

Fig. 3 血清中カリウム濃度上昇量(ΔSK)と尿中カリウム排泄上昇量(ΔUKV)  
 X軸は血清中カリウム濃度のピーク値から基礎の血清中カリウム濃度を差し引き、ΔSKとした。  
 Y軸は尿中カリウム排泄量のピーク値から基礎の尿中カリウム排泄量を差し引き、ΔUKVとした。  
 (a) は被験者各人について、(b) はカリウム投与量について示した。

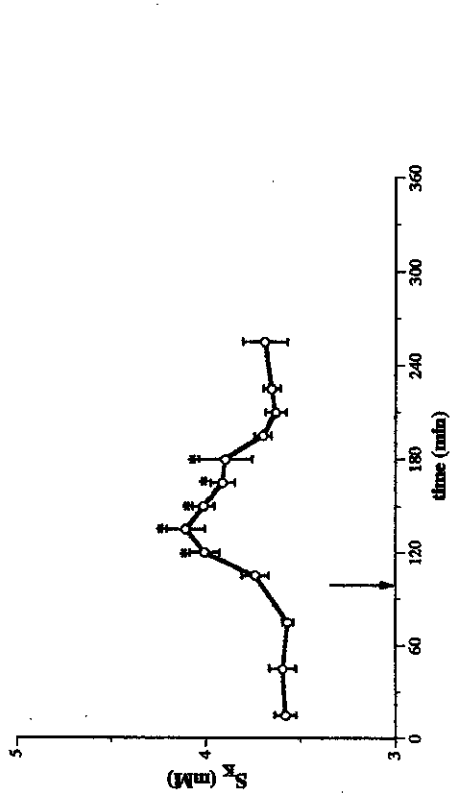


Fig. 1 血清中カリウム濃度の経時的変化  
 血清中カリウム濃度の変化。値は、平均値±標準誤差。矢印は、カリウム投与時間を示す。  
 \*は、投与前2点の平均と比較して有意であることを表す (p<0.05)。n=5

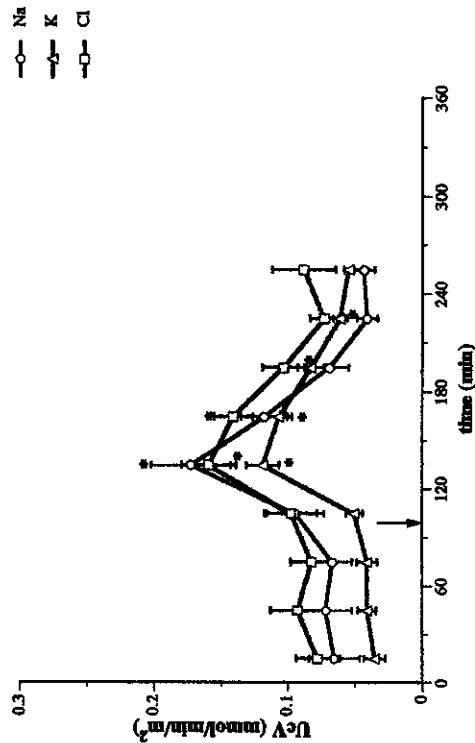


Fig. 2 尿中ナトリウム、カリウム、塩素排泄量の経時的変化  
 体表面積 (m²) あたり1分間の尿中ナトリウム、カリウム、塩素排泄量の変化。  
 値は、平均値±標準誤差。矢印は、カリウム投与時間を示す。  
 \*は、投与前2点の平均と比較して有意であることを表す (p<0.05)。n=5

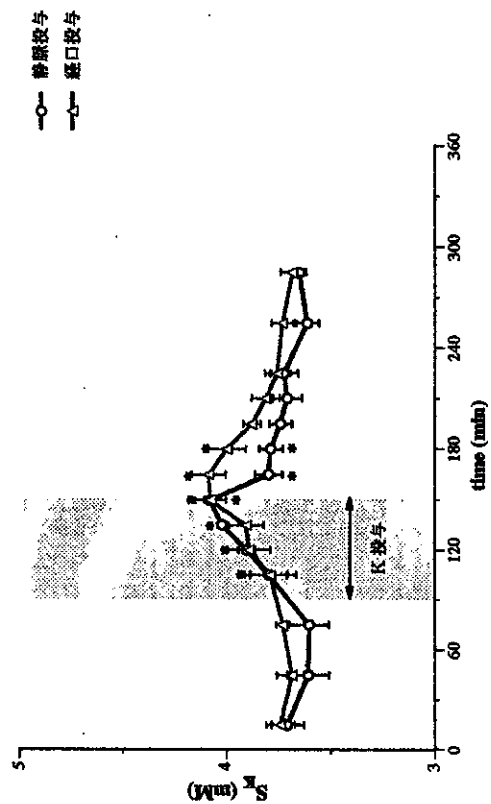


Fig. 4 血清中カリウム濃度の経時的変化  
血清中カリウム濃度の変化。値は、平均値±標準誤差。矢印は、カリウム投与時間を示す。  
\*は、投与前2点の平均と比較して有意であることを表す ( $p < 0.05$ )。n=5

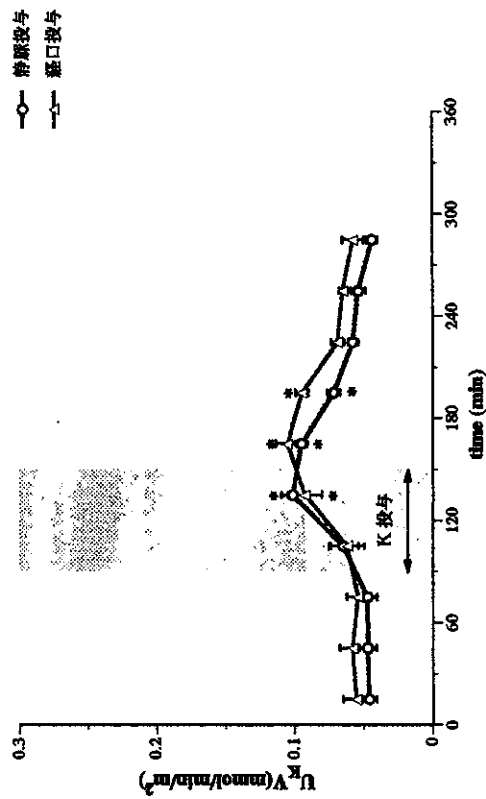


Fig. 6 尿中カリウム排泄量の経時的変化  
体表面積 (m²) あたり1分間の尿中カリウム排泄量の変化。値は、平均値±標準誤差。矢印は、カリウム投与時間を示す。  
\*は、投与前2点の平均と比較して有意であることを表す ( $p < 0.05$ )。n=5

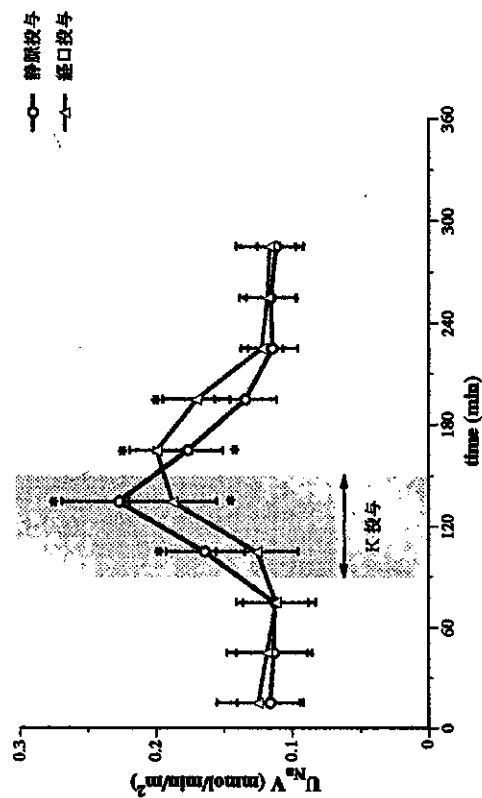


Fig. 5 尿中ナトリウム排泄量の経時的変化  
体表面積 (m²) あたり1分間の尿中ナトリウム排泄量の変化。値は、平均値±標準誤差。矢印は、カリウム投与時間を示す。  
\*は、投与前2点の平均と比較して有意であることを表す ( $p < 0.05$ )。n=5

