

表一6 胃酸減少が食品からのビタミンB<sub>12</sub>の遊離に及ぼす影響

胃画面分の pH	pH 2.0	pH 4.0	pH 7.0
①上澄み液画面分	90%	82%	50%
②沈殿画面分	10%	18%	50%
③膜透過 (低分子量) 画面分	85%	29%	60%
④膜不透過 (高分子量) 画面分	15%	71%	40%
吸収可能なビタミンB <sub>12</sub> 量	76.5%	23.8%	30%

表一7 ビタミンB<sub>12</sub>強化納豆中のビタミンB<sub>12</sub>含量

浸漬液中のビタミンB <sub>12</sub> 含量 ( $\mu\text{g}/250\text{ ml}$ )	浸漬大豆中の推定ビタミンB <sub>12</sub> 含量 ( $\mu\text{g}/100\text{ g}$ )	納豆中のビタミンB <sub>12</sub> 含量 ( $\mu\text{g}/100\text{ g}$ )
0	0	検出限界以下
125	26.9	6.5 (24.2%)
250	54.8	11.7 (21.4%)

大豆100gを水(あるいはビタミンB<sub>12</sub>溶液)250ml中で24時間浸漬し、大豆の吸水量から強化されるビタミンB<sub>12</sub>量を推定した(ビタミンB<sub>12</sub>は水と共に均一に吸収されると仮定した)。

平成 16 年度厚生労働科学研究費（循環器疾患等総合研究事業）  
日本人の食事摂取基準（栄養所要量）の策定に関する研究  
主任研究者 柴田 克己 滋賀県立大学 教授

### Ⅲ. 分担研究者の報告書

#### 5. わが国の食品に含まれるビオチン量の分析

分担協力者 渡邊敏明 兵庫県立大学 教授  
研究協力者 榎原周平 兵庫県立大学 助手  
研究協力者 福井 徹 病体生理研究所 研究員

#### 研究要旨

ビオチンは、種々の食品に広く分布している。しかし、ビオチンは、五訂日本食品標準成分表には収載されておらず、食品中の含量をはじめとして、食品中での存在状態、調理や加工による変化、生体内における利用率などについて、ほとんど明らかにされていない。そこで、日常的に摂取している代表的な 101 食品について、食品中のビオチン含量を分析し、諸外国の食品ビオチン量と比較した。食品群ごとにビオチン含量をみると、豆類、種実類、卵類、調味料および香辛料類で平均 10  $\mu\text{g}/100\text{ g}$  以上の高値を示した。一方、野菜類、果実類、乳類、油脂類では、ビオチン含量は低値であった。調味料では、諸外国と比較してわが国ではビオチン含量が高く、これは醤油やみそが大豆を原料に作られていることが理由としてあげられる。デンマークやドイツの食品成分表では、食品のビオチン含量について、わが国と大きな相違は認められず、これらの国の食品のビオチン含量値も利用が可能である。平成 13 年度の国民栄養調査結果から食品群別にビオチン摂取量を算出した。本研究の測定値から算出した結果では、1 日あたり男性で 109  $\mu\text{g}$ 、女性で 92.3  $\mu\text{g}$  であり、所要量と比較して、それぞれ 364%および 308%であった。ビオチンは、食品によって含量だけでなく、遊離ビオチン率にも大きな相違が見られた。鶏卵では、卵黄中の遊離ビオチン率が高値を示し、卵黄がビオチンの供給源として有用な食品であることが示唆された。

## A. 目的

ビオチンは水溶性ビタミンの一つで、カルボキシラーゼの補酵素として、糖新生、アミノ酸代謝および脂肪酸合成などに関与している<sup>1)4)</sup>。ビオチンが欠乏すると、これらの代謝経路が阻害されたり、生理機能が障害されることにより、神経炎、感染症などが引き起こされる。また、動物実験では、ビオチン欠乏状態になると、鳥類の胚で形態形成異常が起こることが古くから知られている<sup>5)</sup>。近年、哺乳動物においても、ビオチンが妊娠を維持したり、胎児や乳児の成長を保つのに関与していることが明らかにされつつある。最近の報告では、妊娠の経過に伴って、血中や尿中のビオチン濃度が低下することや、ビオチンが皮膚疾患や糖尿病と関わっていることが示唆されている<sup>6)8)</sup>。

ビオチンは、種々の食品に広く分布しており、とくに、穀類、レバー、卵黄、種実類などの食品に多く含まれている<sup>9)</sup>。また、2003年7月から、食品添加物としてサプリメントなどに利用することが可能になった。しかし、ビオチンは、いまだ、五訂日本食品標準成分表には収載されておらず、食品中の含量をはじめとして、食品中での存在状態、調理や加工による損失や変化、生体内における利用率など、ほとんど明らかにされていない。また、ビオチンは、腸内細菌叢によっても合成されることが知られているが、それだけでは生体必要量は維持できないといわれている<sup>3)</sup>。

わが国において、食品中のビオチン含量については、ほとんど報告がない。五訂日本食品標準成分表の付録に収載されているのは、1966年に出版されたデータで、国内外の文献に記載された分析値がまとめられたものである<sup>10)</sup>。これには、食品62品目のみでなく、動物の組織中のビオチン量が分析されている。諸外国においては、Hardingeら(1961)が食品について広範な分析データを報告して以来、著者らが知る限りでは3編の報告しかない<sup>9),11),12)</sup>。デンマークやドイツにおいては、食品成分表にビタミンの一つとしてビオチン含量が収載されている<sup>13),14)</sup>。一方、わが国では市販されている一般調製粉乳や治療用特殊ミルクのビオチン含量およびベビーフードのビオチン量な

どが分析されている<sup>15)</sup>。とくに治療用特殊ミルクのビオチン含量が、WHOの推奨値と比較して、低値であることが報告されている。このように、ビオチンの摂取量を知る上で、現状のデータでは不十分である。そこで、本研究では、わが国で日常的に摂取されている食品中のビオチン含量とその存在状態を解析した。また、諸外国の食品成分表に収載されているビオチン含量と比較検討をおこなった。さらに、わが国におけるビオチン摂取量についても推定した。

## B. 実験方法

### 1. 実験材料

食品のサンプルは、日常的に摂取しているものから摂取頻度の高いものや、ビオチン含量の高いことが知られているものを中心に、食品群を考慮して、代表的な101品目を選択した。また、卵黄にビオチンが多く含まれることから、卵類に着目し、家禽類の卵(ニワトリ、ウズラ、ダチョウ)、魚類の卵(イクラ(しろさけ)、たらこ(すけとうだら)、からしめんたいこ(すけとうだら)、かずのこ(にしん)、いずれも食用として塩蔵等の加工処理済みのもの)、その他のものとして、卵巣部分が食用とされるウニを用いた。

サンプルはすべて姫路市内で市販されているもので、平成15年12月から平成16年1月の間に購入した。また、サンプルには、国内産のもののみでなく、外国産のものも含まれている。

### 2. 水分量の定量

サンプルの一部分は、処理前に、水分量を測定した。まず、それぞれのサンプルをアルミニウム製秤量容器に入れ、正確に秤量した。その後、秤量容器とサンプルを電気定温乾燥器に入れ、115°Cで加熱した。加熱後、秤量容器をデシケータに入れ、放冷後、秤量した。サンプルの重量が恒量になるまで、加熱と秤量を繰り返しおこない、サンプルの乾燥後重量を決めた。乾燥前重量との差から水分含量(%)を算出した。サンプルの残りに、1/15Mリン酸緩衝液(pH7.2)を加えて、十分にホモジナイズしたものをサンプル溶液とした。また、処理済のサンプルは、測定時まで-40°C下で凍結保存した。

### 3. ビオチンの定量

ビオチン含量は、ビオチン要求株である乳酸菌 (*Lactobacillus plantarum* ATCC 8014) を用いた微生物学的定量法<sup>16)-18)</sup>に従い、比濁法で測定した。本研究でおこなった微生物学的定量法のプロトコールを以下に示した。

乳酸菌の前培養には M.R.S. Broth 培地を用い、18 時間培養後、遠心分離 (2,800×g, 10 分) し、集菌した。菌体を滅菌生理食塩水で洗浄後、菌濃度を濁度で調整したものを、接種菌液とした。定量時の培養には、ビオチン定量用基礎培地 (日水製薬 (株)) を用いた。測定は、マイクロプレートマニージャ (BIO RAD) を用い、OD<sub>610</sub> で測定した。培養には、マイクロプレートを用い、培養時間は 18 時間とした。測定は、すべて四重測定でおこなった。また、D-ビオチン (純度 97.0% 以上、和光純薬工業 (株)) 10.0 mg を精秤し、70% エタノール 10 ml に溶解後、95% エタノールで 10 倍希釈したものを、さらに水で希釈し、標準溶液を調製した。ビオチン濃度は、 $\mu\text{g}/100 \text{ g}$  として有効数字 3 桁まで示した。

食品に含まれるビオチンは、ほとんどがタンパク質やペプチドと共有結合した状態 (以下、結合型ビオチンと記す) で存在する。そこで、サンプルの一部については、総ビオチンと遊離型で存在するビオチン (以下、遊離型ビオチンと記す) を測定し、総ビオチン量に対する遊離型ビオチン量の割合を遊離ビオチン率とし、比較をおこなった。概略すると、サンプルを酸加水分解せずに、そのままビオチン測定を行ったものを遊離型ビオチン量とした。また、サンプル溶液に同量の 4.5N 硫酸を加え、オートクレーブ (121°C, 1.2 kg 重/cm<sup>2</sup>, 60 分) で酸加水分解後、4.5N 水酸化ナトリウムで中和して測定したものを総ビオチン量とした<sup>19),20)</sup>。

### 4. 諸外国との比較

本研究での分析結果および文献に記載されている値を食品群別に分類した。食品群の分類は、五訂日本食品標準成分表に基づいて、18 食品群に分けた。また、ビオチン含量を食品群別に、諸外国の既存のデータと比較した。デンマークの食品については、約 500 品目の総ビオチン量が示されている

