

Figure 3. Cumulative expired ¹⁴CO₂ after [¹⁴C] short-chain fatty acid injection into the cecum of conventional rats.

による炭酸ガス排出時間のズレは、投与物質の胃から大腸への移行時間を指しており、ラットにおいては3～4時間であることを示唆している(5,6)。これらの結果はフラクトオリゴ糖の代謝過程に腸内細菌が介在し、発酵によって利用されることを強く示唆している。実際、フラクトオリゴ糖を通常ラットの盲腸内容物と嫌気的な条件下で反応させると、酢酸、プロピオン酸、酪酸などの短鎖脂肪酸のほか、炭酸ガス、水素ガス、メタンガスなどが生じ、また菌体成分などにも一部取り込まれる(5)。さらに、¹⁴C-ラベルした酢酸、プロピオン酸、酪酸を通常ラット盲腸内へ直接投与すると、速やかに吸収されて炭酸ガスに代謝される(図3)。つまり、大腸において発酵により難消化性オリゴ糖から生成される短鎖脂肪酸はエネルギー源として宿主に寄与していることを示している。

これらの結果をまとめると、食物繊維を含む難消化性糖質の代謝経路は図4のようになる(7)。すなわち、経口的に摂取した食物繊維をはじめとする難消化性糖質は小腸を潜り抜けて大腸に到達し、腸内細菌による発酵を受けて短鎖脂肪酸、炭酸ガス、水素ガス、メタンガスなどに代謝され、このうち短鎖脂肪酸のみが吸収され、肝臓や筋肉などの臓器においてさらに代謝されてエネルギーを産生する。腸内細菌で資化されない糖質は糞塊成分となって体外に排泄される。したがって、腸内細菌によって短鎖脂肪酸に転換される食物繊維は、エネルギーが0 kcal/g ではないことを示すと同時に、生成される程度によって宿主へのエネルギー貢献が異なることを示している。

(2) ヒトにおける食物繊維摂取時の呼気水素ガス排出量による発酵性の検討

図4に示すように、難消化性糖質が腸内細菌による発酵を受けると、短鎖脂肪酸、炭酸ガス、メタンガスのほか、水素ガスを産生する。この水素ガスは一部腸ガスとして排出されるが、主として呼気に排出される。水素ガスは腸内細菌によってのみ

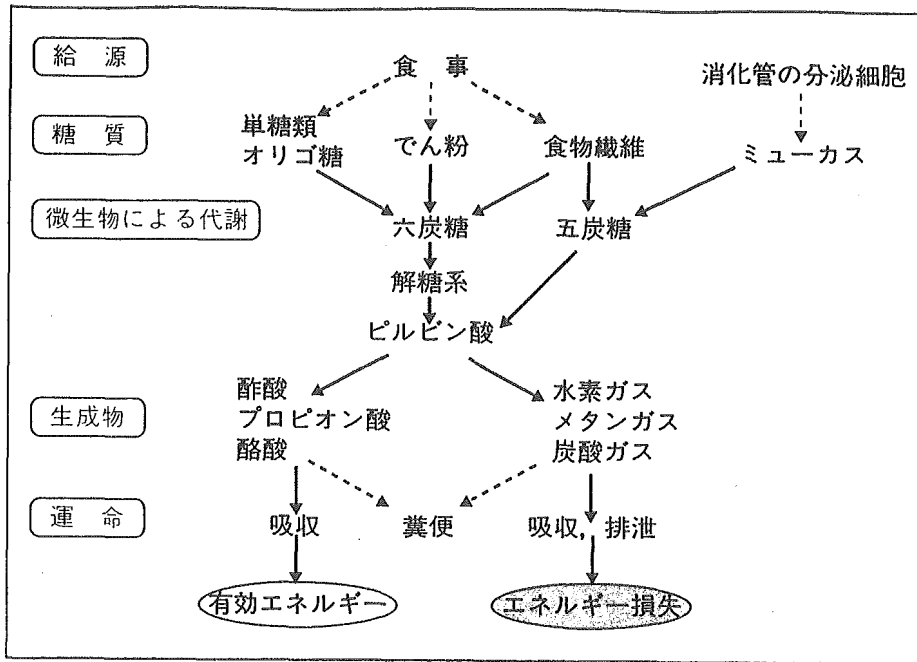


図4 大腸における糖質の腸内細菌による代謝経路

産生されるので、呼気に排出される水素ガスは腸内細菌による糖質の発酵分解を反映する。すなわち、呼気に排出される水素ガス量は、大腸に到達する糖質量および腸内細菌による資化性と密接に関係していると考えられる。つまり、難消化性糖質の資化性が同じであれば、呼気水素ガス排出量は、その糖質の消化吸収率を反映することになる。そこで、ほとんど消化されないフラクトオリゴ糖、一部消化されるガラクトシルスクロース、比較的よく消化されるイソマルトオリゴ糖をヒトに摂取させ、呼気に排出される水素ガス量を経時的に測定し、比較・検討してみた。

一過性下痢に対する最大無作用量実験の被験者から、フラクトオリゴ糖 30g 摂取で下痢を誘発しない下痢に強い被験者を選択して上記3種オリゴ糖を 20g 摂取させて負荷試験を行った。被験者は20歳代の健康な女子学生（各オリゴ糖あたり8～13人）であった。被験者は前日午後8時までに夕食を食べさせ、その後はお茶や水などの飲料摂取に制限した。実験当日は朝食抜きで実験室に来させ、先ず空腹状態で1回目の呼気を採取した。呼気採取後、直ちに試験物質を水溶液（100～150ml）にして摂取させ、6～7時間後まで呼気を採取した。4時間後に空腹を癒すために水素ガスを発生しない易消化性のクッキーと清涼飲料（250ml）、計 350 kcal 相当分を摂取させた。最初の試験物質負荷試験後、1～2週間後に次の試験物質の負荷試験を同様に実施した。

