

栄養化学

満田久輝 宮崎基嘉
編集

栄 養 化 学

満 田 久 輝 宮 崎 基 嘉
編 集

朝 倉 書 店

執 筆 者

みつ	だ	ひさ	てる	
満	田	久	輝	京都大学名誉教授・農学博士
みや	さき	もと	よし	
宮	崎	基	嘉	国立栄養研究所栄養改善部長
ふ	お	ひで	つぐ	
不	破	英	次	大阪市立大学家政学部教授・理学博士
わ	だ	まさ	ふと	
和	田	正	太	九州大学名誉教授・農学博士
すが	の	みち	ひろ	
菅	野	道	廣	九州大学農学部教授・農学博士
よし	だ	あきら		
吉	田	昭		名古屋大学農学部教授・農学博士
き	むら	しゅう	いち	
木	村	修	一	東北大学農学部教授・農学博士
かめ	たか	まさ	お	
亀	高	正	夫	東京大学名誉教授・農学博士
やす	もと	きよう	でん	
安	本	教	伝	京都大学農学部助教授・農学博士

執 筆 順

序

人間は食べるために働く。働くためには食べなければならない。人類が地球脱出に成功した今もなお、われわれは生存するために、太古の昔と同じように食べものを摂取しなければならない。栄養学はわれわれの体と食物のかかわりあいに関する科学であり、いつの世においても大切である。

栄養化学の進歩は、他の科学に劣らず、きわめて速い。ゆえに、これを解説する書物は当然新鮮味がなければならない。栄養化学に関する書物は実に数多いが、果して適切な指導書、参考書として自信をもって推薦できるものがどれ程あるだろうか。

本書は学部学生の教科書を主目的として、広範な栄養化学の全領域を、現在わが国で第一線に活躍されている最高の権威者が各専門の分野について自ら執筆されたものである。執筆者おのおのが緊密に連絡協議のうえ、複雑な事柄や相互関係の理解を容易ならしめるよう、且正確に最も新しい知識を得られるよう工夫されたものである。

申すまでもなく、栄養と食糧は車の両輪の関係にある。この点を軽視した栄養化学は、半面を忘れた、対策のない、空念仏に近いものである。この点にも留意し、真の研究業績をもち、実際に研究、教育にたずさわっている専門家が精魂こめて著述したのが本書である。

刊行にあたり協力いただいた朝倉書店の各位に深甚の謝意を表する次第である。

昭和48年初秋

編 者

目 次

I. 序 論 (満田 久輝)

1. 栄養学史	1
2. 栄養化学と自然科学	5

II. 食品成分, 体成分, 栄養素 (宮崎 基嘉)

1. 食品成分	8
(1) 一般成分	8
(2) 呈味成分	9
(3) 色 素	10
(4) 香气成分	10
(5) 有毒成分	11
2. 体 成 分	11
3. 栄 養 素	13

III. 炭 水 化 物 (不破 英次)

1. 化 学	16
(1) 单 糖 類	16
(2) 少 糖 類	19
(3) 多 糖 類	21
2. 代 謝	21
(1) 糖質の相互変化	21
(2) 解糖系とクエン酸回路	21
(3) その他のグルコース分解系	25
(4) 糖新生 (グルコースの生成)	26

(5) 血糖の調節	27
3. 栄 養	29
(1) 炭水化物の体内での行くえ	29
(2) 栄養素としての炭水化物の特徴	32
IV. 脂 質 (和田 正太・菅野 道廣)	
1. 脂質の化学	38
(1) 脂質の分類	38
(2) 脂 肪 酸	38
(3) 脂質の種類と性質	41
(4) 油脂の特数	43
(5) 油脂の変敗と加熱による変化	43
2. 脂質の代謝	44
(1) 消化吸収	44
(2) 吸収された脂質の運命	44
(3) 脂肪酸の酸化分解	45
(4) 脂肪酸の生合成	46
(5) 脂質の生合成と異化	49
(6) コレステロールの生合成と異化	49
(7) ケトーシス	50
(8) 血液および組織脂質の代謝	52
(9) 種々の栄養状態における脂質代謝	54
(10) 脂質代謝異常	54
3. 脂質の栄養	56
(1) 必須脂肪酸	56
(2) 脂質の効果	57
(3) 各種油脂の栄養価値	59
(4) 脂質の必要量	59