Web サイト (2002 年, 5 訂版) を利用した<sup>13)</sup>。ドイツの食品については、ドイツの食品成分表 (2000 年, 6 訂版) を引用した<sup>14)</sup>。カナダの食品中のビオチン含量については、Hoppner ら<sup>12)</sup>の報告を引用した。このほか、これまでに報告されている文献 2 編を利用した<sup>9),11)</sup>。さらに、ベビーフードに関する文献 1 編を利用した<sup>15)</sup>。

また、本研究で遊離型ビオチンを分析した食品については、遊離ビオチン率も記載した。

### 5. 食品群別ビオチン含量および食品群別ビオチン摂取量の推定

ビオチン分析結果をもとに、食品群ごとにビオチン含量を算出し、それぞれの平均値を代表値とした。また、平成 13 年度国民栄養調査結果<sup>21)</sup>を利用して、食品群別にビオチン摂取量を算出し、わが国の成人男女の 1 日あたりのそれぞれのビオチン摂取量を推定した。

### C. 結果および考察

表 1 は、今回測定した食品 100 品目の総ビオチン含量の結果と諸外国の総ビオチン含量を日本食品標準成分表の記載にしたがってまとめ、比較したものである。また、参考値として、表 2 にベビーフードの総ビオチン含量をまとめた。表 3 は、食品のビオチン含量から算出した食品群別のビオチン含量をまとめたものである。

本研究での結果をみると、豆類、種実類、きのこ類、卵類、調味料及び香辛料類において、ビオチンが多く含まれていた。個々の食品では、豆類では大豆、種実類ではアーモンド、落花生、卵類では卵黄、調味料及び香辛料では米みそ、それ以外の食品群では、肉類の豚レバー、鶏レバー、その他のローヤルゼリーにおいて、20  $\mu\text{g}/100 \text{ g}$  以上と、特に多くビオチンを含んでいた (表 1)。一方、穀類、いも及びでん粉類、野菜類、果実類、乳類などでは、ビオチン含量は低値であった。

各食品群ごとにみると、穀類のビオチン含量の平均は、本研究では 2.8  $\mu\text{g}/100 \text{ g}$  であり (表 3)、諸外国のデータと比較して低値を示した<sup>9),12),13),14)</sup>。特に米 (精白米) では、低値であった。これは、米ぬかにビオチンが多く含まれていることから、精白状態に

よって差異が生じることが考えられる。そば粉に 5.3  $\mu\text{g}/100\text{ g}$  と比較的多くビオチンが存在しているのは特徴的である。

いも及びでん粉類では、2.7  $\mu\text{g}/100\text{ g}$  とビオチンはあまり含まれていなかった(表3)。さつまいものビオチン含量が 3.5  $\mu\text{g}/100\text{ g}$  と他の食品よりもやや高く、この傾向は諸外国とのデータと一致している<sup>9),14)</sup>。

豆類には、10.3  $\mu\text{g}/100\text{ g}$  とビオチンが多く含まれていた(表3)。大豆(全粒, 乾)のビオチン含量は、21.9  $\mu\text{g}/100\text{ g}$  と高値であるが、諸外国のデータでは、約 60  $\mu\text{g}/100\text{ g}$  とわが国の3倍近い値であった。しかし、この原因は明らかではない。また、大豆だけでなく、大豆加工食品や小豆やささげにも多くビオチンが含まれていた。

種実類には、ビオチンは 35.2  $\mu\text{g}/100\text{ g}$  と多く含まれており(表3)、諸外国と比較しても、高いビオチン濃度を示した<sup>9),12),13),14)</sup>。特にアーモンドでは 32.9  $\mu\text{g}/100\text{ g}$ 、落花生では 81.0  $\mu\text{g}/100\text{ g}$  と高値であった。

野菜類、果実類では、いずれも一般にビオチン含量は低値であったが、これは諸外国とほぼ一致していた<sup>9),12),13),14)</sup>。野菜では、カリフラワーのビオチン含量は高く、諸外国のデータではケール、たまねぎで高値であった。また、一般に、淡色野菜よりも緑黄色野菜にビオチンが多く含まれる傾向がみられた。

きのこ類では、しいたけ、マッシュルームともに約 14  $\mu\text{g}/100\text{ g}$  と高値であり、マッシュルームは諸外国のデータでも高値を示していた<sup>9),11),13),14)</sup>。しかし、食品数が少ないため、他のきのこ類でも検討する必要がある。

魚介類のビオチン含量は、本研究では 9.0  $\mu\text{g}/100\text{ g}$  であったが(表3)、諸国間でばらつきがみられた。デンマーク<sup>13)</sup> やドイツ<sup>14)</sup> の食品成分表ではビオチン含量は低値であるが、これらの国では、燻製や缶詰などの加工が施されているものが多く存在することが影響している可能性が考えられる。

肉類においては、本研究では 34.0  $\mu\text{g}/100\text{ g}$  と高値であったが(表3)、諸国間でビオチン含量に差異がみられた<sup>9),11),12),13),14)</sup>。この理由としては、肉類では、各国の食文化などによって食用とする蓄肉類や部位が大きく異なることがあげられる。わが国で摂取

される肉類としては、牛、豚、鶏肉が中心であり、食用とする部位も限られる。ビオチンは筋肉部分には少なく、主に臓器に多く含まれ、特に肝臓(レバー)に多い。

卵類のビオチン含量は、23.0  $\mu\text{g}/100\text{ g}$  と高値であった(表3)。卵類では、分析したすべての食品について、諸外国と同様の値を示した<sup>9),11),12),13),14)</sup>。

乳類では、デンマーク<sup>13)</sup> やドイツ<sup>14)</sup> の食品成分表でチーズに関するデータが豊富に収載されており、食文化の違いを顕著に表している。チーズを作る時に生じるホエーにビオチンが多量に存在しているのが特徴的であった。

調味料及び香辛料類では、15.0  $\mu\text{g}/100\text{ g}$  と諸外国と比較して高値を示した(表3)<sup>12),13)</sup>。これは、ビオチンを多く含む大豆を原料とした醤油やみそなど、わが国独自の調味料が多く存在することによると考えられる。

砂糖及び甘味料類、海藻類、油脂類では、本研究でも諸外国でも十分なデータが存在していない。

わが国において、大豆を原料とする加工食品が多く存在する。本研究では、その中でも摂取頻度の高い納豆、豆腐(絹ごし、木綿)、生揚げ、みそ、醤油(薄口、濃口)についてビオチン含量を測定した。大豆自体のビオチン含量は、21.9  $\mu\text{g}/100\text{ g}$  と高いため、その加工食品も高いビオチン含量を示した。大豆加工食品の中でも、納豆や味噌のように加工後においても大豆全体を食するものではビオチン含量が高い。一方、豆腐や生揚げのように加工の工程で、大豆から水分すなわち豆乳を絞り出して使用するものではビオチン含量は低くなっている。また、豆乳では、5.2  $\mu\text{g}/100\text{ g}$  (5社製品平均値、未発表)であり、豆腐や生揚げと近い値を示している。主な大豆加工食品に関してみると、1 kg の大豆から豆腐は約 2.5 kg、味噌は約 1 kg、豆乳は約 3 kg 製造される。このことを加味し、原料となる大豆同量あたりで比較した場合、本研究で分析したすべての大豆加工食品において、加工における大豆中のビオチンの損失は約 30%であることが推定された。

また、ビオチンを多く含む代表的な食品として卵黄があげられる。そこで、卵や卵

巢のビオチン含量をまとめた。鶏卵は、3ヶ所の製造元から得たものについて測定した。卵黄中に含まれる総ビオチンは、50~80  $\mu\text{g}/100\text{g}$  と高値を示した。本研究で測定した鶏卵では、白色レグホン種から得た卵の方が、いわゆる地鶏から得た卵の卵黄よりも高ビオチン含量を示していた。卵黄中のビオチンは、飼料からのビオチン摂取量によって影響されやすいため、これらの差異は飼料の違いによるものかもしれない。魚卵に関しては、ビオチン含量は低く、とくにイクラでは7.5  $\mu\text{g}/100\text{g}$ 、かずのこでは4.8  $\mu\text{g}/100\text{g}$  であった。また、うに(卵巣)でも、4.6  $\mu\text{g}/100\text{g}$  と低いビオチン含量であった。しかし、食品加工や保存加工によってビオチンは損失し、残存率が20~90%という報告がある<sup>21)</sup>。今回測定に供した魚卵およびうには、塩漬けなど食品としての加工処理が施されたものである。このため、無加工の卵や卵巣のビオチン含量や、加工処理によるビオチンの残存率については、今後、検討する必要がある。

次に、食品の分析結果と諸外国のデータをもとに、平成13年度国民栄養調査結果から食品群別にビオチン摂取量を算出した(表6)。わが国では、ビオチンの所要量は、第六次改定日本人の栄養所要量-食事摂取基準-ではじめて策定され、18歳以上男女において1日に30  $\mu\text{g}$  となっている。本研究における測定値から算出した結果では、1日あたりの摂取量は、男性で109  $\mu\text{g}$ 、女性で92.3  $\mu\text{g}$  であり、栄養所要量に対する充足率(比率)は、男性で364%、女性で308%と高値を示した。諸外国のビオチン含量から算出した場合にも大きな差異は認められなかった。ビオチン摂取量が高く見積られた理由としては、分析した食品の選択基準として、ビオチンが多量に含まれるものを多く選んだことがあげられる。また、本研究では、便宜的に各食品群単位でのビオチン含量を算出したが、例えば、肉類に関してみた場合、ビオチンを著しく多く含むレバーを分析したために肉類の平均値を上げており、そのことが、1日摂取量の推定値を高くしてしまっている可能性も考えられる(レバーを除いた場合の肉類ビオチン含量:9.8  $\mu\text{g}/100\text{g}$ 、ビオチン摂取量男性:88.3  $\mu\text{g}/100\text{g}$ 、女性:77.1  $\mu\text{g}/100\text{g}$ )。正確なビオ

チン摂取量を推定するには、各食品もしくは食品群の中でもビオチン含量に応じていくつかのグループに分別したものを当てはめて算出する必要があると考えられる。また最近、トータルダイエツト調査(マーケットバスケット調査)を用い、ビオチンの1日摂取量を推定した報告もある<sup>22)</sup>。しかし、トータルダイエツト調査は、本来、食品汚染物質や食品添加物を算出するための方法であり、栄養成分の算出において十分な信頼性があるか明らかではないため、調査方法についての検討が必要と考えられる。