呼気は、試験物質摂取前、摂取後 30、60、90、120、150、180、210、240、270、300、330、360、390、420 分の計 15 回採取した。呼気の採取は、特殊なコレクションバッグ（テラメックス（株）、京都市）を用い、死腔量約 150ml を除いた終末呼気 750ml を捕集した。呼気水素ガスは Breath Analyzer TGA2000（テラメックス（株）、京都市）を用いて分析した。データの統計処理は、ANOVA および対応のある t 検定を行なった。計算ソフトは SPSS ver. 10（SPSS Inc., 東京）を使用し、5%未満を有意水準とした。

呼気水素ガス排出量は非消化性のフラクトオリゴ糖でもっとも多く、消化性の高い

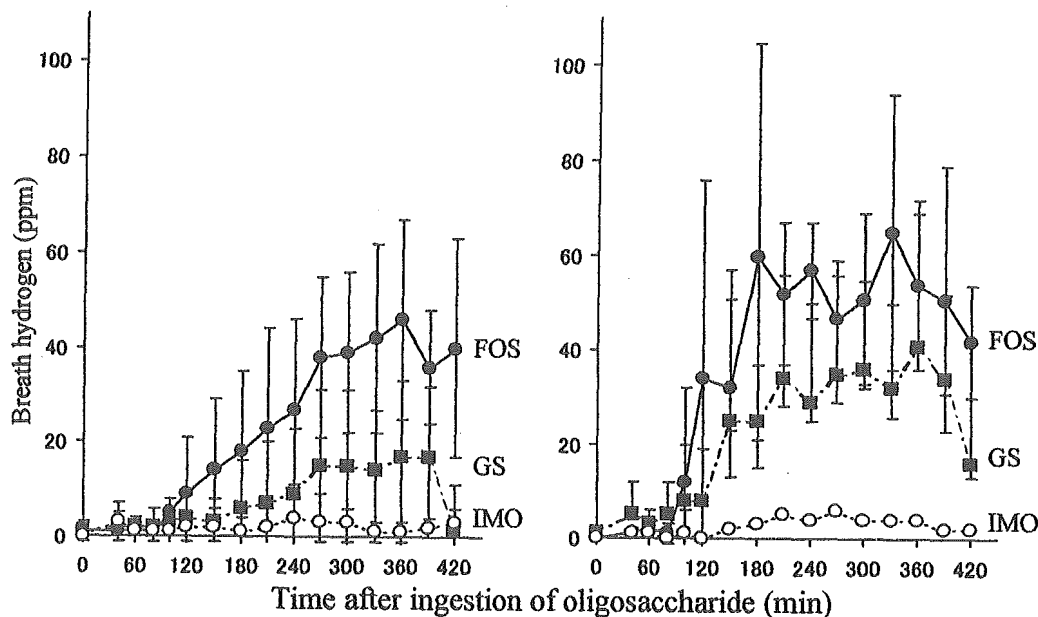


Figure5. Comparison with breath hydrogen excretion by ingestion of three kinds of oligosaccharides.

Data is expressed mean and S.D. of 8-13 subjects.

FOS; Fructooligosaccharide, GS; Galactosylsucrose, IMO; Isomaltooligosaccharide

イソマルトオリゴ糖では検出されず、中間の消化性のガラクトシルスクロースはフラクトオリゴ糖に次いで多く観察された (図5)。このことは、ヒトにおいても消化吸収を免れて大腸に到達するオリゴ糖は発酵・吸収によって利用されることを強く支持している。同時に、これらの結果はヒトに食物繊維を摂取させて呼気水素ガス排出量を測定することによっても、消化酵素で水解されない食物繊維の発酵性のある程度推定できることを裏付けている。オリゴ糖はいずれも腸内細菌によって容易に発酵を受けるが、水に溶けず、分子量の大きい食物繊維は腸内細菌による発酵を受け難いことが考えられる。

図6は不水溶性のセルロース、水溶性の人工合成食物繊維ポリデキストロース、水溶性の低分子化アルギン酸ナトリウム (平均分子量 50,000)、または水溶性のグルコマンナン 5g を 20 歳代の成人女性 1~3 人に摂取させ、上記オリゴ糖摂取時と同様に、呼気水素ガス排出量を経時的に 7 時間まで測定した結果である。被験者数は少ないが、セルロースはほとんど水素ガスを排出せず、アルギン酸ナトリウムも同様に呼気水素ガスをごく僅かしか排出しなかった。グルコマンナンおよびポリデキストロースはわずかながら呼気水素ガスを排出し、発酵性のあることが示唆された。もっと事例数を増やす必要はあるが、これらの結果は文献調査結果による各種食物繊維の消化性 (発酵分解性) あるいはエネルギー量と矛盾するものではない。

(3) 糞便培養によるオリゴ糖、糖アルコールおよび食物繊維の分解性の検討

大腸には 100 種類、100 兆個の腸内細菌が住み付き、腸内細菌叢を形成しているといわれている (8)。これらの腸内細菌による難消化性オリゴ糖の発酵分解は、嫌気的な条

