

日常食における亜鉛, 銅, セレンの出納について

佐藤 郁雄・新関 嗣郎・細川 優・東条 仁美・
内藤 紀子・山口 賢次

(国立栄養研究所母子栄養部*)

Zinc, Copper and Selenium Balance in the Diets Composed Ordinary Foods in Japan

Ikuko SATO, Shiro NIIZEKI, Yu HOSOKAWA, Hitomi TOJO,
Noriko NAITO and Kenji YAMAGUCHI

Division of Maternal and Child Nutrition, The National Institute of Nutrition

In three experiments (Exp. 1, 2, 3), the 5-day balance study for zinc, copper and selenium were carried out in 16 healthy female subjects aged 20–21 years. Menus were composed of ordinary foods and were typical of subjects' usual dietary habits. Meat, seafood, and vegetable foodstuff was superior proportion of the experimental diet in Exp. 1, 2 and 3, respectively. The results obtained were as follows.

1. The zinc intake in Exp. 1, Exp. 2 and Exp. 3 was 7.6, 7.3 and 7.4mg/day, respectively. The zinc balance exhibited zero or slightly negative.
2. The copper intake in Exp. 1, Exp. 2 and Exp. 3 was 1.1, 1.1 and 1.8mg/day, respectively. Balance was markedly positive in Exp. 3 and was strongly influenced by the diet composition.
3. The selenium intake in Exp. 1, Exp. 2 and Exp. 3 was 83, 142 and 82–90 μ g/day, respectively. Selenium was excreted in urine equal to, or more in feces. Retention was markedly positive in Exp. 2, but absorption ratios were Exp. 3 > Exp. 2 > Exp. 1 in order.

*所在地: 東京都新宿区戸山1-23-1 (〒162)

4. Factorial analysis of variance was carried out on the effect of the diet composition. The result showed that absorption, the ratio of fecal excretion/intake and urinary excretion of copper were significantly affected by the diet composition, and fecal excretion, absorption, the ratio of fecal excretion/intake and retention of selenium were also affected by the diet composition, but these of zinc were unaffected by the diet composition.

近年、微量元素の生理作用や必須性について注目されるようになった。しかし、その摂取量や必要量は必ずしも明らかではない。そこで、本研究ではこの点を解明する研究の一環として日常食による微量元素の出納試験を実施した。

実 験 方 法

1. 被験者

20～21歳の健康な女子学生16人を対象に、3つの食事内容の異なる実験（実験1～実験3）を行った。被験者の詳細を表1に示した。

Table 1. Physical characteristics of subjects

	N	Sex	Age(yrs)	Height(cm)	Weight(kg)
Exp. 1	5	F	21 ± 0.4	160.2 ± 5.0	53.4 ± 5.2
Exp. 2	5	F	21 ± 0.3	157.0 ± 4.2	49.2 ± 4.0
Exp. 3	6	F	20 ± 0.3	157.6 ± 4.4	50.6 ± 4.7

* Each value represents mean ± SD.

2. 実験食

被験者を5日間被験者室に宿泊させ、栄養所要量¹⁾の「軽い労作」を基準にした食事を摂取させた。実験食は日本人の日常の食事内容とし、実験1は獣肉（牛肉、豚肉）、実験2は魚介類（まぐろ、ぶり、いか等）、実験3は野菜類と植物性蛋白質（大豆製品）を多く用いた食事を作成した。摂取量は、実験1及び実験2では全被験者同量、実験3では副食は同量であるが、主食は全被験者自由摂取とした。

3. サンプル

食事サンプルは、被験者が摂取したものと同一の食事（陰膳方式）を、糞便及び尿は24時

間排泄毎に採取した。なお、食事と糞便は凍結乾燥後、粉末にして保存した。

4. 分析

亜鉛と銅は各サンプルを湿式灰化後定容したものを適当に希釈し、原子吸光法により分析した。尿中銅はフレイムレス装置、その他はフレイム装置を用いた。セレンは湿式灰化後 2, 3-diaminonaphthalene を用いた蛍光法²⁾により分析した。

