対象者と同一ではない。したがって厳密な意味での調査期間の変化を論ずることは困難である。しかし、高温多湿の夏季（7 月）に比し、秋季（10 月）には食欲も増進し、摂取栄養素量も増加するものと考えられる。すなわち、10 月

Table 2A Calcium balance of 33 individual subjects*

Name	Intake	Absorption		Urinary excretion		Retention	
	(mg/kg)	(mg/kg)	(%)	(mg/kg)	(%)	(mg/kg)	(%)
T.O.	26.63	9.30	34.9	1.85	6.9	7.45	28.0
N.M.	22.05	7.32	33.2	1.74	7.9	5.58	25.3
T.K.	22.54	6.83	30.3	1.70	7.5	5.13	22.7
K.U.	21.72	7.62	35.6	2.29	10.6	5.32	24.9
K.K.	20.37	4.18	20.5	1.48	7.3	2.70	13.2
Y.Y.	19.25	2.62	13.6	2.52	13.1	0.10	0.5
S.S.	18.81	8.68	46.1	1.80	9.5	6.89	36.6
S.F.	24.84	13.81	55.6	3.43	13.8	10.38	41.8
H.U.	21.65	7.79	36.0	3.85	17.8	3.94	18.2
C.K.	20.17	5.54	27.5	2.30	11.4	3.25	16.1
M.O.	27.15	6.40	23.7	1.88	6.9	4.53	16.7
T.K.	15.00	8.36	55.7	1.56	10.4	6.80	45.3
Y.M.	23.61	5.22	22.1	3.56	15.1	1.64	7.0
R.M.	21.41	7.05	32.9	3.08	14.4	3.97	18.5
M.F.	23.11	6.53	28.2	2.17	9.4	4.35	18.8
K.K.	20.11	9.42	46.8	2.15	11.7	7.27	36.1
A.S.	23.10	7.05	30.5	2.51	10.9	4.54	19.7
Y.N.	20.99	9.25	44.1	1.34	6.4	7.91	37.7
M.K.	20.33	11.89	58.5	3.47	12.2	9.42	46.3
M.K.	28.75	13.94	48.5	2.73	9.5	11.20	39.0
E.Y.	27.73	9.69	34.9	3.64	13.1	6.05	21.8
Y.M.	27.13	22.28	82.1	3.31	12.2	18.97	69.9
D.I.	27.74	16.27	58.6	4.83	17.4	11.44	41.2
T.K.	23.32	9.09	39.0	3.32	14.3	5.77	24.7
T.M.	27.55	13.77	50.0	3.25	11.8	10.52	38.2
M.T.	22.62	12.96	57.3	2.60	11.5	10.36	45.8
T.T.	22.96	15.49	67.5	3.75	16.3	11.74	51.2
K.S.	25.23	7.99	31.7	2.89	11.5	5.10	20.2
T.T.	22.69	14.04	61.9	2.70	11.9	11.34	50.0
M.H.	23.39	21.18	90.6	3.41	14.5	17.76	76.0
Y.K.	32.77	11.24	34.3	3.72	11.3	7.52	22.9
M.M.	25.33	8.69	34.3	4.20	16.6	4.49	17.7
H.T.	25.65	14.61	57.0	3.35	13.5	11.16	43.5
Mean(n=33)	23.50	10.18	43.1	2.76	11.7	7.41	31.3
S.E.	0.59	0.77	2.9	0.14	0.5	0.71	2.8

* : Subjects were provided with the daily normal diet

Table 2B Comparison between two average values of calcium balance derived from either the periods of the survey or the sexes*

	Intake (mg/kg)	Absorption (mg/kg)	Urinary excretion(mg/kg)	Retention (mg/kg)
July	21.72±0.64**	7.62±0.58	2.29±0.16	5.32±0.59
n=19	(%)***	35.5 ±2.89	10.6 ±0.72	24.9 ±2.93
October	25.91±0.77	13.66±1.15	3.40±0.16	10.24±1.15
n=14	(%)	53.4 ±4.87	13.2 ±0.61	40.1 ±4.81
Male	23.93±0.73	10.53±1.13	2.83±0.21	7.70±1.02
n=18	(%)	43.0 ±3.97	11.7 ±0.79	31.2 ±3.75
Female	22.98±1.02	9.76±1.10	2.69±0.21	7.06±1.06
n=15	(%)	43.2 ±4.83	11.7 ±0.73	31.4 ±4.74
Average	23.50±0.60	10.18±0.78	2.76±0.15	7.41±0.72
n=33	(%)	43.1 ±3.00	11.7 ±0.53	31.3 ±2.90

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

*** : Percentage of intake

Table 3A Phosphorus balance of 33 individual subjects*

Name	Intake	Absorption		Urinary excretion		Retention	
	(mg/kg)	(mg/kg)	(%)	(mg/kg)	(%)	(mg/kg)	(%)
T. O.	38.63	25.66	66.4	16.50	42.7	9.16	23.7
N. M.	31.74	18.99	59.8	23.82	75.0	-4.83	-15.2
T. K.	34.78	22.31	64.1	18.23	52.4	4.08	11.7
K. U.	28.92	11.57	39.9	15.30	52.9	-3.77	-13.0
K. K.	30.08	17.68	58.8	19.07	63.4	-1.39	-4.6
Y. Y.	30.62	19.28	63.0	22.85	74.6	-3.57	-11.7
S. S.	28.75	17.52	60.9	18.38	63.9	-0.86	-3.0
S. F.	32.36	20.38	63.0	17.78	54.9	2.60	8.0
H. U.	33.17	21.86	65.9	18.77	56.6	3.09	9.3
C. K.	30.78	21.83	70.9	22.20	72.1	-0.37	-1.2
M. O.	35.67	20.88	58.5	22.58	63.3	-1.70	-4.8
T. K.	24.22	17.50	72.3	16.76	69.2	0.74	3.1
Y. M.	32.35	18.42	56.9	17.22	53.2	1.20	3.7
R. M.	31.49	21.47	68.2	19.43	61.7	2.04	6.5
M. F.	33.67	22.79	67.7	17.46	51.9	5.33	15.8
K. K.	30.25	21.23	70.2	16.85	55.7	4.38	14.5
A. S.	32.95	22.16	67.3	17.16	52.1	5.00	15.2
Y. N.	28.92	21.70	75.0	17.04	58.9	4.66	16.1
M. K.	29.43	22.65	77.0	17.00	57.8	5.65	19.2
M. K.	40.16	27.93	69.6	21.88	54.5	6.05	15.1
E. Y.	39.37	25.19	64.0	26.01	66.1	-0.82	-2.1
Y. M.	39.15	35.71	91.2	20.39	52.1	15.32	39.1
D. I.	38.17	28.59	74.9	23.68	62.0	4.90	12.8
T. K.	41.18	31.09	75.5	27.97	67.9	3.12	7.8
T. M.	38.49	24.81	64.5	27.55	71.6	-2.74	-7.1
M. T.	32.46	24.87	75.7	25.08	77.3	-0.51	-1.6
T. T.	32.38	25.38	78.4	21.81	67.4	3.57	11.3
K. S.	34.54	19.43	56.3	16.43	47.6	3.00	8.7
T. T.	29.90	25.44	85.1	20.34	68.0	5.10	17.1
M. H.	32.80	31.25	95.3	29.83	91.0	1.43	4.4
Y. K.	47.06	31.34	66.6	22.72	48.3	8.62	18.3
M. M.	35.05	23.30	66.5	22.42	64.0	0.88	2.5
H. T.	36.09	26.64	73.8	22.93	63.5	3.71	10.3
Mean(n=33)	33.80	23.23	68.5	20.71	61.6	2.51	6.9
S.E.	0.78	0.83	1.7	0.64	1.7	0.70	1.9

* : Subjects were provided with the daily normal diet

Table 3B Comparison between two average values of phosphorus balance derived from either the periods of the survey or the sexes*

	Intake (mg/kg)	Absorption (mg/kg)	Urinary excretion(mg/kg)	Retention (mg/kg)
July	31.51±0.71**	20.30±0.69	18.65±0.56	1.65±0.86
n=19	(%)***	64.5 ±1.88	59.5 ±1.98	4.9 ±2.63
October	36.91±1.20	27.21±1.10	23.50±0.94	3.68±1.20
n=14	(%)	74.1 ±2.90	64.3 ±3.11	9.7 ±3.02
Male	34.71±0.97	23.23±1.33	21.19±0.92	2.02±1.18
n=18	(%)	66.2 ±2.54	61.2 ±2.37	4.9 ±3.24
Female	32.70±1.28	23.24±1.02	20.12±0.95	3.11±0.71
n=15	(%)	71.4 ±2.46	62.0 ±2.73	2.51±0.72
Average	33.80±0.79	23.23±0.85	20.71±0.65	2.51±0.72
n=33	(%)	68.5 ±1.80	61.6 ±1.76	6.9 ±2.00