(5) 変敗油脂の毒性	60
-------------	----

V. タンパク質・アミノ酸

(吉田 昭・宮崎 基嘉)

1. タンパク質およびアミノ酸の化学	61
(1) タンパク質の分類	61
(2) タンパク質を構成するアミノ酸の種類	63
(3) タンパク質の構造	65
2. タンパク質の消化吸収	65
(1) タンパク質の消化	65
(2) アミノ酸の吸収	67
(3) 消化管内の内因性タンパク質	68
(4) タンパク質の消化、吸収に影響する要因	68
3. タンパク質およびアミノ酸の代謝	69
(1) 組織中の遊離アミノ酸	69
(2) タンパク質の生合成	69
(3) 体タンパク質の代謝回転	70
(4) アミノ酸の代謝	72
4. タンパク質、アミノ酸の栄養	79
(1) タンパク質栄養価とアミノ酸	79
(2) タンパク質の栄養価	83
(3) タンパク質、アミノ酸の所要量	89
(4) アミノ酸インバランスとアミノ酸の毒性	90

VI. ビタミン (その化学・代謝・栄養)

[A. 水溶性ビタミン]	(満田 久輝) 92
1. 水溶性ビタミンの種類、名称ならびに構造式	92
2. 水溶性ビタミンの諸性質	92

3. 水溶性ビタミンの代謝・栄養	92
(1) ビタミン B ₁ (サイアミン, アノイリン)	92
(2) ビタミン B ₂ (リボフラビン, ラクトフラビン)	100
(3) ビタミン B ₆ (ピリドキシン, アデルミン)	101
(4) パントテン酸	103
(5) ニコチン酸およびそのアミド	104
(6) ビオチン (Bios II, ビタミン H)	105
(7) <i>p</i> -アミノ安息香酸 (PABA)	106
(8) イノシトール	106
(9) コ リ ン	107
(10) ビタミン C	107
(11) 葉 酸	108
(12) ビタミン B ₁₂ (シアノコバラミン)	108
4. 水溶性ビタミンの所要量とその分布	109
[B. 脂溶性ビタミン]	(木村 修一) 111
5. 脂溶性ビタミンの種類, 名称ならびに構造式	111
6. 脂溶性ビタミンの理化学的諸性質	115
7. 脂溶性ビタミンの化学と生理作用	115
(1) ビタミン A (アクセロフトール, レチノール)	115
(2) ビタミン D (カルシフェロール)	121
(3) ビタミン E (トコフェロール)	124
(4) ビタミン K (フィロキノン)	127
8. 脂溶性ビタミンの所要量とその分布	129

VII. 無 機 質 (亀高 正夫)

1. 無機質の種類と分布	131
(1) 人 体	131
(2) 食 物	132

2. 無機質の一般的役割	132
(1) 生体の構成分	132
(2) 生体機能の調節	133
3. 多量無機質	136
(1) カルシウムとリン	136
(2) マグネシウム	138
(3) ナトリウムとカリウム	139
(4) 塩 素	139
(5) イ オ ウ	140
4. 少量無機質 (微量元素)	140
(1) 鉄	140
(2) 銅	141
(3) コ バ ル ト	141
(4) ヨ ウ 素	142
(5) フ ッ 素	142
(6) 亜 鉛	142
(7) マ ン ガ ン	143
(8) モ リ ブ デ ン	143
(9) セ レ ン	143
5. 無機質相互および無機質と他の栄養素との関係	144
(1) カルシウム, リン, マグネシウム	144
(2) ナトリウム, カリウム, 塩素	144
(3) 無機質とビタミン	144
(4) 無機質と酵素	145
(5) 無機質とホルモン	145
(6) そ の 他	145
6. 無機質の必要量	146

目 次

VIII. 水 (亀高 正夫)

1. 水 (水分) の分布	148
(1) 人 体	148
(2) 食 物	149
2. 水 の 出 納	150
(1) 水 の 給 源	150
(2) 水 の 排 出	151
(3) 水 の 出 納	152
3. 水 の 働 き と そ の 代 謝	152
(1) 水 の 働 き	152
(2) 水 の 代 謝	153
4. 水 の 欠 乏 と 必 要 量	154

IX. 核 酸 (安本 教伝)

1. 核酸の構造	155
(1) DNA	155
(2) RNA	158
2. 核酸の合成	159
(1) ヌクレオチドの生合成	159
(2) 合成経路の異常	161
(3) 核酸の生合成	163
3. 核酸の代謝	164
(1) プリンの分解	165
(2) ピリミジンの分解	166

