

# 食品成分簡易測定法の研究(第1報)

—ポンプカロリメーターによる熱量測定—

金子 俊

## Simplified Food Analysis: Part 1

—The Bombcalorimeter Method—

Shun Kaneko

### はじめに

食品の栄養価は、栄養調査のときなどのように食品成分表、食品類別荷重平均成分表によって知るか、あるいは化学分析をすることによって測定するか、一般にこの2つの方法が行なわれている。

しかし前者の成分表による方法は、栄養調査の際などに多々みられる調理食品・食材料の分量が不明確な場合、地域特有の食品・自家製の加工食品などの栄養価の評価等に難点があり、また後者の化学分析をしてやる方法は、多くの労力や時間を要する。蛋白質、脂質、糖質だけに限って分析するにしても1人の労力では少なくとも1週間位は必要であると考えられる。

そこで食品の栄養価を前述の難点を克服して、簡易に評価する方法の一つの試みとして、エネルギーについては食品を直接物理的に燃焼させることによって知ることができぬものかと考えた。たしかにこの方法は体内での消化吸收などの問題があろう。

今回その研究の手始めとして、市販の魚肉・獣鳥肉類の加工食品について真空式ポンプカロリメーター(O S K 150)を用いて実験を行ない、同時に水分の定量も行なったので報告する。

### 実験方法

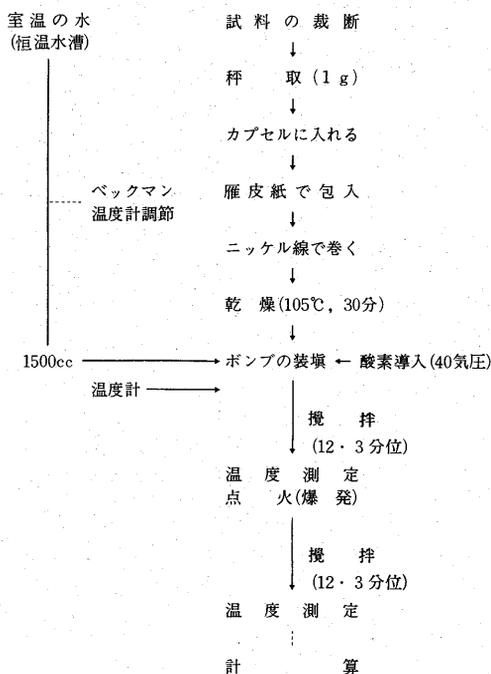
実験の対象とした食品は、市販されている多くの魚肉類・獣鳥肉類の加工食品のうちで、魚肉類製品にあっては魚肉ソーセイジ4製品、ハンペン5製品、魚肉ハム5製品、鳴門巻3製品、また獣鳥肉類製品にあってはウインナーソーセイジ14製品、フランクフルト6製品などで、これらのエネルギー、水分などについて測定を行なった。

エネルギー量の測定方法は、図1のように、各製品を

細かく裁断し、1g程精秤してゼラチンカプセルに入れ、それを雁皮紙に包んだ後、105℃で30分乾燥させて真空式ポンプカロリメーター(O S K 150)を用いて燃焼させ、エネルギー量を測定した。

同時に行なった水分の測定については、細かく裁断した各食品1gを精秤して秤量ビンに入れ、105℃で乾燥し、水分量を測定した。

図1 真空式断熱々量計の操作法(O・S・K150)



実験結果

1. 魚肉製品

1) 魚肉ソーセイジ

魚肉ソーセイジについては表1の如く、エネルギー量については各々9回から7回の測定を行なった。4製品の最高値は198 Cal 最低値は169 Cal でその差は29 Cal であった。また各製品の標準偏差値は±9.4 Cal から±2.7 Cal であった。この4製品の単純平均値は182 Cal であって食品成分表値<sup>2)</sup>144 Cal と比較すると、測定値100とすると79.1ということになり20.9%測定値が上まわっていた。その差は38 Cal であった。国民栄養調査の際に使用する食品類別荷重平均成分表値魚肉ハム・ソーセイジ<sup>3)</sup>153 Cal と比較するとその差は29 Cal であり、測定値を100とすると84.1であり15.9%測定値が上まわっていた。

