|||||| 総 説 |||||

食品中の食物繊維量とその利用

西 宗 高 弘, 市 川 富 夫*

大阪府立公衆衛生研究所, *国立健康・栄養研究所

Dietary Fiber Content of Foods and Its Application to the Improvement of Postprandial Blood Glucose Level

Takahiro Nishimune and Tomio Ichikawa*

Osaka Prefectural Institute of Public Health, * National Institute of Health and Nutrition

は じ め に

最近の我が国の食生活は、過剰栄養、加工食品への依存度の増大、特定栄養への過大な期待などの一般的傾向がみられる。そのような状況の中で、大腸癌や腸憩室症、虚血性心疾患、糖尿病等の成人病と食物繊維が、実験的あるいは疫学的に関係するとの報告がなされて、ヒトの健康と食物繊維の関係が注目されている。

ところで、現在の食物繊維研究の発端は、Burkittの大腸癌との疫学的関係の報告¹⁾であるといわれ、彼の仮説はその後にも補強されつつあるようにみえるが^{2,3)}、関係が確立したというには程遠い状態⁴⁾という立場もあり、はっきりと関係が証明された訳ではない⁵⁻⁷⁾というのが実状である。

現在の食物繊維の生理作用の研究の中で最も受け入れられていると思えるのは、ヒポクラテスの処方にもみられるという、小麦ふすまの使用による抗便秘作用であろう⁸⁾。しかし、疫学的に、性差、人種差、社会・経済状態などで有意に差の認められるような複雑な便秘の原因を、全て食物繊維で説明することも容易ではない⁹⁾。まず、便秘の定義が確立したとはいえず、1週に3~21回の排便は正常の範囲で、週3回未満を便秘とする提案がなされている⁹⁾。たとえこのような便秘の治療に食物繊維が有効と証明されても、発症原因との関係、つまり予防効果は、別途証明されるべきである。

このように、研究段階を脱しきっていない食物繊維の生理作用ではあるが、アメリカの食生活指針¹⁰⁾や、アメリカ¹¹⁾・イギリス・カナダ等の糖尿病学会の勧告には、食物繊維を含んだ食事が健康食として推奨されている。根拠となっている事実にはどんなものがあるのだろうか。便秘抑制作用や抗癌作用の判定、証明の困難さに比べて、食後の血糖上昇の抑制作用などは効果の判定、証明が直接可能といえる。従って、明らかに有効と判定されれば、少なくとも糖尿病患者の食事管理による症状の進行の抑制には、この性質を応用することが有用と考えられる。この場合も、発症原因と食物繊維の関係は別の問題であろう。

食物繊維の生理作用を含めた一般的な総説¹²⁻¹⁶⁾には広い分野を扱ったものが多いので、全般的な解説はそれらに譲るとして、本稿では、生理作用考察の基本となる食物繊維測定法と定量値の実状、疫学的推計の基礎となる摂取量計算の例、食品中食物繊維量の応用例として血糖上昇抑制作用について、簡単に考察してみたい。

I. 食物繊維測定法と定量値

食物繊維の定義は、欧米の研究者には Trowell^{17, 18)}の〈食品中の、消化酵素で分解されない多糖体とリグニン〉が引用されることが多く、この場合植物由来の繊維成分のみを対象とする^{13, 15)}。一方、日本では動物性食品由来の繊維成分も含めて考えることが多く、桐山¹⁹⁾、印南²⁰⁾の定義が一般的である。これらの定義から明ら

かなように、食物繊維は多くの高分子化合物を包含した概念であるから、定量法が異なれば定量される対象物質が一部異なってくる。異なった定量法で異なる物質を測った別々の研究者が、ある特定の生理作用との関係を解析しても、同じ結論は期待できない。ところが、定量法は最近まで種々のものが用いられており、現在も Southgate 法またはその変法と、酵素重量法の結果が報告されつつある。従って、食物繊維量を考える場合、どんな定量法で得られた結果かを常に考慮する必要がある。また、どんな方法で得られた結果においても、誤差の可能性についての注意²³⁾は必要であろう。なお、酵素重量法ではエタノール沈殿により析出する性質を利用しているため、重合度の低い可溶性多糖類は定量できないものが多い。

