

# 競泳用水着の材質, サイズ, カットの違いが 水泳中のエネルギー消費量に与える影響

鹿屋体育大学 萩 田 太  
(共同研究者) 同 田 中 孝 夫  
同 田 口 信 教

## The Effects of the Difference of Material, Size and Cutting Type of Swimming Wear on Energy Expenditure during Swimming

by

Futoshi Ogita, Takao Tanaka, Nobutaka Taguchi  
*National Institute of Fitness and Sports*

### ABSTRACT

The purpose of this study was to determine the effects of the difference of material, size, and cutting type of swimming wear on the energy expenditure during swimming and on swimming record. Subjects were 8 healthy female college swimmers. In this experiment, 4 types of swimming wears with different material and cutting type were used. Oxygen uptake, as an indicator of energy expenditure, was determined by an automatic analyzer and it was measured at 3 different water flow rates (i. e. 0.80, 0.90, 1.00 m • sec<sup>-1</sup>). Furthermore, a drag of swimming wear *per se* and swimming record of 50 m exhaustive free style swimming were determined in each swimming wear. The drag of swimming wear *per se* did not significantly relate to oxygen uptake at submaximal water flow rate, or swimming record of 50 m exhaustive free style swimming. When the subjects put on the swimming wear of different size, there were not significant differences for oxygen uptake and swimming record of 50 m

free style event were between different sizes. On the other hand, a significant correlation between relative values of oxygen uptake at a given water flow rate and relative values of swimming record of each subject was indicated. These results suggest that though the difference of the drag of swimming wear does not directly reflect on the active drag during swimming, the swimming wear of the cutting type and the size which fits better to the body type of the person can make decrease the active drag during swimming and can make increase swimming record.

## 要 旨

本実験の目的は、水着の材質、カット、サイズの違いが、動的抵抗を指標とした水泳運動中のエネルギー消費量、ならびに泳記録に及ぼす影響を明らかにすることであった。被検者は女子大学水泳選手8名とし、実験には材質、カットの異なる4種類の水着が用いられた。酸素摂取量は、0.80, 0.90, 1.00  $\text{m} \cdot \text{sec}^{-1}$  の3つの異なる流速において自動代謝測定装置によって測定された。さらに、水着の抵抗と、50 m 全力泳の記録が測定された。その結果、水着自体の抵抗値と最大下の流速における酸素摂取量、および泳記録には有意な関係は認められなかった。また、同一流速における酸素摂取量が相対的に小さかった水着で泳いだ場合、泳記録が相対的に良いという有意な相関関係が得られた。本実験の結果は、水着の材質の差は水泳中の動的抵抗や泳記録に反映するほど大きくないこと、そして体型や動きに対して抵抗を小さくするような水着が個々に存在し、それを選択することが重要であることを示唆するものであった。

## 緒 言

近年の競泳用水着の進歩は目覚ましく、毎年のように新製品が開発され、売り出されている。水泳競技は身体水抵抗の大きさが競技成績に影響することから、製品開発のほとんどが抵抗減少を目的に工夫されてきた。

これまで人において水着を着用したときの抵抗は、伏臥位における受動的抵抗によって評価されることがほとんどであった<sup>7)</sup>。しかしながら、水泳中は水着の中への水の流入、流出などが受動的な測定と変わることが予測され、それは結果的に泳いでいるときの身体水抵抗をも変化させる結果となる。したがって、受動的に測定された水着の抵抗が、動的抵抗と相対的に一致するかどうかも不明であるが、これまでの実験では水着の抵抗を、この最も重要と思われる動的抵抗から評価したものはない。

一般に、エネルギー消費量は行われた外的仕事率に比例する。水泳中の外的仕事率は泳速と身体水抵抗の積であるから、同じ泳速で泳ぐならば、エネルギー消費量は身体水抵抗の大きさに依存する<sup>10)</sup>。換言すれば、動的な身体水抵抗の増加はエネルギーの浪費であるから、直接競技成績に影響する要因ともなり得るであろう。したがって、競泳成績の向上を目的に水着を評価する場合、材質そのものの受動的抵抗値のみならず、カットが泳ぎに与える影響なども考慮すべきと思われる。また、身体水抵抗には物体の投影面積が密に関係することから、サイズを選択も関係するかもしれない。そこで本実験では、水泳中のエネルギー消費量の違いを身体水抵抗の差の指標とし、水着の材質、サイズ、およびカットの違いが、水泳中の動的抵抗を指標としたエネルギー消費量や泳記録に与える影響を明らかにすることを目的とした。

## 1. 方法

### 1.1 被検者

被検者は、年齢20±1歳の健康な女子大学水泳選手8名であった。実験に先駆けて、被検者は実験の意義、測定手順、およびそれに伴う危険性などについての説明を受け、それらを理解した上で被検者になることに同意し、自主的に参加した。なお、被検者の身体特性と被検者が通常着用している水着のサイズは表1に示すとおりであった。

### 1.2 水着の特徴

本実験には、競泳用ならびにレジャー用を含む4種類の水着A, B, C, Dを用いた。これらの水着のカットを図1に示す。なお、A, B, C, D

表1 被検者の身体特性

	身長 (cm)	体重 (kg)	年齢 (歳)	水着の サイズ
M. T.	164.0	66.0	21	L
N. U.	157.0	43.0	21	S
K. N.	161.5	54.5	20	L
M. U.	153.0	46.0	21	M
M. T.	163.0	54.0	20	M
K. M.	160.5	67.0	21	L
S. A.	166.8	60.0	19	M
M. O.	155.0	54.5	18	S
平均	160.1	55.6	20	
SD	4.4	8.0	1	

