食品のエネルギー値の算出方法についての検討： 組成に基づく方法と従来法との比較

松本万里¹，渡邊智子^{*,2,3}，松本信二¹，安井明美^{2,4}

(2020年9月21日受付；2020年10月16日受理)

要旨：目的：組成に基づく成分値を基礎とした食品のエネルギー値（アミノ酸組成，脂肪酸組成，炭水化物組成などを用いたFAOが提唱する方法，組成エネルギー値）と従来法によるエネルギー値の相違を明らかにすることを目的とした。方法：日本食品標準成分表2015年版（七訂）の収載食品を対象に可食部100g当たりの組成エネルギー値を算出し，既収載のエネルギー値（既収載値）と比較した。さらに，平成26年国民健康・栄養調査の食品別摂取量から，組成エネルギー値および既収載値を用いてエネルギー摂取量を算出し，両者を比較した。結果：可食部100g当たりの組成エネルギー値（a）と既収載値（b）との一致率（ $a/b \times 100$ ）は， $126 \pm 24\%$ （藻類）から $76 \pm 20\%$ （野菜類）の範囲であった。一致率が100%未満の食品群は14群であり，全食品の一致率は $91 \pm 17\%$ であった。一致率80-100%の範囲に対象食品の68%が含まれ，一致率60-80%に対象食品の13%が，一致率100-120%に対象食品の12%が含まれていた。国民健康・栄養調査の食品別摂取量を基に，組成エネルギー値を用いて算出した総エネルギー摂取量と，既収載値を用いて算出した総エネルギー摂取量との一致率は，92%であった。

キーワード：エネルギー，組成によるエネルギー，アミノ酸組成によるたんぱく質，トリアシルグリセロール当量，利用可能炭水化物

食品のエネルギー値は，食品を評価する重要な指標の1つである。エネルギー値は，エネルギー産生栄養素にエネルギー換算係数を乗じて算出する。エネルギー産生栄養素の分析方法による値の相違や選択するエネルギー換算係数の相違がエネルギー値に影響する。また，国際的には，食品やその成分に適用される換算係数は統一されていない。

日本食品標準成分表2015年版（七訂）（成分表2015）¹⁾では，食品のエネルギー値について，当該食品の一般成分として収載されるたんぱく質，脂質および炭水化物，並びに，その他のエネルギー産生成分として酢酸，アルコールの質量を基数として，それぞれ個別食品についてのヒト消化性の検証結果から得られた『食品ごとのエネルギー換算係数』を乗じて算出している。

一般成分に基づく食品のエネルギー計算については，一般成分の燃焼エネルギーおよびヒト消化性試験の評価結果に基づき，1910年に，たんぱく質，脂質および炭水化物に各々4:9:4を乗ずるAtwater係数²⁾が基本とさ

れた。しかし，この係数は当時のアメリカの食事を前提として研究されたものであることから，1947年のFAO報告においては，個別食品・一般成分単位でヒト消化性が評価されたものについて，個別に修正係数を適用する方法（修正Atwater法）³⁾が奨励された。そのため，食品別にヒト試験等を実施し，たんぱく質，脂質および炭水化物について，Atwater係数を補正して利用する取り組みが行われてきた。

修正Atwater法については，ヒト消化性試験において個人差の存在を除外することができず，また多様な食品にきめ細かく対応していくことが難しいこと，古典的な一般成分分析では把握されていないアミノ酸，脂肪酸，利用可能炭水化物等の一般成分中の組成成分構成が食品ごとに異なること等が，その算定に当たっての不確かさ要因として指摘されている⁴⁾。また，ヒト試験で有意な結果が得られなかったきのこ類，藻類等については，四訂日本食品標準成分表（四訂成分表）⁵⁾ではエネルギーを算出しないこととしたが，その後，栄養計算上何らかの値

* 連絡者・別刷請求先（E-mail: tomoko.watanabe@soc.shukutoku.ac.jp）

¹ 文部科学省科学技術・学術政策局政策課資源室（100-8959 東京都千代田区霞が関 3-2-2）

² 文部科学省科学技術・学術審議会資源調査分科会食品成分委員会（100-8959 東京都千代田区霞が関 3-2-2）

³ 淑徳大学看護栄養学部栄養学科（260-8703 千葉県中央区仁戸名町 673）

⁴ 国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構食品研究部門（305-8642 茨城県つくば市観音台 2-1-12）

を必要とする現場のニーズに対応する形で、五訂日本食品標準成分表（五訂成分表）⁶⁾以降は、これらの食品のエネルギー計算の暫定的な措置として、Atwater 係数で算出された値の 1/2 をエネルギー値とした。この暫定措置は、成分表 2015 でも踏襲されている。

これらの修正 Atwater 法の欠点を補うエネルギー算出法として、成分分析技術が向上したことを背景としたアミノ酸、脂肪酸、単糖類、多糖類等の一般成分を構成する『組成成分ごとの換算係数』を乗ずる方法が、国際的に推奨されている⁴⁾。国内においても、食品表示法に基づくエネルギー表示の手順においては、難消化性の化合物に対して中間的なエネルギー換算係数が適用されている⁷⁾。一方、我が国の日本食品標準成分表においては、従来、一般成分を構成する組成成分量の充実強化について調査検討を進めてきた。2015 年の日本食品標準成分表の全面改訂においては、「日本食品標準成分表 2015 年版（七訂）アミノ酸成分表編」⁸⁾、「日本食品標準成分表 2015 年版（七訂）脂肪酸成分表編」⁹⁾、「日本食品標準成分表 2015 年版（七訂）炭水化物成分表編」¹⁰⁾を成分表 2015 と同時に公表し、たんぱく質、脂質および炭水化物の主要 3 成分について、エネルギー値の算出にそれぞれの構成成分の成分値を参照することが可能な状況となっている。

