

日本食品標準成分表に見る食品分析技術の変化

久保 さつき

Changes on Food Analysis Technique in the Standard Tables of Food Composition in Japan

Satsuki KUBO

Summary

I made a comparison between the Standard Tables of Food Composition in Japan fifth and fourth revised edition in order to comprehend the latest food analysis technique. There was no change in analysis technique for water, protein, lipid, carbohydrates, and ash. On analysis technique for Fe, atomic absorption spectrometry was added to absorption spectrophotometry. On analysis technique for retinol, carotene, vitamin B₁, B₂, and C, fluorescence analysis and spectrophotometric analysis changed to high performance liquid chromatography.

1. はじめに

わが国における食品成分表の原典である「日本食品標準成分表」は、科学技術庁資源調査会が関係省庁の協力を得て作成している。「日本食品標準成分表」の初版は昭和25年9月に、経済安定本部国民食糧及び栄養対策審議会が作成したものである。改訂版は昭和29年3月に科学技術庁資源調査会が作成し、昭和38年6月には三訂版が作成された。その後、資源調査会は改定に着手し、三訂食品成分表の数値のうち見直しのすんだ部分は昭和53年～55年度にわたって三訂補成分表¹⁾として暫定的に公表してきたが、昭和57年10月、8年間にわたる調査を終了し、『四訂日本食品標準成分表』（以下、『四訂成分表』という）²⁾が発表された。

その後、『四訂成分表』には記載されていない成分について、フォローアップ調査が実施されてきた。この結果は、昭和61年に『改訂日本食品アミノ酸組成表』³⁾、平成元年に『日本食品脂溶性成分表』⁴⁾、平成3年に『日本食品無機質成分表』⁵⁾、平成4年に『日本食品食物繊維成分表』⁶⁾、平成5年に『日本食品ビタミンD成分表』⁷⁾、平成7年に『日本食品ビタミンK・B₆・B₁₂成分表』⁸⁾として発表された。

さらに、食生活の変化、食品生産・流通などの変化に伴い、栄養成分値が変化してきているものもあると考えられることから、最新の調査分析データに基づき成分値の一層の充実を図る

ことから、全面改訂が平成6年に決定された。平成12年11月、すべての調査審議が終了し、『五訂日本食品標準成分表』(以下、『五訂成分表』という)⁹⁾が公表された、『四訂成分表』の公表から18年ぶりの改定である。『五訂成分表』は、現時点における食品成分表の集大成をなすものである。

『五訂成分表』の内容は『四訂成分表』と多くの点で異なっている。収載食品については、食品群の名称変化・配列順の変更、収載食品の見直し、細分化と未収載食品の追加充実が図られている(表1)。また、収載食品の分類及び配列は大分類・中分類・小分類・細分の4段階となり、食品番号は5桁の数字となっている。収載成分項目については、多くの変更が行われている。成分項目の追加と廃止(表2)、項目の配列順の変更、単位の変更、エネルギー換算係数の個別食品への適用の変化等である。また、それぞれの成分の測定方法にも変更がみられる。

『四訂成分表』作成時には、基礎データを得るための各種食品の成分分析は1機関のみの担当であった。しかし、『五訂成分表』の作成に当たっては、食品成分項目の増加とともに食品数も多くなったため、成分分析を担当する機関を4機関に増やし、分担して行うことになった。このため、分析機関間の分析値の相違を解消する手段として標準的な分析方法を定めることになり、『五訂日本食品標準成分表分析マニュアル』(科学技術庁資源調査会食品成分部会資料)(以下、『分析マニュアル本文』という)が策定され、平成9年1月に公表された。

本論文では、上記『分析マニュアル本文』の解説書¹⁰⁾を参考にして、『四訂成分表』と『五訂成分表』作成時の成分分析法を比較することにより、分析技術の変化について考察する。今回比較する項目は、一般成分と無機質、ビタミン類とした。

表1 食品群別収載食品数の変化

食 品 群	三訂成分表	三訂補成分表	四訂成分表	五訂成分表
1 穀 類	74	99	134	143
2 イモ及びでん粉	17	23	34	40
3 砂糖及び甘味料	17	18	25	23
4 豆 類	37	42	61	73
5 種 実 類	23	27	35	37
6 野 菜 類	128	201	255	326
7 果 実 類	76	86	133	156
8 き の こ 類	13	25	31	36
9 藻 類	26	27	44	47
10 魚 介 類	205	277	333	388
11 肉 類 ¹⁾	65	131	207	244
12 卵 類	7	7	20	20
13 乳 類	32	40	50	52
14 油 脂 類	6	8	7	22
15 菓 子 類	85	90	14	120
16 し好飲料類	50	49	65	55
17 調味料及び香辛料	17	32	55	84
18 調理加工食品類 ²⁾	-	-	18	16
合 計	878	1,182	1,621	1,882

