

Ⅱ 各論

1. エネルギー・栄養素

1 エネルギー

1. 基本的事項

エネルギー（単位：kcal あるいは MJ (M Joule)、 $1.00\text{kcal}=4.18\text{kJ}$ 、M(メガ) $=10^6$) の成人における役割は、体成分の合成・分解及び体温の維持や最低限の臓器の活動を維持する基礎代謝と身体活動時の筋活動等で消費されるアデノシン三リン酸 (adenosine triphosphate: ATP) を再合成することである。

1日当たりのエネルギー消費量（総エネルギー消費量）は、基礎代謝量、身体活動に伴うエネルギー、及び食事による産熱（食事誘発性体熱産生）で構成される。それに加えて、成長期である小児・乳児では、自己の成長に必要な組織増加分に相当するエネルギー（エネルギー蓄積量：energy deposition）と、その形成のためのエネルギーが必要である。それらのうち、組織形成のためのエネルギーは総エネルギー消費量に含まれるが、エネルギー蓄積量は総エネルギー消費量には含まれない。そのため、エネルギー必要量を決めるには、総エネルギー消費量にエネルギー蓄積量を加える必要がある。

妊婦では、妊婦の総エネルギー消費量（胎児のエネルギー消費量や胎児の組織形成のためのエネルギーを含む）に加えて、胎児の成長に伴う組織の増加分に相当するエネルギーを、授乳婦では、授乳婦の総エネルギー消費量（母乳を合成するためのエネルギーなどを含む）に加えて、母乳のエネルギーや体重減少に相当するエネルギーを、それぞれ考慮する必要がある。そのため、エネルギー必要量を決めるに当たっては、総エネルギー消費量に加えて、組織の増減に相当するエネルギーを考慮する必要がある。

エネルギー必要量 = 総エネルギー消費量 + 組織の増減に相当するエネルギー

体重変化がなく、組織量の増減がないと考えられる成人では、組織の増減に相当するエネルギーは0（ゼロ）なので、エネルギー必要量は総エネルギー消費量に等しい。したがって、エネルギー必要量よりも過剰にエネルギーを摂取すると、消費されないエネルギー基質は、中性脂肪の形で主に脂肪組織に蓄積される。脂肪組織の増大は、短期的には体重の増加と体脂肪率の増加をもたらす、さらに長期的には肥満として顕在化する。肥満は多くの生活習慣病の危険因子となるとともに、総死亡のリスクを高める。一方、エネルギー消費量よりもエネルギー摂取量が低くなると、脂肪細胞における蓄積脂肪の低下や筋等の体たんぱく質の低下となり、生体の機能や生活の質を低下させるとともに、感染症や一部のがんなどへの罹患のリスクを高め、総死亡のリスクを高める。したがって、成人では、体重が適正な場合、エネルギー消費量と等量のエネルギーを摂取することが望ましく、それが真のエネルギー必要量となる。

2. 推定エネルギー必要量

2-1. 推定エネルギー必要量の定義

エネルギーの食事摂取基準には、アメリカ/カナダの食事摂取基準^{1,2)}と同様に、推定エネルギー必要量 (estimated energy requirement : EER) という概念を適用する。また、推定エネルギー必要量については、他の栄養素と同様に個人及び集団を対象とした指標として定めた。

個人の推定エネルギー必要量とは、「当該年齢、性別、身長、体重、及び健康な状態を損なわない身体活動量を有する人において、エネルギー出納 (成人の場合、エネルギー摂取量－エネルギー消費量) が0 (ゼロ) となる確率がもっとも高くなると推定される、習慣的なエネルギー摂取量の1日当たりの平均値」と定義される。当該個人のエネルギー摂取量が推定エネルギー必要量の場合、その個人のエネルギー摂取量が真のエネルギー必要量より不足する確率が50%、過剰になる確率が50%となる。他の多くの栄養素は、少なければ少ないほど、摂取量が適切である確率が低下し、一方、摂取量が多ければ多いほど (耐容上限量よりも十分に少ない量まで)、摂取量が適切である確率が増加する。しかし、エネルギーの場合、推定エネルギー必要量より少なくとも多くてもエネルギー出納収支が不適正である確率は同程度に増加する。つまり、個人のエネルギー摂取量が推定エネルギー必要量よりも多い場合、体重が増加する確率が高くなり、少ない場合には体重が減少する確率が増加する。エネルギーの食事摂取基準に、他の栄養素で用いられている食事摂取基準の概念を適用することができないのは、このためである。

一方、集団の推定エネルギー必要量とは、「当該集団全体におけるエネルギー出納 (成人の場合、エネルギー摂取量－エネルギー消費量) が0 (ゼロ) となる確率が最も高くなると推定される、習慣的な1日当たりのエネルギー摂取量」と定義される。当該集団のエネルギー摂取量が、推定エネルギー必要量である場合、その集団のエネルギー摂取量が真のエネルギー必要量より不足する割合 (人数) が50%、過剰になる割合が50%となる。

総エネルギー消費量に大きな影響を与えている因子は、基礎代謝量及び身体活動によるエネルギー消費量であることから、より正確な推定エネルギー必要量を示すには、当該個人及び集団の基礎代謝量と身体活動量を知る必要がある。

2-2. 基本的な考え方

2-2-1. 基礎代謝量

基礎代謝量 (kcal/日) は、

$$\text{基礎代謝基準値 (kcal/kg 体重/日)} \times \text{基準体重 (kg)}$$

として算定した (表1)。

基礎代謝量は、早朝空腹時に快適な室内 (室温など) において安静仰臥位・覚醒状態で測定される。数多くの報告に基づいて、体重1 kg当たりの基礎代謝量の代表値が求められ、これを基礎代謝基準値と呼んでいる。

基礎代謝基準値は、日本人の食事摂取基準 (2005年版) で採用された基礎代謝基準値をもとにして、1980年以降に発表された各性及び年齢別の基礎代謝量測定値 (表2)³⁻¹⁵⁾ を考慮して決定した。

表1 基礎代謝量

性別	男性			女性		
	基礎代謝基準値 (kcal/kg体重/日)	基準体重 (kg)	基礎代謝量 (kcal/日)	基礎代謝基準値 (kcal/kg体重/日)	基準体重 (kg)	基礎代謝量 (kcal/日)
1～2 (歳)	61.0	11.7	710	59.7	11.0	660
3～5 (歳)	54.8	16.2	890	52.2	16.2	850
6～7 (歳)	44.3	22.0	980	41.9	22.0	920
8～9 (歳)	40.8	27.5	1,120	38.3	27.2	1,040
10～11 (歳)	37.4	35.5	1,330	34.8	34.5	1,200
12～14 (歳)	31.0	48.0	1,490	29.6	46.0	1,360
15～17 (歳)	27.0	58.4	1,580	25.3	50.6	1,280
18～29 (歳)	24.0	63.0	1,510	22.1	50.6	1,120
30～49 (歳)	22.3	68.5	1,530	21.7	53.0	1,150
50～69 (歳)	21.5	65.0	1,400	20.7	53.6	1,110
70以上 (歳)	21.5	59.7	1,280	20.7	49.0	1,010

2-2-2. 身体活動レベル

身体活動レベル (physical activity level : PAL) とは、食事誘発性体熱産生の影響も受けるが、主に身体活動量の指標であり、二重標識水法 (doubly labeled water method) で測定された総エネルギー消費量を基礎代謝量で除した指標と定義される¹⁶⁻¹⁸⁾。

身体活動レベル = 1日当たり総エネルギー消費量 ÷ 1日当たりの基礎代謝量

二重標識水法とはアメリカ/カナダの食事摂取基準でも採用されている、エネルギー消費量のもっとも正確な測定法である。

エネルギー消費量の個人差が大きいことに鑑み、より正確な推定エネルギー必要量を求めるために、対象者の特性及びエビデンスの有無により、複数の身体活動レベルを各性及び年齢別に示した。