そこで、資源調査分科会食品成分委員会では、諸外国でのエネルギー算定法も参照しつつ、組成成分を基礎としてエネルギー値を算出する方法を検討し、2019 年末の委員会において、次期改訂以降のエネルギー計算に適用する方針を確認した。本稿では、この検討に際して実施した、成分表 2015 の収載食品を対象とする当該方法と従来法によるエネルギー値の相違の検証プロセスと、その結果から得られた知見を報告する。

方 法

1. 対象食品

可食部 100 g 当たりのエネルギー値を算出する食品は、成分表 2015、「日本食品標準成分表 2015 年版（七訂）追補 2016 年」¹¹⁾（追補 2016）、「日本食品標準成分表 2015 年版（七訂）追補 2017 年」¹²⁾（追補 2017）、「日本食品標準成分表 2015 年版（七訂）追補 2018 年」¹³⁾（追補 2018）¹³⁾に収載されている食品 2,294 種類（七訂収載食品）とした。

2. エネルギー値の算出方法

2.1 従来法によるエネルギー値

従来法によるエネルギー値は、成分表 2015、追補 2016、追補 2017 および追補 2018 のエネルギー収載値（既収載値）とした。なお、これらの成分表におけるエネルギー換算係数の個別食品への適用は、以下の通りである。

①穀類、動物性食品、油脂類、大豆および大豆製品のうち主要な食品については、「日本食品標準成分表の改訂に関する調査」¹⁴⁻¹⁷⁾に基づく係数を適用。

②上記以外の食品については、原則として FAO/WHO 合同特別専門委員会報告⁴⁾のエネルギー換算係数を適用。

③適用すべきエネルギー換算係数が明らかでない食品については、Atwater の係数を適用。

④複数の原材料からなる加工食品については、Atwater の係数を適用。

⑤油いためと野菜類の素揚げについては、原材料と吸着した油に対してそれぞれの換算係数を適用。

⑥アルコールを含む食品については、アルコールのエネルギー換算係数として FAO/WHO 合同特別専門委員会報告に従い 7.1 kcal/g を適用。

⑦酢酸を多く含む食品については、酢酸のエネルギー換算係数として 3.5 kcal/g¹⁸⁾を適用。

⑧きくいも、こんにゃく、「きのこ類」、「藻類」および昆布茶は、四訂成分表⁵⁾では、「日本人における利用エネルギー測定調査」¹⁹⁾の結果、被験者ごとのエネルギー利用率の測定値の変動が大きいこと等から、エネルギー換算係数を定めずエネルギー値を算出しなかった。しかし、五訂成分表では、エネルギー値を示すことへの要望が強いことから、同測定調査におけるたんぱく質、脂質および炭水化物の成分別利用率および食品全体としてのエネルギー利用率を勘案し、暫定的な対応として Atwater 係数で求めた値の 0.5 倍値をエネルギー値とした。

2.2 組成に基づく成分値を基礎としたエネルギー値の算出方法

組成に基づく成分値を基礎としたエネルギー値（組成エネルギー値）の算出は、食品成分委員会として合意した手順に従って、FAO 報告書に準拠した試算エネルギー（kcal）を算出した。手順の概要は次のとおりである。

①組成成分値等の正確さの確認および場合分け

組成エネルギー値の基礎となるアミノ酸組成によるたんぱく質、脂肪酸のトリアシルグリセロール当量、利用可能炭水化物、並びに従来炭水化物の内数としていた食物繊維と糖アルコール、および有機酸、アルコールの成分値等（組成成分値等）は、それぞれ成分分析により求める成分値となる。組成成分値等については、他の成分値に含まれない質量と規定される「差引き法による炭水化物」が介在しない、それぞれ独立した成分値となることから、従来は課題とならなかった各成分値に対する測定不確かさの問題が顕在化する。このため、各食品における一連の組成成分値等が、エネルギー値の計算上適当な範囲にあるかどうかについて評価する手順を設けることとした。

具体的には、一連の組成成分値等および水分、灰分等のその他の一般成分の合計値に対する許容誤差の範囲として $\pm 5\%$ を設定し、合計値がこの範囲内である食品においては、組成成分値等に基づくエネルギー計算を行い、合計値がこの範囲を逸脱する場合には、従来の考え方に

準じて利用可能炭水化物に「差引き」の役割を持たせたエネルギー計算を行う設計とした。具体的には、たんぱく質および脂質については、組成による成分値（アミノ酸組成によるたんぱく質および脂肪酸のトリアシルグリセロール当量）を優先しつつ、水分、たんぱく質、脂質、利用可能炭水化物、灰分およびその他の成分の可食部 100 g 当たりの質量の合計を求めた。質量の合計が 95 g 以上 105 g 以下の範囲にあり、分析に基づく成分値の積算が $\pm 5\%$ の誤差に収まると判断される場合（G）には、各エネルギー産生成分の成分値にそれぞれのエネルギー換算係数を乗じる方法を適用した。質量の合計がそれ以外の場合（NG）には、「組成成分値に基づく利用可能炭水化物」ではなく、他の成分値の差引き差分から算出される「差引き法による利用可能炭水化物量」を用いることとし、エネルギー産生成分の成分値にそれぞれのエネルギー換算係数を乗じる方法により、エネルギーの計算を行うよう場合分けをした。