結 果 及 び 考 察

実験前の影響を除くために、各計算値及び分析値は実験開始後 3 日目から最終日までの 3 日間平均値を用い、また、微量金属の吸収量と蓄積量は次式によって求めた。

吸収量 = 摂取量 - 糞便中排泄量

吸収率 = (吸収量 / 摂取量) × 100

蓄積量 = 摂取量 - (糞便中及び尿中排泄量)

Table 2. Energy and nutrient intake

		Exp. 1	Exp. 2	Exp. 3
Energy	(kcal)	1787	1777	1920
Protein	(g)	62.5	61.1	77.3
Animal	(g)	33.1	37.4	31.7
(Meats)	(g)	15.3	4.7	14.6
(Fishes)	(g)	3.2	27.3	7.9
Vegetable	(g)	29.4	31.7	49.6
Lipid	(g)	70.7	47.5	74.0
Carbohydrates				
Non-fibrous	(g)	216.7	266.0	239.8
Fiber	(g)	4.2	4.7	7.3
Ash	(g)	12.9	12.5	23.9
Calcium	(mg)	464	488	837
Phosphorous	(mg)	913	908	1064
Iron	(mg)	10.1	11.9	15.7
Sodium	(mg)	2149	1496	4825
Potassium	(mg)	2526	2964	3869
Retinol	(μg)	358	61	75
Carotene	(μg)	3165	3777	7069
Retinol potency	(IU)	2965	2312	4196
Thiamin	(mg)	1.02	1.00	1.41
Riboflavin	(mg)	1.34	1.01	1.35
Niacin	(mg)	12.3	17.4	18.1
Ascorbic acid	(mg)	132	145	209

* Each value represents the average of last 3 experimental days.

1. 栄養素等の摂取量

日本食品標準成分表³⁾から計算した栄養素等の摂取量は、表2に示したように、エネルギー摂取量は実験1，実験2が約1780kcalであったが、実験3は動物性蛋白質に加えて植物性蛋白質を多く使用したため1920kcalとなった。蛋白質の摂取量は62～77gであったが、動物性蛋白質比は実験1，実験2の53～54%に対して野菜および植物性蛋白質を多く摂取させた実験3は35.5%であった。逆に食物繊維の摂取量は前2者の4gに比較して実験3は7gであった。なお、動物性蛋白質の質は実験1と実験3はその約50%が獣肉であったが、実験2ではその73%が魚介類であった。

2. 微量金属の摂取量及び排泄量

1) 亜鉛(図1)

