

修 士 論 文

ラットのエネルギー消費に及ぼす食餌組成ならびに香味食品添加の影響

Effects of Diet Composition and Addition of Flavors
on Oxygen Consumption and Respiratory Quotient in Rats

広島女学院大学大学院人間生活学研究科生活科学専攻

石 見 百 江
Iwami Momoe

目 次

緒言	1
実験方法	3
実験結果	5
考察	8
要約	10
謝辞	12
参考文献	13

[緒言]

近年、日本人の食生活は、エネルギーの過剰摂取が原因となって、肥満や糖尿病のような生活習慣病の急増が憂慮されている。とりわけ脂肪を主とするエネルギーが過剰に摂取されている。平成10年度の国民栄養調査によると、エネルギー摂取量に占める脂質の比率は26.3%で、適正比率の上限とされる25%を超えている。また、年次推移で見た場合、平成元年以降25%を超えており、現在に至っている。その結果、肥満が増加しており、肥満者の割合は、30~39歳の男性では30.6%、40~60歳代にかけても29.0~29.8%となっている。女性では60~69歳で31.3%である¹⁾。そして、肥満の増加は高脂血症、心疾患、脳梗塞などの血管障害の進行に悪影響を及ぼしている²⁾。このことから肥満の解消が、生活習慣病を予防するために不可欠であると考えられている。肥満はエネルギー代謝の面から見ると、摂取エネルギーが消費エネルギーを上回ることによって成立する。したがって、肥満を防止するためには、エネルギー摂取（食欲）の制限だけでなく、体内でのエネルギー消費をいかに促進させるかが重要な課題となる。このような観点から、本研究ではラットを用いて組成の異なる食餌を与えた時のエネルギー消費量を酸素消費と呼吸商の面から評価し、さらに、それらに及ぼす香味食品の添加効果について検討し、エネルギー消費を促進する香味食品の役割を明確にすることをめざした。

食餌組成としては、糖質を主とした高糖質食と脂質を主とした高脂肪食を用いたが、後者の場合、飽和脂肪酸の多いラードと低カロリー油脂として開発が進められているサトトリムを主としたものを用いた。サトトリムは短鎖脂肪酸と長鎖脂肪酸を組み合わせた加工油脂代替物である³⁾。サトトリムの低エネルギー性は、その主たる構成脂肪酸であるステアリン酸の低利用効率と短鎖脂肪酸の易代謝性の結果である。また、これらの食餌に添加する香味食品としては、生姜、唐辛子ならびにカフェインを取り上げた。

生姜 (*Zingiber officinale*) は熱帯地域とくに東南アジアに広く分布し、食用あるいは薬用に有効なことから栽培が盛んである⁴⁾。また、東洋ではインドで紀元前5世紀以上も昔から広く利用され、西洋では、ギリシャ・ローマ時代に薬草として、乾燥した状態で用いられてきたと伝えられている。生姜は身体をあたため、発汗作用があり、消炎鎮痛作用があると言われている⁵⁾が、酸素消費に及ぼす作用については明らかでない。生姜の辛味成分はジンゲロン($C_{11}H_{14}O_3$)とショーガオール($C_{17}H_{14}O_3$)であるといわれている⁶⁾。

唐辛子 (*Capsicum annuum*) は、南アメリカが原産地となっており、辛味種と甘味種 (ピ

ーマン) に大別される⁴⁾。唐辛子については、唐辛子の辛味成分であるカプサイシンを用いて、エネルギー代謝に及ぼす効果がこれまでも研究されてきた。例えば、肥満ラットにカプサイシンを経口投与すると、代謝を高め、白色脂肪組織重量が減少したという報告⁷⁾や、高脂肪食で飼育したラットの腹腔内にカプサイシンを注射すると、酸素消費量と呼吸商が増加すると報告されている⁸⁾。本研究では、食品としての赤唐辛子を用いて、食餌に混ぜて与えた場合に、ラットの酸素消費量と呼吸商がどのように変化するかを調べた。

カフェインは食品ではなく、コーヒーや茶、ココアなどに含まれる成分の1つであるが、交感神経を興奮させる働きがある点に注目した。カフェインはグリコーゲンや脂肪の分解代謝を高める働きがある⁹⁾。また、覚醒などの生理作用をもつ。経口的に投与した場合、カフェインは速やかに消化管から吸収され、脳を刺激するので、適度の興奮作用があるといわれている¹⁰⁾。このような作用を持った、香辛料およびカフェインを高糖質食あるいは高脂肪食に添加する事により、エネルギー消費への影響を酸素消費量と呼吸商の継時的変化から解析し、各香味食品の効果の違いと持続性について検討した。

[実験方法]

[実験動物]

6 週齢の Sprague-Dawley (SD) 系の雄性ラット [日本チャールス・リバー (株)] を用いた。飼育室の温度は 23 ± 1 °C、湿度は $55 \pm 2\%$ に調節した。12 時間毎の明暗サイクル (7:00 ~ 19:00 照明) でラットを個別のステンレスケージ ($37.5 \times 25.8 \times 18.0$ cm) に入れて飼育した。

[実験食]

ラットは市販粉末飼料 [MF:オリエンタル酵母工業 (株)] を暗期にのみ自由摂食させ、水は自由に与える状態で 7 日間予備飼育した後、標準食 [市販粉末飼料 (MF)]、高糖質食、ラード食、サラトリム食に群分けした。サラトリム [ダニスコ・カルタージャパン (株)] は長鎖脂肪酸 (主にステアリン酸) と短鎖脂肪酸 (酢酸、プロピオン酸、酪酸) からなる加工油脂で、名前は Short And Long Acyl Triglyceride Molecules の頭文字に由来する。

実験食の組成を Table 1 に示す。各実験食で 2 週間以上飼育 (暗期のみ給餌) した後、実験に用いた。

[酸素消費量ならびに二酸化炭素の排出および呼吸商 (RQ) の測定]

小動物用代謝計測システム [室町機械 (株): model MK-5000] を用いて測定した。計測装置は酸素および二酸化炭素測定センサー、チャンバー、吸引ポンプならびにコンピュータより成り、装置の電源を入れて 2 時間程度安定させてから測定を開始した。チャンバー (プラスチック製: $31.0 \text{ cm} \times 20.0 \text{ cm} \times 19.5 \text{ cm}$) にラットを入れ、30 分程度慣れさせる。チャンバー内の空気は 3 分ごとに 10 秒間 2.9 l/min の割合で吸引し、 O_2 ならびに CO_2 の分析に供した。食餌は暗期 (19:00 ~ 7:00) にのみ与えたが、水は自由に摂取させた。

酸素消費量 (VO_2)、二酸化炭素生成量 (VCO_2)、RQ は次のようにして求めた。

$$\text{VO}_2 (\text{ml/min}) = [\text{チャンバー内へ流入する大気中の } \text{O}_2 (\%) - \text{チャンバー内の } \text{O}_2 (\%)] \times \text{Flow} (\text{ml/min}) \times 1/100$$

$$VCO_2(\text{ml/min}) = (\text{チャンバー内の } CO_2(\%) - \text{チャンバー内へ流入する大気中の } CO_2(\%)) \times \text{Flow}(\text{ml/min}) \times 1/100$$

$$RQ (\text{respiratory quotient}) = VCO_2/VO_2$$

12時間の累積酸素消費量は次式で計算したが、体重の影響をできるだけ除外するために、体重 (kg)^{0.67} で除した¹¹⁾。0.67 の値は、幾何学的外形は同じで、そのサイズが違う場合の表面積/体積比である。

$$\text{累積酸素消費量} = VO_2(\text{ml/min}) \times 60 (\text{min}) \times 12 (\text{h}) / \text{体重 (kg)}^{0.67}$$

実験 1. 日内変動の測定

12 時間ごとの明暗サイクル下で、標準食を自由摂食させた状態で、暗期である 19:00 から 48 時間連続測定し、酸素消費量ならびに RQ がどのように変化するかを調べた。

次に、Table 1 に示す各実験食で暗期にのみ自由摂食させた各群について同様に、酸素消費量および呼吸商の変化を追究した。

実験 2. 香味食品添加の影響

各実験食を暗期に自由摂食させ、明期には餌を抜いた非摂食状態で酸素消費と RQ を 24 時間測定した後、それぞれの実験食に対して、生姜[ギャバンスパイス(株)：粉末試料]、唐辛子[一味：(株) 一休堂]のような香味食品を餌重量に対して 2% 添加、あるいはカフェインを餌重量に対して 0.05% 添加し、さらに 24 時間連続的に測定を継続した。

