

## ラバー水着が泳者の身体負荷に与える影響 —血中乳酸カーブテストから—

白木 孝尚<sup>1)</sup> 若吉 浩二<sup>1)</sup>

### The effects of rubber swim suit on swimmers measured by the Lactic Acid Curve Test

Takahisa SHIRAKI Kohji WAKAYOSHI

#### Abstract

The rubber swim suit was one of the causes of the rush of records in 2009. This study verified the influence of the rubber swim suit on the swimmer's exercise load by using a lactic acid curve test. Eight female university swimmers participated in this study. They performed the lactic acid curve tests with four different suits. They wore three types of rubber swim suits and a cloth swim suit with water-repellent. The lactic acid curve test consisted of 4 times 200m swimming. The speed of four stages in the test was set from the best record of each 200m freestyle race (80% $V_{200}$ , 85%  $V_{200}$ , 90%  $V_{200}$ , 95%  $V_{200}$ ). The speed was controlled by pace maker. Blood from the fingertip was taken 0 min and 3 min (5min) after each trial and the blood lactate was determined. The blood lactate concentration after 90%  $V_{200}$  and 95%  $V_{200}$  trials with the rubber swim suits were lower than those with a cloth swim suit. An examination of the trials revealed that the number of arm strokes decreased due to the use of the rubber swim suits. Consequently, it is suggested that the rubber swim suits decreased swimmer's exercise load, indicating that the rubber swim suit may improve the race performance of swimmers.

---

1) 競技スポーツ学科

## 1. 背景

2008年の北京オリンピックにおいて、Speedo社のレーザーレーサー (LZR) が猛威を振るってから1年足らずの間に、新たな素材の水着が次々に開発され好記録を生み出す原因となっている。2009年夏にイタリアローマで開催された世界選手権で樹立された世界新記録は計43個であり、2008年の北京オリンピックで樹立された世界記録 (計25個) のほとんどがこの大会で更新された。これは過去の大会では例を見ない驚異的な記録樹立率であった。この好記録の要因の一つとされているのが新しく開発された水着の効果である。

この1年で好記録を出した選手が着用していた水着の素材は、ポリウレタンもしくはラバーであった。どちらの素材も水を透過させない素材でできており、従来の水着よりも表面 (摩擦) 抵抗が低いと考えられる。また、ポリウレタンもラバーも水を含まない素材であるために、水中での余分な重量負荷を減少できるとも考えられる。さらに、ラバー水着はウェットスーツと同様の素材 (クロロレンラバー) を使用しているために、素材そのものに浮力効果がある可能性もある。富川ら<sup>(4)</sup>は、トライアスロン用ウェットスーツが水泳中の抵抗にどのような影響を与えているか調査したところ、従来の競泳用水着と比較して、ウェットスーツ着用時に泳速度は向上したがアクティブドラッグ (運動中の抵抗) は変化しなかったこと、また一定流速で姿勢を維持している時の抵抗 (パッシブドラッグ) がウェットスーツ着用で減少していることを報告しており、ラバー素材水着着用による運動時の抵抗低減効果が示唆できる。また、富川ら<sup>(5,6,7)</sup>は、ウェットスーツが水泳運動中の生理的応答やパフォーマンスに与える影響を検討した結果、ウェットスーツが持つ浮力による影響により、同一相対強度における水泳効率の向上、ならびに同一運動強度における酸素摂取量の低下、さらに400m最大

努力泳後半でのパフォーマンスが向上したことを報告した。回流水槽での同一運動強度における研究では、酸素摂取量の低下とともにストローク頻度の低下も報告された<sup>(5)</sup>。これらのことからラバー水着着用により、その素材が持つ低抵抗や浮力の影響でパフォーマンスが向上する可能性が示唆される。

市川ら<sup>(1)</sup>は、水着のタイプがパフォーマンスに与える影響を検討した結果、ビキニや膝までのスパッツタイプと比べ、足首まで覆うフルレングスタイプの水着着用時に、回流水槽での高強度運動継続時間が長かったことを報告している。

血中乳酸カーブテストは持久力を評価するときに指標とされる乳酸性閾値 (LT) や持久力トレーニングの指標となるOBLA (Onset of Blood Lactate Accumulation) スピードを求めるときに用いられる一般的なテストであるが、LTやOBLAの算出だけでなく、トレーニング効果を評価するコントロールテストとして多くの現場で採用されている<sup>(3,8)</sup>。定期的に血中乳酸カーブテストを実施し、データをグラフにプロットし、得られた曲線から、LT出現時の速度がどのくらい向上したか、最小あるいは最大乳酸値と速度の関係、血中乳酸濃度が急激に上昇する泳速度の算出やそのグラフの傾きから有酸素性代謝能力や持久力などの評価を行うことが可能となる<sup>(2,3,8,9,10,11)</sup>。