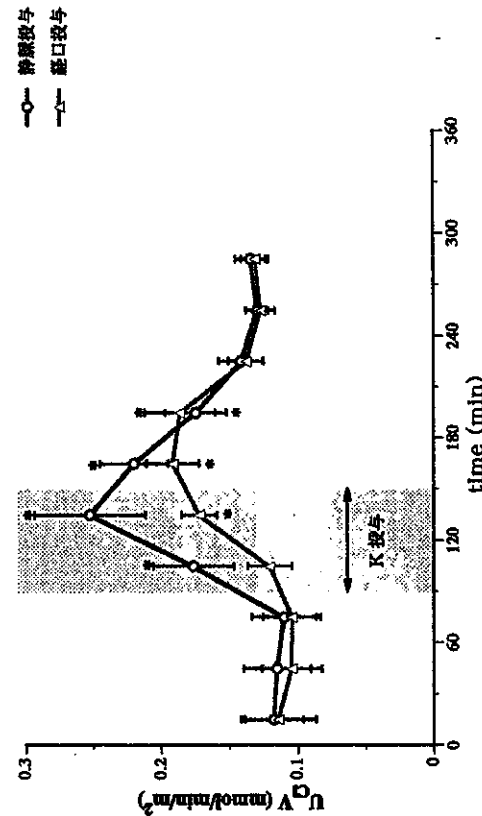


Fig. 7 尿中塩素排泄量の経時的変化  
体表面積 (m²) あたり1分間の尿中塩素排泄量の変化。値は、平均値±標準誤差。矢印は、カリウム投与時間を示す。  
\*は、投与前2点の平均と比較して有意であることを表す ( $p < 0.05$ )。n=5

## セレン栄養状態の評価と生活習慣の関連：日本人におけるセレン摂取の現状と問題点

山梨県環境科学研究所・主幹研究員 本郷哲郎

日本人の栄養所要量の第六次改定では、ミネラル、ビタミンについて多くの項目が追加され、その中で、セレンについてもその所要量と許容上限摂取量が設定された。人の健康におけるセレン栄養の問題を考えるには、この食事摂取基準と比較しながら、日本人全体について、実際のセレン摂取の実態を把握することが不可欠である。対象集団の生活習慣の特性を考慮しながら、平均値のみでなくバリエーションを把握することにより、セレン栄養に関する潜在的なリスク集団、リスクをもたらす食習慣の同定が可能となると考えられる。そのための第一ステップとして、セレン摂取の現状と問題点を文献から整理してみることにした。

### 国民栄養調査成績からの摂取量推定

鈴木ら（1988）は、食材量の実測値をもとに、文献値を参照しながら食品群別セレン濃度を設定し、1985年の国民栄養調査における食品群別の摂取重量をかけあわせ、1人1日あたりのセレン摂取量を104  $\mu\text{g}$ と推定している。食品群別の寄与率をみると、穀類28.4%、魚介類29.7%、畜産類（肉類、卵類、乳類）34.8%で、これら3群で全体の93%を占めている。穀類の中では、小麦類が63%を占め、米類からの摂取量を上回っている。

Sakurai & Tsuchiya（1975）は、1969年の国民栄養調査成績を用いて同様の計算を行い、セレン摂取量を88  $\mu\text{g}$ と報告している。上記3群の食品群で全体の90%を占めているが、それぞれの寄与率は、24.2、46.0、19.5%で、先の報告と比べ魚介類からの寄与が約半分と高くなっている。

また、安本ら（1976）は、1973年の国民栄養調査成績から、208  $\mu\text{g}$ と高い摂取量を報告しているが、これは、コメのセレン含量を高く見積もったためと考えられている。その後、コメのセレン含量の測定を加え、1984年の国民栄養調査成績を用いた推計では127  $\mu\text{g}$ 、穀類、魚介類、畜産類の寄与率はそれぞれ、23.7、32.5、21.7%としている（Yoshida & Yasumoto, 1987）。穀類の中では、小麦製品（おもにパン）が主たる供給源となっており、わが国のセレン摂取の特徴は、輸入穀物と魚介類への依存が大きいことであると述べている。さらに、畜産物のセレン含量についても、家畜飼料として輸入穀物を用いていることの影響を受けていると指摘している（吉田、1992）。

このように、成分値から摂取量を算出する場合、当然、同じ食材についての値のばらつきが問題となる。穀類など植物性食物のセレン含量は、その生育場

所の土壌中のセレン濃度によって変動し地域差が大きい。その結果としてセレン摂取量にも大きな地域差がみられることが知られている。わが国で消費される食品の多くが輸入品であることを考慮すると、産地の違いは非常に大きな問題となる。たとえば、小麦中のセレン含量には、国産のものからアメリカの高セレン地域のものまで 0.01  $\mu\text{g/g}$  から 1  $\mu\text{g/g}$  以上と大きなばらつきのあることが報告されている。

鈴木ら (1988) は、料理中のセレン含量について、実測値と食材量の実測値からの計算値とを比較しているが、料理の種類 (用いた中心となる食材量の違いや料理方法の違い) によっては一致の悪いものがあり、料理過程での損失の問題に加え、食品のセレン含量の変動が大きいことを指摘している。また、野田ら (1980) においても、1 日分のモデル献立の実測値 (188  $\mu\text{g}$ ) と計算値 (118  $\mu\text{g}$ ) の間に大きな開きがあり、その原因として、セレン含量を測定した個々の食材と、モデル献立に用いた食材とは入手時期も異なり同一のものではないことがあげられ、個々の食材の値の代表性の問題が示唆されている。

#### モデル献立による摂取量の推定

先に述べたように、野田ら (1980) は、1 日分のモデル献立を作成し、そのセレン含量の実測値として 188  $\mu\text{g}$  を報告している。

池辺ら (1990) は、基本栄養素とエネルギーの所要量を満たし、1 日 30 食品を用いることを目標に男女別に 1 週間分のモデル献立を作成している。その際、男女は同一家族を想定し、献立内容は原則として共通の食品で構成し、主食の供食量を変化させている。その結果、セレン摂取量の平均値は、男性で 163  $\mu\text{g}$ 、女性で 174  $\mu\text{g}$ 、両者合わせて 168  $\mu\text{g}$  であった。エネルギー摂取量 (主食の摂取重量) の違いに関わらず、男女間で差が見られなかった原因として、主食以外の特定の食品の寄与が高い可能性が指摘されている。

佐藤ら (1993) は、健康な女子学生 (20~22 歳) のべ 60 人を対象に繰り返し実施した出納実験の結果を報告している。実験では、一般的な食材料を用い日常の食事に近くなるよう配慮して作成した 10 種類の実験食が用いられている。9 種類の実験食では、主食として、朝食にパン、昼食及び夕食に米飯を摂取させ、蛋白質源を魚類、肉類、大豆・大豆製品と変化させているが、その場合、セレン含量は、67~141  $\mu\text{g}$  の範囲であった。それに対し、残り 1 種類の実験食では三食とも米飯とし、副食は肉類を主としている。そのセレン含量は、41  $\mu\text{g}$  と最も低く、主食となる穀類をコメだけでとった場合、摂取量が低くなることが考えられる。

#### 集団を対象とした調査からの摂取量

小山ら（1996）は、東北地方の山村部の調査で、食事記録（24 時間思い出し法）による摂取重量と成分値から計算した値として、男性（181 人）199  $\mu\text{g}$ 、女性（200 人）137  $\mu\text{g}$  の摂取量を報告している。この対象者では、魚介類からの摂取量が高く、男性で 129  $\mu\text{g}$ （65%）、女性で 79  $\mu\text{g}$ （57%）を占めているのが特徴的である。一方、穀類からの摂取は、男性 10  $\mu\text{g}$ 、女性 7  $\mu\text{g}$  と 5%の寄与にとどまっている。畜産類からは、男性 42  $\mu\text{g}$ （21%）、女性 32  $\mu\text{g}$ （23%）であった。また、6 人の成人女性から陰膳方式で収集した食事の実測値の平均値として 122  $\mu\text{g}$ 、変動係数 20%が報告されている。

Ikebe（1992）は、大阪府在住の成人女性 25 人を対象に、1 人につき 3 日分の食事を季節を変えて陰膳方式で収集し、セレン含量を実測している。その結果、平均値は 79.1  $\mu\text{g}$  であり、範囲は 26.4 から 135.0  $\mu\text{g}$  であった。