さらに、本研究では、10種類の食品について、遊離ビオチン率を検討した(表1)。この結果、精白米ではビオチン含量のみでなく、遊離ビオチン率も2.1%と低値であった。野菜類や果物類については、ほうれんそうでは、ビオチン含量は17.8  $\mu\text{g}/100\text{g}$  と、他の野菜と比較して高値であったが、遊離率は11.8%と低値を示した。一方、にんじん、トマト、りんごともに10  $\mu\text{g}/100\text{g}$  以下とビオチン含量は低かったが、遊離ビオチン率は高く、特にトマトでは70.0%と高値であった。このようなことから、トマトに含まれるビオチンは消化、吸収されやすく、より高い生体利用率を持っていると考えられる。また、ほうじ茶でも、80.1%と高い遊離ビオチン率を示した。肉類では鶏肉、豚肉ともに、低いビオチン含量を示し、遊離ビオチン率も約20%程度であった。しかし、レバーにはビオチンは多量に存在しており、鶏レバーでは292  $\mu\text{g}/100\text{g}$  と、豚レバーの54.5  $\mu\text{g}/100\text{g}$  や牛レバーの96.0  $\mu\text{g}/100\text{g}$ <sup>9)</sup>と比較しても高い値を示した。また、遊離ビオチン率も、56.2%と高値を示した。卵黄では、ビオチンは鶏卵で90.4  $\mu\text{g}/100\text{g}$ 、ダチョウ卵で75.3  $\mu\text{g}/100\text{g}$  と多量に存在し、遊離ビオチン率もいずれも70%以上であった。このように、レバーや卵黄はビオチンの供給源として、有用な食品であることが示唆された。

このように、食品の種類によって、ビオチン含量だけでなく、遊離ビオチン率にも大きな差異がみられた。結合型ビオチンの腸内での消化、吸収のメカニズムは、充分には解明されていない。結合型ビオチンは、一般に、消化管内では、まずタンパク質分解を受け、ビオチニルペプチドやビオシチ

ンとなり、さらに膵臓由来のビオチニダーゼによって加水分解され、ビオチンが遊離し、腸管から吸収される<sup>23)</sup>。食品の種類によって、ビオチン含量や遊離ビオチン率に差異があることは、個々の食品によって、ビオチンの生体利用率に差異があることが考えられる。

今回分析したのは、わが国で摂取されている食品の一部に過ぎない。また、諸国における測定値との差異は、食文化の違いや食品の状態が異なること以外にも、定量法の違いによることも考えられる。第六次改定日本人の栄養所要量・食事摂取基準<sup>24)</sup>で定められた所要量を有効に活用するためには、さらに多くの食品について早急に分析、検討をおこなう必要がある。

#### D. 健康危機情報

特記する情報なし

#### E. 研究発表

##### 1. 発表論文

なし

##### 2. 学会発表

なし

#### F. 知的財産権の出願・登録状況 (予定を含む)

##### 1. 特許予定

なし

##### 2. 実用新案登録

なし

##### 3. その他

なし

#### G. 引用文献

1. 橋本隆ほか (1980) ビオチン:ビタミン学, pp437-476, 東京化学同人, 東京.
2. 渡邊敏明 (1996) ビオチン:ビタミンの辞典, pp299-323, 朝倉書店, 東京.
3. 古川勇次ほか (2002) ビオチン:ビタミン 研究のブレークスルー—発見から最新の研究まで—, pp231-250, 学進出版, 大阪.
4. Robinson FA (1966) The Vitamin Co-Factors of Enzyme Systems, Pergamon Press.
5. Cravens WW, McGibbon WH, Sebesta EE (1944) Effect of biotin deficiency on embryonic development in the domestic fowl. *Anat Rec.* **90**: 55-64.
6. 渡邊敏明 (1995) 胎児の発育および形態形成におけるビオチンの役割. *ビタミン* **69**, 503-510.
7. 渡邊敏明 (1998) 妊娠による母体ビオチン状態の変化. *ビタミン* **72**, 425-426.
8. John CC, John PH, Martin CR, Herman B (1985) Biotin status and plasma glucose in diabetics. *Ann NY Acad Sci.* **447**:389-392.
9. Hardinge MG, Crooks H (1961) Lesser known vitamins in foods. *J Am Diet Assoc.* **38**: 240-245
10. 久野寧, 永山武美, 大森健太 (1966) ビタミン学, 金原書店, 東京.
11. Guilarte TR (1985) Analysis of biotin levels in selected foods using a radiometric-microbiological method. *Nutr Rep Intern.* **32**: 837-845
12. Hoppner K, Lampi B, Smith DD (1978) An appraisal of the daily intakes of vitamin B12, pantothenic acid and biotin from a composite Canadian diet. *Can Inst Food Sci Technol.* **11**: 71-74.
13. The Danish Food Composition Databook is on the Web. Revision 5.0, URL: <http://www.dfvf.dk/> [March 5, 2004]
14. Scherz H, Senser F (2000) Food Composition and Nutrition Tables, 6th Edition, CRC Press, Stuttgart.
15. 渡邊敏明, 東梅友美, 福井徹 (1997) わが国のベビーフードに含まれるビオチン量の分析. *日本栄養・食糧学雑誌* **50**, 449-456.
16. 渡邊敏明ほか (1985) ビオチン: ビタミン学実験法 [II] 水溶性ビタミン, pp.475-523, 東京化学同人, 東京.
17. Fukui T, Iinura K, Oizumi J, Izumi Y (1994) Agar plate method using *Lactobacillus plantarum* for biotin determination in serum and urine. *J Nutr Sci Vitaminol.* **40**: 491-498.
18. 氏家隆, 土居雅代, 森光昭, 須田浩行 (1991) 乳酸菌を用いた海水中ビタミンB12とビオチンの微生物定量法. *ビタミン* **65**, 475-480.
19. Hood RL (1979) Isotopic dilution assay for biotin: Use of [<sup>14</sup>C] biotin. *Method Enzymol.* **62**: 279-283.
20. Dakshinamurti K, Allan L (1979) Isotopic

dilution assay for biotin:Use of [<sup>3</sup>H] biotin.  
*Method Enzymol.* **62** : 284-287.

21. 健康・栄養情報研究会 (2003) 国民栄養の現状(平成13年厚生労働省国民栄養調査結果),第一出版,東京.
22. 齋東由紀, 牛尾房雄 (2004) トータルダイエット調査による東京都民のビオチン,ビタミンB6,ナイアシンの一日摂取量の推定. *栄養学雑誌* **62**: 165-169.
23. Hymes J, Wolf B (1996) Biotinidase and its role in biotin metabolism. *Clin Chem Acta.* **255** : 1-11.



表1 食品中のビオチン含量 (一般食品)

No	日本食品群	日本食品番号	食品名	水分 (%)	生物素 (μg/100g)	参考資料				備考	
						A	B	C	D		
1	穀類	1004	えんぱく								
2		1005	おむぎ								
3		1007	そば	62	3.6			20.0	34.0		
4		1015	こむぎ(小麦粉)	13	2.4				31.0		
5		1020	強力粉, 1等	13	2.5						
6		1034	[パン類]								
7		1035	クロワッサン			1.3		2.0			
8		1053	(マカロニ・スパゲッティ類)			1.0					
9		1054	マカロニ, スパゲッティ, 乾			0.2					
10		1080	こめ(米)			3.0					
11		1083	精白米	15	2.0	3.0	3.0	6.0	5.0	標準値: 2.1%	
12		1085	[水稲めし]								
13		1086	米								
14		1089	はいがけ米	64	0.9				2.5		
15		1114	[うるち米製品]						58.0		
16		1124	そば	13	5.3						
17		1131	とうもろこし			1.0					
18		1132	オーツ麦					6.0			
19		1126	ホップコーン			6.1			6.0		
20		1142	ライ麦					5.0			
21			分類不可								
22				オートミール, 皮なし		18					
23				オートミール, フレーク		20					
24				オートミール, 精製		2.5					
25				オートミール, (精製) (小袋)		1.0					
26				小麦粉		1.9			9.0		
27				こむぎ, 普通				6.0	16.0		
28				こむぎ, 強力粉, 下ゆで, 生		1.9					
29				こむぎ, 全粒粉		2.0					
30				こむぎ, フレーク				44			
31				こむぎ, 胚芽				17			
32				こむぎ, タイプ405				1.5			
33				こむぎ, タイプ550				1.3			
34				こむぎ, タイプ690				1.0			
35				こむぎ, タイプ912				2.9			
36				こむぎ, タイプ1050				2.9			
37				こむぎ, タイプ1700				2.3			
38				小麦ふすま					14.0		
39				精製小麦粉		6.2					
40				パン		2.2					
41				パン, (ホワイト)					1.9		
42			パン, 完全小麦					2.0			
43			パン, 全粒粉					6.0			
44			パン, トウモロコシ					3.0			
45			パン, (クラウン)					6.0			
46			パン, ライ麦					3.0			
47			パン, 精製ライ麦, 小麦, サワー, キャンプウェイの菌入り		3.0						
48			パン, ライ麦, (dark: ダーク)		5.5			3.5			
49			パン, ライ麦, (11粒) (ライト)		5.8			2.9			
50			パン, 全粒粉 (ホワイト)		1.9						
51			パン, 全粒粉 (ホワイト)		6.0						
52			ロールパン, オート麦 (平均値)		19.0						
53			ライ麦, 粉, 全粒, (dark: ダーク)		6.0			7.0			
54			クッキー (ライ麦, 小麦を使用したスクウェアのパン)					1.7			
55			クッキー (ライ麦)					1.0			
56			プレートビーン								
57			コンパウンドドライ					8.0			
58			パーボイルドライ					10.0			
59			ひまわり油					6.0			
60			大豆 (乾燥)		3.0						
61			大豆 (乾燥) - 生					1.6	シリアル		
62			ソイbean					24.0			
63			40%ソイbean					22.9			
64			オートジャーム					24.7			
65			クッキー (オートミール)					8.2			
66			クッキー (オートミール)					18.5			
67			フルベックミックスリアル					5.3			
68			スペシャル					15.1			
69			スペシャル					4.7			
70			スニガナッツ					15.9			
71			パルレーリア					12.2			
72			パルレーリア					3.8			
73			フロストフレーク					11.0			
74			プロダクト19					4.6			
75			ベグナッツ					21.5			
76			ビスケット					6.0			
77			ライスクリスピー					6.8			
78	2. いも及びでん粉類	2006	まつまい	57	3.5		4.3	4.3		標準値: 0.4%	
79		2017	じゃがいも	73	1.9	0.6	0.4				
80		2019	じゃがいも					0.1			
81		2024	(でん粉類)	17	2.9			0.1			
82		2035	とうもろこしでん粉					6.6			
83			分類不可					0.1			
84		3. 砂糖及び甘味料	3022	その他	11	2.2			9.0		
85			4001	あずき	14	10.1					
86			4012	文旦			34.0				
87			4014	文旦			114				
88	4017		ささげ	9	10.0			21.0			
89	4023		だいず(全粒・全粒製品)	13	21.9			70.0			
90	4029		大豆粉, 全粒大豆	85	6.4						
91	4030		[豆類・油揚げ類]	89	6.4						
92	4033		大豆	32	4.2						
93	4046		[納豆類]	61	13.1						
94	4053	[その他]					1.5				
95	4054						11.9				
96	4055						10.0				
97	4056	ひよこまめ					7.5				
98	4071	りよことう					16.2				
99	4073	レンズ豆					9.0				
100		分類不可									
101			クッキー (豆)		0.5		19				
102			クッキー (豆)				7.5				
103			クッキー (豆)		60.0		60	3.0	61.0	マヨネーズ類	
104			アイスクリーム					3.0			
105			豆 (ホワイト)		0.5						
106			豆 (ホワイト)		0.5						
107			スプリット豆					18.4			
108	5. 雑穀類	5001	アーモンド	2	32.9	0.4			18.0		
109		5005	カシューナッツ	2	16.3	1.3	1.6				
110		5010	(くり類)								
111		5014	くるみ	3	16.3	19.0			37.0		
112		5018	くるみ	2	11.4						
113		5028	ブラジルナッツ			2.0					
114		5029				2.0					
115		5034	らっかせい				34		34.0		
116		5035		2	81.0				39.0		
117		5036						3.9			
118	5037	分類不可						27.0			
119			ペカン, 半生								
120	6. 野菜類	6007	アスパラガス	94	3.5	0.2	2.0	0.5	1.7		
121		6009	アスパラガス			0.2	1.7		1.3		
122		6010	いんげんまめ			0.7	7.0				
123		6022	(えんどう類)	91	6.3						
124		6023				3.0	5.3				
125		6026				1.1					
126	6034	かぼ			0.1	2.0					

