



# ダイエット 健康なからだづくり

## 代謝量の測定の重要性と新測定法の開発

---

### 阿部敏雄

平成16年秋頃からこのテーマで、数ヶ所で講演を行っているが、その時用いたppt (講演対象により少しずつ異なるが)の中から代表的なものを多少編集し直した後pdf化し、このCDR版に掲載する事とした。 (平成17年4月)



# 本日のお話する内容

1. それは「計るだけダイエット」で始まった・・・*私のダイエット*
2. エネルギー代謝論  
定常、非定常状態の検討・・・ *基礎代謝の重要性*
3. 基礎代謝量の推定から代謝量の測定へ  
Bioelectrical Impedance 法・・・ *基礎代謝の推定*  
ダグラスバッグ法・・・ *安静～運動状態の代謝量の測定*
4. 健康なからだづくり  
最大酸素摂取量、心拍数、呼吸商  
・・・ *運動強度、体力などの定量的評価*
5. 低価格測定システムの開発  
・・・ *成功すればニーズは大きい*



平成15年4月 体重 約85kg



平成16年4月 体重 約78kg

# それは「計るだけダイエット」\*で始まった



\* : NHK放送「試してガッテン」で平成15年10月15日に放映されたもの。  
上記記録用紙も同じホームページからプリントしたものを using している。

# ダイエットの推移

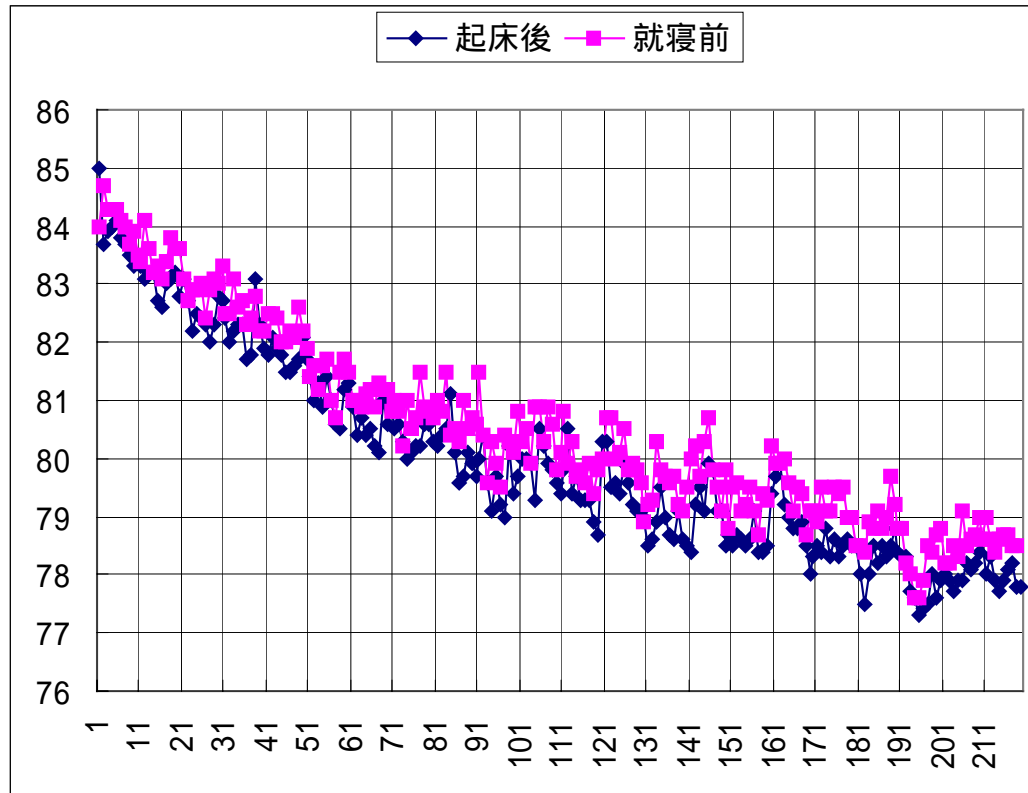


図2

体重の推移 平成15年10月17日 ~ 平成16年5月22日

# 「計るだけダイエット」のコンセプト

## なぜ「計るだけ」でダイエットが出来るのか

以下はNHKのホームページからの抄録

ダイエットの挫折の理由としてアブラや糖分の誘惑があります。これらはやめるのがとても難しいと言われていています。最近になってアブラや糖分をとると脳の中に快感物質（ $\beta$ -エンドルフィン）が出ることがわかってきました。これは麻薬と同じようなつよい快感を脳に与えるため、執着してしまうのです。これがアブラや砂糖をやめにくい理由です。

これほど強い快感をいきなりやめることはそもそも難しいのです。しかし！方法がありました。カロリーの低い味成分も同じ快感物質を出すことが分かりました。そこでネズミにこの餌をアブラと一緒に与えると、苦勞せずにアブラの摂取量が減りました。

快感物質を出す方法を別なものに置き換えることがとても重要なのです。

これまでの様々なダイエットが長続きしない理由はここにありました。つらい食事制限や単調な運動。こういった我慢を伴うもので快感物質に打ち勝つことは容易ではありません。

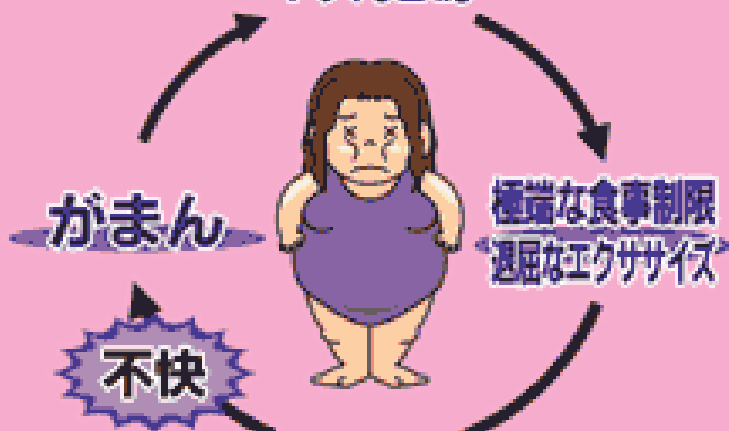
そこでガッテンが大切にするのは、上で発見した「置き換え」という発想。ダイエットの中に食べ物に代わって快感物質を出してくれる要素を取り込むことが大切です。ではいったい、**このダイエット法の快感は何なのでしょう？それはグラフの右下がりだったのです。**

実際に成功した人の証言でも、「グラフが右下がりになることの快感が、ビールの快感に勝った」などと述べている人が多数いました。』(以下略)

図3

# 失敗ダイエット

!!  
大きな目標  
1ヶ月5kg



快  
食べもの  
!!  
挫折

# 成功ダイエット

!!  
小さな目標  
1日50~100g  
小さな工夫  
自分なりの工夫



快  
食べもの  
!!  
挫折



# 健診\* 結果の推移

肥満に関係あり、問題だった項目だけ抜き出して見る

	基準値	H14-10-15	H15-10-14	H16-10-20
体重 (kg)		83.7	84.7	77.7
血圧 上 (mmHg)	100 - 139	156	160	146
下 (mmHg)	60 - 89	88	91	77
脂質・糖質 (mg/dl)				
総コレステロール	120 - 220	247	223	186
中性脂肪	50 - 130	129	189	60
空腹時血糖	70 - 110	103	113	101
肝・膵機能 (IU/l)				
GPT	1 - 44	49	52	27
-GTP	0 - 73	57	63	43