成分値の精度検証のための計算式と、試算に用いたエネルギー換算係数は、以下の通りである。

①-1. 組成成分等の成分値の精度検証のための計算式
組成成分等およびその他の一般成分の合計量(g) = 水分 + アミノ酸組成によるたんぱく質* + 脂肪酸のトリアシルグリセロール当量** + 利用可能炭水化物〈質量〉 + 食物繊維 + 糖アルコール + 酢酸 + (酢酸を除く)有機酸 + アルコール + 灰分 + 硝酸イオン + ポリフェノール + カフェイン + テオブロミン + 加熱により発生する二酸化炭素

*「アミノ酸組成によるたんぱく質」の収載値がない場合には、「たんぱく質」の収載値を用いる

**「脂肪酸のトリアシルグリセロール当量」の収載値がない場合には、「脂質」の収載値を用いる

①-2. 試算に用いたエネルギー換算係数

原則として、FAO/INFOODS が勧める最新の換算係数（FAO/INFOODS, 2012）²⁰⁾を利用した。ただし、特定の（[†]）糖アルコールおよび有機酸については、別に定めた換算係数を利用した。

—アミノ酸組成によるたんぱく質およびたんぱく質：
17 kJ/g (4 kcal/g)

—脂肪酸のトリアシルグリセロール当量および脂質：
37 kJ/g (9 kcal/g)

—利用可能炭水化物（単糖当量）：16 kJ/g (3.75 kcal/g)

—差引き法による利用可能炭水化物：17 kJ/g (4 kcal/g)

なお、差引き法による利用可能炭水化物は、次式により計算した。

差引き法による利用可能炭水化物(g) = 100 g - (アミノ酸組成によるたんぱく質* + 脂肪酸のトリアシルグリセロール当量** + 食物繊維 + 糖アルコール + 有機酸 + 灰分 + 硝酸イオン + ポリフェノール + カフェイン + テオブロミン + 加熱により発生する二酸化炭素)の質量(g)

*「アミノ酸組成によるたんぱく質」の収載値がない

い場合には、「たんぱく質」の収載値を用いる

**「脂肪酸のトリアシルグリセロール当量」の収載値がない場合には、「脂質」の収載値を用いる

—食物繊維：8 kJ/g (2 kcal/g)

—アルコール：29 kJ/g (7 kcal/g)

—[†]ソルビトール，10.8 kJ/g (2.6 kcal/g)

—[†]マンニトール，6.7 kJ/g (1.6 kcal/g)

—[†]マルチトール，8.8 kJ/g (2.1 kcal/g)

—[†](混合物)：還元水あめ，12.6 kJ/g (3.0 kcal/g)

—その他の糖アルコール，10 kJ/g (2.4 kcal/g)

—[†]酢酸，14.6 kJ/g (3.5 kcal/g)

—[†]乳酸，15.1 kJ/g (3.6 kcal/g)

—[†]クエン酸，10.3 kJ/g (2.5 kcal/g)

—[†]リンゴ酸，10.0 kJ/g (2.4 kcal/g)

—その他の有機酸，13 kJ/g (3 kcal/g)

②成分の合計値が 100 g $\pm$ 5 g の範囲内となる場合

たんぱく質、脂質、炭水化物については、原則として、それぞれの組成に基づく成分値を用い、その他のエネルギー産生成分である食物繊維、糖アルコール、有機酸およびアルコールとともに、成分ごとに規定のエネルギー換算係数を乗じ、合計して、全体のエネルギーを計算した。なお、日本食品標準成分表では、エネルギー計算については FAO のガイダンスに従い kJ 単位と kcal 単位の 2 つの数値を求めるが、本稿では紙幅の都合上 kcal 単位の計算例のみを示すこととした。計算式は、以下の通りである。

②-1. 計算式（kcal 単位への換算の場合）

エネルギー(kcal) = アミノ酸組成によるたんぱく質*(g) $\times$ 4 kcal/g + 脂肪酸のトリアシルグリセロール当量**(g) $\times$ 9 kcal/g + 利用可能炭水化物〈単糖当量〉*** (g) $\times$ 3.75 kcal/g + 食物繊維(g) $\times$ 2 kcal/g + ソルビトール(g) $\times$ 2.6 kcal/g + マンニトール(g) $\times$ 1.6 kcal/g + マルチトール(g) $\times$ 2.1 kcal/g + 還元水あめ(g) $\times$ 3.0 kcal/g + その他の糖アルコール $\times$ 2.4 kcal/g + 酢酸(g) $\times$ 3.5 kcal/g + 乳酸(g) $\times$ 3.6 kcal/g + クエン酸(g) $\times$ 2.5 kcal/g + リンゴ酸(g) $\times$ 2.4 kcal/g + その他の有機酸(g) $\times$ 3 kcal/g + アルコール(g) $\times$ 7 kcal/g