さらに、池辺ら（1989）は上述のデータの一部を用い、陰膳方式で収集した 1 日分の食事のセレン含量を、大阪府在住と北海道在住の成人女性で比較している。その結果、北海道（27 人）で 52.8  $\mu\text{g}$ 、大阪府（25 人）で 82.5  $\mu\text{g}$  と地域による有意な差が認められている。食物の摂取重量は、北海道で 2527 g と大阪府の 1891 g より多く、また、セレン以外に測定した他の 14 種類の元素で、大阪府の方が高い摂取量を示したものはみられていない。その理由として、セレン摂取への寄与が高いとされる食品群（麦加工品、魚介類、肉類）の摂取重量が北海道の 255 g に対し、大阪府では 333 g と高かったことが指摘されている。また、米飯の割合が、大阪府の 57%に対し、北海道では 90%と高かったとの記載もみられる。なお、同じ論文の中で、大阪府で実施したマーケットバスケット法による測定値として、72.5  $\mu\text{g}$  が報告されている。

森山ら（1993）は、3 人の成人女性から、3 日間の食事を陰膳方式で収集し、セレン含量を実測している。主食は 1 食を除き米飯が摂取されていた。平均値は 69  $\mu\text{g}$  であったが、3 人のばらつきは 39 から 99  $\mu\text{g}$  と非常に大きいことが報告されている。

#### 日本人の平均的なセレン摂取量

国民栄養調査成績を用いた計算値が示しているように、平均的な日本人のセレン摂取量は、100  $\mu\text{g}$  前後と考えられる。また、その他の報告からみても、多くの場合、日本人のセレン摂取量は所要量を満たしていることになる。しかし、食物摂取パターンによっては、低い摂取量になる場合のあること、さらに、集団を対象にした調査結果のばらつきをみると、平均値では所要量を満たしているにもかかわらず、個人レベルではそれを下回る者がかなりの割合で見られる可能性のあることが同時に示されているといえる。どのような食物摂取パターンの時に、セレン摂取量が低くなるのかについて、より多くの集団を対象に、その特性を考

慮しながら検討することが必要であろう。

食物摂取パターンの問題は、単に、摂取量の問題だけではなく、摂取源となる食物の種類の違いによる生物学的利用効率の違いとも関わってくる。穀類、特に小麦に含まれるセレン（主にセレノメチオニン）の生物学的利用効率は 80～90%程度で、魚や肉など他の食品中のセレンの 50～70%程度に比べ高いことが報告されている。

今回の日本における所要量の策定にあたってその根拠として用いられたデータは、アメリカの所要量あるいは WHO の報告と同様、中国の低セレン地域で実施されたセレン投与実験の結果で、グルタチオンペルオキシダーゼ活性が平衡に達する摂取量が用いられている。この対象者の場合、セレン摂取量の 70%は穀類由来で、その食物摂取パターンの場合、利用効率は 80%程度の高いものになることが推定されている。したがって、これを日本人に適用する場合、利用効率の違いによる補正を加える必要がある。現段階では、日本人の食物摂取パターンにおける利用効率に関し十分に根拠のある数値は得られていないが、所要量策定にあたっては、穀類からの摂取割合を 30%とし、食事全体における利用効率を 60%と推定している。しかし、穀類からの摂取割合が低い場合には、生物学的利用効率をもう少し低めに見積もる必要があることになる。

#### 日本人の食生活の変化とセレン摂取

1970 年以降の日本人の食物摂取パターンの変化を、国民栄養調査成績から眺めると、穀類の摂取量の減少が顕著である（図 1）。穀類全体の摂取量は、1970 年の 374.1 g から 1995 年の 264.2 g へと約 30%減少し、エネルギー摂取割合でも、55.6%から 40.7%に減少している。特に、米類は 306.1 g から 167.9 g と著しく減少している。それに対し、小麦類は、1970 年から 75 年にかけて 64.8 g から 90.2 g に増加した後は 1995 年の 93.8 g までほぼ同じレベルの摂取量となっている。一方、動物性食品については、魚介類では 87.4 から 96.7 g と若干増加しているのに対し、肉類及び乳類では、それぞれ、42.5 から 82.3 g、78.8 から 144.4 g と 2 倍近い顕著な増加を示している（図 2）。

このような食物摂取パターンの変化に伴うセレン摂取量の経時的変化を、先に示した鈴木ら（1988）と同様の方法を用いて算出した（表 1）。その結果、1970 年には 97.3  $\mu\text{g}$  と 100  $\mu\text{g}$  をきっていたものの、その後は、104  $\mu\text{g}$ （1985 年）から 111  $\mu\text{g}$ （1995 年）の間で推移している。食品群別の摂取量をみると、穀類からの寄与率は、1970 年の 30.1%から 1995 年の 25.6%へと徐々にではあるが減少している。動物性食品の中で、魚介類からの摂取には大きな変動はみられず、ほぼ 30%の寄与率となっている。一方、畜産類については、肉類からの摂取量の増加を反映して、1970 年の 29.7%から 1995 年には 36.4%と寄与率

が増加している。

このような、穀類からの摂取の減少と動物性食品からの摂取の増加によって、食事全体からの利用効率が低下する可能性が考えられる。近年、特に若年層を中心に、欠食の増加や、主食をとらない者の割合の増加が問題視されているが、その結果として、セレン摂取に関しても、量的な面だけでなく質的な面からも十分満たされているかの検討が必要であろう。

また、近年の食生活の特徴として、摂取食品数の減少や摂取食品の固定化が指摘されている。先にあげた 15 種類の微量元素の摂取量を扱った研究の中で、池辺ら (1990) は、セレンは銅とともに、陰膳方式やマーケットバスケット方式で測定した摂取量に比べ、1 日の摂取食品数を考慮したモデル献立による摂取量が約 2 倍高いことを示し、これらの元素の摂取量のレベルを高めるためには、食品数を多くする配慮が必要なことを述べている。このように、摂取食品数の減少や摂取食品の固定化によって、摂取量の減少だけでなく、生物学的利用効率の低い食品への偏りを生じる危険性も考えられる。

#### 引用文献

池辺克彦 他 (1989) 食品衛生学雑誌, 30, 444-446.

池辺克彦 他 (1990) 食品衛生学雑誌, 31, 280-284.

Ikebe K (1992) Bull Environ Contam Toxicol, 49, 509-513.

小山 洋 他 (1996) 日本衛生学雑誌, 51, 397.

森山 登 他 (1993) 日本栄養食糧学会誌, 46, 434-437.

野田克彦 他 (1980) 栄養と食糧, 33, 93-99.

Sakurai H & Tsuchiya K (1975) Environ Physiol Biochem, 5, 107-118.

佐藤郁雄 他 (1993) 微量栄養素研究, 10, 93-98.

鈴木継美 他 (1988) 日本栄養食糧学会誌, 41, 91-102.

吉田宗弘 (1992) 日本栄養食糧学会誌, 45, 485-494.

安本教傳 他 (1976) 栄養と食糧, 29, 511-515.

Yoshida M & Yasumoto K (1987) J Food Comp Anal, 1, 71-75.