表1

\* : 東芝総合健診センター



# エネルギー代謝論

取り扱いは下記報告\*による

各人の活動状態におけるエネルギー消費量（代謝量）は、基礎代謝（Mb）（身体的,精神的に安静な状態で代謝される最小エネルギー代謝量）が分かれば、それに係数を乗じて求める事が出来る。

各人間のバラツキは大きいですが、下記報告には、基礎代謝量の性別、年齢、体重からの推定式が発表されている。（下表）

年齢	男	女
18～29	$18.6W + 347$	$18.3W + 272$
30～49	$17.3W + 336$	$16.8W + 363$
50～69	$16.7W + 301$	$16.0W + 247$
70以上	$16.3W + 268$	$16.1W + 224$

表2

70歳以上の男性で体重（W）が80kgであれば基礎代謝量は1572kcal/dayとなる。

$$M_b \text{ (kcal/day)} = k_b \cdot W + k \quad (1)$$

一日のエネルギー消費量 Cal は次式で与えられる。

$$Cal = \left\{ \underbrace{f_l(k_b \cdot W + k)} + \left( \underbrace{(f_s - f_l)(k_b \cdot W + k)} \cdot \frac{t}{24} \right) \right\} \quad (2)$$

右辺第1項は、「生活活動による代謝」、第2項は「その他の運動などによる代謝」である。

$f_l$ : 生活活動強度指数

表3

$f_s$ : 運動強度指数

強度	1	2	3	4
動作と時間数	安静 12 立つ 11 歩く 1 速歩 1未満 筋運動 1未満	安静 10 立つ 9 歩く 5 速歩 1未満 筋運動 1未満	安静 9 立つ 8 歩く 6 速歩 1 筋運動 1未満	安静 9 立つ 8 歩く 5 速歩 1 筋運動 1
内容	ゆっくりとした歩行1時間のほかは大部分が座って行なう作業	歩行1時間のほかは座った作業が多いが、立って行なう作業もわりとある	1時間程度は、速歩やサイクリング、農漁業など、立って行なう作業が多い	1時間程度は、激しいトレーニングや大きな力を使う作業を行なう
指数	1.3	1.5	1.7	1.9

動作	指数 ( $f_s$ )
パソコン	1.5
ゴルフ(平地)	4.0
歩く(4km/h)	3.5
" (4.8km/h)	4.5
サイクリング(10km/h)	4.4

$f_l$

# 定常状態の検討

(2)式で

Cal1 (kcal/day) の摂取で体重が定常状態W1にある場合、

cal = Cal1 - Cal2 だけ減少させると 体重が  $W = W1 - W2$

だけ減少して再び定常状態になったとする。

特別な運動無し(t = 0)、 cal = 100kcal/day \*では

$$W = 4.72\text{kg}$$

摂取カロリーを変えずに、毎日30分間4.8km/h の速度で歩いた場合は

$$W = 4.7\text{kg}$$

\* : 食品による摂取カロリー値については、詳細なデータ（食物繊維、ミネラル、ビタミンなどの含有量）が科学技術庁資源調査会編による「五訂日本食品標準成分表」に掲載されている。この表は各所から出版されているが、「五訂食品標準成分表」 女子栄養大学出版部発行 2004年 900円は、価格も手ごろで且つそれに加えて「第六次改定 日本人の栄養所要量 - 食事摂取基準 - 」の抜粋なども入っていて便利である。

# 非定常状態の検討

W1からW2へ推移の時間的な変化については、単純モデルについて基本微分方程式から検討したが、ここでは結果のみ記す事とする。

下記は、体重1kgの減少に対応する熱量を4000kcalとした場合の表現である。これは脂肪とそれ以外の減少の比率を1:1とした場合に相当する\*。

$$\frac{w - w_2}{w_1 - w_2} = \exp(-\beta \cdot t) \quad (3)$$

$$\beta = \frac{f_l \cdot k_b}{4000} \quad (4)$$

$f_l=16.3$   $k_b=1.3$  とすると、 $w=(w_1 + w_2)/2$  にするには、131日を要する事になる。

\* : 脂肪は1gあたり9kcalであるが、脂肪組織は約15%の水分を含み、その他の細胞成分も含まれるので、脂肪組織1gは、約7.2kcalとして良い。脂肪組織以外のエネルギーはほぼ筋肉に含まれるとして良いが、その80%は水であり、たんぱく質は20%に過ぎず、その1gは約400calのエネルギーを保有しているに過ぎない。自分の場合は、体脂肪率、筋肉率のいずれにも顕著な体重依存性は認められなかった。(後述のkarada Scan による測定)

即ち、体重1kgの減少に必要なカロリーは、 $(72000 + 400) / 2 = 4000\text{kcal}$  として良い事になる。

# 非定常状態計算例

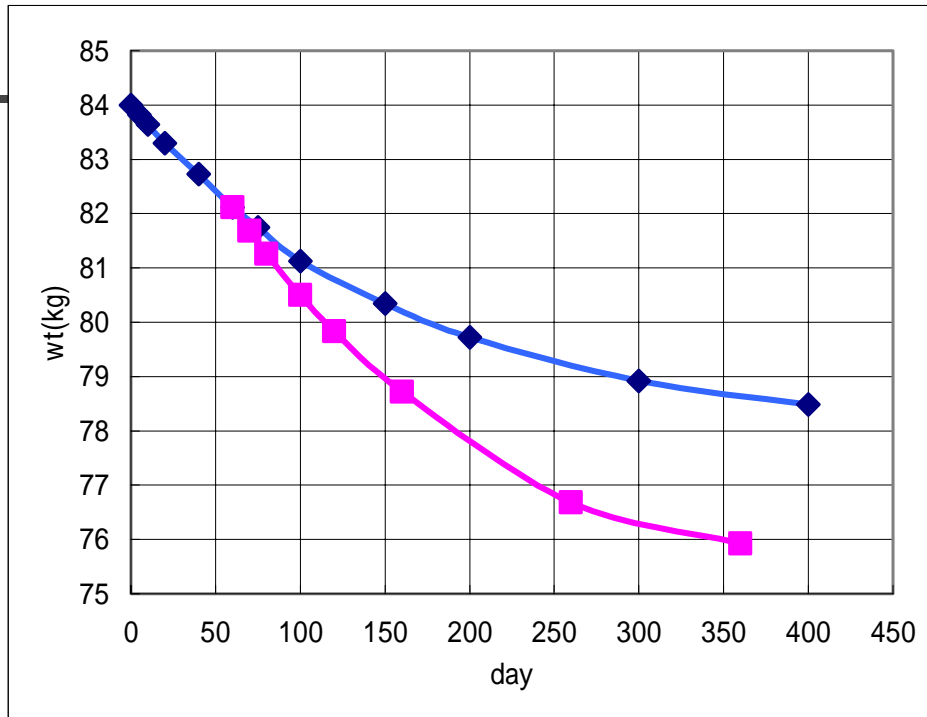


図4

上図は $W1 = 84\text{kg}$ ,  $\text{cal}1 = 150\text{kcal}$ ,  $W2 = 78\text{kg}$ でダイエット開始、60日後に  $\text{cal}2 = 230\text{kcal}$  (80kcal 強化)  $W3 = 74.8\text{kg}$  とした場合の計算結果である。

