

秋季藻類シンポジウム (2005. 11. 30) 「海藻と健康」講演

辻 啓介：食物繊維の知識 — 海藻とコレステロール胆石 —

食物繊維は小腸までで吸収利用されない食品成分である。従来非栄養素として何の役にもたないと言われてきた。しかし、近年種々の生理作用があることが判明し、その保健機能に特に焦点があてられて、調査研究が進められてきた。さらに栄養機能としての位置づけや感覚機能の研究も注目されている。

食物繊維は不溶性と水溶性とに分類される。不溶性食物繊維は、便秘、憩室、大腸ガン、胃潰瘍などの消化器疾患との関連が深く、あるいは腹圧増大に起因する静脈瘤とも関係することが証明されている。一方、水溶性食物繊維は、代謝性の糖尿病、高脂血症、高血圧、コレステロール胆石などとの関連が強いことが示されている。このように食物繊維の物理・化学的性質、すなわち不溶性か水溶性かによって生体への影響は大きく変化する。

食物繊維の定義や範囲に関しては英米の対立があり、まだ多くの論議がなされており、その集約と合意にはさらに時間が必要であろうが、AACC (アメリカ穀物化学協会, 2001) などで国際的なおおよその合意は得られつつある。

最近、一般社会でも食物繊維の保健栄養的な評価が高まり、食品中の定量分析、食品への健康強調表示や栄養表示制度、あるいは栄養所要量や食事摂取基準への採用など行政的にも目覚ましい動きが見られる。

1. 食物繊維とは：図1，図2

1976年トローウェルにより食物繊維は「人の消化酵素の作用を受けない植物細胞膜の構造残渣」と定義された。すなわち、セルロース、ヘミセルロース、リグニンの合計を示すものとしてとらえられ、さらに広く植物細胞内の難消化性多糖も含まれた。その後、動物性多糖類であるキチン、キトサンなどが植物性の難消化性多糖類に似た生理的意義を有することが認められ、食物繊維を植物性食品に限定することには問題があるという考えが出てきた。これに対し、動物性食品中の食物繊維を認めるには人集団のデータである疫学調査の結果が欠如しており、安易に定義を広げることに反対する意見もあり、十分な合意には至っていなかった。しかしわが国では動物性食品中の食物繊維を認めるという考えが一般的であり、全国地方衛生研究所協議会による食物繊維の成分値も基本的にはそのような考えで作成された。そこで厚生省では第五次改定日本人の栄養所要量で、食物繊維を「人の消化酵素で消化されない食物成分」と定義し、動物性食品由来の物質も食物繊維から除外しないこととなった。一方、文部科学省の日本食品食物繊維成分表では動物性の食物繊維は除外されている。現在では厚生労働省と文部科学省の両者は合意

- | | |
|---|--|
| 1 | Trowell (1973, 1974)
植物細胞壁のうち人の消化酵素の作用を受けない成分
セルロース、ヘミセルロース、リグニン |
| 2 | Trowell (1976)
人の消化酵素により加水分解されない植物細胞の成分
セルロース、ヘミセルロース、リグニン、ペクチン、ガム質、ワックス |
| 3 | Godding (1976)
動物性食物繊維も含む |
| 4 | FDA (1987)
人の消化酵素で消化されない食物中の植物性物質の最終生産物 |
| 5 | Englyst (1988)
非デンプン多糖類 (必要に応じリグニンも加える) |
| 6 | 科学技術庁-日本食品食物繊維成分表 (1993)
人の消化酵素で消化されない食物中の難消化性成分 (植物性のみ) |
| 7 | 厚生省-第五次改訂日本人の栄養所要量 (1994)
人の消化酵素で消化されない食物成分 |

図1 食物繊維の定義の変遷

- | | |
|---|--|
| ① | ヒトの小腸で消化・吸収されないで、大腸で1部もしくは全部が発酵される植物性食成分 |
| ② | 多糖、オリゴ糖、リグニンあるいは関連する物質 |
| ③ | 抗便秘、血中コレステロール低下、血糖低下のいずれかの有益な生理機能を有する |