表1 魚肉ソーセイジのエネルギー量・水分含量

(100g当り)

エネルギー (Cal)					水分 (g)				
試料	例数	平均	標準偏差	変動係数	例数	平均	標準偏差	変動係数	
A	7	171	±4.0	2.3%	5	69.8	±0.3	0.5%	
B	9	191	±9.4	4.9	3	66.9	±0.7	1.0	
C	8	169	±2.7	1.6	3	69.6	±0.4	0.6	
D	7	198	±5.3	2.7	3	66.1	±0.5	0.8	
単純平均	4	182	±14.5	7.9	4	68.1	±1.9	2.8	

$$\frac{\text{成分表値}}{\text{単純平均値}} \times 100 = \frac{144}{182} \times 100 = 79.1\%$$

$$\frac{68.5}{68.1} \times 100 = 100.6\%$$

$$\frac{\text{食品類別荷重平均成分表値}}{\text{単純平均値}} \times 100 = \frac{153}{182} \times 100 = 84.1\%$$

◎最高値 ○最低値

水分含量については各々5個から3個の測定を行なったが、最高値は69.8g 最低値は66.1g であった。その差は3.7g であった。また各々の標準偏差値は±0.7g から±0.3g であった。これらの単純平均値は68.1g であり、この値を100とすると食品成分表値68.5g は100.6となり、極くわずかに食品成分表値が上まわっていた。

2) ハンペン

ハンペンについての結果は表2のように5製品について測定した。エネルギー量の各々10回から8回の測定値は、最高値104 Cal 最低値は85 Cal でその差は19 Cal であった。各々の標準偏差値は±5.7 Cal から±2.3 Cal であった。5製品の単純平均値は96 Cal で食品成分表値<sup>2)</sup>87 Cal と比較すると測定値100に対して90.6ということになり9.4%測定値の方が上まわっていた。その差は9 Cal であった。また食品類別荷重平均成分表値(魚介練製品)<sup>3)</sup>102 Cal と比較すると、測定値100に対して106.3となり6.3%(6Cal)食品類別荷重平均成分表値の方が大きかった。

表2 ハンペンのエネルギー量・水分含量

(100g当り)

エネルギー (Cal)					水分 (g)				
試料	例数	平均	標準偏差	変動係数	例数	平均	標準偏差	変動係数	
A	10	97	±4.5	4.6%	5	76.3	±0.6	0.8%	
B	10	104	±5.7	5.5	5	74.5	±0.6	0.8	
C	10	85	±4.3	5.1	5	78.6	±0.5	0.6	
D	8	98	±2.3	2.3	5	73.8	±0.6	0.8	
E	8	94	±2.7	2.9	4	73.3	±1.5	2.0	
単純平均	5	96	±6.9	7.2	5	75.3	±2.2	2.9	

$$\frac{\text{成分表値}}{\text{単純平均値}} \times 100 = \frac{87}{96} \times 100 = 90.6\%$$

$$\frac{76.0}{75.3} \times 100 = 100.9\%$$

$$\frac{\text{食品類別荷重平均成分表値}}{\text{単純平均値}} \times 100 = \frac{102}{96} \times 100 = 106.3\%$$

◎最高値 ○最低値

水分含量については、各々5から4個測定したが、最高値は78.6g 最低値73.3g でその差は5.3g であった。また各々の標準偏差値は±1.5g から±0.5g で、5製品の単純平均値は75.3g であった。この測定値を100とするならば食品成分表値76.0g は100.9となり、わずかに品成分表値の方が上まわっていた。