$\text{cal}1 = 150\text{kcal}$  でダイエット開始60日後に  $\text{cal}2 = 230\text{kcal}$  にダイエットを強化するとピンク色の線に移り、 $\text{cal}1 = 150\text{kcal}$ のままの場合(青色)より減量が促進される様子を、定量的に理解する事ができると思う。

式の誘導に関心のある方は「ダイエット 計画」を参照されたし。

# 非定常状態表現の一般化

尚、運動強化も含めた拡張された条件は次の様に考えればより一般化された形で扱う事が出来る。

定常状態を表す基本方程式(2)式

$$Cal = fl(k_b \cdot W + k) + (fs - fl)(k_b \cdot W + k)t/24 \quad (2)$$

は

$$Cal = f^*(k_b \cdot W + k) \quad (2b)$$

$$f^* = fl + (fs - fl)t/24 \quad (2c)$$

と表現出来るから (4)式の を  
 $= f^* \cdot k_b / 4000$  とすれば良いのである。

# 基礎代謝量の推定

以上から、ダイエットについての理解を深めるには「基礎代謝量」を知る事が極めて重要な事が分かる。

しかし、「基礎代謝量」を測定するのは簡単ではない\*1。

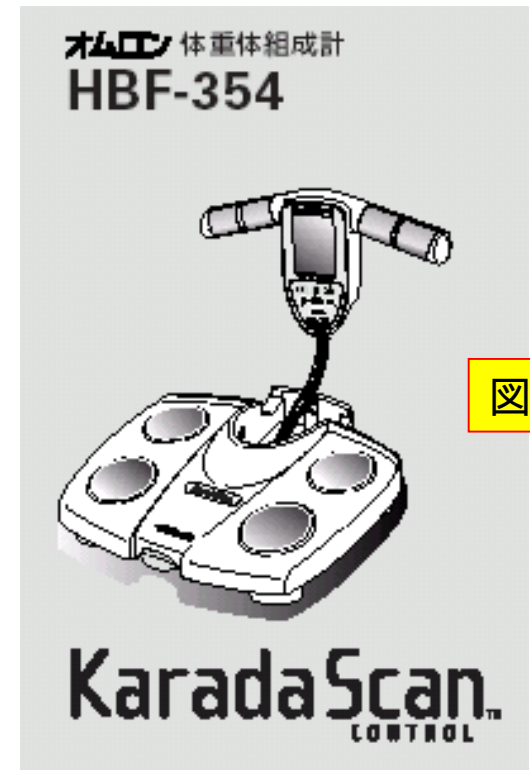
一般には、BI法\*2による間接的な推定法が広く用いられていて、数社から測定器が発売されている\*3。

私が用いているのは、右図に示したオムロン社製のKarada Scan である。

\*1 : より厳密な測定法は後述

\*2 : Bioelectrical impedance法 説明は次ページ

\*3 : オムロンの外、タニタ、ナショナル、東芝など



# 測定(推定)原理

Karada Scanなどの測定原理の概要は次のとおりである。

BI法 ( Bioelectrical impedance法 ) により、体脂肪率を推定する。

人間の身体を構成する組織のうち、電気を通し易いのは水分の多い組織（筋肉、血管、骨など）で、脂肪は電気を殆ど通さない。これを応用して身体に微弱な電気を流してからだの電気抵抗を測定することで脂肪とそれ以外の組織との割合を推定するものである。

## 基礎代謝量の推定

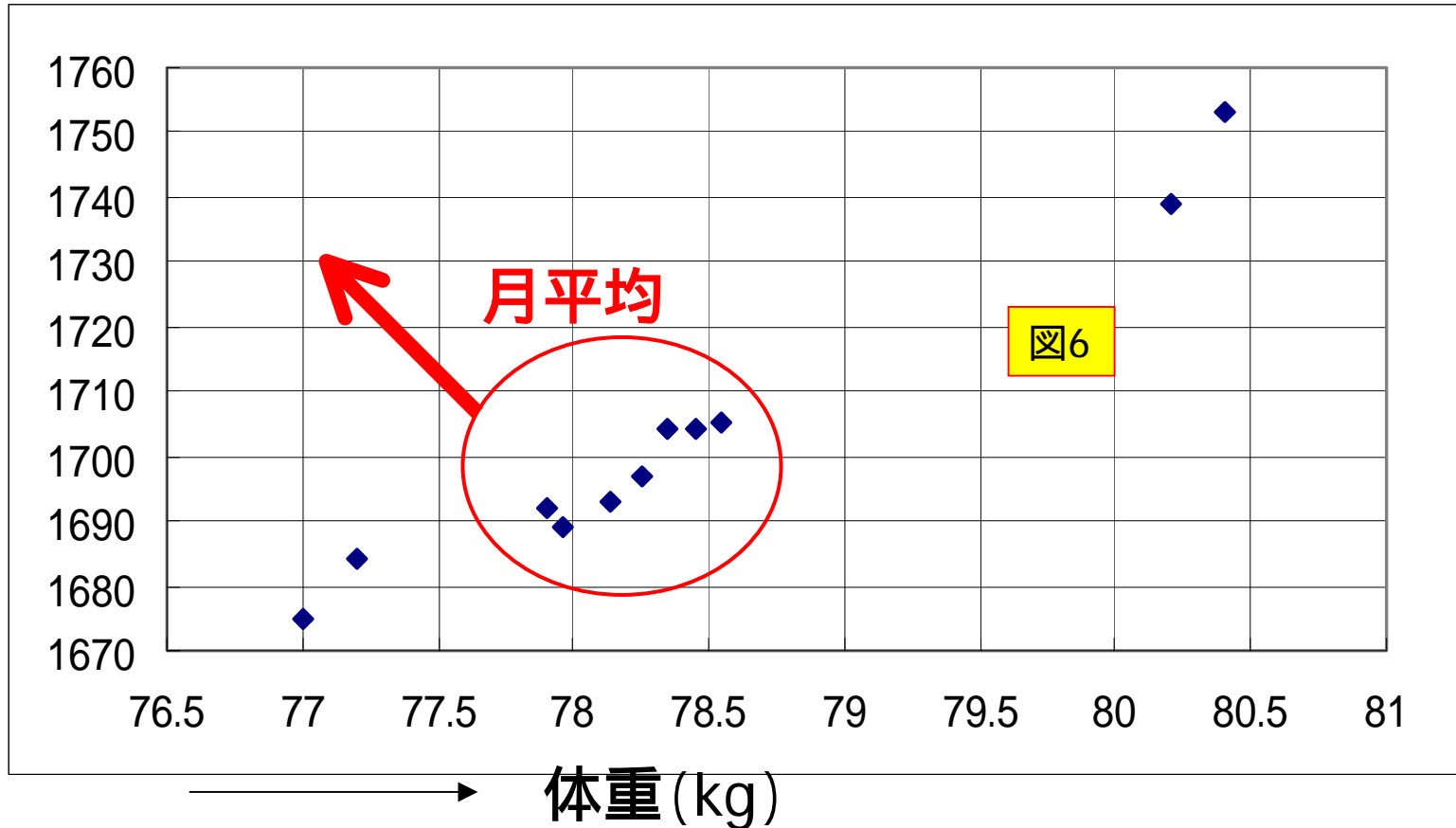
(1) 上記電気抵抗測定値 (2) 身長 (3) 体重 (4) 年齢 (5) 性別  
の5項目を使い、各社独自の計算式で「体脂肪率」や「基礎代謝量」  
などを推定する。