図2 アメリカ穀物化学協会による食物繊維の定義 (2001)

した共通の定義即ち、「人の消化酵素で消化されない食物中の難消化性成分」を使うようになっている。AACCでは約1ページにわたる長文で定義しているが、消化されることよりも吸収されないことの重要性や低分子のオリゴ糖などを含めること、抗便秘、血中コレステロール低下作用、血糖低下作用の3つの有益な機能のどれかを有することが必要とされることなどが示されている。

2. 食品中の食物繊維の定量法と含量：表1，表2，図3

定量法は基本的に Prosky らの報告した酵素・重量法が用いられている。同法は広く普及しているが、定義上は含まれるはずの成分の一部が分析上は除外される場合もある。たとえば、低分子のオリゴ糖や糖アルコール、難消化性の窒素を含む成分などである。このような点から、種々の改良法が提案されている。また、個々の食品について定量上の検討が一部加えられた。その他、湿熱の変化により消化酵素に抵抗を示す Resistant starch (難消化性デンプン, RS) の問題など

今後定量や生理機能の両面で研究を要する点もある。

日本の食品の食物繊維含量に関しては、五訂日本食品標準成分表などには Prosky 改良法などによって定量された総食物繊維値が約 439 種類の食品について掲載されている。それらの一部は不溶性と水溶性に分類されて記載されている。

3. 食物繊維の摂取現状と食事摂取基準：図 4，表 3，表 4

我が国の総食物繊維摂取量は、国民栄養調査に基づいて、1946 年以降近年にいたるまでの 50 年間にわたり、1 年ごとの総食物繊維摂取量を过らは計算している。2002 年度から

表 1 食物繊維の分類と含有食品（辻，1994）

不溶性植物繊維	高分子水溶性食物繊維	低分子水溶性食物繊維	主な含有食品
植物性			
セルロース			穀類，野菜
ヘミセルロース			ふすま，緑豆
リグニン			ココア，野菜
寒天			紅藻類
	ペクチン		果物，野菜
	グアガム		グア豆
	グルコマンナン		こんにやく
	アルギン酸ナトリウム		褐藻類
		低分子化アルギン酸	褐藻類
		低分子化グアガム	飲料
		難消化性デキストリン	パン
		ポリデキストロース	飲料，菓子
動物性			
キチン			カニ，エビ
コラーゲン			畜肉，フカヒレ
	コンドロイチン硫酸		魚肉

表 2 食物繊維定量法の適用性の比較（辻ら，1994）

難消化性糖類	粗繊維	ADF	NDF	Southgate	Prosky	酵素-HPLC
リグニン	△	○	○	○	○	○
セルロース	○	○	○	○	○	○
ヘミセルロース（不溶性）	△	—	○	○	○	○
ヘミセルロース（水溶性）	—	—	○	○	○	○
ペクチン	—	—	—	○	○	○
グルコマンナン	—	—	—	○	○	○
アルギン酸	—	—	—	○	○	○
イヌリン	—	—	—	—	△	○
難消化性デンプン	—	—	—	—	△	○
難消化性デキストリン	—	—	—	—	△	○
ポリデキストロース	—	—	—	—	—	○
フラクトオリゴ糖	—	—	—	—	—	○
ガラクトオリゴ糖	—	—	—	—	—	○
マルチトール	—	—	—	—	—	○
乳糖	—	—	—	—	—	○
ソルビトール	—	—	—	—	—	○
キチン	○	?	○	△	△	△
キトサン	—	?	○	△	△	△
コラーゲン	—	?	?	?	△	△