¹⁾ 四訂成分表以前は獣鳥鯨肉類

²⁾ 四訂成分表以後追加

表2 収載成分項目の比較

成分項目	四訂成分表	五訂成分表	成分項目	四訂成分表	五訂成分表
[廃棄率]	○	○	[ビタミン]		
[エネルギー]			ビタミンA		
キロカロリー	○	○	レチノール	○	○
キロジュール	○	○	カロテン	○	○
[一般成分]			レチノール当量	○(A効力)	○
水分	○	○	ビタミンD	○(別表)	○
たんぱく質	○	○	ビタミンE	-	○
脂質	○	○	ビタミンK	-	○
炭水化物	-	○	ビタミンB ₁	○	○
糖質	○	-	ビタミンB ₂	○	○
繊維	○	-	ナイアシン	○	○
灰分	○	○	ビタミンB ₆	-	○
[無機質]			ビタミンB ₁₂	-	○
ナトリウム	○	○	葉酸	-	○
カリウム	○	○	パントテン酸	-	○
カルシウム	○	○	ビタミンC	○	○
マグネシウム	-	○	[脂肪酸]		
リン	○	○	飽和	-	○
鉄	○	○	一価不飽和	-	○
亜鉛	-	○	多価不飽和	-	○
銅	-	○	[コレステロール]	-	○
マンガン	-	○(別表)	[食物繊維]		
食塩相当量	○(別表)	○	水溶性	-	○
			不溶性	-	○
			総量	-	○

○印は収載されている項目

2. 水分の定量

食品の水分は、食品分析において最も基本的な測定項目の1つである。『五訂成分表』における水分測定に用いられている方法は、加熱乾燥法、蒸留法及びカールフィッシャー法に大別される。中でも加熱乾燥法は、古くから多くの食品に適用されている方法であり、『五訂成分表』においても食品の種類別に測定条件が設定され、基準法として適用されている。

加熱乾燥法は、常圧加熱乾燥法と減圧加熱乾燥法がある。常圧加熱乾燥法は、直接法とケイ砂を加える乾燥助剤添加法、アルミニウム箔製秤量容器を用いるアルミニウム箔法がある。減圧加熱乾燥法は、直接法と乾燥助剤添加法がある。これら加熱乾燥法は、恒量法と一定時間加熱法があり、加熱温度が常圧加熱乾燥法では100～140℃、減圧加熱乾燥法では70～100℃で行われる。前処理方法も含め、分析の詳細が『分析マニュアル本文』に記載されている。

『四訂成分表』における分析法との違いは、砂糖類・油脂類・みそ類・ラー油にカールフィッシャー法を加えていることと、野菜が常圧加熱法から減圧加熱法に変わったことがあげられる。しかし、基本的に分析方法に変化はなかった。

3. たんぱく質の定量

食品中のたんぱく質の定量では、食品中の全窒素を定量し、各食品に応じた窒素-たんぱく質換算係数を乗じてたんぱく質含有量とするのが一般的である。これには、たんぱく質が一定（約16%）の割合で窒素を含有し、食品中のたんぱく質以外の主要成分は窒素を含まないことが前提となっている。

全窒素の定量法としては、古くから知られているケルダール法が一般的である。食品分析分野で用いられる代表的な方法は、マクロ改良ケルダール法、サリチル酸添加改良ケルダール法、ミクロ改良ケルダール法であるが、食品にはマクロ改良ケルダール法が一般的である。自動分析装置を用いて定量を行う方法もあるが、原理は、改良ケルダール法と同じであり、ケルダール法による分解装置と自動蒸留・滴定装置とを組み合わせたものである。ケルダール分解後、分解液を自動滴定装置にセットすれば、その後の全過程が自動で行われるので、大変便利である。