# 体重と基礎代謝の推定値

私の身体についての測定値を下図に示す。

基礎代謝 (kcal/day) ↑



# エネルギー所要量と基礎代謝、安静時エネルギー消費量

以上紹介したBI法は、あくまで統計をベースにした推定値であって、各個人の代謝に関する正確な値とはいえない。

第六次改定 日本人の栄養所要量 - 食事摂取基準 - でも次の様に述べている。

それゆえ、実践の現場では個々人それぞれに安静時エネルギー消費量を実測し、その結果に基づいてその人自身の基礎代謝量を算出して、個人の生活活動に適合したエネルギー代謝量（＝エネルギー消費量：energy expenditure）を求めなければならない。既に述べたように、エネルギー代謝には体質に基づく個人差が大きく、ここで示した基準値はあくまで集団の平均値であって、個々人にとってはおおよその目安にすぎないことを強調しておく必要がある。

# 代謝量の精密測定

代謝量を正確に測定するのは、簡単ではない。

ここでは最も標準的で私も用いている「ダグラスバッグ法」のみを解説する。

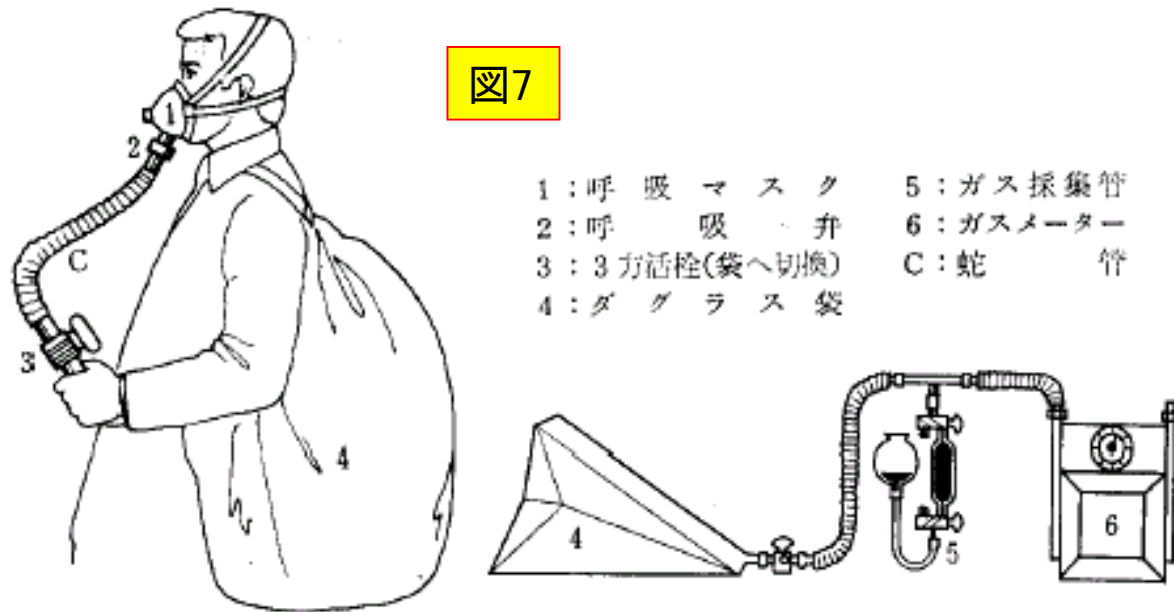


図57 ダグラスバックによる呼気の採集

安価な評価装置は市販されていない。

200万円から1000万円以上するものが殆どである。

代謝量の測定に関して幅広く纏められた教科書としては

奥恒行 柴田克巳編「基礎栄養学」 南江堂 2004年5月発行

上図は、藤田美明 奥恒行編「栄養学総論」朝倉書店 1994年1月発行より取った。

# 代謝測定の原理

## ダグラスバッグ法

生体は、空気中の酸素を取り入れ、糖質、脂肪、たんぱく質を酸化してエネルギーを得ているが、その際二酸化炭素が発生する。一定時間に消費した  $O_2$  量と発生した  $CO_2$  量との容積の比率を呼吸商 (respiratory quotient) R. Q といい、 $R. Q = \frac{CO_2}{O_2}$  で計算される。呼吸商から体内でエネルギー源として利用されている糖質、脂肪、たんぱく質の割合を知ることができる。

**糖質の場合** グルコースが完全に酸化される反応は次式のとおりで、消費される  $O_2$  と生成した  $CO_2$  との分子数は同じである。したがって、R. Q は 1.0 となる。



**脂肪の場合** 体脂肪の平均的な元素組成は、C 76.54%、H 12.01%、O 11.45%である。このような脂肪が 100 g 燃焼するのに消費される  $O_2$  と発生する  $CO_2$  とを求めると、 $O_2$  は 202.2 l、 $CO_2$  は 142.8 l になる。したがって、 $R. Q = \frac{142.8}{202.2} = 0.707$  となる。

一方体脂肪として典型的なトリパルミチンを例にとると次のように計算される。



一般に脂肪の呼吸商は、平均0.71とされている。脂肪の呼吸商が1.0より小さいのは、脂肪の分子中には、酸素が炭素に比べて少ないからである。脂肪が酸化されるには、糖質の場合より多量の酸素が必要とされる。

R. Q と糖および脂肪の酸化割合<sup>18)</sup>

呼 吸 商	酸素 1 / 当たり 発生エネルギー kcal	炭酸ガス 1 / 当たり 発生エネルギー kcal	燃焼した糖 質の比率	燃焼した脂 肪の比率 *
0.707	4.69	6.69	0.0	100.0
0.76	4.75	6.25	18.4	81.6
0.82	4.83	5.88	38.8	61.2
0.88	4.90	5.57	59.2	40.8
0.49	4.97	5.29	79.6	20.4
1.00	5.05	5.05	100.0	0.0

表4

1 kcal (キロカロリー) = 4.184 kJ (キロジュール)