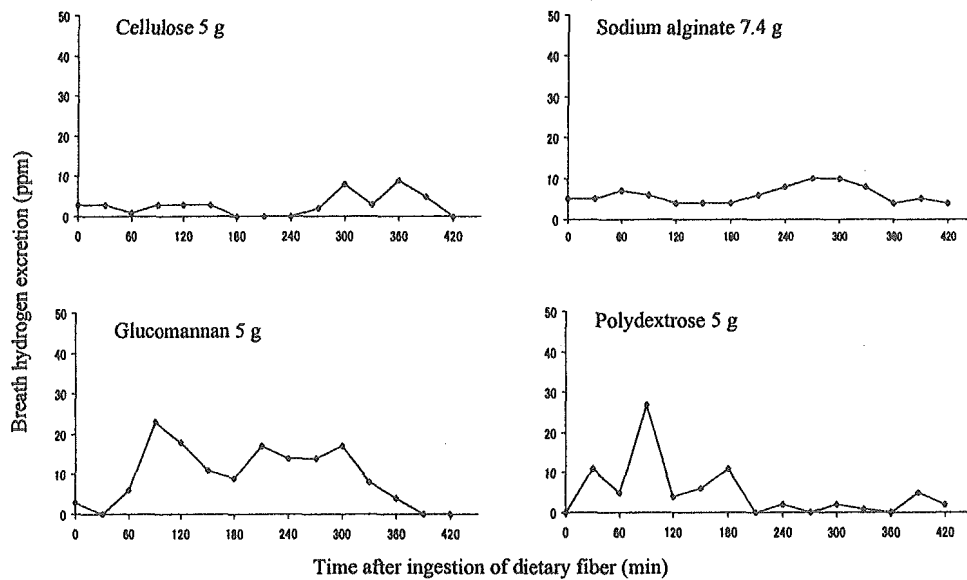


Figure 6. Profiles of breath hydrogen gas excretion by ingestion of soluble or insoluble dietary fibers.

件下で行なわれる。このため、ラット盲腸内容物ならびにヒト糞便を用いた難消化性糖質の発酵分解性を観察する実験は、特殊な条件下で実施する必要がある。特に、ヒト糞便を用いる培養実験は空気に曝す時間をいかに短縮し、酸素を除去するかがポイントになる。さらに、腸内細菌による発酵生成物である短鎖脂肪酸は反応の進行に伴って増加し、これが閉鎖系の培養液中に残存するために、培養液の pH が反応の進行に伴って低下し、腸内細菌の活性が次第に低下する(9, 10)。このため、腸内細菌による難消化性糖質の分解が反応液の pH 低下によるものか、食物繊維の性状によるものか、判断できなくなる。糞便培養にあたっては、この点に留意する必要がある。

表 3 は、ラット盲腸内容物を用いた培養実験の培養および反応条件、手順などを示したものである。窒素ガスで嫌気的な条件を作り、反応液の pH の変化を抑制するため

表 3. ラット盲腸内容物を用いた培養条件の例

<p>1. Animals Male Wistar rats (B.W.260 g)</p> <p>2. Cecal content suspension total cecal content about 63 g 20% homogenate in bicarbonate buffer containing ascorbic acid and cysteine</p> <p>3. Incubation 30 ml of filtered homogenate 1.3 ml of 20 % of saccharide solution 37 °C, 0-6 hr under N₂ gas</p> <p>4. Sampling and pH determination sampling 1 ml at 0.5, 1, 1.5, 2, 3, 4, 5, 6 hr</p>
--

に重炭酸緩衝液を使った。さらに、酸素を除去するためにアスコルビン酸とシステインを緩衝液に加えた。図7は、それらの培養条件を用いてエリスリトールの腸内細菌による資化性を観察したときの培養装置と実験の流れを示したものである。

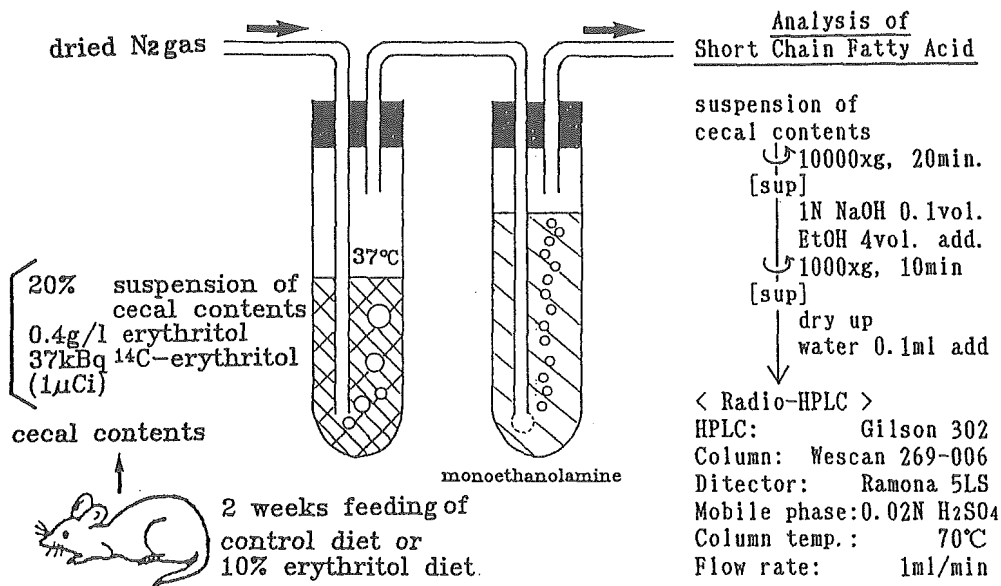


図7. ラット盲腸内容部を用いたエリスリトールの培養条件とその装置の例

図8は、エリスリトール含まない飼料で飼育した動物とエリスリトールを含んだ飼料で飼育した動物の盲腸内容物を用いた場合の結果である。エリスリトール含まない場合、エリスリトールの発酵分解性はきわめてゆっくりしか進行しないが、エリスリトール含んだ飼料で飼育した動物の盲腸内容物を用いた場合には、エリスリトールは速やかに発酵分解することを示している。すなわち、これらの結果は、その試験物質を繰り返し摂取していると、試験物質を資化する腸内細菌が増殖して効率よく分解するようになることを示唆している。通常、ラットは糖アルコールであるエリスリトールを摂取する機会がないので、ラットの常在菌はブドウ糖などを速やかに分解するが、