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

*** : Percentage of intake

Table 4A Magnesium balance of 33 individual subjects*

Name	Intake	Absorption		Urinary excretion		Retention	
	(mg/kg)	(mg/kg)	(%)	(mg/kg)	(%)	(mg/kg)	(%)
T. O.	7.46	4.07	54.6	0.05	0.6	4.03	54.0
N. M.	6.18	3.06	49.4	1.40	22.6	1.66	26.9
T. K.	7.07	3.98	56.3	0.03	0.4	3.96	55.9
K. U.	6.39	3.24	50.7	0.41	6.4	2.83	44.3
K. K.	5.73	2.25	39.2	0.06	1.1	2.18	38.1
Y. Y.	6.04	2.43	40.1	1.42	23.5	1.00	16.6
S. S.	5.42	2.75	50.8	1.18	21.7	1.58	29.1
S. F.	7.94	5.50	69.3	1.84	22.8	3.69	46.5
H. U.	8.73	5.31	60.9	0.12	1.3	5.20	59.5
C. K.	6.15	3.28	53.3	0.65	10.6	2.63	42.7
M. O.	6.97	3.14	45.0	0.36	5.2	2.78	39.8
T. K.	4.18	1.73	41.3	0.54	12.9	1.19	28.5
Y. M.	7.80	4.14	53.1	0.12	1.5	4.02	51.6
R. M.	8.69	3.85	42.2	0.33	3.8	3.52	40.5
M. F.	8.45	5.76	68.2	0.22	2.7	5.54	65.5
K. K.	8.11	4.00	49.2	0.19	2.3	3.81	46.9
A. S.	8.13	4.75	58.4	0.03	0.4	4.71	58.0
Y. N.	6.30	3.51	55.8	1.50	23.8	2.01	31.9
M. K.	7.39	3.58	48.5	0.19	2.6	3.39	45.9
M. K.	8.29	4.39	53.0	1.92	22.3	2.47	29.9
E. Y.	8.13	4.13	50.8	3.65	44.9	0.48	5.9
Y. M.	8.54	7.44	57.1	1.21	14.2	6.23	73.0
D. I.	7.95	7.61	95.6	4.60	57.9	3.00	37.8
T. K.	7.01	4.83	68.9	3.80	54.2	1.02	14.7
T. M.	8.46	3.27	38.7	3.62	42.8	-0.34	-4.1
M. T.	6.88	5.17	74.9	2.03	29.6	3.11	45.3
T. T.	6.63	2.92	44.1	2.44	36.8	0.48	7.3
K. S.	7.55	3.43	45.5	2.11	27.9	1.32	17.6
T. T.	6.30	3.79	60.2	2.90	46.0	0.89	14.2
M. H.	6.66	6.17	92.7	2.50	37.6	3.67	55.1
Y. K.	9.82	4.90	49.9	2.19	22.3	2.70	27.5
M. M.	7.47	7.08	94.7	3.35	44.9	3.72	49.8
H. T.	7.98	5.07	63.5	1.83	23.0	3.23	40.6
Mean(n=33)	7.29	4.25	56.8	1.47	20.3	2.77	37.4
S.E.	0.19	0.24	2.5	0.22	2.9	0.26	3.1

* : Subjects were provided with the daily normal diet

Table 4B Comparison between two average values of magnesium balance derived from either the periods of the survey or the sexes*

	Intake (mg/kg)	Absorption (mg/kg)	Urinary excretion(mg/kg)	Retention (mg/kg)
July	7.00±0.28**	3.70±0.25	0.56±0.13	3.14±0.30
n=19	(%)***	52.0 ±1.93	8.7 ±2.13	43.2 ±2.92
October	7.69±0.25	5.01±0.41	2.72±0.41	2.28±0.46
n=14	(%)	65.6 ±5.39	36.0 ±3.49	29.6 ±5.82
Male	7.24±0.24	4.21±0.36	1.77±0.33	2.43±0.41
n=18	(%)	57.2 ±3.81	23.9 ±4.28	33.2 ±4.93
Female	7.36±0.34	4.31±0.34	1.12±0.29	3.18±0.31
n=15	(%)	58.5 ±4.14	15.9 ±4.16	42.5 ±3.41
Average	7.29±0.20	4.25±0.25	1.47±0.22	2.77±0.26
n=33	(%)	56.8 ±2.50	20.3 ±3.00	37.4 ±3.16

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

*** : Percentage of intake

Table 5A Iron balance of 33 individual subjects*

Name	Intake	Absorption		Urinary excretion		Retention	
	($\mu\text{g/kg}$)	($\mu\text{g/kg}$)	(%)	($\mu\text{g/kg}$)	(%)	($\mu\text{g/kg}$)	(%)
T. O.	662.9	20.8	3.3	43.2	6.5	-22.4	-3.4
N. M.	542.4	251.7	46.4	15.7	6.0	219.4	40.4
T. K.	622.8	251.8	40.4	36.6	5.9	215.1	34.5
K. U.	659.8	62.3	9.4	52.3	7.9	9.8	2.0
K. K.	541.5	226.3	41.8	40.7	7.5	185.5	34.3
Y. Y.	570.5	245.5	43.0	37.0	6.5	208.5	36.6
S. S.	488.3	258.3	52.9	27.4	5.6	230.9	47.3
S. F.	618.6	382.6	61.9	18.3	3.0	364.2	58.9
H. U.	718.3	397.4	55.3	20.4	2.8	377.0	52.5
C. K.	675.7	383.2	56.7	52.7	7.8	330.5	48.9
M. O.	581.0	96.5	16.6	26.4	4.6	70.0	12.5
T. K.	335.9	126.5	37.7	37.6	11.2	88.8	26.5
Y. M.	600.0	272.0	45.3	21.4	3.6	250.5	41.8
R. M.	595.8	268.1	45.0	20.4	3.4	247.7	41.6
M. F.	650.1	275.5	42.4	32.0	4.9	243.5	37.5
K. K.	574.6	275.0	47.9	15.9	2.8	259.0	45.1
A. S.	664.6	361.0	54.4	16.3	2.5	345.0	52.0
Y. N.	559.7	270.3	48.3	12.5	2.2	257.8	46.1
M. K.	596.7	382.4	64.1	16.2	2.7	366.2	61.4
M. K.	530.4	128.5	24.2	49.5	9.3	79.0	14.9
E. Y.	518.8	187.4	36.1	19.2	3.7	168.2	32.4
Y. M.	539.4	435.8	80.8	37.8	7.0	397.0	73.8
D. I.	518.6	186.7	36.0	23.2	7.3	149.1	28.8
T. K.	443.4	195.4	44.1	31.8	7.2	163.6	36.9
T. M.	521.6	105.4	20.2	28.8	5.5	76.6	14.7
M. T.	438.0	252.9	57.8	18.9	4.3	233.9	53.4
T. T.	439.4	26.0	5.9	13.6	3.1	12.3	2.8
K. S.	475.3	106.8	22.5	12.2	2.6	94.6	19.9
T. T.	409.6	245.0	59.8	23.2	5.7	221.7	54.1
M. H.	434.6	393.5	90.5	18.1	4.2	375.3	86.4
Y. K.	615.9	166.3	27.0	14.6	2.4	151.7	24.6
M. M.	476.0	138.3	29.1	18.3	3.9	119.9	25.2
H. T.	500.1	258.2	51.6	53.0	10.6	205.2	41.0
Mean(n=33)	549.1	231.3	42.3	27.4	5.2	202.8	37.1
S.E.	15.1	19.0	3.3	2.1	0.4	19.5	3.4

* : Subjects were provided with the daily normal diet

Table 5B Comparison between two average values of iron balance derived from either the periods of the survey or the sexes*

	Intake ($\mu\text{g/kg}$)	Absorption ($\mu\text{g/kg}$)	Urinary excretion($\mu\text{g/kg}$)	Retention ($\mu\text{g/kg}$)
July	592.5 $\pm$ 19.2**	253.0 $\pm$ 25.1	28.5 $\pm$ 2.9	223.5 $\pm$ 26.6
n=19	(%)***	42.7 $\pm$ 3.7	5.1 $\pm$ 0.5	37.6 $\pm$ 4.0
October	490.0 $\pm$ 14.8	201.8 $\pm$ 29.6	25.8 $\pm$ 3.4	174.9 $\pm$ 28.9
n=14	(%)	41.8 $\pm$ 6.4	5.4 $\pm$ 0.6	36.3 $\pm$ 6.2
Male	547.2 $\pm$ 19.1	206.7 $\pm$ 28.3	29.2 $\pm$ 2.9	175.7 $\pm$ 28.9
n=18	(%)	37.8 $\pm$ 4.8	5.6 $\pm$ 0.4	32.2 $\pm$ 4.9
Female	551.3 $\pm$ 25.6	260.7 $\pm$ 24.6	25.2 $\pm$ 3.3	235.5 $\pm$ 24.8
n=15	(%)	47.7 $\pm$ 4.5	4.8 $\pm$ 0.7	42.9 $\pm$ 4.5
Average	549.1 $\pm$ 15.1	231.3 $\pm$ 19.0	27.4 $\pm$ 2.2	202.9 $\pm$ 19.5
n=33	(%)	42.3 $\pm$ 3.4	5.2 $\pm$ 0.4	37.1 $\pm$ 3.4

* : Subjects were provided with the daily normal diet, ** : Mean $\pm$ S.E.,

*** : Percentage of intake

Table 6A Zinc balance of 33 individual subjects*

Name	Intake	Absorption		Urinary excretion		Retention	
	($\mu\text{g/kg}$)	($\mu\text{g/kg}$)	(%)	($\mu\text{g/kg}$)	(%)	($\mu\text{g/kg}$)	(%)
T.O.	392.7	151.5	38.6	12.1	3.1	139.3	35.5
N.M.	339.7	112.5	33.1	16.3	4.8	96.2	28.3
T.K.	408.6	169.1	41.1	10.7	2.6	158.4	38.8
K.U.	365.5	-3.7	-1.0	11.1	4.0	-14.8	-5.0
K.K.	331.9	80.6	24.5	16.1	4.9	64.4	19.4
Y.Y.	352.1	106.6	30.3	20.3	5.8	86.3	24.5
S.S.	326.1	141.4	43.4	11.6	3.6	129.7	39.8
S.F.	463.6	221.0	47.7	13.8	3.0	207.2	44.7
H.U.	606.9	314.6	51.8	10.7	1.8	303.9	50.1
C.K.	347.0	109.9	31.7	14.8	4.3	95.1	27.4
M.O.	396.9	71.6	18.0	13.6	3.4	58.0	14.6
T.K.	232.7	56.5	24.3	10.0	4.3	46.5	20.0
Y.M.	461.3	144.2	31.3	8.9	1.9	135.3	29.3
R.M.	691.4	424.0	61.3	14.6	2.1	409.3	59.2
M.F.	577.1	247.2	42.8	7.8	1.4	239.3	41.5
K.K.	475.1	171.9	36.2	8.5	1.8	163.3	34.4
A.S.	505.8	180.8	35.7	7.8	1.5	173.0	34.2
Y.N.	417.3	186.7	44.7	10.7	2.6	175.9	42.2
M.K.	476.9	248.3	52.1	6.7	1.4	241.5	50.6
M.K.	547.1	47.6	8.7	18.1	3.3	29.5	5.4
E.Y.	545.6	39.3	7.2	20.1	3.7	19.2	3.5
Y.M.	564.6	481.9	85.3	19.7	3.5	462.1	81.9
D.I.	537.6	298.4	55.5	25.9	4.8	272.4	50.7
T.K.	461.2	204.9	44.4	14.5	3.2	190.3	41.3
T.M.	534.0	178.7	33.5	17.5	3.3	161.1	30.2
M.T.	438.2	271.4	61.9	14.5	3.3	256.9	58.6
T.T.	454.7	317.5	69.8	18.5	4.1	298.9	65.7
K.S.	489.5	173.7	35.5	18.8	3.8	154.9	31.7
T.T.	503.4	372.2	73.9	21.5	4.3	350.6	69.6
M.H.	463.0	430.2	92.9	21.5	4.7	408.7	88.3
Y.K.	630.7	273.0	43.3	26.9	4.3	246.0	39.0
M.M.	500.8	222.8	44.5	24.0	4.8	198.7	39.7
H.T.	507.6	307.6	60.6	20.6	4.1	287.0	56.5
Mean(n=33)	465.0	204.6	42.5	15.4	3.4	189.2	39.1
S.E.	16.9	20.4	3.5	0.9	0.1	20.1	3.5