より厳密には、尿中窒素の分析を含めた蛋白質の取り扱いが必要だが、それは殆ど無視できるので省略される事が多い。

\* : 「燃焼した脂肪の比率」が50%(呼吸商0.85に相当)以上の運動を有酸素運動とする事が多い。

呼吸マスク(\*)を着けてエ  
アロバイクを漕いでいる  
小生

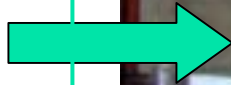
\* : 市販の防毒マ  
スクを改造したもの

エアロバイク  
アルインコ(株)製

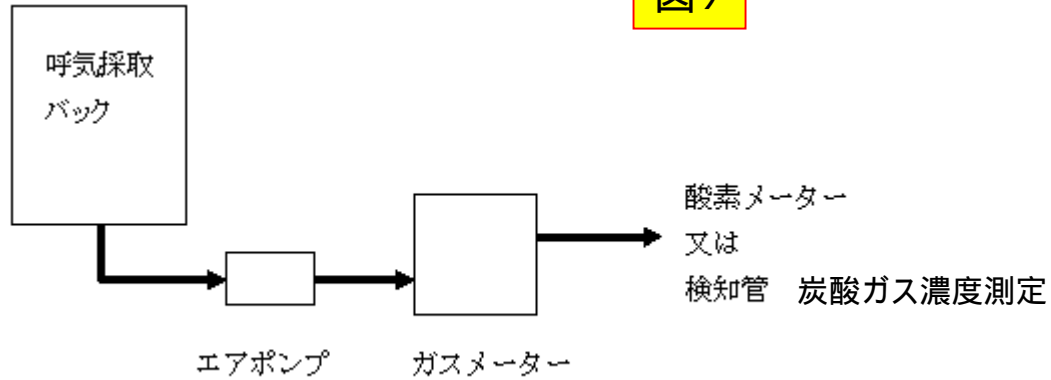


図8

呼気収集  
バッグ



# 代謝量測定システム



# 私の使用機器

図10



ガスメータ (株)シナガワ製



酸素濃度測定器 バイオニクス機器(株)製



ガス検知管(左 CO<sub>2</sub>用)とガス採取器  
光明理化学工業(株)製



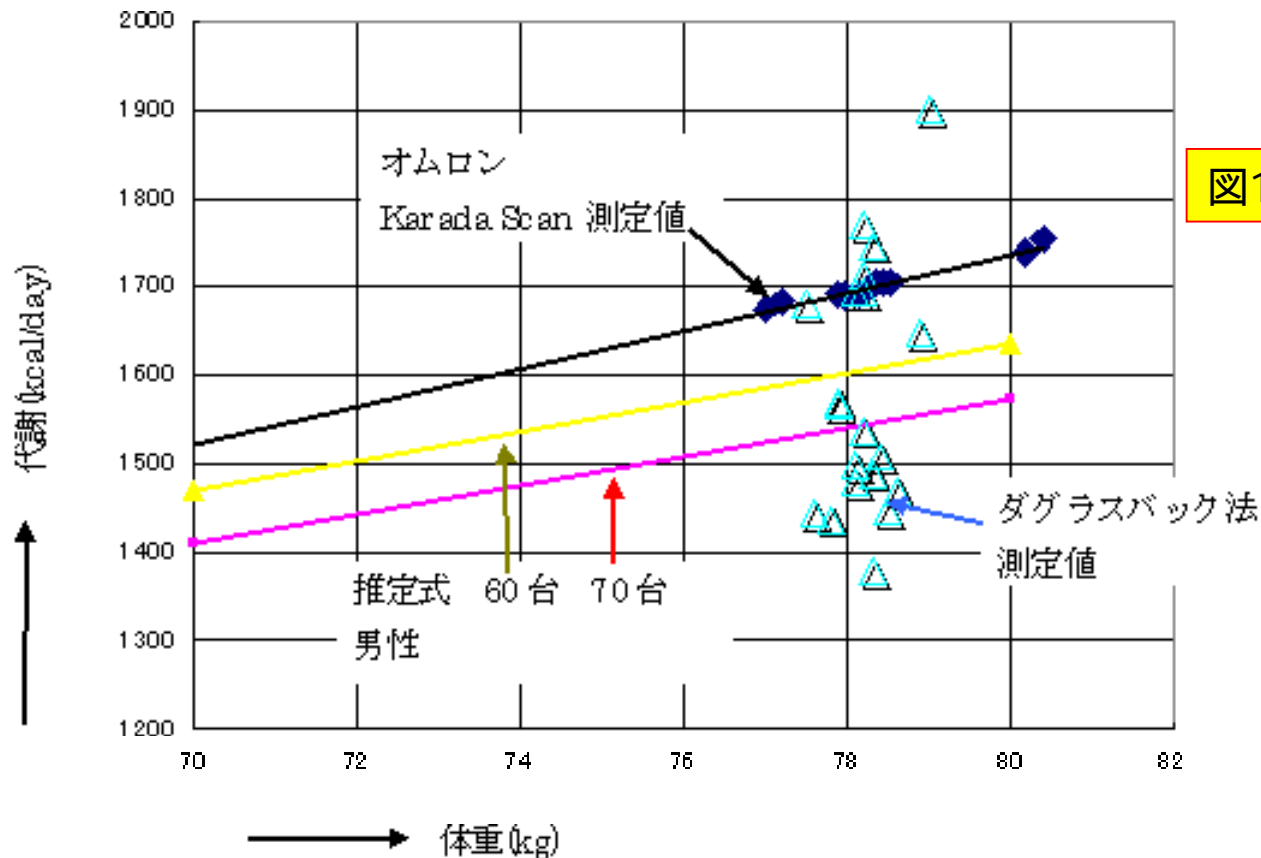
心拍計 Oregon Scientific社 製



# 測定結果(1)

基礎代謝と体重の関係

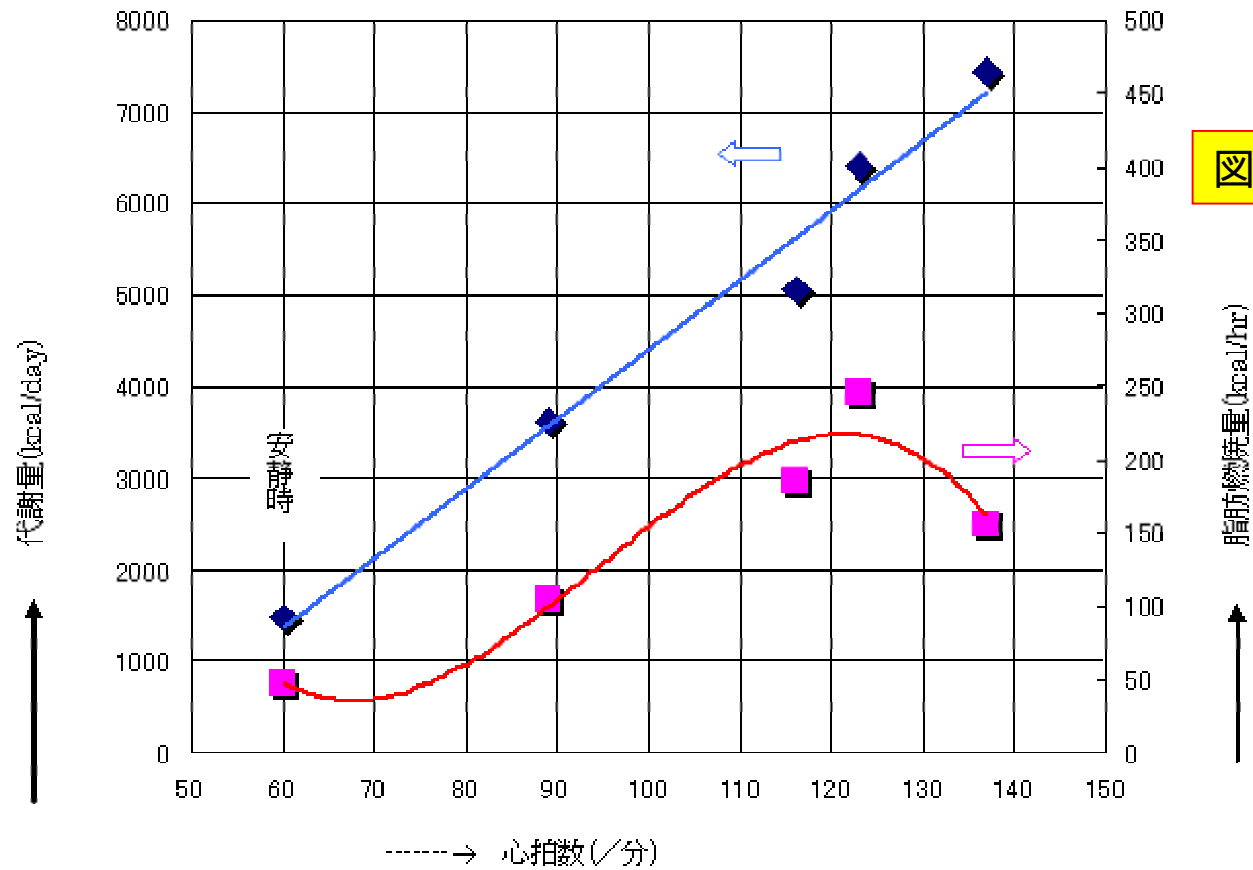
種々の方法による推定、測定



昨年12月から本年2月に掛けて起床直後にダグラスバック法で測定したデータを図に青 で示した。ばらつきは非常に大きく、いまだ統一的に説明できる段階にいたっていない。

# 測定結果(2)

## 代謝量と脂肪燃焼量の心拍数依存性



## 測定結果(2)の利用法

前頁の「代謝量(MR)および脂肪燃焼量の心拍数(HR)依存性」の関係が機器依存性が無いと仮定して、各種運動の消費エネルギーや脂肪燃焼効率などの推定が出来る。

一例として、ある日の「三つ池公園」歩行の例を示す。

### ・歩行の条件

- 胸に心拍計を巻く。
- 歩行開始と終了の時刻を記録
- 歩行時間のみストップウォッチ動作

### ・歩行のデータ

歩行中の平均心拍数	約115	途中休憩中の平均心拍数	約80
三つ池公園に居た時間	132分		
実際に歩いた時間	92分		
総歩行歩数	10714歩		
歩行の強度	116歩 / 分		

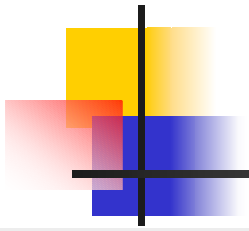
### ・消費エネルギーの計算

前頁の図より、HR=115ではMR=5500kcal/day, HR=80ではMR=2900kcal/day

この値を用いて三つ池公園に居た時間内の消費エネルギーを計算すると 432kcal となる。私の基礎代謝は1500kcal/day 程度であり(前回のグラフの安静時の値)、生活活動強度は1.3程度であると思われるので、132分間における日常生活の消費エネルギーは 179kcal となる。

$432 - 179 = 253\text{kcal}$  が当日の三つ池公園歩行によって特別に消費されたエネルギーとなる。

# 健康づくりのための運動



「健康づくりのための運動所要量策定検討会」の報告書」（平成元年）を抜粋する。

最近の疫学的調査や臨床的研究によれば、全身持久力が一定水準以上の者には肥満症、高血圧症、高脂血症、虚血性心疾患の罹患率が低いことが明らかになりつつある。したがって、全身持久力がある水準以上に維持している者では、成人病におかされる危険性が少ないと言えよう。