それぞれの材質、カットなどの特徴に関しては表2に要約した。

### 1.3 実験手順

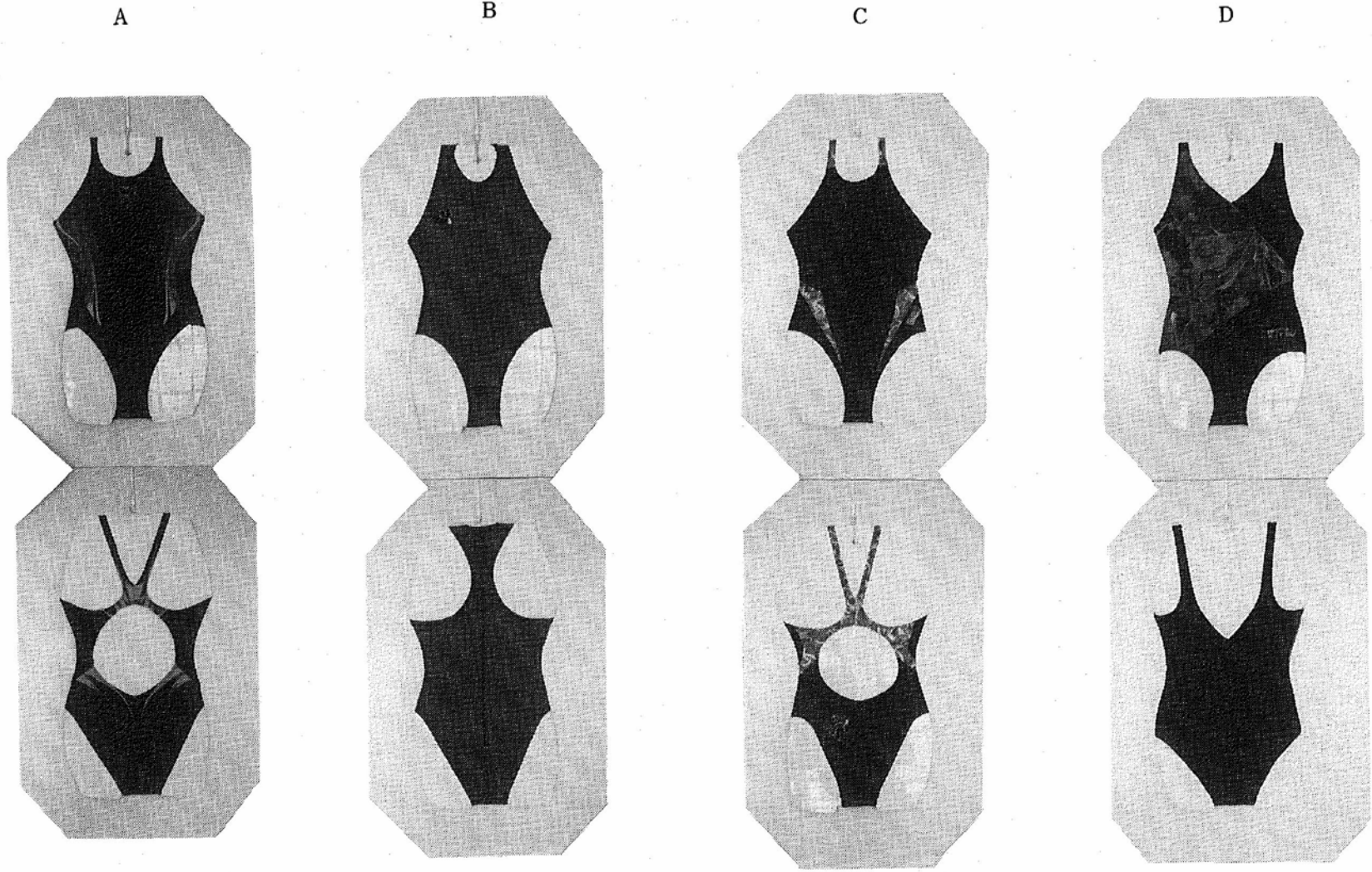
#### 1.3.1 水泳中のエネルギー消費量の測定

実験は、縦7.0 m、幅2.1 m、深さ1.4 m、気温、気圧および水温が調節可能な流水プールで行われた。流速は、0.00 m・sec<sup>-1</sup> から2.00 m・sec<sup>-1</sup> まで0.01m・sec<sup>-1</sup> の間隔で調節可能であり、その流速の誤差は2%未満、流速に関しての高い再現性も確認されている<sup>6)</sup>。

運動中のエネルギー消費量は、0.80, 0.90, 1.00 m・sec<sup>-1</sup> の流速で各6分間泳いだときの酸素摂取量により測定した。測定は、それぞれの流速において4種類の水着、ならびにサイズの異なる水着(1種類)を着用して行われた。サイズの異なる水着の測定には、最も伸縮性の高いBの水着を採用し、サイズは通常着用しているサイズより1サイズ小さいサイズを着用させた。この際、Sサイズより小さい水着が製造されていなかったため、通常Sサイズを着用する被検者2名に関しては、サイズの異なる水着の実験は行わなかった。同一流速における測定は、エネルギー代謝の日差変動、ならびに泳ぎのフォームの違いによるエネルギー消費量の差を可能な限り消失させるため、すべて同一日に行った。したがって、被検者は一日に5回、同じ流速で泳いだ。それぞれの流速は、すべ