現在、日本食品標準成分表（四訂）には粗繊維量が掲載されているが、ヘミセルロースやリグニンなどの生理作用を示すといわれる成分が除外された値であるので、ほとんど用いられない。食品の成分表の中には、中性ディタージェント法²²⁾による値を掲載しているものもある²⁴⁾。ペクチンや水溶性ヘミセルロースが脱落するのでペクチンを別途測定して加える必要もあり²⁴⁻²⁶⁾、他法との対比は簡単ではない^{27, 28)}。

Southgate 法^{29, 30)}は、検体を酵素重量法と同様のアミラーゼ類で処理して消化可能な多糖を除いた後、熱湯可溶のペクチンやガム質、ヘミセルロース類、セルロース類、リグニンに分別し、単糖に酸水解の後、比色定量またはガスクロマトグラフィーを行う。多数の測定値の報告もある^{21, 35, 37, 38)}。本法の欠点は、定量操作に長時間を要する（1検体の分析に約1週間）ことである。一方、食物繊維の定義に忠実な定量法として酵素重量法があり、Furda¹³⁾、Asp³¹⁾、Prosky³²⁾らによって完成され、アメリカ AOAC 法³³⁾や AACC 法として採用されている。我々も AOAC 法を種々改良した変法を考案して我が国の主要食品の食物繊維量を測定した³⁴⁾。本法は、Furda 及び Asp のものは可溶性と水不溶性の食物繊維の分別定量法でもあったが、Prosky 法では総食物繊維の定量法となり、最近再び Prosky らにより分別定量法として用いられている³⁶⁾。

酵素重量法の1つの Asp 法ではパンクレアチンを使用するので、リパーゼ処理や2種類のプロテアーゼ処理などが含まれ、ヒトの消化過程に類似の反応を行うが、改良されてできた Prosky 法ではリパーゼは有機溶媒抽出に、プロテアーゼは1種類のみとなり、アミラーゼ処理のみが2種類となっている。この点が Prosky 法の弱点ともなっており、脱脂が不完全な場合やたん白質が消化不十分で残存した場合、結果が異常にずれた値にでたり、バラツキが非常に大きくなったりすることがある³⁴⁾。特に動物性食品の繊維成分を定量しようとすれば、この問題は無視できない。更に、可溶性食物繊維と不溶性食物繊維の分別定量を行う場合は、総食物繊維の定量が正確に行われることが前提となることから、精度の高い定量法が必要となる³⁶⁾。この場合、有機溶媒による脱脂を繰り返し実施したり、Prosky 法にペプシン処理を追加したりする必要がある³⁴⁾。

動物性食品の食物繊維量については、欧米の研究者でこの定量値を発表している例はほとんど無い。極地生活を行っている民族の中には、動物性食品中心の食生活があり得るものと考えられるので、食物繊維に生理作用を認めるとすれば、動物性食物繊維の評価も行う必要があると思われる。そこで我々は、動物性食品に酵素重量法を適用しようとした。しかし、アミノ糖含有食物繊維（キチン、キトサン、コンドロイチン硫酸等）は、Kjeldahl 法では窒素量に比例して非消化性たん白と誤認されて差し引かれることから、Kjeldahl 法の代わりに Biuret 法による非消化性たん白の定量を提案した³⁴⁾。日本人の場合は、動物性食品由来の食物繊維量は全摂取量の5%以下であった³⁹⁾。

水溶性食物繊維（SDF）と非水溶性食物繊維（IDF）の分別定量は、両者の生理作用が異なると考えられていることから、必要と考えられる³⁵⁻³⁷⁾。アメリカ糖尿病学会の勧告¹¹⁾の中に、SDF と IDF の生理作用の差による使用区分が注意されている。しかし、SDF と IDF の分別定量法は開発の途上にあり、それら相互の比率