*「アミノ酸組成によるたんぱく質」の収載値がない場合には「たんぱく質」の収載値を用いる

**「脂肪酸のトリアシルグリセロール当量」の収載値がない場合には「脂質」の収載値を用いる

***「利用可能炭水化物〈単糖当量〉」の収載値がない場合には「差引き法による利用可能炭水化物」の収載値を用いる。その場合、エネルギー換算係数は 17 kJ/g あるいは 4 kcal/g を用いる

③成分の合計値が 100 g $\pm$ 5 g から外れる場合

たんぱく質および脂質は原則として組成に基づく成分値を用い、利用可能炭水化物を代替する成分として、差引き法による利用可能炭水化物を用いて、それぞれのエネルギー換算係数を乗じた。さらに、他のエネルギー産

生成分(食物繊維, 糖アルコール, 有機酸およびアルコール)のエネルギー値と合計して, 全体のエネルギーを計算した。計算式は以下の通りである。

③-1. 計算式 (kcal 単位への換算の場合)

エネルギー (kcal) = アミノ酸組成によるたんぱく質* (g) × 4 kcal/g + 脂肪酸のトリアシルグリセロール当量** (g) × 9 kcal/g + 差引き法による利用可能炭水化物 (g) × 4 kcal/g + 食物繊維 (g) × 2 kcal/g + ソルビトール (g) × 2.6 kcal/g + マンニトール (g) × 1.6 kcal/g + マルチトール (g) × 2.1 kcal/g + 還元水あめ (g) × 3.0 kcal/g + その他の糖アルコール × 2.4 kcal/g + 酢酸 (g) × 3.5 kcal/g + 乳酸 (g) × 3.6 kcal/g + クエン酸 (g) × 2.5 kcal/g + リンゴ酸 (g) × 2.4 kcal/g + その他の有機酸 (g) × 3 kcal/g + アルコール (g) × 7 kcal/g

*「アミノ酸組成によるたんぱく質」の収載値がない場合には「たんぱく質」の収載値を用いる

**「脂肪酸のトリアシルグリセロール当量」の収載値がない場合には「脂質」の収載値を用いる

3. 組成エネルギー値と既収載エネルギー値の比較

組成エネルギー値の算出方法の②又は③の手順で算出した食品ごとのエネルギー値 (kcal) を既収載値と比較した。比較指標として, 両者の相違量 (組成エネルギー値 - 既収載値) および一致率 (組成エネルギー値 ÷ 既収載エネルギー値 × 100 (%)) を算出した。

4. 国民健康・栄養調査を用いたエネルギー摂取量の比較

平成 26 年国民健康・栄養調査の基礎データ²¹⁾から, 調査票に出現する日本食品標準成分表収載食品 (1,362 食品) の食品別摂取重量の人日当たり平均値を求めた。この人日摂取量に, 新たに算出した組成エネルギー値 (kcal/100 g) と既収載値 (kcal/100 g) をそれぞれ用いて, 個々の食品から摂取する人日当たりエネルギー量 (kcal/1 人日) を算出し, さらに一致率 (組成エネルギー値 ÷ 既収載値 × 100) を算出した。また, すべての食品からのエネルギー摂取量を合計して 1 日の総エネルギー摂取量を算出し, 両者の一致率を算出した。なお, 国民健康・栄養調査では, 日本食品標準成分表を用いない独自の食品がある。そのため, 日本食品標準成分表に収載されている食品からのエネルギー摂取量 (A) と, 国民健康・栄養調査のエネルギー摂取量 (独自の食品のエネルギー量も加味された値; B) を用いて, 組成エネルギー値から算出した値 (C) が 1 日のエネルギーに達するように, B/A を係数として C に乗じ, 組成エネルギー値による 1 日当たりの摂取量を算出した。

結 果

1. 食品の組成エネルギー値

表 1 に食品群別の組成エネルギー値, 既収載値, 両者の相違量および一致率について, 平均値と標準偏差を示した。また, 全食品についてのこれらの値も示した。

食品群別の可食部 100 g 当たりのエネルギー値を比較すると, 組成エネルギー値では, 最大の油脂類で 843 ± 79 kcal, 最小の野菜類で 40 ± 51 kcal であり, 全 2,294 食品の平均値は 183 ± 167 kcal であった。既収載値で同様の数値を見ると, 油脂類が 887 ± 76 kcal, 野菜類が 48 ± 53 kcal であり, 全食品の平均値は 195 ± 173 kcal であった。食品群別のエネルギー値を多い順に並べると, エネルギー値の近接している卵類と乳類以外では, 食品群間の順列に変化はなかった。また, 食品毎の新旧エネルギー値の一致率 (100 % が同値) でみると, Atwater 係数の 0.5 倍としていた暫定措置の影響を外すこととなる藻類の値が 126 ± 24 % となった。一方, 差引き炭水化物中の食物繊維の比率の高い野菜類では, 最小の 76 ± 20 % となった。なお, 全 2,294 食品の一致率の平均値は 91 ± 17 % であった。一致率が 100 % 未満の食品群は 14 群であり, 100 % 以上の食品群は 4 群 (砂糖および甘味類, きのこと類, 藻類および果実類) であった。また, いもおよびでんぷん類, 種実類, 調理加工品類は 99 % である一方で, 動物性食品の魚介類, 肉類, 卵類, 乳類は, 80-93 % と低い値を示した。

表 2 に各食品群別の組成エネルギー値と既収載値の一致率について, 最大値とその食品, 最小値とその食品を示した。食品群別の一致率の最大と最小の差は, 最大 181 % (し好飲料類), 最小 7 % (調理加工食品類) であり, 全食品では最大 189 % (きくいも生), 最小 4 % (麦茶浸出液) であった。