表2 各水着の特徴

水着	品 質	特 徴
A	ポリエステル75%, ポリウレタン25%	近年の水着を象徴するハイレッグカット 背中空きによる水抜き
B	ポリエステル80%, ポリウレタン20%	水の流入を防ぐため、首周辺部まで生地で覆う 背部はチャックで開閉できる 伸縮性が最も大きく、肩ひもの幅も広いため圧迫感小
C	本体 ポリプロピレン80%, ポリウレタン20% 切替部 ポリエステル70%, ポリウレタン30%	生地の比重が水より小さい はっ水性で水を吸わない生地 面積が最も小さく、カットはAと同様
D	ナイロン80%, ポリウレタン20%	レジャー用水着で胸元・背中の露出部が大 脚部のカットも競泳用水着と比較して鈍角 面積は最も大



図中のA, B, C, Dは本文のそれと対応する  
図1 実験で用いられた水着

ての被検者において最大下レベルの強度であり、各試行間には運動後の過剰酸素摂取量の影響が認められないように十分な休息をとった。なお、測定に対する水着着用の順序は無作為に行った。

### 1.3.2 水着の抵抗の測定

水着の抵抗測定も流水プールにおいて行われた。この際、水着のサイズはすべてLサイズに統一した。抵抗の測定に際し、水着は水着展示用のハンガーと同型の厚さ0.5 mmの塩化ビニールボードに装着された。このとき、ボードと水着の間に隙間ができないように、防水用の両面テープで両者を固定した。水着を装着したボードは滑車を介して伸縮性のないロープ（直径4 mm）でロードセルに接続された。ボードは常に水面下10 cmの深さに、かつ水平に位置するように、ボードの前方

および後方の左端右端の4カ所がひもによって固定された（図2）。固定するひもの長さとの位置関係は、常に同じになるようにひもの長さが配慮された。水着の抵抗は、0.80, 1.00, 1.20, 1.50 m・sec<sup>-1</sup>の4つの流速において測定された。値には、同一流速で3回測定した値の平均値を代表値として用いた。

### 1.3.3 静水プールにおける50 m 全力泳の記録測定

被検者は30分のウォーミングアップを行った後、50 mを全力で泳いだ。試行は原則として1日1本とし、記録の測定は別日の同じ時刻に行った。ウォーミングアップは各被検者自由としたが、どの試行の日も同じウォーミングアップを行うように指示した。水着着用の順序は無作為とした。泳記録はストップウォッチによって測定した。

### 1.4 実験方法

運動中の酸素摂取量は、自動代謝測定装置によって1分ごとに測定した。この自動代謝測定装置の値と従来のダグラスバッグ法による比較は先行研究において検討済みであり、差がないことが確認されている<sup>5)</sup>。

抵抗の測定は、ロードセルによって得られた圧力変化信号を、ひずみ圧力用アンプ（日本光電社製 AP-601 G）を介し、サーマルアイレコーダ（日本光電社製 WS 681-G）によって記録した。水着の抵抗は、水着を装着したボードそのものの抵抗値をコントロール値とし、水着を装着したときの抵抗値とボードの抵抗値差、およびそのときの水着の面積とボードの面積比より算出した。また、ボードおよびボードに装着された水着の面積は方眼紙によって測定