3) 魚肉ハム

魚肉ハムについての測定結果は表3のように、エネルギーについては各々10回から8回の測定を行なった。その最高値は290 Cal 最低値は165 Cal でその差は125 Cal もあった。各々の標準偏差値は±18.6 Cal から±4.7 Cal であった。単純平均値は218 Cal であるが、この食品の標準偏差は大きく、±4.7 Cal もあり、従って変動係数は21.6%もあった。この食品の測定値を100とすると食品成分表値<sup>2)</sup>182 Cal は83.5となり16.5%(36 Cal) 測定値が上まわっていた。また食品類別荷重平均成分表値(魚肉ハム・ソーセイジ)<sup>3)</sup>153 Cal と比較すると測定値100に対して70.2となり29.8%(65 Cal) も測定値が上まわっていた。

表3 魚肉ハムのエネルギー量・水分含量

(100g当り)

エネルギー (Cal)					水分 (g)				
試料	例数	平均	標準偏差	変動係数	例数	平均	標準偏差	変動係数	
A	10	208	±4.7	2.2%	3	58.9	±1.0	1.7%	
B	9	165	±8.7	5.3	3	66.6	±0.4	0.6	
C	10	290	±7.0	2.4	3	54.6	±1.0	1.8	
D	9	195	±12.8	6.6	3	61.1	±1.8	2.9	
E	8	232	±18.6	8.0	3	59.4	±1.3	2.2	
単純平均	5	218	±47.0	21.6	5	60.1	±4.3	7.2	

$$\frac{\text{成分表値}}{\text{単純平均値}} \times 100 = \frac{182}{218} \times 100 = 83.5\%$$

$$\frac{63.5}{60.1} \times 100 = 105.7\%$$

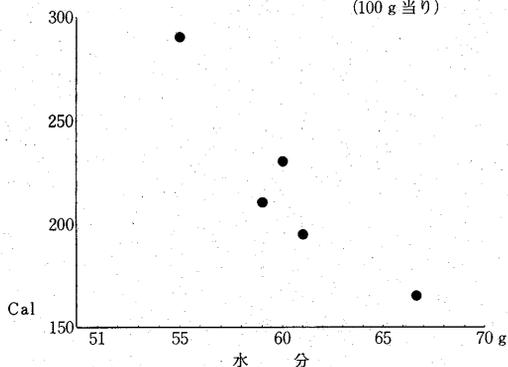
$$\frac{\text{食品類別荷重平均成分表値}}{\text{単純平均値}} \times 100 = \frac{153}{218} \times 100 = 70.2\%$$

◎最高値 ○最低値

水分含量については各々3個の測定を行なったが、最高値は66.6g、最低値は54.6g その差は12g であった。

各々の標準偏差値は±1.8gから±0.4gであった。水分量の単純平均値は60.1gでこの値を100とすると、食品成分表値63.5gは105.7になり5.7%(3.4g)測定値の方が上まわっていた。

図2 魚肉ハムのエネルギーと水分の関係 (100g当り)



そこでエネルギー量について、製品間のバラツキが±47.0 Cal と大きかったことから、エネルギー量と水分含量との関係を見たのが図2である。この図では逆相関の様相を呈していた。

4) 鳴門巻

鳴門巻については表4のようにエネルギー量は3製品を各々10回から9回の測定を行なった。最高値は109 Cal で最低値は81 Cal , その差は28 Cal であった。各々の標準偏差値は±2.9 Cal から1.9 Cal であった。鳴門巻の単純平均値は97 Cal であり食品成分表値91 Cal と比較すると測定値100に対して93.8となり6.2%だけ (6 Cal ) 測定値が上まわっていた。また食品類別荷重平均成分表値 (魚介練製品) 102 Cal と比較すると測定値100 に対して105.2となり、5.2%(5 Cal ) だけ食品成分表値の時とは逆に測定値の方が小さかった。

表4 鳴門巻のエネルギー量・水分含量 (100g当り)