* : Subjects were provided with the daily normal diet

Table 6B Comparison between two average values of zinc balance derived from either the periods of the survey or the sexes*

	Intake	Absorption	Urinary excretion	Retention
	($\mu\text{g/kg}$)	($\mu\text{g/kg}$)	($\mu\text{g/kg}$)	($\mu\text{g/kg}$)
July	429.9 $\pm$ 25.4**	164.9 $\pm$ 22.5	11.9 $\pm$ 0.8	153.0 $\pm$ 22.6
n=19	(%)***	36.2 $\pm$ 3.2	3.0 $\pm$ 0.3	33.1 $\pm$ 3.3
October	512.7 $\pm$ 13.82	258.5 $\pm$ 34.0	20.1 $\pm$ 0.9	238.3 $\pm$ 33.7
n=14	(%)	51.2 $\pm$ 6.8	3.9 $\pm$ 0.1	47.2 $\pm$ 6.7
Male	453.3 $\pm$ 21.0	183.7 $\pm$ 28.3	16.1 $\pm$ 0.9	167.5 $\pm$ 28.1
n=18	(%)	39.5 $\pm$ 5.1	3.7 $\pm$ 0.2	35.8 $\pm$ 5.1
Female	479.1 $\pm$ 28.4	229.7 $\pm$ 30.1	14.5 $\pm$ 1.7	215.2 $\pm$ 29.3
n=15	(%)	46.2 $\pm$ 5.0	3.1 $\pm$ 0.3	43.1 $\pm$ 4.9
Average	465.0 $\pm$ 17.0	204.6 $\pm$ 20.4	15.4 $\pm$ 0.9	189.2 $\pm$ 20.1
n=33	(%)	42.5 $\pm$ 3.6	3.4 $\pm$ 0.2	39.1 $\pm$ 3.6

* : Subjects were provided with the daily normal diet, ** : Mean $\pm$ S.E.,

*** : Percentage of intake

Table 7A Copper balance of 33 individual subjects*

Name	Intake	Absorption		Urinary excretion		Retention	
	($\mu\text{g/kg}$)	($\mu\text{g/kg}$)	(%)	($\mu\text{g/kg}$)	(%)	($\mu\text{g/kg}$)	(%)
T.O.	60.6	32.5	53.2	3.0	5.0	29.4	48.5
N.M.	53.4	25.4	47.6	2.2	4.1	23.1	43.3
T.K.	63.6	31.5	49.5	2.2	3.5	29.3	46.1
K.U.	66.9	19.5	29.1	2.9	4.3	16.5	24.7
K.K.	54.0	22.5	41.7	1.8	3.3	20.6	38.1
Y.Y.	57.0	22.5	44.7	2.0	3.5	23.4	41.1
S.S.	47.8	23.6	49.4	2.3	4.8	21.2	44.4
S.F.	124.7	97.4	78.1	5.6	4.5	91.8	73.6
H.U.	140.4	107.0	76.2	5.5	3.9	103.5	73.7
C.K.	51.8	18.2	35.1	2.4	4.6	15.8	30.5
M.O.	53.5	17.4	32.5	1.7	3.2	15.7	29.3
T.K.	33.7	11.8	35.0	1.1	3.3	10.6	31.5
Y.M.	114.4	83.0	72.6	3.8	3.3	79.2	69.2
R.M.	127.2	97.0	46.3	5.5	4.3	91.5	71.9
M.F.	133.4	90.3	66.7	5.0	3.7	85.3	63.0
K.K.	120.0	80.4	67.0	6.2	5.2	74.1	61.8
A.S.	136.4	100.2	73.5	8.3	6.1	91.9	67.4
Y.N.	110.0	86.8	78.9	5.0	4.5	81.8	74.4
M.K.	124.4	96.4	77.5	4.7	3.8	91.6	73.6
M.K.	48.8	15.5	31.8	8.1	16.6	7.4	15.2
E.Y.	47.8	10.3	21.5	9.1	19.0	1.2	2.5
Y.M.	50.6	41.0	81.0	7.6	15.0	33.4	66.0
D.I.	47.6	15.4	32.4	6.8	14.3	8.6	18.1
T.K.	42.2	16.9	40.0	5.6	13.3	11.3	26.8
T.M.	47.9	6.0	12.5	6.3	13.2	-0.3	-0.6
M.T.	39.5	17.5	44.3	4.8	12.2	12.7	32.2
T.T.	40.8	0.2	0.5	6.2	15.2	-6.0	-14.7
K.S.	44.1	-47.7	-108.2	5.2	11.8	-52.9	-120.0
T.T.	41.3	19.3	46.7	3.1	7.5	16.2	39.2
M.H.	41.4	37.3	90.1	6.6	15.9	30.7	74.2
Y.K.	57.2	14.4	25.2	5.5	9.6	8.9	15.6
M.M.	43.9	1.0	2.3	6.3	14.4	-6.3	-12.1
H.T.	46.5	19.0	40.9	5.4	11.6	13.6	29.2
Mean(n=33)	70.0	37.2	42.8	4.7	8.1	32.6	35.6
S.E.	6.0	6.4	6.0	0.3	0.8	6.4	6.5

* : Subjects were provided with the daily normal diet

Table 7B Comparison between two average values of copper balance derived from either the periods of the survey or the sexes*

	Intake ($\mu\text{g/kg}$)	Absorption ($\mu\text{g/kg}$)	Urinary excretion($\mu\text{g/kg}$)	Retention ($\mu\text{g/kg}$)
July	88.0 $\pm$ 8.6**	55.9 $\pm$ 8.4	3.7 $\pm$ 0.4	52.4 $\pm$ 8.0
n=19	(%)***	55.5 $\pm$ 3.9	4.1 $\pm$ 0.1	52.9 $\pm$ 4.0
October	45.6 $\pm$ 1.2	11.8 $\pm$ 5.5	6.1 $\pm$ 0.3	5.6 $\pm$ 5.4
n=14	(%)	25.7 $\pm$ 12.3	13.5 $\pm$ 0.7	12.2 $\pm$ 12.2
Male	59.8 $\pm$ 6.5 ^a	25.3 $\pm$ 7.9	4.8 $\pm$ 0.5	20.7 $\pm$ 8.1
n=18	(%)	34.7 $\pm$ 9.7	9.3 $\pm$ 1.3	25.5 $\pm$ 10.3
Female	82.3 $\pm$ 10.5 ^a	51.5 $\pm$ 10.0	4.7 $\pm$ 0.5	46.7 $\pm$ 9.8
n=15	(%)	52.6 $\pm$ 6.3	6.7 $\pm$ 1.0	47.9 $\pm$ 6.8
Average	70.0 $\pm$ 6.1	37.2 $\pm$ 6.5	4.7 $\pm$ 0.3	32.6 $\pm$ 6.5
n=33	(%)	42.8 $\pm$ 6.1	8.1 $\pm$ 0.8	35.6 $\pm$ 6.6

* : Subjects were provided with the daily normal diet, ** : Mean $\pm$ S.E.,

*** : Percentage of intake

Superscript letter indicates a significant difference between paired results($p < 0.05$)

Table 8A Sodium balance of 33 individual subjects*

Name	Intake	Absorption		Urinary excretion		Retention	
	(mg/kg)	(mg/kg)	(%)	(mg/kg)	(%)	(mg/kg)	(%)
T.O.	139.22	138.46	99.5	98.12	70.5	40.34	29.0
N.M.	121.07	119.56	98.8	94.25	77.8	25.30	20.9
T.K.	129.25	127.71	98.8	88.01	68.1	39.69	30.7
K.U.	120.56	119.57	99.2	105.76	87.7	13.81	11.5
K.K.	111.99	110.73	98.9	87.72	78.3	23.01	20.5
Y.Y.	117.86	117.35	99.6	88.50	75.1	28.85	24.5
S.S.	104.25	102.68	98.5	89.91	86.2	12.78	12.3
S.F.	128.94	128.54	99.7	117.81	91.4	10.73	8.3
H.U.	154.94	152.59	98.5	146.05	94.3	6.55	4.2
C.K.	120.20	118.80	98.8	106.44	88.6	12.35	10.3
M.O.	120.80	120.09	99.4	85.27	70.6	34.82	28.8
T.K.	73.21	71.95	98.3	64.15	87.6	7.80	10.7
Y.M.	129.06	127.91	99.1	105.17	81.5	22.70	17.6
R.M.	136.62	131.62	96.4	124.99	91.5	6.66	4.9
M.F.	125.80	125.02	99.4	115.57	91.9	13.46	10.7
K.K.	116.22	115.68	99.5	99.20	85.3	16.58	14.3
A.S.	133.94	132.25	99.1	110.86	82.8	21.89	16.3
Y.N.	108.97	107.79	98.9	79.26	72.7	28.53	26.2
M.K.	122.75	121.07	98.6	94.65	77.1	26.42	21.5
M.K.	123.94	122.54	98.9	116.33	93.9	6.20	5.0
E.Y.	124.30	122.63	98.7	148.70	119.6	-26.07	-21.0
Y.M.	126.70	126.33	99.7	116.58	92.0	9.74	7.7
D.I.	124.04	122.22	98.5	122.19	98.5	0.03	0.02
T.K.	107.65	104.11	96.7	118.87	110.4	-14.78	-13.7
T.M.	126.75	125.51	99.0	131.24	103.5	-5.73	-4.5
M.T.	108.72	108.24	99.6	107.37	98.8	0.86	0.8
T.T.	106.29	105.42	99.2	108.40	102.0	-2.97	-2.8
K.S.	112.10	109.93	98.1	92.25	82.3	17.68	15.8
T.T.	103.00	102.46	99.5	104.33	101.3	-1.86	-1.8
M.H.	106.38	106.18	99.8	99.19	93.2	6.99	6.6
Y.K.	145.03	143.48	98.9	112.47	77.5	31.00	21.4
M.M.	117.94	117.30	99.5	132.81	112.6	-15.50	-13.1
H.T.	118.89	118.13	99.4	115.70	97.3	2.42	2.0
Mean(n=33)	120.22	118.92	98.9	106.91	89.1	12.12	9.8
S.E.	2.49	2.46	0.1	3.16	2.16	2.70	2.1