No.	日本食品群	日本食品番号	食品名	水分 (%)	総ビタミン C (mg/100g)	ビタミンC (mg/100g)					備考
						A	B	C	D	E	
127	6. 野菜類 (つづき)	6037	黒、皮つき、ゆで					0.1			
128		6048	(かぼちゃ類) 西洋かぼちゃ、葉菜、生			0.4	0.4				
129		6054	カリフラワー	92	10.0	1.5	1.8		17.0		
130		6061	(キャベツ類) 赤キャベツ、結球葉、生	94	3.2	1.2	3.1	0.2	2.4		
131		6064	レッドキャベツ、結球葉、生			0.1	2.0				
132		6065	きゅうり			0.4	0.9				
133		6069	漬物(ピクルス)、スイートコーン			0.4					砂糖添加
134		6070	漬物(ピクルス)、カブ			0.4					
135		6077	クレソン			0.4					
136		6080	ケール				0.5				
137		6119	モロヘイ			0.1	0.1				
138		6132	(びんじん類) びんじん、根、皮つき、生	85	1.1						
139		6183	(たまねぎ類) たまねぎ、ワタ抜き、生	90	1.8	0.9	3.5	3.5			
140		6189	サボイ			0.7	4.8				
141		6176	(とうもろこし類) スイートコーン、実熟種子、ゆで						21.0		
142		6178	スイートコーン、未熟種子、冷凍			0.5					
143		6178	スイートコーン、実熟種子、カーネル、冷凍						5.0		
144		6179	スイートコーン、缶詰、クリームスタイル						0.7		
145		6180	スイートコーン、缶詰、カーネルスタイル			0.5			2.2		
146		6181	ヤングコーン、幼熟種子、生			0.5					
147		6182	(トマト類) トマト、葉菜、生	95	1.7	1.5	4.0	1.2	4.0		糖質添加
148		6184	トマト、缶詰			0.5		1.9	1.9		
149		6185	トマト、缶詰			1.6					
150		6212	(びんじん類) びんじん、根、皮つき、生	89	5.1	3.4	5.0	2.5	2.5		糖質添加
151		6227	(ねぎ類) 葉ねぎ、葉、生	91	2.3						
152		6233	はくまい	97	3.0						
153		6239	パセリ			0.4	0.4				
154		6253	フロッペリー			0.5	0.5				
155		6267	ほうれんそう	91	6.2	1.6	6.9		6.9		
156		6288	菜、ゆで						2.2		
157		6289	菜、冷凍			1.5					
158		6293	めかぶ				0.4				
159		6308	リンネ				1.6				
160		6312	(レタス類) レタス、結球葉、生	95	2.3		1.9	3.6			
161		6318	サニーレタス、葉、生	94	5.7						
162			分類不可	エルザレムアーティチョーク、生			2.5				
163				いんげん豆、缶詰			0.1				
164				豆(ソイ)、冷凍			0.7				
165				西洋かぼちゃ、缶詰			0.4				
166				キャベツ(漬物)					2.5		
167				レッドキャベツ、缶詰			0.1				
168				レッドキャベツ(砂糖添加)、缶詰			26.0				
169				ケール、生			35.0				
170				ケール、冷凍							
171				たまねぎ、漬物				2.8			
172				たまねぎ(漬物)					0.9		
173				びんじん(漬物)					1.9		
174				びんじん、根、皮つき、ゆで、缶詰						1.5	スチング・フロコロー添加
175				ブリュッセルズスプラウト、生			0.4				
176				アメリカボウフラ				0.1			
177				インゲン、生			0.4				ブロッコリー(セリ粉)
178				ウイキョウ					2.5		
179				赤キャベツ、生			0.7				
180				スウェーデンカブ、生			0.1	0.1			
181				チャービル、生			1.6				糖質添加
182				チャービル、生			1.6				糖質添加
183				チャイブ、生			0.4				糖質添加
184				チャイブ、生			0.4	0.1			
185				パースニップ、生			0.1				糖質添加
186				パースニップ、生			1.4				
187			球根カンラン				2.7				
188			ビート(缶詰)					1.9			
189			サダ根ビート					2.7			
190	7. 果実類	7003	アセロラ					2.5			
191		7006	アボカド			3.2	10		5.5		
192		7009	あんず			1.0					
193		7012	いちじく	87	2.2	1.0	4.0		4.0		
194		7016	いちじく			1.0					
195		7022	うめ	80	2.0						
196		7027	うんしゅうみかん(オレンジ類)	87	0.9						
197		7041	パレンシアオレンジ、幼じり、生			0.9	2.3	1.0	1.0		
198		7042	パレンシアオレンジ、実熟種子、ストレートジュース			0.9			0.3		
199		7043	パレンシアオレンジ、実熟種子、濃縮還元ジュース	89	1.4	0.9			0.8	0.6	
200		7061	ぐみ						3.3		
201		7082	グレープフルーツ	89	0.9	1.0	0.4		3.0		
202		7083	果実飲料、ストレートジュース						0.7		
203		7084	果実飲料、濃縮還元ジュース	91	0.8	1.0	0.6	0.7	0.7	A:糖質	
204		7077	すいか						3.5		
205		7091	(なし類) 西洋なし、生			0.1	0.1				
206		7107	バナナ	71	2.5	5.5	5.5	4.0	4.4	4.5	
207		7116	ぶどう			0.3	1.5	1.6	1.6		
208		7117	ぶどう			2.8			4.5		
209		7119	果実飲料、濃縮還元ジュース			2.5	1.2		0.3		
210		7135	メロン						3.1		
211		7136	(もも類) もも、生			0.2	1.9	2.0	1.7		
212		7138	もも、缶詰、果糖						0.2		
213		7146	ラズベリー			1.9			0.2		
214		7148	りんご	81	2.2	0.3	4.5	0.9	0.9		
215		7150	果実飲料、濃縮還元ジュース	89	0.6		1.0		0.4		
216		7155	レモン								
217		7166	分類不可	梨、生			0.3	0.3			
218				梨、生				0.1			
219				いちじく、冷凍					4.0		
220				いちじく、缶詰			1.8				濃縮還元
221				いちじく、缶詰				1.0			
222				オレンジジュース、無糖					0.2		
223				とけもち(ブルーベリー・ハックルベリー)					1.1		
224				まくらんぼ、生			0.4	0.4			
225				りんごピューレ				0.3			
226				りんご、乾燥			0.9				
227				りんご、生					0.9		
228				キレスどう(黒)、生			2.4				
229				キレスどう(赤)、生			2.6				
230				ブラックベリー、生			0.4				
231				ラズベリー(冷凍)			1.8				
232				ラズベリー、冷凍					1.9		
233				エルダーベリー、黒					1.0		
234				エルダーベリージュース					0.7		
235				カシウフルーツ					1.5		
236				リンゴジュース			2.4				
237				ラズベリー(冷凍)					0.6		
238				ブラックカラント					2.4		
239				マンダリン					0.5		
240			レッドカラント					2.5			
241			スタロの蜜、生			0.5					
242			ロコック、生			0.2					
243			タンジェリン、生			0.8					
244			タンジェリン、缶詰			0.8					
245	8. きのご類	8011	しいたけ	90	13.5						
246		8031	マッシュルーム	91	15.5	15.0	15		15.0	11.7	
247		8033	マッシュルーム(実熟)			16.0				7.3	
248		10060	(いわし類) いわし、缶詰、水漬						24.0		
249	10062	いわし、トマト漬			4.0						
250	10063	いわし、缶詰、油漬			4.0	9.1	24.0				
251	10100	(かれい類) いか、缶詰			1.2						
252	10101	まぐろ、缶詰			1.2						
253	10104	(さけ・ます類) (しろさけ) しろさけ、生	74	9.3	1.2	1.2					