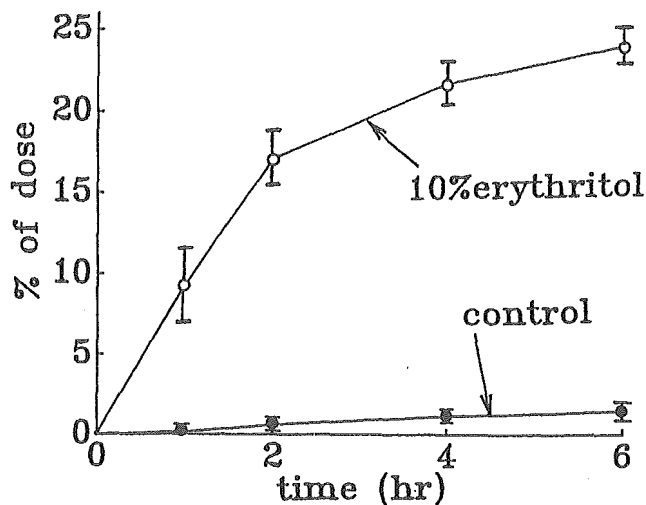


図8. 盲腸内容物培養におけるエリスリトール摂取経験の有無による分解能の相違

エリスリトールは分解し難いことを示している。このことは、食物繊維の種類や摂取経験などによって発酵性が異なることを示唆している。

一方、図9は水溶性食物繊維であるグアーガム、プルラン、ポリデキストロースをラット盲腸内容物培養の基質として用い、短鎖脂肪酸の生成を経時的に観察したものである。対照のブドウ糖では、反応2時間後に、短鎖脂肪酸の生成量はほぼ平衡に達し、乳酸は1時間後にピークを示した後、2時間後にほぼ消失した。腸内細菌によって生成された乳酸は、他の腸内細菌に利用されて酢酸あるいは、プロピオン酸、酪酸などに転換されたことが考えられる。しかし、ブドウ糖に比べて発酵分解性が悪い食物繊維は、反応6時間まで酢酸、酪酸、プロピオン酸などへゆっくり転換されることを示している。特に、ポリデキストロースの分解性はグアーガムやプルランに比べて低かった。これらの結果は、食物繊維の種類によって発酵性が異なり、短鎖脂肪酸の生成速度も異なることを示している。

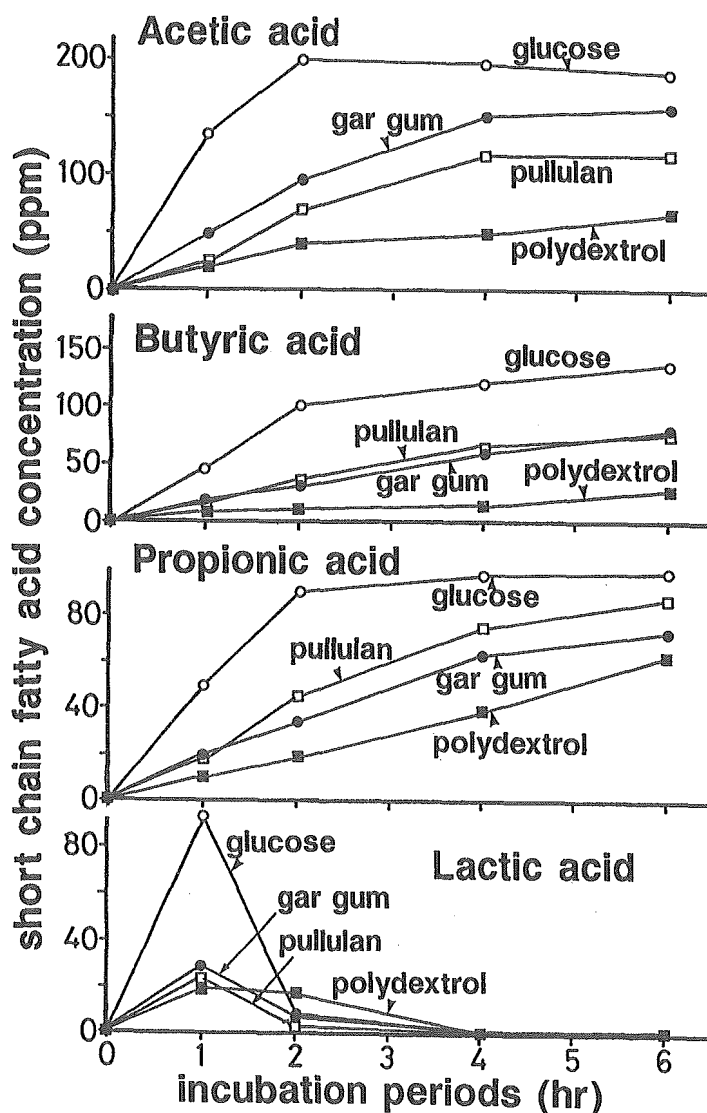


図9. ラット盲腸内容物培養によるプルラン、ポリデキストロース、グアーガムの分解の様相

図10はその時の反応液 pH 変化を示したものである。反応が速やかに進行するブドウ糖は、もっとも速く pH が低下し、短鎖脂肪酸への転換反応がもっともゆっくり進行するポリデキストロースの変化はもっとも小さかった。この pH の変化や短鎖脂肪酸の生成速度からもその食物繊維の腸内細菌による分解性をある程度推定することができる。しかし、糞便培養では、生成された短鎖脂肪酸によって反応が阻害されることを認識し、より優れた反応液や反応条件を選択したり、可能であれば大腸内環境をモデルにした連続培養装置などを工夫する必要がある。