2-2-3. 推定エネルギー必要量の計算方法

二重標識水法により測定された日本人の習慣的な総エネルギー消費量¹⁹⁾から計算された身体活動レベルを用いて、推定エネルギー必要量は、原則として身体活動レベル別に、

推定エネルギー必要量 (kcal/日) = 基礎代謝量 (kcal/日) × 身体活動レベル
として算定した。

小児の場合は、成長に伴う組織の増加を考慮する必要があるため、エネルギー蓄積量を追加する。妊婦では胎児と母体の組織の増加に相当するエネルギーを、授乳婦では泌乳に必要なエネルギー及び産後の体重変化に相当するエネルギーを考慮する。

2-3. 成人

日本人の成人 (20～59歳、139人) を対象として身体活動レベルを測定したデータ¹⁹⁾を用い、25

表2 日本人の成人における基礎代謝量の報告例 (平均±標準偏差)

参考文献番号	対象者	性別など (人数)	年齢 (歳)	身長 (cm)	体重 (kg)	BMI (kg/m ²)	基礎代謝量 (kcal/日)	基礎代謝量 (kcal/kg体重/日)
3)	(a)	男 (37)	19.3±1.4	170.9±5.5	67.0±13.1	22.9±4.7	1,570±268	23.7±3.0
		女 (174)	19.2±1.5	158.0±5.8	54.9±10.1	22.0±3.7	1,228±221	22.3±3.2
4)	(b)	正常 (26)	19.9±0.9	159.9±6.2	51.5±4.7	20.1	1,130±74	21.9±1.4
		低値 (4)	20.0±0.8	159.3±5.7	53.6±4.9	21.1	1,111±73	20.7±1.3
5)	(c)	女 (19)	20.1±0.7	159.7±5.1	51.0±5.2	20.0±1.3	1,191±165	23.3±2.3
6)	(d)	女 (115)	22.3±2.1	161.3±6.7	55.4±6.5	21.3±1.9	1,190±154	21.5±1.5
7)	(e)	男 (21)	30±11	173.6±6.6	70.5±12.6	23.3±3.0	1,586±257	22.4±3.6
		女 (20)	32±10	159.8±4.8	53.2±6.1	20.8±1.9	1,155±123	21.7±2.3
8)	(f)	男 (71)	36±16	170.5±7.1	68.3±11.5	23.4±3.1	1,527±218	22.3±3.1
		女 (66)	37±16	159.1±5.6	54.0±9.2	21.4±3.3	1,156±135	21.4±2.5
9)	(g)	男 (50)	44.7±2.9	165.9±5.6	64.8±9.4	23.7±3.4	1,591±220	24.8±2.8
		男 (36)	54.3±3.1	163.3±5.0	62.8±7.5	23.6±2.8	1,460±179	23.4±2.7
		男 (37)	64.2±3.0	162.3±4.5	58.2±7.9	22.1±3.0	1,356±174	23.5±3.2
		女 (39)	44.3±2.8	154.1±5.2	54.5±8.2	23.5±3.4	1,253±152	23.1±2.8
		女 (39)	55.1±3.0	152.6±4.5	53.8±7.2	23.2±3.1	1,194±131	22.4±2.4
		女 (38)	64.2±3.0	149.2±4.4	51.7±6.7	23.2±3.0	1,161±139	22.7±2.8
10)	(h)	女 (41)	52.6±14.0	157.4±12.5	90.8±17.9	36.7±6.8	1,986±402	21.8±4.4
		女 (40)	54.8±12.5	158.8±7.2	90.3±12.2	36.1±3.3	1,980±360	21.9±3.9
11)	(i)	女 (70)	60.6±4.2	154.9±5.2	52.7±6.2	21.9±2.1	1,148±126	21.9±2.2
12, 13)	(j)	男 (10)	76±9	155.5±5.8	48.3±8.9	20.0	877±166	18.1±2.9
		女 (15)	80±6	141.6±5.8	45.9±9.2	22.9	897±149	19.9±3.4
		女 (14)	80±6	141.2±5.7	45.4±9.3	22.8±4.7	907±150	20.4±3.1
14)	(k)	男 (20)	18~19	168.6±6.0	58.7±6.3	20.7	1,530±166	26.0±2.8
15)	(l)	男 (10)	24.8±4.3	171.4±4.3	64.7±7.2	22.0	1,559±219	24.1±3.3

(a) 管理栄養士養成コースの大学生、(b) T3 の値で分けられた女子学生、(c) 健康な女子大生、(d) 健康な若年女性、(e) 健康な男女、(f) 激しい運動を行っていない健康な男女、(g) 松山市及びその近郊に居住する中高年男女、(h) 肥満の中年女性、(i) ウォーキングや水泳を行っている閉経後中高年女性、(j) 特別養護老人ホーム・養護老人ホームの介護を必要としない入居者、(k) 全寮制の大学に属する健康な男子学生、(l) 健康な成人男性。

パーセンタイル値 (1.60) と 75 パーセンタイル値 (1.90) を用いて、集団を 3 分割した (表 3)。この結果をもとに、低い方から順に、身体活動レベルを I (低い：身体活動レベルの代表値 = 1.50)、レベル II (ふつう：身体活動レベルの代表値 = 1.75)、レベル III (高い：身体活動レベルの代表値 = 2.00) と分類した。この分類では、それぞれのレベルの人数はおよそ 1 : 2 : 1 となる。

表 3 に示したように、全対象者の身体活動量レベルの平均値 ± 標準偏差は 1.75 ± 0.22 である。レベル I の代表値 (または平均値) は、全体の「平均値 - 1 × 標準偏差」、レベル III の代表値 (ま

表3 身体活動レベル別にみた対象者特性と身体活動レベル (平均±標準偏差)¹⁹⁾

身体活動レベル (範囲)	人数	性比 (% 男性)	年齢 (歳)	BMI (kg/m ²)	身体活動レベル
レベル I (1.6 未満)	38	55	40±11	23.9±2.5	1.50±0.08
レベル II (1.6 以上、1.9 以下)	65	52	39±11	22.8±3.1	1.74±0.08
レベル III (1.9 より大)	36	39	40±9	21.3±2.6	2.03±0.13
合 計	139	50	39±10	22.7±2.9	1.75±0.22

表4 日本人における二重標識水法を用いた身体活動レベルの報告例 (平均±標準偏差)

参考文献 番号	対象者	性別 (人数)	年齢 (歳)	BMI (kg/m ²)	基礎代謝量 (kcal/日)	総エネルギー 消費量 (kcal/日)	身体活動 レベル
20)	シンクロナイズド スイミング選手	女 (9)	19.8±2.8	20.7±0.7	1,243±75 ¹	2,738±672 ¹	2.18±0.43
21)	プロサッカー選手 (シーズン中)	男 (7)	22.1±1.9	記載なし	1,683±81	3,532±408 ¹	2.19 ±0.31
22)	大学院生	男 (10)	24.2±1.8	22.1±1.1	1,786±181	2,910±524	1.63 ±0.28
24)	特別救助隊員	男 (10)	30.0±2.8	24.0±1.9	1,850±187 ²	4,009±611	(2.2 ±0.3)
25)	健康な成人	男 (44)	51±14	23.3±2.6	1,447±184	2,654±361 (2,013~3,769)	1.9±0.3
29)	運動習慣のない中 年女性	女 (12)	49.4±6.0	20.9±1.9	1,188±121	1,921±234	1.62±0.13
	テニス実施者 ³	女 (16)	50.0±4.8	21.9±1.7	1,240±92	2,520±335	2.03±0.19
30)	高校野球選手	男 (12)	16.5±0.5	23.4±1.9	1,849±96	4,922±391	2.66±0.14
31)	小学生	男 (5)	11.2±1.0	記載なし	1,343±187	1,968±299	1.47 ⁴
		女 (7)					
19)	健康な成人 (健康センターま たは4か所の職場 で募集)	男 (19)	25.1±2.7	22.1±3.0	基礎代謝基準値	2,631±373	1.72±0.29
		男 (18)	33.8±3.3	23.6±3.7		2,655±526	1.78±0.20
			43.8±2.5	24.4±2.6		2,581±363	1.67±0.20
		男 (19)	53.3±2.5	24.3±2.4		2,445±311	1.71±0.14
		女 (17)	24.9±2.7	20.9±3.0		1,981±361	1.58±0.29
		女 (22)	33.7±2.8	21.6±3.0		2,039±394	1.76±0.29
			44.0±3.0	21.9±2.8		2,008±234	1.75±0.22
女 (15)	52.7±2.0	22.7±1.5	1,953±220	1.77±0.22			
32)	ボディビルダー	男 (7)	42±7	26.2±2.2	記載なし	3,423±634	2.00±0.21
33)	健康な高齢者 (健康教室参加者)	男 (14)	74±6	22.2±2.5	1,133±179	1,876±368	1.66±0.24
		女 (18)					

