

## カヌー競技選手の最大酸素摂取量の検討

阿部茂明\*・祝孝治\*・上野優子\*\*

(昭和 61 年 6 月 2 日受付, 昭和 61 年 7 月 17 日受理)

### A Study of the Maximal Oxygen Uptake on the Canoe Athletes

Shigeaki ABE, Takaharu IWAI, and Yuko UENO

In order to examine the levels of the aerobic capacities on the top canoe athletes, the maximal oxygen uptake was measured on the treadmill. Also, all subjects paddled the machine devised to simulate the the actual paddling action (compute Row) to estimate the oxygen uptake during the competition. Nine male and five female Kayak paddlers and the seven Canadian paddlers volunteered as subjects in this study.

It was obtained as a result that the average maximal oxygen uptake of male Kayak paddlers in this study was 66.2 ml/kg·min and corresponded to the value of the international top-ranking paddlers from Sweden (Saltin and Åstrand). On the other hand, the maximal oxygen uptake of Canadian paddlers was 69.0 ml/kg·min and higher than that of the kayak paddlers.

During the simulation, the maximal heart rate was 176.3 beats/min. This was equivalent to 94.5% of the maximal work intensity during the treadmill running. Also, the mean oxygen uptake then was 43.3 ml/kg·min and equivalent to 62.3% of the maximal oxygen uptake on the treadmill. It was interesting to note that the maximal oxygen uptake of the top canoe athletes in this study was on the same level with that of the international leading paddlers 20 years ago.

#### 目 的

我が国のカヌー選手のトップレベルは、1分50秒間の短距離競漕から50分間の長距離競漕の種目で競技が行われている。このような時間の全身全力運動として陸上競技種目と比べると800m競走から20km競走に相当する。これを有酸素運動という観点からみると、短距離競漕では運動中酸素需要量の50%をとり込み、そして運動後にその50%をとり込む運動強度といえよう。このことは約50%ずつの有酸素性と無酸素性の能力を必要とするといえようし、もちろん、長距離競漕は全くの有酸素性運動といえることができる。

筆者らは、カヌー競技選手のトップクラスの有酸素性能力の水準をとらえるために、最大酸素摂取量を測定することにした。また、これと競技中の強度を酸素摂取量から推定するために、競技を模擬化した全身運動を測定することにした。こうすることにより、国内のトップクラスにあるカヌー競技選手の競技力向上の手掛かりを求

めようとするのが、この研究のねらいである。

#### 方 法

目的にもとづいて2つの実験を行った。ひとつは、最大酸素摂取量の測定である。課した運動は、5度の上り勾配をつけたトレッドミル走である。予備テストとして、男子1,500m、女子1,000mのグランド走を行わせ、この記録によるトレッドミル走の予備実験による走運動の心拍数の推移からそれぞれの被検者のトレッドミル走の開始速度を決定した。男子では140m/分から160m/分の10m/分おきの6段階、女子では130m/分から160m/分の4段階に区分した。

それぞれの被検者は、決定された速度で2分間、そして10m/分を1分毎に速度を段階的に上昇させ疲労困憊に至るまで続行した。運動中4分間を経過したところから疲労困憊まで、1分間毎に呼気ガスをダグラスバッグに採気した。これと同時にテレメーター（日本光電工業