No	日本食品群	日本食品群番号	食品名	水分 (%)	窒素 (%)	窒素当量 (g/kg(100g))					備考		
						A	B	C	D	E			
254	10. 魚介類 (つづき)	10140	しらす、イタダ	66	7.5								
255		10143	しらす、永東田産					9.4		15.0			
256		10149	べにまけ、生					5.0	7.4				
257		10151	べにまけ、くん製					5.0					
258		10154	(さば類) さば、生					7.0	4.3				
259		10184	節類、水産					7.0			15.0		
260		10280	(ししゃも類) しししゃも、生					15.3					
261		10184	したひらめ										
262		10192	すい、天然、生					64	3.4				
263		10193	(たけのこ類) たけのこ、生						1.1				
264		10202	すけとうだら、天然、生					69	13.5	13.0			
265		10204	すけとうだら、からしめんたいこ					66	14.5				
266		10206	まだら、生								2.2		
267		10219	にしん			にしん			10.0	4.5			
268		10221				にしん			5.1	5.1			
269		10223	かすのこ、生					62	4.8				
270		10253	(まぐろ類) くるまぐろ、煮身、生					68	2.5	4.5			
271		10260	西洋、水産、フレーク、ライト						3.0		3.0		
272		10263	西洋、水産、フレーク、ライト						3.0	2.1			
273		10281	あさり								2.3		
274		10292	かま					76	14.0	41.0	10.0	8.7	
275		10311	ほたてがい								1.1		
276		10365	かに					69	4.5				
277			分類不可			スプリットマト			4.0				
278						ヘリク、節類						8.0	
279						つのがけい、生				1.2			
280						レモンソール、生				5.0			
281						そば、節類				5.0			
282						そば、節類、スプリットマト				5.0			
283						そば、くん製				7.0			
284		たらこ、節類					13.0						
285		キャベツ、節類、油類					4.5						
286		まぐろ、節類、スプリットマト					3.0						
287		ピレト						4.5					
288		タスタ						0.1					
289		ハドック、生					5.0	2.5					
290		キュウリソ						3.0					
291		魚、節類							10.0				
292		かに、節類						4.5					
293		ヘルバット、いか、生					5.0						
294		ソルウェーロブスター、生					5.0						
295		ロブスター、生					5.0	4.5					
296		ロブスター、節類					5.0						
297		小エビ						0.5					
298		えび、ゆで、節類					1.0						
299		えび、節類					1.0						
300		ガニイダ					7.2						
301	11. 肉類	11093		うなぎ	65	1.4							
302		11094		うし(和牛肉)									
303		11075		(輸入牛肉)						4.6		2.6	
304		11085		もも、脂身つき、生						4.6			
305		11086		もも、脂身つき、生						4.6			
306		11086		(子牛肉)								2.0	
307		11090	心臓、生					38	0.9	2.0	3.3		
308		11091	心臓、生							2.0	7.3		
309		11092	肝臓、生						33.0	100	35.0		
310		11093	じん臓、生						24.0	58.0			
311		11101	(加工品)	鹿、ゆで						3.0			
312		11104		鹿、ゆで						3.0			
313		11105	ロース、ハーフ							2.0	3.0		
314		11109	うなぎ						2.6				
315		11123	草丈(大型種肉)	ロース、脂身つき、生					2.6		5.2		
316		11126	ロース、脂身つきなし、生						2.6				
317		11127	ロース、脂身つき、生						2.6				
318		11129	ばら、脂身つき、生						2.6				
319		11331	もも、脂身つき、生						2.6				
320		11334	もも、赤肉、生						2.6				
321		11364	(副生物)	西洋、生					2.0				
322		11365		西洋、生					2.0				
323		11365	肝臓、生					69	54.9	44.0	27.0	100	
324		11367	じん臓、生						32.0				
325		11375	(ハム類) 塩シレス					74	4.1		5.0	5.0	
326		11183	(ベーコン類) ベーコン					56	5.5		7.0	7.5	
327		11189	(ソーセージ類) ドラ							3.0	3.0		
328		11189	ドラ							3.0	3.0		
329		11189	フランクフルト						3.2				
330		11190	ポロニ							3.0			
331	11194	生ソーセージ				3.2							
332	11200	めんよう(マトン)	めんよう、脂身つき、生			1.0							
333	11202		めんよう、脂身つきなし、生				1.0						
334	11203	めんよう、脂身つき、生					6.0	5.9					
335	11205	あいがい	肉、皮つき、生			6.0							
336	11210	しちめんよう	肉、皮なし、生			2.0							
337	11218	にわとり(若鶏肉)	肉、脂身つき、生			65	2.6						
338	11221		もも、皮つき、生			51	2.9						
339	11227	ささ身、生			75	5.5							
340	11232	(副生物) 肝臓、生			74	227.4							
341	11235	分類不可	鶏、ゆで			1.0							
342			鶏、ゆで				0.1						
343			うし、ロース						3.4				
344			うし、ランプ						3.8				
345			うし、ビーフステーキ						3.0				
346			うし、節				1.2		6.1				
347			うし、心臓						5.9				
348			うし、肝臓						5.7				
349			うし、脚(子牛)						6.1				
350			うし、脚(子牛)						5.9				
351			うし、脚(子牛)				3.2		3.3				
352			うし、心臓、生(子牛)				3.3						
353			うし、心臓、生(子牛)				7.3		7.3				
354			うし、肝臓、生(子牛)				36.0		75				
355			うし、腎臓、生(子牛)				24.0		80				
356			うし、腎臓、生(子牛)						4.0				
357			うし、心臓、生				2.6						
358			うし、タンダーロイン、生				2.6						
359			うし、もも、節類				2.6						
360			うし、ばら、皮付き、脂肪なし、生				2.6						
361			うし、腎臓、生				2.5						
362			うし、心臓、生				2.0						
363			うし、チョップ、骨付き					6.0					
364			うし、ハム、もも、燻製、ゆで				2.5						
365			うし、ロース、切り身、燻製				2.5						
366			うし、ベーコン				1.0						
367			うし、ベーコン、煮る				1.0						
368			うし、ベーコン、焼く				1.0						
369			うし、もも				2.6						
370			うし、もも、燻製				2.6						
371		うし、心臓					5.9						
372		うし、下肉、燻製、ゆで				2.0							
373		うし、脚				2.6		5.1					
374		うし、フランクフルト、焼く				3.7							
375		うし、スプリットマト				3.2							
376		うし、スプリットマト				2.5							
377		うし、燻製、生				2.6							
378		めんよう、マトン、かた、生				1.0							
379		めんよう、マトン、むね				1.0							
380		めんよう、ラム、肝臓					13.0						
381		めんよう、ラム、チョップ					3.0						

No.	日本食品群	日本食品群番号	食品名	水分		糖質						備考
				%	g/100g	糖質(105%)						
						A	B	C	D	E		
382	11. 肉類(つづき)		めんよう、ラム、むね、生			1.0						
383			めんよう、ラム、かた、生			1.0						
384			めんよう、ラム、腹肉、生			1.0						
385			めんよう、ラム、腹肉、生			3.0						
386			めんよう、ラム、肝臓						127			
387			にわとり、平切肉					2.0	10.0			
388			にわとり、若鶏肉、皮つき、生			2.0						
389			にわとり、肉身							10.0		
390			にわとり、骨身							11.3		
391			にわとり、副産物、肝臓、皮く、揚げた、生			210						
392			いちめんちより、肉つき、生			2.0						
393			ブラックペニング			2.0						
394	12. 卵類	12002 (鶏卵類)	全卵、生	72	8.2							
395			全卵、ゆで	75	22.1h	25.0	29	25.0	22.5	27.2		
396			全卵、ゆで	79	15.9h							
397			全卵、乾燥全卵				84					
398			卵黄、生	48	63.9h	60.0	53		62.0	54.9	糖質率: 10.1%	
399			卵黄、乾燥卵黄				119					
400			卵白、生	89	5.0h		7.0		7.0	1.6		
401			卵白、乾燥卵白				57					
402			13. 乳類	牛乳および乳製品(凝状乳類)	生乳、ホルスタイン種						4.7	
403					普通牛乳	87	3.8	3.5		5.0		
404					加工乳、濃縮	86	2.7	1.4	3.5			
405	加工乳、脱脂肪	90			2.8	1.4	3.5					
406	脱脂乳	91			3.0	16.0	1.5	2.0	3.4			
407	脱脂粉乳					2.0	1.5	5.0				
408	脱脂粉乳						2.0	5.0				
409	脱脂粉乳						2.0	5.0	3.5			
410	脱脂粉乳						2.0	5.0				
411	脱脂粉乳						2.0	5.0				
412	ナチュラルチーズ、エダム					1.7						
413	ナチュラルチーズ、エメンタール			1.7								
414	ナチュラルチーズ、カシュー			1.5		2.0						
415	ナチュラルチーズ、カマンベール			6.0		4.1						
416	ナチュラルチーズ、グリン			1.5								
417	ナチュラルチーズ、チェダー			1.7		1.9		3.6				
418	ナチュラルチーズ、パルマザン			1.3		3.0						
419	ナチュラルチーズ、プロセスチーズ	43	4.3	1.5	3.2							
420	アイスクリューム、普通脱脂						3.0					
421	アイスクリューム、プレーン						4.0					
422	アイスクリューム、チョコレート						0.7	0.5				
423	アイスクリューム、イチゴ						2.0	3.9				
424	アイスクリューム、バナナ						11.0					
425	アイスクリューム、アップル						2.0					
426	アイスクリューム、オレンジ						1.4					
427	アイスクリューム、レモン						1.4					
428	アイスクリューム、ライム						1.4					
429	アイスクリューム、ストロベリー						1.4					
430	アイスクリューム、ブルーベリー						1.4					
431	アイスクリューム、ラズベリー						1.4					
432	アイスクリューム、マンゴー						1.4					
433	アイスクリューム、パイナップル						1.4					
434	アイスクリューム、メロン						1.4					
435	アイスクリューム、スイカ						1.4					
436	アイスクリューム、西瓜						1.4					
437	アイスクリューム、メロン						1.4					
438	アイスクリューム、スイカ						1.4					
439	アイスクリューム、西瓜						1.4					
440	アイスクリューム、メロン						1.4					
441	アイスクリューム、スイカ						1.4					
442	アイスクリューム、西瓜						1.4					
443	アイスクリューム、メロン						1.4					
444	アイスクリューム、スイカ						1.4					
445	アイスクリューム、西瓜						1.4					
446	アイスクリューム、メロン						1.4					
447	アイスクリューム、スイカ						1.4					
448	アイスクリューム、西瓜						1.4					
449	アイスクリューム、メロン						1.4					
450	アイスクリューム、スイカ						1.4					
451	アイスクリューム、西瓜						1.4					
452	アイスクリューム、メロン						1.4					
453	アイスクリューム、スイカ						1.4					
454	アイスクリューム、西瓜						1.4					
455	アイスクリューム、メロン						1.4					
456	アイスクリューム、スイカ						1.4					
457	アイスクリューム、西瓜						1.4					
458	アイスクリューム、メロン						1.4					
459	アイスクリューム、スイカ						1.4					
460	アイスクリューム、西瓜						1.4					
461	アイスクリューム、メロン						1.4					
462	アイスクリューム、スイカ						1.4					
463	アイスクリューム、西瓜						1.4					
464	アイスクリューム、メロン						1.4					
465	アイスクリューム、スイカ						1.4					
466	アイスクリューム、西瓜						1.4					
467	アイスクリューム、メロン						1.4					
468	アイスクリューム、スイカ						1.4					
469	アイスクリューム、西瓜						1.4					
470	アイスクリューム、メロン						1.4					
471	アイスクリューム、スイカ						1.4					
472	アイスクリューム、西瓜						1.4					
473	アイスクリューム、メロン						1.4					
474	14. 油脂類	14006 (植物油類)	植物油	0		0.1						
475			植物油	25		0.1			3.4			
476	15. 菓子類	15103 (ビスケット類)	ビスケット									
477			ビスケット									
478			ビスケット									
479			ビスケット									
480	16. し好飲料類	16008 (醸造酒類)	ビール	91	0.7	0.9	0.5					
481			ビール	90	0.5							
482			ビール									
483			ビール									
484			ビール									
485			ビール									
486			ビール									
487			ビール									
488			ビール									
489			ビール									
490			ビール									
491	17. 調味料及び香辛料	17007 (しょうゆ類)	しょうゆ	68	13.5							
492			しょうゆ	71	11.9							
493			しょうゆ									
494			しょうゆ									
495	18. 調理加工食品類	18002 (パン類)	パン									
496			パン									
497			パン									
498			パン									
499			パン									
500			パン									
501			パン									
502			パン									
503			パン									
504			パン									
505			パン									