¹ 対象者が重複した複数の論文がある場合は、対象者数が多く結果が詳細に報告されている方のみを掲載した。

² 昼食前に座位で測定。

³ 7~30年間、週に3~6日、1日2~4時間のテニス実施者。

⁴ 基礎代謝量とエネルギー消費量の平均値から計算。

たは平均値)は「平均値+1×標準偏差」にほぼ相当している。

二重標識水法を用いて日本人の総エネルギー消費量や身体活動レベルを評価した報告は表4のとおりである¹⁹⁻³³⁾。それぞれの対象集団における身体活動レベルの値は、対象特性を考慮すると上記の身体活動レベルの3区分に対応しており、上記の3区分は妥当であると考えられる。

2-4. 高齢者

健康で自立した高齢者については、身体活動レベルを測定した数多くの報告がある(表5)³³⁻⁴²⁾。それらの平均値が1.69であったため、身体活動レベルの代表値を1.70とした。しかし、これらの報告のほとんど(全13報告のうち11報告)が平均年齢として主に70~75歳を対象にしており、また、その多くは比較的健康で自由な生活を営んでいる人を対象としていた。そのため、70歳以上の高齢者の代表値とは考えにくいという問題もある。また、90歳代に関して身体活動レベルの平均値が報告された文献は非常に少なく、1件のみであった⁴³⁾。それによると、90歳代の身体活動レベルは低い傾向がみられた。

表5 高齢者における二重標識水法を用いた身体活動レベルの報告例(平均±標準偏差)

参考文献番号	対象者	性別(人数)	年齢(歳)	BMI(kg/m ²)	基礎代謝量(kcal/日)	総エネルギー消費量(kcal/体重/日)	身体活動レベル
33)	健康な高齢者	男(14) 女(18)	74±6	22.2±2.5	1,133±179	1,876±368	1.66±0.24
34)	自立生活をしている高齢男性	男(8)	72.8±6.1	22.4±2.5	記載なし	2,107±88	1.4±0.1
35)	退職した高齢女性	女(10)	74.0±4.4	24.1±2.8	1,145±105	1,814±213	1.59±0.19
36)	健康な高齢者	男(3) 女(9)	73	25±3	1,371±201	2,366±342	1.73±0.25
37)	健康な高齢女性	女(10)	73±3	記載なし	1,221±91	2,201±354	1.80±0.19
38)	健康な高齢男性	男(19)	73.4±4.1	記載なし	1,480±144	2,539±586	1.71±0.32
39)	黒人女性	女(67)	74.6±3.2	28.6±5.9	1,131±170	1,904±369	1.69±0.24
	白人女性	女(77)	74.8±2.8	26.2±5.3	1,150±170	1,885±286	1.65±0.21
	黒人男性	男(72)	74.8±2.9	27.1±4.5	1,363±187	2,324±436	1.71±0.24
	白人男性	男(72)	75.1±3.2	27.6±4.2	1,454±191	2,521±396	1.74±0.22
40)	高い機能をもつ在宅高齢者	男(150) 女(152)	74.8±2.9	27.3±4.9	1,275±224	2,163±459	1.70±0.24
41)	比較的健康な高齢者	男(2) 女(9)	78	24.3±2.6	1,140±76	1,984±347	1.74±0.25
42)	在宅高齢者	男(17)	82±3 ¹	24.8±3.8 ¹	1,434±143	2,294±311	1.6±0.2

¹ 年齢、身長、体重、BMIは17人+6人の計23人分の値。

2-5. 小児

成長期である小児では、身体活動に必要なエネルギーに加えて、組織合成に要するエネルギーと組織増加分のエネルギー(エネルギー蓄積量)を余分に摂取する必要がある。そのうち、組織の合

成に消費されるエネルギーは総エネルギー消費量に含まれるため、推定エネルギー必要量 (kcal/日) は、

$$\begin{aligned} & \text{推定エネルギー必要量 (kcal/日)} \\ & = \text{基礎代謝量 (kcal/日)} \times \text{身体活動レベル} + \text{エネルギー蓄積量 (kcal/日)} \end{aligned}$$

として算出できる。

身体活動レベルは年齢階級によって異なるため、小児の身体活動レベルを二重標識水法で測定した報告に関する系統的レビューを行った。その際、原則として基礎代謝量を実測した報告に限定して値を決定することとした⁴⁴⁻⁶⁷⁾が、そのような文献がなかった5歳未満の幼児においては、基礎代謝量の推定値を用いて身体活動レベルを推定した報告⁶⁸⁻⁷⁵⁾も利用した。その結果、身体活動レベルの平均値は、1～2歳：1.36、3～5歳：1.47、6～7歳：1.57、8～9歳：1.59、10～11歳：1.63、12～14歳：1.66、15～17歳：1.76で、年齢とともに増加する傾向を示した (図1)。これらを、小児の身体活動レベルの代表値とした (表6)。なお小児における年齢と身体活動レベルの関係について17の研究結果をまとめた別のメタ・アナリシスでも、年齢とともに増加している⁷⁶⁾。

1～2歳と3～5歳では、身体活動レベルの個人差はみられるものの、個人や集団について、それを分類した報告がないことから、身体活動レベルの区分はしないことにした。一方、6歳以降は、身体活動レベルの個人差を考慮するために、成人と同じ3区分とした。抽出された文献の標準偏差の各年齢階級別に対象者数で重み付けした平均値は、年齢階級によって0.17～0.25の幅で変動しており、平均値は0.21であった。そのため、子どもにおける各区分の身体活動レベルの値は、各年齢階級の「ふつう」からそれぞれ0.20増加または減少させた値とした。これらの年代の身体活動レベルに関するわが国のデータはないが、前述したように、国外の報告によると、身体活動レベルにおいて上下に大きな差がみられることに鑑み、今回初めて、学童期についてレベルI (低

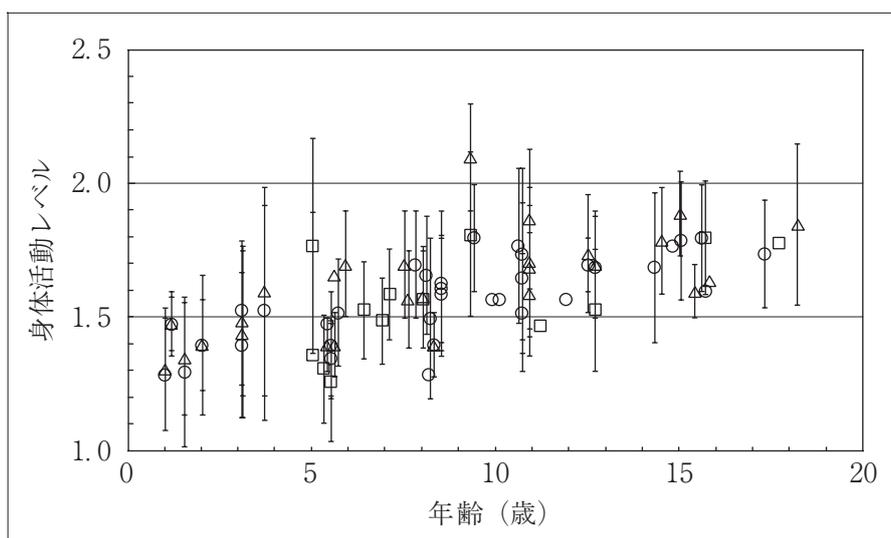


図1 小児における身体活動レベル

原則として、基礎代謝量の実測値を用いて得られた報告に限定した。しかし3～5歳については、基礎代謝量の測定が困難であり、実測値を用いた報告が少なかったことから、基礎代謝量の推定値を使用した報告も採用した。また、1～2歳については、身体活動レベルを記述したものが2つの報告のみであることから、それぞれ基礎代謝の推定値及び睡眠時代謝量を使用したこれらの報告を採用した。