表3 窒素-たんぱく質換算係数

食 品 群	食 品 名	換 算 係 数
穀 類	アマランサス ¹	5.30
	えんぱく	
	オートミール	5.83
	おおむぎ	5.83
	こむぎ	
	玄穀, 全粒分	5.83
	小麦粉, フランスパン,	5.70
	うどん・そうめん類,	
	中華めん類, マカロニ,	
	スパゲティ類,	
ふ類, 小麦たんぱく,		
ぎょうざの皮, しゅうまいの皮,		
小麦はいが	5.80	
こめ, こめ製品 (赤飯を除く)	5.95	
ライ麦	5.83	
豆 類	だいず, だいず製品 (豆腐竹輪を除く)	5.71
種 実 類	アーモンド	5.18
	ブラジルナッツ, らっかせい	5.46
	その他のナッツ類	5.30
	あさ ¹ , ごま, かぼちゃ ² , けし ¹ ,	5.30
	すいか, はす ² , ひまわり ²	
野 菜 類	えだまめ ¹ , だいずもやし ¹	5.71
	らっかせい (未熟豆)	5.46
魚 介 類	ふかひれ ¹	5.55
肉 類	ゼラチン ¹ , 臍 (うし) ¹ , 豚足 ¹ , 軟骨 (ぶた, にわとり) ¹	5.55
乳 類	乳, チーズを含む乳製品, その他 (シャーベットを除く)	6.38
油 脂 類	バター類, マーガリン類	6.38
調味料及び香辛料類	しょうゆ類, みそ類	5.71
上 記 以 外 の 食 品		6.25

¹ 五訂成分表に追加された食品

² 四訂成分表の値と異なる食品

『四訂成分表』における分析法との違いはなく、マクロ改良ケルダール法で分析されている。また、茶類及びコーヒー、ココア類及びチョコレート類、野菜類の測定方法は他の食品と異なる算出のしかたをするが、野菜類以外は、『四訂成分表』と同様の方法であった。ただし、窒素-たんぱく質換算係数に、多少の違いが見られた(表3)。

4. 脂質の定量

食品の脂質定量法は、従来ジエチルエーテルを溶剤とするソックスレー抽出法が一般的な方法として知られ、現在でも多数の食品の代表的な脂質定量法として用いられている。ソックスレー抽出法その他、酸分解法、クロロホルム-メタノール混液抽出法などがある。乳類については、レーゼ・ゴットリーブ法、ゲルベル法などの公定法がある。

分析方法という意味では、『四訂成分表』の方法との違いはみられなかった。ただし、いくつかの食品については、定量法の適用が異なっていた。例えば、野菜類、果実類はソックスレー抽出法の変法の後、カラム処理、クロロホルム-メタノール混液抽出を行っていたが、酸分解法に変更になっていた。

5. 炭水化物の定量

炭水化物はいわゆる差し引きの炭水化物として求められる。『四訂成分表』では、水分、たんぱく質、脂質、繊維、灰分の合計を100gから差し引いている。『五訂成分表』では、水分、たんぱく質、脂質、灰分の合計を100gから差し引いているので、炭水化物に食物繊維を含んでいることになる。炭水化物量が微量である肉類、魚介類については、従来通り、全糖量を直接アンスロン硫酸法で測定して、炭水化物量としている。すなわち、分析方法に違いはみられなかった。

食物繊維については、別項目として成分値が記載されているが、分析方法は、最も広く利用されている酵素-重量法の中で、水溶性食物繊維と不溶性食物繊維に分別定量できるプロスキー変法が採用されている。

6. 灰分の定量

灰分は、550℃で加熱して有機物及び水分を除去した残分として定義され、食品中の無機質の総量と考えられている。灰分の個々の無機成分の化合形態を推定してその総和を求めると、灰分含量にほぼ等しくなると考えられている。しかし、灰分が必ずしも無機質総量に一致するとは限らない点に注意する必要がある。『五訂成分表』においては、550℃で残存炭素がなくなり恒量となるまで灰化する方法が行われており、これは、『四訂成分表』の方法と同様である。

7. 無機質の定量

無機質とは、食品成分を構成する元素のうち、有機物に特徴的な水素(H)、炭素(C)、酸

表 4 無機質の分析方法の比較

成分	四訂 成 分 表		五訂 成 分 表	
	試料調製法	分析法	試料調製法	分析法
ナトリウム	希酸抽出法又は乾式灰化法	原子吸光法 イオン濃度計による測定法 ¹	希酸抽出法又は乾式灰化法	原子吸光法
カリウム	希酸抽出法又は乾式灰化法	原子吸光法	希酸抽出法又は乾式灰化法	原子吸光法
カルシウム	乾式灰化法	過マンガン酸カリウム容量法 干渉抑制剤添加－原子吸光法 ²	乾式灰化法	干渉抑制剤添加－原子吸光法 過マンガン酸カリウム容量法 ³
マグネシウム	—	—	乾式灰化法	干渉抑制剤添加－原子吸光法
リン	乾式灰化法	バナドモリブデン酸吸光光度法又はモリブデンブルー吸光光度法	乾式灰化法	バナドモリブデン酸吸光光度法
鉄	乾式灰化法	1,10-フェナントロリン吸光光度法	乾式灰化法	1,10-フェナントロリン吸光光度法 ⁴
亜鉛	—	—	乾式灰化法	原子吸光法
銅	—	—	乾式灰化法	原子吸光法
マンガン	—	—	乾式灰化法	原子吸光法