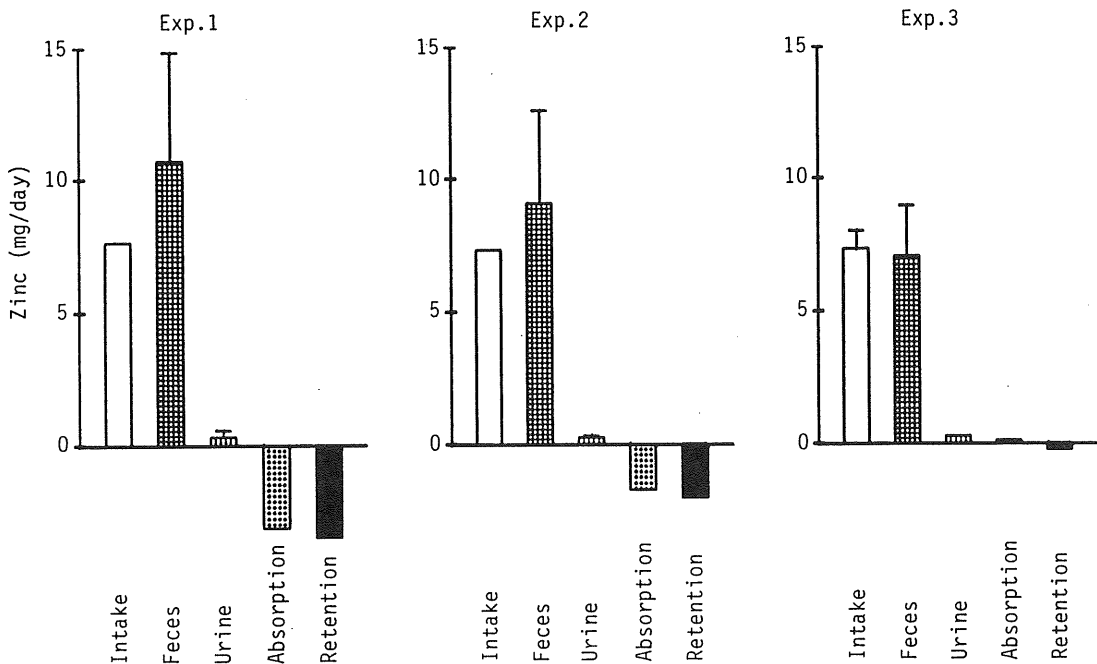


Fig. 1. Balance study of zinc

亜鉛摂取量は各実験 7.6 mg/day, 7.3 mg/day, 7.4 mg/day であり、実験食による差は少なかった。これらの亜鉛摂取量はアメリカの栄養所要量 (RDA)⁴⁾ の 15 mg/day の約半分であり、また女子大学生の 18.4 mg/day, 軽い労作の成人 15 mg/day などの報告^{5, 6)} に比べると低亜鉛食であった。

亜鉛の尿中排泄量は糞便中排泄量の 0.6～4% であり、主な排泄経路は糞便であった。

実験1：糞便中の亜鉛排泄量が摂取量をやや上回り，その結果，吸収量，蓄積量は負を示した。

実験2：摂取量と同程度の亜鉛が糞便中に排泄され，吸収量，蓄積量はほぼゼロを示した。

実験3：実験2と同様の傾向を示し，出納はほぼゼロを示した。

亜鉛はいづれの実験においてもゼロ～負の近似した出納を示したが，これらの実験食の亜鉛含有量は平衡維持量の下限に近いものと考えられる。

2) 銅 (図2)

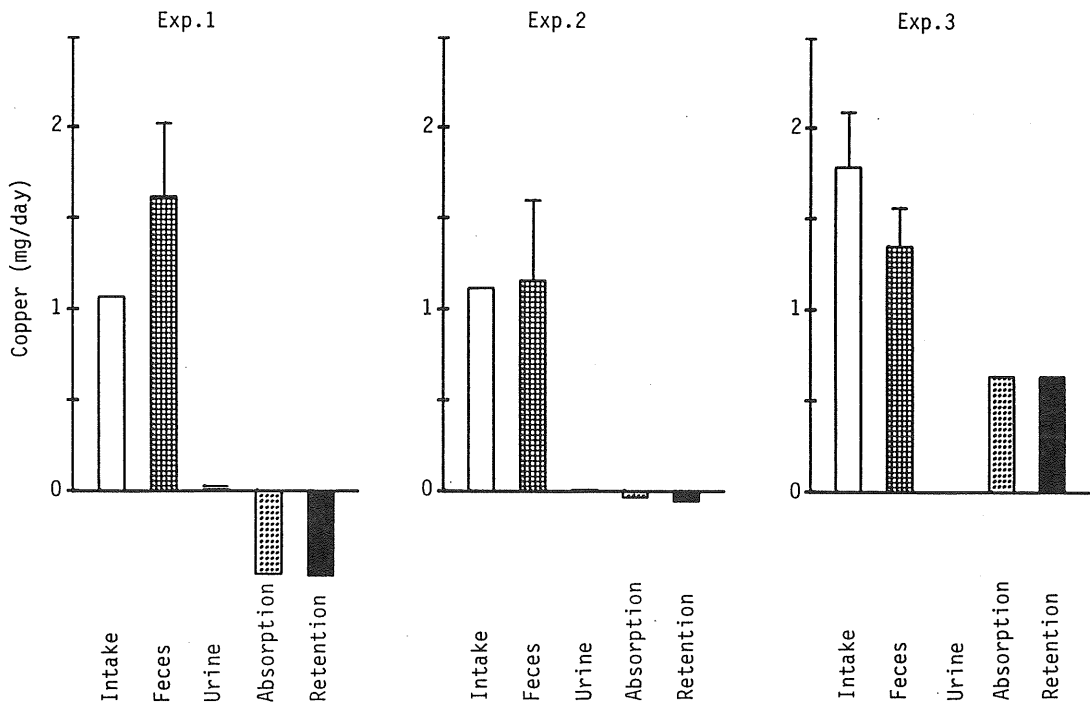


Fig. 2. Balance study of copper

食事中の銅は各実験食 1.1 mg/day, 1.1 mg/day, 1.8 mg/day であり，植物性蛋白質を主とした実験食中銅含有量が最も高値であった。各実験とも銅摂取量は RDA の示した 2～3 mg/day には達しなかった。