* : Subjects were provided with the daily normal diet

Table 8B Comparison between two average values of sodium balance derived from either the periods of the survey or the sexes*

	Intake (mg/kg)	Absorption (mg/kg)	Urinary excretion(mg/kg)	Retention (mg/kg)
July	121.8±3.79**	120.4±3.73	100.0±4.20	20.6±2.44
n=19	(%)***	98.8±0.16	82.0±1.88	17.0±1.89
October	117.9±3.07	116.7±3.06	116.1±3.89	0.5±3.80
n=14	(%)	98.9±0.21	98.7±2.98	0.1±3.03
Male	121.5±2.96	120.2±2.98	109.8±4.49	10.3±4.11
n=18	(%)	98.8±0.16	90.5±3.25	8.2±3.31
Female	118.5±4.36	117.3±4.25	103.3±4.54	14.2±2.86
n=15	(%)	98.9±0.21	87.4±2.89	11.7±2.86
Average	120.2±2.49	118.9±2.46	106.9±3.26	12.1±2.70
n=33	(%)	98.9±0.13	89.1±2.16	9.8±2.21

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

*** : Percentage of intake

Table 9A Potassium balance of 33 individual subjects*

Name	Intake	Absorption		Urinary excretion		Retention	
	(mg/kg)	(mg/kg)	(%)	(mg/kg)	(%)	(mg/kg)	(%)
T.O.	39.0	33.1	84.9	22.8	58.5	10.3	26.4
N.M.	33.1	26.3	79.4	22.5	68.1	3.7	11.3
T.K.	37.8	34.6	91.5	23.9	63.0	10.8	28.5
K.U.	31.5	24.6	78.0	27.7	87.9	-3.1	-9.9
K.K.	30.6	22.6	73.9	25.5	83.6	-3.0	-9.7
Y.Y.	30.7	24.6	80.2	22.6	73.5	2.1	6.7
S.S.	28.9	21.5	74.5	20.7	71.7	0.8	2.8
S.F.	34.5	32.5	94.4	22.3	64.8	10.2	29.7
H.U.	34.3	26.1	76.0	17.7	51.6	8.4	24.5
C.K.	32.4	20.1	62.2	19.7	61.0	0.4	1.2
M.O.	37.3	27.3	73.3	27.3	73.2	0.01	0.02
T.K.	24.1	17.7	73.7	17.5	72.8	0.2	0.8
Y.M.	33.5	26.9	80.2	18.8	56.2	8.0	24.0
R.M.	32.4	27.4	84.8	19.9	61.4	7.6	23.3
M.F.	35.5	31.2	88.2	21.5	60.7	9.8	27.5
K.K.	31.8	27.9	87.8	21.1	66.3	6.8	21.5
A.S.	36.2	31.8	88.1	19.9	54.9	12.0	33.1
Y.N.	28.4	22.7	80.0	15.2	53.5	7.5	26.5
M.K.	30.4	26.0	85.5	17.1	56.3	8.9	29.2
M.K.	35.7	31.8	89.1	22.5	63.0	9.3	26.0
E.Y.	35.2	30.5	86.6	27.6	78.4	2.9	8.1
Y.M.	35.2	33.9	96.5	26.3	74.4	7.6	21.7
D.I.	34.3	29.8	86.5	18.7	54.6	10.9	31.9
T.K.	30.5	25.8	84.6	25.1	82.2	0.7	2.4
T.M.	35.0	30.3	86.4	27.7	79.2	2.5	7.2
M.T.	28.7	26.8	93.3	22.8	79.2	4.1	14.2
T.T.	29.4	26.8	89.3	20.3	69.1	5.9	20.2
K.S.	31.5	27.0	85.7	19.8	62.8	7.2	23.0
T.T.	31.1	29.9	96.2	20.2	65.1	9.7	31.2
M.H.	30.0	29.4	98.0	21.3	71.1	8.1	26.9
Y.K.	40.1	35.3	88.0	22.6	56.4	12.7	31.6
M.M.	31.9	28.2	88.3	27.3	85.8	0.8	2.5
H.T.	32.7	30.1	92.1	25.5	78.1	4.6	14.0
Mean(n=33)	32.8	27.8	84.7	22.1	67.8	5.7	16.9
S.E.	0.5	0.7	1.3	0.5	1.7	0.7	2.1

* : Subjects were provided with the daily normal diet

Table 9B Comparison between two average values of potassium balance derived from either the periods of the survey or the sexes*

	Intake (mg/kg)	Absorption (mg/kg)	Urinary excretion(mg/kg)	Retention (mg/kg)
July n=19	32.7±0.83** (%)***	26.5±1.05 80.8±1.78	21.2±0.77 65.2±2.28	5.3±1.13 15.6±3.28
October n=14	32.9±0.83 (%)	29.6±0.72 90.0±1.17	23.4±0.83 71.3±2.61	6.2±1.00 18.6±2.83
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

におけるこれらの食品群別栄養素摂取量は7月に比し20%も高い値を示した。

(2) 男女児の差異

男女児の出納上の差異は、Cuの出納のみにみられ、Cuの摂取量が男児に対し、女児のほうが高値を示した(**Table 7B**)。しかし、他のミネラル出納には差がみられなかった。なお、この年齢の幼児ではミネラル出納上には男女児間に大きな差はみられないのが普通である。

(3) Ca, Mg, P 出納について

Caは**Table 2A, 2B**に示すように男女児とも平均値で23.93, および22.98 mg/kg 体重の摂取量を示し、吸収率は平均43%で体内保留は体重kg当たり7 mg 以上であり、出納値は正となった。さらに、吸収したCaの70%が体内に保留され、吸収と保留との間で高い正相関を示した($r=0.982$)。

Table 3A, 3Bに示すようにPの摂取量は男女児ともに平均値として34.71 および32.70 mg/kg 体重で食事のCaとの比はCa:P=1:1.4と望ましい比率範囲内であった^{9,10)}。吸収率は摂取量の約70%であり、尿へは吸収量の大部分が排泄され、体内保留量は男女児の平均として 2.51 ± 0.72 mg/kg 体重であった。しかし、男児では体重kg当たり-4.8~15.3 mgで平均 2.02 ± 1.18 mg となり、18例中8例は負値であった。一方、女児では-1.7~5.7 mg, 平均で 3.11 ± 0.71 mg となり負値を示した者は15例中2例であった。

Mgは**Table 4A, 4B**に示すように男女児ともに体重kg当たり7 mg 以上の摂取量で約60%が吸収され、そのうち30~40%が体内に保留された。その量は2~3 mg/kg 体重に相当した。また、Mgの摂取量と体内保留量との間に正相関が認められた($r=0.443$)。

(4) Fe, Cu, Zn 出納について

Table 5A, 5Bに示すようにFeの摂取量は男女児平均549 μ g/kg 体重であった。それに対し約42%が吸収され、体内に約37% (203 μ g/kg 体重) が保留される結果を示した。また尿中への排泄は少なく摂取量の5%であった。体内保留は吸収量と深い関係を示し、高い正の相関関係を示した($r=0.994$)。

Znの出納結果を**Table 6A, 6B**に示した。男女児とも体重kg当たり、Zn摂取量が約0.5 mgで吸収率は40%程度を示した。平均体内保留率は39.1%であった。また、Znの摂取量と体内保留量との間に $r=0.592$ で、吸収量と体内保留量との間には $r=0.999$ という高い正の相関をみた。

Table 7A, 7Bに示すごとく、Cuの男女児別平均摂取量間には有意差($p<0.05$)があり女児が多い。腸管吸収率も女児が高く、しかも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が21 μ g/kg 体重 (25.5%)、女児が47 μ g/kg 体重 (47.9%) と顕著な差異を認めた。すなわち、女児は男児に比べてCuの摂取量も体内保留量ともに高値であった。しかし、Cuの摂取量と吸収量および体内保留量との間に正相関($r=0.928$, $r=0.924$)がみられた。

(5) Na と K 出納について

Table 8A, 8Bに示したNaの男女児平均摂取量は120 mg/kg 体重で、尿中への排泄は微量であるため99%が吸収された。また、尿中へは吸収量の90%以上が排泄された。

Table 9A, 9Bに示したKは約33 mg/kg 体重摂取し、そのうち約85%が吸収され、体内に体重kg当たり約6 mg が保留された。

2. 第II回試験：食事性蛋白質レベルを変化した時のCa, Mg, P, Fe, Cu, Zn 出納

(1) Ca の出納について

出納結果を**Table 10**に示した。吸収率は蛋白質摂取量の多寡とは関係なく、尿中排泄量も投与食事の蛋白質含量によって差はみられなかったが、尿中排泄率では蛋白質レベルによって有意差($p<0.05$)がみられ、低蛋白食では、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。

(2) P の出納について

出納結果は**Table 11**に示した。普通食36.9 mg/kg 体重、低蛋白食28.8 mg/kg 体重のP摂取で投与蛋白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($p<0.05$)、低蛋白食レベル(LPD)は尿中Pの排泄を減少させ、体内保留を増加させる結果を得た。なお、男女児間の差は、どの項目についてもみられなかった。