図1 穀類摂取量の経時的変化

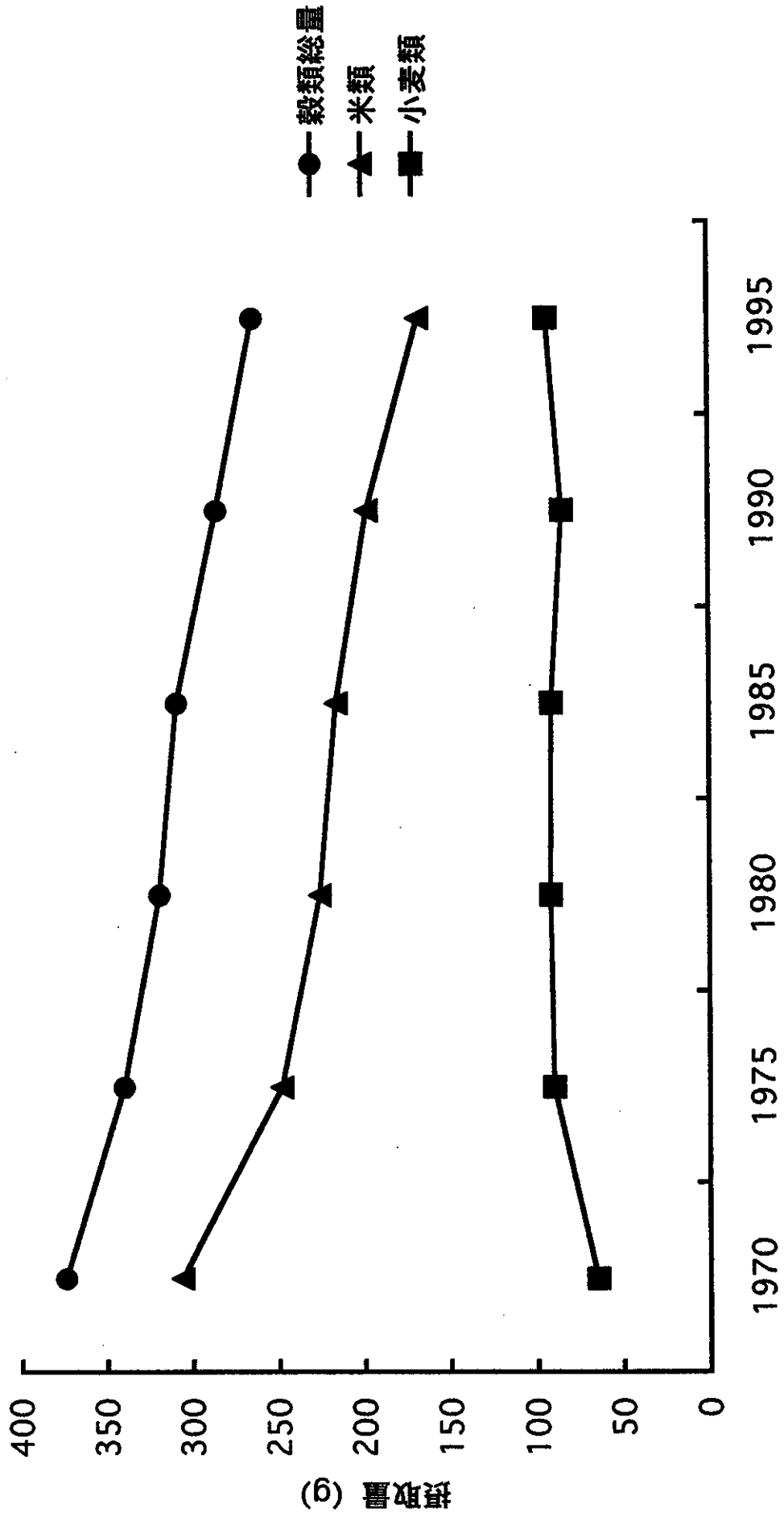




図2 動物性食品摂取量の経時的変化

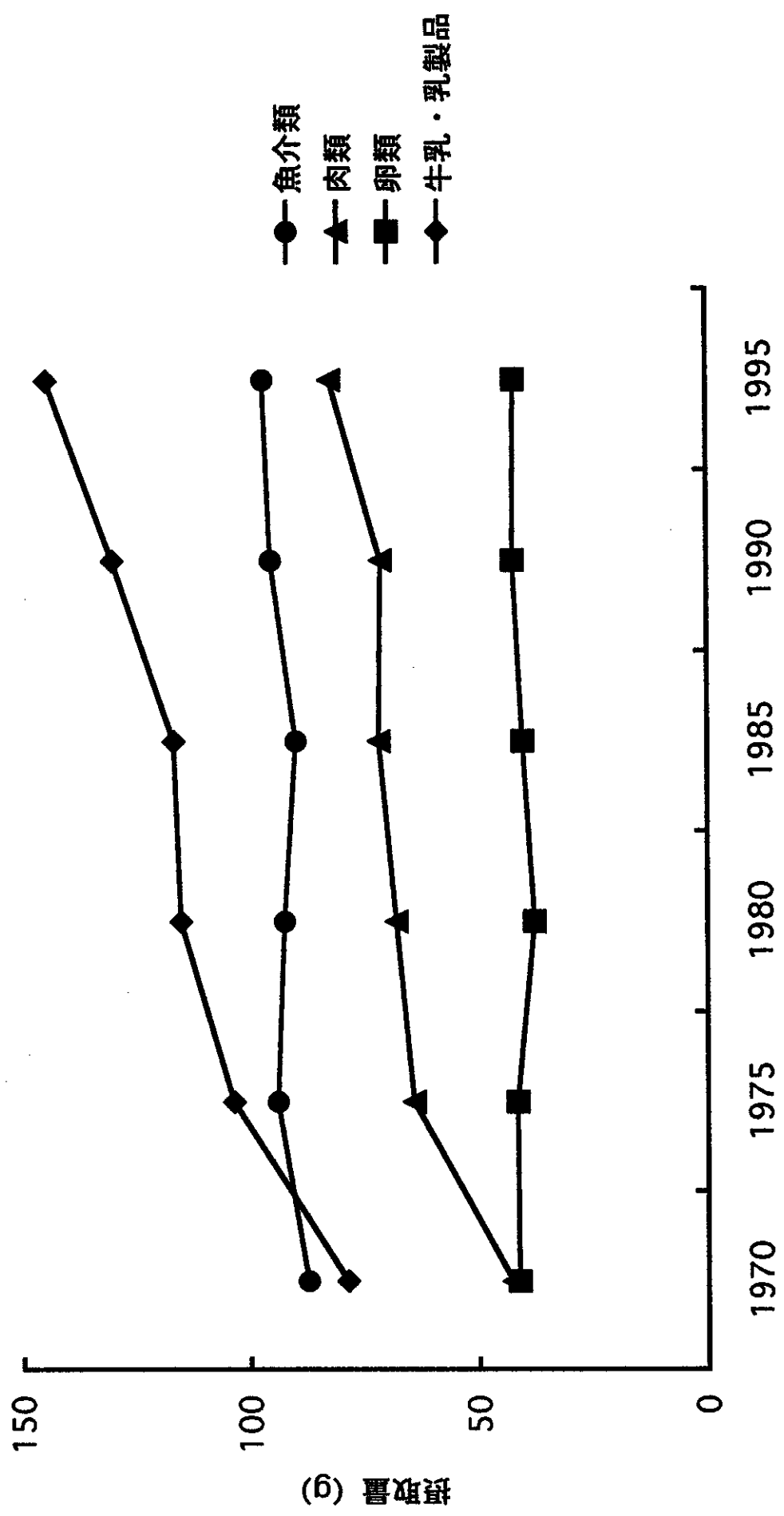


表1 セレン摂取量の経時的変化

食品群	1970年		1975年		1980年		1985年		1990年		1995年	
	摂取量 (μg)	寄与率 (%)	摂取量 (μg)	寄与率 (%)	摂取量 (μg)	寄与率 (%)	摂取量 (μg)	寄与率 (%)	摂取量 (μg)	寄与率 (%)	摂取量 (μg)	寄与率 (%)
穀類	29.3	30.1	31.4	29.6	30.3	29.2	29.6	28.4	27.7	26.2	28.5	25.6
米類	15.3	15.7	12.4	11.7	11.3	10.9	10.8	10.4	9.9	9.4	8.4	7.5
小麦類	13.6	14.0	18.8	17.7	18.8	18.2	18.7	17.9	17.5	16.6	19.8	17.8
その他の穀類	0.3	0.3	0.2	0.1	0.2	0.1	0.2	0.1	0.3	0.2	0.3	0.2
豆類	2.1	2.2	2.1	2.0	1.9	1.9	2.0	1.9	2.0	1.9	2.1	1.9
その他植物性食品	3.0	3.1	2.3	2.2	2.2	2.1	2.4	2.3	2.3	2.2	2.9	2.6
魚介類	31.4	32.3	32.6	30.7	31.9	30.8	31.0	29.7	32.9	31.1	33.1	29.8
畜産類	28.9	29.7	34.6	32.7	34.4	33.2	36.3	34.8	37.7	35.6	40.5	36.4
肉類	8.5	8.7	12.8	12.1	13.6	13.1	14.3	13.8	14.2	13.5	16.5	14.8
卵類	16.5	17.0	16.6	15.7	15.1	14.5	16.1	15.5	16.9	16.0	16.8	15.1
乳類	3.9	4.1	5.2	4.9	5.8	5.6	5.8	5.6	6.5	6.2	7.2	6.5
その他の食品	2.6	2.7	3.1	2.9	3.0	2.9	3.0	2.9	3.1	2.9	4.2	3.8
合計	97.3	100.0	106.0	100.0	103.7	100.0	104.3	100.0	105.7	100.0	111.2	100.0