[組織重量測定]

飼育終了後、ネンブタール麻酔下にて開腹し、下大静脈から採血した。採血後直ちに、肝臓、後腹膜白色脂肪組織、副睾丸白色脂肪組織、肩甲間褐色脂肪組織を摘出した後、各臓器の重量を量った。

[実験結果]

1. 摂食量及び摂水量

各実験食群間での摂食量は標準食および高糖質食がラード食とサラトリム食に比べてやや多かったが、有意差は認められなかった。摂取エネルギー量として表示した場合には、高脂肪食であるラード食群がもっとも高く、標準食より有意に上昇した。次いで高糖質食群も有意に高かった。サラトリム食群は標準食群に比べ、僅かに低い有意ではなかった (Figure 1)。これらの各実験食群に生姜を添加した場合、添加することによって標準食群以外において摂取エネルギー量の減少傾向がみられた。特に、高糖質食およびラード食群では添加前より有意に減少する結果となった。唐辛子を添加した場合には、全ての実験食群で添加後、摂食量の減少が見られ、高糖質食では有意な減少となった。カフェインを添加した場合には、全ての実験食群でやはり摂取エネルギー量の僅かな減少が見られたが、全ての実験食群で有意ではなかった。

摂水量は暗期の 12 時間で計量した場合、各実験食群間および香味食品添加の前後で、有意差は認められなかった。

2. 体重の変化

群別の体重変化を Figure 2 に示した。高脂肪食であるラード食群が標準食、サラトリム食群より有意な体重増加を認めた。高糖質食群は標準食群より僅かに増加傾向であったが有意ではなかった。サラトリム食は高脂肪食であるにも拘わらず、標準食よりわずかに低い体重増加であった。

3. 組織重量

各実験食で 5 週間飼育後の組織重量を Table 2 に示した。肝臓重量は、ラード食群では全ての実験食群に比べて重く、有意差が認められた。高糖質食群では標準食群とほぼ同じであった。サラトリム食群ではさらに低い値を示したが、標準食群と比較した場合、有意ではなかった。後腹膜ならびに副睾丸の白色脂肪組織重量は、ラード食群が最も重く、特に後腹膜の白色脂肪の重量は標準食群の約 1.5 倍に達した。サラトリム食群は高脂肪食であるにも拘わらず、白色脂肪組織重量が低く、体重当たりの量として比較した場合も同様に低い傾向が認められた。肩甲骨間褐色脂肪組織は、ラード食群が高糖質食群に対して有

意に高い値を示した。また、サラトリム食群は標準食および高糖質食群より高い傾向を示した。サラトリム食のラットは他の実験食ラットに比べて白色脂肪の重量が低いにも拘わらず、肩甲間褐色脂肪組織重量の割合が高いことが判った。

4. 酸素消費量と呼吸商の変化

始めに、酸素消費量ならびに呼吸商が1日の間にどのように変化するかを調べた。12時間毎の明暗サイクルの下で自由に摂食させたラットの酸素消費量は、いずれの実験食群でも暗期で常に明期より高く、明期の12時間はほぼ一定の低い値を示した (Figure 3)。これを12時間の累積酸素消費量で比較すると、暗期の方が明期の約1.5~1.7倍高かった。呼吸商についても、暗期の方が明期より高く、典型的な日内変動を示す事が確認された (Figure 4)。

このような酸素消費量と呼吸商についての日内変動は、ラットの場合、夜行性で1日の摂食量の大半を暗期に摂取することに起因すると思われる。そこで、以下の諸実験では、暗期にのみ餌を与え、明期には餌を与えない条件に慣らしたラットについて、食餌組成の影響ならびに香味食品の添加効果を検討した。

各実験食群間での12時間の累積酸素消費量を香味食品添加前の段階で比較すると、暗期の摂食時では、標準食群に比べて高糖質食群が高く、ラード食とサラトリム食群では僅かに高い傾向が見られた (Figure 5~7)。一方、明期の非摂食時では、各実験食群間で酸素消費量に有意差はなかった。

5. 添加香味食品による酸素消費と呼吸商の変化

各実験食に餌重量の2%になるように生姜粉末を添加して、ラットの酸素消費ならびに呼吸商に及ぼす影響を追究した。Figure 5に示すように、生姜を添加する前の酸素消費量と比較すると、生姜添加によって摂食時（暗期）の累積酸素消費量の増大が全ての実験食群で認められた。標準食群では約3%、高糖質食群では約2%、サラトリム食群では約4%と有意に増加した。ラード食群でも増加したが、有意ではなかった。非摂食時（明期）では添加による酸素消費量の増加傾向が認められたが有意ではなかった。

次にエネルギー代謝を高めるといわれている唐辛子を餌重量の2%になるように添加した場合について、同様に検討した。唐辛子を添加した場合、摂食時の酸素消費量が標準食群で約3%、サラトリム食群で約4%有意に増加した。高糖質食およびラード食群でもわず

かに増加したが、有意ではなかった (Figure 6)。非摂食時では、生姜の場合と同様に、いずれの実験食群でも酸素消費量の増加傾向がみられた。

交感神経を興奮させる働きのあるカフェインを餌重量の 0.05% 添加した場合は、摂食時に高脂肪食であるラード食群では約 6%、サラトリム食群では約 8%、酸素消費量が有意に増加した。標準食および高糖質食群でも増加したが有意ではなかった (Figure 7)。非摂食時では、いずれの実験食群でも増加したが、有意な増加ではなかった。

以上の実験結果から、いずれの香味食品を添加した場合においてもラットの酸素消費量が増加し、エネルギー消費を促進する食品、あるいは成分であることが明らかになった。生姜は標準食や高糖質食群といった糖質主体の食餌の際に有意に酸素消費量を高め、カフェインは高脂肪食であるラード食とサラトリム食群で、より酸素消費量を高める結果となった。特にサラトリム食群では、生姜、唐辛子、カフェインの添加によって、いずれも有意な上昇を認め、サラトリムがエネルギーとして消費されやすい油脂であることが明らかになった。

生姜を添加した場合の呼吸商の変化を Figure 8 に示した。摂食時における RQ の値を生姜添加の前後で比較すると、RQ は生姜添加によって総じて低下した。すなわち、摂食時の RQ 値を平均すると、高糖質食群では RQ 値は 0.92 から 0.86 に、ラード食群では 0.82 から 0.79 に、サラトリム食群では 0.83 から 0.82 へと低下した。標準食群では平均 RQ 値は 0.88 で生姜の添加によっても変化が認められなかった。

唐辛子を添加した場合にも、摂取時の平均 RQ 値は低下する傾向を示した (Figure 9)。すなわち、ラード食群では RQ 値が 0.80 から 0.74 へ、サラトリム食群では 0.84 から 0.79 へ、標準食群では 0.89 から 0.86 へ、高糖質食群では 0.89 から 0.87 へと全ての群で低下がみられた。

これに対してカフェイン添加の場合には、逆に摂食時の平均 RQ 値はカフェイン添加によって上昇した (Figure 10)。すなわち、高糖質食群では RQ 値は 0.93 から 0.96 へ、ラード食群では 0.81 から 0.84 へ、サラトリム食群では 0.83 から 0.86 へ、標準食群では 0.85 から 0.87 へ、といずれの群でも上昇した。

[考察]

生体におけるエネルギー消費は体内のエネルギー恒常性を維持する上で、食物摂取（エネルギー摂取）に劣らず重要である。理想的には、食欲を損なうことなく、エネルギー消費を促進する食品を検索し、それを添加することによって、体内の酸素消費を高めてエネルギーの摂取と消費のバランスを保つことである。このような観点から、本研究では生姜、唐辛子などの香味食品に着目し、組成の異なる食餌に添加してエネルギー消費への影響を調べた。これらの香味食品の2%添加は、摂取エネルギー量を僅かに減少させたが、体重増加に悪影響を及ぼすことはなかった。添加量を2%にした理由は、3%あるいは4%に増加した場合には、摂食量が著しく減少するためである。