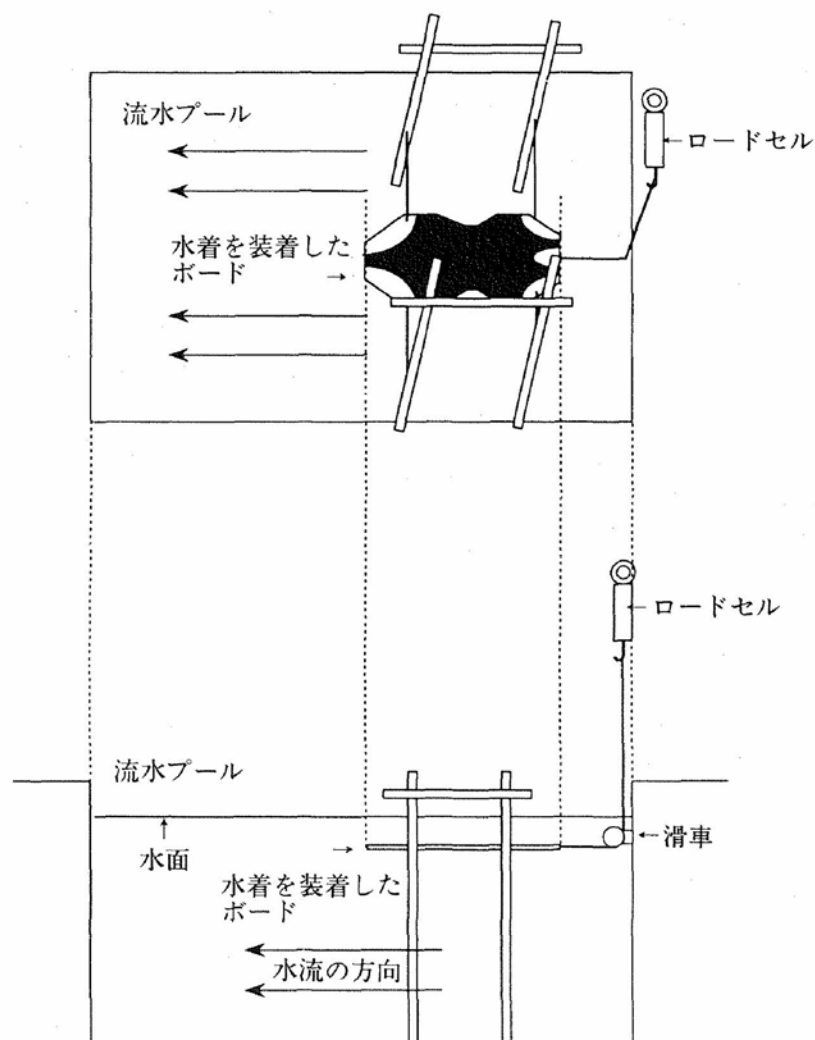


図2 流水プールにおける水着の抵抗測定の概要図

した。

### 1.5 統計処理

値はすべて平均値と標準偏差で表した。各流速におけるそれぞれの水着による平均値間の有意差検定には、繰り返し数の等しい二元配置分散分析を用いた。また、異なるサイズの水着における平均値間の有意差検定には、繰り返し数の等しい一元配置分散分析を用い、有意差の認められた項目については、Bonfferoni 検定を用いて差のある群を抽出した。なお、危険率5%未満を有意とみなした。

## 2. 結果

### 2.1 水着の面積

抵抗を測定した A, B, C, D それぞれの L サイズにおける水着の面積は、0.227 m<sup>2</sup>, 0.261 m<sup>2</sup>, 0.207 m<sup>2</sup>, 0.265 m<sup>2</sup> であり、同サイズでありながら、最も小さな C の面積は最も大きな D の面積の78%であった。

### 2.2 材質の異なる水着の抵抗値

図3は、0.80, 1.00, 1.20, 1.50 m・sec<sup>-1</sup> の4

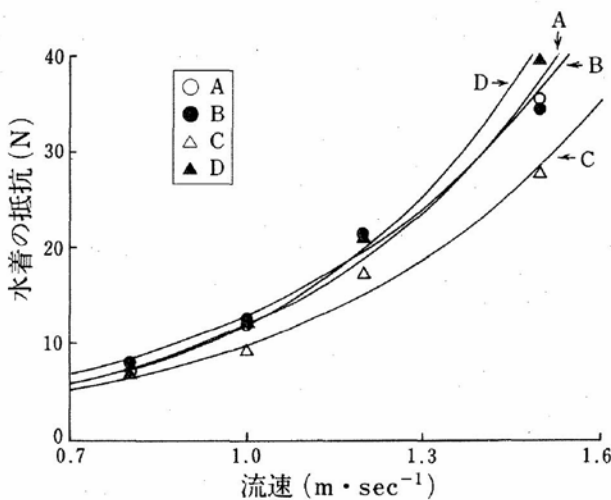


図3 流速と材質・カットの異なる水着の抵抗の関係の比較

A ;  $y = 1.178 \times 10^{(1.005x)}$ ,  $r = 0.992$

B ;  $y = 1.561 \times 10^{(0.910x)}$ ,  $r = 0.994$

C ;  $y = 1.218 \times 10^{(0.915x)}$ ,  $r = 0.991$

D ;  $y = 0.988 \times 10^{(1.082x)}$ ,  $r = 0.996$

つの流速において測定された水着の抵抗を示している。その結果、低い流速 (0.80~1.00 m・sec<sup>-1</sup>) では水着の抵抗の最大値と最小値の差が1 N程度で大きな差は認められなかったものの、流速が大きくなるにつれて差が大きくなる傾向が認められた。そして1.5 m・sec<sup>-1</sup> の流速時に最も抵抗の小さかったCは最も大きかったDより12 N (30%の大きさに相当) 低い値が観察された。

### 2.3 材質、カット、サイズの異なる水着と水泳中の酸素摂取量との関係

材質およびカットの異なる水着を着用したときの水泳運動中の酸素摂取量は、0.80~1.00 m・sec<sup>-1</sup> までのどの流速においても、すべてほぼ類似した値を示し、有意な差は認められなかった (図4)。

また、0.80 m・sec<sup>-1</sup> と1.00 m・sec<sup>-1</sup> で測定された水着の抵抗値とその流速における各被検者の酸素摂取量の間にも、水着の抵抗値が低ければ酸素摂取量も低いといったような相関関係は認められなかった (0.80 m・sec<sup>-1</sup> ;  $r = 0.006$ , NS, 1.00 m・sec<sup>-1</sup> ;  $r = 0.000$ , NS)。