5. 食物繊維の有効エネルギー量評価にあたっての基本的な考え方

1) 発酵・吸収されるオリゴ糖の有効エネルギー量

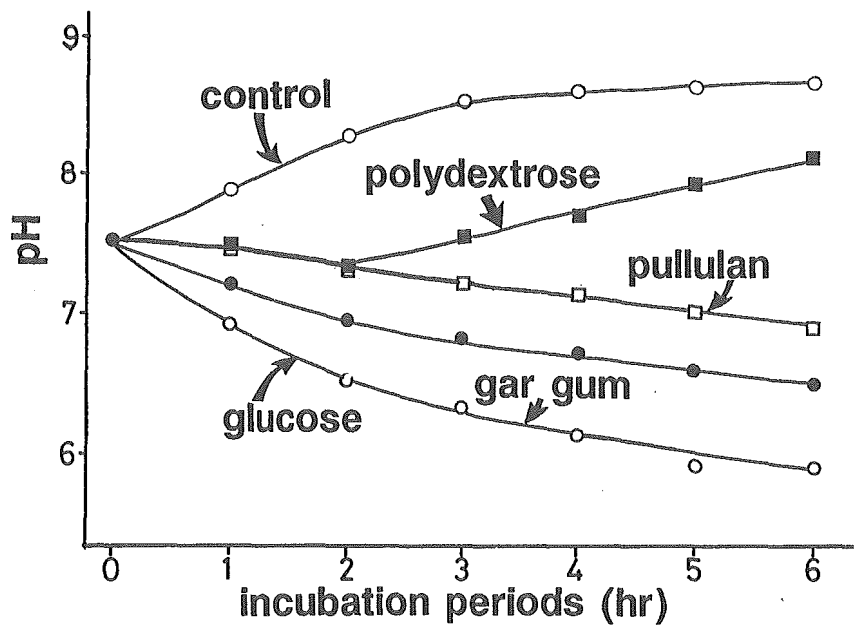


図 10. ラット盲腸内容物を用いた食物繊維培養実験における pH の変化

難消化性オリゴ糖が腸内細菌によって発酵を受けると、図 4 に示したように、短鎖脂肪酸、炭酸ガス、メタンガス、水素ガスなどが生成される(7)。これらの生成物のうち短鎖脂肪酸のみが大腸から吸収され、肝臓などの臓器で酸化され、利用される。難消化性オリゴ糖の発酵過程で炭酸ガスやメタンガスなどを生じたり、菌体成分として取り込まれるので、有効エネルギーの損失が生じるのは明らかである。現在のところ、動物実験飼料の糖質の一部を当該糖質で置換して体重増加量から相対的にエネルギー量を推算したり(11)、糖質の発酵式から算出したり(12)、公表された飼育実験や代謝実験のデータなどから総合的に判断して有効エネルギー量を求めている状態である。

糖質のエネルギー換算係数は消化吸収率によって変動するので、部分的に消化吸収される糖質はその程度を明らかにする必要がある。消化吸収される糖質は 4 kcal/g とし、消化吸収を免れて大腸に到達して発酵を受ける糖質はすべて 2 kcal/g に相当するとされている(12)。例えば、50% が消化吸収され、50% が大腸に到達する糖質の有効エネルギー量は、 $4 \text{ kcal/g} \times 0.5 + 2 \text{ kcal/g} \times 0.5 = 3 \text{ kcal/g}$ となる。消化されないオリゴ糖は 100%大腸に到達して発酵を受けるので、有効エネルギー量は、 $2 \text{ kcal/g} \times 1.0 = 2 \text{ kcal/g}$ となる。栄養改善法の一部改正にともなう加工食品の栄養表示のエネルギー計算には、このような考え方に基づいて算出された甘味糖質のエネルギー換算係数が用いられている(12)。

食物繊維は消化されないので、有効エネルギーの差異は発酵性によって変化すると考えられる。その発酵性は、ヒトや動物を用いた出納実験や呼気水素ガス排出量、糞便培養による発酵分解性などから総合的に推定して算出することになる。

2) 食物繊維のエネルギー量の変動要因

食物繊維はその種類によって発酵分解性が異なるので、食物繊維のエネルギー評価にあたっては、まず各食物繊維素材の発酵分解性を明らかにする必要がある。食物繊

維の発酵分解性はヒトあるいは動物に摂取させて、糞便へ排泄される量を調べる出納法によって理論的には測定することが可能である。しかし、その分解性は腸内細菌叢によって変化するために個人差・個体差がきわめて大きく、莫大な時間と経費が掛かるにもかかわらず、期待した結果が得られ難いという弱点がある。

食物繊維は、難消化吸収性オリゴ糖や糖アルコールと同様に、ほとんどが発酵を受けて短鎖脂肪酸を介して利用されるペクチンのようなものと、セルロースのようにほとんど腸内細菌による発酵分解を受けないもの、その中間的なものがある。発酵分解を受けて利用される食物繊維のエネルギー量を 2 kcal/g とすれば、難消化吸収性オリゴ糖や糖アルコールと整合性を持たせることができる。これに対して、発酵分解を受けない食物繊維は短鎖脂肪酸を生成しないのでエネルギー量は 0 kcal/g となる。

問題は中間的な発酵分解を受ける食物繊維の扱いである。特に、海藻類の食物繊維は水溶性と不溶性が分離定量しにくいので厄介である。海藻由来の食物繊維は、寒天を例にとって考えると判るように、腸内細菌による発酵分解をきわめて受けにくい。しかし、部分加水分解をして分子量を小さくすると溶解性を増すと同時に発酵分解性も増大することが考えられる。また、水溶性食物繊維であっても高分子のものは発酵分解性の低いものがある。これらの食物繊維のエネルギー量を評価するためにはその発酵分解性を明らかにする必要がある。

食物繊維の発酵分解性はヒトならびに動物を用いた実験によってある程度推定することができる。また、ヒトならびに動物の糞便培養によっても発酵性のある程度推定することができる。しかし、ヒトならびに動物の腸内細菌叢は性、年齢、食事内容、ストレス、体調などによって著しく異なるので(8)、特にヒトを用いて食物繊維の発酵分解性を観察する場合は、対象とする被験者の性や年齢、サンプル数などを規定する必要がある。この発酵性のチェックをどのように行うかが食物繊維エネルギー評価のキーポイントとなると考える。難消化性糖質のエネルギー評価法として、動物飼料にある一定量の消化性糖質を対照として添加し、この消化性糖質の代わりに食物繊維を用いて pair-feeding し、体重増加量から相対的に有効エネルギー量を評価する方法がある(11)。基礎的なデータを得るためには一度は実施すべき方法であるが、この方法によるエネルギー評価は実験の進め方によってかなり変動が大きくなり、また手間がかかるので実際的ではない。このため、難消化吸収性オリゴ糖や糖アルコールなどについてはその消化吸収性と発酵性を配慮してエネルギー換算係数を暫定的に算定している(12)。このときの基本的な考え方は、発酵吸収されるものは 2 kcal/g とし、消化吸収されるものは 4 kcal/g とすることである。