また、今回実験に用いたラットは若齢成熟ラットとした。若齢期のラットと老齢期のラットでは基礎代謝量が大きく異なるからである¹²⁾。

食餌組成の違いによるエネルギー消費（酸素消費量）への影響を摂食時に調べると、累積酸素消費量は高糖質食を与えた場合が、高脂肪食群や標準食群よりも高いことが判った。高脂肪食の場合、ラード食群とサラトリム食群では累積酸素消費量に差はなかったが、サラトリムが低カロリー（1g 当たり約 5 kcal）であるため、エネルギー摂取量はサラトリム食群がラード食群より有意に少なかった。このことが、ラード食ラットの体重増加が、サラトリム食ラットの体重増加よりも大きかったことに反映していると思われる。

次に、生姜や唐辛子のような香味食品を添加した場合の酸素消費量は、いずれの食餌組成群でも増加することが判明した。この場合、増加の程度は数%であるが、同一の個体について香味食品添加の前後で累積酸素消費量を測定したので、paired t-test による検定で有意差を導きだせる利点がある。生姜はこれまで漠然と新陳代謝を高めると考えられてきたが、今回の実験から、食餌組成に関係なく酸素消費、すなわちエネルギー消費を高める作用を持つことが明確になった。唐辛子については、その有効成分であるカプサイシンの腹腔内投与⁸⁾や経口投与¹²⁾によって、高脂肪食飼育ラットや肥満ラットのエネルギー代謝を盛んにすることが報告されているが、本実験でもそのことを確認することができた。

生姜や唐辛子のような香辛料は口腔内の味覚を刺激することによって、中枢神経と連動してエネルギー消費を促すものと思われる。実際に、今回の実験で、交感神経を興奮させる作用のあるカフェインを食餌に添加した場合にも、酸素消費の増大が認められ、とりわけサラトリム食やラード食に添加するとき顕著であった。

各実験食を摂食させた場合の平均 RQ 値を調べると、高糖質食群(0.89~0.93)が最も高く、次いで標準食群(0.85~0.89)が続き、ラード食群(0.80~0.82)が最も低かった。この事実は、糖質、蛋白質、脂肪の各栄養素が燃焼する場合の理論上の RQ 値は、それぞれ 1.0, 0.8, 0.7 であることに対応している。サラトリム食群での平均 RQ 値(0.83~0.84)は、高脂肪食であるにも拘わらず、ラード食群よりもやや高い値が得られたが、これはサラトリムを構成する酢酸、プロピオン酸、酪酸などの短鎖脂肪酸の酸化分解によるためであろう。

生姜あるいは唐辛子を食餌に添加すると、各実験食群とも摂食時の平均 RQ は総じて低下した。このことは、摂取した食餌がエネルギーとして燃焼される際に、今回の実験条件下では蛋白質の酸化分解が変化しないものと仮定すると、生姜や唐辛子の添加によって脂肪の燃焼が高まったことを意味する。これに対して、カフェインを食餌に添加した場合には、各実験食群とも摂食時の平均 RQ 値は上昇した。したがって、カフェインは、生姜や唐辛子と同様にエネルギー消費を高める効果を持つが、その際に燃焼される栄養素は脂肪よりもむしろ糖質を多く燃やしていることになる。

本実験で、高脂肪食の 1 つとしてサラトリムを用いたが、サラトリムはその構成脂肪酸の特徴から、低カロリー(1 g 当たり約 5 kcal)であることが指摘されている。すなわち、サラトリムを構成する短鎖脂肪酸は、小腸から吸収されると中性脂肪に再合成されることなく、すぐに代謝されるのに加えて、もう 1 つの構成脂肪酸であるステアリン酸は小腸での消化・吸収率が悪いと報告されている¹³⁾。今回の実験で、サラトリム食群はエネルギー摂取量が標準食群とほぼ同じであるにも拘わらず、体重増加ならびに白色脂肪組織重量は標準食群よりも小さかった。これに対して、食餌誘導性の熱産生に関係の深い褐色脂肪組織¹⁴⁾の重量は、サラトリム食群で相対的に重い傾向を認めた。実際に、摂食時のサラトリム食ラットの酸素消費量は標準食ラットより高く、また、生姜、唐辛子あるいはカフェインの添加による酸素消費の応答も良いという結果を得た。つまり、サラトリムは容易に代謝分解されてエネルギーとして消費され易い代替油脂であることが明らかになった。

[要約]

脂肪を主とするエネルギーの過剰摂取による動脈硬化や糖尿病のような生活習慣病の急増が憂慮されており、肥満の解消が生活習慣病を予防するために必要な対策と考えられている。

本研究では、体内でのエネルギー消費に焦点をあて、小動物代謝計測システムを用いてラットの酸素消費量と炭酸ガス発生量を測定し、組成の異なる食餌に香味食品を添加するときエネルギー消費がどのように変化するかを調べた。

実験食は市販の粉末飼料から成る標準食、糖質を主とした高糖質食、ラードを主としたラード食、それに短鎖と長鎖の脂肪酸から成るサラトリムを主としたサラトリム食を与え、添加する香味食品としては生姜、唐辛子ならびにカフェインを用いた。得られた実験結果は以下の通りである。

- (1) 酸素消費量ならびに呼吸商が1日の間にどのように変化するかを調べたところ、暗期（摂食時）の酸素消費量は明期（非摂食時）よりも1.5～1.7倍高く、また呼吸商も暗期の方が明期よりも高いという日内変動を示した。
- (2) 各実験食によるエネルギー消費への影響を検討すると、摂食時12時間の累積酸素消費量は、標準食群と比べて高糖質食群が高く、ラード食とサラトリム食群では標準食群よりも僅かに高かった。他方、エネルギー摂取量は、ラード食群が最も高く、次いで高糖質食群が続く、サラトリム食と標準食群とはほぼ同等で最低であった。
- (3) 各実験食に2%になるように生姜を添加すると、摂取エネルギー量は減少するにも拘わらず、摂食時（暗期）の累積酸素消費量の増大が全ての実験食群で認められた。すなわち、標準食群では約3%、高糖質食群では約2%、サラトリム食群では約4%有意に増加した。ラード食群でも増加したが、有意ではなかった。非摂食時（明期）では生姜の添加によって酸素消費量の増加が認められたが、いずれも有意ではなかった。
- (4) 唐辛子を2%添加した場合、摂食時の酸素消費量は標準食群で約3%、サラトリム食群で約4%有意に増加した。高糖質食およびラード食群でもわずかに増加したが、有意ではなかった。非摂食時では、生姜の場合と同様に、いずれの実験食群でも酸素消費量の僅かな増加がみられた。
- (5) カフェインを0.05%添加した場合には、摂食時にラード食群では約6%、サラトリム

食群では約 8%、酸素消費量が有意に増加した。標準食および高糖質食群でも増加したが有意ではなかった。非摂食時では、いずれの実験食群でも増加したが、有意ではなかった。

- (6) 次に生姜・唐辛子・カフェインの添加が呼吸商に及ぼす影響を検討した。生姜を添加すると、高糖質食群、ラード食群ならびにサラトリム食群で摂食時に呼吸商の低下が見られた。

唐辛子を添加した場合には、全ての実験食群で摂食時の呼吸商の低下をみた。

つまり、生姜ならびに唐辛子の食餌への添加は、脂肪の燃焼を促すものと思われる。

- (7) これに対して、カフェインを添加した場合には、各実験食とも摂食時の呼吸商が上昇し、脂肪よりもむしろ糖質を多く燃焼させる効果があると考えられる。

- (8) 以上のことから、生姜、唐辛子、カフェインのいずれの香味食品を添加した場合にもラットの酸素消費量が増加し、これらはエネルギー消費を促進する香味成分であることが明らかになった。特にサラトリム食群では、生姜、唐辛子、カフェインの添加によって、いずれも有意な酸素消費の上昇を認め、サラトリムがエネルギーとして消費されやすい食用油脂であることが明らかになった。

〔謝辞〕

本研究にあたりご指導ご鞭撻を賜りました広島女学院大学の嶋津 孝教授に感謝を申し上げます。また、サラトリムをご提供いただいたダニスコ・カルタージャパン株式会社に謝意を表します。

[参考文献]