表 1 食物繊維摂取量推定値

〈計算法による推定〉								
報告者	総食物繊維摂取量 (g)	食品摂取量	食物繊維含量				文献	
蓑輪真澄, 他	18.8	1980国民栄養調査	Paul and Southgate (1978)				45)	
Ohi et al.	約24	1980国民栄養調査	Paul and Southgate (1978), 中村尚夫 (1981), 森 文平 (1981)				50)	
Innami et al.	約14	1980国民栄養調査	NDF 法, Southgate 法等による食品の含量表 (1985)				51)	
地研協議会	17.3	1985国民栄養調査	酵素重量法による地研の繊維量表 (1989)				34)	
〈実測値による推定〉								
報告者	総食物繊維摂取量 (g)	測定法	測定試料	母数	地域	年度	試料内容	文献
Mori et al.	17.0±2.0	Southgate	陰膳	20	関東	1981	大学食堂給食, 栄養所要量適合	52)
川島満春美, 他	17.8	Prosky AOAC	マーケットバスケット		関東	1983	国民栄養調査: 食品群別摂取量により9群別に混合し分析	53)
川島満春美, 他	18.4	Prosky AOAC	陰膳	25	関東	1983	一般試料	53)
地研協議会	18.6	Prosky AOAC	マーケットバスケット		全国	1985	国民栄養調査: 食品群別摂取量により9群別に混合し調理分析	39)
地研協議会	19.6	Prosky AOAC	陰膳	12	全国		国民栄養調査: 栄養素摂取量により献立調理分析	39)
山東英幸, 他	22.8	Prosky AOAC	陰膳	97	和歌山県	1987	海沿地区 21.0 g 農村地区 22.9 g 山村地区 24.2 g	54)

は分析法, 例えばプロテアーゼ処理の有無や, 抽出溶媒 DMSO の使用によって変化するという⁴⁰⁾。従って多数の食品についての分別定量法が発表されているが^{38, 41)}, 結果については用いた方法相互の対比が問題となる可能性がある。更に, Englyst らが提案している植物細胞壁の主成分 NSP (非でんぷん多糖) がすなわち食物繊維という考え方と酵素重量法の結果とでは, 後者の値が一部食品で高く, リグニン量のみでは説明できない差が存在するという³⁸⁾。両方法の結果の差を解明することが分別定量に先立って必要と考えられる。すなわち, 総食物繊維の定量法, 定量値自体に, 研究者間の一致をみていない状態である。

II. 食物繊維摂取量

特定の栄養素あるいは健康阻害因子と健康あるいは病的状態との関係を検討する場合, その栄養素や有害因子の摂取量を評価することがまず前提となるものであろう。しかし食物繊維に関する摂取量評価は, 研究者間でたいへん大きい幅が存在する。