*1 多量の食塩を添加した加工食品の場合

*2 カルシウム濃度が微量あるいはリン酸含量の少ない食品の場合

*3 カルシウム濃度が高い食品あるいは食塩含量が高い食品の場合

*4 食塩含量が5%以上の食品の場合

素（O）及び窒素（N）の4元素以外のものをいう。無機質の中でわれわれ人間にとって不可欠なものは必須無機元素と呼ばれ、これには現在、主要ミネラル（成人の1日の必要量が100mg以上のもの）7種の他、14種の微量必須無機元素（成人の1日の必要量が100mg以下のもの）が知られている。7種の主要ミネラルは、カルシウム（Ca）、リン（P）、硫黄（S）、ナトリウム（Na）、カリウム（K）、マグネシウム（Mg）及び塩素（Cl）である。14種の微量必須無機元素とは、鉄（Fe）、亜鉛（Zn）、銅（Cu）、マンガン（Mn）、バナジウム（V）、クロム（Cr）、ニッケル（Ni）、セレン（Se）、モリブデン（Mo）、コバルト（Co）、フッ素（F）、ケイ素（Si）、ヒ素（As）及びヨウ素（I）である。これらの中で『五訂成分表』には、Ca、P、Fe、Na、K、Zn、Cu、Mn、Mgが記載されている。

無機質の分析法としては、炎光光度法、キレート滴定法、分光光度法、原子吸光法が一般的である。最近では、誘導結合プラズマ発光分析法も利用され始めている。『四訂成分表』では、分光光度法と原子吸光法が中心である。『五訂成分表』では、CaとFeの一部及びPが分光光度法であるが、それ以外の無機質はすべて原子吸光法で分析されている。分析方法の比較を表に示す（表4）。

8. ビタミン

ビタミンは、正常な発育と栄養を保つ上に微量でよいが欠くことのできない特殊な有機物質である。溶解性から大別して脂溶性ビタミンと水溶性ビタミンに分類されている。脂溶性ビタミンはA、D、E、Kの4種類、水溶性ビタミンは、B₁、B₂、B₆、B₁₂、C、ナイアシン、葉酸、パントテン酸の8種類である。『四訂成分表』では、ビタミンA、B₁、B₂、C、ナイアシンが記載されていたが、『五訂成分表』にはすべてのビタミンが記載されている。

分析方法は、『四訂成分表』では、分光光度法、蛍光光度法、微生物定量法であったが、『五訂成分表』では、高速液体クロマトグラフ（HPLC）法と微生物定量法となっている。『四訂成分表』のフォローアップに関する調査報告では、ビタミンD、KがHPLC法、ビタミンB₆、B₁₂が微生物定量法で分析されている。分析方法の比較を表に示す（表5）。

9. 結語

食品には多種類の成分が混在しており、また、形状や存在状態が異なっている。個体による成分のばらつきなどもあり、成分分析には困難が伴うものである。食品の数も、輸入品の増加や多様化により増大してきている。分析項目も増加したため、『五訂成分表』では、分析機関の複数化が行われ、その結果、用いられた分析方法の詳細が、『分析マニュアル本文』として公表されることとなった。これは、成分分析を実際に担当したベテラン実務者たちが執筆したものであるため、試料の前処理、分析機器の機種・器具の種類など詳しく、しかも、わかりやすく記述されている。