3) 食物繊維のエネルギー評価法の考え方

以上、述べたような問題を考慮して、食物繊維のエネルギー評価を暫定的に次のようにしてはいかがかと考える。ご存じのように、食物繊維は他の栄養素の消化吸収を阻害するために、全体としてはエネルギー量を減らすように作用する。しかし、その作用は微弱であるので、そのような阻害作用による影響は無視してもあまり数値に大きな影響を与えないと考える。なお、エネルギー評価を行う場合の食物繊維定量は、図 1 1 に示すように、文部科学省の日本食物標準成分表に用いている Prosky 法(13)や AOAC 公定法(14)に準じて行うことを原則とする。

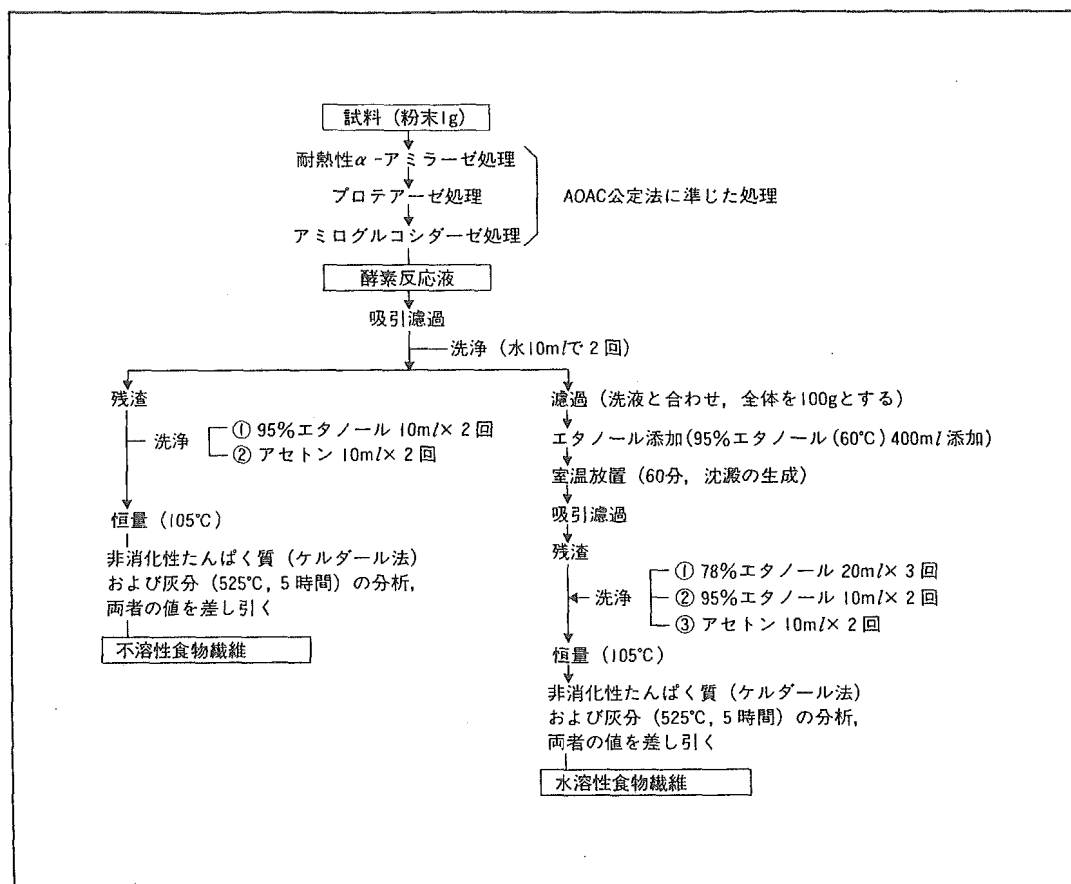


図 1 1. 水溶性と不水溶性食物繊維に分画して定量する Prosky 変法

- ①水溶性食物繊維のうち、完全に発酵分解を受けるものは 2 kcal/g として取り扱う。
- ②発酵分解を受けない不水溶性食物繊維は、原則として 0 kcal/g とする。
- ③発酵分解性が明らかな食物繊維については、それに基づいてエネルギー量を算出し、小数第一位を四捨五入して整数化する。

つまり、食物繊維のエネルギー値は 0 kcal/g, 1 kcal/g, 2 kcal/g のいずれかにする。なお、発酵性や利用性が不明な食物繊維素材については当分の間 4 kcal/g として取り扱う。

水溶性食物繊維であっても完全に発酵分解されないものがあり、また不溶性食物繊維であっても一部が発酵分解を受けるものもある。したがって、易発酵性の水溶性食物繊維は完全に発酵分解されると見なし、不溶性食物繊維は全く発酵分解を受けないものと見なし、差引きすればそれ程大きな誤差は生じないと考える。さらに、食物繊維の発酵分解性は摂取量の多寡によっても影響されるが、1回の摂取量はせいぜい数 g 程度であり、さらに水溶性食物繊維は全体の 1/4-1/5 程度であるので、完全に発酵分解されるとして取り扱ってもあまり問題はないと考える。ここで示した食物繊維のエネルギー評価法はいくつかの仮定の上に成り立っており、多くの問題を含んでいる。