本研究は、競泳界で2008-2009シーズンの記録ラッシュの要因となっているフルレングスタイプのラバー水着が、泳者の身体負荷にどの程度の影響を与えているのかを、血中乳酸カーブテストにより検証することを目的とした。

## 2. 方法

### 2.1 被験者

2009年度日本学生選手権に出場した大学生女子選手8名が被験者として本研究に参加した。被験者の専門種目は、自由形あるいは個

人メドレーとした。

本研究に参加した被験者の特徴は表1の通りであった。

表1. 被験者の特徴

		平均値	標準偏差
身長	cm	160.6	4.2
体重	kg	58	2.8
体脂肪率	%	28.4	3.6
競技年数	years	11.5	1.3

## 2.2 水着

本研究では、以下の4種類の水着を使用して試技を行った。水着の選択は被験者ごとにランダムに行った。使用した4種類の水着はすべて肩から足首までの身体を覆うフルレングスタイプの水着であった。

1. 撥水水着 (Normal Suit; NS) : 織物に撥水加工が施された水着。
2. ラバー水着A (Rubber Suit A; RS-A) : 通常市販されているクロロプレンラバー水着。
3. ラバー水着B (Rubber Suit B; RS-B) : クロロプレンラバー製ではあるが、貴金属鉱物を混入し、赤外線放射に優れ、保温性が高い。
4. ラバー水着C (Rubber Suit C; RS-C) : クロロプレンラバー製ではあるが、繊維とクロロプレンラバーの間の接着面にチタン合金加工(層)を施し、熱遮断能が高い。

## 2.3 試技

乳酸カーブテストは、距離200mを4段階の漸増負荷泳の形式を用いて実施された(200m×4回, レスト約10分)。試技種目は自由形とし、各被験者の200m自由形のベストタイムの速度( $V_{200}$ )から80%, 85%, 90%, 95%の4段階の相対速度を設定した(80%  $V_{200}$ ・85%  $V_{200}$ ・90%  $V_{200}$ ・95%  $V_{200}$ )。試技はペースメーカーをプールに沈めて使用し、泳速度をコントロールして行った。試技後0

分、3分(必要であれば5分)にLactate Pro (ARKRAY, Inc.)を用いて血中乳酸濃度を測定した。0分、3分および5分後の測定で得られた血中乳酸濃度は最も高い値をデータとして採用した。また、試技中に25mごとのストローク数をカウントした。

## 2.4 統計

得られたデータは、1元配置の分散分析を用いて比較検討された。

## 3. 結果

図1に示すように、統計的に有意ではなかったが、RS着用時の90%  $V_{200}$ ならびに95%  $V_{200}$ における血中乳酸濃度はNSに比べ低い傾向であった。特にRS-C着用時に低い傾向であった。80%, 85%,  $V_{200}$ に血中乳酸濃度は、水着による差はほとんど認められなかった。

図2, 図3に示すように、統計的には有意ではなかったが、90%  $V_{200}$ ならびに95%  $V_{200}$ におけるストローク数はRS着用時に25mにつき平均で0.3から1.1 stroke程度少なくなる傾向であった。90%  $V_{200}$ 試技におけるストローク数の差は、95%  $V_{200}$ 試技よりも大きかった。

試技はペースメーカーを用いて、泳速度をコントロールして実施されたが、図1からもわかるようにRS着用時にはペースメーカーよりも若干速く泳ぐことができ、一方でNS着用時は、特に最後の50mで設定速度についていけない被験者もいた。

## 4. 考察

### 4.1 身体負荷

本研究において、図1に示すように、統計的に有意ではなかったが、RS着用時の90%  $V_{200}$ ならびに95%  $V_{200}$ における血中乳酸濃度はNSに比べ低い傾向であった。特に95%  $V_{200}$ における血中乳酸濃度は、NSと比較してRS着用時に平均で1.1から2.2mmol/L低い値であった。泳速度はペースメーカーでコントロー