図 1 に, 組成エネルギー値と既収載値の一致率をヒストグラムで示した。一致率 80-100 % の範囲に 1,559 食品 (対象食品の 68 %) が含まれ, ついで一致率 60-80 % に 304 食品 (対象食品の 13 %) が, 一致率 100-120 % に 268 食品 (対象食品の 12 %) が含まれていた。

2. 国民健康・栄養調査を用いた摂取エネルギー量の比較

平成 26 年国民健康・栄養調査の基礎データの食品別摂取量と, 七訂収載食品のエネルギー値を用いて算出した総エネルギー摂取量は 1,641 kcal/日であり, 平成 26 年国民健康・栄養調査の 1 日成人 1 人当たりの全世代のエネルギー摂取量の平均値は, 1,897 kcal/日であった。方法に記載したように, 組成エネルギー値および既収載値の計算にこの係数を乗じて, エネルギー摂取量を補正した。表 3 に, これらを食品群別エネルギー摂取量および総エネルギー摂取量として示した。また, 2 つの方法により算出したエネルギー摂取量の一致率も示した。

2 つのエネルギー摂取量の相違量の絶対値が最も大きい食品群は穀類の -51 kcal であり, 最も少ない食品群は砂糖及び甘味類, 種実類, 果実類, きのこと類の 0 kcal であった。一致率をみると, きのこと類および藻類は, 組成エネルギー値が既収載値に比べ高い値となる傾向があるが, 摂取量が少ないためエネルギー摂取量としては 2 つ方法での相違は少なかった。砂糖および甘味類, 種実

表 1 食品群別組成エネルギー値と既記載の相違

			エネルギー (kcal/100 g)		相違量 (kcal)	一致率 (%)
食品数			組成値 (a)	既記載値 (b)	(a - b)	(a/b × 100)
穀類	166	平均	272	285	-13	95
		標準偏差	113	116	9	4
いも及びでん粉類	67	平均	150	153	-3	99
		標準偏差	117	115	10	17
砂糖及び甘味類	27	平均	345	336	9	103
		標準偏差	53	55	7	3
豆類	102	平均	238	261	-23	90
		標準偏差	124	132	16	6
種実類	44	平均	495	495	1	99
		標準偏差	208	197	22	5
野菜類	384	平均	40	48	-8	76
		標準偏差	51	53	8	20
果実類	178	平均	82	83	-1	99
		標準偏差	77	77	8	14
きのこ類	53	平均	58	51	7	118
		標準偏差	69	59	19	22
藻類	55	平均	125	94	31	126
		標準偏差	100	76	39	24
魚介類	441	平均	151	170	-19	87
		標準偏差	87	92	12	9
肉類	298	平均	250	279	-30	88
		標準偏差	157	167	15	6
卵類	20	平均	211	243	-32	85
		標準偏差	162	178	19	5
乳類	58	平均	229	242	-13	94
		標準偏差	150	158	13	4
油脂類	31	平均	843	887	-45	95
		標準偏差	79	76	12	2
菓子類	144	平均	322	330	-8	97
		標準偏差	116	118	7	3
し好飲料類	59	平均	131	139	-8	88
		標準偏差	113	118	31	27
調味料及び香辛料類	144	平均	182	188	-6	92
		標準偏差	158	162	10	18
調理加工食品類	23	平均	208	209	-2	99
		標準偏差	81	81	3	2
全食品	2,294	平均	183	195	-12	91
		標準偏差	167	173	19	17

類、果実類、きのこ類、藻類を除く食品群は、組成エネルギー値に基づくエネルギー摂取量は、既記載値に基づくエネルギー摂取量に比べ小さな値となることがわかった。その結果、1人1日当たりの総エネルギー摂取量は、

組成エネルギー値を用いた場合は、既記載値を用いた場合に比べ、8%程度低い値になることがわかった。

図2に、平成26年国民健康・栄養調査の基礎データに出現する食品の新旧エネルギー値の一致率のヒストグ

表2 組成エネルギー値と既収載の一致率（最大値とその食品，最小値とその食品）

食品群	一致率 (%)	差 (kcal/100 g)	最大値の食品		一致率 (%)	差 (kcal/100 g)	最小値の食品	
			食品 番号	食品名			食品 番号	食品名
穀類	103	10	1013	フランスパン	82	-20	1072	小麦たんぱく 粒状
いも及びでん粉類	189	31	2001	きくいも 塊茎 生	74	-18	2063	じゃがいも 塊茎 皮つき 生
砂糖及び甘味類	109	24	3028	異性化液糖 高果糖液糖	99	-4	3001	黒砂糖
豆類	101	5	4030	きな粉 脱皮大豆 黄大豆	69	-34	4051	おから 生
種実類	106	34	5045	らっかせい いり 小粒種	89	-15	5043	はす 成熟 ゆで
野菜類	127	4	6237	パクチョイ 葉 生	14	-10	6368	だいこん 生 おろし汁
果実類	157	11	7157	ココナツウォーター	36	-25	7169	グアバ 白肉種 生
きのこ類	169	16	8024	うすひらたけ 生	86	-3	8001	えのきたけ 生
藻類	175	83	9022	塩昆布	80	0	9026	てんぐさ ところてん
魚介類	102	4	10048	まいわし 水煮	52	-18	10306	はまぐり 生
肉類	100	-1	11293	にわとり つくね	72	-31	11232	にわとり肝臓 生
卵類	94	-19	12012	鶏卵 卵黄 加糖卵黄	79	-38	12001	うこっけい卵 全卵 生
乳類	101	3	13050	チーズホエーパウダー	87	-5	13054	ヨーグルト 無脂肪無糖
油脂類	98	-22	14011	ひまわり油 ハイリノール	91	-57	14021	ファットスプレッド
菓子類	102	2	15122	くずもち 小麦でん粉製品	83	-15	15087	ゼリー オレンジ
嗜好飲料類	185	81	16051	昆布茶	4	-1	16055	麦茶 浸出液
調味料及び香辛料類	130	0	17023	煮干しだし	10	-4	17022	しいたけだし
調理加工食品類	100	0	18011	シチュービーフ レトルパウチ	93	-13	18023	松前漬け しょうゆ漬

