

児童の水泳中の物理的・生理的運動強度に 及ぼす着衣の影響

崔 勝旭・黒川 隆志・胡 泰志

(1994年9月9日受理)

Effect of clothes on physical and physiological exercise intensity during
swimming in a group of children

Seung Wook Choi, Takashi Kurokawa and Yasushi Ebisu

With a view to Preventing young children from drowning accidents, 10 young children out of 61 who had participated in the swimming class, were selected at random to see how clothes affect swimming movement from both physical exercise intensity (swimming speed, frequency and stride of strokes) and physiological exercise intensity (heart rate) viewpoint. The results were as follows.

① Crawl stroke with the swimming wear on showed the fastest swimming speed among the 3 swimming strokes. With clothes on, the speed fell to 60% of the speed of the same stroke with the swimming wear on. Crawl stroke was most remarkably affected by clothes. That was caused by the declination of both frequency of strokes and stride of strokes.

② Back stroke was affected by clothes to a great extent. With clothes on, the swimming speed fell to 52% of the speed of the same stroke with a swimming wear on. In this case, the decrease of swimming speed was also caused by the declination of both frequency of strokes and stride of strokes.

③ Breast stroke with clothes on was least affected among 3 swimming strokes. In the frequency of strokes, there was no difference between clothes and swimming wear on. Swimming speed of clothes declined for the declination of stride of strokes.

④ Heart rate registered around 160 beats/min both in the case of swimming with clothes on and in the case of swimming with a swimming wear on. No major difference was noticed.

⑤ Breast stroke was the one whose swimming speed was least affected by clothes and among the 3 swimming strokes it gave swimmers the fastest swimming speed with clothes on. Breast stroke also let swimmers have a better and wide view. Based on above results, it was concluded that breast stroke was the best swimming stroke in the case of swimming with clothes on.

I 研究目的

警察庁の統計によると、水難事故による死者及び行方不明者の年間の数は1980年代の前半は約2,000名であり、1990年以降では約1,400名に達している。このような水難の犠牲者の中で特に注目すべきは、人工的なプールでの死者は極めて少なく、むしろ海や湖沼、河川といった大自然の中での事故が全体の約80%を占

めていることである³⁾。これらの事故の場合、衣服や靴を身につけていたために、水中での運動が制限され、泳ぐことが困難になり、泳力のあるものでさえ犠牲者となってしまうケースもある。このようなことから、突発的に水中に落ちた時の心構えと対応能力を養うために、衣服をつけて泳ぐ着衣泳が学校などで注目されてきている。

着衣泳に関しては、3.1kgの軍服と11.9kgの軍用

装備品を身につけて平泳を泳がせた1960年のAndersen¹⁾の実験では、水着で泳いだ時より軍服と装備品を身につけて泳いだ時の方が酸素摂取量で1~1.5L/分多かったと報告されている。日本においては、樺本と坂本²⁾によって着衣と水着による10分間泳が比較されている。その結果、ジャージ上下と運動靴を付けて泳ぐと泳距離が89.8m減少し、Tシャツだけの軽装でも30mから80m泳距離が減少した。心拍数は、水着泳の方が着衣泳より高かった。

このように、これまでの研究では成人を被検者として長い距離を単一の泳法で泳がせて、どの泳法が着衣に適しているかが検討されている。しかし、先の警察庁の統計では、児童・生徒の水難事故で、比較的短い距離を泳げれば助かる例も少なくない。そこで本研究では児童を対象に、短い距離を3つの泳法で泳がせ、物理的運動強度と生理的運動強度の観点から着衣泳と水着泳の運動強度を比較することにより、どの泳法が着衣泳に適しているかを明らかにすることを目的とした。