表 2 Fiber

No.食 品 名	Fiber index	No.食 品 名	Fiber index	No.食 品 名	Fiber index
1.オートミール	39	41.やまのいも	50	81.ほんまぐろ(赤身)	—
2.精白押し麦	51	42.長芋	52	82.かき	58
3.切断白麦	50	43.黒砂糖	(288)	83.いか(生)	—
4.小麦粉(薄力粉)	(79)	44.はちみつ	—	84.干しえび(皮付き)	9
5.食パン	57	45.チョコレート	48	85.素干しさくらえび	—
6.コッペパン	65	46.カシューナッツ	33	86.蒸しかまぼこ	55
7.ライ麦パン	40	47.ごんなん	(98)	87.焼き抜きかまぼこ	(82)
8.ファイバーパン	—	48.くり	40	88.ちくわ	72
9.ぶどうパン	51	49.甘ぐり	36	89.さつま揚げ	(96)
10.ロールパン	69	50.ごま(乾)	7	90.輸入牛かた(脂身なし)	—
11.うどん	(83)	51.ごま(いり)	12	91.若鶏もも(皮つき)	—
12.うどん(ゆで)	60	52.落花生(乾)	17	92.若鶏もも(皮なし)	—
13.干しうどん	(78)	53.落花生(いり)	16	93.豚大型もも(脂身なし)	23
14.ひやむぎ(乾)	(78)	54.ピーナッツバター	23	94.混合プレスハム	38
15.中華めん	(81)	55.あずき(乾)	23	95.混合ソーセージ	27
16.中華めん(ゆで)	69	56.いんげんまめ(乾)	20	96.鶏卵(全卵)	34
17.中華めん(蒸し)	(83)	57.うずら豆煮豆	37	97.牛乳	59
18.油揚げ乾燥めん	68	58.えんどう(ゆで)	27	98.乳飲料(フルーツ)	(168)
19.加熱即席めん	(79)	59.そら豆(乾)	19	99.ヨーグルト(全脂無糖)	(92)
20.マカロニ	69	60.おたふく豆	42	100.乳酸菌飲料(殺菌乳製品)	—
21.小麦はいが	26	61.大豆(乾)	13	101.脱脂粉乳(国産)	(104)
22.パン粉	60	62.大豆(ゆで)	9	102.プロセスチーズ	16
23.玄米	66	63.脱脂大豆	17	103.グリーンアスパラガス	15
24.半つき米	76	64.きな粉	13	104.アスパラガス(缶詰)	20
25.七分つき米	(92)	65.豆腐(木綿)	8	105.さやいんげん	15
26.精白米	(134)	66.豆腐(絹ごし)	28	106.えだまめ	15
27.もち	(160)	67.焼き豆腐	5	107.さやえんどう	20
28.赤飯	64	68.生揚げ	—	108.グリーンピース(缶詰)	15
29.米ぬか	15	69.油揚げ	13	109.おおさかしりな	7
30.そば(ゆで)	53	70.かんもどき	10	110.オクラ	11
31.干しそば	51	71.凍り豆腐	—	111.かぶ根	20
32.ポップコーン	32	72.糸引納豆	8	112.かぶ根(塩漬け)	23
33.コーンフレーク	72	73.甘みそ	39	113.日本かぼちゃ	20
34.板こんにゃく	6	74.赤色辛みそ	19	114.カリフラワー	20
35.しらたき	—	75.おかから	3	115.かんぴょう	16
36.さつまいも	47	76.調製豆乳	56	116.きく	19
37.さといも	31	77.あじ	—	117.キャベツ	24
38.じゃがいも	47	78.さけ	—	118.きゅうり	17
39.ポテトチップス	53	79.さば	—	119.きゅうり(ぬか漬け)	16
40.コーンスターチ	(219)	80.さんま	7	120.きょうな	11

注) 食物繊維/糖質比が0.03未満の食品のFiber indexは、()で示した。

糖質含量が日本食品標準成分表(四訂)で得られない場合または0の場合、—で示した。

まず、評価のために用いられる食物繊維含有量データや、定量方法が統一されていない。計算で推計する場合は、食物繊維含有量が知られていない食品の取り扱いの方法が一定しない。摂取量(食品類別)データにも、国民栄養調査(厚生省)、食糧需給表(農水省)、アメリカのNHANES-II⁴²⁾のように複数のデータが用いられ