(△：男子、○：女子、□：男女)

表6 年齢階級別にみた身体活動レベルの群分け（男女共通）

身体活動レベル	レベル I (低い)	レベル II (ふつう)	レベル III (高い)
1～2 (歳)	—	1.35	—
3～5 (歳)	—	1.45	—
6～7 (歳)	1.35	1.55	1.75
8～9 (歳)	1.40	1.60	1.80
10～11 (歳)	1.45	1.65	1.85
12～14 (歳)	1.45	1.65	1.85
15～17 (歳)	1.55	1.75	1.95
18～29 (歳)	1.50	1.75	2.00
30～49 (歳)	1.50	1.75	2.00
50～69 (歳)	1.50	1.75	2.00
70以上 (歳)	1.45	1.70	1.95

表7 成長に伴う組織増加分のエネルギー（エネルギー蓄積量）

性別	男性				女性			
	A. 基準 体重 (kg)	B. 体重 増加量 (kg/年)	組織増加分		A. 基準 体重 (kg)	B. 体重 増加量 (kg/年)	組織増加分	
			C. エネルギー 密度 (kcal/g) ¹⁾	D. エネルギー 蓄積量 (kcal/日)			C. エネルギー 密度 (kcal/g)	D. エネルギー 蓄積量 (kcal/日)
年齢								
0～5 (月)	6.4	9.5	4.4	120	5.9	8.7	5.0	120
6～8 (月)	8.5	3.4	1.5	15	7.8	3.4	1.8	15
9～11 (月)	9.1	2.4	2.7	15	8.5	2.5	2.3	15
1～2 (歳)	11.7	2.1	3.5	20	11.0	2.1	2.4	15
3～5 (歳)	16.2	2.1	1.5	10	16.2	2.2	2.0	10
6～7 (歳)	22.0	2.5	2.1	15	22.0	2.5	2.8	20
8～9 (歳)	27.5	3.4	2.5	25	27.2	3.1	3.2	25
10～11 (歳)	35.5	4.5	3.0	35	34.5	4.1	2.6	30
12～14 (歳)	48.0	4.2	1.5	20	46.0	3.1	3.0	25
15～17 (歳)	58.4	2.0	1.9	10	50.6	0.8	4.7	10

体重増加量(B)は、比例配分的な考え方により、基準体重(A)から以下のようにして計算した。

例：9～11か月の女性における体重増加量 (kg/年)

$$X = [(9 \sim 11 \text{ か月}(10.5 \text{ か月時})\text{の基準体重}) - (6 \sim 8 \text{ か月}(7.5 \text{ か月時})\text{の基準体重})] / [0.875(\text{歳}) - 0.625(\text{歳})] + [(1 \sim 2 \text{ 歳の基準体重}) - (9 \sim 11 \text{ か月の基準体重})] / [2(\text{歳}) - 0.875(\text{歳})]$$

$$\text{体重増加量} = X/2$$

$$= [(8.5 - 7.8) / 0.25 + (11.0 - 8.5) / 1.125] / 2 \\ \doteq 2.5$$

組織増加分のエネルギー密度(C)は、アメリカ/カナダの食事摂取基準¹⁾より計算。

組織増加分のエネルギー蓄積量(D)は、体重増加量(B)と組織増加分のエネルギー密度(C)の積として求めた。

例：9～11か月の女性における組織増加分のエネルギー (kcal/日)

$$= [(2.5(\text{kg/年}) \times 1,000 / 365 \text{ 日})] \times 2.3(\text{kcal/g})$$

$$= 16$$

$$\doteq 15$$

い) を設けることとした。今後、学童期の日本人における身体活動レベルについて検討する必要がある。

組織増加分のエネルギーは、基準体重から1日当たりの体重増加量を計算し、これと組織増加分エネルギー密度¹⁾との積とした。算出方法の詳細は表7を参照されたい。

2-6. 乳児

乳児も小児と同様に、身体活動に必要なエネルギーに加えて、組織合成に要するエネルギーとエネルギー蓄積量相当分を摂取する必要がある。そのうち、組織の合成に消費されたエネルギーは総エネルギー消費量に含まれるため、推定エネルギー必要量は、

$$\begin{aligned} & \text{推定エネルギー必要量 (kcal/日)} \\ & = \text{総エネルギー消費量 (kcal/日)} + \text{エネルギー蓄積量 (kcal/日)} \end{aligned}$$

として求められる。

乳児の総エネルギー消費量に関して、FAO/WHO/UNU は、二重標識水法を用いた先行研究で報告された結果に基づき、性及び年齢（月齢）、体重、身長、総エネルギー消費量との関係を種々検討した結果、母乳栄養児の乳児期の総エネルギー消費量は、体重だけを独立変数とする次の回帰式で説明できたと報告している^{77,78)}。

$$\text{総エネルギー消費量 (kcal/日)} = 92.8 \times \text{基準体重 (kg)} - 152.0$$

日本人の乳児について二重標識水法によって総エネルギー消費量を測定した報告は存在しない。そのため、これらの回帰式に日本人の基準体重を代入して総エネルギー消費量（kcal/日）を求めた。

エネルギー蓄積量は、小児と同様に、基準体重から1日当たりの体重増加量を計算し、これと組織増加分のエネルギー密度⁶⁸⁾との積とした（表7）。

推定エネルギー必要量を乳児の月齢別（0～5か月、6～8か月、9～11か月）に示した。なお、体重変化が大きい0～5か月において、前半と後半で推定エネルギー必要量に大きな差があることにも留意すべきである。

また、一般的に人工乳栄養児は、母乳栄養児よりも総エネルギー消費量が多い⁷⁷⁾ことも留意する必要がある。なお、FAO/WHO/UNU は人工乳栄養児については、下記の回帰式で総エネルギー消費量を推定できるとしている^{77,78)}。

$$\text{総エネルギー消費量 (kcal/日)} = 82.6 \times \text{体重 (kg)} - 29.0$$

2-7. 妊婦：付加量

妊婦の推定エネルギー必要量は、

$$\begin{aligned} & \text{妊婦の推定エネルギー必要量 (kcal/日)} \\ & = \text{妊娠前の推定エネルギー必要量 (kcal/日)} + \text{妊婦のエネルギー付加量 (kcal/日)} \end{aligned}$$

として求められる。

女性の妊娠（可能）年齢が、推定エネルギー必要量の複数の年齢区分にあることを鑑み、妊婦が、妊娠中に適切な栄養状態を維持し正常な分娩をするために、妊娠前と比べて余分に摂取すべきと考えられるエネルギー量を、妊娠期別に付加量として示す必要がある。

二重標識水法を用いた縦断的研究によると、妊娠中は身体活動レベルが妊娠初期と末期に減少するが、基礎代謝量は逆に、妊娠による体重増加により末期に大きく増加する⁷⁷⁻⁸³⁾結果、総エネルギー消費量の増加率は妊娠初期、中期、末期とも、妊婦の体重の増加率とほぼ一致しており、全妊娠

期において体重当たりの総エネルギー消費量は、ほとんど差がない。したがって、妊娠前の総エネルギー消費量（推定エネルギー必要量）に対する妊娠による各時期の総エネルギー消費量の変化分^{77,78)}は、妊婦の最終体重増加量 11 kg⁸⁴⁾に対応するように補正すると、初期：+19 kcal/日、中期：+77 kcal/日、末期：+285 kcal/日と計算される。