- 1) 「栄養日本」編集委員会編 (2000) 栄養日本, 43(4):7-24 社団法人日本栄養士会, 東京.
- 2) 社団法人日本栄養士会編 (2000) 健康 21 と栄養士活動, pp160-165, 第一出版株式会社, 東京.
- 3) Smith RE, Finley JW, Leveille GA (1994) Overview of SALATRIM, a family of low-calorie fats: *J Agric Food Chem* 42:432-434.
- 4) 難波恒雄(1980)原色和漢図鑑 (上), pp118-119, 株式会社保育社, 大阪.
- 5) 小田求, 梶田武俊, 加藤静子, 橋本慶子, 高木節子(1994)調理のための食品学辞典, pp200-201, 朝倉出版, 東京.
- 6) 菊崎泰枝(1996)ショウガ成分の構造と抗酸化性: 活性酸素と医食同源, (井上正康編著)pp216-219, 共立出版, 東京.
- 7) Kawada T, Hagihara K, Iwai K (1986) Effects of capsaicin on lipid metabolism in rats fed a high fat diet, *J Nutr*, 116 (7): 1272-1278.
- 8) Kawada T, Watanabe T, Takaishi T, Tanaka T, Iwai K(1986)Capsaicin-induced β -adrenergic action on energy metabolism in rats :influence of capsaicin on oxygen consumption, the respiratory quotient, and substrate utilization, *Proc Soc Exp Biol Med*, 183:250-256
- 9) Denadai BS(1994)Effect of caffeine on the metabolism of rats exercising by swimming, *Braz. J. Med. Biol. Res*, 27 : 2481-2485.
- 10) 加藤秀夫, 三好康之, 鈴木公, 和泉久美子(1999)食生活と健康づくり, pp53-55, 化学同人, 京都.
- 11) Scarpace PJ, Matheny M, Borst SE (1992) Thermogenesis and mitochondrial GDP binding with age in response to the novel agonist CGP-12177A , *Am. J. Physiol*, 262 : E185-E190.
- 12) 八木典子, 野口聡裕, 岡田彩(2000)肥満ラットに対するカプサイシンの投与が体重減少とエネルギー消費に及ぼす効果, 日本・栄養食糧学会誌, 53(5) : 227-231.
- 13) Hayes JR., Finley JW, Leveille GA (1994) In vivo metabolism of SALATRIM fats in the rat, *J Agric. Food Chem* , 42:500-514.

- 14) de Castro JM, Hill JO (1988) Exercise and brown adipose tissue and whole-body oxygen consumption in rat, *Physiol Behav*, 43(1):9-12.
- 15) 浜野弘昭(1998)低カロリー油脂「サラトリム」の生理的エネルギー評価, 健康・栄養食品研究, 1(1):24-38.

Table 1 実験食の組成

食 餌 組 成 (g/100g)	標 準 食	高 糖 質 食	ラ ー ド 食	サラトリム食
ラ ー ド	—	5	25	5
植 物 油	6	—	—	—
サラトリム ¹	—	—	—	20
カ ゼ イ ン	25	25	25	25
α -コーンスターチ	10	40	20	20
コーンスターチ	38	—	—	—
シュクロース	5	15	15	15
デキストリン	—	6	6	6
ビタミン ²	2	1	1	1
ミネラル ³	6	4	4	4
セルロース	8	4	4	4
カロリー (kcal/100g)	357	389	489	409

¹ ダニスコ・カルタージャパン (株) : 低カロリー植物性油脂 Lot No. V68175-3¹⁵⁾

² オリエンタル配合 : オリエンタル酵母工業 (株) (mg/100g) ビタミン A (IU) 1000, ビタミン D₃ (IU) 200, ビタミン E 10.0, ビタミン K₃ 10.4, ビタミン B₁ 2.4, ビタミン B₂ 8.0, ビタミン B₁₂ 0.001, ビタミン C 60.0, ビオチン 0.04, 葉酸 0.4, パントテン酸カルシウム 10.0, パラアミノ安息香酸 10.0, ニコチン酸 12.0, イノシトール 12.0, 塩化コリン 400

³ ハーパー配合 : オリエンタル酵母工業 (株) (g/100g) CaHPO₄ · 2H₂O 0.43, KH₂PO₄ 34.31, NaCl 25.06, Fe-citrate (Fe17%) 0.623, MgSO₄ 4.8764, ZnCl₂ 0.02, MnSO₄ · 4~5H₂O 0.121, CuSO₄ · 5H₂O 0.156, KI 0.0005, CaCO₃ 29.29, (NH₄)₆Mo₇O₂₄ · 4H₂O 0.0025

Table 2 組 織 重 量

実 験 食 群	体 重 (g)	肝 臓 (g)	後腹膜白色脂肪組織 (g)	副睾丸白色脂肪組織 (g)	肩甲間褐色脂肪組織 (mg)
標 準 食	361 ± 22 ^a	14.6 ± 0.8 ^{ac}	7.15 ± 1.87 ^a	5.65 ± 1.15 ^a	0.42 ± 0.07 ^{ab}
高糖質食	371 ± 9 ^a	14.5 ± 0.4 ^a	5.53 ± 1.07 ^a	6.59 ± 1.08 ^a	0.42 ± 0.05 ^a
ラード食	395 ± 11 ^b	16.4 ± 0.4 ^b	11.29 ± 0.80 ^b	8.41 ± 0.68 ^b	0.65 ± 0.08 ^b
サラトリム食	345 ± 10 ^a	12.8 ± 0.6 ^c	4.76 ± 0.57 ^a	4.22 ± 0.41 ^a	0.44 ± 0.08 ^{ab}

a, b, c:異なる文字間で有意差を表す (p<0.05, unpaired t-test)

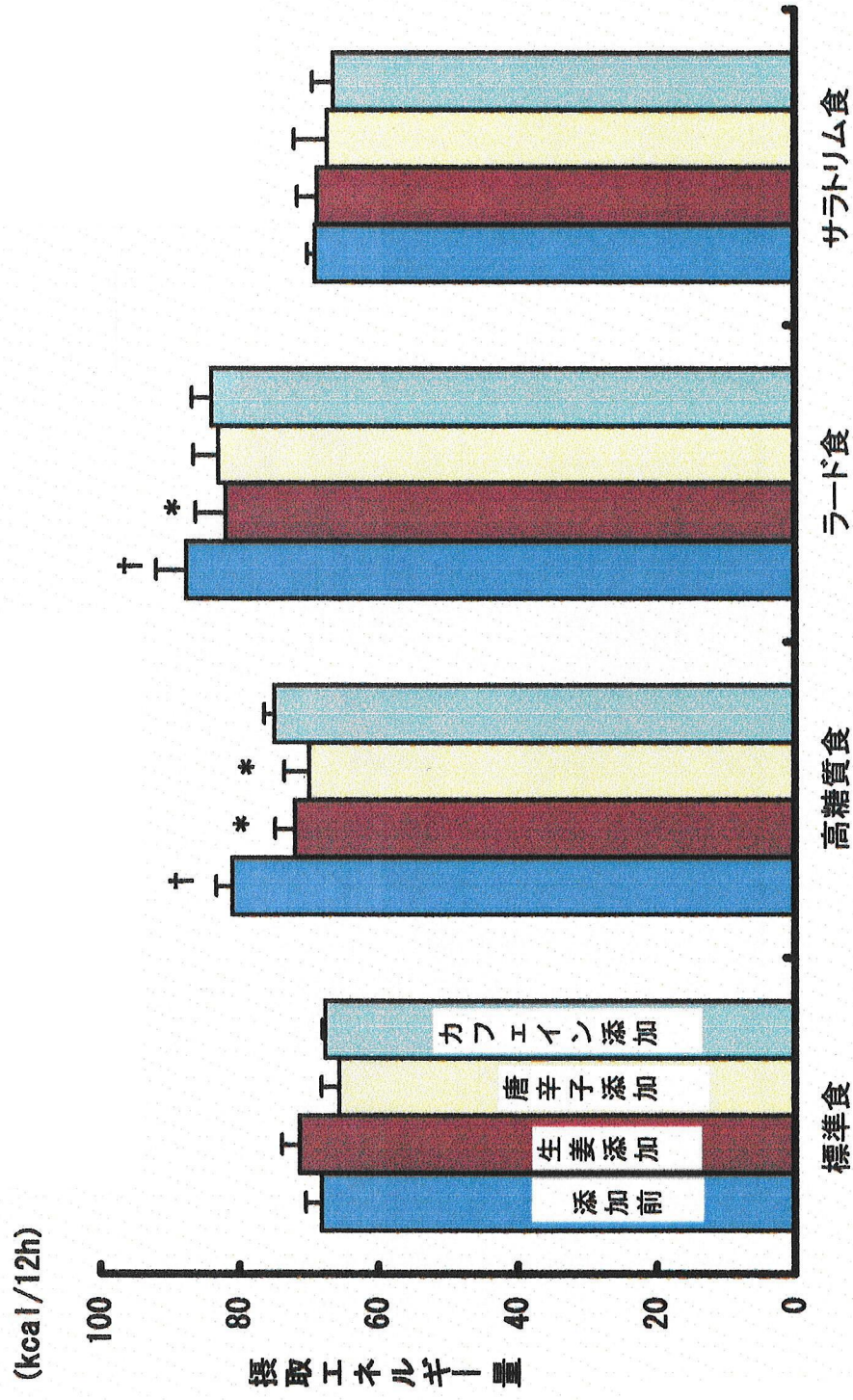


Figure 1 香味食品の添加による摂取エネルギー量への影響

*: 各実験食での添加前に対する有意差を表す ($p < 0.05$, paired t-test)