No	日本食品群	日本食品番号	食品名	水分		総ヒトゲル					備考	
				(%)	(μg/100g)	A	B	C	D	E		
511	18. 調理加工食品類 (つづき)		アムトレ (ナッツミート類) Protégés							22.0		
512			アムトレ (ナッツミート類) Verolinks							7.0		
513			アムトレ (ナッツミート類) 加糖平均								13.3	
514	19. その他	分類不可	ビール酵母 乾燥							115		
516			パン酵母							38		
519			ローザルゼリー	4	460.1						410	
517			トランスイニエート			260.0						
518			イースト (パン専用圧縮)			60.0						

a 2産地別サンプルの平均値  
b 3産地別サンプルの平均値

- A. デンマーク 玉打成分表 (2002) <sup>12)</sup>
- B. ドイツ 六打成分表 (2000) <sup>10)</sup>
- C. カナダ 食品成分表 (1998) <sup>13)</sup>
- D. Hardinge NG and Crooks H (1961) <sup>9)</sup>
- E. Guillerre TR (1985) <sup>11)</sup>

表2 食品中のビオチン含量 (ベビーフード)

No	食品群	食品名	参考文献		遊離率 (%)	備考	
			総ビオチン (μg/100g)	A			B
1	1. 米飯類	精白米のみの食品	米がゆ	27.20		2.3	
2		精白米と魚介類を用いた食品	和風しらすがゆ	20.90		7.3	
3			さけの炊き込みごはん	7.17		2.6	
4			紅鮭ドリア	16.00		27.9	
5			しらす雑炊	6.13		8.8	
6			えびピラフ	19.20		8.4	
7			ひらめのおかゆ	5.29		4.3	
8			洋風弁当：サーモンチーズドリア	7.33		11.7	
9			精白米と肉類を用いた食品	牛肉と和風野菜のごはん	1.33		24.3
10		牛肉の炊き込みごはん		9.32		4.4	
11		ささみと豆腐のおかゆ		6.16		12.7	
12		とり雑炊		5.09		13.8	
13		鶏ごぼうごはん		8.15		7.8	
14		チキンライス		15.40		18.6	
15		チキンドリア		5.84		19.7	
16		チキンレバーライス		25.40		28.9	
17		ぶき焼き風おじや		6.52		9.5	
18		卵おじや白身魚入		8.08		29.0	
19		その他の食品	パヤシライス	5.45		15.4	
20			和風五目炊き込みごはん	8.25		10.8	
21			磯がゆ	27.20		2.2	
22			かやくごはん	6.35		12.3	
23			中華おこわ	10.20		6.3	
24			野菜とわかめの雑炊	6.93		2.5	
25			和風弁当：炊き込みご飯	6.66		5.9	
26			中華風弁当：五目チャーハン	10.30		15.7	
27			総合離乳食	13.90		63.5	
28			主食と雑穀を用いた食品	ひえのしらすがゆ	10.20		19.1
29		あわの中華風おじや		7.76		15.7	
30		アップルシリアル		18.30		10.4	
31		パンがゆ		58.50		2.1	
32		主食と小麦粉を用いた食品	和風みそ煮込みうどん	6.92		11.7	
33			煮込みうどん	7.64		2.4	
34			牛肉煮込みうどん	8.01		5.4	
35			親子煮込みうどん	11.90		18.4	
36			シーフードクリームスパゲティ	3.94		28.9	
37			けんちんうどん	3.05		23.9	
38			スパゲティミートソース	12.30		10.2	
39			マカロニチーズ	1.1			
40			シーフードマカロニグラタン	5.87		12.8	
41	2. 主菜類		主菜と魚を用いた洋風食品	白身魚のホワイトシチュー	6.58		22.6
42		サーモングラタン		5.61		16.0	
43		シーフードと野菜のグラタン		15.10		26.6	
44		かれのいトマトソース煮		9.95		11.4	
45		魚とかぼちゃのグラタン		10.90		4.0	
46		サーモンシチュー		4.80		22.9	
47		ツナカレー		7.11		18.9	
48		ベビーディナー白身魚のクリーム煮		19.80		15.6	
49		主菜と魚を用いた和風食品		かれいと大根の煮付け	6.22		12.4
50				さかなと和風野菜	21.50		6.7
51			鮭と野菜のうま煮	4.81		14.6	
52			たらの野菜あんかけ風	6.70		13.1	
53			いわしのつみれ汁	5.05		7.5	
54			さけとにんじんのあわせ煮	5.37		7.3	
55		主菜と肉を用いた洋風食品	ビーフシチュー	20.30		20.6	
56			レバーと野菜ハイ・ミート	31.20		14.9	
57			レバーと野菜トマト煮	6.64		20.3	
58			レバー野菜	25.90		23.9	
59			牛レバー	71.1			
60			豚肉	1.5			
61			鶏肉	6.46		22.9	
62			七面鳥	1.8			
63			子牛の肉	3.48		27.9	
64			豚もも肉	4.88		19.3	
65		牛レバーの野菜煮	8.70		11.6		
66		野菜と鶏肉のクリーム煮	5.85		16.1		
67		野菜と牛肉のトマト煮	4.41		13.6		
68		ベビーディナービーフシチュー	26.80		18.9		
69		牛レバーのクリーム煮	22.30		15.7		
70		ミネストローネ	24.70		18.7		
71		洋風弁当：豚肉と大豆のトマト煮	8.24		26.0		
72		主菜と肉を用いた和風食品	牛肉と大豆の五目煮	8.47		20.0	
73			鶏つくねと野菜の煮込み	5.20		25.6	
74			鶏肉と野菜のうま煮	8.43		7.5	
75			野菜と鶏肉のふくら煮	8.15		11.9	
76			和風弁当：筑前煮	7.94		15.5	
77			肉じゃが	7.30		7.1	
78			主菜と肉を用いた中華風食品	レバーと中華風野菜	16.60		50.4
79		中華風弁当：八宝菜		7.48		16.6	
80		主菜と大豆(製品)を用いた食品	大豆とひじきの煮物	7.94		22.9	
81	豆腐と椎茸のうま煮		5.91		15.5		
82	主菜と卵を用いた食品	茶わんむし	18.00		26.0		
83		茶碗むし	19.10		14.6		
84		かに玉豆腐	21.00		17.4		
85	主菜と乳製品を用いた食品	卵黄	33.0				
86		チーズトマトフレーク	9.37		35.0		
87		和風五目けんちん汁	6.29		14.6		
88		おでん煮込み	7.64		8.6		
89		じゃがいもサラダ	23.10		26.7		
90	ブロッコリーのクリーム煮	7.64		8.5			