厚生科学研究費補助金（健康科学総合研究事業）  
分担研究報告書

ナイアシン栄養と生活習慣との関連に関する研究

分担研究者 岡本 秀己 滋賀県立大学人間文化学部 講師

研究要旨

現代はまさにストレスの時代である。ストレスは多くの疾患と様々な関わりを持っており、とくに胃潰瘍、虚血性心疾患、脳血管障害、高血圧症、高脂血症などの生活習慣病因子の一つに挙げられている。

生体にストレスが加わると代謝の中核である視床下部が刺激されて、交感神経活動や、副腎髄質ホルモン（エピネフリン）の分泌が増加する。それにともない肝グリコーゲンはブドウ糖に分解され、脂肪組織からは脂肪酸が動員されてエネルギー源が供給されている。また、脳下垂体からは、副腎皮質刺激ホルモン（ACTH）の分泌量が増加し、副腎皮質ホルモン（グルココルチコイド）の働きによってタンパク質が分解され糖新生されエネルギー源として供給される。すなわち、ストレスに対する生体反応は、副腎皮質ホルモンを中心に様々なホルモンの働きにより糖質、脂質、およびタンパク質の代謝を亢進させる。

一方ナイアシンは体内でNADまたはNADPとして存在し、400種類以上の酸化還元酵素の補酵素としてエネルギー代謝と深くかかわっており、最も必要量の多いビタミンとして知られている。

ストレスがヒトの生体にどのような影響を及ぼすかはビタミンC、タンパク質と一部の無機質の要求量が増大する以外にほとんど研究されていないが、エネルギー代謝におけるナイアシンの役割を考えるとナイアシン利用率も増加する可能性が高いと思われる。

そこで食事条件や身体活動状況を規制し、それらによる変動要因を除外した上で、様々なストレスを負荷した際に、ヒトのナイアシン代謝がどのように影響を受けるのかを検討した。

A. 研究目的

各種ストレスがヒトのエネルギー代謝を亢進することから、身体的・精神的ストレス負荷がナイアシン代謝動態に与える影響を明かとし、生活習慣病と呼ばれている疾患群の一次予防を目的としたナイアシン栄養所要量の策定をめざす。

B. 研究方法

B-1. 被験者

B-2 実験の日程

実験期間は15泊16日間で、最初の5日間を適応期とし、食事や環境に被験者を適応させた。出納期

19歳から26歳の健康な大学生女子12名を対象に実験を行った（Table 1）。実験は夏期に被験者を国立健康・栄養研究所被験者実験棟に宿泊させ、日常生活以外の過度な身体活動を制限した条件で実施した。

本研究は、国立健康・栄養研究所倫理委員会規約第6条に基づき、審議、承認を経て、ヘルシンキ宣言及び本研究所倫理委員会規定に従って実施された。期間は1期4日、連続2期の8日間とした。そして、出納期間終了から3日間を予備期間とした。

Table 1. Subjects.

Subjects	Sex	Age	Height (cm)	Initial weight (kg)	Final weight (kg)
A	female	23	152.2	45.12	46.07
B	female	21	162.0	57.29	56.75
C	female	20	168.7	57.21	57.09
D	female	20	164.5	55.23	56.42
E	female	26	167.0	61.78	60.18
F	female	19	163.2	51.35	51.75
G	female	19	164.6	57.40	56.84
H	female	21	164.9	60.54	59.82
I	female	22	164.2	56.54	56.72
J	female	20	157.4	48.75	49.02
K	female	19	164.9	58.21	56.55
L	female	21	158.0	46.59	46.69
<b>Mean</b>		20.9	162.6	54.67	54.49
<b>SEM</b>		0.6	1.3	1.57	1.41

### B-3 食事

宿泊期間中は1サイクル4日間のサイクルメニューを用いた規定食を全量摂取させた。水分はイオン交換水を自由摂取としたが、その他の飲食は全て禁止した。食事時間は朝食 8:30、昼食 13:00、夕食 18:30 とし、食事条件を均一とした。食事時のエネルギー及びナイアシン量は四訂日本食品標準成分表より算出し、Table 2 に示した。

### B-4 ストレス負荷のプロトコール

被験者を2人一組の6グループに分け、半分のグループにはストレス負荷期1の最初の3日間にグループ毎に異なる種類のストレスを負荷するストレス期、4日目は調整としてストレスを負荷しない日とした。次いでストレス負荷期2は、対照期とし、ストレス負荷日と同一の規定食を摂取させ、負荷を行わ

ない対照期とした。残りの3グループはストレス負荷期1を対照期とし、ストレス負荷期2をストレス期とした(Table 3、Fig. 1)。

### B-5 負荷ストレス

#### a. 計算

小学校3年生用算数ドリルをできるだけ早く、検者立ち会いのもとに行い、1ページごとに答え合わせをし、間違っ箇所はやりなおし、間違いがなくなったら次のページにすすむ方法で、午前午後各3時間行った。

#### b. 寒冷

4℃のコールドルーム内で顔面を露出し、他の衣服条件は自由とし着席する方法で、午前午後各2時間30分行った。

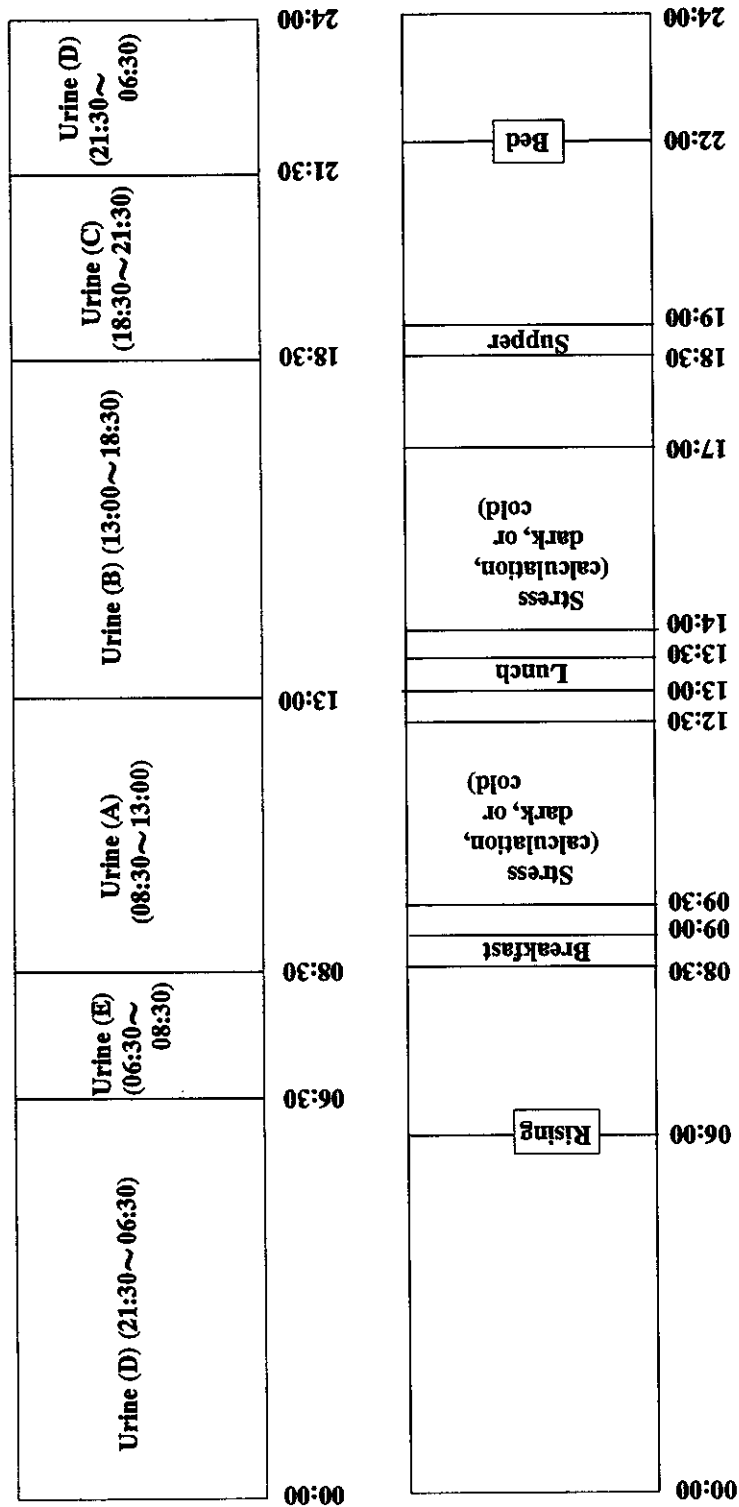
Table 2. Food Compositions of the Experimental Diet.