†: 香味食品添加前の標準食に対する各実験食への有意差を表す ($p < 0.05$, unpaired t-test)

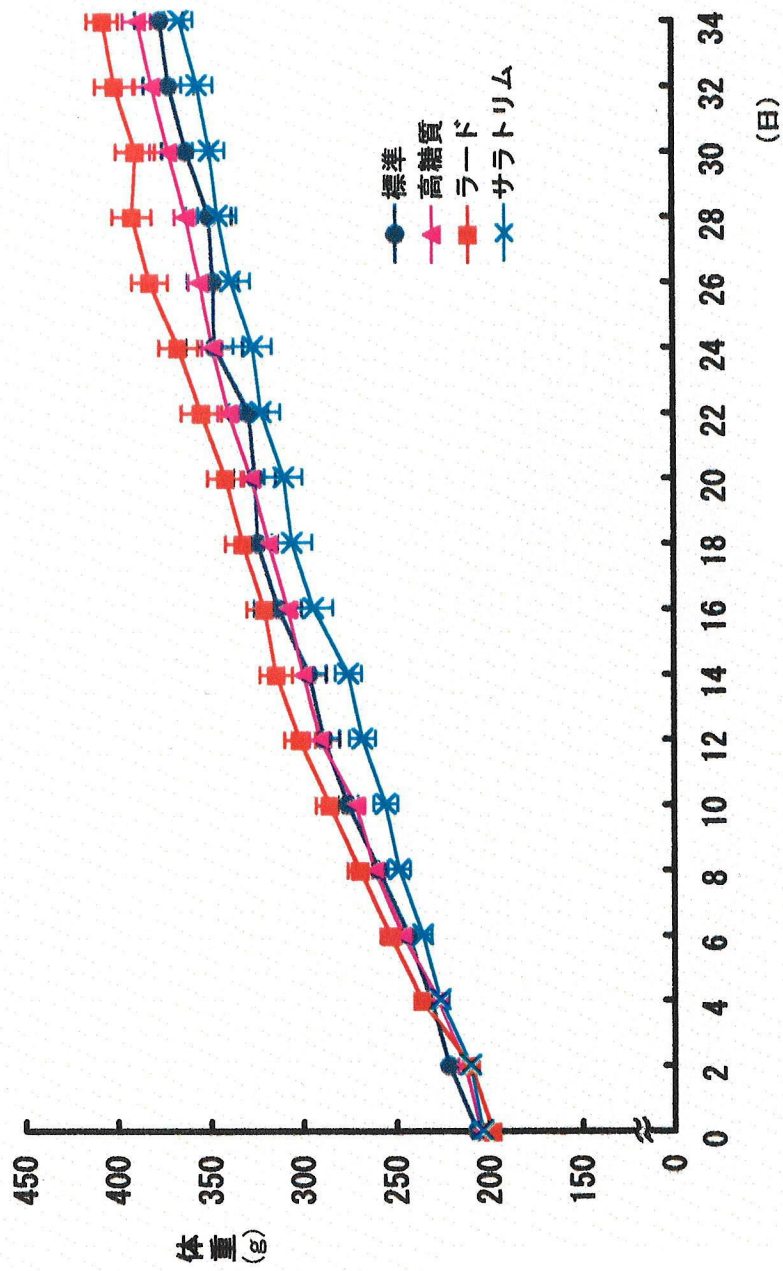


Figure 2 各実験食での体重変化

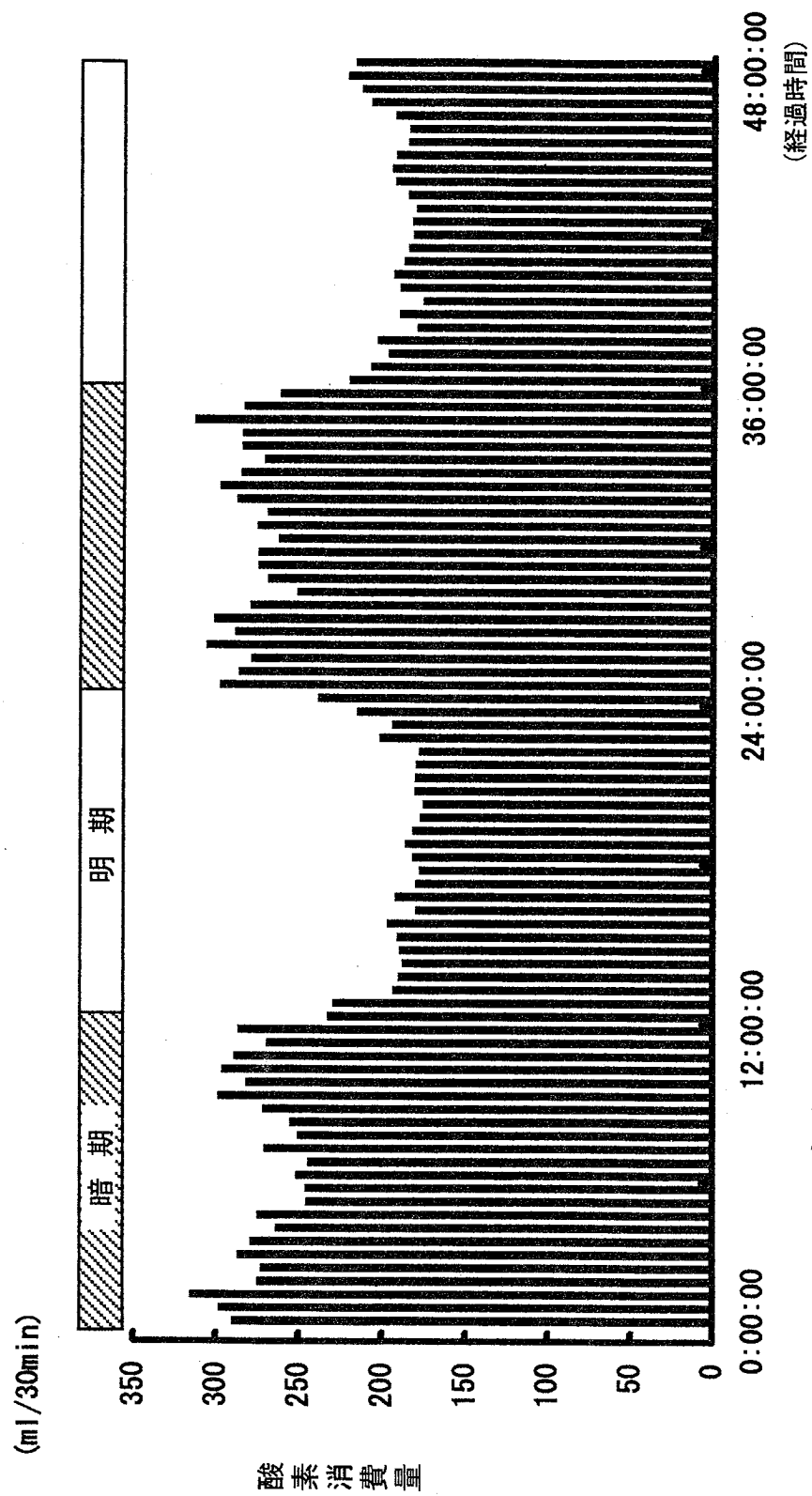


Figure 3 自由摂食時の酸素消費量の日内変動