X. 酵 素 (安本 教伝)

1. 酵素の種類	167
----------	-----

(1) 分類・命名法	167
(2) 補 酵 素	167
(3) 分 布	169
2. 酵素反応の特徴	169
(1) 基質特異性	169
(2) 複合酵素系	171
3. 酵素の合成	172
(1) 遺伝的基礎	172
(2) 高等動物での酵素の合成と分解	175
4. 酵素活性の調節	176
(1) 調節酵素	176
(2) イソ酵素	177
(3) 酵素タンパク質の構造変化	178

XI. ホ ル モ ン (和田 正太・菅野 道廣)

1. 脳下垂体ホルモン	181
(1) 前葉ホルモン	181
(2) 後葉ホルモン	183
2. 甲状腺ホルモン	184
3. 副甲状腺ホルモン	186
4. 副腎ホルモン	186
(1) 髄質ホルモン	186
(2) 皮質ホルモン	187
5. 膵臓ホルモン	190
(1) インシュリン	190
(2) グルカゴン	192
6. 性ホルモン	193
(1) 男性ホルモン	193

(2) 女性ホルモン	193
7. 消化に関するホルモン	194
(1) 胃液の分泌	194
(2) 膵液の分泌	195
(3) 胆液の分泌	195

XII. 消化・吸収 (安本 教伝)

1. 消化器系	196
(1) 口 腔	196
(2) 咽頭, 食道	196
(3) 胃	197
(4) 小 腸	198
(5) 大 腸	199
2. 消化管内消化	199
(1) 口 腔	199
(2) 胃	200
(3) 腸	202
3. 消化の異常	204
(1) 糞便の組成	204
(2) 消化障害	204
(3) 腸内発酵	205
4. 吸収の機構	206
(1) 腸管の形態と吸収経路	206
(2) 吸収機構の形式	208

XIII. エネルギー代謝 (不破 英次)

1. 栄養素のエネルギー	216
(1) 栄養素の燃焼熱	216

(2) 栄養素および食品の利用エネルギー	217
(3) 体内におけるエネルギー供給反応とその効率	217
(4) エネルギー源としての体成分	218
2. エネルギー代謝量	219
(1) 測定法	219
(2) 基礎代謝	222
(3) エネルギー代謝の増加因子	225
3. 1日のエネルギー消費量	230
4. エネルギー代謝量とカロリー摂取量	230
5. エネルギー所要量	231

XIV. 食品成分の栄養的相互関係 (吉田 昭)

1. タンパク質、カロリーの利用に対するタンパク質、脂肪、炭水化物の相互関係	232
(1) タンパク質/カロリー比と動物の成長、体成分の変化	232
(2) カロリー源のタンパク質節約作用	233
(3) アミノ酸による炭水化物代謝の調節	234
2. ビタミン要求量に対するタンパク質、脂肪、炭水化物の影響	235
(1) 脂肪のビタミン B ₁ 節約作用	235
(2) タンパク質の摂取とビタミン B ₆ 必要量	235
(3) タンパク質とコリンの相互関係	236
(4) ニコチン酸要求量と食餌アミノ酸のバランス	237
(5) 不飽和脂肪酸とビタミン E との関係	239
(6) タンパク質とビタミン A との関係	240
3. 食品成分とコレステロール代謝	240
(1) 栄養素成分の影響	240
(2) 非栄養素成分の影響	241
4. 食品中の有害成分の毒性と栄養条件	242

XV. 食品の栄養価

(宮崎 基嘉)

1. 食品の栄養価の考え方	243
(1) 栄養価の表示	243
(2) 食品成分表の見方	244
2. 個別食品の栄養的価値	248
(1) コ メ	248
(2) コ ム ギ	248
(3) オ オ ム ギ	249
(4) イ モ 類	249
(5) 肉 類	249
(6) 牛 乳	249
(7) 卵	250
(8) 魚 介 類	250
(9) マ メ 類	250
(10) 野菜, 果実	250

XVI. 日本人の栄養と食糧

(満田 久輝)

1. 栄養摂取量の推移	251
2. 日本人の食糧構成	253
3. 米と日本人	257
(1) 米の成分と米粒の構造	258
(2) アミノ酸・ビタミン強化米	261
(3) 米糠のタンパク質	264
(4) 米の新貯蔵, 輸送法	264
(5) 水中貯蔵および地下貯蔵	265
(6) 冬眠密着包装	268
4. 世界の人口と食糧問題対策	270