この『分析マニュアル本文』に記述されている分析方法を『四訂成分表』の策定時に用いら

表5 無機質の分析方法の比較

成分	四訂製法表		成分析法表		五訂製法表		成分析法表	
	試料調製法	分析法	試料調製法	分析法	試料調製法	分析法	試料調製法	分析法
レチノール	けん化後、不けん化物を抽出分離、精製	三塩化アンチモン比色法	けん化後、不けん化物を抽出分離、精製		けん化後、不けん化物を抽出分離、精製		紫外部吸収検出・高速液体クロマトグラフ法	
カロテン	メタノール及び石油エーテル抽出後けん化、不けん化物抽出	吸光光度法	メタノール抽出後けん化、不けん化物抽出		メタノール抽出後けん化、不けん化物抽出		可視部吸収検出・高速液体クロマトグラフ法	
ビタミンB	—		けん化後、不けん化物を抽出分離		けん化後、不けん化物を抽出分離		分取高速液体クロマトグラフ法の後、紫外部吸収検出・高速液体クロマトグラフ法	
ビタミンE	—		けん化後、不けん化物を抽出分離		けん化後、不けん化物を抽出分離		蛍光検出・高速液体クロマトグラフ法	
ビタミンK	—		へキササン抽出後、精製		へキササン抽出後、精製		蛍光検出・高速液体クロマトグラフ法	
ビタミンB ₁	糊化、酵素処理	チオクローム蛍光法	糊化、酵素処理		酸性水溶液で加熱抽出		蛍光検出・高速液体クロマトグラフ法	
ビタミンB ₂	酵素処理、除たんぱく質	ルミフラビン蛍光法	酵素処理、除たんぱく質		酸性水溶液で加熱抽出		蛍光検出・高速液体クロマトグラフ法	
ナイアシン	酸性水溶液で加圧抽出	微生物学的定量法	酸性水溶液で加圧抽出		酸性水溶液で加圧抽出		微生物学的定量法	
ビタミンB ₆	—		酸性水溶液で加圧加熱抽出		酸性水溶液で加圧加熱抽出		微生物学的定量法	
ビタミンB ₁₂	—		緩衝液及びビシアン化カリウム溶液で加熱抽出		緩衝液及びビシアン化カリウム溶液で加熱抽出		微生物学的定量法	
葉酸	—		緩衝液で加圧加熱抽出後、酵素処理		緩衝液で加圧加熱抽出後、酵素処理		微生物学的定量法	
パントテン酸	—		緩衝液で加圧加熱抽出後、酵素処理		緩衝液で加圧加熱抽出後、酵素処理		微生物学的定量法	
ビタミンC	—	ヒドラジン法	メタリン酸溶液で摩砕抽出、酸化型とした後、オゾン生成		メタリン酸溶液で摩砕抽出、酸化型とした後、オゾン生成		可視部吸収検出・高速液体クロマトグラフ法	

れたものと比較すると、無機質では原子吸光法、ビタミン類ではHPLC法などの最新の分析技術が数多く取り入れられていた。旧来の容量分析法（滴定法）、分光光度法（比色法）や蛍光光度法などは相対的に影をひそめていた。原子吸光法の大きな特徴は、①多くの元素の測定に対応できることと、②旧来法より高選択性かつ高感度な分析が可能なことである。また、HPLC法の特徴は、①迅速に高分離能の分析が実現できること、②不揮発性の物質や熱に不安定な物質でも、適当な溶媒に溶解させることができれば適用が可能であること、③充填剤の種類が多種多様で、目的物質の性質に適した分離モードを選択できること、④分取精製も容易にできることである。従って、これら2つの分析方法は広く普及している。栄養成分関係の研究者、食品分析に従事しようとする者、大学をはじめとする教育機関や企業等で食品分析を実習、技術を習得しようとする者には、最新の方法を提供したいものである。

参考文献

- 1) 科学技術庁資源調査会編（1979）：三訂補日本食品標準成分表，大蔵省印刷局
- 2) 科学技術庁資源調査会編（1982）：四訂日本食品標準成分表，大蔵省印刷局
- 3) 科学技術庁資源調査会・資源調査所編（1986）：改訂日本食品アミノ酸組成表，大蔵省印刷局
- 4) 科学技術庁資源調査会編（1989）：日本食品脂溶性成分表，大蔵省印刷局
- 5) 科学技術庁資源調査会編（1991）：日本食品無機質成分表，大蔵省印刷局
- 6) 科学技術庁資源調査会編（1992）：日本食品食物繊維成分表，大蔵省印刷局
- 7) 科学技術庁資源調査会編（1993）：日本食品ビタミンD成分表，大蔵省印刷局
- 8) 科学技術庁資源調査会編（1995）：日本食品ビタミンK・B₆・B₁₂成分表，大蔵省印刷局
- 9) 科学技術庁資源調査会編（2000）：五訂日本食品標準成分表，大蔵省印刷局
- 10) 日本食品分析センター編（2001）：分析実務者が書いた五訂日本食品標準成分表分析マニュアルの解説，中央法規
- 11) 香川芳子監修（2001）：四訂日本食品成分表，女子栄養大学出版部
- 12) 永原太郎，岩尾裕之，久保彰治編（1964）：全訂食品分析法，柴田書店
- 13) 日本ビタミン学会編（1989）：ビタミンハンドブック3 ビタミン分析法，化学同人
- 14) 出来三男（1990）：関税分類に役立つ食品の分析，海文堂出版
- 15) 水谷令子，藤田修三編（1994）：食品学実験書，医歯薬出版
- 16) 藤田修三，山田和彦編著（2002）：食品学実験書 第2版，医歯薬出版