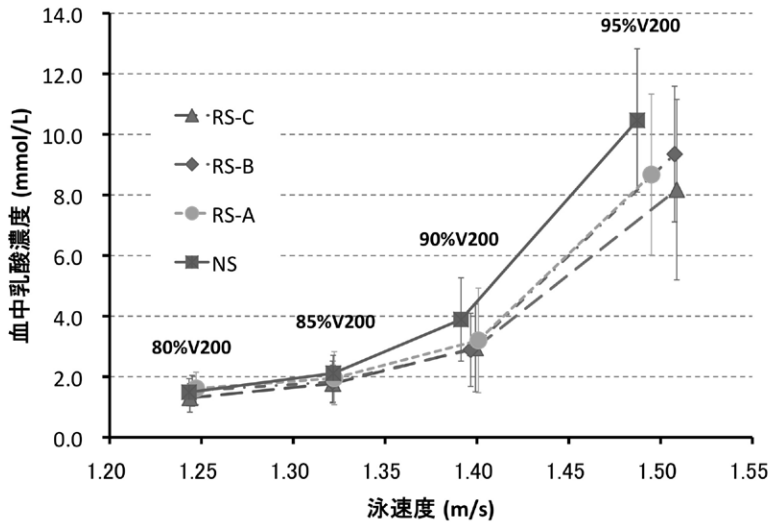


図1. 各水着における血中乳酸濃度—泳速度の関係

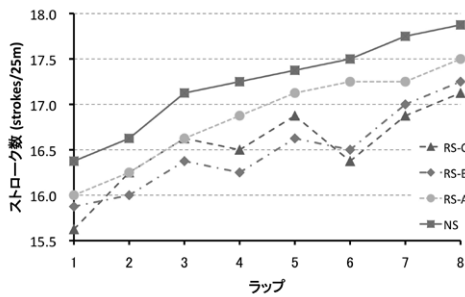


図2. 90% V<sub>200</sub>試技における各ラップごとのストローク数

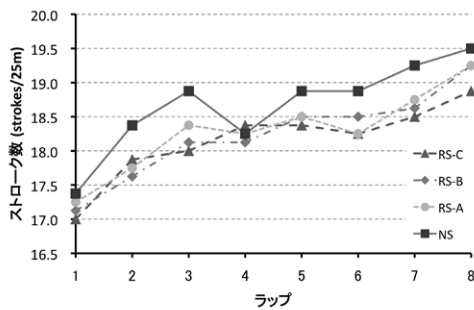


図3. 90% V<sub>200</sub>試技における各ラップごとのストローク数

ルしているため、95% V<sub>200</sub>での泳速度はどの水着でもほぼ同等でなければならなかったが、NSと比較してRS-BならびにRS-C試技においては、約2秒程度速く泳いでしまった。この二つのRS着用時に設定よりも速く泳い

だこと、そしてNS試技においてはペースメーカーについていけなかった被験者がいたことが原因である。このように、90% V<sub>200</sub>ならびに95% V<sub>200</sub>試技ではRS着用により泳速度が上がったにも関わらず、血中乳酸濃度が低かったことから、RS着用時に無酸素性エネルギー貢献（特に解糖系）の割合が減少したこと、もしくは産生された乳酸の除去率が向上したことが考えられた。富川ら<sup>(5,6)</sup>はトライアスロン用ウェットスーツ着用時の生理的負荷ならびに最大努力パフォーマンスを検討したところ、ウェットスーツ着用時は通常水着と同程度の運動強度を得ようとする場合、5～10%程度泳速度を増加させる必要があり、ウェットスーツにより生理的応答が改善されていることを示唆し、400m最大努力パフォーマンスはウェットスーツ着用時に6.8%向上したことを示した。本研究で使用したRSは、ウェットスーツほどの厚さはないが(0.3mm)、使用している素材は同じであり、抵抗の減少や浮力の獲得などウェットスーツと同様の効果を得ることができたと示唆された。そのため、本研究の90% V<sub>200</sub>ならびに95% V<sub>200</sub>試技においても、NSに比べRS着用時では運動強度が低かった可能性が高い。

## 4.2 ストローク効率

図2および図3に示したように、90%  $V_{200}$  ならびに95%  $V_{200}$ におけるラップ毎のストローク数は、統計的に有意ではなかったが、RS着用時に25mにつき平均で0.3から1.1stroke程度少なくなる傾向であった。25mを19strokeで泳ぐと仮定すると、単純計算で1strokeの減少は約7cmのストローク長（1strokeで進む距離）の増加と考えることができる。今回の結果から、統計的に有意ではないが、RS着用時に0.3から1.1strokeの減少が示された。これは2～5cmのストローク長の増加を意味する。富川ら<sup>(5)</sup>は、回流水槽における同一運動強度でのウェットスーツと水着の比較研究において、ストローク頻度の低下を報告した。以上のことから、RS着用時に、泳速度が上がったのにも関わらず、1ストロークで進む距離が増加し、その結果ストローク数が減少したことから、ストローク効率が改善され、血中乳酸濃度が減少したと考えられる。以上のことから、RSが持つ抵抗の減少や浮力などの付加的な効果によりストローク効率が向上し、頑張らなくても設定された速度・距離を泳ぐことができたことが示唆された。