(3) Mg 出納について

出納結果を**Table 12**に示した。体重kg当たり普通食7.7 mg、低蛋白食8.1 mgのMg摂取の時、食事性蛋白質レベルは男女児平均の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蛋白質レベルで排泄増の結果を得た($p<0.05$)。しかし、体内保留には蛋白質レベルとの関係はみられなかった。

Table 10 Effect of two levels of protein intake on calcium balance

			Male	Female	Average
Intake	DD*	mg/kg	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	mg/kg	12.39±1.47	12.01±3.31	12.25±1.43
	LPD		13.88±1.13	15.65±3.15	14.47±1.46
	DD	% ²⁾	47.8±5.4	44.4±10.4	46.6±4.9
	LPD		43.6±4.7	49.4±8.2	45.6±4.1
Absorption	DD	mg/kg	13.49±1.46	13.95±2.28	13.66±1.15
	LPD		17.70±1.47	15.52±2.28	16.98±1.22
	DD	%	52.2±5.4	55.6±10.4	53.4±4.9
	LPD		56.4±4.7	50.6±8.2	54.5±4.1
Urinary excretion	DD	mg/kg	3.36±0.22	3.49±0.24	3.41±0.16
	LPD		3.43±0.31	3.44±0.36	3.43±0.23
	DD	%	13.1±0.8	13.6±0.9	13.2±0.6 ^a
	LPD		10.8±0.9	10.9±0.7	10.9±0.6 ^a
Retention	DD	mg/kg	10.12±1.41	10.45±2.22	10.24±1.15
	LPD		14.27±1.63	12.08±2.41	13.54±1.33
	DD	%	39.1±5.3	42.0±10.4	40.2±4.8
	LPD		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)

Table 11 Effect of two levels of protein intake on phosphorus balance

			Male	Female	Average
Intake	DD*	mg/kg	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	mg/kg	10.35±1.27	8.58±2.53	9.72±1.18
	LPD		7.95±1.11	8.93±1.52	8.27±0.87
	DD	% ²⁾	27.8±3.4	22.6±5.6	25.9±2.9
	LPD		27.4±3.7	30.8±4.4	28.6±2.8
Absorption	DD	mg/kg	26.96±1.53	27.59±1.60	27.19±1.10
	LPD		20.97±1.29	19.70±1.40	20.55±0.93
	DD	%	72.2±3.4	77.5±5.6	74.1±2.8
	LPD		72.5±3.7	69.2±4.4	71.4±2.8
Urinary excretion	DD	mg/kg	23.42±1.23	23.64±1.60	23.50±0.94
	LPD		12.48±0.82	13.18±2.15	12.71±0.85
	DD	%	62.9±3.3	67.0±6.9	64.4±3.1 ^a
	LPD		43.3±2.7	45.2±5.2	43.9±2.4 ^a
Retention	DD	mg/kg	3.54±1.75	3.94±1.39	3.68±1.19
	LPD		8.49±1.47	6.51±2.48	7.83±1.25
	DD	%	9.3±4.5	10.5±3.2	9.7±3.0 ^b
	LPD		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 letters indicate a significant difference between the paired results (p<0.05)

Table 12 Effect of two levels of protein intake on magnesium balance

			Male	Female	Average
Intake	DD*	mg/kg	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	mg/kg	2.89±0.54	2.24±1.58	2.67±0.44
	LPD		3.26±0.49	4.14±0.72	3.55±0.40
	DD	% ²⁾	37.9 ±6.8	27.8 ±9.1	34.3 ±5.4
	LPD		39.7 ±5.8	51.2 ±7.8	43.5 ±4.7
Absorption	DD	mg/kg	4.79±0.56	5.40±0.71	5.01±0.41
	LPD		4.92±0.48	3.88±0.59	4.57±0.38
	DD	%	62.1 ±6.8	72.2 ±9.1	65.7 ±5.4
	LPD		60.3 ±5.8	48.8 ±7.8	56.5 ±4.7
Urinary excretion	DD	mg/kg	2.82±0.37	2.55±0.15	2.72±0.25
	LPD		2.25±0.20	1.73±0.25	2.08±0.17
	DD	%	36.8 ±4.8	34.7 ±5.2	36.1 ±3.5 ^a
	LPD		27.5 ±2.1	21.4 ±2.4	25.5 ±1.8 ^a
Retention	DD	mg/kg	1.97±0.66	2.84±0.60	2.28±0.46
	LPD		2.66±0.54	2.14±0.63	2.48±0.40
	DD	%	25.2 ±8.0	37.4 ±7.5	29.6 ±5.8
	LPD		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)

Table 13 Effect of two levels of protein intake on iron balance

			Male	Female	Average
Intake	DD*	μg/kg	491.6±14.1 ¹⁾	487.2±35.8	490.0±14.8
	LPD**		482.6±15.8	486.4±24.9	483.8±12.9
Fecal excretion	DD	μg/kg	311.0±36.6	246.9±70.1	288.1±33.8
	LPD		279.1±42.0	323.1±43.2	293.7±31.1
	DD	% ²⁾	63.5± 7.4	48.3±11.6	58.1± 6.4
	LPD		57.8± 8.6	65.9± 6.4	58.1± 6.4
Absorption	DD	μg/kg	180.5±38.7	240.2±44.5	201.8±29.9
	LPD		203.4±42.1	162.8±28.5	189.9±29.4
	DD	%	36.4± 7.4	51.6±11.6	41.8± 6.4
	LPD		42.2± 8.6	34.1± 6.4	39.5± 6.0
Urinary excretion	DD	μg/kg	26.1± 4.0	25.4± 7.0	25.8± 3.4
	LPD		23.7± 2.5	20.9± 2.8	22.8± 1.9
	DD	%	5.5± 0.7	5.3± 1.4	5.4± 0.6
	LPD		5.0± 0.6	4.3± 0.5	4.7± 0.4
Retention	DD	μg/kg	152.8±37.5	214.7±44.0	174.9±28.9
	LPD		179.6±43.5	141.8±27.7	167.0±28.7
	DD	%	30.8± 7.2	46.2±11.4	36.3± 6.2
	LPD		37.2± 8.4	29.7± 6.2	34.7± 5.9

* : Daily normal diet, ** : Low protein diet,

¹⁾ : Mean±S.E., ²⁾ : Percentage of intake

Table 14 Effect of two levels of protein intake on zinc balance

		Male	Female	Average
Intake	DD* $\mu\text{g/kg}$	508.0 $\pm$ 15.7 ¹⁾	521.1 $\pm$ 28.5	512.7 $\pm$ 13.8 ^a
	LPD** $\mu\text{g/kg}$	353.2 $\pm$ 12.1	383.7 $\pm$ 32.1	363.4 $\pm$ 13.2 ^a
Fecal excretion	DD $\mu\text{g/kg}$	284.3 $\pm$ 50.0	199.9 $\pm$ 63.0	254.1 $\pm$ 38.3
	LPD $\mu\text{g/kg}$	209.3 $\pm$ 30.8	262.0 $\pm$ 40.9	226.9 $\pm$ 24.7
	DD % ²⁾	55.3 $\pm$ 8.8	36.9 $\pm$ 9.3	48.7 $\pm$ 6.8
	LPD %	59.1 $\pm$ 8.4	68.0 $\pm$ 9.3	62.1 $\pm$ 6.3
Absorption	DD $\mu\text{g/kg}$	223.7 $\pm$ 46.1	321.1 $\pm$ 36.5	258.5 $\pm$ 34.0 ^b
	LPD $\mu\text{g/kg}$	143.8 $\pm$ 30.1	121.1 $\pm$ 33.0	136.4 $\pm$ 22.4 ^b
	DD %	44.6 $\pm$ 8.8	63.0 $\pm$ 9.3	51.2 $\pm$ 6.8
	LPD %	40.8 $\pm$ 8.4	31.9 $\pm$ 9.3	37.8 $\pm$ 6.3
Urinary excretion	DD $\mu\text{g/kg}$	18.6 $\pm$ 1.1	22.9 $\pm$ 1.1	20.1 $\pm$ 0.9
	LPD $\mu\text{g/kg}$	20.7 $\pm$ 1.2	23.8 $\pm$ 3.0	21.7 $\pm$ 1.3
	DD %	5.8 $\pm$ 0.2	6.0 $\pm$ 0.3	5.9 $\pm$ 0.2
	LPD %	3.6 $\pm$ 0.1	4.4 $\pm$ 0.1	3.9 $\pm$ 0.1
Retention	DD $\mu\text{g/kg}$	205.0 $\pm$ 45.9	298.2 $\pm$ 37.2	238.3 $\pm$ 33.7 ^c
	LPD $\mu\text{g/kg}$	123.0 $\pm$ 30.5	97.7 $\pm$ 32.6	114.6 $\pm$ 23.6 ^c
	DD %	40.9 $\pm$ 8.7	58.6 $\pm$ 9.3	47.2 $\pm$ 6.7
	LPD %	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 letters indicates a significant difference between the paired results (p<0.05)