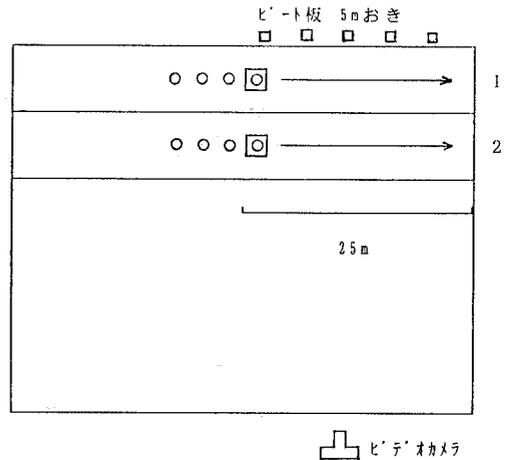


図1 ビデオカメラによる物理的運動強度の測定概要図

表1 被検者の身体特性と水泳記録

氏名	性	年齢 (歳)	身長 (cm)	体重 (kg)	水着での25mの水泳記録(分:秒)			着衣での25mの水泳記録(分:秒)		
					クロール	背泳	平泳	クロール	背泳	平泳
K・Y	男	9	133.0	26.5	38	44	38	1:44	1:50	50
K・Z	男	8	129.0	29.0	31	50	43	1:14 (18)	1:56 (13)	52 (17)
W・S	男	8	132.3	29.0	27	33	33	1:06	1:12	48
S・T	男	9	131.0	29.0	21	30	32	1:00	1:09 (12)	47
Y・Z	男	9	144.3	39.5	34	51	47	1:42	1:59 (14)	1:10
N・Y	男	11	136.0	31.0	40	1:01	52	1:31 (16)	1:51 (7)	1:10
S・T	男	10	142.0	29.0	29	48	50	1:07 (7)	1:30 (9)	1:13
H・S	男	10	136.4	36.0	26	50	1:03	56 (5)	1:20 (11)	1:20
x		9.3	135.5	31.1	30.7	45.9	44.8	1:17	1:35	1:01
σ		0.97	4.99	4.0	5.9	9.5	9.8	17.7	19.2	12.4
S・U	女	9	127.7	27.0	40	59	54	1:22 (14)	1:40 (15)	1:12
K・K	女	10	136.6	28.0	50	54	55	1:46 (5)	1:48 (5)	1:13
x		9.5	132.2	27.5	45.0	56.5	54.5	1:34	1:44	1:12
X		9.3	134.8	30.4	33.6	48.0	46.7	1:21	1:37	1:04
SD		0.9	5.07	3.9	8.1	9.5	9.5	17.9	17.5	11.9

注：()内の数値は着衣泳において最初に立ち止まった距離で、単位はmである。

II. 研究方法

1. 被検者

小学校2年生から5年生の男女61名を対象とした1994年H大学子ども水泳教室の受講生の中からクロール、背泳及び平泳で25mを完泳できる児童10名を被検者として用いた。彼らの年齢、身長、体重及び25mの水泳記録を表1に示した。

2. 実験手順

泳法としてクロール、平泳、背泳の3泳法を用い、この順序でまず水着を付けて試行した。この後、着衣の条件で同じ順序で試行し、合計6回25mを泳がせた。努力感は全力とし、試行間の休憩時間は約10分であった。着衣の条件として、上半身にはTシャツの上に長袖のジャージかトレーナーを着させ、下半身には長いジャージと運動靴をはかせた。

3. 測定項目と測定方法

1) 物理的運動強度

図1に示すように、泳距離、泳時間、泳速度、ストローク頻度及びストローク長を求めるため、試行の全過程をVTRで撮影した。各被検者には色違いの水泳帽子を被せ、個々人の動きが弁別できるようにした。そして途中で立ち止まった場合の泳距離を測るため、プールサイドに5m間隔にビート板を置いた。試行はプールの1コースと2コースを使い、二人ずつ同時に

出発した。被検者の泳距離、泳時間及びストローク頻度はVTRの再生画面から測定した。ストローク長は泳距離をストローク頻度で徐すことにより求めた。

2) 生理的運動強度

生理的運動強度を心拍数から求めるため、VINE社製 Portable Heart Rate Memory を被検者に装着させ、10秒毎の心電信号(R波)を胸部双極誘導法で導出した。

III. 結果

1. 物理的運動強度

1) 水着泳と着衣泳の泳速度の比較

図2は、水着泳と着衣泳における泳速度を比較したものである。クロールの場合、水着泳が0.79m/秒、着衣泳が0.32m/秒であり、着衣泳の方が水着泳より60%低かった ($p < 0.01$)。背泳の場合、水着泳が0.54m/秒、着衣泳が0.26m/秒であり、水着泳より着衣泳の方が52%低かった ($p < 0.01$)。平泳の場合も、水着泳が0.56m/秒、着衣泳が0.42m/秒であり、着衣泳の方が水着泳より25%低かった ($p < 0.01$)。このように、いずれの泳法でも水着泳に比べて着衣泳で泳速が低かった。

泳法間で比較すると、水着泳の場合クロールが最も速く、次いで平泳、背泳の順であった。しかし、着衣泳では平泳が最も速く、次いでクロール、背泳の順となった。さらに、着衣泳において25mを泳ぎきれな