水着Bにおいて、通常サイズと1サイズ小さめのサイズを着用したときの各流速における酸

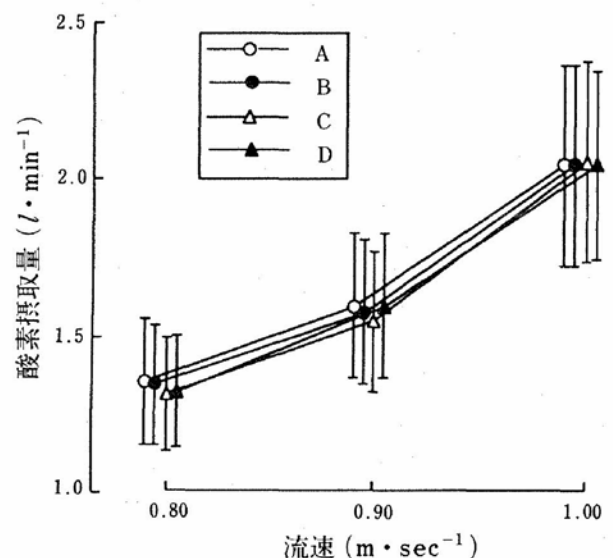


図4 材質・カットの異なる水着を着用したときの流速と酸素摂取量の関係の比較



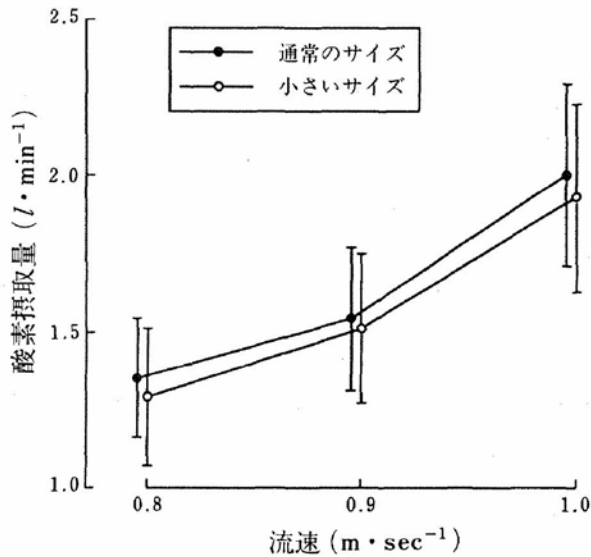


図5 サイズの異なる水着を着用したときの流速と酸素摂取量の関係の比較

酸素摂取量は、小さいサイズにおいて低い傾向を示したものの、統計上は有意な差は認められなかった(図5)。

#### 2.4 材質, カット, サイズの異なる水着と50m 全力泳の泳記録との関係

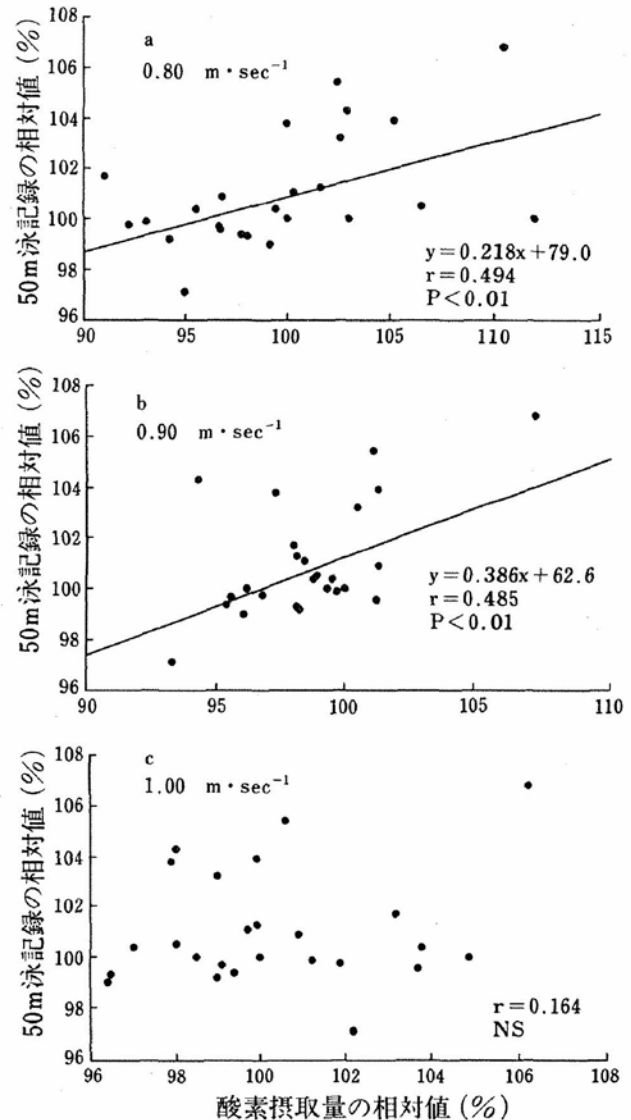
各水着を着用したときの50m 泳記録は, A (30.0±1.2秒), B (30.0±1.2秒), C (29.9±1.4秒) の競泳用水着の間では有意な差は認められなかったものの, それらとレジャー用水着 D (31.1±1.1秒)の間には有意な差が認められた(すべてP<0.01)。

また, 流速1.5 m·sec<sup>-1</sup> のときに測定された水着の抵抗値とそれぞれの水着を着用したときの泳記録の間には, 有意な相関関係は認められなかった (r = 0.282, NS)。

水着Bにおいてサイズを変えて泳いだ結果, 通常のサイズで測定された記録は30.3±1.1秒, 1サイズ小さめの水着で測定された記録は30.1±1.0秒であり, サイズ間にも泳記録に差は認められなかった。

#### 2.5 水泳中の酸素摂取量と泳記録の関係

図6 a, b, c は, 水着Aにおける各流速の酸素



酸素摂取量, 泳記録のどちらもAの水着着用時の値を100%として他の水着着用時の値を相対値に換算してある

a : 0.80m·sec<sup>-1</sup> における酸素摂取量との関係

b : 0.90m·sec<sup>-1</sup> における酸素摂取量との関係

c : 1.00m·sec<sup>-1</sup> における酸素摂取量との関係

図6 a, b, c 各流速における酸素摂取量の相対値と泳記録の相対値との関係

摂取量を100%として表したときのそれぞれの水着における酸素摂取量の相対値と, 水着Aにおける50m 全力泳の記録を100%として表したときのそれぞれの水着における泳記録の相対値の関係を表したものである。その結果, 同一流速で相対的に酸素摂取量の小さい水着着用時には泳記録も相対的に良いという相関関係が, 0.80 (r = 0.494,

$P < 0.01$ ),  $0.90 \text{ m} \cdot \text{sec}^{-1}$  ( $r = 0.485$ ,  $P < 0.01$ )  
の流速時の酸素摂取量と泳記録の間で認められた。