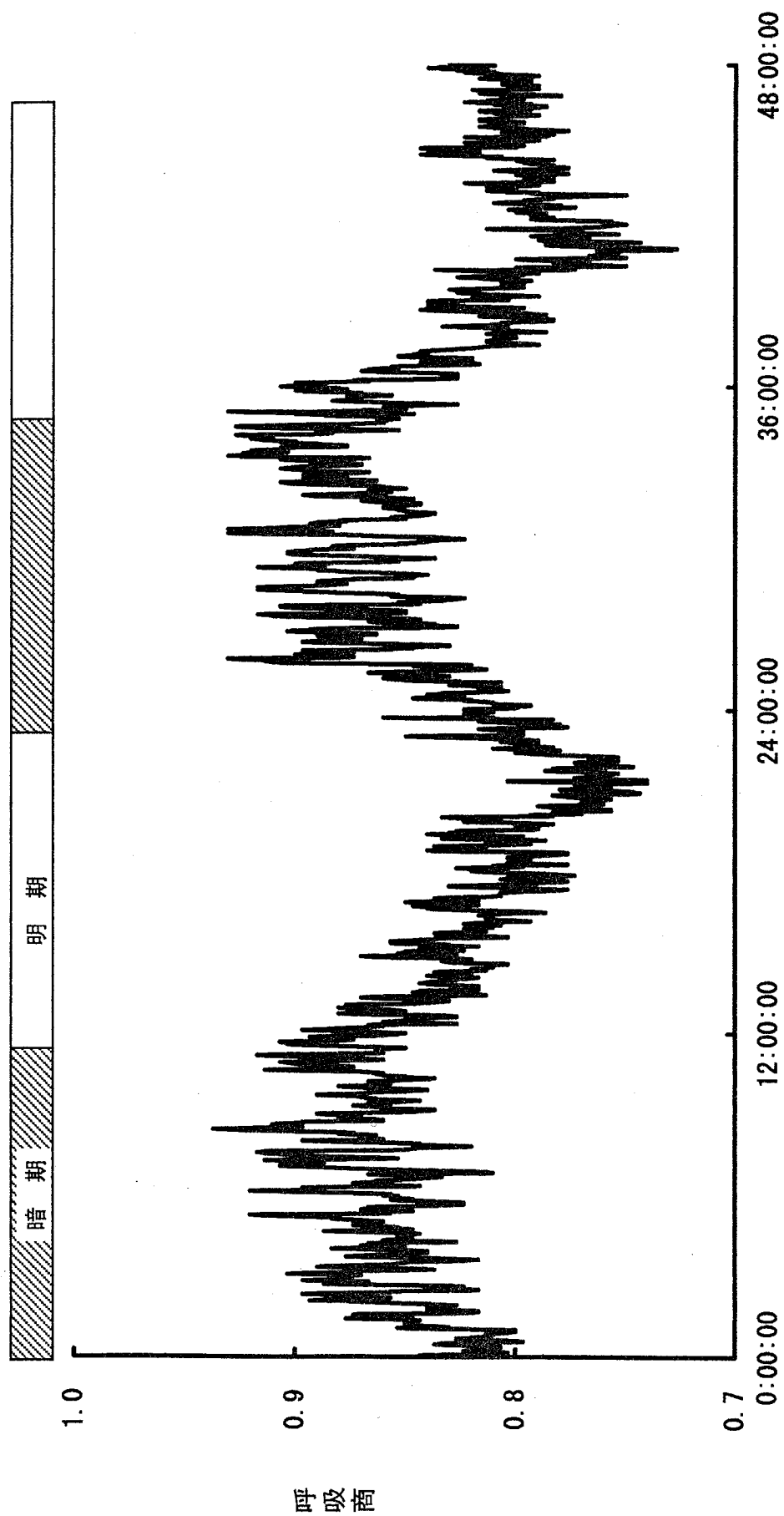


Figure 4 自由摂食時のRQ変化

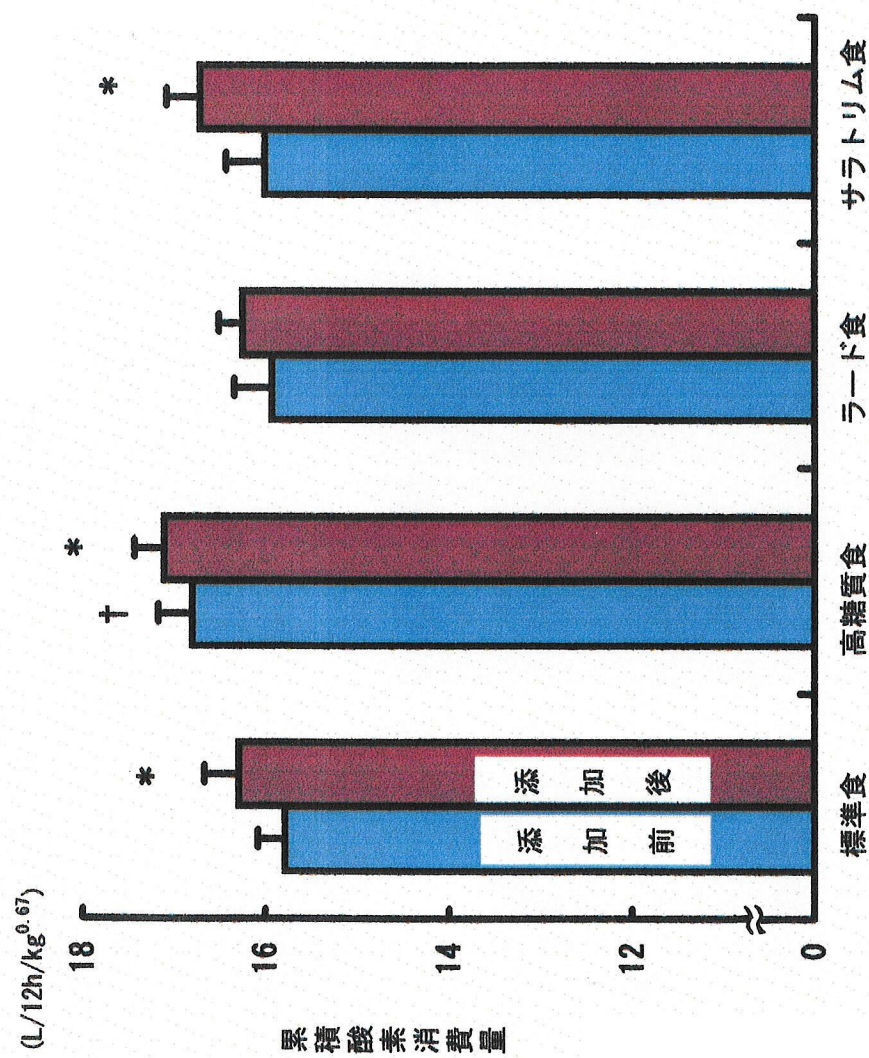


Figure 5 果積酸素消費量におよぼす生姜の影響

*香味食品添加による有意差 ($p < 0.05$, paired t-test)

†各実験食群間で有意差 ($p < 0.05$, unpaired t-test)