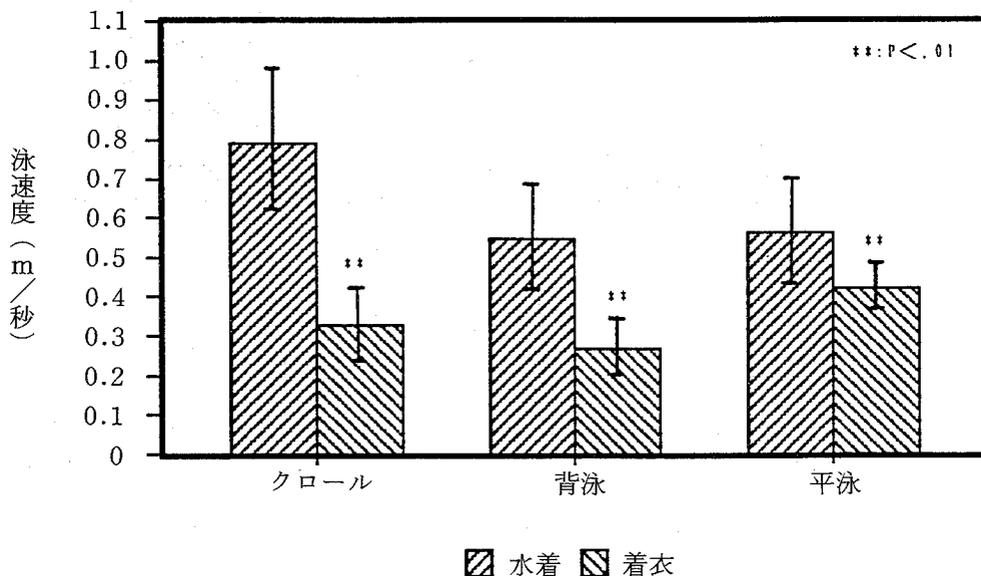


図2 水着泳と着衣泳における泳速度の比較

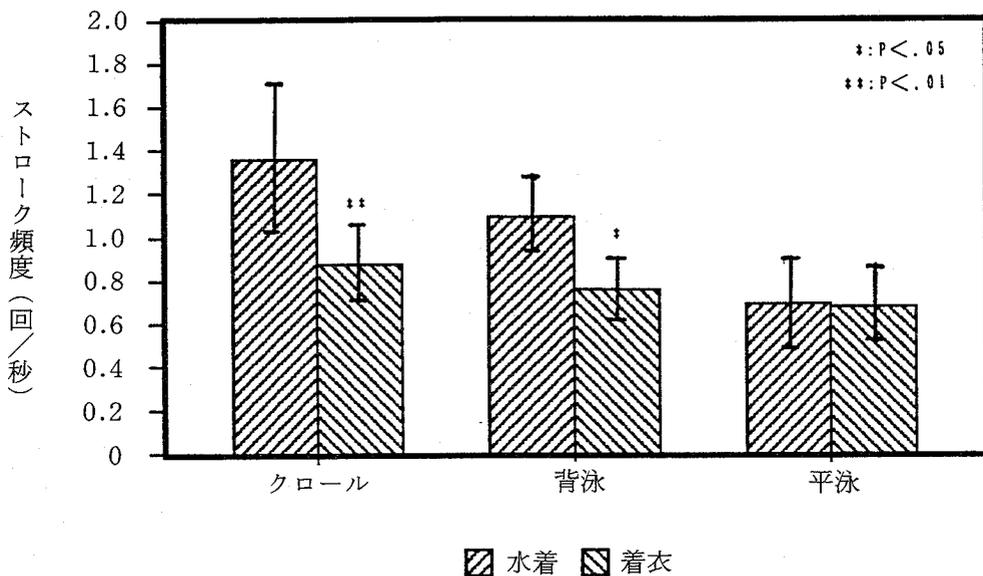


図3 水着泳と着衣泳におけるストローク頻度の比較

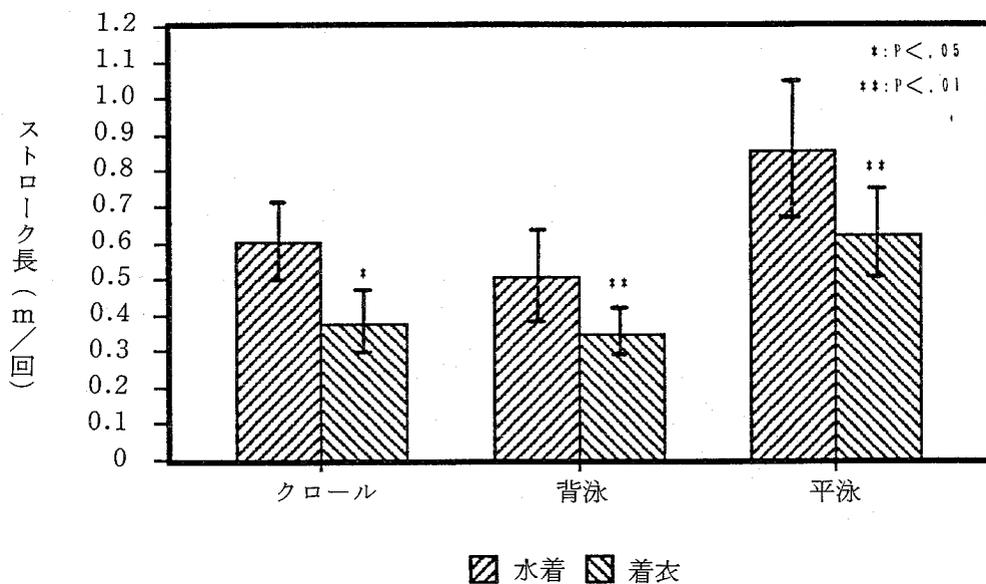


図4 水着泳と着衣泳におけるストローク長の比較

いで立ち止まってしまった者は、表1に示したように、背泳で最も多く10名中8名であった。この場合、立ち止まった距離を平均すると(25mを泳ぎきった場合には25mとして計算)、13.6mであった。クロールでは10名中6名が25mを泳ぎきれないで、平均距離は16.5mであった。平泳では25mを泳ぎきれなかったのは1名だけであり、平均距離も24.2mと最も長かった。

2) 水着泳と着衣泳のストローク頻度の比較