index					
No.食 品 名	Fiber index	No.食 品 名	Fiber index	No.食 品 名	Fiber index
121.ごぼう（水煮）	29	161.糸みつば	11	201.ほんしめじ	11
122.こまつな	—	162.みょうが	19	202.しめじ	10
123.しゅんぎく	—	163.めキャベツ	10	203.なめこ	9
124.しょうが	24	164.大豆もやし	14	204.マッシュルーム	19
125.すぐき漬	9	165.緑豆もやし	24	205.マッシュルーム（水煮）	9
126.せり	16	166.ブラックマッペもやし	15	206.あおのり	7
127.セロリー	17	167.ゆり根	24	207.あまのり	9
128.ぜんまい（ゆで）	10	168.らっきょう甘酢漬	23	208.まこんぶ	15
129.まびき菜	21	169.わけぎ	25	209.こんぶ（塩昆布）	20
130.だいこん葉	10	170.わらび（ゆで）	—	210.寒天	—
131.だいこん	20	171.あんず（乾果）	34	211.ひじき	2
132.切干し大根	23	172.いちご	30	212.もずく	1
133.たくあん漬	17	173.いちごジャム	(123)	213.生わかめ	—
134.たかな	12	174.いちじく	36	214.乾燥わかめ	1
135.たけのこ（ゆで）	22	175.うんしゅうみかん	43	215.インスタントコーヒー	26
136.たまねぎ	29	176.みかん（天然果汁）	(82)	216.コーヒー飲料	(148)
137.サラダ菜	13	177.甘がき	40	217.コンソメ（乾燥）	(93)
138.玉ちしゃ	18	178.干しがき	33	218.こいくちしょうゆ	38
139.チンゲンツァイ	16	179.キウイフルーツ	27	219.ウスターソース	(108)
140.とうがん	23	180.グレープフルーツ	44	220.濃厚ソース	60
141.とうもろこし（ゆで）	45	181.すいか	(80)	221.トマトケチャップ	71
142.トマト	27	182.すもも	47	222.マヨネーズ（全卵型）	(85)
143.トマトジュース	36	183.日本なし	41	223.カレールウ	42
144.なす	18	184.西洋なし	38	224.焼肉のタレ	—
145.なばな	14	185.バインアップル	50	225.お茶漬けふりかけ	—
146.にら	14	186.バインアップル（缶詰）	59	226.即席みそ汁	—
147.にんじん	19	187.バナナ	52	227.ぎょうざ（冷凍）	44
148.根深ねぎ	22	188.バナナ（乾果）	45	228.コロッケ（冷凍）	33
149.のぎわな（調味漬）	21	189.ぶどう	(81)	229.しゅうまい（冷凍）	50
150.はくさい	15	190.干しぶどう	56	230.ハンバーグ（冷凍）	42
151.はくさい（塩漬け）	15	191.アムスメロン	66	231.ミートボール（冷凍）	36
152.はす	49	192.マスクメロン	44		
153.パセリ	11	193.もも	49		
154.ピーマン	18	194.りんご（皮なし）	37		
155.ひろしまな	12	195.りんご（天然果汁）	(161)		
156.ふき	19	196.りんご（果汁入り飲料）	(407)		
157.ふき（ゆで）	16	197.えのきたけ	17		
158.ふだんそう	8	198.黒きくらげ	3		
159.ブロッコリー	20	199.生しいたけ	9		
160.ほうれんそう	13	200.干しいたけ	10		

る。実測する場合、陰膳方式を用いれば相当数の検体を測定する必要があるが⁸、簡便正確な測定法がない。日常食中の化学物質摂取量調査法についてのFAO/WHOのガイドライン設定委員会によれば、通常100人以上について7日間以上、すなわち最低2,100食の分析が要求される⁴³⁾。食品間の含量変動幅が小さいと考えられる

図1 食物繊維/糖質比と Glycemic index の関係

食物繊維においても、これよりは少ないが、相当数が必要と考えられる。国民栄養調査の結果を基礎に実測する場合も、平均栄養素摂取量を用いて献立をつくる方法や、食品群別摂取量に従ってマーケットバスケット方式で調理する場合などがある。また食物繊維摂取量は、地域差や社会的条件による差が比較的大きい^{34, 42, 45, 46)}ことを考えると、計算による推計が平均的摂取量の推定には適していると考えられるが、表1のように種々の実測値をどう位置づけるかが問題であろう。

平均的な日本人の摂取量を推計するために、我々は97食品類別荷重平均食物繊維含量表を作成した⁴⁷⁾。これは231の各個食品と21の摂取量比で混合した食品群（103食品を含む）の分析値を用いており、同一分析法で作成した含量表としては最も充実したものと考えられる。これを用いて1987年の平均的摂取量を試算したところ、17.37gであったが、所帯主年齢階級別の計算によると、所帯主年齢20歳代の1人所帯では13g未満と計算され、食生活に偏りがあることがわかった。このような、国民栄養調査に基づいた計算を行う限り、イギリスで指摘されたような季節変動⁴⁸⁾は別途考慮する必要がある。また、将来SDFとIDFの食品含量表が完成すれば、両者別に摂取量が推定されることが必要となる⁴⁹⁾。我が国の摂取量推定のみでも方法論的変動は上述のとおりであるので、菜食主義者と一般人の比較⁴⁴⁾など、興味ある調査も報告されているが、外国の推定値^{13, 42)}と詳細に比較することは困難であろう。