全身持久力の評価は最大酸素摂取量によることが適当である。一定水準以上の最大酸素摂取能力を持つことを目標に、身体の生理的状态を高めることは健康を維持するために直接的にしる、間接的にしる必要であると考えられる。なお、最大酸素摂取量は標準化された簡易法を用いれば、比較的安全に短時間に推定出来ることも利点の一つである。

最大酸素摂取量と成人病の危険因子との関係を示す内外の文献を検討した結果、性・年齢別に次のように維持目標値を設定した。

	20代	30代	40代	50代	60代
男	41	40	39	38	37 *
女	35	34	33	32	31

表5

(注) 体重1キログラムあたりに1分間に摂取できる酸素の最大量であり、単位はミリリットルである(ml/kg/分またはml/kg・分と書く)。

健康づくりのために必要な運動量とは、目標設定した最大酸素摂取量を獲得・維持するための運動量と考える。そこで、日常生活の運動量（生活活動量）と最大酸素摂取量との関係を調査した結果から、健康づくりのために必要な運動量を策定することとした。

- :私の場合現在、最大酸素摂取量は13.6～14.7 ml/kg/minであった。  
(値は推定法によって多少異なる。後述)

先に述べた「策定にあたっての考え方」にそって作業を行い、以下のような年齢別の健康づくりのための運動所要量を定めた。ここでは、運動強度を最大酸素摂取量の50%とした場合の1週間あたりの合計運動時間で表している。

表6

年 齢 階 級	20代	30代	40代	50代	60代
1週間の合計運動時間	180分	170分	160分	150分	140分
(目標心拍数 拍/分)	(130)	(125)	(120)	(115)	(110)

(注) 目標心拍数は、安静時心拍数が概ね70拍/分である平均的な人が50%に相当する強度の運動をした場合の心拍数を示すものである。

私の場合は最大酸素摂取量の50%の目標心拍数は約94となる。(後述)  
この値は、運動負荷としては低すぎるように思える。  
現在は、心拍数120程度で運動を行っている。

自分のからだに合った運動強度を本測定などを参考として設定する必要がある。

# 最大酸素摂取量 $\text{VO}_2 \text{ max}^*$

最大酸素摂取量の測定方法には直接法と間接法とがある。直接法は被検者に最大努力 (maximal effort) の持続を求めため、健康的な若者やスポーツ選手には可能であるが、子どもや中・高年者の誰にでも可能とは限らない。そこで、最大下の運動中の仕事量に対する心肺機能の応答から最大酸素摂取量を推定しようとする試みが古くから行なわれている。この方法を間接法という。しかし、その正確性・信頼性からみると間接法は直接法を上回らない。一方で、安全性や手軽さからみると直接法は間接法を凌駕できない。両者には一長一短がある。

表 2-1 運動テストを禁忌とする場合

絶対的禁忌	大動脈弁狭窄
急性感染症	肺塞栓発生の疑い
不安定な代謝障害	
顕著な運動障害	要注意
過度の不安	心房細動または粗動
最近または直近の心筋梗塞	房室ブロック
心不全の発現	左脚ブロック
急性心筋炎	心室早期興奮 (Wolff-Parkinson-White 症候群)

(Shephard, 1983より引用)

この表に該当する者は直説法は危険である。さらに

人工呼吸や心臓マッサージなどの蘇生術が事故発生後ただちに実施できるように日頃からトレーニングしておかなければなら

ない。とされている。(山路)