図3は、水着泳と着衣泳におけるストローク頻度を比較したものである。クロールの場合、水着泳で1.35回/秒、着衣泳で0.88回/秒であり、水着泳より着衣泳の方が35%低かった ($p < 0.01$)。背泳の場合、水着泳が1.09回/秒、着衣泳が0.76回/秒であり、着衣泳の方が水着泳より30%低かった ($p < 0.05$)。

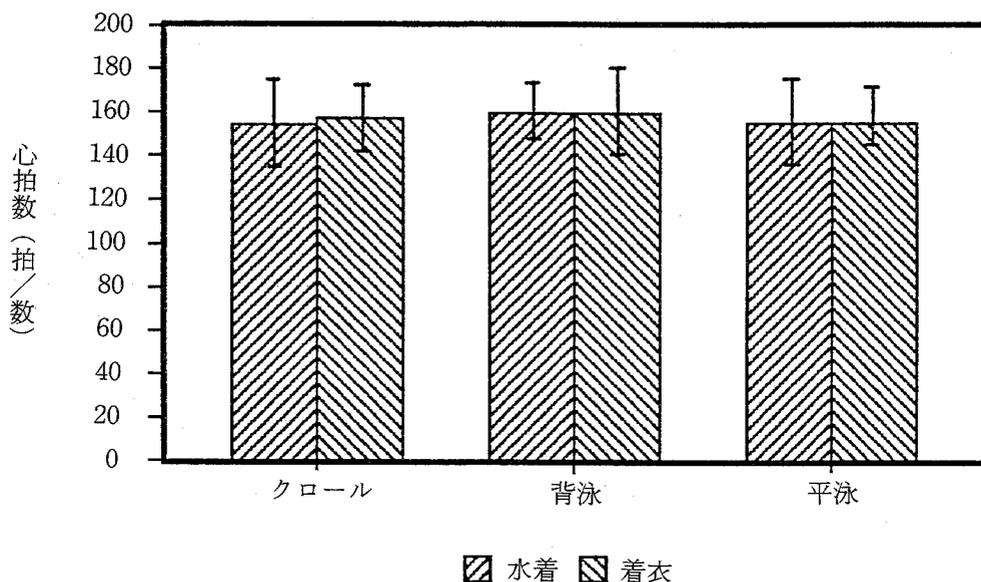


図5 水着泳と着衣泳における心拍数の比較

平泳の場合は水着泳が0.69回/秒、着衣泳が0.67回/秒であり、ほとんど差が見られなかった。

3) 水着泳と着衣泳のストローク長の比較

図4は、水着泳と着衣泳におけるストローク長を比較したものである。クロールの場合、水着泳で0.60m/回、着衣泳で0.37m/回であり、水着泳より着衣泳の方が38%低かった ($p < 0.05$)。背泳の場合、水着泳で0.50m/回、着衣泳で0.34m/回であり、着衣泳の方が水着泳より32%低かった ($p < 0.01$)。平泳の場合も水着泳が0.85m/回、着衣泳が0.61m/回であり、着衣泳の方が水着泳より28%低かった ($p < 0.01$)。