6. 食物繊維素材のエネルギー評価

1) 食物繊維素材のエネルギー評価の基本的な考え方

市販されている食物繊維素材には、天然の重合度の大きいもの、合成した比較的分子量の小さいもの、デンプンやデキストリンを加工した比較的分子量の小さいものなどがある。また、合成した食物繊維素材およびデンプンやデキストリンを加工した食物繊維素材などは、単糖や二糖、オリゴ糖などを含んだものがほとんどで、食物繊維といっても消化性糖質を含んでいる。このため、酵素重量法による食物繊維定量において、これらの単糖やオリゴ糖は除外される。しかし、これらの食物繊維素材を使用した加工食品の食物繊維定量においては、添加した食物繊維素材に基づいて添加量を算出し、原材料のエネルギー換算係数を乗じてエネルギー量を求めるために、エネルギー算出が煩雑になっている。それゆえ、ここではこれらの食品素材に含まれている食物繊維それ自身についてのエネルギー評価を行ない、一緒に含まれている消化性の単糖やオリゴ糖は評価の対象から除外する。

例えば、ポリデキストロースは、消化吸収される単糖やオリゴ糖約 25%、発酵される難消化性オリゴ糖約 20%、発酵分解を受けない多糖約 55%などから成る(15)。したがって、ポリデキストロースを使用した加工食品の食物繊維を定量すると、食物繊維は 75%しか定量できない。栄養成分表示では、ポリデキストロースを用いた加工食品のエネルギー量を表示するために、食物繊維定量法で測定できた量から原材料のポリデキストロース量を換算し、これにポリデキストロースのエネルギー換算係数 1kcal/g を乗じて求めている。それゆえ、今回はこのような煩雑さを取り除くために、消化酵素で消化されない食物繊維部分の本体 75%のみについてエネルギー評価を行なうようにすべきと考える。ポリデキストロースは、消化吸収分を 25%含むので、これに相当するエネルギー量は $1 \text{ kcal/g} (4 \times 0.25 = 1)$ となり、発酵糖質 20%に相当するエネルギー量は $0.4 \text{ kcal/g} (2 \times 0.2 = 0.4)$ となり、発酵分解されない 55%分のエネルギーは 0 kcal となるので、ポリデキストロース素材のエネルギー量は 1.4 kcal/g となる。すなわち、四捨五入すると 1 kcal/g となり、従来から用いられていたエネルギー値(16)と等しくなり、問題はない。

同様に、天然素材から抽出した食物繊維素材には、たんぱく質、脂質、デンプンなどを少量含んだものがある。これらを加工食品に使用した場合、他の食品素材の脂質やたんぱく質と一緒に定量され、食物繊維としては定量されない。したがって、消化吸収される栄養成分を含む食物繊維素材であっても、加工食品に含まれる食物繊維として定量できるものについてのみエネルギー評価すれば、煩雑さが除外できるので、実用的である。

2) 食物繊維素材のエネルギー換算係数

上記に示した考え方によって食物繊維のエネルギー評価をするためには、食物繊維素材の成分組成を明確にするとともに、それに含まれる食物繊維についての発酵性を明らかにする必要がある。発酵性はその食物繊維から生成される短鎖脂肪酸量を推算する根拠となるからである。食物繊維の種類によって生成される短鎖脂肪酸組成が異なることが考えられるが、その違いによる差異は僅かであるので無視してもあまり

問題にはならない。

ここえしめしたれらの考え方によって、現在わが国で市販されている食物繊維素材のエネルギー換算係数を評価したものが、表4である。

このエネルギー評価法は暫定的なものであるので、今後新しい評価法が確立されれば当然のことながらそれを用いて評価し直す必要がある。

7. 引用文献

- 1) 厚生科学省生活衛生局：栄養表示基準の制定に関する資料. p.4-5(1996).
- 2) 科学技術庁資源調査会編：5訂日本食品標準成分表、おおくら省印刷局、(2000).
- 3) Roberfroid, M.B.: Concepts in functional foods: The case of inulin and oligofructose. *J. Nutri.*, 129;1398s-1401s (1999).
- 4) Oku, T., Tokunaga, T., Hosoya, N.: Nondigestibility of new sweetener "Neosugar" in the rats. *J. Nutr.*, 114;1574-81(1984).
- 5) Tokunaga, T., Oku, T., Hosoya, N.: Utilization and excretion of a new sweetener fructooligosaccharides (Neosugar) in rats. *J. Nutr.*, 122;553-59 (1989).
- 6) Oku, T.: Oligosaccharides with beneficial health effects. *Nutr. Rev.*, 54;s59-66(1996).
- 7) McNeil N. I.: The contribution of the large intestine to energy supplies in man. *Am. J. Clin. Nutr.*, 39:338-342(1984).
- 8) 光岡知足：腸内のドラマ、ヤクルト本社(1981).
- 9) Titgemeyer, E. C., Bourquin, L. D., Fahey, G. C. Jr., Garleb, K. A.: Fermentability of various fiber sources by human fecal bacteria in vitro. *Am. J. Clin. Nutr.*, 53:1418-1424(1991).
- 10) Bourquin, L. D., Titgemeyer, E. C., Fahey, G. C., Garleb, K. A.: fermentation of dietary fiber by human clonic bacteria: Disappearance of short-chain fatty acid production from, and potential water-holding capacity of, various substrates. *Scand. J. Gastroentrol.*, 28: 249-255(1993).
- 11) Bschauser, F., Spengler, M.: Energetische Nutzung von Palatinin, *Dtsch Zahnarz Z.*, 2: s141-144 (1987).
- 12) 奥恒行：難消化吸収性糖質の有効エネルギー量について、*栄養学雑誌*, 54:143-150(1996).
- 13) Prosky, L., Asp, N. G., Schweizer, T. F., DeVeries, J. W., Furda, I.: Determination of insoluble, soluble, and total dietary fiber in foods and food products: Interlaboratory study. *J. Assoc. Off. Anal. Chem.*, 71: 1017-1026(1988).
- 14) AOAC Official Methods in Official Methods of Analysis of AOAC International 17th ED., AOAC International, Gaithersburg (2000).
- 15) 奥恒行、細谷憲政：低エネルギー食品素材ポリデキストロースの生体利用。ファイザー(株)資料(1983).