	Energy (kcal)	Niacin (mg)	Trp (mg)	Niacin derived from Trp (mg)	Niacin equivalent (mg)
<b>Diet No. 1</b>					
Breakfast	653	4.6	185	3.1	7.7
Lunch	766	6.6	175	2.9	9.5
Supper	646	1.9	357	6.0	7.9
<b>Total</b>	<b>2065</b>	<b>13.1</b>	<b>717</b>	<b>12.0</b>	<b>25.1</b>
<b>Diet No. 2</b>					
Breakfast	582	2.6	158	2.6	5.2
Lunch	593	4.0	164	2.7	6.7
Supper	656	8.3	377	6.3	14.6
<b>Total</b>	<b>1831</b>	<b>14.8</b>	<b>699</b>	<b>11.6</b>	<b>26.4</b>
<b>Diet No. 3</b>					
Breakfast	699	1.7	309	5.2	6.9
Lunch	490	1.6	121	2.0	3.6
Supper	599	9.2	278	4.6	13.8
<b>Total</b>	<b>1788</b>	<b>12.5</b>	<b>707</b>	<b>11.8</b>	<b>24.3</b>
<b>Diet No. 4</b>					
Breakfast	434	4.6	204	3.4	8.0
Lunch	720	3.9	265	4.4	8.3
Supper	717	4.1	230	3.8	7.9
<b>Total</b>	<b>1870</b>	<b>12.6</b>	<b>699</b>	<b>11.6</b>	<b>24.2</b>

Table 3. Experimental Protocol.

Days	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Diet No.	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1
Group 1 (A & B)					cal- control	dark- control	cold- control		cal- stress	dark- stress	cold- stress		
Group 2 (C & D)					dark- control	cold- control	cal- control		dark- stress	cold- stress	cal- stress		
Group 3 (E & F)					cold- control	cal- control	dark- control		cold- stress	cal- stress	dark- stress		
Group 4 (G & H)					cal- stress	cold- stress	dark- stress		cal- control	cold- control	dark- control		
Group 5 (I & J)					cold- stress	dark- stress	cal- stress		cold- control	dark- control	cal- control		
Group 6 (K & L)					dark- stress	cal- stress	cold- stress		dark- control	cal- control	cold- control		

Fig.1 Time Schedule.



c. 拘束

25℃の人工気候室内を消灯し、目かくし用のアイマスクを着装し、背もたれのない丸椅子に着席し、沈黙する方法で午前午後各3時間行った。

また、ストレス負荷期間以外の時間には、実験のために設定した以外のストレスが与えられないように心掛けた。

B-6 採尿方法

尿は E(早朝空腹; 6:30~8:30)、A(午前; 8:30~13:00)、B(午後; 13:00~18:30)、C(夕方; 18:30~22:00)、D(夜間; 22:00~翌朝 6:30) に分割して採取した (Fig. 1)。採尿時間に被験者は各自で採尿を行い、その正確な時間を記録した。その後、尿重量、尿体積を測定し、サンプル管に入れ、

-25℃で凍結保存した。

C. 測定方法

尿中の、ナイアシン及びその代謝産物である MNA( N<sub>1</sub>-メチルニコチンアミド)、2-py ( N<sub>1</sub>-メチル-2-ピリドン-5-カルボキサミド)、4-py ( N<sub>1</sub>-メチル-4-ピリドン-3-カルボキサミド) を測定した。測定方法は、Shibata らの方法によった<sup>1-2)</sup>。

D. 結果

D-1 ストレスに対するナイアシン代謝への影響

各々のストレス負荷における MNA、2-Py、4-Py の分割尿を合計し1日尿として、Table 4~6 に示した。また、分割尿の1分あたりの代謝量を Fig. 2~4 に、クレアチニン排泄 1 mg 当たりの代謝量を Fig. 5~7 に示した。

Table 4. Effects of Cold-stress on the Urinary Excretion of Nicotinamide Metabolite in Terms of Daily Urine.

	Cold-control ( $\mu\text{mol}/\text{daily urine}$ )	Cold-stress ( $\mu\text{mol}/\text{daily urine}$ )
MNA	27.04 $\pm$ 3.59	34.57 $\pm$ 3.57*
2-Py	42.90 $\pm$ 5.40	49.27 $\pm$ 4.25
4-Py	5.46 $\pm$ 0.89	6.52 $\pm$ 0.61
Sum <sup>1</sup>	75.40 $\pm$ 9.18	90.36 $\pm$ 8.70*
(2-Py + 4-Py)/MNA	1.86 $\pm$ 0.15	1.69 $\pm$ 0.10
	(nmol/mg of creatinine)	(nmol/mg of creatinine)
MNA	24.76 $\pm$ 3.14	31.99 $\pm$ 3.05*
2-Py	39.34 $\pm$ 4.93	45.59 $\pm$ 3.54
4-Py	5.02 $\pm$ 0.82	6.04 $\pm$ 0.52
Sum <sup>1</sup>	69.12 $\pm$ 8.24	83.62 $\pm$ 6.63*

<sup>1</sup>Sum = MNA + 2-Py + 4-Py.

Each value is expressed as mean  $\pm$  SEM (n = 12). The statistical analysis was performed by paired Student t-test; the value having an asterisk means significant different at p < 0.05.

Table 5. Effects of Calculation-stress on the Urinary Excretion of Nicotinamide Metabolites in Terms of Daily Urine.

	Calculation -control ( $\mu\text{mol}/\text{daily urine}$ )	Calculation-stress ( $\mu\text{mol}/\text{daily urine}$ )
MNA	25.61 $\pm$ 2.92	27.35 $\pm$ 2.33
2-Py	43.49 $\pm$ 3.36	46.06 $\pm$ 2.87
4-Py	5.79 $\pm$ 0.62	6.06 $\pm$ 0.44
Sum <sup>1</sup>	74.89 $\pm$ 6.63	79.47 $\pm$ 4.66
(2-Py + 4-Py)/MNA	2.04 $\pm$ 0.14	2.02 $\pm$ 0.17
	(nmol/mg of creatinine)	(nmol/mg of creatinine)
MNA	23.59 $\pm$ 2.37	24.75 $\pm$ 1.86
2-Py	40.63 $\pm$ 3.04	42.15 $\pm$ 2.72
4-Py	5.38 $\pm$ 0.54	5.56 $\pm$ 0.42
Sum <sup>1</sup>	69.60 $\pm$ 5.96	72.46 $\pm$ 4.01