2. 生理的運動強度

1) 水着泳と着衣泳の心拍数の比較

図5は、水着泳と着衣泳の心拍数を比較したものである。クロールの場合、水着泳が154.4拍/分、着衣泳が157.3拍/分であり、両者の間に有意な差は見られなかった。背泳の場合も水着泳が159.4拍/分、着衣泳が154.8拍/分であり、有意な差が見られなかった。平泳の場合も、水着泳が155.3拍/分、着衣泳が159.6拍/分であり、有意な差が見られなかった。

IV. 考 察

1. 着衣泳と水着泳の物理的運動強度について

本研究においてクロールは水着の場合3泳法中最も

速い泳速を示した。しかし、着衣の影響を最も顕著に受け、着衣泳の泳速は水着泳の60%に激減した。また着衣では10名中6名が25mを泳ぎきることができなかった。野村と荒木のクロールの研究²⁾でも着衣泳の泳速は水着泳の50%に低下していることから、クロールは着衣の影響を最も顕著に受けやすい泳法であるといえよう。

背泳も着衣に大きく影響され、泳速は50%低下した。しかも、25mを泳ぎきった者はわずかに1名であった。これは、水着での水泳記録において背泳が3泳法中最も低かったことが示すように、本研究の被検者が背泳に十分習熟していなかったことも関係したと考えられる。

平泳は着衣泳において3泳法の中で最も速かった。しかも、9名が25mを泳ぎきったことから、平泳は3泳法中で着衣の影響が最も少ないことが解る。

泳速はストローク長とストローク頻度の積で示される。クロールと背泳の場合、ストローク頻度及びストローク長双方の低下の影響を受けて着衣泳の泳速が低下した。クロールと背泳ではリカバリーの時に腕を水面上に持ち上げねばならない。着衣泳ではこの時水を含んだ袖が肩やひじに重くのしかかり、腕に絡まって動作が制限される。このことが着衣泳のストローク頻度を低下させたと考えられる。着衣泳におけるストローク長の低下については、水中で衣服がふくらんで抵抗が増加したことや、靴・長ズボンによって、足首及び膝の可動範囲が制限されるためだと考えられる。²⁾

なお、背泳では、クロールほど泳速度が低下しなかったが、このことは、背泳では常に顔を水面上に出しているため、クロールほど呼吸に要する動作が少ないためだと推察される。

一方、平泳の場合は、ストローク頻度には水着泳と着衣泳の間に差がなく、ストローク長のみが低下して着衣泳の泳速が低下した。平泳ではリカバリーで腕を水面上に持ち上げない。このことがストローク頻度に差を生じさせなかったと考えられる。平泳のキック動作において長スボンと靴を履いていると、足を股部に引き寄せるときに動作が制限され、水着の場合より引き寄せにくい。しかし、靴を履いていても足首の動作範囲は大きく、靴は泳ぎに与える影響が少ない⁹⁾。平泳では泳速度の低下がクロール・背泳と比べ、著しく少なかったが、このことは、リカバリーで腕を持ち上げる必要がなく、また、推進力の多くを生み出すキック動作がクロール・背泳より制限されなかったためだと考えられる。本研究の場合、クロール及び背泳では、主にストローク長が泳速度に影響を及ぼすとした野村らの報告⁷⁾とは異なったものの、着衣によってピッチ泳法やグライド泳法といった泳ぎの個性が失われるとした野村の報告⁷⁾と同様の傾向が見られた。

2. 着衣泳と水着泳の生理的運動強度について

本研究における生理的運動強度としての心拍数は160拍/分前後であり、クロール、背泳、平泳の3泳法間でも、着衣泳と水着泳の間でも差がなかった。このことから、本研究の被検者は水着泳、着衣泳とも指示通りに全力で泳いだものと推察される。したがって、水着泳と着衣泳の泳速に生じた差は生理的側面に生じた差ではなく、ストローク効率に生じた差によるものといえよう。