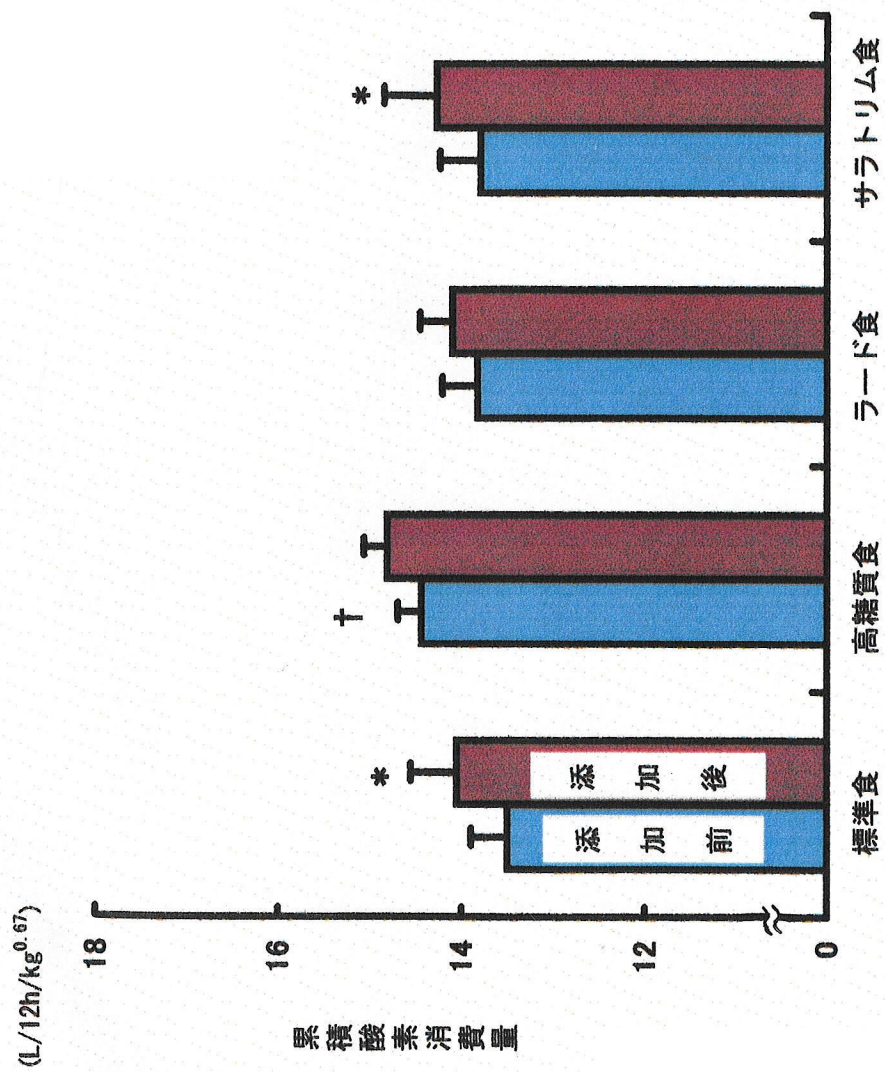


Figure 6 果積酸素消費量におよぼす唐辛子の影響

*香味食品添加による有意差 ($p < 0.05$, paired t-test)

†各実験食群間で有意差 ($p < 0.05$, unpaired t-test)

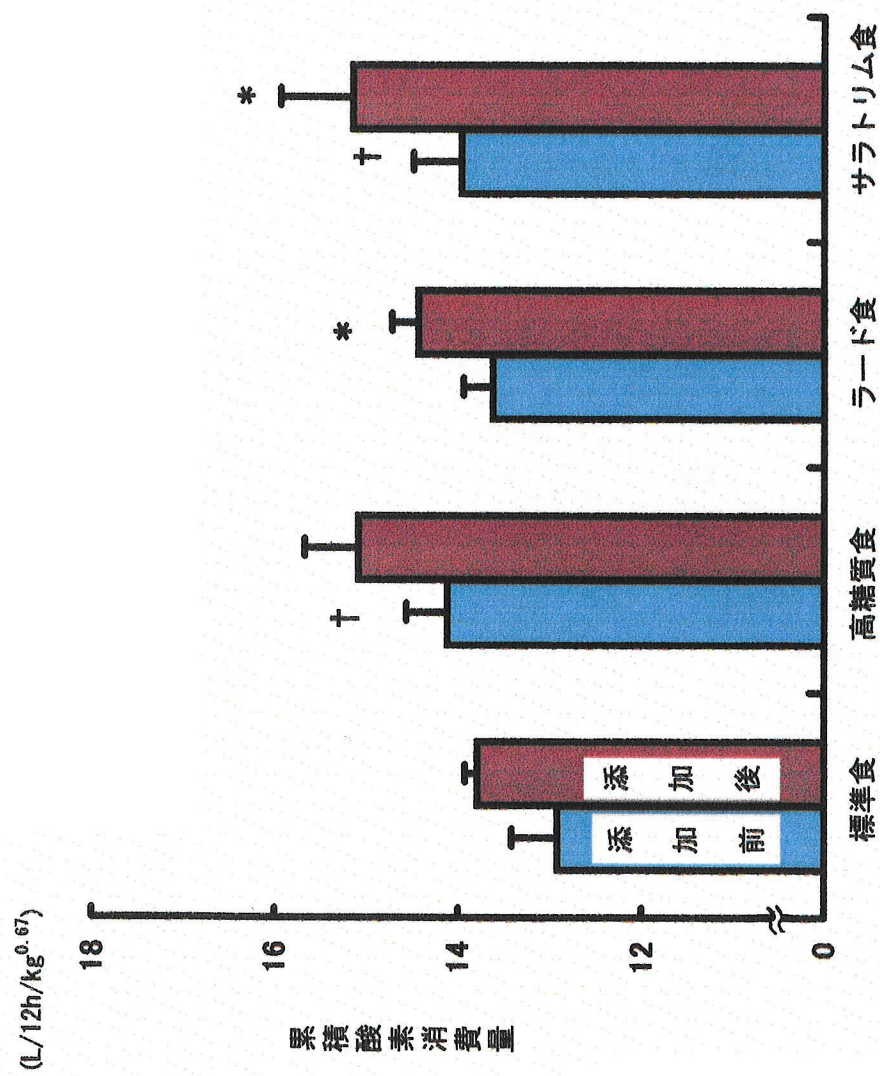


Figure 7 累積酸素消費量におよぼすカフェインの影響

*香味食品添加による有意差 (p<0.05, paired t-test)

†各実験食群間で有意差 (p<0.05 unpaired t-test)