Ⅲ. 血糖上昇予測への応用

我が国の糖尿病患者は、その数約200万人ともいわれ、その90%以上がインスリン非依存性（Ⅱ型）で、最近増加傾向にあることが報告されているので、潜在患者を含めると更に多数に上るものと考えられる。これらの患者の症状の進行を阻止するためには、食事管理が重要で、食物繊維がもつ食後血糖の上昇抑制作用は、アメリカ¹¹⁾、イギリス⁵⁵⁾、カナダ⁵⁶⁾などの糖尿病学会でも患者の食事指導に取り入れている。例えば、アメリカ人全男性平均1日19g、女性13gの食物繊維摂取量に対して、患者の推奨食物繊維摂取量を1日40gまたは25

g/1,000 kcal としている。

さて糖尿病患者の献立作成には、ある食品の食物繊維量に着目すると同時に、一定糖質量の摂取に対する食後血糖上昇の程度が問題となる。これを指数として、Jenkins らは Glycemic index と呼んでいる⁵⁷⁾。彼らは当初から食物繊維の作用に着目していた^{58, 59)}にもかかわらず、食品の Glycemic index と食物繊維量の間に一定の関係は見出せなかった⁶⁰⁾。しかし、上述のとおり理想的な一定の測定法による食物繊維量の測定値が検討に用いられたかは疑わしく、同時に利用可能糖量も必ずしも正確に計算されたとはいえないと考えられたので、我々は酵素重量法で測定した食物繊維量を用いて Glycemic index と食物繊維の関係を再検討し、図1のような関係を見出した³⁴⁾。Glycemic index の測定された食品で我が国においてあまり利用されないものも多く、また、Jenkins らによって異常値の可能性があるとして述べられたデータ等を除いたので、例数は多くはないが、一定の関係が推定された。このことを逆に利用すれば、Glycemic index が測定されていない食品でも食物繊維量が測定されていれば、回帰曲線から Glycemic index が推定可能ということになる。そこで、このようにして推定した指数を Fiber index と名付けた³⁴⁾ (表2)。図から明らかなように、糖質量当たりの食物繊維が非常に小さい場合を除けば、血糖上昇抑制作用の主成分は食物繊維であるといえる。この図においては、食物繊維による抑制効果が期待できない場合の他、食品中の利用可能な炭水化物中に占める単糖類、小糖類の割合が多い時には Index 値が大きくなると考えられる。糖質量当たりの食物繊維が小さい場合でも、比較的 Index 値が低い時は、総食物繊維の中に占める SDF の割合が高い可能性がある。SDF のデータ表が完成すれば、より正確な Fiber index の予測が可能となるであろう。Glycemic index は測定にヒトを要し、個体差による変動から生じる誤差も大きいので、Glycemic index 未測定の食品について、測定されるまでの代用として Fiber index の利用が考えられる。Glycemic index は各個食品について測定されるが、献立として混合食で摂取する場合は相対量比で積算が可能である⁶¹⁻⁶⁴⁾。また、塩類の存在は Glycemic response に影響しないが⁶⁵⁾、測定には糖質量や食物繊維量に従った採血時間の延長、ヘマトクリット値による全血中血糖の変動、男女間の差、再現性その他の要因に注意が必要である⁶⁶⁾。なお、最近 Glycemic index と食物繊維量 (Southgate 改良法で測定) の関係を再解析した報告がある⁷⁰⁾。

おわりに

ヒトの健康に、どの種の食物繊維がどれほどの量必要かは、今後の研究で解明される問題である。しかし、一説に50万年ともいうヒトの誕生からの食生活の歴史を考えると、ある程度の食物繊維を含む食品に適応してきたと考えるのが自然であろう。そのうち、継続的に飽食の生活を体験できた人口は、例外的ともいえる少ない割合と考えられ、その大部分は時間的にもせいぜい最近の50年間であろう。また、菜食主義者や開発途上国の人たちが多量の食物繊維を摂取しているのをみると、有害性が著しいとは考えにくい。しかし、不確かな学説に基づいて、消費者が毎年何十億円もの余分の消費を行うのをみると、一刻も早い食物繊維の研究の進展を望まずにはいられない。最近、特定栄養素の健康への影響をヒトで調べるのに、その栄養素のみの摂取状況を量的に評価するとたいへんな誤りに導かれることが自覚され始め⁶⁷⁾、多面的な栄養素摂取量の解析が当然とされるようになってきた^{68, 69)}ので、近い将来、食物繊維を含めた栄養素群の摂取がより健康的であるという結論が確立することが期待される。