池上ら⁹⁾の式を用いて本研究の被検者の年齢から最高心拍数を推定すると210拍/分になる。これと比較すると本研究の160拍/分の心拍数は50拍/分低い。水泳時の最高心拍数は陸上運動時のそれと比較して20拍/分低いとする黒川らの報告⁶⁾で補正しても本研究の心拍数は最高心拍数に達していない。本研究の運動時間は水着泳で21~60秒、着衣泳で47~119秒であった。呼吸循環系が最高水準に達するには5分必要であるとされている⁹⁾。このことから、本研究の心拍数が最高水準に到達しなかったのは運動時間が短かったためであると考えられる。

成人を対象にした樺本と坂本の報告⁹⁾によると心拍数は水着泳で155拍/分、着衣泳で142拍/分である。これは10分間泳中の心拍数なので、最高心拍数に到達するのに必要な時間的条件は満たしている。着衣泳の

心拍数が低かった原因としては、着衣の影響で速い運動ができず、そのために心拍数が上がらなかったと考察されている。

3. 着衣泳に適した泳法について

本研究において着衣による泳速の低下が最も少なく、3泳法中最も速かった泳法は平泳であった。樺本と坂本⁹⁾が実施したアンケート調査でも、着衣泳としては、平泳がクロールより適していると思う者が多かった。平泳は頭部が常に水面上にあって、目標物を見失うことがないことも考慮すると、着衣泳に最も適した泳法としては平泳が推薦されよう。

背泳とクロールは着衣によって泳速が激減した。さらに進行方向への視覚が確保されない泳法である。これらのことを考慮すると、水難事故のような危機的場面には適した泳法といえないであろう。

V. 要 約

児童の水辺事故防止の観点から着衣泳と水着泳の関係を検討するために、子供水泳教室に参加した児童61名の中から10名を選出し、着衣が泳動作に及ぼす影響を、物理的運動強度（泳速度・ストローク頻度・ストローク長）と生理的運動強度（心拍数）の観点から検討した。その結果、次のような結論を得た。

- 1) クロールは水着では3泳法中最も速い泳速を示した。しかし、着衣泳では水着泳の60%に泳速が激減し、着衣の影響を最も顕著に受けやすい泳法であった。これは、ストローク頻度及びストローク長の双方が着衣泳で低下したためであった。
- 2) 背泳も着衣に大きく影響され、着衣泳の泳速は水着泳の52%に低下した。ここでも、ストローク頻度及びストローク長双方の低下の影響を受けた。
- 3) 平泳は着衣泳において3泳法中最も速く、着衣の影響が最も少なかった。平泳の場合には、ストローク長のみが低下して着衣泳の泳速が低下した。
- 4) 生理的運動強度としての心拍数は160拍/分前後であり、泳法間及び着衣泳と水着泳の間に差はなかった。
- 5) 着衣による泳速の低下が最も少なく、3泳法中最も速かった泳法は平泳であった。平泳は視覚も確保されるので着衣泳には一番適した泳法であると結論した。

〈引用文献〉

- 1) Andersen, M. J. "Energy cost of swimming" *Acta Chir. Scand.*, Suppl. 253, 1960, pp.169-174.
- 2) 荒木昭好, 野村照夫ほか『河川親水化と水辺事故防止調査研究報告-ウォーター・セーフティのための着衣泳-』(財)リバーフロント整備センター, 1992, pp.112-118.
- 3) 荒木昭好, 佐野裕『はじめての着衣泳-服を着たまま泳ぐサバイバル・テクニク-』山海堂, 1993, p.8
- 4) Astrand, P.-O. and K. Rodahl, *Textbook of work Physiology*, McGraw-Hill, 1976, p.286.
- 5) 池上晴夫『運動処方-理論と実際-』朝倉書店, 1992, p.178.
- 6) 黒川隆志「水泳, ランニングおよびベダリングにおける水泳選手の呼吸循環系の反応」『体力科学』第33巻第3号, 1984, pp.157-170.
- 7) 野村照夫「着衣泳に関する実験的研究」『水泳指導法研究』1990, pp.1-6.
- 8) 野村照夫, 荒木昭好ほか「クロール泳動作に見られる着衣の影響」『日本体育学会第42回大会号』1992, p.926.
- 9) 椿本昇三, 坂本昭裕ほか「着衣に関する研究-10分間泳における着衣と水着の泳距離比較」『日本体育学会第42回大会号』1992, p.927.