### 3. 考 察

本実験では、水着の材質、サイズ、およびカットの違いが、水泳中の動的抵抗を指標としたエネルギー消費量に与える影響、およびそれらと泳記録との関係を検討した。

#### 3.1 受動的抵抗の問題点

これまで水着の抵抗ならびに泳速と抵抗の関係は、水泳中の動的な抵抗を測定することが技術的に困難であったことから、けのびの姿勢での受動的抵抗を測定することがほとんどであった<sup>7)</sup>。しかしながら、この受動的な抵抗の測定には、いくつかの問題が生じる。一つには、受動的抵抗は水面下の投影面積に比例して増加するため、姿勢の変化に依存して変化するということである。先行研究によると、比較的小さな頭の位置の変化で抵抗値はおよそ100%前後変わり得ることが報告されている<sup>4)</sup>。とくに、人間では複数試行の測定において同じ姿勢を長時間繰り返すことは困難であるから、異なる水着を着用して測定したときに観察される受動的抵抗の小さな差は、姿勢の影響によるものか、水着自体の純粋な影響によるものか判断が困難となる。

また、肺の中の空気の量(残気量)が違えば、身体全体にかかる浮力が変わるため、水面に対する身体の相対的位置が変わってしまう。これによって水面下の投影面積が変わってしまうので、結果的に水面下の投影面積に比例して増加する抵抗も変わることになる。Holmér<sup>2)</sup>の報告によれば、最大呼気時と最大吸気時の身体水抵抗の差は、流速に関係なく20~25 Nほどとされており、この値は、本研究で測定された $1.20 \text{ m} \cdot \text{sec}^{-1}$ での水着の抵抗値とほぼ等しい。すなわちこのことは、測定時の肺の中の空気の状態によって水着の抵抗値の差が逆転したり、増幅される可能性があるこ

とを意味している。実際、水泳中に呼吸数に差がない場合、一回換気量が大きければ一回換気量が小さい場合よりも水泳中の酸素摂取量が小さくなることも示されており<sup>6)</sup>、これは明らかに身体水抵抗の違いに起因するものである。

上述した2つの結果は、肺の中の空気の量が身体水抵抗に無視できない大きさであることを表している。したがって、受動的抵抗を測定する場合、呼吸量(残気量)をモニターしながら測定は行われなければ同一条件で行われたかどうかは確認できないということになるが、これまではこれを無視して行われていた。

また、泳ぐときには上肢、下肢の動作によって推進力が産生されるので、身体は安定したけのびの状態とはまったく違い、抵抗が増加することは推測に難くない。実際、MAD (Measuring Active drag) システムを用いて水泳中に測定された動的抵抗は、同じ被検者で測定された受動的抵抗よりもはるかに大きいことが確認されている(Hollander & Toussaint 私信)。さらには、水着の大きさやカットの違いが、水着着用時の動作フォームに微妙に影響するならば、そのフォームの違いは、水泳中の圧抵抗、および造波抵抗に影響を及ぼすであろう。とすれば、受動的抵抗の差異が、水着自体の抵抗値や、水泳中の動的抵抗値にそのまま反映するとは考えにくい。これらのことを総合的に判断すれば、これまでの受動的抵抗の測定では、水着の抵抗を知る、あるいは水着が泳ぎに及ぼす影響を知るといった目的を達成するには問題があるように思われる。

#### 3.2 水着の抵抗に影響する要因

本実験における水着の抵抗は、水面下において測定された。したがって、この抵抗値は、造波抵抗の要因を除く水着の素材自体の粘性抵抗、および水着の生地厚さによる圧抵抗を主として反映していると考えられる。結果として、水着の抵抗値は、水泳中の酸素摂取量を測定した $1.00 \text{ m} \cdot$



sec<sup>-1</sup> まではどの水着にも大きな差は認められなかった。それ以上に流速が高くなると、Cの抵抗値が他より低くなり、1.50m・sec<sup>-1</sup>の流速では最も抵抗の高いDと比較して約12Nの差が認められた。この水着Cの特徴は、比重が水よりも小さいポリプロピレンを使用し、かつ生地には水溶性をもたせている点である。このことが、他の水着よりも粘性抵抗を低めた原因かもしれない。このことは、水着Cの抵抗値が単に水着の面積が他より小さいから小さかったというわけではなく、面積当たりに換算した抵抗値も最も小さかったことから推測できる。

次いで抵抗の小さい傾向を示したのは、面積ではDとならび最も大きい部類に入るBの水着であった。これを、面積当たりの抵抗値に換算するとCの回帰曲線にかなり近づく。しかしながら、実際の試合では既製品の水着を着用して泳ぐことを考慮すれば、抵抗値も面積当たりの相対値ではなく、絶対値で判断すべきであろう。

抵抗値の高いAとDの特長としては、材質の違いだけでなく、水着の縫い合わせ部分がB、Cより多いことが上げられる。この縫い合わせの面積が大きくなれば、粘性抵抗の増加が予測される。したがって、できるだけ生地の縫い合わせの面積(数)を小さくすることも水着自体の抵抗を小さくするひとつの要因ではなからうか。