また、妊娠期別のたんぱく質の蓄積量と体脂肪の蓄積量^{77,78)}から、最終的な体重増加量が 11 kg に対応するようにたんぱく質及び脂肪としてのエネルギー蓄積量をそれぞれ推定し、それらの和としてエネルギー蓄積量を求めた。その結果、各妊娠期におけるエネルギー蓄積量は初期：44 kcal/日、中期：167 kcal/日、末期：170 kcal/日となる。

したがって、最終的に各妊娠期におけるエネルギー付加量は、

妊婦のエネルギー付加量(kcal/日)

= 妊娠による総消費エネルギーの変化量(kcal/日) + エネルギー蓄積量(kcal/日)

として求められ、50 kcal 単位で丸め処理を行うと、初期：50 kcal/日、中期：250 kcal/日、末期：450 kcal/日と計算される。

2-8. 授乳婦：付加量

授乳婦の推定エネルギー必要量は

授乳婦の推定エネルギー必要量(kcal/日)

= 妊娠前の推定エネルギー必要量(kcal/日) + 授乳婦のエネルギー付加量(kcal/日)

として求められる。

出産直後は、妊娠前より体重が大きく、さらに母乳の合成のために消費するエネルギーが必要であることは、基礎代謝量が増加する要因となる。しかし、実際の基礎代謝量に明らかな増加はみられない⁷⁸⁾。一方、二重標識水法を用いて縦断的に検討した4つの研究のうちひとつでは、身体活動によるエネルギーが有意に減少しているが⁷⁹⁾、他の3つにおいては、絶対量が約10%減少しているものの有意な差ではない^{80,82,85)}。その結果、授乳期の総エネルギー消費量は妊娠前と同様であり^{78,80,82,85)}、総エネルギー消費量の変化という点からは授乳婦に特有なエネルギーの付加量を設定する必要はない。一方、総エネルギー消費量には、母乳のエネルギー量そのものは含まれないので、授乳婦はその分のエネルギーを摂取する必要がある。

母乳のエネルギー量は、泌乳量を哺乳量 (0.78 L/日)^{86,87)}と同じとみなし、また母乳中のエネルギー含有量は、663 kcal/L⁸⁸⁾とすると、

母乳のエネルギー量(kcal/日) = 0.78L/日 × 663 kcal/L ≒ 517 kcal/日

と計算される。

一方、分娩（出産）後における体重の減少（体組織の分解）によりエネルギーが得られる分、必要なエネルギー摂取量が減少する。体重減少分のエネルギーを体重1 kg 当たり 6,500 kcal、体重減少量を 0.8kg/月^{77,78)}とすると、

体重減少分のエネルギー量(kcal/日) = 6,500 kcal/kg 体重 × 0.8 kg/月 ÷ 30 日
≒ 173 kcal/日

となる。

したがって、正常な妊娠・分娩を経た授乳婦が、授乳期間中に妊娠前と比べて余分に摂取すべきと考えられるエネルギーを授乳婦のエネルギー付加量とすると、

授乳婦のエネルギー付加量(kcal/日)

= 母乳のエネルギー量(kcal/日) - 体重減少分のエネルギー量(kcal/日)

として求めることができる。その結果、付加量は $517 - 173 = 344$ kcal/日となり、丸め処理を行って 350 kcal/日とした。

3. 活用に当たって

3-1. 基礎代謝基準値の考え方

基礎代謝基準値は、基準体位において推定値と実測値が一致するように決定されている。そのため、基準から大きく外れた体位では推定誤差が大きくなる。例えば、日本人でも、肥満者において基礎代謝基準値を用いると、基礎代謝量を過大評価する⁸⁹⁾。またやせの場合、逆に基礎代謝量を過小評価する。この過大評価あるいは過小評価した基礎代謝量に身体活動レベルを乗じて得られた推定エネルギー必要量は、肥満者の場合は真のエネルギー必要量よりも大きく、やせではより小さい可能性が高い。このようにして推定したエネルギー必要量を用いてエネルギー摂取量を計画すると、肥満者ではより肥満が進行し、やせではよりやせる確率が高くなることになる。

3-2. 基礎代謝量と除脂肪量との関係

基礎代謝量は体重よりも除脂肪量と強い相関がみられることが示されており^{5,8,11,90)}、今後、適切な身体組成の評価と、それに見合った推定式の組み合わせから、より正確な基礎代謝量の推定が可能となると考えられる。

3-3. 推定エネルギー必要量の推定誤差

アメリカ/カナダの食事摂取基準^{1,2)}においては、総エネルギー消費量の推定標準誤差 (standard error of estimate) がおよそ 300 kcal/日弱であった。この変動が生物学的な変動と実験上の変動 (二重標識水法の測定誤差など) に分けられ、それらが等しいと仮定すると、生物学的な変動は、標準偏差相当でおよそ ± 200 kcal/日と考えられる。

例えば、推定エネルギー必要量 (= 総エネルギー消費量) を算出した結果が 2,500 kcal/日であった場合、真のエネルギー必要量がおおよそ 2,300~2,700 kcal/日の間にある確率が約 68%、おおよそ 2,100~2,900 kcal/日の間にある確率が約 95% であると考えられる。言い換えれば、推定エネルギー必要量が 2,500 kcal/日であっても、ほぼ 3 人に 1 人の真のエネルギー必要量が 2,300 kcal/日未満あるいは 2,700 kcal/日より多いということである。

3-4. 身体活動の強度

身体活動レベルを推定するために必要な各身体活動の強度を示す指標として、Af (activity factor: 基礎代謝量の倍数として表した各身体活動の強度の指標) ではなく、メッツ値 (metabolic equivalent: 座位安静時代謝量の倍数として表した各身体活動の強度の指標) を用いた (表 8)⁹¹⁾。これは、身体活動・運動の強度を示す指標として、2つの指標があることによる混乱を避けるためである。絶食時の座位安静時代謝量は仰臥位で測定する基礎代謝量よりおよそ 10% 大きい^{ため^{1,92)}}、メッツ値 $\times 1.1 \equiv Af$ という関係式が成り立つ。成人におけるそれぞれの身体活動レベルの活動内容と活動時間の代表例は、表 9 のとおりである。

3-5. 身体活動後の代謝亢進が総エネルギー消費量に与える影響

身体活動によるエネルギー消費量を活動記録で推定する場合、アメリカ/カナダの食事摂取基準^{1,2)}

表8 身体活動の分類例

身体活動の分類 (メッツ値 ¹ の範囲)	身体活動の例
睡眠 (0.9)	睡眠
座位または立位の静的な活動 (1.0~1.9)	テレビ・読書・電話・会話など(座位または立位)、食事、運転、デスクワーク、縫物、入浴(座位)、動物の世話(座位、軽度)
ゆっくりした歩行や家事など低強度の活動 (2.0~2.9)	ゆっくりした歩行、身支度、炊事、洗濯、料理や食材の準備、片付け(歩行)、植物への水やり、軽い掃除、コピー、ストレッチング、ヨガ、キャッチボール、ギター・ピアノなどの楽器演奏
長時間持続可能な運動・労働など中強度の活動(普通歩行を含む) (3.0~5.9)	ふつう歩行~速歩、床掃除、荷造り、自転車(ふつうの速さ)、大工仕事、車の荷物の積み下ろし、苗木の植栽、階段を下りる、子どもと遊ぶ、動物の世話(歩く/走る、ややきつい)、ギター：ロック(立位)、体操、バレーボール、ボーリング、バドミントン
頻繁に休みが必要な運動・労働など高強度の活動 (6.0以上)	家財道具の移動・運搬、雪かき、階段を上る、山登り、エアロビクス、ランニング、テニス、サッカー、水泳、縄跳び、スキー、スケート、柔道、空手