\* 体育研究所, \*\* 大学院方法学

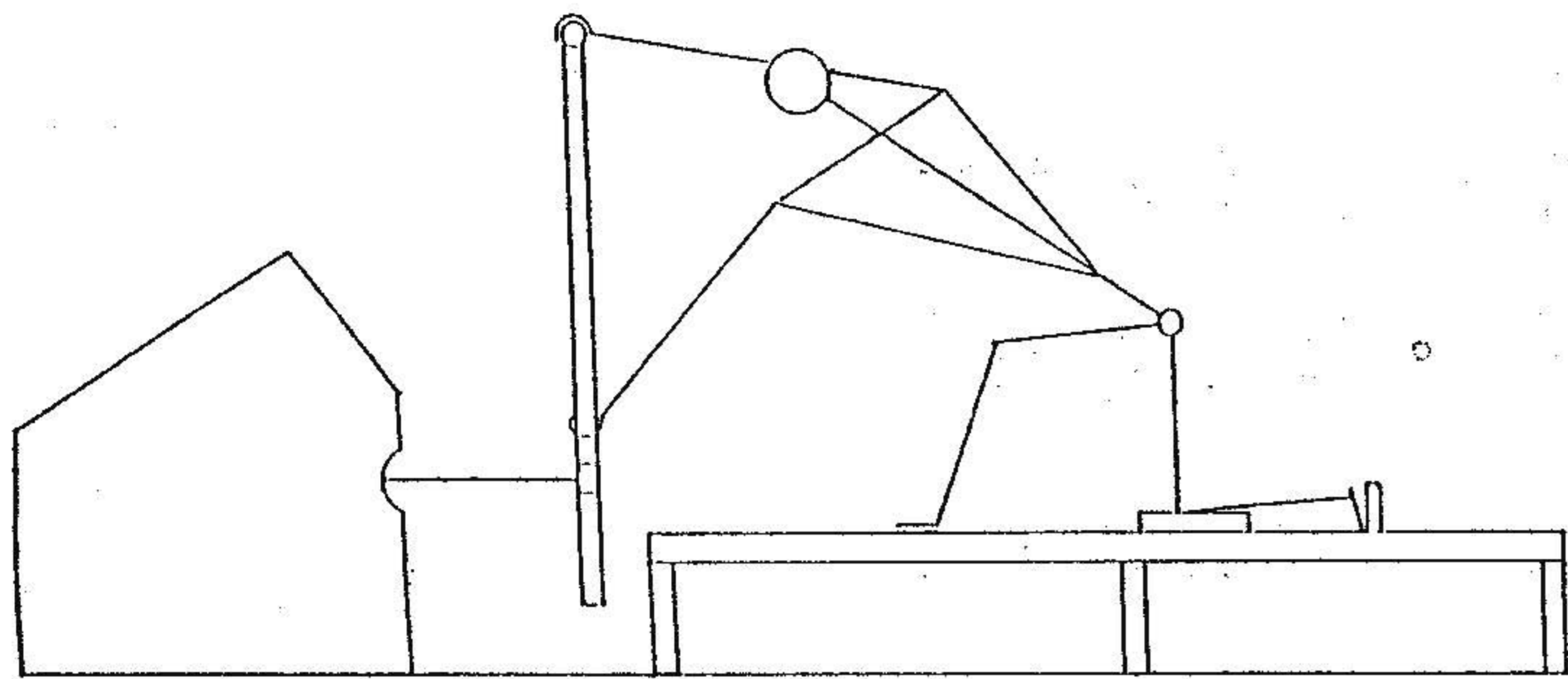


図 1. コンピューター・ローによる牽引の模擬図

製)を用い、心電図R波を記録し、心拍数を数えた。

採集された呼気ガスは、湿式ガスメーターでガス量を測定し、各バック毎の標本ガスはガス分析器(三栄測器社製 1H21)によって酸素濃度( $F_{E_{O_2}}$ )と炭酸ガス濃度( $F_{E_{CO_2}}$ )が決定された。

測定の対象となった被検者は、カヤック選手14名(男子9名, 女子5名)とカナディアン選手の7名(男子), 合計21名である。いずれも本学カヌー選手であるが、カヤック選手3名, カナディアン選手の1名は、昭和60年度ナショナルチームのメンバーであり、全日本学生カヌー選手権大会において6年連続6回目の優勝を成り得たメンバーの大半でもある。したがって、日本のカヌー選手のトップクラスにいる被検者といえる。

一方、第2実験は、以下のように行われた。コンピューター・ロー(ソニー企業製, 図1)のハンドルをカナディアンパドルに近似させて鉄製パイプにかえた。また、スライディングする台座をはずし、自作のカナディアン漕用装具の台を装着した。運動強度は、コンピューター・ローのストローク抵抗を目盛り1にセットし、各選手の競技中に用いられるピッチに近似させて疲労困憊まで繰

り返し牽引させた。運動中の呼気ガスは、ダグラスバッグに採気し、運動開始時から30秒毎にバックを変え、連続的に採集していった。また、心拍数も第1実験と同様に決定された。酸素及び炭酸ガスの呼気ガス濃度および換気量は、第1実験と同一の手続きによった。被検者は、男子カナディアン選手7名である。