○：ほぼ定量可能，△：一部定量可能，—：定量不能，?：不明

RS1：アミラーゼの物理的な接触が不可能なデンプン
粗く製粉した穀類や種子など殻・膜に覆われている

RS2：アミラーゼの化学的な作用を受けにくいデンプン
生のポテト、バナナなど

RS3：老化デンプン
調理後冷えたポテト、パンなど

図3 レジスタントスターチ

は国民栄養調査によって摂取量が発表されている。それによると総摂取量は1日15gであり、水溶性と不溶性の比率は1：3となっている。

つまり、一時期、国民平均27g/日も摂取されていた食物繊維が、1995年では15g前後に減少している。その理由として、穀類の米と大麦、いも類のさつまいもの摂取が急速に減少していることが、総食物繊維摂取量の減少に大きく影響している。

第5次改訂の日本人の栄養所要量で初めて目標摂取量が策定された。成人で1日20～25g(10g/1,000kcal)と推算され、幼児や学童、高齢者についても、1,000kcal当たり10gを目安にすれば適当とされている。第6次改訂でも同様の数値が目標量として設定されたが、日本人の食事摂取基準(2005年版)では18歳以上の成人について、性別、年齢別に目安量と目標量とが設定された。基本的には従来の数値、1日1,000kcal当たり10gに推定エネルギー必要量を乗じて目安量としている。また、目安量が実際に摂取している食物繊維量と比べると大きすぎるので、摂取中央値(平成13年度国民栄養調査)と目安量との中間値をとって目標量としている。学童らは必要カロリー量1,000kcal当たり10gで目標量を算出すればよい。

4. 食物繊維の機能：図5、表5

食物繊維の種類が多いために、食物繊維の機能は多方面にわたっている。従来から物理・化学的機能と生理機能はよく知られていたが、さらに演者は食物繊維の「生物機能」を新たに提唱している。

1) 物理・化学的機能

食物繊維の物理的な機能は水分を吸着する保水性や、可溶性繊維に特有な作用である粘性を帯びることである。化学的な作用としては、イオンの結合によって各種陽イオンや陰イオンと結合する。また、非イオンの吸着したり、水素結合したりすることもある。これらの機能は食物繊維素材の粒度や加工、調理などによってその程度が変化する。

2) 生物機能

食物繊維の大きな特徴は小腸での消化・吸収を免れて、大腸内での微生物の栄養素となるものが多いことである。その

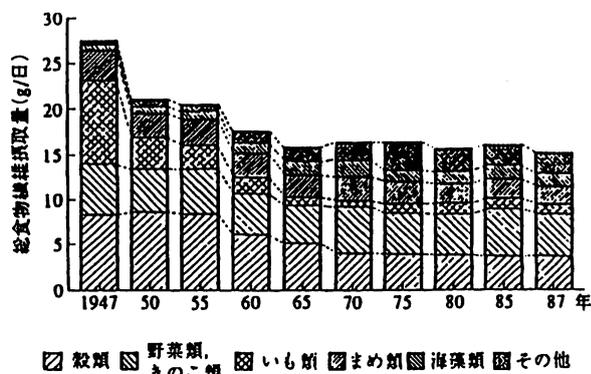


図4 各種食品群からの食物繊維摂取量の年次変化(中川ら, 1990)

表3 日本人の食事摂取基準(2005年版)食物繊維の食事摂取基準量

性別	男性			女性		
	年齢	目安量	摂取量	目安量	摂取量	目標量
18～29(歳)	27	11.3	20	21	12.2	17
30～49(歳)	26	12.7	20	20	12.8	17
50～69(歳)	24	16.1	20	19	15.9	18
70以上(歳)	19	14.5	17	15	14.7	16

摂取量は平成13年度国民栄養調査の摂取中央値

表4 栄養素摂取量の評価を目的として食事摂取基準を補足用いる場合の概念(エネルギーは除く)