No	食品群	食品名	参考文献		遊離率 (%)	備考		
			総ビタミンC (μg/100g)	A B				
91	3. 野菜・果実類	野菜を用いた食品	チーズとほうれん草	11.10	18.9			
92			かぼちゃ	20.20	11.8			
93			にんじん	2.3	8.32	37.7		
94			グリーンピース		9.31	10.8		
95			ほうれん草		17.80	11.9		
96			クリーム状ほうれん草	5.0				
97			クリーム状コーン	1.6				
98			にんじん有機野菜		7.89	40.1		
99			グリーンピース有機野菜		10.10	6.9		
100			かぼちゃ		11.20	16.2		
101	トマト		9.28	50.2				
102	えんどう	4.1						
103	青豆	3.1						
104	果物を用いた食品	野菜ミックス	1.8					
105		もも	1.6	6.46	28.2			
106		西洋なし	0.5					
107		りんご		4.74	41.6			
108		バナナペースタピオカ	1.0					
109		杏子ペースタピオカ	0.6					
110		西洋すももペースタピオカ	0.5					
111		4. 芋類	芋類を用いた食品	スイートポテトバター煮	3.32	24.7		
112				スイートポテトペースト	5.07	24.1		
113				ベビーデイナー・マッシュポテト	19.00	18.3		
114	さつまいも			3.3				
115	さつまいも有機野菜			5.57	42.4			
116	5. スープ類			スープ	野菜スープ	8.50	59.1	
117	コーンポタージュ	11.76	29.5					
118	牛肉とそのスープ	0.4						
119	子牛の肉とそのスープ	1.5						
120	ハムとそのスープ	0.9						
121	子羊とそのスープ	1.0						
122	チキンとそのスープ	1.9						
123	かつおごんぶだし	1.28	76.6					
124	和風のだし	5.46	35.2					
125	野菜コンソメ	0.40	100.0					
126	6. おやつ類	穀類を主体とした食品	クエーク	16.20	5.2			
127			レーバービスケット	17.00	1.6			
128			たまごサンド	6.63	9.0			
129			カルシウムおせんべい	34.80	2.7			
130			野菜パン	13.30	8.7			
131		かるん棒	10.30	8.4				
132		ゼラチンを主体とした食品	飲めるアップルゼリー	0.67	61.2			
133			飲めるピーチゼリー	0.40	60.0			
134			ピーチデザート	3.17	25.2			
135			バナナプリン	4.48	30.6			
136	フルーツヨーグルト		3.40	44.9				
137	乳製品を使用した食品	ストロベリーミルク	6.46	85.9				
138		フルーツミルク	1.91	93.9				
139		バニラカスタード菓子	2.9					
140		バニラプリン	5.02	43.4				
141		7. 果汁飲料類	果物を用いた飲料	ミックスジュース	0.9	80.0		
142				フルーツと野菜果汁	1.62	98.1		
143				ミックスフルーツ100	0.71	78.1		
144				混合果汁	4.86	19.5		
145				野菜ミックス	17.40	22.4		
146				フルーツ&パンパキン	3.62	66.9		
147	みかんアクアサーク			n. d.				
148	オレンジ			0.42	40.9			
149	濃縮オレンジ			1.1				
150	オレンジ100			1.46	54.8			
151	オレンジ&りんご&バナナ			1.8				
152	オレンジ&グレープ			1.8				
153	アップル100			0.65	100.0			
154	りんご			1.2				
155	りんご果汁			2.18	50.0			
156	りんご&すもも			1.4				
157	アップルジュース			0.43	79.4			
158	アップル&レモンウォーター			n. d.				
159	アップル&キャロット100			1.39	85.6			
160	りんご&アクアサーク			n. d.				
161	ストレート果汁アップル100			0.65	96.5			
162	キャロット&アップル100			1.46	94.6			
163	アップル&ウォーター			0.38	97.4			
164	ブルーベリー			3.26	12.3			
165	キャロット&リン			1.00	45.0			
166	もも			4.61	58.6			
167	フルーツ&キャロット			1.50	85.3			
168	トロピカル			1.03	97.1			
169	ベビー茶	3.20	21.9					
170	ほうじ茶	20.10	80.1					
171	アイソトニック飲料	n. d.						
172								

n. d. 検出不可

A. Guilarte TR (1985)<sup>11)</sup>  
 B. 渡邊ら, (1997)<sup>15)</sup>

表3 食品群別のビオチン含量

日本食品 群別番号	日本食品群	平均ビオチン含量 <sup>a</sup>					
		本研究	参考文献				
			A	B	C	D	E
1	穀類	2.8	3.8	8.0	6.2	16.4	12.3
2	いも及びでん粉類	2.7	0.5	3.8	0.1	4.3	—
3	砂糖及び甘味料	2.2	—	—	—	9.0	—
4	豆類	10.3	34.9	28.8	5.0	22.4	—
5	種実類	35.2	4.9	17.8	3.9	31.0	—
6	野菜類	3.9	2.5	3.2	1.3	4.6	—
7	果実類	1.5	1.2	1.8	1.8	2.1	4.5
8	きのこ類	13.5	16.0	16.0	—	11.7	11.7
9	海藻類	—	—	—	—	—	—
10	魚介類	9.0	5.6	5.5	17.0	12.8	—
11	肉類	34.0	9.6	21.1	14.1	31.3	—
12	卵類	23.0	42.5	56.0	25.0	27.2	27.9
13	乳類	3.3	2.3	5.9	3.4	4.1	—
14	油脂類	0.1	—	—	—	3.4	—
15	菓子類	5.3	1.9	3.3	2.0	32.0	—
16	嗜好飲料類	0.3	0.6	3.0	—	—	—
17	調味料及び香辛料類	15.0	5.0	—	1.8	—	—
18	調理加工食品類	—	3.0	—	—	12.5	—

<sup>a</sup>  $\mu\text{g}/100\text{g}$ 、総ビオチン量。

<sup>b</sup> 平均値。

— 未分析。

- A. デンマーク 五訂成分表 (2002) <sup>13)</sup>
- B. ドイツ 六訂成分表 (2000) <sup>14)</sup>
- C. カナダ 食品成分値 (1998) <sup>12)</sup>
- D. Hardinge MG and Crooks H (1961) <sup>9)</sup>
- E. Guilarte TR (1985) <sup>11)</sup>



表4 食品群ごとに算出したピオチン摂取量

日本食品群別番号	日本食品群	平均摂取量 (g/日)		ピオチン摂取量 <sup>a</sup> (μg/日)																
		国民栄養調査 <sup>b</sup>		本研究		A			B			C			D			E		
		男性 <sup>c</sup>	女性 <sup>d</sup>	男性	女性	男性	女性	男性	女性	男性	女性	男性	女性	男性	女性	男性	女性	男性	女性	
1	穀類	533.9	402.4	15.2	11.4	20.4	15.4	42.9	32.4	33.2	25.0	87.3	65.8	65.6	49.4	-	-	-	-	
2	いも及びびでん粉類	66.7	62.9	1.8	1.7	0.3	0.3	2.5	2.4	0.1	0.1	2.9	2.7	-	-	-	-	-	-	
3	砂糖及び甘味料	7.3	7.2	0.2	0.2	-	-	-	-	-	-	0.7	0.6	-	-	-	-	-	-	
4	豆類	58.7	56.0	6.0	5.8	20.5	19.6	16.9	16.1	2.9	2.8	13.1	12.5	-	-	-	-	-	-	
5	種実類	2.1	2.2	0.7	0.8	0.1	0.1	0.4	0.4	0.1	0.1	0.7	0.7	-	-	-	-	-	-	
6	野菜類	286.3	273.3	11.2	10.7	7.1	6.7	9.0	8.6	3.7	3.5	13.1	12.5	-	-	-	-	-	-	
7	果実類	116.5	145.7	1.7	2.1	1.4	1.8	2.1	2.6	2.1	2.6	2.4	3.0	5.2	6.6	-	-	-	-	
8	きのこ類	15.0	14.9	2.0	2.0	2.4	2.4	2.4	2.4	-	-	1.7	1.7	1.8	1.7	-	-	-	-	
9	藻類	13.2	13.7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
10	魚介類	104.3	84.9	9.4	7.7	5.9	4.8	5.8	4.7	17.7	14.4	13.3	10.9	-	-	-	-	-	-	
11	肉類	89.0	65.0	30.2	22.1	8.5	6.2	18.7	13.7	12.5	9.2	27.9	20.4	-	-	-	-	-	-	
12	卵類	38.9	35.0	9.0	8.1	16.5	14.9	21.8	19.6	9.7	8.8	10.6	9.5	10.8	9.8	-	-	-	-	
13	乳類	165.1	174.5	5.5	5.8	3.8	4.0	9.8	10.4	5.7	6.0	6.7	7.1	-	-	-	-	-	-	
14	油脂類	12.6	10.2	0.0	0.0	-	-	-	-	-	-	0.4	0.3	-	-	-	-	-	-	
15	菓子類	23.2	29.8	1.2	1.6	0.4	0.6	0.8	1.0	0.5	0.6	7.4	9.5	-	-	-	-	-	-	
16	嗜好飲料類	582.6	444.6	1.9	1.5	3.2	2.4	17.3	13.2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
17	調味料及び香辛料類	91.4	76.6	13.7	11.5	4.6	3.8	-	-	1.6	1.4	-	-	-	-	-	-	-	-	
18	調理加工食品類	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	合計	-	-	109.8	92.8	95.2	83.0	150.4	127.4	89.9	74.4	188.3	157.3	-	-	-	-	-	-	

<sup>a</sup>食品群別のピオチン含量(表3)からの算出。

<sup>b</sup>平成13年度。

<sup>c</sup>5852人, <sup>d</sup>6629人。

- 算出不可。

A. デンマーク 五訂成分表 (2002) <sup>13)</sup>

B. ドイツ 六訂成分表 (2000) <sup>14)</sup>

C. カナダ 食品成分値 (1998) <sup>12)</sup>

D. Hardinge MG and Crooks H (1961) <sup>9)</sup>

E. Guilarte TR (1985) <sup>11)</sup>

平成 16 年度厚生労働科学研究費（循環器疾患等総合研究事業）  
日本人の食事摂取基準（栄養所要量）の策定に関する研究  
主任研究者 柴田 克己 滋賀県立大学 教授

### Ⅲ. 分担研究者の報告書

#### 6. 葉酸の体内動態の評価についての基礎的研究

分担協力者 渡邊敏明 兵庫県立大学 教授  
研究協力者 榎原周平 兵庫県立大学 助手  
研究協力者 福井 徹 病体生理研究所 研究員

#### 研究要旨

ヒトの健康と密接に関係している水溶性ビタミンの一つである葉酸が、近年、胎児の神経管閉鎖障害や中高齢者の動脈硬化症の発症とかかわりのあることが明らかになりつつある。このため、生体内での葉酸状態を知ることは、健康の維持および生活習慣病などを予防する上で重要であると考えられる。

本研究は、臨床検査において使用されている葉酸定量法について比較検討し、葉酸の定量法を確立した後、葉酸摂取量と血清葉酸量との関連および葉酸化合物の生体内での存在形態についての基礎的な検討を行ったものである。また、葉酸欠乏動物を作成し、血液中の葉酸動態とアミノ酸代謝について解析し、葉酸の体内動態について考察を行った。