文 献

- 1) Burkitt, D. P. : *Cancer*, **28**, 3~13 (1971)
- 2) Burkitt, D. P. : *J. Nutr.*, **118**, 531~533 (1988)
- 3) Burkitt, D. P. : *Am. J. Clin. Nutr.*, **31**, S58~S64, S213~S215 (1978)
- 4) Mogadam, M. : *Am. J. Gastroenterol.*, **88**, 1346~1351 (1988)
- 5) Jacobs, L. R. : *Pro. Soc. Exp. Biol. Med.*, **183**, 299~310 (1986)
- 6) Jacobs, L. R. : *J. Nutr.*, **117**, 1319~1321 (1987)
- 7) Kuratune, M., Honda, T., Englyst, H. N. and Cummings, J. H. : *Jpn. J. Cancer Res.*, **77**, 736~738 (1986)
- 8) Council on Scientific Affairs : *Am. Med. Assoc., JAMA*, **262**, 542~546 (1989)
- 9) Johanson, J. F., Sonnenberg, A. and Koch, T. R. : *J. Clin. Gastroenterol.*, **11**, 525~536 (1989)
- 10) USDA and USDHHS : *Dietary Guidelines for Americans* 2nd ed. (1985)
- 11) American Diabetes Association : *Diabetes Care*, **10**, 126~132 (1987)
- 12) Vahoung, G. V. and Kritchevsky, D. eds. : *Dietary Fiber, Basic and Clinical Aspects* (1986) Prenum Press, New York
- 13) Dreher, M. L. : *Handbook of Dietary Fiber, An Applied Approach* (1987) Marcel Dekker, New York
- 14) Kritchevsky, D. : *Ann. Rev. Nutr.*, **8**, 301~328 (1988)
- 15) Trowell, H. C., Burkitt, D. P. and Heaton, L. eds. : *Dietary Fiber, Fiber Depleted Foods and Disease* (1985) Academic Press, London
- 16) 印南 敏, 桐山修八編 : *食物繊維* (1982) 第一出版
- 17) Trowell, H. C. : *Atherosclerosis*, **16**, 138~140 (1972)
- 18) Trowell, H. C. : *Am. J. Clin. Nutr.*, **29**, 417~427 (1976)
- 19) 桐山修八 : *化学と生物*, **18**, 95~105 (1980)
- 20) 印南 敏 : *食物繊維*/印南 敏, 桐山修八編, pp.7~10 (1982) 第一出版
- 21) Heaton, K. W. et al. : *Am. J. Clin. Nutr.*, **31**, S280~S291 (1978)
- 22) Johnson, E. J. and Marlett, J. A. : *Am. J. Clin. Nutr.*, **44**, 127~134 (1986)
- 23) Hollman, P. C. H. and Katan, M. B. : *J. Am. Diet. Assoc.*, **88**, 556~563 (1988)
- 24) 印南 敏, 他編 : *食品の食物繊維・無機質・コレステロール・脂肪酸含量表* (1985) 医歯薬出版
- 25) 石渡比奈子, 他 : *日本栄養・食糧学会誌*, **41**, 415~422 (1988)
- 26) 中村尚夫, 他 : *栄養と食糧*, **34**, 71~75 (1981)
- 27) 印南 敏, 他 : *日本栄養・食糧学会誌*, **41**, 43~49 (1988)
- 28) Visser, F. R. and Gurnsey, C. : *J. Am. Off. Anal. Chem.*, **69**, 565~567 (1986)
- 29) Southgate, D. A. T., Hudson, G. J. and Englyst, H. N. : *J. Sci. Food Agric.*, **29**, 979~988 (1978)
- 30) Englyst, H. N. : *Food Chemistry*, **24**, 63~76 (1987)
- 31) Asp, N. G. et al. : *J. Agric. Food Chem.*, **31**, 476~482 (1983)
- 32) Prosky, L. et al. : *J. Am. Off. Anal. Chem.*, **67**, 1044~1052 (1984)
- 33) Prosky, L. et al. : *J. Am. Off. Anal. Chem.*, **68**, 399, 677~679 (1985); **69**, 259, 370 (1986)
- 34) 地方衛生研究所全国協議会 : *地研協健康報告* (1989)
- 35) Anderson, J. W. and Bridges, S. R. : *Am. J. Clin. Nutr.*, **47**, 440~447 (1988)
- 36) Prosky, L. et al. : *J. Am. Off. Anal. Chem.*, **71**, 1017~1023 (1988)
- 37) Englyst, H. N. and Cummings, J. H. : *J. Am. Off. Anal. Chem.*, **71**, 808~814 (1988)
- 38) Englyst, H. N., Bingham, S. A. et al. : *J. Hum. Nutr. Diet.*, **2**, 253~271 (1989)
- 39) 地方衛生研究所全国協議会 : *地研協健康報告* (1988)
- 40) Marlett, J. A. et al. : *Am. J. Clin. Nutr.*, **50**, 479~485 (1989)
- 41) Pak, N., Agala, C. et al. : *Nutr. Rep. Int.*, **40**, 551~565 (1989)
- 42) Block, G. and Lanza, E. : *J. Nat. Can. Inst.*, **79**, 83~91 (1987)