## 結 果

男子カヤック選手の年齢、身長、体重と実験条件および疲労困憊時の換気量、心拍数、最大酸素摂取量( $l/min$ ,  $ml/kg \cdot min$ )は表1にまとめられている。表2は、カナディアン選手についてのものであり、表3は、女子選手のものである。

男子カヤック選手の結果をみると、心拍数の大きさからいって最大酸素摂取量があらわれたと推定してよからう。そこで、最大酸素摂取量をみると平均値で66.2  $ml/kg \cdot min$ であり、これまでの日本選手の測定値である59.9  $ml/kg \cdot min$  (1973)を上回っていることがみられる。その中でも一番大きな値を示した選手は、Y.SとK.Sであり70.6  $ml/kg \cdot min$ という数値を示している。これは国際的トップレベルにあったスウェーデン選手のそれに相当するものである。また、最小値を示したY.Yにおいても58.7  $ml/kg \cdot min$ を示し、1973年の世界選手権大会に出場した我が国のトップレベルの選手のそれ相当を示している。

今回測定されたカナディアン選手たちの最大酸素摂取量の測定は、カヤック選手たちのそれを上回る。すなわち、平均値で69.0  $ml/kg \cdot min$ であり、最大値を示したE.K選手は73.0  $ml/kg \cdot min$ を示している。一方、最小

表 1. 男子カヤック選手のプロフィールと最大酸素摂取量及び実験結果

被検者	年齢 (yrs)	身長 (cm)	体重 (kg)	スタート時の 速度 (m/min)	ランニング 持続時間	換気量 ( $l/min$ )	心拍数 (beats/min)	最大酸素摂取量	
								( $l/min$ )	( $ml/kg \cdot min$ )
S.N*	21	175.1	69.0	160	8'00"	116.7	183	4.43	64.2
H.N*	20	171.0	78.0	160	9'32"	145.8	196	5.33	68.3
F.K*	20	180.0	72.5	180	7'00"	130.4	201	4.70	64.8
Y.F	20	169.3	70.0	180	8'00"	121.2	208	4.54	64.9
Y.Y	20	179.0	73.5	170	7'32"	114.5	188	4.32	58.7
Y.K	20	164.0	62.5	180	8'00"	108.8	192	4.10	65.7
Y.S	19	167.0	61.0	190	7'30"	116.2	205	4.31	70.6
K.S	19	162.6	61.5	170	8'10"	98.9		4.34	70.6
K.K	19	172.5	62.5	180	9'10"	109.5		4.27	68.3
平均	19.8	169.2	67.8			118.0	196.1	4.48	66.2
S.D		7.49	6.19			13.58	9.12	0.36	3.74

\* 印は 60 年度ナショナルチームメンバー

表 2. カナディアン選手のプロフィールと最大酸素摂取量及び実験結果

被検者	年齢 (yrs)	身長 (cm)	体重 (kg)	スタート時の 速度 (m/min)	ランニング 持続時間	換気量 (l/min)	心拍数 (beats/min)	最大酸素摂取量	
								(l/min)	(ml/kg·min)
A.B	21	171.0	69.0	170	8'25''	110.3	186	4.94	71.7
T.O	21	173.5	72.0	170	7'15''	104.3	184	4.85	67.4
H.I*	20	170.3	69.8	180	7'00''	94.6	192	4.76	68.5
A.S	20	167.7	63.0	160	8'12''	104.7	188	4.51	71.6
M.E	20	174.0	73.0	160	7'00''	102.8	190	4.64	63.5
M.M	19	173.2	70.0	169	7'09''	109.0	183	4.69	67.1
E.K	19	168.0	61.5	170	8'05''	107.2	183	4.49	73.0
平均	20.0	171.1	68.3			104.7	186.6	4.70	69.0
S.D		2.59	4.39			5.19	3.55	0.17	3.33