図1 組成エネルギー値と既収載値の一致率の度数分布（全食品）

ラムを示した。この分布は、実生活で利用する頻度の高い約1,400食品を対象とするものとなるが、総じて分布の形状は図1と相同性の高いものとなった。一致率80-100%の範囲に924食品（対象食品の68%）が含まれ、ついで一致率60-80%に192食品（対象食品の14%）が、一致率100-120%に142食品（対象食品の10%）が含まれていた。

個々の食品について組成エネルギー値を用いたエネルギー摂取量と既収載値を用いたエネルギー摂取量の相違量〔(組成エネルギー値によるエネルギー摂取量) - (既収載値によるエネルギー摂取量)]をみると、「水稲めし、精白米、うるち米」の相違量が-36 kcalと絶対値が最

大となり、以下「全卵、生」、「じゃがいも、塊茎、皮なし、生」、「発泡酒」、「普通牛乳」、「ビール、淡色」、「調合油」、「若鶏肉、もも、皮つき、生」が、-10~-2 kcalの値を示した。一方、「甘がき、生」、「バナナ、生」において約0.7 kcal高い値を示した。

考 察

1. 七訂収載食品ごとの組成エネルギー値

可食部100 g当たりの組成エネルギー値と既収載値との食品群別エネルギー値の一致率は、最大126±24%（藻類）から最小76±20%（野菜類）の範囲にあり、食品群により相違があった。また、藻類、きのこ類の組成エ

表3 国民健康・栄養調査に基づく1日当たりのエネルギー摂取量

食品群	出現 食品数	摂取エネルギー (kcal/日)		相違量 (kcal)	一致率 (%)
		組成値	既収載値		
穀類	98	683	734	-51	93
いも及びでん粉類	32	42	48	-6	87
砂糖及び甘味類	13	7	6	0	103
豆類	56	93	99	-7	93
種実類	28	10	10	0	101
野菜類	248	71	83	-11	86
果実類	110	62	62	0	100
きのこ類	28	3.4	3.0	0	113
藻類	36	3.3	2.7	1	123
魚介類	274	77	86	-9	89
肉類	124	207	231	-24	90
卵類	11	43	54	-11	80
乳類	47	83	90	-7	93
油脂類	20	90	95	-5	95
菓子類	108	89	92	-3	97
嗜好飲料類	46	65	79	-14	82
調味料及び香辛料類	83	91	95	-3	96
全食品	1,362	1,719	1,868	-149	92

図2 国民健康・栄養調査において日摂取量データのある1,362食品のエネルギー値一致率の度数分布

エネルギー値は既収載値よりも高く、野菜類、肉類の組成エネルギー値は既収載値よりも低かった。組成エネルギー値は、既収載値よりもエネルギー摂取量に近似した値であることから、これからの栄養価計算ではエネルギー値の算出に組成エネルギー値を用いることが望ましいと考えられた。

また、全食品のエネルギー値の一致率が $91 \pm 17\%$ であったことから、日本人が各食品群を等しく摂取し、食品群のすべての食品を均等に摂取したと仮定すれば、既収載値で算出したエネルギー量よりも、約9%少ないエ

ネルギー量を摂取したと考えられる。

一致率が100%未満（既収載値よりも組成エネルギー値が低い場合）の食品群は14群であった。摂取量が多い野菜類、動物性食品の魚介類、肉類および卵類の一致率は、76-88%と低い値を示した。これらの食品群は、食事の主菜および副菜に相当するため摂取量が多い食品群である。そのため、これらの食品群の組成エネルギー値が既収載値よりも低いことは、総エネルギー摂取量に与える影響が大きいと考えられる。一方、果実類、いもおよびでんぷん類、種実類、調理加工品類は、組成エネ

ルギー値と既収載値がほぼ等しい食品群であることがわかった。

各食品群別の組成エネルギー値と既収載値の一致率の最大値と最小値とその食品および両者の差をみると、一致率の幅が大きい食品群（野菜類）や小さい食品群（乳類および調理加工食品類）があることがわかった。一致率が80-100%の範囲に1,559食品（対象食品の68%）が含まれ、ついで一致率60-80%に304食品（対象食品の13%）が、一致率100-120%に268食品（対象食品の12%）が含まれていた。

組成エネルギー値が既収載値に比べ増減した食品には、増減した理由がある。増加した食品をみると、例えば、きのこや藻類は、既収載値の算出方法（成分表2015のエネルギー計算）において、Atwater係数により算出したエネルギーの0.5倍値を暫定的に用いたものだが、組成エネルギー値の算出方法では、食物繊維等に特定の換算係数を用いて計算したことの影響である。また、ココアは、従来適用していたFAOの換算係数が特異的に低く設定されているため、食品別のエネルギー換算係数を適用しなくなったことに伴い増加したためである。一方、組成エネルギー値が最も小さい値に変化した食品をみると、せん茶（茶葉）は、炭水化物の大部分を占める食物繊維に対する換算係数を使用したためである。