Table 15 Effect of two levels of protein intake on copper balance

		Male	Female	Average
Intake	DD* $\mu\text{g/kg}$	45.6 $\pm$ 1.4 ¹⁾	46.0 $\pm$ 2.9	45.8 $\pm$ 1.3 ^a
	LPD** $\mu\text{g/kg}$	55.0 $\pm$ 1.5	55.7 $\pm$ 2.9	55.2 $\pm$ 1.3 ^a
Fecal excretion	DD $\mu\text{g/kg}$	30.3 $\pm$ 3.8	27.8 $\pm$ 7.2	29.3 $\pm$ 3.4
	LPD $\mu\text{g/kg}$	32.5 $\pm$ 4.7	38.8 $\pm$ 6.2	34.6 $\pm$ 3.7
	DD % ²⁾	66.9 $\pm$ 8.5	58.9 $\pm$ 14.4	63.9 $\pm$ 7.3
	LPD %	58.8 $\pm$ 8.1	69.2 $\pm$ 9.6	62.3 $\pm$ 6.2
Absorption	DD $\mu\text{g/kg}$	15.3 $\pm$ 4.2	18.2 $\pm$ 5.8	16.4 $\pm$ 3.3
	LPD $\mu\text{g/kg}$	22.5 $\pm$ 4.5	16.8 $\pm$ 5.1	20.6 $\pm$ 3.4
	DD %	33.0 $\pm$ 8.5	41.0 $\pm$ 14.4	36.0 $\pm$ 7.3
	LPD %	41.4 $\pm$ 8.1	30.7 $\pm$ 9.6	37.6 $\pm$ 6.2
Urinary excretion	DD $\mu\text{g/kg}$	6.8 $\pm$ 0.4	5.3 $\pm$ 0.6	6.2 $\pm$ 0.4
	LPD $\mu\text{g/kg}$	5.1 $\pm$ 0.8	5.6 $\pm$ 0.7	5.2 $\pm$ 0.5
	DD %	14.8 $\pm$ 0.7	11.8 $\pm$ 1.5	13.6 $\pm$ 0.8 ^b
	LPD %	9.1 $\pm$ 1.2	9.9 $\pm$ 0.9	9.4 $\pm$ 0.8 ^b
Retention	DD $\mu\text{g/kg}$	8.5 $\pm$ 4.1	12.8 $\pm$ 5.8	10.1 $\pm$ 3.3
	LPD $\mu\text{g/kg}$	17.3 $\pm$ 4.8	11.2 $\pm$ 4.8	15.3 $\pm$ 3.5
	DD %	18.1 $\pm$ 8.7	29.2 $\pm$ 14.1	22.4 $\pm$ 7.4
	LPD %	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 letters indicates a significant difference between the paired results (p<0.01)

(4) Fe 出納について

出納結果を Table 13 に示した。男女児の平均値で、体重 kg 当たり約 500 μ g の Fe 摂取で投与蛋白質レベルは Fe 出納に影響を与えなかった。

(5) Zn 出納について

出納結果を Table 14 に示した。体重 kg 当たりの Zn 摂取量に性差はないが、高蛋白質レベルの普通食と低蛋白食の Zn 摂取量を比較すると、高蛋白質レベルの普通食が有意に高値であった。そして、高蛋白質レベルの普通食では Zn の腸管吸収が低蛋白食に比べて大きく、しかも尿中排泄量に顕著な差がないため、Zn の体内保留量は普通食で 238.3 μ g/kg 体重 (47.2%)、低蛋白食で 114.6 μ g/kg 体重 (31.8%) となった。すなわち、Zn の摂取量および体内保留量ともに、摂取蛋白量のレベルに応じて増加している。

(6) Cu 出納について

出納結果を Table 15 に示した。蛋白質摂取量の低いほうが Cu の摂取量が高い結果を示したが、Cu の出納上にはなんらかの蛋白質レベルの影響はみられなかった。なお今回の調査では、Cu 摂取量に前回調査とは異なり性差を認めなかった。

考 察

1. 第 I 回試験

わが国の小児の Ca 所要量については林ら (昭和 27 年)¹¹⁾による、4～7 歳の男女児各 3 名を被験者として用い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満たしうると考えられ、体重 kg 当たりの摂取量は 35～50 mg に相当すると報告している。また古明地¹²⁾は昭和 29 年に 3～6 歳の幼児に 10 カ月間の 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 を特に補給したものと比較しても骨格の発育度を X 線写真上で比較しても差がなく、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 年に速水ら¹³⁾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 当たり 14～19 mg 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。日本人の栄養所要量に示す数値は 3～6 歳児の Ca 量が男児 22 mg/kg 体重、女児 24 mg/kg 体重となっている¹⁾。本調査での摂取量は男児で 23.92 mg/kg 体重、女児で 22.98 mg/kg 体重であり、女児がやや低値を示した。また、体内保

量は 7.4 mg/kg 体重で速水ら¹³⁾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高い正相関 ($r=0.982$) を示しており、食事からの Ca は吸収量に左右されて、その蓄積量に変化することが推察された。

幼児の P 出納について、古明地¹²⁾は P の摂取量が 0.54～0.94 g/日 (体重 kg 当たり 40～55 mg) の範囲で、食事の Ca/P の比は 0.3～0.5 にある場合に、P の蓄積量は 0.18～0.45 g (13.3～26.3 mg/kg 体重) の間にあったと報告している。

本出納では男女児の平均摂取量が 33～35 mg/kg 体重で Ca/P の比は 0.7 となっており、古明地¹²⁾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 2.51 mg/kg 体重とはるかに低値を示したと相俟される。しかし、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 の摂取過剰ということの警告が発せられている⁹⁾。本出納では P 過剰摂取の危惧はなく、むしろ不足気味を呈していた。また、P の必要量は P 代謝が Ca 代謝と深い関係をもつため、Ca の必要量とは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 (Xmg/kg 体重) と体内保留量 (Ymg/kg 体重) との回帰直線式は $Y =$

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

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

$$r = +0.421 \text{ (n=33, } p < 0.05)$$

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

$-10.359 + 0.381 X$ ($r=0.421$) となった (Fig. 1)。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、平衡値は 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 の必要量は男女児とも 10 mg/kg 体重であり、また P の適正摂取量は 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 所要量については日本の栄養所要量にはまだ策定されていないので研究報告も少なく、日本人成人が日常食から摂取する Mg は 1 日当たり 0.13~0.32 g であると報告されている¹⁴⁾。また、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¹⁵⁾。本邦では幼児についての Mg 出納に関する研究は非常に少なく、神谷¹⁶⁾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。神谷¹⁶⁾によると Mg 摂取量は 1 日 8.0~16.6 mg/kg 体重の範囲で、蓄積量は 1 例以外は全部プラスであり、10 mg/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¹⁷⁾によると発育期では 120~230 mg/日の摂取で体内保留がみられるという。本調査の 1 日当たりの Mg 摂取量平均値 (7.29 mg/kg 体重) を全被験者の平均体重である 16.50 kg を用いて計算すると 120 mg に相

当する。これは Shofield ら¹⁷⁾の下限値であり、神谷¹⁶⁾が推定した 10 mg/kg 体重 $\times$ 16.50 kg = 165 mg 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。さらに本結果から 4~6 歳の 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。

Na について、健康な乳幼児の発育には 1 日当たり 140~180 mg の Na が必要で体重 kg 当りに換算すると 14~18 mg に相当するといわれている^{18,19)}。そして近年、この時期における食塩の過剰摂取は将来、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議栄養委員会では食塩摂取を減らすことを勧告している¹⁸⁾。本出納では平均 120 mg/kg 体重の Na を摂取しており、この値は平田ら²⁰⁾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剰の方向にあることが指摘できよう。次に尿中への食塩排泄は微量であり、一般に小児の尿中 Na 排泄は 30 mg/日といわれている²¹⁾が、本結果でも非常に少なく平均 21 mg/日であった。このこと

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

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

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

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

Fig. 3 Correlation between intake and urinary excretion of sodium in the group having the daily normal diet

$$\text{Na Intake (mg/kg)} = 18.4 + 0.74 \times \text{Na Urinary excretion (mg/kg)}$$

$$r = +0.576 \quad (n=33, p<0.01)$$

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

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²²⁾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²³⁾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値の最高値を引用すると Na で摂取量の 0.45% となるが、この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、回帰直線は Fig. 3 となり、尿中 Na 量を測定することにより Na 摂取量を推定でき、さらに食塩換算係数である 2.54 を掛け合わせることで食塩摂取量を推定することが可能となる。

K について、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 日当たりの摂取量は約 2～3 g と推定される²⁴⁾。また摂取される 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 摂取量をおよそ推測することができるといわれている¹⁾。このことは本成績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。

さらに同年齢の K 必要量は本成績より求めた回帰直線 (Fig. 4) から計算すると、23.8 mg/kg 体重 (0.6 mEq/kg 体重) の摂取量となり、Frank ら²⁵⁾が成人に対して用いた体重 kg 当たり 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。

Fe について、本出納の被験者年代の Fe 所要量は 470～530 $\mu\text{g/kg}$ 体重 (8～9 mg/日) であるが、実測値は平均 550 $\mu\text{g/kg}$ 体重と少し高値を示した。鈴木ら²⁶⁾が 4～9 歳の小児について行った Fe 出納成績によると 515 $\mu\text{g/kg}$ 体重の摂取で 30% 吸収されたという。本調査では、これより高い数値を示したが、この差は被験者の Fe 貯蔵量の多寡と関係する可能性もある。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いる。鈴木ら²⁶⁾の実験は昭和 31 年であるから現在の食生活との間に大きな差があるのではないかとと思われる。Fe の体内保留量は食事での Fe 吸収率に左右されるといわれており、本出納値でも体内保留量と吸収量

Fig. 4 Correlation between intake and retention of potassium in the group having the daily normal diet
 $\text{K Retention (mg/kg)} = -15.00 + 0.63 \times \text{K Intake (mg/kg)}$
 $r = +0.481$ ($n=33$, $p<0.01$)
 L_1 : Regression line; L_2, L_3 : Confidence limit of regression ($p=0.95$), ● July, ▲ October

Fig. 5 Correlation between intake and retention of zinc in the group having the daily normal diet
 $\text{Zn Retention (}\mu\text{g/kg)} = -139.01 + 0.70 \times \text{Zn Intake (}\mu\text{g/kg)}$
 $r = +0.592$ ($n=33$, $p<0.01$)
 L_1 : Regression line; L_2, L_3 : Confidence limit of regression ($p=0.95$), ● July, ▲ October

量との間に $r=0.994$ という高い正相関を示したことから同様なことが考えられる。

Zn について、日本人 1 日の 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/日であり、武ら²⁸⁾の計算では約 30 mg/日、Yamagata ら²⁹⁾の結果では 14 mg/日となっているが、本結果はこれらの成績と比較すると少なく、1 日当たり 7.7 mg であった。一方、Scoular³⁰⁾、Engel ら³¹⁾は小児で摂取量が 7~8 mg/日の時 2.1~3.4 mg/日の体内保留量を示したと報告している。本調査の Zn 摂取量 7.7 mg/日において正の出納を示し、1 日当たりの 3.1 mg を保留した。この点から考えても本調査での小児では摂取量適正值と推察された。