\* 印は 60 年度ナショナルチームメンバー

表 3. 女子カヤック選手のプロフィールと最大酸素摂取量及び実験結果

被検者	年齢 (yrs)	身長 (cm)	体重 (kg)	スタート時の 速度 (m/min)	ランニング 持続時間	換気量 (l/min)	心拍数 (beats/min)	最大酸素摂取量	
								(l/min)	(ml/kg·min)
M.S	22	149.0	45.0	130	7'06''	52.7	192	2.46	54.6
N.S	21	168.0	63.0	160	6'05''	61.2	179	3.03	48.1
T.T	20	155.0	50.0	150	5'08''	41.6	179	2.12	42.3
H.I	19	164.0	63.0	130	5'16''	51.0	167	2.55	40.4
T.A	19	164.3	63.0	150	6'00''	66.1	196	2.81	44.7
平均	20.2	160.1	56.8			54.5	182.6	2.59	46.0
S.D		7.82	8.67			9.50	11.59	0.35	5.59

表 4. 模擬漕運動中の心拍数と酸素摂取量

被検者	平均ピッチ (回/min)	オールアウト タイム	心拍数 (beats/min)	酸素摂取量	
				(l/min)	(ml/kg·min)
A.B	41.4	3'30''	175	3.04	44.1
T.O	35.5	3'45''	166	2.78	38.6
H.I	42.1	2'48''	177	3.12	44.7
A.S	29.4	1'34''	174	2.62	41.6
M.E	38.8	2'10''	196	3.11	42.6
M.M	32.6	1'56''	170	3.27	46.7
E.K	42.0	2'00''		2.76	44.8
平均			176.3	2.96	43.3
S.D			10.41	0.24	2.64

値でさえ M.E 選手の 62.5 ml/kg·分である。

女子選手の最大酸素摂取量の測定値は、46.0 ml/kg·分であり、世界選手権大会 (1973) に出場した女子 3 名の平均値の 48.2 ml/kg·分よりもやや劣るといえるところである。しかし、今回の被検者の中には、54.6 ml/kg·分 (N.S 選手) の 1 名がいる。これを除いた平均値は 43.9 ml/kg·分となることから差がみられるといえよう。

ところで本学選手の最大値は、前報告値を上回るわけであるが、我が国のトップレベル選手としての 1 名だけの報告値 (1968) は、57.9 ml/kg·分を示すのである。

第 2 実験の模擬漕運動中の強度をみた結果が、表 4 にあらわされている。この測定に参加した被検者は、第 1 実験に参加したカナディアン選手 7 名である。各被検者毎の平均ピッチをみると 29.4 回/分から 42.1 回/分の

範囲である。これは競漕中のピッチが、50回/分から60回/分であることをみれば牽引力としてあらわれる運動強度が強すぎると推定される。それにしてもオールアウト時間が、1分34秒から3分45秒までの範囲にあることは、500mカナディアン<sup>5)</sup>の記録が約2分であるところから、それ相当とみてよいであろう。

心拍数は、平均値が176.3拍/分である。これは最大酸素摂取量測定時の心拍数を最大心拍数として比較すると、94.5%の強度水準にあるということが出来る。また、模擬漕運動時の酸素摂取量は、38.6ml/kg・分から46.7ml/kg・分の範囲にあり、平均値で43.3ml/kg・分を示している。これを最大酸素摂取量と比較すると62.3%ということになる。

## 考 察

我が国におけるカヌー選手の体力測定は、1961年秋に行われたものが最初である<sup>1)</sup>。この測定は、東京オリンピック大会(1964)に向けて日本のスポーツ界が、国際的水準を問うという情勢の中で行われている。測定項目は、背筋力、上腕屈筋力、握力、脚力、肺活量、運動後息こらえ、安静時心拍数、HST、長座体前屈、バービーテスト、体重、身長<sup>2)</sup>の12項目であり、現在の体力テストからみれば、一般人の体力テスト項目とあまり変わらないといえる。

1963年になるとカヌー競技のための体力測定項目がまず整理された<sup>2)</sup>。測定項目は、当時の体力分類にしたがって形態と機能に分類し、前者は身長、体重、胸囲、座高、上腕囲(伸展囲、屈曲囲)、前腕囲、大腿囲、腹部皮脂厚であった。これらは、形態の発達面を全身のバランスに留意し他競技種目選手との比較が意図されたという。機能面では握力、腕力、背筋力、立位牽引力、座位牽引力、筋持久力という筋機能、呼吸循環機能として、安静時最大換気量、安静時心拍数そしてHSTであった。このように機能面ではカヌー競技の特性をとらえる項目を考慮したことがうかがえる。この仕事と同時に、カヌー選手としてのトレーニング到達目標ともいべき体力基準が改正されている。