\* :山路啓司「最大酸素摂取量の科学」杏林書院 2001年発行 6300円

# 最大酸素摂取量間接測定法(1)\*

最大心拍数は、年齢によってほぼ定まるらしい。\*

最大心拍数 = 220 - 年齢 →私の場合は 145

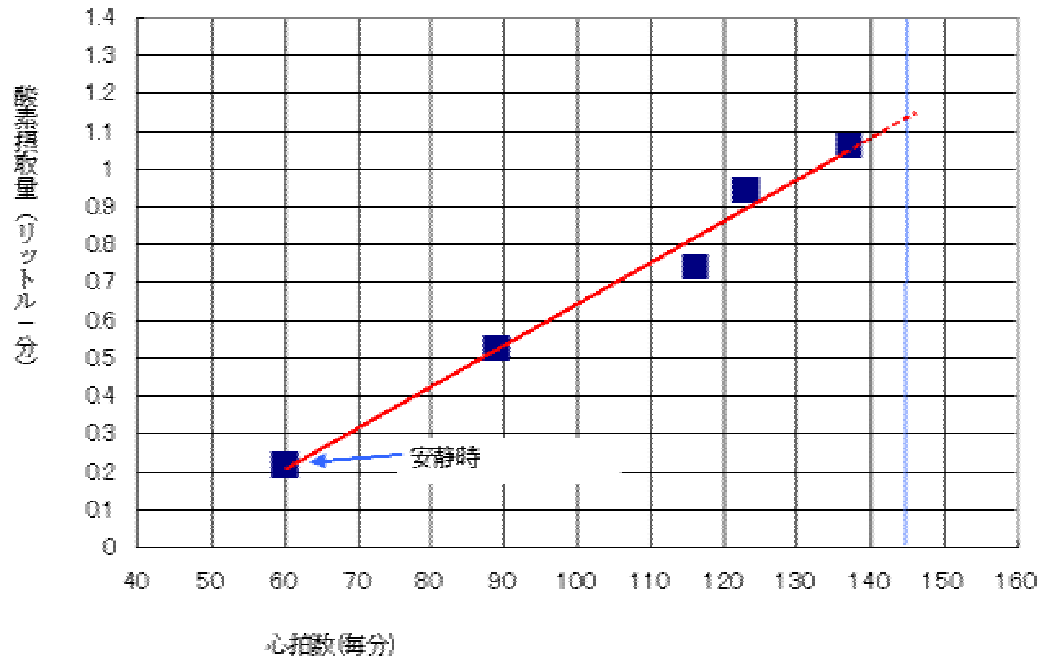


図13

酸素摂取量の心拍数依存性(実験は「測定結果(2)」と同じもの)をHR=145に外挿して1.15L/分、これを私の体重(78kg)で割ると14.7 mL/kg/分 という値を得る事が出来る。

\*:石河利寛 『健康・体力のための運動生理学』杏林書院 2000年4月発行



# 最大酸素摂取量間接測定法(2)

多くの間接法が提案されている。若者やジョギングが可能な者は

12分走法

12分間に走った距離から求める。

20m シャトル・ランテスト

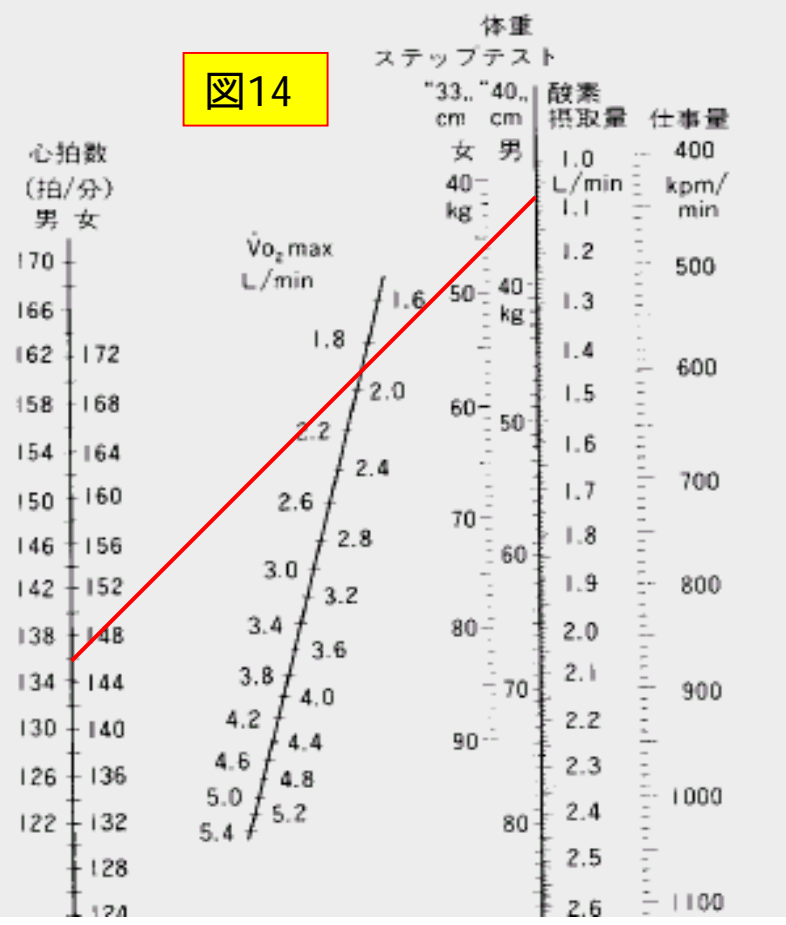
20m間を漸増負荷をかけながら走り最大努力値を求める。

などが良いとされている。

又、トレッドミルやエアロバイクの最大下作業テストの値から推定する方法も提案されている。

Åstrand と Ryhming (1954) のノモグラムステップテストの場合は体重と心拍数、自転車駆動の場合は酸素摂取量かあるいは仕事量 (kgm/min) と心拍数、トレッドミル走の場合は酸素摂取量と心拍数を結び、 $\dot{V}O_{2max}$  軸の交点から  $\dot{V}O_{2max}$  を推定する。

図14



前頁のエアロバイクによる測定値一点(HR=137)とこのノモグラムを用いて推定してみると  $VO_{2max} = 1.85L/min$  となるがこれは若者の値で下式の年齢補正を加える必要がある。

$$VO_{2max} = 0.348 \times \text{上記値} - 0.035 \times \text{年齢} + 3.011$$

$$= 1.065 \text{ L/min} \Rightarrow \underline{13.6 \text{ ml/kg/min}^*}$$

一方高齢者(一般日本人)の平均的な値は  $49.88 - 0.445 \times \text{年齢}$  とされていて(小林 1982)これによると74歳では  $VO_{2max} = 27.5 \text{ ml/kg/min}$  となり、私の値は低すぎる。

\* : この値は、前頁の方法で得られた値  $14.7 \text{ ml/kg/分}$  と近い値である。



# VO<sub>2</sub>max の改善

---

スポーツ選手を対象とした研究は沢山紹介されている(山地著の前掲書)。  
しかしながら、高齢者の健康増進・保持を目標とした研究は見当たらない。  
上記研究は、VO<sub>2</sub>max % VO<sub>2</sub>max 心拍数 HR HRmax % HRmax  
などを評価基準としながら、各種のプログラムを提案している。  
尚 HRmax は 220 - 年齢 とする推定法が広く用いられている。