また、Zn の摂取量と保留量との間に正相関がみられ (Fig. 5)、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 $\mu\text{g/kg}$ 体重となり、女児では 183.2 $\mu\text{g/kg}$ 体重と計算され、さらに男女児全体では 197 $\mu\text{g/kg}$ 体重と算出され、1 日当たりに換算すると 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。そこで、Ritchey ら³²⁾が報告している汗からの損失量 1.2~1.4 mg/日を最大限に見積もって加算した場合 4.6 mg/日量の摂取が必要となる。こ

の値が日本人小児の必要量であると思われるが、毛髪中に 150~190 ppm の Zn が存在している³³⁾ので、毛髪からの損失も加算する必要があると思われる。アメリカでは栄養所要量 (1980 年) として 0~1.0 歳の幼児 3~5 mg/日、1~10 歳までの小児 10 mg/日、成人 15 mg/日と規定している³⁴⁾。

Cu について、普通の食生活を営む成人について Cu 欠乏の報告はこれまで認められない。日本人の Cu 摂取量についての報告は鈴木ら²⁶⁾による 5~9 歳の男児 6 名の出納成績があるが、それによると 3.2 mg/日で、また、日常の標準献立を作成して測定した村上³⁵⁾の結果によると 2~4 mg/日、武ら²⁸⁾の成績は 2.5 mg/日、寺岡ら³⁶⁾は 3.6 mg/日であったと報告している。本調査では 1 日当たり 1.16 mg であり、食事から摂取する Cu 量は食物の種類により差が大きいため多くの報告との間に差がみられたものであろう。さて、日本人の Cu 必要量については昭和 31 年に行った鈴木ら²⁶⁾の出納成績のみである。本調査の結果より回帰直線から外挿法にて必要量を求めたところ (Fig. 6)、男児では 40.5 $\mu\text{g/kg}$ 体重となり、女児では 30.2 $\mu\text{g/kg}$ 体重、さらに男女児全体では 36.8 $\mu\text{g/kg}$ 体重という数値であった。Cartwright ら³⁷⁾も同様にゼロ平衡を示す摂取量を 30 $\mu\text{g/kg}$ 体重であると報告している。また

Fig. 6 Correlation between intake and retention of copper in the group having the daily normal diet

$$\text{Cu Retention } (\mu\text{g/kg}) = -33.36 + 0.94 \times \text{Cu Intake } (\mu\text{g/kg})$$

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

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

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

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

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

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

Fig. 8 Correlation between calcium and magnesium of intake in the group having the daily normal diet
 $\text{Mg Intake (mg/kg)} = 1.70 + 0.24 \times \text{Ca Intake (mg/kg)}$
 $r = +0.713$ ($n=33$, $p<0.01$)
 L_1 : Regression line; L_2, L_3 : Confidence limit of regression ($p=0.95$), ● July, ▲ October

Fig. 9 Correlation between magnesium and phosphorus of intake in the group having the daily normal diet
 $\text{P Intake (mg/kg)} = 13.63 + 2.76 \times \text{Mg Intake (mg/kg)}$
 $r = +0.702$ ($n=33$, $p<0.01$)
 L_1 : Regression line; L_2, L_3 : Confidence limit of regression ($p=0.95$), ● July, ▲ October

被験者の平均体重 (16.5 kg) を乗じてみると 1 日 0.61 mg に相当し, Engel ら³¹⁾が報告している汗よりの損失量 0.5 mg/日を加えても 1 日当たり 1.11 mg である。毛髪中に Cu が 15~17 ppm 存在し³³⁾, この毛髪からの損失量を加算しても 1 日当たり 1.11 mg の Cu 摂取は今回の 3 歳 10 カ月~6 歳 5 カ月の男女児の Cu 必要量として考えることができる。Scoular³⁸⁾は 20 kg までの体重の 3~6 歳児の平均は 1 日当たり 1.0~1.6 mg 必要であると報告している点でも, 上記の年齢の Cu 必要量はほぼ 1~2 mg であると思われる。また, 日本人子供の血清 Cu 濃度について報告している Hatano ら³⁹⁾によると 2~5 歳の間に血清値の上昇ピークがみられたという。

次にミネラル摂取間の関係を述べると, 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. 7, 8 に示すように Ca 摂取が上があれば 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⁴⁰⁾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

考察のごとくにはほぼ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. 9)。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ために, Cu が不足すると貧血になるといわれている⁴¹⁾。

2. 第 II 回試験

ミネラル出納と蛋白質との関係について以下に述べる。

1) Ca について

摂取蛋白質レベルと Ca 出納との関係について, Sherman (1920 年)⁴²⁾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⁴³⁾は成人男子を被験者とし投与 Ca 量を 500 mg/日の一定にし, 蛋白質レベル

Fig. 10 Correlation between calcium retention and nitrogen intake in children having two levels of dietary protein
 $N \text{ Intake (mg/kg)} = 458.86 - 7.71 \times Ca \text{ Retention (mg/kg)}$
 $r = -0.433 (n=27, p<0.05)$
 L_1 : Regression line; L_2, L_3 : Confidence limit of regression ($p=0.95$), ● Daily normal diet, ■ Low protein diet

Fig. 11 Correlation between phosphorus retention and nitrogen intake in children having two levels of dietary protein
 $N \text{ Intake (mg/kg)} = 411.74 - 7.97 \times P \text{ Retention (mg/kg)}$
 $r = -0.443 (n=27, p<0.05)$
 L_1 : Regression line; L_2, L_3 : Confidence limit of regression ($p=0.95$), ● Daily normal diet, ■ Low protein diet

を 47, 95, 142 g/日の 3 段階設定して Ca 出納をみたところ、蛋白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⁴⁴⁾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、蛋白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⁴⁵⁾によると体重 kg 当たり 3~4 g に蛋白質量を変えたが Ca の体内保留に影響しなかったという。また一方、Shofield ら¹⁷⁾の小児について最低 0.5 g/kg 体重から最高 3 g/kg 体重の蛋白質を与え、Ca 量を一定投与した時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、高蛋白質摂取群では高い Ca の尿中排泄を示している。

本出納試験において蛋白質摂取量と Ca 出納の関係を従来の報告^{43,44)}にみられるように明確につかむことはできなかったが、これは蛋白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⁴⁵⁾。

次に、蛋白質摂取(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に求めた回帰直線と 95% の信頼区間限界を Fig. 10 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。この時の体内 Ca 保留値は 0 mg/kg 体重であるから摂取窒素量が 457 mg/kg 体重すなわち蛋白質として約 2.9 g/kg 体重を越えると 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

Shofield ら¹⁷⁾, Hawks ら⁴⁵⁾は食事性蛋白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、筆者の成績ではこのような結果は得られず、これは設定した蛋白質レベルの差の小さいことによるものなのかもしれない。

P の体内保留量と窒素摂取量との関係を Fig. 11 に示した。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、蛋白質としては 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

Shofield ら¹⁷⁾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、筆者の成績とは一致しない。これは Shofield ら¹⁷⁾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 のそれにみられたような関係は観察できなかった。

4) Fe について

鉄代謝と蛋白質栄養との関係は Protein-Energy-Malnutrition (PEM) の症状で貧血が起こることはよく知られている⁴⁶⁾。また低蛋白質摂取では Fe の腸管吸収が減少し、逆に蛋白質レベルの上昇により吸収が促進されることもいわれている⁴⁷⁾。本調査では蛋白質レベルの差が小さいため、低蛋白質レベルは従来の報告のような結果を示さなかった。

5) Zn について

Zn の吸収に動物性蛋白質が強く関与しており、蛋白質量、特に動物性蛋白質の摂取量が多いと Zn の吸収が促進されると Sandström ら⁴⁸⁾は報告している。さらに Price ら⁴⁹⁾は蛋白摂取量が 50 g で Zn 摂取量が 7 mg の時、Zn の保留量が約 2 mg 以上であった。しかし、蛋白質が 25 g の時では Zn 摂取が 5 mg で保留量は約 1 mg 以下になったと報告している。また、蛋白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。本調査についても同様に低蛋白質食が普通食に比して Zn 摂取量の低値を示したが保留率には差がみられなかった。したがって、発育の盛んな小児期では Zn の摂取量、利用を高めるためにも蛋白質の量と質を考慮する必要があると思われる。

6) Cu について

Price ら⁴⁹⁾によると食事中の蛋白質レベルが変わっても Cu 出納に影響を及ぼさないと報告している。また、Butler ら⁵⁰⁾はビーナッツ粉末とカゼイン-乳アルブミン (5 : 1) を蛋白質源としたところビーナッツ粉末のほうが Cu 摂取量が高い結果となり、また、米や麦を食糧にしているインドの成人摂取量はイギリスやオランダの献立の Cu 含量よりも高い値であったといわれている⁴¹⁾。本調査でも低蛋白質レベルに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ために、低蛋白質食を摂取したことは炭水化物の多い食事内容を摂取したことにはかならず、そのための結果であろうかと思われる。

結 論

福祉施設に住む男女児について、試験 I、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 (Ca, P, Mg, Fe, Cu, Zn, Na, K) の出納を観察し、試験 II では男女児 15 名について、食事中の蛋白質レベルを変えた時の Ca, P, Mg, Fe, Zn, Cu 出納の変化についての観察を行った。

その期間は試験 I で昭和 53 年 7 月の 3 日間と同年 10 月の 3 日間、試験 II では同年 10 月の 6 日間である。

1) 試験 I では、測定ミネラルはいずれも男女児の平均値でみるかぎり正の体内保留を示した。ただし、P については 34 mg/kg 体重の摂取で男児の場合、負の体内保留を示したものが 18 例中 8 例みられた。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 当たりの Mg は 2.6 mg であり、P は 27.2 mg, Zn は 197 μ g, Cu は 36.8 μ g と推定した。