エネルギー (Cal)					水分 (g)				
試料例	回数	平均	標準偏差	変動係数	試料例	回数	平均	標準偏差	変動係数
A	10	102	±1.9	1.8%	5	74.2	±0.4	0.5%	
B	9	81	±2.6	3.2	5	77.2	±0.2	0.3	
C	9	109	±2.9	2.7	4	72.6	±0.4	0.6	
単純平均	3	97	±14.4	14.8	3	74.6	±2.3	3.1	

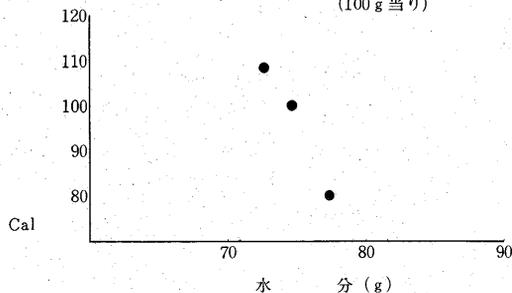
成分表値  $\times 100 = \frac{91}{97} \times 100 = 93.8\%$        $\frac{75.0}{74.6} \times 100 = 100.4\%$   
 単純平均値

食品類別荷重平均成分表値  $\times 100 = \frac{102}{97} \times 100 = 105.2\%$   
 単純平均値

水分含量については、5個から4個の測定を行なった

が、最高値は77.2g最低値は72.6gとなりその差は4.6gであった。各々の製品の標準偏差値は±0.4gから±0.2gと小さかった。この単純平均値は74.6gとなり、この値を100とするならば食品成分表値75.0gは100.4となり、ほとんど食品成分表値と一致する。

図3 鳴門巻のエネルギーと水分の関係 (100g当り)



エネルギー量における製品間のバラツキが大きかった (±14.4 Cal) ので、水分含量との関係を見たのが図3である。これも逆相関の形をしていた。

2. 獣鳥肉製品

1) ウィンナーソーセイジ

ウィンナーソーセイジについては表5のように14製品について実験を行なった。エネルギー量については各々10回から7回の測定を行ない最高346 Cal 最低227 Cal であった。その差は119 Cal と大きかった。また各々の標

表5 ウィンナーソーセイジのエネルギー量・水分含量 (100g当り)

エネルギー (Cal)					水分 (g)				
試料例	回数	平均	標準偏差	変動係数	試料例	回数	平均	標準偏差	変動係数
A	10	227	±4.5	2.0%	3	60.3	±0.6	1.0%	
B	9	345	±4.3	1.3	3	52.0	±0.2	0.4	
C	9	295	±8.4	2.9	3	58.0	±0.8	1.4	
D	9	316	±3.1	1.0	3	57.9	±0.2	0.3	
E	7	241	±4.2	1.7	3	64.1	±0.7	1.1	
F	8	346	±8.0	2.3	3	54.0	±0.4	0.7	
G	9	280	±8.4	3.0	3	59.7	±0.5	0.8	
H	9	332	±6.6	2.0	3	53.2	±0.7	1.3	
I	8	306	±5.6	1.8	3	56.9	±0.6	1.1	
J	10	305	±5.6	1.8	3	56.6	±1.1	1.9	
K	7	294	±2.7	0.9	3	60.4	±0.6	1.0	
L	10	272	±4.9	1.8	3	59.2	±0.8	1.4	
M	10	229	±4.9	2.0	3	62.4	±0.4	0.6	
N	10	270	±4.8	1.8	3	57.9	±1.7	2.9	
単純平均	14	289	±39.3	13.6	14	58.0	±3.4	5.9	

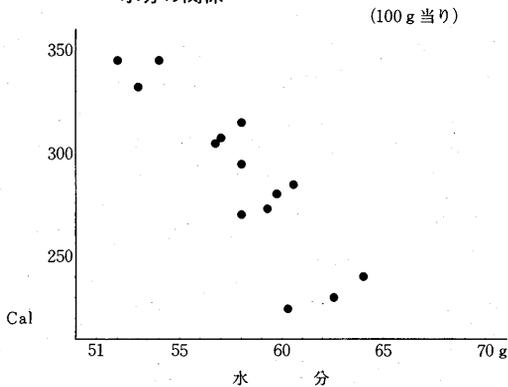
成分表値  $\times 100 = \frac{288}{289} \times 100 = 99.7\%$        $\frac{56.8}{58.0} \times 100 = 97.9\%$   
 単純平均値