	個人を対象とする場合	集団を対象とする場合
目安量(AI)	習慣的な摂取量が目安量以上の者は、不足している確率は非常に低い。	集団における摂取量の中央値が目安量以上の場合は不足者の割合は少ない。摂取量の中央値が目安量未満の場合には判断できない。
目標量(DG) ⁴	習慣的な摂取量が目標量に達しているか、示された範囲内に有れば、当該生活習慣病のリスク [*] は低い。	目標量に達していない者の割合、あるいは、示された範囲外に有る者の割合は、当該生活習慣病のリスク [*] が高い者の割合と一致する。

^{*}ここでいう「リスク」とは、生活習慣病や過剰摂取によって健康障害が発生する確率のことを指している。

結果、腸内菌叢が変化し、発酵によって生じた短鎖脂肪酸やビタミン、ガスなどが腸内のpHを変え、あるいは一部は吸収されてエネルギー源となるし、種々の栄養機能を発揮する。既知の栄養素が小腸からそのまま吸収され、機能を発揮するのは大きな違いがある。このように、食物繊維がまず「他の生物(腸内微生物)に働きかけて、その生物や生産物が宿主である生体に及ぼす機能」を「生物機能」と総称し、定

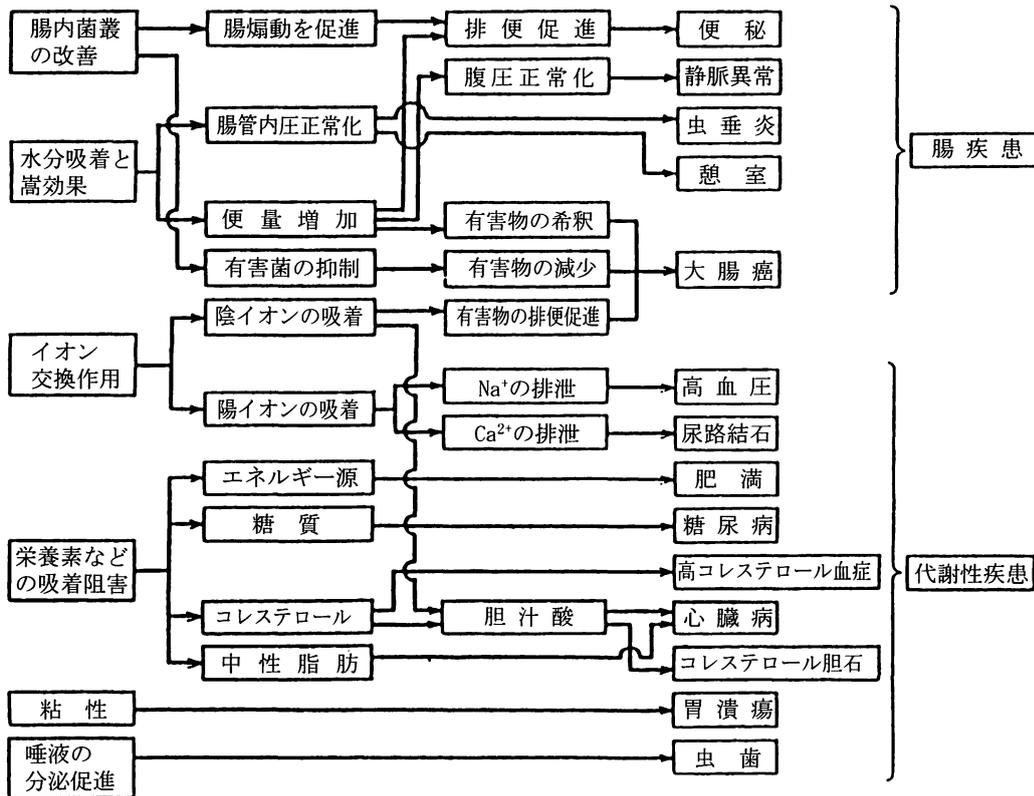


図5 食物繊維の生理作用と疾患との関連 (辻, 1988)