これらの研究をベースにして、自分独自のプログラムを検討しようと思っている。

# ヘルシア緑茶の効果

## 短期間の試飲で効果を調べる

昨年から「花王」が開発した「ヘルシア緑茶」が大評判である。

「ヘルシア緑茶」の摂取により、体脂肪が確実に減少するというもの。

しかし、この効果が現れるには、少なくとも1ヶ月以上の摂取が必要とされている。

本検討は、体脂肪が減ると言う事は、脂肪の燃焼が増大する事になるので、呼吸商の値に有意の差が現れるのではないかを検討して、より短期間で効果を検証しようというものである。

検討結果を表に纏めたものを以下に示す。

表7

ヘルシア摂取の有無	期 間	呼吸商	脂肪燃焼 kcal/hr	安静時代謝量 kcal/day	備考 (データ纏め期間)
無し	10月27日 ~ 31日	0.87	31.8	1665	10月28日 ~ 11月1日
有り	11月1日 ~ 6日	0.77	57.1	1810	11月2日 ~ 11月7日
無し	7日 ~ 15日	0.81	42.1	1594	11月8日以降

この表は「ヘルシア緑茶」を6日間摂取した場合、その前後を含めて毎日一回安静時に呼吸商を測定し、その平均値を比較したものである。

合わせて時間当たりの脂肪燃焼カロリー、安静時・代謝量の平均値も示した。

この表より、期待よりは小さかったが、ヘルシア緑茶の効果は確認されたと思う。

興味深い事は、安静時代謝(=基礎代謝)も増加している事である。

# サウナの効果

サウナdeダイエット--動きたくないあなたへ--

自治医科大学の学生の実習報告(保険科学講座 平成12年度)

<http://www.jichi.ac.jp/enviro/home/gakusei12/html%20sauna/sld001.htm>

図15

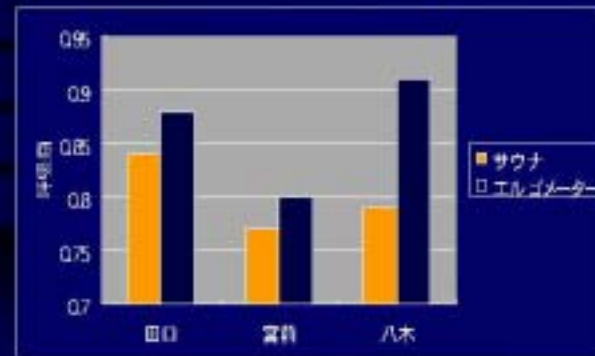
## 〈実験の実際〉



ダグラスバックを背負い、サウナに入る。3分間は呼気を採取せず、その後5分間の呼気を採取する。したがって、計8分サウナに入った。

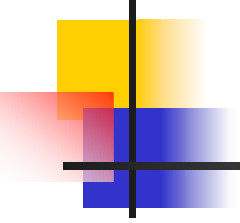
ダグラスバック

## 両者の呼吸商の比較



下手に運動するよりもサウナに入ったほうが、ダイエットに、特に脂肪燃焼には効果的であるというもので、それを呼吸商と代謝の測定で実証したもの。

# 低価格測定システム開発の重要性



以上より、呼気量及びその組成の測定は、ダイエット、健康なからだづくりに極めて有効らしい事が分かったと思う。しかしこの為の測定装置は高価で一般市民が容易に入手は出来ず、又利用できる施設も極めて限られている。

私は、健康に関心のある者が手軽に、代謝量や呼吸商を測定できるようになる事は、国民全体の健康増進、延いては総医療費の圧縮に繋がる重要事項であり、低価格の測定システムに対するニーズは大きいと判断し、開発に着手した。

発想の端緒は、呼気中の炭酸ガス及び酸素を吸収後、その濃度測定を圧力測定で行う事(U字管を用いれば極めて安価)、と酸素吸収剤に安価で安全な即席懐炉粉(ホッカイロなど)を使う事であった。

# 開発の状況

## 本原始的方法の問題点

炭酸ガス

ソーダライムとの反応が早すぎ、呼気導入時の吸収が無視できなくなり、正確な濃度測定が困難。

酸素

即席懐炉粉との反応が遅すぎ、完全吸収には数時間かかる。

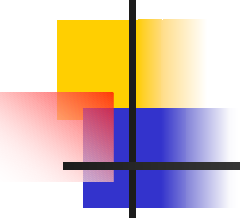
減圧処理をした即席懐炉粉は窒素も吸着するらしい事が分かった。

## 循環法の開発

呼気収集容器と反応器を分離し、呼気を収用器と反応器間を強制的に循環させる。

図16

最も原始的なローコスト濃度測定法



ここに数枚の「循環法」の説明に関するスライドが入っている版もありますが、公開を原則とするこのCDR版では、特許取得上問題となりそうなスライドを削除してありますのでご了承ください。

# 循環法実験装置の例



テドラーバッグ

デジタルマノメータ



# 循環法の信頼性

採取した呼気を、従来法(ガス検知管とO2メーター)と本法により測定した結果の比較を示す。

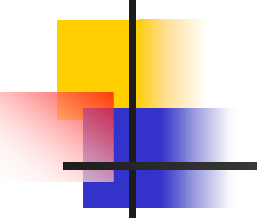
表8

試験番号.	CO濃度(%)	CO2濃度(%)	O2濃度(%)	O2(%)	備考
	検知管*1	本法	[O2]メータ*2	本法	
1	2.64	2.70	18.0	18.07	安静時
2	2.59	2.79	17.5	17.41	〃
3	2.60	2.56	17.9	18.05	〃
4	2.76	2.66	17.7	17.9	〃
AB_1	3.9	3.85	16.0	16.77	エアロバイク
AB_2	3.84	3.93	16.1	16.1	〃

\*1 : 北川式ガス検知管 光明理化学工業(株) 製 126SA使用

\*2 : バイオニクス機器(株) 製 O2メーター Model DO-715K 使用

# まとめ



私個人の「計るだけダイエット」から始まったのだが、すぐにダイエットや健康なからだづくりに関する以下のような研究に繋がって行った。

1. ダイエットの定常、非定常状態の定量的把握を行った。
2. ダイエットを精密に理解、制御するには、代謝量(基礎代謝、運動時・代謝)の精密測定が重要である事を示した。
3. 上記測定のためにダグラスバッグ法システムを手作りして代謝量、呼吸商、酸素摂取量の測定を行った。
4. 心拍計をつけてエアロバイクを漕ぎながら呼気の採取を行い、上記諸量の心拍数依存性を求めた。
5. 上記依存性を用いて、各種運動の代謝量や脂肪燃焼量の推定を行う例を示した。
6. 上記諸量の測定は、ダイエットや健康な身体作りに関して外にも各種の応用がある事の例(ヘルシア緑茶やサウナ)を示した。
7. この様に応用範囲の広いダグラスバッグ法システムの低価格化を実現して広く一般市民が利用出来るようにする為の開発を行っているが、その経緯の概要を示した。



# 謝 辞

---

私の本計画を援助して頂いた方々に感謝申し上げます。

特に測定器、マスク、呼気収集バッグなどを貸与して頂いた  
横浜国大 教育人間科学部 堀 雅紘教授に深謝します。

この他、東芝セラミックス 辛 平博士、新日鉄元副社長 中川 一氏、  
東芝材遊会 和田 保氏、鈴木一也氏などからもサポートを頂い  
ております。

又、矢橋マインパルク社(ソーダライム)、東邦亜鉛(株)(純鉄粉)から  
サンプルの無償提供を頂いております。