食品類別荷重平均成分表値  $\times 100 = \frac{235}{289} \times 100 = 81.3\%$   
 単純平均値

標準偏差は±8.4 Cal から±2.7 Cal であった。14製品の単純平均値は289 Cal で、この値を100として食品成分表値<sup>2)</sup>288と比較すると99.7となり、ほぼ同じ値であった。また食品類別荷重平均成分表値<sup>3)</sup>(ハム・ソーセージ)235 Cal と比較すると測定値100に対し81.3となり19.7% (55 Cal) だけ測定値が上まわっていた。

水分含量については、各々3個ずつ測定を行ない最高64 g 最低52.0 g であった。各々の標準偏差は±1.7 から±0.2 g であった。この単純平均値は58.0 g でこの値を100とすれば、食品成分表値56.8 g は97.9となり2.1% (1.2 g) 測定値が上まわっていた。

図4 ウィンナーソーセージのエネルギーと水分の関係



エネルギー量において、製品間のバラツキが大きいので(±39.4 Cal), エネルギー量と水分含量との関係をみたのが図である。やはり逆相関であった。

2) フランクフルト

このフランクフルトは6製品について表6のように実験を行なった。エネルギー量については10回から8回の測定を行い、最高355 Cal, 最低295 Cal という結果を得た。その差は60 Cal であった。各々の製品の標準偏差

表6 フランクフルトのエネルギー量・水分含量

エネルギー (Cal)					水分 (g)				
試料	例数	平均	標準偏差	変動係数	例数	平均	標準偏差	変動係数	
A	9	309	± 8.5	2.8%	3	59.0	± 0.6	1.0%	
B	9	349	± 9.2	2.6	3	53.1	± 0.6	1.1	
C	8	352	± 4.7	1.3	3	51.2	± 1.2	2.3	
D	8	355	± 8.0	2.2	3	52.0	± 1.0	1.9	
E	10	305	± 8.0	2.6	3	56.4	± 1.8	3.2	
F	10	295	± 8.7	2.9	3	58.6	± 0.7	1.2	
単純平均	6	328	± 27.3	8.3	6	55.1	± 3.4	6.2	

食品類別荷重平均成分表値  
 $\frac{235}{328} \times 100 = 71.6\%$   
 単純平均値  
 ○ 最高値 ○ 最低値

値は±9.2から±8.0 Cal であった。6製品の単純平均値は328 Cal でこの値を100として食品類別荷重平均成分表値<sup>3)</sup>(ハム・ソーセージ)235 Cal と比較すると71.6となり29.4% (93 Cal) 測定値が大きく上まわっていた。

水分含量については、各々3個ずつの測定を行い、最高59.0 g, 最低51.2 g, その差7.8 g であった。各々の標準偏差は±1.8から±0.6 g であった。

なお、三訂食品成分表<sup>2)</sup>にはフランクフルトの記載はない。

以上の食品の実験操作に用いた時間は、図1のように操作するとして、試料乾燥までに50分位かかり、燃焼に要した時間は1回30分位であった。

考 察

食品のエネルギー量を簡易に知る方法の研究の一つの試みとして、食品を直接物理的に燃焼させる方法を実験したわけであるが、この方法は体内の消化吸収などいろいろな精度としての問題はあろう<sup>4)</sup>。今回は、このような精度としての点よりも、従来の食品の栄養価を知るために多く使用されている食品成分表<sup>2)</sup>、食品類別荷重平均成分表<sup>3)</sup>との差異は如何か、このような方法の操作の労力や時間はどうか、またこの方法の利用範囲はどうかなどについて検討を行なうものである。