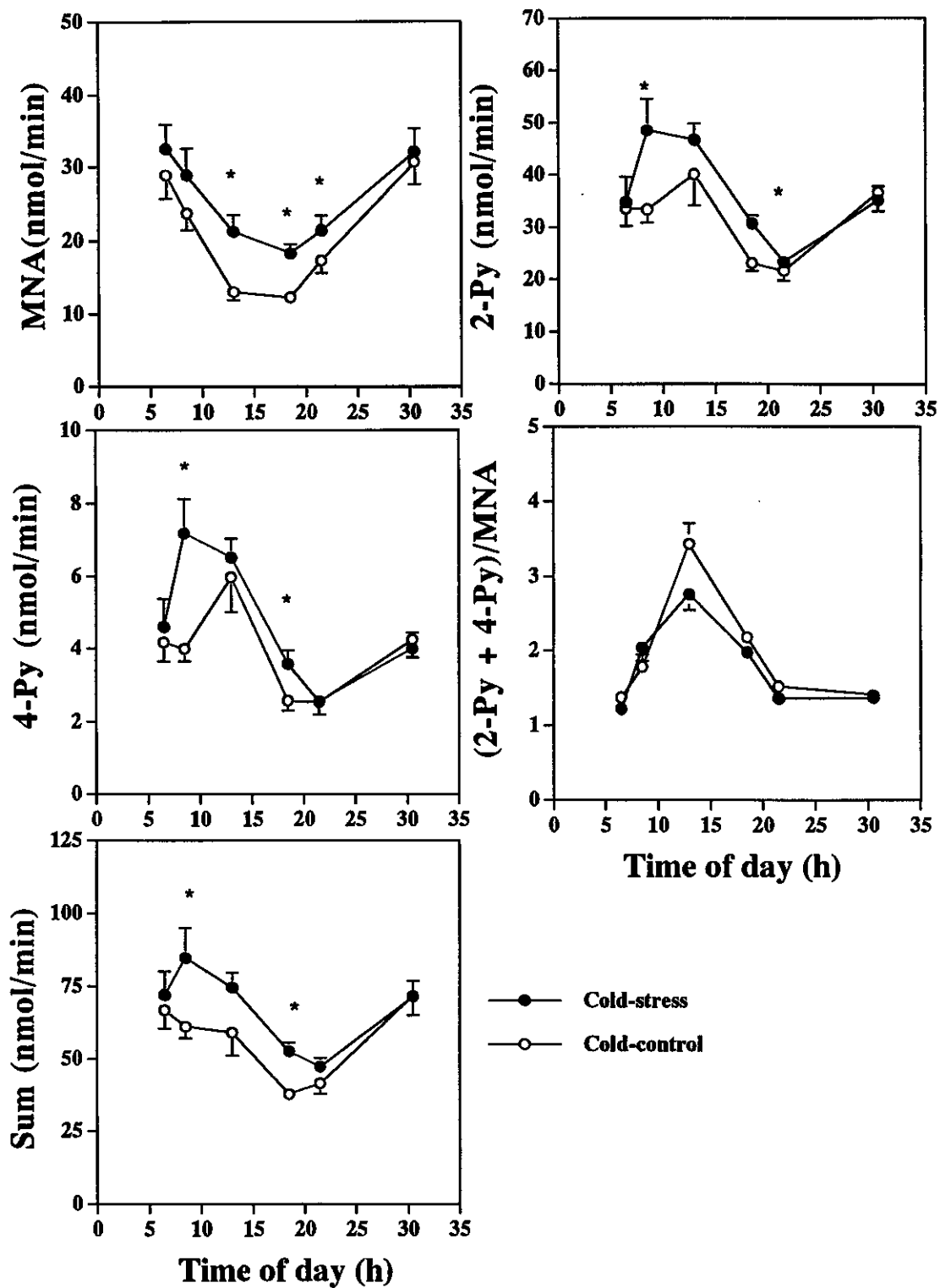
<sup>1</sup>Sum = MNA + 2-Py + 4-Py. Each value is expressed as mean  $\pm$  SEM (n = 12).

Table 6. Effects of Dark-stress on the Urinary Excretion of Nicotinamide Metabolites in Terms of Daily Urine.

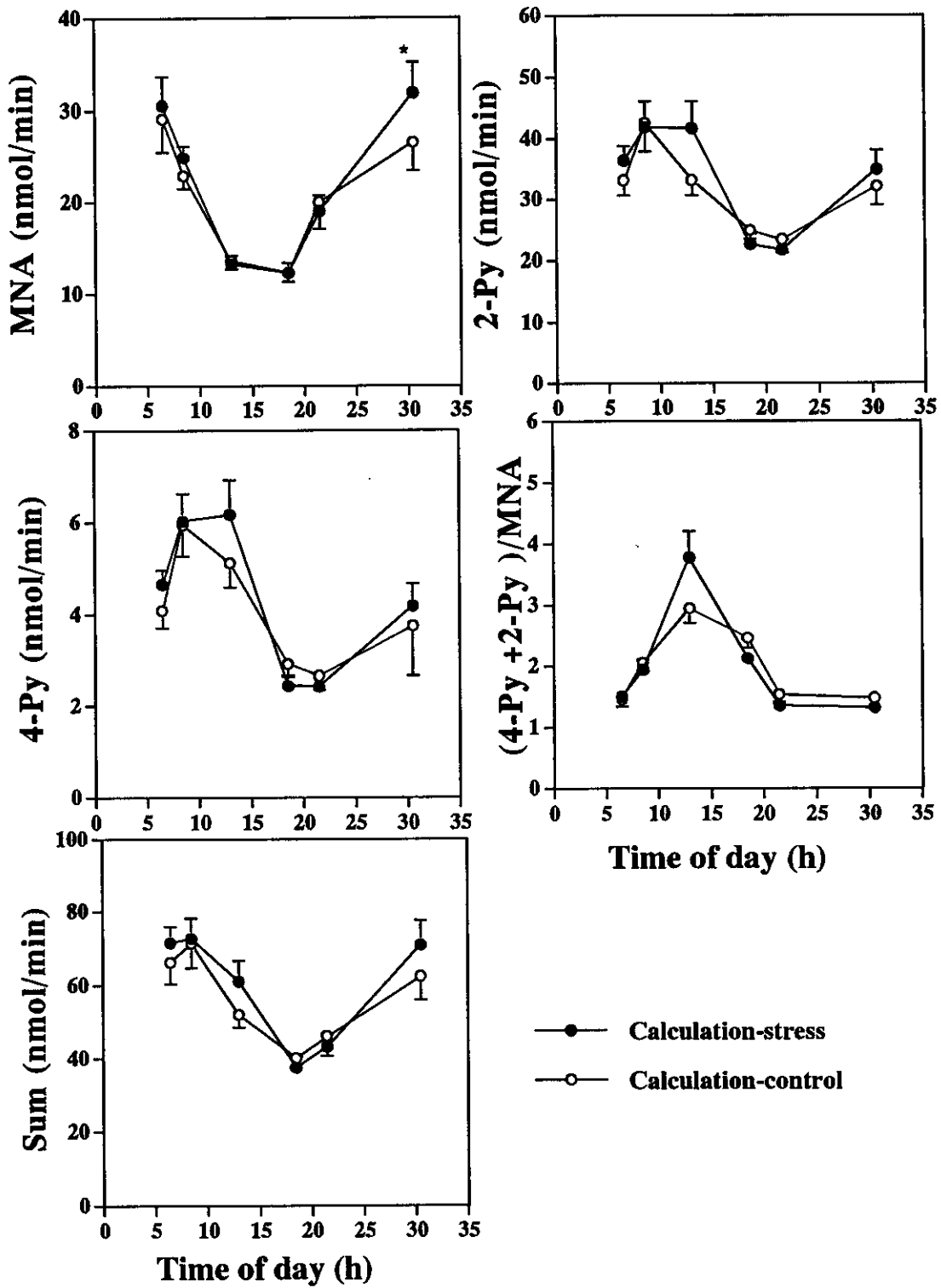
	Dark -control ( $\mu\text{mol}/\text{daily urine}$ )	Dark-stress ( $\mu\text{mol}/\text{daily urine}$ )
MNA	27.82 $\pm$ 3.68	27.64 $\pm$ 2.81
2-Py	46.77 $\pm$ 4.28	49.44 $\pm$ 5.92
4-Py	6.66 $\pm$ 0.75	6.62 $\pm$ 0.80
Sum <sup>1</sup>	81.25 $\pm$ 7.77	83.70 $\pm$ 9.19
(2-Py + 4-Py)/MNA	2.07 $\pm$ 0.18	2.04 $\pm$ 0.16
	(nmol/mg of creatinine)	(nmol/mg of creatinine)
MNA	25.94 $\pm$ 3.37	25.91 $\pm$ 2.64
2-Py	43.49 $\pm$ 3.68	45.75 $\pm$ 5.32
4-Py	6.21 $\pm$ 0.68	6.13 $\pm$ 0.72
Sum <sup>1</sup>	75.64 $\pm$ 6.86	77.79 $\pm$ 8.29

<sup>1</sup>Sum = MNA + 2-Py + 4-Py. Each value is expressed as mean  $\pm$  SEM (n = 12).