2) 試験 II では、高蛋白質レベル (普通食) は低蛋白質食に比し Ca の尿中排泄率を高める結果を得た。蛋白質摂取量と体内 Ca 保留量との関係より推定すると 26~31 mg/kg 体重の Ca 摂取では蛋白質レベルは 2.9 g/kg 体重以下が望まれる結果を得た。

高蛋白質レベルは 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。蛋白質摂取量と体内 P 保留量との関係より、蛋白質が 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 の摂取量は食事中蛋白質レベルの変化により影響を示した。

稿を終えるに臨み、本研究に多大なる御協力を頂きました東京農業大学教授五島孜郎医学博士、熊本大学公衆衛生学教室北野隆雄修士ならびに同教室員各位に深く感謝致します。

文 献

- 1) 厚生省保健医療局健康増進栄養課：第三次改定 日本人の栄養所要量。p. 75~90, p. 149~165, 第一出版, 東京, 1983。
- 2) 総理府統計局：昭和 58 年度家計調査年報。p. 196~245, 日本統計協会, 東京, 1984。
- 3) 厚生省公衆衛生局栄養課：昭和 57 年度国民栄養の現状。p. 59, 第一出版, 東京, 1984。
- 4) 鈴木和春, 菅家祐輔, 五島孜郎：ラット組織中ミネラル含量ならびに金属酵素活性に対する女性ホルモンの影響。栄と食糧, 32, 135~141, 1979。
- 5) Slavin, W.: 原子吸光分析：基礎と応用。下村滋, 保田和雄, 長谷川敬彦, 須見泰子 訳, p. 77~162, 廣川書店, 東京, 1968。
- 6) 池田重良：炎光・原子吸光分析。p. 37~40, 共立出版, 東京, 1978。

- 7) Gomori, G.: A modification of the calorimetric phosphorus determination for use with pholemetric calorimeter. *J. Lab. Clin. Med.*, 27, 955, 1942.
- 8) 石居進: 生物統計学入門, p. 167~169, 培風館, 東京, 1975.
- 9) 厚生省公衆衛生局栄養課: 昭和54年改定 日本人の栄養所要量, p. 108, 第一出版, 東京, 1979.
- 10) 岩尾裕之: リン酸のはたらき; その重要性, (小原哲二郎, 岩尾裕之, 福場博保 編), p. 143~144, 第一出版, 東京, 1983.
- 11) 林路彰, 大栗サダ, 原綾子: 小児のカルシウム所要量, 栄と食糧, 5, 20, 1952.
- 12) 古明地良孝: 幼児のカルシウム所要量に関する研究, 栄と食糧, 7, 51~68, 1954.
- 13) 速水決, 橋本タニ, 松野ゆき: 学童のカルシウム出納試験, 昭和31年度国立栄研報, p. 37, 1956.
- 14) 川村信一郎: 栄養: 所要量と摂取量, p. 191~192, 共立出版, 東京, 1983.
- 15) 鈴江緑衣郎: 無機質所要量について(II), 臨栄, 61, 148~152, 1982.
- 16) 神谷保男: マグネシウム代謝に関する研究, 第2編 幼児の平常のMg代謝について, 栄と食糧, 9, 112~118, 1956.
- 17) Shofield, F.A. and Morrel, E.: American institute of nutrition symposium on metabolic patterns in preadolescent children; Ca, P, Mg. *Fed. Proc.*, 19, 1014~1016, 1960.
- 18) Committee on Nutrition, American Academy of Pediatrics: Salt intake and eating patterns of infants and children in relation to blood pressure. *Pediatrics*, 53, 115~121, 1974.
- 19) Blair-West, J.R., Coghlan, J.P., Denton, D.A., Funder, J. W., Nelson, J.F., Scoggins, B.A. and Wright, R.D.: Sodium homeostasis, salt appetite and hypertension. *Circ. Res.*, 27(Suppl.), II-251~II-265, 1970.
- 20) 平田清文, 阿部達夫, 花岡隆, 戸田まゆみ, 野津浩二: 日本人の食塩摂取に関する調査研究, 第33回日本栄養食糧学会総会講演要旨集, p. 132, 1979.
- 21) Henneman, P.H. and Dempsey, E.R.: Factor determining fecal electrolyte excretion. *J. Clin. Invest.*, 35, 711, 1956.
- 22) Dahl, L.K.: Salt intake and salt need. *N. Engl. J. Med.*, 258, 1205~1208, 1958.
- 23) Harrison, M.E., Walls, C., Korsland, M.K. and Ritchey, S. J.: An estimation of mineral losses through and sweat of preadolescent children. *Am. J. Clin. Nutr.*, 29, 842~846, 1976.
- 24) 吉川陽造, 藤田光男: 美作地域におけるカリウム摂取に関する調査, 美作女子大学研究紀要, 6, 49~57, 1973.
- 25) Frank, H.A., Hastings, T.N. and Brophy, T.W.: Fluid and electrolyte management in pediatric surgery. *West. J. Surg.*, 60, 25, 1952. (厚生省保健医療局健康増進栄養課: 第三次改定 日本人の栄養所要量, p. 87~88, 第一出版, 東京, 1983, より引用).
- 26) 鈴木一正, 早川徳子, 長谷川好亮: 児童における銅, マンガン, 亜鉛及び鉄の出納, 昭和31年度国立栄研報, p. 39, 1956.
- 27) 古武弥三, 池田小夜子, 柴田満里子: 日本人の亜鉛摂取量について, 栄と食糧, 34, 355~365, 1981.
- 28) 武敦子, 矢野公子, 鈴木泰夫, 野田克彦: 日本人の常食する食品中のマグネシウム, マンガン, 亜鉛, 銅含量, 栄と食糧, 30, 381~393, 1977.
- 29) Yamagata, N. and Iwashima, K.: Balance of zinc in Japanese people and diet with deference to environmental contamination with radioactive zinc-65. *公衛院報*, 11, 131~138, 1962.
- 30) Scoular, F.I.: A quantitative study, by means of spectrographic analysis, of zinc in nutrition. *J. Nutr.*, 17, 103~113, 1939.
- 31) Engel, R.W., Price, N.O. and Miller, R.F.: Copper, manganese, cobalt and molybdenum balance in preadolescent girls. *J. Nutr.*, 92, 197~204, 1967.
- 32) Ritchey, S.J., Korslund, M.K., Gilbert, L.M., Fay, D.D. and Robinson, M.R.: Zinc retention and losses of zinc in sweat by preadolescent girls. *Am. J. Clin. Nutr.*, 32, 799~803, 1979.
- 33) 森田昌敏: 生体と重金属, (不破敬一郎編), p. 151, 講談社サイエンティフィック, 東京, 1981.
- 34) Sandstead, H.H.: Disorders of mineral metabolism. VI. Trace minerals. "Zinc in Human Nutrition" (Bronner, F. and Coburn, J.N., eds.), p. 113~120, Academic Press, New York, 1981.
- 35) 村上靖: 日本人常用食品中の銅含有量に関する研究, 大阪市大医誌, 22, 13~48, 1975.
- 36) 寺岡久之, 森井ふじ, 小林純: 食品中に含まれる24種の元素量及び1日の元素摂取量について, 栄と食糧, 34, 221~239, 1981.
- 37) Cartwright, G.E., Hodges, R.E., Gubler, C.J., Mahoney, J. D., Daum, K., Wintrobe, M.M. and Bean, W.B.: Studies on copper metabolism. XIII. Hepatolenticular degeneration. *J. Clin. Invest.*, 33, 1487~1501, 1954.
- 38) Scoular, F.E.: A quantitative study, by means of spectrographic analysis, of copper in nutrition. *J. Nutr.*, 16, 437~450, 1938.
- 39) Hatano, S., Nishi, Y. and Usui, T.: Copper levels in plasma and erythrocytes in healthy Japanese children and adults. *Am. J. Clin. Nutr.*, 35, 120~126, 1982.
- 40) Karppanen, H., Pennanen, R. and Passinen, L.: Minerals, coronary heart disease and sudden coronary death. *Adv. Cardiol.*, 25, 9~24, 1978. (糸川嘉則: 日本人のCa, Mg摂取状況, 最新医, 38, 641~645, 1983, より引用).
- 41) Underwood, E.J.: 微量元素: 栄養と毒性, (日本化学会 訳編), p. 57~111, 丸善, 東京, 1975.
- 42) Sherman, H.C.: Calcium requirement for maintenance in man. *J. Biol. Chem.*, 44, 21~27, 1920.
- 43) Anand, C.R. and Linkswiler, H.H.: Effect of protein intake on calcium balance of young men given 500mg calcium daily. *J. Nutr.*, 104, 695~700, 1974.
- 44) Johnson, N.E., Alcantara, E.N. and Linkswiler, H.M.: Effect of level of protein intake on urinary and fecal calcium and calcium retention of young adult males. *J. Nutr.*, 100, 1425~1430, 1970.
- 45) Hawks, J.E., Bray, M.M., Wilde, M.O. and Dye, M.: The interrelationship of calcium, phosphorus and nitrogen in the metabolism of preschool children. *J. Nutr.*, 24, 283~294, 1942.
- 46) Lynch, S.R., Becker, D., Seftel, H., Bothwell, T.H., Stevens, K. and Metz, J.: Iron absorption in kwashiorkor. *Am. J. Clin. Nutr.*, 23, 792~797, 1970.
- 47) Layrisse, M., Marting-Torres, C. and Gonzales, M.: Measurement of the total daily dietary iron absorption by the extrinsic tag model. *Am. J. Clin. Nutr.*, 27,

- 152~162, 1974.
- 48) Sandström, B., Arvidsson, B., Cederblad, A. and Björn-Rasmussen, E.: Zinc absorption from composite meals. I. The significance of wheat extraction rate, zinc, calcium, and protein content in meals based on bread. *Am. J. Clin. Nutr.*, 33, 739~745, 1980.
- 49) Price, N.O., Bunce, G.E. and Engel, R.W.: Copper, manganese and zinc balance in preadolescent girls. *Am. J. Clin. Nutr.*, 23, 258~260, 1970.
- 50) Butler, L.C. and Daniel, J.M.: Copper metabolism in young women fed two levels of copper and two protein source. *Am. J. Clin. Nutr.*, 26, 744~749, 1973.

(受付: 1987年1月7日)