表4. 食物繊維素材の有効エネルギー量推定値

No.	食物繊維素材名	商品名	推定エネルギー (kcal/g)	企業名	備 考
1	アラビアガム	アラビアガム	1	コロイド ナチュレール ジャパン(株)	初頭およびリグ人を対象とした飼育実験より、そのエネルギーを0-1kcal/gと推定している。また、部分発酵されるので、1 kcal/g程度が妥当と考える。
2	アルギン酸ナトリウム	コレカット	0	(株)カイゲン	14C-化合物を投与したラット糞便からの回収率は、85-91%、他の実験においても90%であるので、発酵分解率は10%程度。2x0.1=0.2 kcal/g となる。
3	寒天	寒天	0	伊那食品工業(株)	多くの資料はきわめて発酵分解しにくいことを支持しているが、分解しても10%以下。したがって、2x0.1=0.2 kcal/gとなる。
4	キサンタンガム	ザンサンガム	0	大日本製菓(株)	14C-化合物のラット投与で、15%が呼気に回収。85%が便に排泄とすれば、2 x 0.15=0.3 kcal/gとなる。自社製品を用いた実験データを資料として添付すること。
5	ジェランガム	ジェランガム	0	大日本製菓(株)	14C-化合物のラット投与で、86%が便に回収されている。2 x 0.14=0.28 kcal/gとなる。自社製品を用いた実験データを資料として添付すること。
6	タマリンドシードガム	タマリンドシードガム	2	大日本製菓(株)	他社からに資料などを見ると、発酵分解受けるので2 kcal/gが妥当と考える。根拠となる資料が少ない。
7	グアーガム(グアーフラワー、グアルガム)	グアーガム	2	太陽化学(株)	当該素材についての発酵分解性を示すデータが乏しい。人糞便pHを低下させるので比較的発酵分解されやすいを考える。2 kcal/gに近いと判断する。
8	グアーガム酵素分解物	グアーガム酵素分解物	2	太陽化学(株)	グアーガム分解物は、グアーガム以上に発酵分解を受けやすいので、2 kcal/gが妥当。
9	コーンファイバー	セルファー	—	日本食品加工 株式会社	発酵分解性を直接推定できる資料がないので、今後再検討する。
10	水溶性コーンファイバー、アラビノキシラン	セルエース	—	日本食品加工 株式会社	セファーと同様に、発酵分解性を推定できる資料がない。
11	コ小麥胚芽		4.0	日清フアルマ(株)	判断する資料がないが、消化吸収されると考えられる。
12	コ小麥ふすま		—	日清フアルマ(株)	自社製品の内容を示す分析値などの資料および自社製品を用いた実験データの資料を添付する必要がある。
13	サイリウム種皮		0	日清フアルマ(株)	本製品の発酵分解性に関する直接的な資料はないが、他の企業の製品と共通性があるので、同じエネルギー量とした。

13	サイリウム種皮	0	日清アルマ(株)	本製品の発酵分解性に関する直接的な資料はないが、他の企業の製品と共通性があるので、同じエネルギー量とした。
14	サイリウム種皮	0	日清食品(株)	きわめて発酵分解され難く、分解率は10%以下。
15	湿熱処理でんぷん(難消化性でんぷん)	2	日本食品加工株式会社	発酵分解性に関する直接的な資料はないが、100%発酵を受けると仮定して2 kcal/g。
16	specialty dextrin	—	ロケットジャパン(株)	人あるいは動物を使った分解性の資料を添付する必要がある。その上で再検討する。
17	水溶性大豆食物繊維(WSSF)	2	不二製油(株)	ラットにおける発酵分解率は92%であるので、 $2 \times 0.92 = 1.84$ kcal/gとなる。
18	セルロース	0	旭化成(株)	セルロースは結晶セルロースによって発酵分解性が多少異なるが、14C-化合物の人およびラット投与で、ほとんどが糞便から回収。ほとんど発酵利用されない判断する。
19	難消化性デキストリン	1	松谷化学工業(株)	パインフアイバー化合物の発酵分解性は30-60%程度であるので、一連の素材のエネルギー量には多少の差異があるが、いずれも1 kcal/gが妥当であると判断する。
20		1	松谷化学工業(株)	同上
21		1	松谷化学工業(株)	同上
22		1	松谷化学工業(株)	同上
23	ビートフアイバー	1	日本甜菜製糖(株)	セルロース、ヘミセルロースを主成分とするビートフアイバーは、豚およびラットにおいて約50%程度発酵分解を受けるとして、 $2 \times 0.5 = 1.0$ kcal/gとなる。
24	プルラン	2	(株)林原生物化学研究所	資料によると1-2 kcal/gとしているが、他の難消化性オリゴ糖などと比較して、その発酵分解性から2 kcal/gが妥当と考える。
25	プルランPR-5(試薬用)	2	(株)林原生物化学研究所	基本的には食品用と変わらないので、2 kcal/gが妥当と考える。
26	ポリデキストロース	0	ライテス	製品に含まれる食物繊維含有量は平均75%。14C-化合物投与による人およびラット糞便からの回収率は55%。発酵分解率は75-85=20%。 $2 \times 0.2 = 0.4$ kcal/g程度と推定される。製品のエネルギーは、25%が消化吸収分となるので、 $4 \times 0.25 = 1$ kcal/gになる。
27	難消化性澱粉	—	日本エスエスシー(株)	自社製品の内容を示す資料および自社製品を用いた実験データの資料を添付する必要がある。
28		—	日本エスエスシー(株)	同上
29		—	日本エスエスシー(株)	同上

- 16) Figdor, S.K., Bianchine, J.R. : Caloric utilization and disposition of [14C]-polydextrose in man. J. Agric. Food Chem., 31;389-393 (1983).