## 4.3 血中乳酸カーブ

前述したように、図1の乳酸カーブを見ると、RS着用時に90%  $V_{200}$ ならびに95%  $V_{200}$ 試技では泳速度が向上したのにも関わらず、血中乳酸濃度が低下した。先行研究では、一定期間の持久トレーニングを行うことにより血中乳酸カーブが右下側にシフトすることで、有酸素性代謝能力が向上したことが示されると報告されている<sup>(2,8,9,10,11)</sup>。本研究では、一定期間のトレーニングを実施することなく、RSを着用するだけで乳酸カーブが右下側にシフトした（図1）。要するに、RSの着用により一定期間の持久トレーニングと同等の効果をj得ることができたことが示された。Jacobsら<sup>(3)</sup>は、血中乳酸蓄積開始点（血中乳

酸濃度4 mmol/L）の運動強度をOBLAと定義しているが、本研究において、RSを着用することでこのOBLAの速度が向上していることが予想できた。これらのことから、同程度の泳速度であれば、RS着用時はNS着用時よりも無酸素性のエネルギー貢献を抑えて運動を継続できる可能性があること、そしてNS着用時と同程度の血中乳酸濃度を実現するには、RS着用時により高い速度で泳ぐ必要があることが示唆された。これらの報告は、富川ら<sup>(4,5,6,7)</sup>のトライアスロン用ウェットスーツの研究で得られた示唆と同様である。

## 5. まとめ

本研究は、2009年度の競泳界において好記録続出の要因となったラバー水着が、泳者の身体負荷に与える影響を血中乳酸カーブテストから検討した。

本研究の結果から、統計的には有意でないものの、ラバー水着はその素材による抵抗の減少や浮力の効果により、NSと比較して同一泳速度での血中乳酸濃度の蓄積を抑制することが示され、身体負荷を軽減する可能性があることが示唆された。さらに、同一泳速度においてはストローク数が減少することも示されたことから、ストローク効率の面からもパフォーマンスの向上に有意な影響を与える可能性も考えられた。

## 引用文献

1. 市川浩, 下山好充, 野村武男. (2001) 競泳用水着がパフォーマンスに与える影響. 日本体育学会大会号 (52) : p.531.
2. 坂上裕昭, 本山貢. (2008) 高校生トブスイマーにおける合宿前後のOBLA-SPEED, 心拍数およびストローク数の変化について. 和歌山大学教育学部紀要58 : pp.93-101.
3. Jacobs, I., Sjodin, B., Kaiser, P. and Kaelsson, J. (1981) Onset of Blood Lactate Accumulation after prolonged exercise. Acta Physiologica Scandinavica, 112, pp.215-217.
4. 富川理充, 下山好充, 野村武男. (2000) ト

- ライアスロン用ウェットスーツが水泳中の抵抗に及ぼす影響. 日本体育学会大会号 (51) : p.403.
5. 富川理充, 下山好充, 野村武男. (2000) トライアスロン用ウェットスーツが水泳中の生理的応答およびストローク頻度におよぼす影響, 体力科学, 49 (6) : p.857.
  6. 富川理充, 野村武男. (2001) トライアスロン用ウェットスーツが最大努力400m泳に及ぼす影響, 体力科学, 50 (6) : p.919.
  7. 富川理充, 野村武男. (2003) トライアスロン用ウェットスーツとレーススーツとの同一相対強度における水泳運動中の生理的負荷の比較. 体力科学, 52 (6) : p.739.
  8. Maglischo, E.W. (2003) Swimming Fastest, Human Kinetics.
  9. 宮本佳代子, 葛西拓司, 国井実, 清田隆毅. (1992) 競泳選手のトレーニングが血中乳酸濃度に与える影響 (第2報), 体力科学, 41 (6) : p.778.
  10. 森谷暢, 加藤健志, 今村貴幸. (2003) エリート競泳選手における準高所トレーニング時の速度-乳酸曲線の変動. 体力科学, 52 (6) : p.751.
  11. 森谷暢, 高橋雄介. (2004) 競泳トレーニングにおける乳酸の活用方法. トレーニング科学, 15 (3) : pp.145-149.