5. むすび	272
参考文献	275
付 表	281
索 引	287

I. 序 論

1. 栄 養 学 史

自然科学の進歩は、ついに人類の地球脱出に成功し、月面着陸の可能となった今もなお、われわれは生存するために太古の昔と同じように食物を摂取しなければならない。人間は食べるために働く。働くためには食べなければならない。

栄養学の始祖は他の自然科学と同じように、古代ギリシア、ローマの哲人たちといわれている。ギリシアの医聖として知られているヒポクラテス (Hippocrates) はこれらの観念論より前進飛躍させ実証的裏付けをせんと努力された点、栄養学の開祖といって差支えない。紀元前 460~300 年にヒポクラテスは現代のカロリー説の先駆ともいべき金言を残している。すなわち「成長中の身体は非常に大きな内生の熱を有しているので多量の食物を必要とする。この補給が十分でないでと体の消耗はまぬがれ得ない。老人はこの熱が弱いので少量の食物で十分である。過食するときは多量の燃料がかえって焰を消すような結果になるのであろう」と。またレオナルド・ダ・ヴィンチ (Leonardo da Vinci) の「生命ある所 かならず熱あり、熱ある所 かならず霊あり」の言葉のように、ロウソクの火が油によって補なわれているように、栄養素は貯蔵栄養素が失われた所へのみ入り込むとの鋭い洞察をすでに 1500 年代に行なっている。

近代栄養学の父祖ラヴォアジエ (A. L. Lavoisier) (1743~94) は動物の呼吸は酸化現象であると熱発生の基本的事実を明らかにした。3つの基本的物質、タンパク質、脂肪、炭水化物が生物にとって必要であると発表したのはプラウト (W. Prout) (1834) であり、そのおのおのの効果が相異なっていることを明らかにしたのはマゲンディ (F. Magendie) で、3つの基本的物質の1種類では動物は健康を維持できないことを実証している。リービッヒ (J. Liebig)

は血液となり得る栄養素のみが動物の生存発育に対して有効であると信じ、消費タンパク質の補充をもって栄養の本義であると主張した。彼の有名な最小養分律を発表したのは 1841 年である。食物に関し造形食物 (plastic food) と呼吸性食物 (respiratory food) に分けて考え、前者はタンパク質、後者は脂肪、炭水化物、アルコールをおもに含有していると発表した。ドイツの生理学者フォイト (C. Voit) はタンパク質、脂肪、炭水化物に、無機物を加えた 4 栄養素により栄養は保たれると考えた。有名なフォイトの標準食量 (タンパク質 118 g, 脂肪 65 g, 炭水化物 500 g, 熱量 3,445 Cal) を定めたのはわずか 29 歳のときである (1860)。その他栄養化学に貢献した人々は枚挙にいとまがない。

さて、栄養学史の一部ビタミン発見史についてハリス (L. J. Harris) の著 "Vitamin in Theory and Practice" をもとに概説したい。

無線電信はマルコーニ (G. Marconi)、引力はニュートン (I. Newton) が発見したというように、世人はひとつの発見と一人の名前を結びつけたがるものである。しかし発見というものはそんなふうになされるものではなくて、知識は多数の人々の貢献が集まって共通の流れとなり進歩発達するものである。たとえば壊血病は新鮮な野菜か果実によって予防治療できることはすでに約 2 世紀も前から発見されていて、1720 年クレーマー (Kramer) は 3～4 オンスのオレンジ汁をもって恐るべき船乗病を治療している。また、海軍衛生学の創設者リンド (J. Lind) 大佐 (1757) も同様の報告を残している。衰弱と麻痺を特長とする脚気は中国においては西紀前 2600 年という大昔から知られていたが、1882 年にいって軍医総監高木兼寛博士は日本海軍より脚気を駆逐した。氏は脚気はビタミン欠乏症の一種だと正確に理解していたわけではないが、平均の破れた食事に起因することを認めた事実は動かせない。くる病が食物の何らかの欠陥に基づいているとの考え方はすでに 1889 年につぎのように記録されている。「欠陥は質に関するものであって、量に関するものでない。くる病にならずに、しかも痩せこけることもあり、丸々と太った子供でひどいくる病に罹っているものもある」と。しかし不幸にも上記の発見の真の意義は