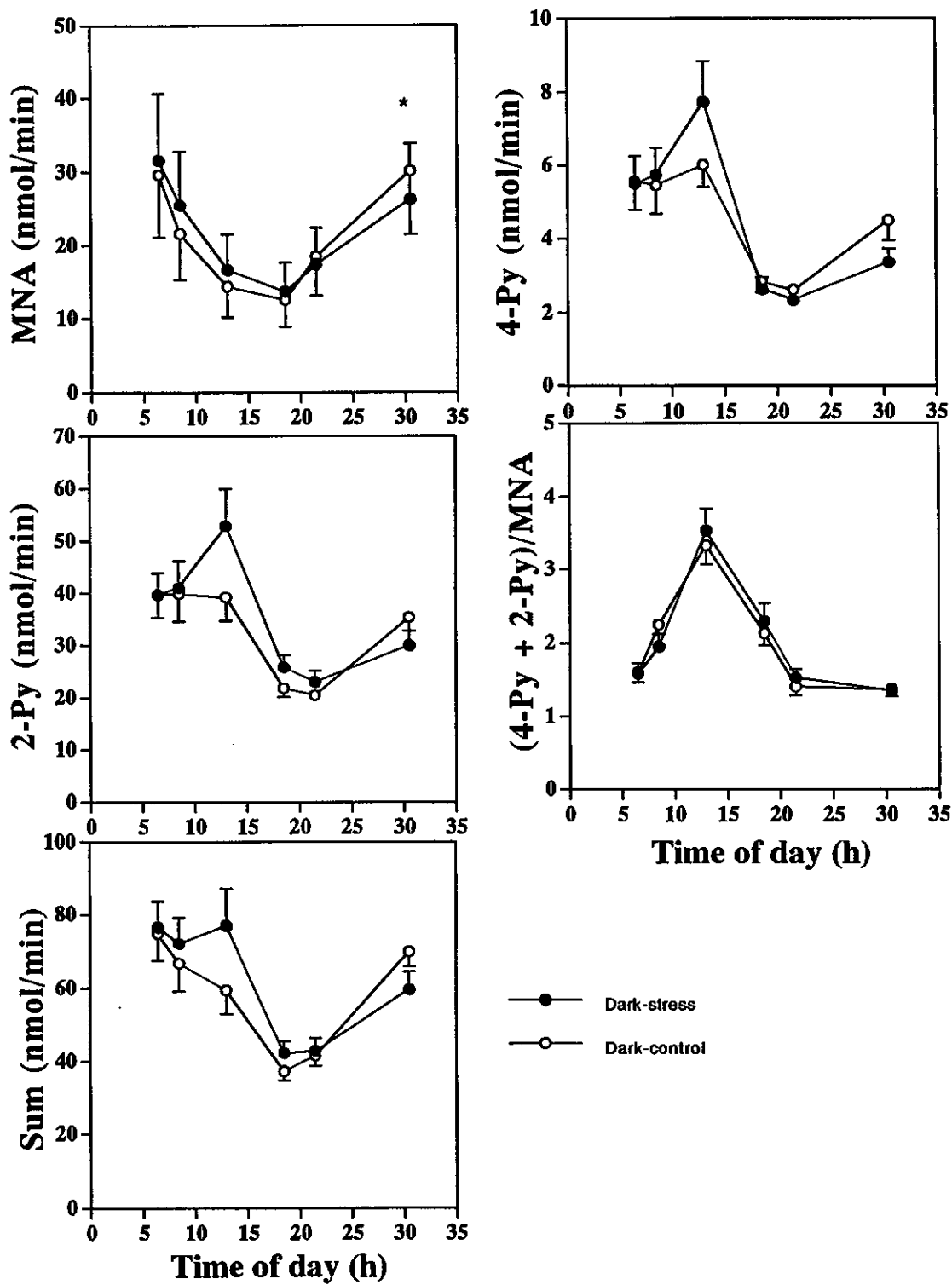




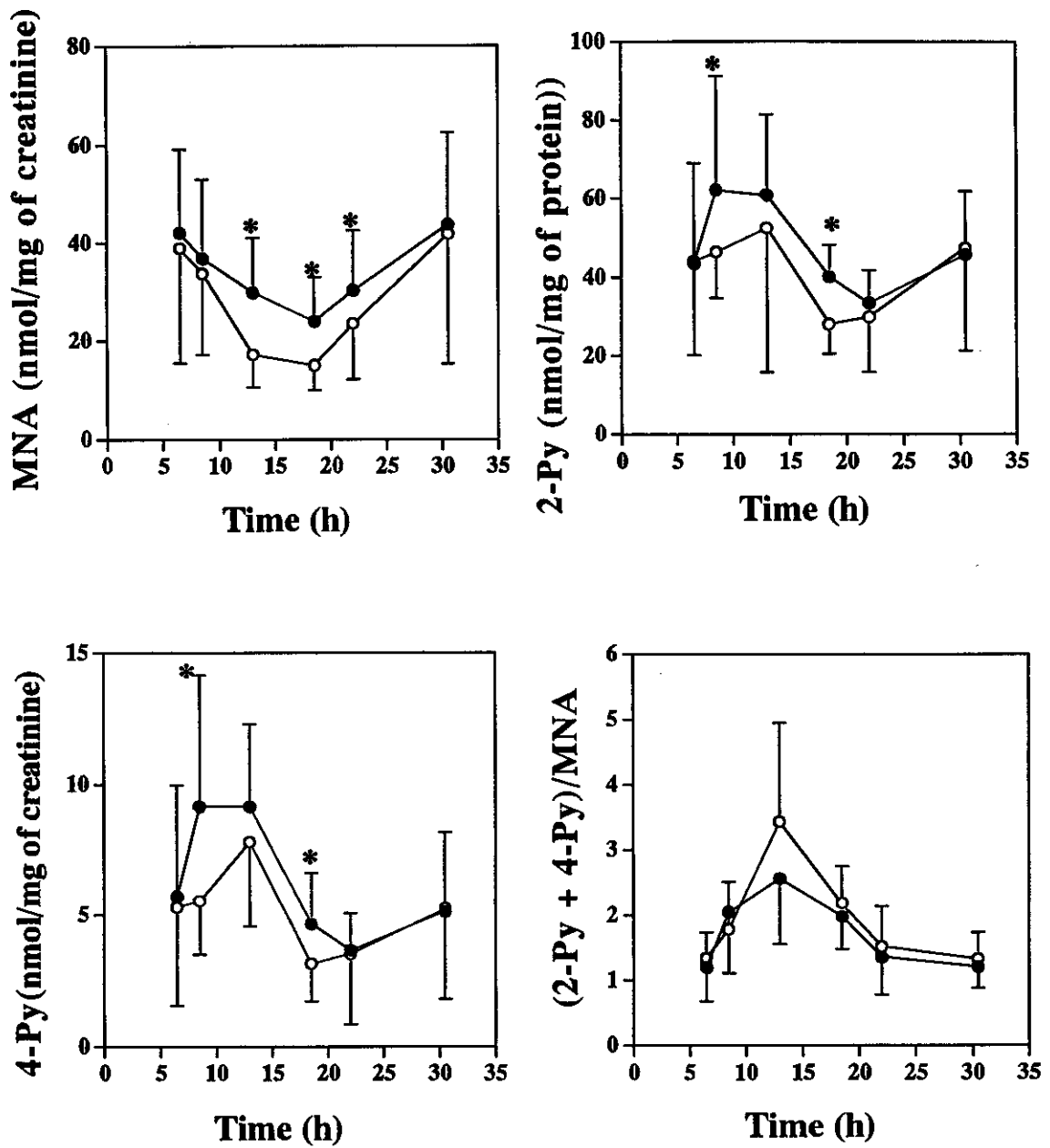
**Fig.2 Effects of Cold-stress on the Urinary Excretion of Nicotinamide Metabolites .**



**Fig.3 Effects of Calculation -stress on the Urinary Excretion of Nicotinamide Metabolites.**



**Fig.4 Effects of Dark-stress on the Urinary Excretion of Nicotinamide Metabolites.**



**Fig.5 Effects of Cold-stress on the Urinary Excretion of Nicotinamide Metabolites (nmol/mg of creatinine).**