- 43) 内山 充：食品衛生研究, **33**, 47~55 (1983)
- 44) Nieman, D. C. et al. : *J. Am. Diet. Assoc.*, **89**, 1763~1769 (1989)
- 45) 蓑輪真澄, 他：公衆衛生院研究報告, **31**, 190~195 (1982)
- 46) 太田昌徳, 他：日消誌, **82**, 51~57 (1985)
- 47) 西宗高弘, 他：厚生の指標, **37**, 39~41 (1990)
- 48) Bingham, S. : Dietary Fiber, Fiber Depleted Foods and Disease/ Trowell, H. C. et al. eds, pp.77~104 (1985) Academic Press, London
- 49) Bingham, S. et al. : *Br. J. Cancer*, **40**, 456~463 (1979)
- 50) Ohi, G. et al. : *Am. J. Clin. Nutr.*, **38**, 115~121 (1983)
- 51) Innami, S. et al. : Proc. 4th Seminar Diabetes Mellitus & Nutr., pp.189~194 (1983) Internat. Center Med. Res., Kobe Univ. Sch. Med.
- 52) Mori, B. : *Nutr. Rep. Int.*, **26**, 159~166 (1982)
- 53) 川島満春美, 他：第41回日本栄養・食糧学会総会講演要旨集 (1987)
- 54) 山東英幸, 他：第54回日本食品衛生学会講演要旨集 (1987)
- 55) British Diabetes Association : *Human Nutr. Appl. Nutr.*, **36A**, 378~394 (1982)
- 56) Canadian Diabetes Association : *J. Can. Diet. Assoc.*, **42**, 110~118 (1981)
- 57) Jenkins, D. J. A. et al. : *Diabetes Care*, **11**, 149~159 (1988)
- 58) Jenkins, D. J. A. et al. : *Lancet*, Oct. **15**, 779~780 (1977)
- 59) Jenkins, D. J. A. et al. : *Br. Med. J.*, **1**, 1392~1394 (1978)
- 60) Jenkins, D. J. A. et al. : *Am. J. Clin. Nutr.*, **34**, 362~366 (1981)
- 61) Collier, R. G. et al. : *Diabetologia*, **26**, 50~54 (1984)
- 62) Collier, R. G. et al. : *Am. J. Clin. Nutr.*, **44**, 349~352 (1986)
- 63) Wolever, T. M. S. et al. : *Am. J. Clin. Nutr.*, **43**, 167~172 (1986)
- 64) Chew, I. et al. : *Am. J. Clin. Nutr.*, **47**, 53~56 (1988)
- 65) Akanji, A. O. et al. : *Europ. J. Clin. Nutr.*, **43**, 699~703 (1989)
- 66) Gannon, M. C. et al. : *Diabetes Care*, **10**, 759~763 (1987)
- 67) Block, G. : *Prev. Med.*, **18**, 653~660 (1989)
- 68) Slattery, M. L. et al. : *Am. J. Epidemiol.*, **130**, 497~502 (1989)
- 69) West, D. W. et al. : *Am. J. Epidemiol.*, **130**, 883~894 (1989)
- 70) Wolever, T. M. S. : *Am. J. Clin. Nutr.*, **51**, 72~75 (1990)