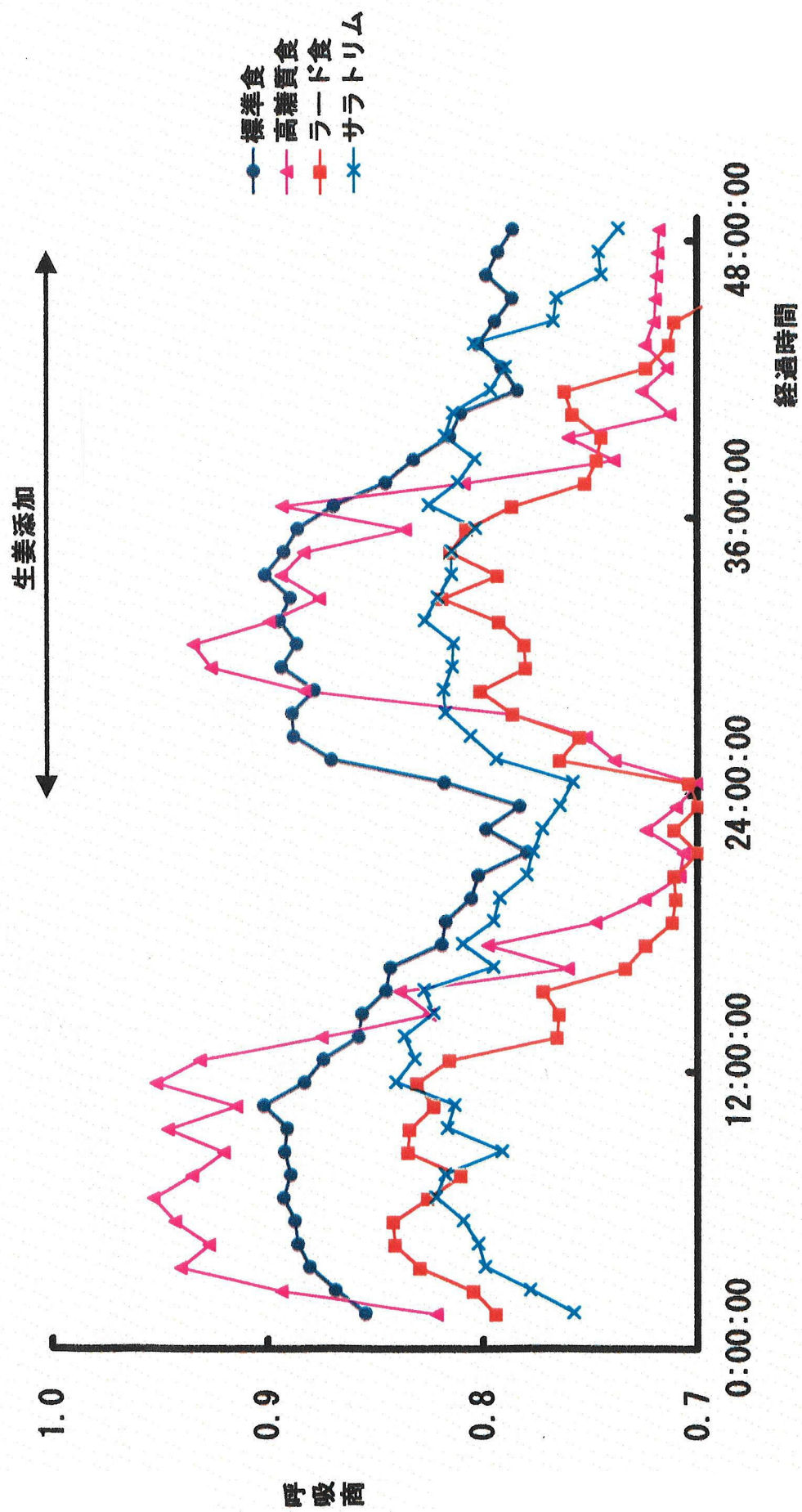


Figure 8 生姜添加による呼吸商の変化

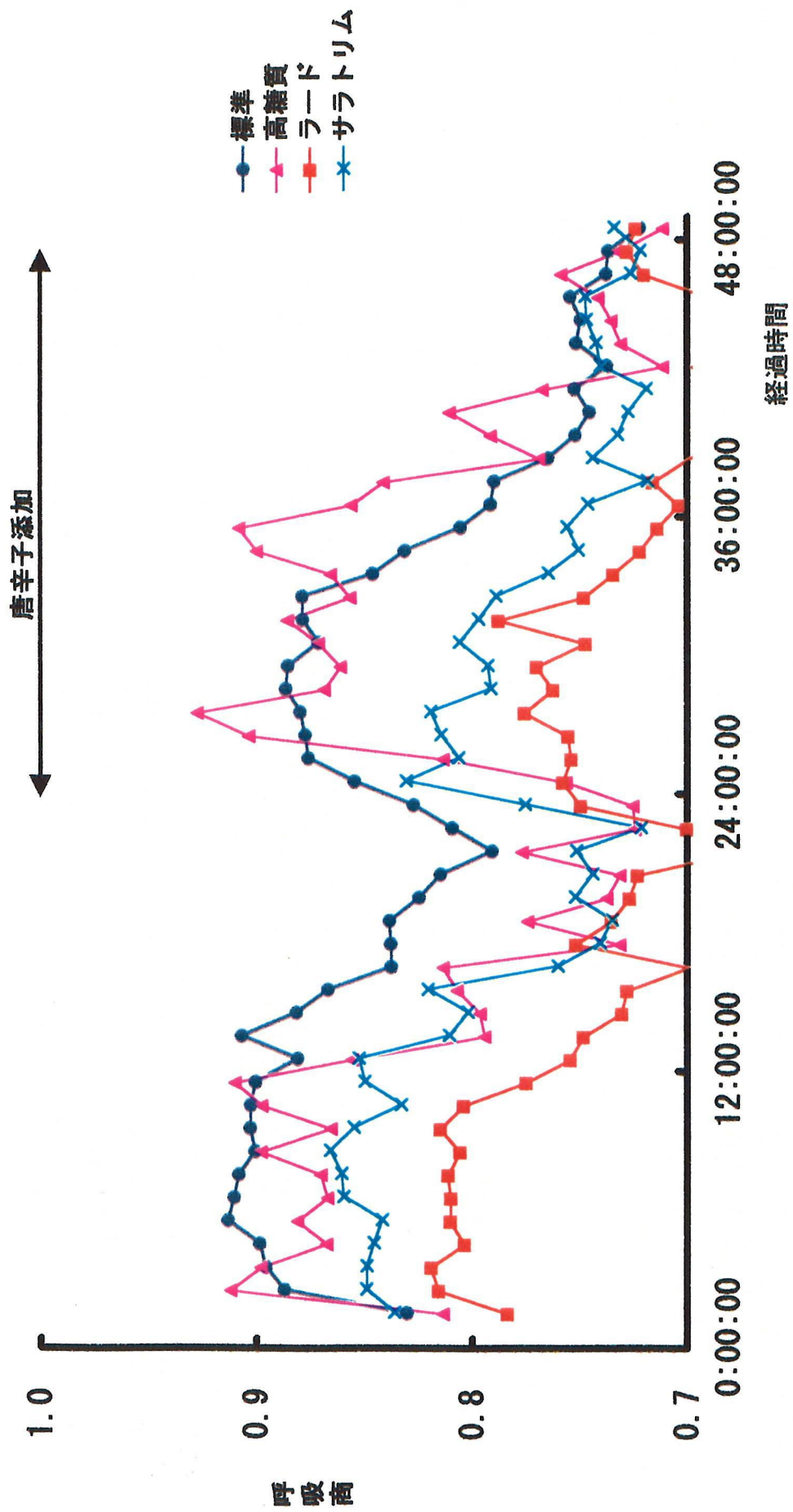


Figure 9 唐辛子添加による呼吸商の変化

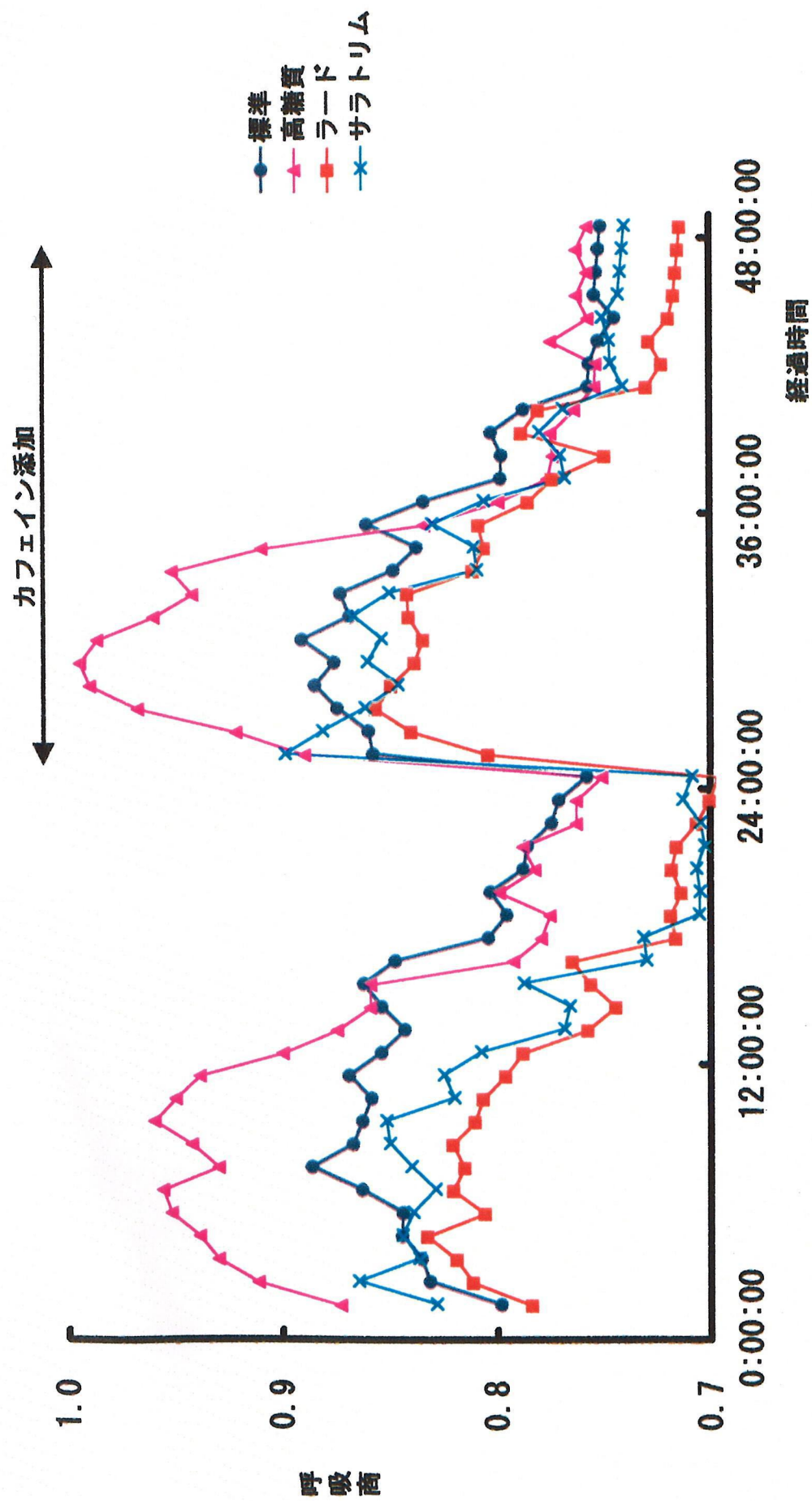


Figure 10 カフェイン添加による呼吸商の変化