### 3.3 水着の抵抗と水泳中のエネルギー消費量の関係

一般に、酸素摂取量は運動強度、すなわち発揮された機械的仕事率に比例して増加する。また、水泳運動中の機械的仕事率は、流速と身体水抵抗の積であることから、流速が一定であれば、酸素摂取量は身体水抵抗の大きさに比例して増加する。前述のMADシステムを用いた先行研究において、競泳用水着とは材質や身体を覆う面積、浮力が異なるウェットスーツやキャットスーツ着用時と競泳用水着着用時の水泳中の動的抵抗が測定されており、両者の動的抵抗値には差があることが示されている<sup>1, 9)</sup>。しかしながら、本実験の結果は先行研究とは異なり、どの流速においても異なる水着間の酸素摂取量に有意な差は認められなかった(すなわち動的抵抗に有意な差はなかった)。また、水着の抵抗値と各被検者の酸素摂取量との関係にも有意な相関は認められなかった。これらの原因の一つには、用いた流速時の水着の抵抗の差(図4)が先行研究ほど大きくなかったことに起因すると思われる。

表3は、水泳中のエネルギー効率を7%<sup>8, 9)</sup>と仮定して算出した、各流速におけるそれぞれの水着着用時の身体水抵抗を示したものであるが、0.80~1.00m・sec<sup>-1</sup>の流速における水泳中の身体水抵抗は約30~38Nであった(これは先行研究の値と非常に類似するものである)<sup>8, 10, 11)</sup>。一方、

表3 各流速における水泳中の身体水抵抗

	A	B	C	D
0.80 m・sec <sup>-1</sup>	31.5±4.6	31.2±4.4	30.4±4.1	30.7±4.2
0.90 m・sec <sup>-1</sup>	32.9±4.8	32.5±4.8	32.0±4.6	32.9±4.9
1.00 m・sec <sup>-1</sup>	38.0±5.9	38.1±5.9	38.1±6.0	38.1±5.6

単位はN

生理的仕事量×効率=機械的仕事量

生理的仕事量=酸素摂取量×換気交換比から決定された熱量算出係数×時間

効率=7%

機械的仕事量=身体水抵抗×流速×時間

この流速の範囲における水着の抵抗値は7~13Nで、水泳中の全抵抗の23~34%にしか過ぎないことがわかる。水泳中の動的な身体水抵抗に影響を及ぼす要因としては、水着の抵抗のほか、カットの仕方による動作の微妙な違いとそれともなう抵抗値の違い、身体と水着の隙間からの水の流入、流出度合、肺の中の空気の量などが考えられる。本実験の水泳中の酸素摂取量は、これらの要因が複雑に影響しあったことが考えられ、水着自体の抵抗が直接反映しにくかったのであろう。換言すれば、本実験で用いられた水着の抵抗値の差は、その他の抵抗要因と影響し合って消失する程度のものにすぎないということになる。

さらにこれらの結果のもう一つの示唆としては、 $0.80\sim 1.00\text{m}\cdot\text{sec}^{-1}$  程度の速度で泳ぐ場合、水泳中の動的抵抗に与える影響は、競泳用水着とレジャー用水着の間に差がないことを示している。

### 3.4 泳記録と水着の抵抗の関係

本実験において、泳記録はレジャー用水着と競泳用水着の間で有意な差が認められた。この競泳用水着とレジャー用水着の大きな特徴の違いとして、胸と背中の開き具合の大きさがあげられる。本実験における $1.00\text{m}\cdot\text{sec}^{-1}$ の流速までの最大下泳テストでは、このようなカットでもエネルギー消費量に差は認められなかったが、泳速もおよそ2倍に相当する50m 全力泳では、胸や背中から水が流入し、水泳中の抵抗増加に加担したものである。これは飛び込んだ瞬間から泳ぎ終わるまで、胸のところから水が流入して、水着が脱げそうであったという被検者の感想とも一致している。

一方、競泳用水着 A, B, C 間には有意な差は認められなかった。本実験において、水着の抵抗は流速に対して二乗曲線状に増加し、水着間の抵抗の差は流速が増加するにつれて大きくなった。それにもかかわらず、平均泳速 $2.00\text{m}\cdot\text{sec}^{-1}$  近

くに相当する50m 全力泳の記録と水着自体の抵抗とは、なんら関係を示さなかった。このことは、最大下の流速の酸素摂取量のとときと同様、水着自体の抵抗の差は泳記録に反映しないということを示唆している。これらの結果を総合的に考えると、少なくとも本実験で用いられた近年の水着の材質間では、たとえ水着自体に抵抗値の差が出たとしても、泳いでいるときにそれが記録に影響するほどのレベルではない、すなわち水着の材質は関係しないということがうかがえる。

### 3.5 泳記録、酸素摂取量に対するサイズの影響

水着のサイズの違いは、水着自体の粘性抵抗を減少させ、かつ小さなサイズではより身体を締めつけて水面下の投影面積を減少させる可能性がある。そこで本実験においては、異なるサイズの水着を着用したときの動的抵抗を推測するために、最大下の流速における酸素摂取量、および50m 全力泳の記録を測定した。しかしながら、どちらの結果にも有意な差は観察されなかった。そこで、一人の被検者においてサイズの異なる水着を着用したときのバスト、ウエストを測定したところ、小さいサイズを着用したときのバストが85.2cm、ウエストは62.8cmで、普通のサイズを着用したときのバストが85.3cm、ウエストが62.5cmと、両者間に予測されたような変化は認められなかった。このことは、サイズが1サイズ小さくても、実際には予期されるような投影面積の変化がなかったことを示唆している。したがって、水着と肌の隙間から水の流入が感じられるほど大きなサイズでなければ、無理にきついサイズの水着を着用し、肩や脚に圧迫感を感じて泳ぐよりも、適切なサイズの水着を選択する方が望ましいのかもしれない。