銅の尿中排泄量は糞便中排泄量の 1% 以下であり，主な排泄経路は糞便であった。

実験1：摂取量を上回る銅が糞便中に排泄され，大きな負の出納を示した。

実験2：摂取量とほぼ同量の銅が糞便中に排泄され，出納もゼロを示した。

実験3：銅の摂取量が他の実験食に比べて多く，しかも糞便中排泄量が少ないため，大きな

正の出納を示した。

3) セレン (図3)

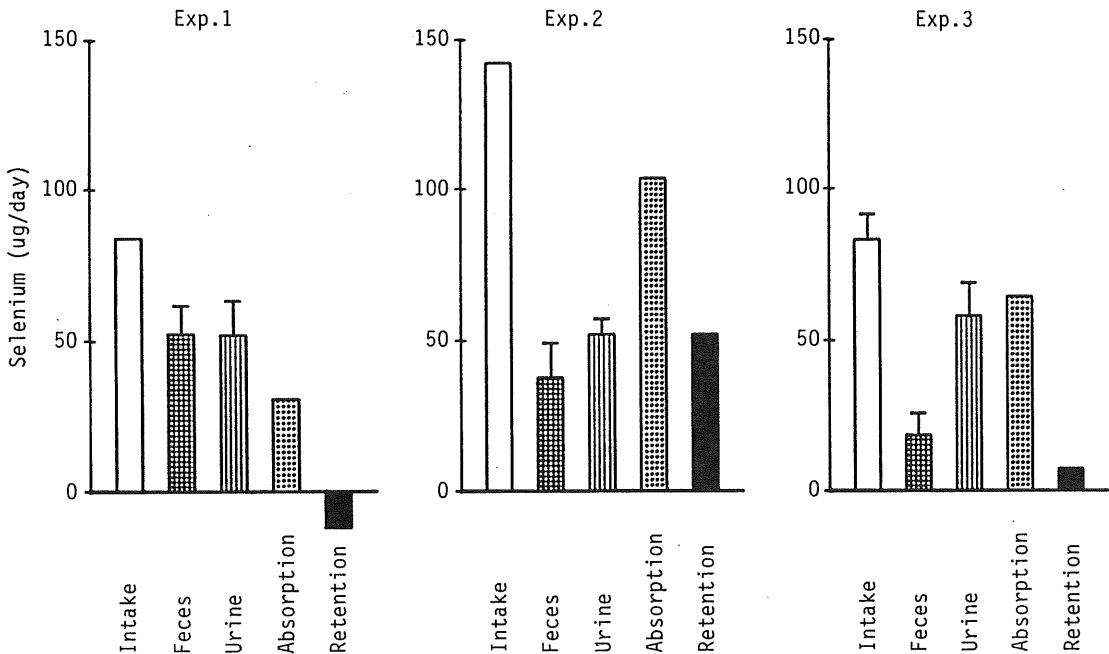


Fig. 3. Balance study of selenium

食事中的セレンは各実験食 $83\mu\text{g/day}$, $142\mu\text{g/day}$, $82\sim 90\mu\text{g/day}$ であり, 魚介類を主体にした実験食のセレン含有量が最も高値であった。各実験ともセレン摂取量は RDA の示した $0.05\sim 0.20\text{ mg/day}$ の範囲内にあった。