まず、微生物学的定量法と化学発光法におけるヒト血清葉酸量の測定結果を比較検討したところ、複数の葉酸化合物が存在する生体試料を測定するには、微生物学的定量法が有効であることを示した。この測定法を利用して、ヒト血液中の葉酸化合物の存在を検討したところ、赤血球では、血清などの液体成分に多量に存在するメチル葉酸の取り込みが行われている可能性のあることを明らかにした。血清葉酸量が一時的な葉酸の摂取状態を表す鋭敏な指標となるが、葉酸摂取量が普通程度の場合には、よい指標とならなかった。しかし、血清葉酸量とホモシステイン量の間関係を見たところ、血清葉酸量が基準値以下ではホモシステイン量が多いという傾向が見られた。このことから、ホモシステインが生体内の葉酸の栄養状態を表す指標として用いることが可能であることを明らかにした。これらの知見を基に、実験動物を利用して、血清の葉酸量とアミノ酸量の間関係を詳細に検討したところ、葉酸が欠乏すると、血清葉酸量の低下とともに、アミノ酸代謝が影響を受け、セリン濃度が高くなり、グリシン濃度が低下した。このことから、葉酸欠乏状態では、血清ホモシステイン量に加え、血清アミノ酸のセリンとグリシン比から生体内の葉酸の栄養状態を示す明白な指標となることが明らかした。

## A. 目的

古来から医食同源といわれているように、私たちの健康は、食生活と深い関連を持っている。近年、食生活の変化にともない、生活習慣病が増加しつつある。一方、サプリメントの普及により、ビタミンの欠乏症は少なくなってきたが、食生活のアンバランスによる潜在性欠乏症が問題となっている。また、ビタミンが遺伝的疾患や生活習慣病と関わりがあることなどが明らかにされ、これまで知られていなかったビタミンの新しい機能が注目されている。

水溶性ビタミンの1つである葉酸は、N-ヘテロ環のプテリンと p-アミノ安息香酸からなるプテロイン酸に1から7個のグルタミン酸が結合したプテロイル（ポリ）グルタミン酸（プテロイル葉酸）である。天然型の葉酸は、還元型でジヒドロ体かテトラヒドロ体に種々の一炭素単位が結合した形、およびこれらのポリグルタミン酸塩として、すべての動植物の組織中に葉酸化合物として分布する。

還元型葉酸は、補酵素型と呼ばれ、ヌクレオチド類の生合成や分解、グリシンやセリンなどのアミノ酸の代謝、メチル基転移反応、ヒスチジン代謝などに関与していることが明らかにされている。また、モノグルタミン酸型は血漿、尿、脳脊髄液などの体液循環型として機能し、組織内に存在するポリグルタミン酸型はタンパク質に結合して機能している。これらの化合物は、核酸の成分であるプリンやピリミジンの生成に不可欠であることから、細胞の分裂や機能を正常に保つために重要な役割を果たしている（図1）。

食品に含まれる葉酸は、主にポリグルタミン酸型であり、小腸粘膜上で、コンジュガートによって、モノグルタミン酸型へ速やかに分解される。その後、葉酸レセプターと結合して小腸粘膜を通過し、小腸細胞内で還元され、テトラヒドロ型に変換される。テトラヒドロ型は、さらにメチル化されてメチルテトラヒドロ葉酸（メチル葉酸）となり小腸粘膜を透過して、血液により末梢組織に運ばれる。肝臓や組織に取り込まれたメチルテトラヒドロ葉酸は、メチオニン生合成系においてメチル基供与体として関与する。この反応には、メチオニンシン

ターゼと補酵素としてビタミン B<sub>12</sub> が関与している。またプテロイルポリグルタミンシンターゼなどによりメチルテトラヒドロポリグルタミン酸型として貯蔵される。

葉酸はヒトの健康と密接に関係し、様々な研究が進められている。妊婦において葉酸が不足すると、出産児に神経管閉鎖障害 (neural tube defects:NTDs)を発症することが報告されている。しかし、受胎前後に十分に葉酸を摂取することによって、神経管閉鎖障害の発症リスクを低減することができる<sup>1,4)</sup>。このため、米国ではすでに穀類に葉酸が添加されている。また、わが国でも、妊娠前から 400 $\mu$ g/日の葉酸を摂取することが推奨されている。

最近、高ホモシステイン血症が、脳血管疾患や心疾患のリスクファクターとして注目されている。葉酸はホモシステインからメチオニンの転移に不可欠であるため、葉酸の摂取量が低下すると、血漿ホモシステインの上昇がみられることから、ホモシステインが血管内皮細胞や血液凝固因子に影響していると考えられている<sup>5)</sup>。このように、葉酸は、神経管閉鎖障害や動脈硬化症、癌の発症とも関わっており、生体内での葉酸状態を知ることは、健康の維持および生活習慣病や他の疾患を予防する上で重要である<sup>6-8)</sup>。

葉酸測定法には、微生物学的定量法 (Bioassay) や化学発光酵素免疫測定法 (Chemiluminescent Enzyme Immunoassay, CLEIA : 化学発光法)、高速液体クロマトグラフィ (High Performance Liquid Chromatography : HPLC) などがある。しかし、これら測定法の基準値 (正常値) や測定結果に違いが見られている。

そこで、本研究では、1) 臨床検査において使用されている化学発光法と微生物学的定量法の測定結果について比較検討した。2) 女子学生を対象に血清葉酸量の測定および食事調査を行い、葉酸摂取量と血清葉酸量との関連を検討した。3) 生体内の葉酸化合物の存在形態について検討した。4) 葉酸欠乏動物を作成し、血液中の葉酸動態とアミノ酸代謝について検討した。そして、これらの結果から、葉酸の体内動態の評価について考察を行った。

## B. 実験方法

### 実験 1. 葉酸測定法の違いによる血清葉酸量の比較検討

様々な葉酸測定法がある中で、一般的に微生物学的定量法や化学発光法が臨床検査において用いられる。しかし、これら測定法の基準値（正常値）や測定結果に違いが見られるなどの問題がある。そこで、これら葉酸測定法について比較検討した。

健康な女子学生 58 名の血清を測定試料とした。被験者から採血し、血清を分離後、凍結保存した。この血清を微生物学的定量法および化学発光法により測定し、これらの測定結果について比較検討した。化学発光法による分析には、全自動免疫測定システム（イムライズ、三菱化学ヤトロン社）を用いた。

統計解析はエクセル統計 2000 を用い、無相関の検定により相関係数を求めた。

#### 微生物学的定量法<sup>9,10)</sup>

2 種の乳酸菌 *Lactobacillus rhamnosus* ATCC27773(*L.casei*) および、*Streptococcus faecalis* ATCC8043(*S.faecalis*) を定量菌とした（表 3）。*L.casei* は、プテロイル葉酸、メチル葉酸など全ての化合物に活性を持っているが、*S.faecalis* はメチル葉酸に対する活性を持たない。そこで、これらの測定法の特徴を利用し、サンプル中の総葉酸とメチル葉酸の定量を行った。

定量菌を MRS 培地に接種し、37°C、24 時間培養し、菌体を滅菌生理食塩水で洗浄した。*S.faecalis* は 10 倍に希釈し、20  $\mu$ l/ml の割合で葉酸定量用培地に懸濁した。*L.casei* は 500 倍に希釈し、100  $\mu$ l/ml の割合で葉酸定量用培地に懸濁した。それぞれの培地を 96 穴マイクロプレートに 200 $\mu$ l ずつ分注した（表 4）。14.0 mg のプテロイル葉酸を 0.1M NaOH 2.8 ml により溶解後、超純水で 100ml に定容量したもの標準液とした。この標準液を 0.5%アスコルビン酸ナトリウム溶液で 0.5 ng/ml に希釈し、プレートに (0,5,10,15,20,25,30,40 $\mu$ l) 添加した。測定試料は、0.5%アスコルビン酸ナトリウム溶液で希釈し、フィルター（孔径 0.45  $\mu$ m）により不純物を取り除き、50  $\mu$ l ずつ添加し、37°C、*S.faecalis* では 24 時間、*L.casei* では 72 時間培養した。その後、それぞれの定量菌の検量線から試料中の葉酸量を測定した。

#### 化学発光法

葉酸化合物は、DPC 社のイムライズ葉酸測定キットを用いて、測定を行った。プテロイル葉酸を標準物質とし、プテロイル葉酸に対する抗体を固相としたビーズに、サンプル、酵素標識抗体、発光基質を加えて反応させ、その発光量を測定し、検体中の葉酸濃度を求めた。

### 実験 2. 健康成人における血液中の葉酸化合物の形態

実験 2 から、葉酸摂取量や血清葉酸量では生体内での葉酸の栄養状態を把握することが出来なかった。そこで、実験 3 では、血液中の葉酸量およびその化合物を測定し、葉酸化合物の存在形態から、血液中の葉酸状態の基礎的な検討を行った。

健康な成人男女 30 名の全血液および血漿を採取した。全血液は 1%アスコルビン酸溶液で 10 倍に希釈し、血漿は 0.5%アスコルビン酸ナトリウム溶液で 2 倍に希釈し、-40°C で保存した。これらを測定試料とし、微生物学的定量法により全血液および血漿中の総葉酸量、メチル葉酸量を測定した。また、全血液と血漿葉酸量の差から、赤血球中の総葉酸量、メチル葉酸量を求めた。統計解析はエクセル統計 2000 を用い、無相関の検定により相関係数を求めた。

### 実験 3. 成人女性における血清葉酸量と葉酸摂取量の関係

葉酸は生体内で生成することがほとんど出来ないため、食事やサプリメントから摂取しなければならない。しかしながら、摂取された葉酸の生体内での吸収や排泄などの動態はよくわかっていない。そこで、食事からの葉酸摂取量と血清葉酸量の関係から、葉酸の生体利用率を考察した。さらに、血清葉酸量とホモシステイン量の関連について検討した。

実験 1 の被験者のうち、55 名の血清を測定試料とし、血清葉酸量を微生物学的定量法により測定した。また、葉酸摂取量は、採血前の 3 日間の食事記録調査を行い、葉酸摂取量をエクセル栄養君 Ver.3.0 を用いて算出した。ホモシステイン量は化学発光法により測定した。