### 3.6 泳記録と酸素摂取量の相対的關係

水着 A における各流速の酸素摂取量を100%として表したときの、それぞれの水着における酸素

摂取量の相対値と、水着 A における 50 m 全力泳の記録を 100% として表したときのそれぞれの水着における泳記録の相対値の関係をしてみると、0.80 および 0.90 m・sec<sup>-1</sup> において有意な相関関係が認められた。このことは、同一流速における酸素摂取量が相対的に小さかった水着着用時は、泳記録も良かったということを示している。これまでの報告においても、同一泳速における酸素摂取量が小さい、または、流速の増加に対して酸素摂取量の増加量が小さいといったスイミングエコノミーの良い泳者は、泳記録が良いことが報告されており<sup>12,13)</sup>、これはとりもなおさず、同一泳速における泳者の身体水抵抗が小さいことを意味している。

同一流速における酸素摂取量や、泳記録が水着の抵抗と関係を示さなかったのに対し、同一流速における酸素摂取量の相対値と泳記録の相対値との間に相関関係が認められたことは、水着の材質には関係しないが、その人の泳ぎ、または体型に適合するカットやサイズの水着が、それぞれに存在し、それが水泳中の抵抗や泳記録に影響していることを示唆するものである。したがって、競泳記録を向上させるには、今日の競泳水着の材質の選択以上に、その人の抵抗を小さくする動きのできるようなカットや、水の流入を防げるようなその人の体型・サイズにフィットした水着を選択することが重要になってくるであろう。

#### 4. まとめ

本研究は、水着の材質、カット、サイズが水泳中の動的抵抗および泳記録に及ぼす影響を検討した。

その結果、水着自体の抵抗は、水より比重が小さく、はっ水性の材質を用いた水着において最も低かった。しかしながら、水着自体の抵抗値と最大下の流速における酸素摂取量、および泳記録には有意な関係は認められなかった。一方、同一流

速における酸素摂取量が相対的に小さかった水着で泳いだ場合は、泳記録も相対的に良いという有意な相関関係が得られた。

以上の結果は、今日の水着の材質の差は水泳中の動的抵抗、または競泳記録に反映するほど大きくないことを意味しており、水着の材質による抵抗の差以上に、その人の抵抗を小さくできるカットや、体型・サイズにフィットした水着が個々に存在し、それを選択することが重要であることを示唆するものであった。

#### 謝 辞

本稿を終えるに当たって、被検用水着を一部提供して下さった財団法人 石本記念デサントスポーツ科学振興財団に深謝いたします。また、実験を補助していただいた藤原寛康氏、小野寺丈晴氏、操本隆紀氏、ならびに被検者の労を取って下さった 8 名の鹿屋体育大学水泳部女子選手に深謝の意を表します。

#### 文 献

- 1) Berger, M. A. M., Hollander, A. P., Vervoorn, C.; Water resistance of various swimming suits, *The Xth FINA World Sport Medicine Congress program and abstracts*, 44 (1993)
- 2) Holmér, I., Gullstrand, L.; Physiological responses to swimming with a controlled frequency of breathing, *Scand. J. Sports Sci.*, 2, 1-6 (1980)
- 3) Holmér, I.; Propulsive efficiency of breaststroke and free style swimming, *Eur. J. Appl. Physiol.*, 33, 95-103 (1974)
- 4) Miyashita, M., Tsunoda, T.; Water resistance in relation to body size, In: Eriksson, B., Furberg, B. (eds.) *Swimming Science IV*, University Park Press, Baltimore, 395-401 (1978)
- 5) Ogita, F., Tabata, I.; Effect of hand paddle aids on oxygen uptake during arm-stroke-only swimming, *Eur. J. Appl. Physiol.*, 66,

- 489-493, (1993)
- 6) Ogita, F., Tabata, I.; Oxygen uptake during swimming in a hypo-baric hypoxic environment, *Eur. J. Appl. Physiol.*, **65**, 192-196 (1992)
  - 7) Taguchi, N., Shibayama, H., Miyashita, M.; Added mechanical and physiological loads during swimming with a drag suit, In: Inderechts, B. E., Wilke, K., Reischle, K. (eds.) *Swimming Science V*, Human Kinetics, Champaign, **III**, 377-381 (1988)
  - 8) Toussaint, H. M., Knops, W., De Groot, G., Hollander, A. P.; The mechanical efficiency of front crawl swimming, *Med. Sci. Sports Exerc.*, **22**, 402-408 (1990)
  - 9) Toussaint, H. M., Bruinink, L., Coster, R., De Looze, M., van Rossem, B., van Veenen, R., De Groot, G.; Effect of a triathlon wet suit on drag during swimming, *Med. Sci. Sports Exerc.*, **21**, 325-328 (1989)
  - 10) Toussaint, H. M., De Groot, G., Savelberg, H. H. C. M., Vervoorn, K., Hollander, A. P., van Ingen Schenau, G. J.; Active drag related to velocity in male and female swimmers. *J. Biomech.*, **21**, 435-438 (1988)
  - 11) Toussaint, H. M., Beelen, A., Rodenburg, A., Sargeant, A. J., De Groot, G., Hollander, A. P., van Ingen Schenau, G. J.; Propelling efficiency of front-crawl swimming, *J. Appl. Physiol.*, **65**, 2506-2512 (1988)
  - 12) Troup, J. P., Daniels, J. T.; Swimming economy: An introductory review, *J. Swimming Res.*, **2**, 5-9 (1986)
  - 13) van Handel, P. J., Katz, A., Morrow, J. R., Troup, J. P., Daniels, J. T., Bradley, P. W.; Aerobic economy and competitive performance of U. S. elite swimmers, In: Inderechts, B. E., Wilke, K., Reischle, K. (eds.) *Swimming Science V*, Human Kinetics, Champaign, **III**, 219-227 (1988)