セレンの排泄系は前述の亜鉛や銅とは異なり, 糞便中と同程度又はそれ以上が尿中に排泄される経腎型であった。

実験 1: セレン摂取量の約 60% が糞便中に排泄され, これとほぼ同程度のセレンが尿中に排泄された。出納は負を示した。

実験 2: セレン摂取量に対する糞便中及び尿中排泄量の比率は低く, 正の出納を示した。

実験 3: セレンの糞便中排泄量は少なく, この約 3 倍が尿中に排泄された。出納は正を示した。

吸収率でみると, 実験 3 > 実験 2 > 実験 1 で実験食による差がみられたが, 絶対的セレン摂取量の多い実験 2 における蓄積量が最大であった。

4) 各金属の尿中排泄量

金属の尿中排泄量を実験別(実験食別)に比較したものが図4である。実験食による違いは銅にのみみられ、実験1, 2に比べ実験3での尿中銅の排泄量は低値を示した。

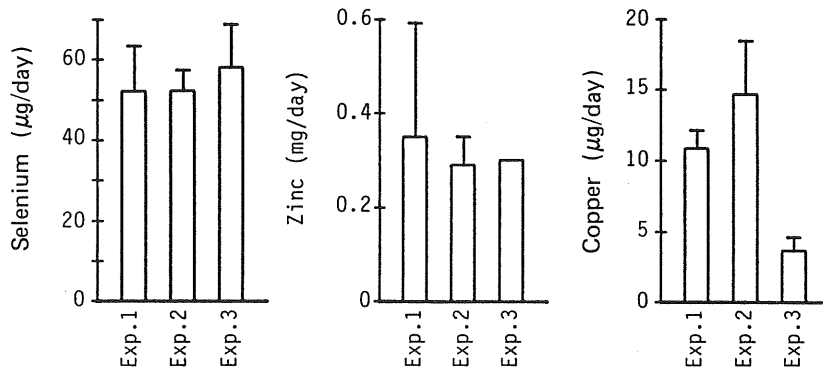


Fig. 4. Urinary excretion of Se, Zn and Cu

5) 亜鉛, 銅及びセレンの出納に及ぼす摂取食質の影響

亜鉛, 銅及びセレンの出納に及ぼす摂取食質の影響を検討するため, 分散分析を試みた結果

Table 3. Factorial analysis of variance on the effect of the diet

Element	Variable	Diet(F)
Zinc	Fecal excretion	3.18
	Absorption	2.94
	Fecal excretion/Intake	2.88
	Urinary excretion	1.06
	Retention	3.11
Copper	Fecal excretion	2.10
	Absorption	7.55**
	Fecal excretion/Intake	6.50*
	Urinary excretion	5.48*
	Retention	2.55
Selenium	Fecal excretion	18.45***
	Absorption	4.85*
	Fecal excretion/Intake	19.20***
	Urinary excretion	0.74
	Retention	23.80**

* $P < 0.05$, ** $P < 0.01$, *** $P < 0.005$

(表3), 摂取食質の亜鉛出納に及ぼす影響は認められなかったが, 銅の吸収量, 吸収率, 尿中排泄量に対して, またセレンでは糞便中排泄量, 吸収量, 吸収率, 蓄積量に対して摂取食質の有意な因子効果を認めた。

亜鉛や銅の場合, 蛋白質源に植物性蛋白質を用いた時はミネラルの利用率が低下する⁷⁾という報告もみられるが, 本実験の食事は日常食の範囲内での変動, すなわち食事に植物性蛋白質を部分的に増加させている程度なので, 植物性食品によるミネラルの利用低下は観察されなかったものと推定されるが, Gregerら⁸⁾も同様の事実を述べている。また, 動物実験において, 魚介類のセレン利用は植物性蛋白質よりも悪い⁹⁾とされているが, これと同様の理由によるものと推定される。

文 献

1. 厚生省健康増進栄養課編 (1985) 第三次改訂日本人の栄養所要量, 第一出版 (東京)
2. MICHIE, N. D., E. J. DIXON and N. G. BUNTON (1978) J. A. O. A. C. 61:48
3. 科学技術庁資源調査会編 (1982) 四訂日本食品標準成分表, 大蔵省印刷局 (東京)
4. Recommended dietary allowance-1980 (1980) Nutr. Rev. 38:290
5. 将岡久之, 森井ふじ, 小林 純 (1981) 栄養と食糧 34:221
6. 木村美恵子, 永井清久, 泰永 募, 夏山 知, 木村一秀, 森川 彬, 糸川嘉則 (1984) 微量栄養素研究 1:71
7. DAVIS, P. N., L. C. NORRIS and F. H. KRATZER (1962) J. Nutr. 77:217
8. GREGER, J. L., M. S. BALIGAR, R. P. ABERNATHY, O. A. BENNETT and T. PETERSON (1978) Am. J. Clin. Nutr. 31:117
9. ALEXANDER, A. R., P. D. WHANGER, L. T. MILLER (1983) J. Nutr. 113:196