¹ メッツ値 (metabolic equivalent、MET：単数形、METs：複数形) は、Ainsworth, et al.による⁹¹⁾。いずれの身体活動でも活動実施中における平均値に基づき、休憩・中断中は除く。

表9 身体活動レベル別にみた活動内容と活動時間の代表例 (15~69歳)¹

身体活動レベル ²	低い (I)	ふつう (II)	高い (III)	
	1.50 (1.40~1.60)	1.75 (1.60~1.90)	2.00 (1.90~2.20)	
日常生活の内容 ³	生活の大部分が座位で、静的な活動が中心の場合	座位中心の仕事だが、職場内での移動や立位での作業・接客等、あるいは通勤・買物・家事、軽いスポーツ等のいずれかを含む場合	移動や立位の多い仕事への従事者。あるいは、スポーツなど余暇における活発な運動習慣をもっている場合	
個々の活動の分類(時間/日)	睡眠 (0.9) ⁴	7~8	7~8	7
	座位または立位の静的な活動 (1.5 : 1.0~1.9) ⁴	12~13	11~12	10
	ゆっくりした歩行や家事など低強度の活動 (2.5 : 2.0~2.9) ⁴	3~4	4	4~5
	長時間持続可能な運動・労働など中強度の活動(普通歩行を含む) (4.5 : 3.0~5.9) ⁴	0~1	1	1~2
	頻繁に休みが必要な運動・労働など高強度の活動 (7.0 : 6.0以上) ⁴	0	0	0~1

¹ 表中の値は、東京近郊在住の成人を対象とした、3日間の活動記録の結果から得られた各活動時間の標準値。二重標識水法及び基礎代謝量の実測値から得られた身体活動レベルにより3群に分け、各群の標準値を求めた。

² 代表値。()内はおよその範囲。

³ 活動記録の内容に加え、Black, et al.¹⁷⁾を参考に、身体活動レベル(PAL)に及ぼす職業の影響が大きいことを考慮して作成。

⁴ ()内はメッツ値(代表値：下限~上限)。

では、すべての身体活動によるエネルギー消費量として、身体活動中のエネルギー消費量に加えて、身体活動後の代謝亢進によるエネルギー消費量 (excess post-exercise oxygen consumption : EPOC、当該身体活動中のエネルギー消費量の15%と仮定) を加算して求め、推定エネルギー必要量の計算に含める。しかし、実際の日常生活における EPOC は、きわめて小さい⁹²⁾ ことより、ここでは加算しないこと、つまり身体活動によるエネルギー消費量は従来どおり、当該身体活動中のエネルギー消費量のみとした。

参考文献

- 1) Food and Nutrition Board, Institute of Medicine. Dietary reference intakes for energy, carbohydrate, fiber, fat, fatty acids, cholesterol, protein, and amino acids. National Academies Press, Washington D. C., 2005: 107-264.
- 2) Brooks GA, Butte NF, Rand WM, et al. Chronicle of the Institute of Medicine physical activity recommendation: how a physical activity recommendation came to be among dietary recommendations. *Am J Clin Nutr* 2004; 79 (Suppl): S921-30.
- 3) 柳井玲子, 増田利隆, 喜多河佐知子, 他. 若年男女における食事量の過小・過大評価と身体的, 心理的要因および生活習慣との関係. *川崎医療福祉学会誌* 2006; 16: 109-19.
- 4) 島田美恵子, 西牟田守, 児玉直子, 他. 血漿トリヨードサイロニン (T3) は低値者が存在し, しかも早朝空腹仰臥位安静時代謝 (PARM) と正相関する—T3 は基礎代謝基準値策定のための PARM 測定時の必須測定項目である—. *体力科学* 2006; 55: 295-305.
- 5) 田口素子, 樋口満, 岡純, 他. 女性持久性競技者の基礎代謝量. *栄養学雑誌* 2001; 59: 127-34.
- 6) Usui C, Takahashi E, Gando Y, et al. Relationship between blood adipocytokines and resting energy expenditure in young and elderly women. *J Nutr Sci Vitaminol* 2007; 53: 529-35.
- 7) Yamamura C, Tanaka S, Futami J, et al. Activity diary method for predicting energy expenditure as evaluated by a whole-body indirect human calorimeter. *J Nutr Sci Vitaminol* 2003; 49: 262-9.
- 8) Ganpule AA, Tanaka S, Ishikawa-Takata K, et al. Interindividual variability in sleeping metabolic rate in Japanese subjects. *Eur J Clin Nutr* 2007; 61: 1256-61.
- 9) 廣瀬昌博. 現在の日本人中高年者における基礎代謝に関する研究. *愛媛医学* 1989; 8: 192-210.
- 10) Hioki C, Arai M. Bofutsushosan use for obesity with IGT: search for scientific basis and development of effective therapy with Kampo medicine. *J Trad Med* 2007; 24: 115-27.
- 11) 薄井澄誉子, 岡純, 山川純, 他. 閉経後中高年女性の基礎代謝量に及ぼす身体組成の影響. *体力科学* 2003; 52: 189-98.
- 12) 横関利子. 高齢者の基礎代謝量と身体活動量. *日本栄養・食糧学会誌* 1993; 46: 451-8.
- 13) 横関利子. 寝たきり老人の基礎代謝量とエネルギー所要量. *日本栄養・食糧学会誌* 1993; 46: 459-66.
- 14) 田原靖昭. 基礎代謝および寒冷暴露時における身体組成別産熱量の季節変動. *日本栄養・食糧学会誌* 1983; 36: 255-63.
- 15) Maeda T, Fukushima T, Ishibashi K, et al. Involvement of basal metabolic rate in

- determination of type of cold tolerance. *J Physiol Anthropol* 2007; 26: 415-8.
- 16) Shetty PS, Henry CJ, Black AE, et al. Energy requirements of adults: an update on basal metabolic rates (BMRs) and physical activity levels (PALs). *Eur J Clin Nutr* 1996; 50: S11-23.
 - 17) Black AE, Coward WA, Cole TJ, et al. Human energy expenditure in affluent societies: an analysis of 574 doubly-labelled water measurements. *Eur J Clin Nutr* 1996; 50: 72-92.
 - 18) Schutz Y, Weinsier RL, Hunter GR. Assessment of free-living physical activity in humans: an overview of currently available and proposed new measures. *Obes Res* 2001; 9: 368-79.
 - 19) Ishikawa-Takata K, Tabata I, Sasaki S, et al. Physical activity level in healthy free-living Japanese estimated by doubly-labelled water method and International Physical Activity Questionnaire. *Eur J Clin Nutr* 2008; 62: 885-91.
 - 20) Ebine N, Feng JY, Homma M, et al. Total energy expenditure of elite synchronized swimmers measured by the doubly labeled water method. *Eur J Appl Physiol* 2000; 83: 1-6.
 - 21) Ebine N, Rafamantanantsoa HH, Nayuki Y, et al. Measurement of total energy expenditure by the doubly labelled water method in professional soccer players. *J Sports Sci* 2002; 20: 391-7.
 - 22) 海老根直之, 島田美恵子, 田中宏暁, 他. 二重標識水法を用いた簡易エネルギー消費量推定法の評価: 生活時間調査法, 心拍数法, 加速度計法について. *体力科学* 2002; 51: 151-63.
 - 23) Rafamantanantsoa HH, Ebine N, Yoshioka M, et al. Validation of three alternative methods to measure total energy expenditure against the doubly labeled water method for older Japanese men. *J Nutr Sci Vitaminol* 2002; 48: 517-23.
 - 24) 東野政貴, 彭雪英, 海老根直之, 他. 通常勤務体制下の消防官の二重標識水法による総エネルギー消費量測定. *体力科学* 2003; 52: 265-74.
 - 25) Rafamantanantsoa HH, Ebine N, Yoshioka M, et al. The effectiveness of three-day dietary records with advanced photo system camera for measuring energy intake in Japanese men as determined by doubly labeled water technique. *J Clin Biochem Nutr* 2003; 33: 33-8.
 - 26) Rafamantanantsoa HH, Ebine N, Yoshioka M, et al. The role of exercise physical activity in varying the total energy expenditure in healthy Japanese men 30 to 69 years of age. *J Nutr Sci Vitaminol* 2003; 49: 120-4.
 - 27) 彭雪英, 吉武裕, 齊藤慎一. 中年女性における簡易エネルギー消費量推定法の検討 二重標識水法との比較. *肥満研究* 2004; 10: 163-72.
 - 28) 彭雪英, 柴田麗, 吉武裕, 他. 長期の運動習慣を有する中年女性におけるエネルギーバランスおよび栄養素等の摂取状況. *日本栄養・食糧学会誌* 2005; 58: 329-35.
 - 29) 彭雪英, 齊藤慎一, 引原有輝, 他. 長期の運動習慣を有する中年女性におけるエネルギー消費量, 体組成および最大酸素摂取量. *体力科学* 2005; 54: 237-48.
 - 30) 引原有輝, 齊藤慎一, 吉武裕. 高校野球選手における簡易エネルギー消費量測定法の妥当性の検討. *体力科学* 2005; 54: 363-72.
 - 31) 足立稔, 笹山健作, 引原有輝, 他. 小学生の日常生活における身体活動量の評価: 二重標識水法と加速度計法による検討. *体力科学* 2007; 56: 347-55.