また、これらの全食品を通じたエネルギー計算方法の相違点として、組成エネルギー値の計算では、従来は差引き炭水化物の内数であった、糖アルコール、食物繊維、酢酸以外の有機酸について、それぞれの化合物の消化性に見合った、より低いエネルギー産生率を適用したことで、ケルダール窒素から推定していた従来のたんぱく質に、未知の窒素化合物が混在することで、従来法のエネルギー値が、アミノ酸組成から算出する値よりも高く計算されていた可能性があることが主な要因である。

このように、食品の成分構成の特徴に応じて、新旧のエネルギー値の一致率は変化する。したがって、特に複数の食品からなる食事の栄養価計算の場合では、組成エネルギー値を用いる栄養価計算結果を、既収載値を用いた栄養価計算結果と比較することは、数値の評価が困難なため、好ましくないことがわかった。

2. 国民健康・栄養調査結果を用いたエネルギー摂取量の比較

平成26年国民健康・栄養調査の基礎データを用いて、組成エネルギー値によるエネルギー摂取量および既収載値によるエネルギー摂取量（1日当たりの食品群および総摂取量）および両者の一致率を算出した。可食部100g当たりのエネルギー値の一致率が低いきのこ類および藻類は、摂取重量が少ないためエネルギー摂取量の相違は少なかった。可食部100g当たりのエネルギー値の一致率が99-100%であった果実類、種実類のエネルギー摂取量の一致率は、それぞれ100%と101%であった。いもおよびでんぷん類のエネルギー摂取量の一致率が

87%と小さくなったことは、国民健康・栄養調査で摂取した個々の食品の一致率が低い値であったためと推察される。穀類、野菜類、動物性食品の魚介類、肉類、卵類、乳類のエネルギー摂取量の一致率は、80-93%と低い値を示した。穀類は、可食部100g当たりのエネルギー値の一致率よりも低い値になった。このことは、主食の飯（うるち精白米：可食部100g当たりのエネルギー値の一致率92%）の摂取量が多いため、穀類全体のエネルギー摂取量に影響したためと考えられる。

組成エネルギー値を用いた場合の総エネルギー摂取量は、既収載値を用いた場合に比べ、8%程度低い値になることが分かった。このことは、可食部100g当たりのエネルギー値の結果（全食品単純平均で9%の低減）と近似しているが、1%だけ低減が解消されている。日本人は、日本食品標準成分表の全収載食品を単純に平均的に食べないものの、ほぼ均等に食べていると考えられる。

今回の解析で用いた食品および摂取量は、平成26年国民健康・栄養調査に基づくものである。しかし、既収載値よりも組成エネルギー値が大きい食品群（砂糖および甘味類、きのこ類、藻類）と、既収載値よりも組成エネルギー値が小さい食品群（魚介類、肉類、卵類、乳類など）の摂取量に片寄りがあると、両者から算出したエネルギー摂取量の相違は大きくなる。

これらのことから、既収載値で算出した日本人のエネルギー摂取量は、実際のエネルギー摂取量に近似したエネルギー量（組成エネルギー値によるエネルギー量）に比べ、8%程度多いと考えられる。したがって、今後、食品からのエネルギー摂取量を評価する場合には、根拠とした日本食品標準成分表の改訂年次を確認して、同じエネルギー計算の方法を用いた値同士で比較するように、留意する必要がある。

なお、本稿は成分表の次期改訂に向けたシミュレーションとして実施したものであり、2018年末現在の7訂成分値に基づいている。2020年12月公表予定の「日本食品標準成分表2020（八訂）」（仮称）の成分値や、エネルギー計算の細部手順については、公表された成分表の解説を参照頂きたい。

利益相反

本論文の合評内容に関連して申告すべきCOI状態はない。

本稿の執筆の機会を頂いた公益社団法人日本栄養・食糧学会会長加藤久典博士に感謝申し上げます。また、日本食品標準成分表の検証のための資料を提供頂いた厚生労働省健康局総務課栄養指導室、本検証内容を共に検討した科学技術・学術審議会資源調査分科会食品成分委員会および文部科学省科学技術・学術政策局政策課資源室の皆様へ感謝いたします。