食品成分表値とボンポカロリーメーターを使った測定値と比較すると、エネルギー値は全て測定値の方が上まわっていた。ウィンナーソーセージのように、単純平均値では大変成分表値とは近い値を示していたものもあったが、魚肉ソーセージのように20.9%も異なっていたものもあった。この差は消化吸収などの換算や、三訂食品成分表が作成された時とは食品の成分が異ってきていることも考えられる<sup>4)</sup>ので、このような差が出たことも当然であろう。同じ食品でありながら魚肉ハム、鳴門巻、ウィンナーソーセージなどでは特に製品間にかなり大きな差があったことから、成分が変わってきていることがいえるのではなかろうか、とにかく研究を重ね食品成分表値や食品類別荷重平均成分表値との差異を利用すれば、エネルギーの概量を簡易に知る方法としてはボンポカロリーメーターは有効なものと考えられるのではなかろうか。食品類別荷重平均成分表値<sup>3)</sup>と測定値とは、ハンペン、鳴門巻のように測定値よりも荷重平均成分表値の方が上まわっているものもあった。この場合の測定値は、食品成分表値と食品類別荷重平均成分表値との間にあるわけであるから、これらの食品は、ボンポカロリーメーターの値をそのまま利用できるのではないと思われる。

魚肉ハム、鳴門巻、ウィンナーソーセージのように、

製品間に大きなバラツキがある食品は、すべて、エネルギー量と水分含量との間に逆相関の様相がみうけられるので、これらの食品は、水分含量の測定の際に、エネルギー量を判読できるようになるのではないと思われる。

とにかく、食品成分表、食品類別荷重平均成分表のもつ様々な問題を考える必要があるし、また化学分析値とカロリーメーター値を比べてみる必要はあろう。

ポンプカロリーメーターの操作の労力や時間は、1人の労力でも慣れれば、3回位の燃焼でよいであろう。その時間は2時間半位であるから、従来の化学分析よりも時間の点で有利ではないかと思われる。

ポンプカロリーメーターを利用して、食品のエネルギーの概量を知る方法は、実験をくり返すことによって、栄養調査の際にも利用できるのではないかと思われる。特に混物の調理食品や、食材の分量が不明な時、自家製食品などのエネルギーの評価は、サンプルが入手できれば簡易にエネルギーの概量は知ることができるのではないかと考えられる。

## 要 旨

食品のエネルギー量を簡易に測定する方法を開発するための試みとして真空式ポンプカロリーメーターを用いて、魚肉・獣鳥肉類の加工食品（魚肉ソーセイジ・ハンペン・魚肉ハム・鳴門巻・ウインナーソーセイジ・フランクフルト）について実験を行なった。

その結果、エネルギー量の測定値はいずれも成分表値より0.3から20.9%上まわっていた。食品類別荷重平均成分表値との比較においては、ハンペン・鳴門巻は食品類別荷重平均成分表の方が上まわっており、他の食品は測定値の方が、15.9から29.8%上まわっていた。各食品の製品間にバラツキが大きなものは、いずれもエネルギー量と水分含量が、逆相関状を呈していた。

ポンプカロリーメーターの操作は、1人の労力でも慣れによって約2時間半位で1サンプルのエネルギー量を測定できる。

いずれにしても化学分析値との比較は必要であろうが、栄養調査の時などに簡易にエネルギーの概量を知る方法としては、この方法は実験をくりかえすことによって利用できるのではないかと考えられる。

(この論文の概要は第29回日本栄養食糧学会で発表した。)

## 参 考 文 献

- 1) 永原太郎ら：食品分析法，柴田書店，1968。
- 2) 科学技術庁資源調査会編：日本食品成分表，医歯薬

出版，1970。

- 3) 厚生省公衆衛生局栄養課編：国民栄養の現状（昭和47・48年度国民栄養調査成績）第一出版，1976。
- 4) 古川春寿監修：栄養学，朝倉書店，1973，pp.158—166。