義づけることは意義があるものと考えられる。Probiotics や Prebiotics などすべてこの領域に入る。

3) 生理機能

物理・化学的機能と生物機能は単独あるいは複合して生体へ影響を及ぼす。その結果、消化器官を主として血液性状や種々の組織に種々の反応が生じる。

5. 食物繊維と疾病：表6, 図6

上記の物理、化学、生物の諸機能の単独あるいは複合的作用によって、消化管内や体内での種々の症状や疾病の予防、あるいは栄養効果が発揮される。前者は、便秘、大腸がん、憩室、痔疾、胃潰瘍、虫菌など、後者は肥満、高脂血症、糖尿病、高血圧、静脈瘤、胆石、尿路結石など多様な効果が観察、報告されている。

6. コレステロール胆石と食物繊維

水溶性食物繊維は血清コレステロールの上昇を抑制することはよく知られている。特に、ペクチン、グアガム、サイリウム、オートブランの有効性は世界的に合意がなされている。

筆者らは種々の食物繊維とコレステロール負荷ラットにおけるコレステロール胆石の関連を検討した結果、不溶性のセルロースには抑制効果が認められないが、水溶性のペクチンには認められることを観察した。

また、多種類の海藻とコレステロール胆石の関連を調べた

表5 食物繊維と難消化性オリゴ糖の一般的な生理作用の差異

生理作用	不溶性食物繊維	水溶性食物繊維	難消化性オリゴ糖
甘味	なし	なし	あり
咀嚼時間	長くなる	短くなる	変化なし
胃内滞留時間	やや長くなる	長くなる	変化なし
腸内pHの変化	変化なし	低下する	低下する
胆汁酸との結合	結合する(リグニン)	結合しない	結合しない
発酵性	限定的で低い	広範囲で高い	広範囲で高い
Bifidus効果	ややあり	弱い	強い
腸粘質物質	あまり増えない	多くなる	多くなる
便重量	増加させる	寄与しない	寄与しない
血清コレステロール	変化なし	低下する	低下する
食後血糖値	変化なし	上昇抑制	上昇抑制
大腸ガン	予防する	変化なし	---

(Roberfroid,M.,1993に加筆, 2000)

表6 食物繊維の種類と糞便量増加の程度

食物繊維の種類	糞便量の増加 (%)
オート麦ふすま	15
ペクチン	16~35
グアガム	20
リンゴ	40
ニンジン	59
キャベツ	67
セルロース	75
小麦ふすま(粗)	80~127
小麦ふすま(細)	24

(IFT, 1989)

結果、フノリのみの特異的に強いコレステロール胆石抑制効果を認めた。

7. 過剰摂取による害作用

一部のミネラルが食物繊維の過剰摂取によって吸収が妨げられるとされていたが、その後食物繊維は大腸内のpHを低下させ、その結果ミネラルの溶液化が促進されることが判明した。この現象はミネラルの吸収促進と関連し、前記の心配はあまりないと結論づけられた。

過剰にとると、若干お腹がゆるくなることがあるが、これは一過性でしばらく摂取を続けるとおさまる。

8. まとめ

以上をまとめると、食物繊維の保健機能は今後のさらなる研究の進展を予測されるが、その栄養機能としての役割と生体調節機能の働きとに、焦点が合されそうである。コレステロール胆石の海藻における検討はフノリの特異的な作用が浮

- 1 1日1回は出る
- 2 便量が多い(150g以上)
- 3 バナナ状(下痢でなく、兎糞状でもない)
- 4 水に浮く
- 5 力まず、気持ちよく出る
- 6 黒色よりは黄色
- 7 臭いが少ない

図6 食物繊維の足りている便の状態

上させたが、そのメカニズムなどは未だ不明であり、今後の解明が待たれる。

(兵庫県立大学大学院環境人間学研究科食品機能開発学研究室, 〒670-0092 姫路市新在家本町 1-1-12)