文 献

- 1) 文部科学省科学技術・学術審議会資源調査分科会編 (2015) 日本食品標準成分表 2015 年版 (七訂), 全国官報販売協同組合, 東京.
- 2) Atwater WO (1910) Principles of nutrition and nutritive value of foods, United States Department of Agriculture. Farmers' Bulletin. No. 142, p. 10-2.
- 3) FAO/WHO (1973) Energy and protein requirements, Report of a Joint FAO/WHO Ad Hoc Expert Committee. WHO Technical Report Series, No. 522; FAO Nutrition Meetings Report Series. No. 52.
- 4) Food and Agriculture Organization of the United Nations (2003) Food energy—methods of analysis and conversion factors, Report of a technical workshop, FAO Food and Nutrition paper 77, p. 3-6.
- 5) 科学技術庁資源調査分編 (1982) 四訂日本食品標準成分表. 大蔵省印刷局, 東京.
- 6) 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, 東京.
- 7) 消費者庁. 食品表示基準について (新旧対照表). https://www.caa.go.jp/policies/policy/food_labeling/food_labeling_act/pdf/food_labeling_cms101_200327_14.pdf#search (2020 年 9 月 2 日閲覧).
- 8) 文部科学省科学技術・学術審議会資源調査分科会編 (2015) 日本食品標準成分表 2015 年版 (七訂) アミノ酸成分表編. 全国官報販売協同組合, 東京.
- 9) 文部科学省科学技術・学術審議会資源調査分科会編 (2015) 日本食品標準成分表 2015 年版 (七訂) 脂肪酸成分表編. 全国官報販売協同組合, 東京.
- 10) 文部科学省科学技術・学術審議会資源調査分科会編 (2015) 日本食品標準成分表 2015 年版 (七訂) 炭水化物成分表編—利用可能炭水化物, 糖アルコール及び有機酸—. 全国官報販売協同組合, 東京.
- 11) 文部科学省科学技術・学術審議会資源調査分科会編 (2016) 日本食品標準成分表 2015 年版 (七訂) 追補 2016 年. 全国官報販売協同組合, 東京.
- 12) 文部科学省科学技術・学術審議会資源調査分科会編 (2017) 日本食品標準成分表 2015 年版 (七訂) 追補 2017 年. 全国官報販売協同組合, 東京.
- 13) 文部科学省科学技術・学術審議会資源調査分科会編 (2018) 2015 年版 (七訂) 追補 2018 年. 全国官報販売協同組合, 東京.
- 14) 科学技術庁資源調査会編 (1979) 日本食品標準成分表の改訂に関する調査資料—日本人における大豆及び大豆製品の利用エネルギー測定調査結果—, 科学技術庁資源調査所資料第 70 号. 科学技術庁資源調査所, 東京.
- 15) 科学技術庁資源調査会編 (1980) 日本食品標準成分表の改訂に関する調査資料—日本人における動物性食品の利用エネルギー測定調査結果—. 科学技術庁資源調査所資料第 73 号. 科学技術庁資源調査所, 東京.
- 16) 科学技術庁資源調査会編 (1981) 日本食品標準成分表の改訂に関する調査資料—日本人における穀類の利用エネルギー測定調査結果—. 科学技術庁資源調査所資料第 92 号. 科学技術庁資源調査所, 東京.
- 17) 科学技術庁資源調査会編 (1982) 日本食品標準成分表の改訂に関する調査資料—日本人における油脂類の利用エネルギー測定調査結果及び主要食品の利用エネルギー値—. 科学技術庁資源調査所資料第 99 号. 科学技術庁資源調査所, 東京.
- 18) Merrill AL, Watt BK (1955) Energy value of foods—basis and derivation—. Agricultural Research Service United States Department of Agriculture. Agriculture Handbook. No. 74.
- 19) 科学技術庁資源調査会編 (1980) 日本食品標準成分表の改訂に関する調査資料—日本人における藻類及びきのこ類の利用エネルギー測定調査結果—. 科学技術庁資源調査所資料第 82 号. 科学技術庁資源調査所, 東京.
- 20) FAO/INFOODS (2012) Guidelines for Checking Food Composition Data prior to the Publication of a User Table/Database, Version 1.0.
- 21) 厚生労働省健康局健康課栄養指導室 (2015) 平成 26 年度国民健康・栄養調査の基礎資料. 東京.

J Jpn Soc Nutr Food Sci 73: 255–264 (2020)

Lecture

Comparison of Energy Values on Composition-based Method and Conventional Method

Masato Matsumoto,¹ Tomoko Watanabe,^{*,2,3} Shinji Matsumoto,¹ and Akemi Yasui^{2,4}

(Received September 21, 2020; Accepted October 16, 2020)

Summary: The purpose of this study was to clarify differences in energy values between a method proposed by the FAO using amino acid components, fatty acid components, carbohydrate components, etc. and the conventional (present) method. **Methods:** The energy values per 100 g of edible portions were calculated for the listed foods in the Standard Tables of Food Composition in Japan (new values), and compared with the listed energy values (present values). Next, using the intake amounts of each food in the National Health and Nutrition Examination Survey and the two types of energy values the two energy intakes were calculated, and these results were compared and examined. **Results:** The agreement rate between the new value per 100 g of edible portion and the current value was largest for algae (126%) and smallest for vegetables (76%). The concordance rate was less than 100% in 14 food groups, and the average concordance rate for the foods overall was 91%. As for the concordance rate of individual foods, the 80–100% range included 68% of the target foods, 60–80% included 13%, and 100–120% included 12%. From the rate of concordance between the total energy intake based on the new value calculated from the intake amounts determined in the National Health and Nutrition Examination Survey, the total daily energy intake per capita was 92% of the current values.

Key words: energy, energy by composition (component-based), protein by amino acid composition, fatty acids by triacylglycerol equivalent, available carbohydrates

* Corresponding author (E-mail: tomoko.watanabe@soc.shukutoku.ac.jp)

¹ Office for Resources, Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology, 3-2-2 Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8959, Japan

² Expert Committee on Food Components, 3-2-2 Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8959, Japan

³ Shukutoku University, 673 Nitona-cho, Chuo-ku, Chiba, Chiba 260-0801, Japan

⁴ Food Research Institute, National Agriculture and Food Research Organization, NARO, 2-1-12 Kannon-dai, Tsukuba, Ibaraki 305-8642, Japan