- 32) 山本祥子, 高田和子, 別所京子, 他. ボディビルダーの基礎代謝量と身体活動レベルの検討. 栄養学雑誌 2008; 66: 195-200.
- 33) Yamada Y, Yokoyama K, Noriyasu R, et al. Light-intensity activities are important for estimating physical activity energy expenditure using uniaxial and triaxial accelerometers. *Eur J Appl Physiol* 2009; 105: 141-52.
- 34) Baarends EM, Schols AM, Pannemans DL, et al. Total free living energy expenditure in patients with severe chronic obstructive pulmonary disease. *Am J Respir Crit Care Med* 1997; 155: 549-54.
- 35) Sawaya AL, Saltzman E, Fuss P, et al. Dietary energy requirements of young and older women determined by using the doubly labeled water method. *Am J Clin Nutr* 1995; 62: 338-44.
- 36) Rothenberg E, Bosaeus I, Lernfelt B, et al. Energy intake and expenditure: validation of a diet history by heart rate monitoring, activity diary and doubly labeled water. *Eur J Clin Nutr* 1998; 52: 832-8.
- 37) Reilly JJ, Lord A, Bunker VW, et al. Energy balance in healthy elderly women. *Br J Nutr* 1993; 69: 21-7.
- 38) Bonnefoy M, Normand S, Pachiardi C, et al. Simultaneous validation of ten physical activity questionnaires in older men: a doubly labeled water study. *J Am Geriatr Soc* 2001; 49: 28-35.
- 39) Blanc S, Schoeller DA, Bauer D, et al. Energy requirements in the eighth decade of life. *Am J Clin Nutr* 2004; 79: 303-10.
- 40) Manini TM, Everhart JE, Patel KV, et al. Daily activity energy expenditure and mortality among older adults. *JAMA* 2006; 296: 171-9.
- 41) Rothenberg EM, Bosaeus IG, Steen BC. Energy expenditure at age 73 and 78—a five year follow-up. *Acta Diaetol* 2003; 40 (Suppl 1): S134-8.
- 42) Fuller NJ, Sawyer MB, Coward WA, et al. Components of total energy expenditure in free-living elderly men (over 75 years of age): measurement, predictability and relationship to quality-of-life indices. *Br J Nutr* 1996; 75: 161-73.
- 43) Rothenberg EM, Bosaeus IG, Westerterp KR, et al. Resting energy expenditure, activity energy expenditure and total energy expenditure at age 91-96 years. *Br J Nutr* 2000; 84: 319-24.
- 44) Wren RE, Blume H, Mazariegos M, et al. Body composition, resting metabolic rate, and energy requirements of short-and normal-stature, low-income Guatemalan children. *Am J Clin Nutr* 1997; 66: 406-12.
- 45) Fontvieille AM, Harper IT, Ferraro RT, et al. Daily energy expenditure by five-year-old children, measured by doubly labeled water. *J Pediatr* 1993; 123: 200-7.
- 46) Bunt JC, Salbe AD, Harper IT, et al. Weight, adiposity, and physical activity as determinants of an insulin sensitivity index in Pima Indian children. *Diabetes Care* 2003; 26: 2524-30.
- 47) Franks PW, Ravussin E, Hanson RL, et al. Habitual physical activity in children: the role of genes and the environment. *Am J Clin Nutr* 2005; 82: 901-8.

- 48) Hoos MB, Plasqui G, Gerver WJ, et al. Physical activity level measured by doubly labeled water and accelerometry in children. *Eur J Appl Physiol* 2003; 89: 624-6.
- 49) Livingstone MB, Coward WA, Prentice AM, et al. Daily energy expenditure in free-living children: comparison of heart-rate monitoring with the doubly labeled water ($2\text{H}_2(18)\text{O}$) method. *Am J Clin Nutr* 1992; 56: 343-52.
- 50) Dugas LR, Ebersole K, Schoeller D, et al. Very low levels of energy expenditure among pre-adolescent Mexican-American girls. *Int J Pediatr Obes* 2008; 3: 123-6.
- 51) Luke A, Roizen NJ, Sutton M, et al. Energy expenditure in children with Down syndrome: correcting metabolic rate for movement. *J Pediatr* 1994; 125: 829-38.
- 52) Ramirez-Marrero FA, Smith BA, Sherman WM, et al. Comparison of methods to estimate physical activity and energy expenditure in African American children. *Int J Sports Med* 2005; 26: 363-71.
- 53) Treuth MS, Figueroa-Colon R, Hunter GR, et al. Energy expenditure and physical fitness in overweight vs non-overweight prepubertal girls. *Int J Obes Relat Metab Disord* 1998; 22: 440-7.
- 54) Treuth MS, Butte NF, Wong WW. Effects of familial predisposition to obesity on energy expenditure in multiethnic prepubertal girls. *Am J Clin Nutr* 2000; 71: 893-900.
- 55) Maffeis C, Pinelli L, Zaffanello M, et al. Daily energy expenditure in free-living conditions in obese and non-obese children: comparison of doubly labelled water ($2\text{H}_2(18)\text{O}$) method and heart-rate monitoring. *Int J Obes Relat Metab Disord* 1995; 19: 671-7.
- 56) Spadano JL, Bandini LG, Must A, et al. Longitudinal changes in energy expenditure in girls from late childhood through midadolescence. *Am J Clin Nutr* 2005; 81: 1102-9.
- 57) Anderson SE, Bandini LG, Dietz WH, et al. Relationship between temperament, nonresting energy expenditure, body composition, and physical activity in girls. *Int J Obes Relat Metab Disord* 2004; 28: 300-6.
- 58) DeLany JP, Bray GA, Harsha DW, et al. Energy expenditure and substrate oxidation predict changes in body fat in children. *Am J Clin Nutr* 2006; 84: 862-70.
- 59) DeLany JP, Bray GA, Harsha DW, et al. Energy expenditure in preadolescent African American and white boys and girls: the Baton Rouge Children's Study. *Am J Clin Nutr* 2002; 75: 705-13.
- 60) Adachi M, Sasayama K, Hikiyama Y. Assessing daily physical activity in elementary school students used by accelerometer: A validation study against doubly labeled water method. *Jpn J Phys Fitness Sports Med* 2007; 56: 347-56.
- 61) Perks SM, Roemmich JN, Sandow-Pajewski M, et al. Alterations in growth and body composition during puberty. IV. Energy intake estimated by the youth-adolescent food-frequency questionnaire: validation by the doubly labeled water method. *Am J Clin Nutr* 2000; 72: 1455-60.
- 62) DeLany JP, Bray GA, Harsha DW, et al. Energy expenditure in African American and white boys and girls in a 2-y follow-up of the Baton Rouge Children's Study. *Am J Clin Nutr* 2004; 79: 268-73.
- 63) Bandini LG, Schoeller DA, Dietz WH. Energy expenditure in obese and nonobese

- adolescents. *Pediatr Res* 1990; 27: 198–203.
- 64) Bratteby LE, Sandhagen B, Fan H, et al. Total energy expenditure and physical activity as assessed by the doubly labeled water method in Swedish adolescents in whom energy intake was underestimated by 7-d diet records. *Am J Clin Nutr* 1998; 67: 905–11.
 - 65) Arvidsson D, Slinde F, Hulthen L. Physical activity questionnaire for adolescents validated against doubly labelled water. *Eur J Clin Nutr* 2005; 59: 376–83.
 - 66) Slinde F, Arvidsson D, Sjöberg A, et al. Minnesota leisure time activity questionnaire and doubly labeled water in adolescents. *Med Sci Sports Exerc* 2003; 35: 1923–8.
 - 67) Ekelund U, Aman J, Yngve A, et al. Physical activity but not energy expenditure is reduced in obese adolescents: a case-control study. *Am J Clin Nutr* 2002; 76: 935–41.
 - 68) Butte NF, Wong WW, Hopkinson JM, et al. Energy requirements derived from total energy expenditure and energy deposition during the first 2 y of life. *Am J Clin Nutr* 2000; 72: 1558–69.
 - 69) Tennefors C, Coward WA, Hernell O, et al. Total energy expenditure and physical activity level in healthy young Swedish children 9 or 14 months of age. *Eur J Clin Nutr* 2003; 57: 647–53.
 - 70) Davies PS, Gregory J, White A. Physical activity and body fatness in pre-school children. *Int J Obes Relat Metab Disord* 1995; 19: 6–10.
 - 71) Atkin LM, Davies PS. Diet composition and body composition in preschool children. *Am J Clin Nutr* 2000; 72: 15–21.
 - 72) Reilly JJ, Jackson DM, Montgomery C, et al. Total energy expenditure and physical activity in young Scottish children: mixed longitudinal study. *Lancet* 2004; 363: 211–2.
 - 73) Salbe AD, Weyer C, Harper I, et al. Assessing risk factors for obesity between childhood and adolescence: II. Energy metabolism and physical activity. *Pediatrics* 2002; 110: 307–14.
 - 74) Hernandez-Triana M, Salazar G, Diaz E, et al. Total energy expenditure by the doubly-labeled water method in rural preschool children in Cuba. *Food Nutr Bull* 2002; 23: 76–81.
 - 75) Montgomery C, Reilly JJ, Jackson DM, et al. Relation between physical activity and energy expenditure in a representative sample of young children. *Am J Clin Nutr* 2004; 80: 591–6.
 - 76) Hoos MB, Gerver WJ, Kester AD, et al. Physical activity levels in children and adolescents. *Int J Obes Relat Metab Disord* 2003; 27: 605–9.
 - 77) FAO. Human energy requirements. Report of a Joint FAO/WHO/UNU Expert Consultation. FAO Food and Nutrition Technical Report Series No. 1. FAO, Rome, 2004.
 - 78) Butte NF, King JC. Energy requirements during pregnancy and lactation. *Public Health Nutr* 2005; 8: 1010–27.
 - 79) Goldberg GR, Prentice AM, Coward WA, et al. Longitudinal assessment of the components of energy balance in well-nourished lactating women. *Am J Clin Nutr* 1991; 54: 788–98.
 - 80) Forsum E, Kabir N, Sadurskis A, et al. Total energy expenditure of healthy Swedish women during pregnancy and lactation. *Am J Clin Nutr* 1992; 56: 334–42.
 - 81) Goldberg GR, Prentice AM, Coward WA, et al. Longitudinal assessment of energy expenditure in pregnancy by the doubly labeled water method. *Am J Clin Nutr* 1993; 57: 494–505.

- 82) Kopp-Hoolihan, van Loan MD, Wong WW, et al. Longitudinal assessment of energy balance in well-nourished, pregnant women. *Am J Clin Nutr* 1999; 69: 697-704.
- 83) Butte NF, Wong WW, Treuth MS, et al. Energy requirements during pregnancy based on total energy expenditure and energy deposition. *Am J Clin Nutr* 2004; 79: 1078-87.
- 84) Takimoto H, Sugiyama T, Fukuoka H, et al. Maternal weight gain ranges for optimal fetal growth in Japanese women. *Int J Gynecol Obstet* 2006; 92: 272-8.
- 85) Butte NF, Wong WW, Hopkinson JM. Energy requirements of lactating women derived from doubly labeled water and milk energy output. *J Nutr* 2001; 131: 53-8.
- 86) 鈴木久美子, 佐々木晶子, 新澤佳代, 他. 離乳前乳児の哺乳量に関する研究. *栄養学雑誌* 2004; 62: 369-72.
- 87) 廣瀬潤子, 遠藤美佳, 柴田克己, 他. 日本人母乳栄養児 (0~5ヵ月) の哺乳量. *日本母乳哺育学会雑誌* 2008; 2: 23-8.
- 88) Yamawaki N, Yamada M, Kan-no T, et al. Macronutrient, mineral and trace element composition of breast milk from Japanese women. *J Trace Elements Med Biol* 2005; 19: 171-81.
- 89) Tanaka S, Ohkawara K, Ishikawa-Takata K, et al. Accuracy of predictive equations for basal metabolic rate and contribution of abdominal fat distribution to basal metabolic rate in obese Japanese people. *Anti-Aging Med* 2008; 5: 17-21.
- 90) 高橋恵理, 樋口満, 細川優, 他. 若年成人女性の基礎代謝量と身体組成. *栄養学雑誌* 2007; 65: 241-7.
- 91) Ainsworth BE, Haskell WL, Whitt MC, et al. Compendium of physical activities: an update of activity codes and MET intensities. *Med Sci Sports Exerc* 2000; 32 (Suppl): S498-516.
- 92) Ohkawara K, Tanaka S, Ishikawa-Takata K, et al. Twenty-four-hour analysis of elevated energy expenditure after physical activity in a metabolic chamber: models of daily total energy expenditure. *Am J Clin Nutr* 2008; 87: 1268-76.

エネルギーの食事摂取基準：推定エネルギー必要量 (kcal/日)¹

性別	男性			女性		
	I	II	III	I	II	III
身体活動レベル						
0～5 (月)	—	550	—	—	500	—
6～8 (月)	—	650	—	—	600	—
9～11 (月)	—	700	—	—	650	—
1～2 (歳)	—	1,000	—	—	900	—
3～5 (歳)	—	1,300	—	—	1,250	—
6～7 (歳)	1,350	1,550	1,700	1,250	1,450	1,650
8～9 (歳)	1,600	1,800	2,050	1,500	1,700	1,900
10～11 (歳)	1,950	2,250	2,500	1,750	2,000	2,250
12～14 (歳)	2,200	2,500	2,750	2,000	2,250	2,550
15～17 (歳)	2,450	2,750	3,100	2,000	2,250	2,500
18～29 (歳)	2,250	2,650	3,000	1,700	1,950	2,250
30～49 (歳)	2,300	2,650	3,050	1,750	2,000	2,300
50～69 (歳)	2,100	2,450	2,800	1,650	1,950	2,200
70以上 (歳) ²	1,850	2,200	2,500	1,450	1,700	2,000
妊婦 (付加量)	/			初期	+50	+50
				中期	+250	+250
				末期	+450	+450
授乳婦 (付加量)				+350	+350	+350

¹ 成人では、推定エネルギー必要量 = 基礎代謝量 (kcal/日) × 身体活動レベルとして算定した。18～69歳では、身体活動レベルはそれぞれ I = 1.50、II = 1.75、III = 2.00 としたが、70歳以上では、それぞれ I = 1.45、II = 1.70、III = 1.95 とした。

² 主として、70～75歳ならびに自由な生活を営んでいる対象者に基づく報告から算定した。