東京オリンピック・スポーツ科学研究報告書(1965年)のカヌー競技の項の文章は「世界の強豪にうちかつためには、研究管理も大切であるが、まずカヌー競技を普及させ、その人口を多くすることと、その中から一人の英雄を出すことである。」<sup>3)</sup>と結ばれている。

山地<sup>4)</sup>(1985)は、最大酸素摂取量を定期的に測定することによって、個人の全身持久性能力の推移やトレー

ニングによる持久性能力の発達の状態を知ることが可能であると述べている。そして、最大酸素摂取量はその人の筋量にほぼ比例するという論点を引用からとらえている。文献研究によるカヌー選手の最大酸素摂取量の報告は、SaltinとÅstrand<sup>5)</sup>(1967)にみられ、その値は5.1l/分(69.2ml/kg・分)でありスウェーデン選手4名の平均値がある。また、Hollmann W.とH. Heck<sup>6)</sup>(1971)は、西ドイツの選手の値として約75ml/kg・分であると報告している。両国の競技力は国際的に高い水準にあり、1972年のミュンヘンオリンピック大会の1,000m競漕で、我が国選手との差は20秒以上も開いている。女子選手の最大酸素摂取量は、カナダのスラロームの選手についてのSidneyとShephard<sup>7)</sup>(1973)の報告がみられる。これによると2.80l/分(49.2ml/kg・分)である。

日本人一流選手についての最大酸素摂取量の測定は、東京ユニバーシアード大会の頃より行われてきたが、カヌー選手についての報告は日本体育協会スポーツ科学研究報告書<sup>8)</sup>(1973)にみられる。これによると、カヌー競技の一種目であるカヤック(Kayak以下Kと略す)種目の男子5名の平均値は、3.88l/分(59.9ml/kg・分)であり、女子(以下FKと略す)の平均値は2.82l/分(50.6ml/kg・分)である。一方、もう一種目のカナディアン(Canadian以下Cと略す)種目では、男子3名の平均値が4.40l/分(61.5ml/kg・分)と報告されている。

競技種目はKとC兩種目とも、国際大会では500m、1,000m、10,000m競漕であり、FKは500m競漕のみである。それぞれの種目には、1人乗りと2人乗りの他、K、FKには4人乗りがある。これらの所要時間をみてみると、国際大会ではK-1(1人乗り、以下数字は乗艇人数を示す)500mは、約1分45秒、K-2は約1分34秒、K-4は約1分25秒というように、約1分30秒間の競漕となっている。これを1,000m競漕でみると約3分30秒(K-1約3分40秒、K-2約3分23秒、K-4約3分)である。10,000m競漕は約40分間(K-1約44分、K-2約40分、K-4約35分)である。C種目の500m競漕は、約1分45秒(C-1、1分53秒、C-2、1分43秒)であり、1,000m競漕は約4分(C-1、4分4秒、C-2、3分37秒)である。一方、女子(FK)は、世界のトップレベルで約1分45秒(FK-1、2分5秒、FK-2、1分46秒、FK-4、1分36秒)である。

これらを日本選手の水準でみると、昭和60年度全日本選手権大会において、K・500mは約1分50秒(K-1、1分55秒、K-2、1分48秒、K-4、1分38秒)、K・

表 5. カヌー選手の最大酸素摂取量

種目	人数	国名	最大酸素摂取量		測定方法	著者名	
			l/分	ml/kg・分			
男子	MK	4	スウェーデン	5.1	69.2	T	Saltin と Åstrand (1976)
	MK	5	西ドイツ		約 75	T	Hollman と Heck (1972)
	MK	5	日本	3.88	59.9	T	黒田ら (1973)
	C	3	日本	4.40	61.5	T	黒田ら (1973)
	MK	11	イタリア	3.63	45.40	B	Dalmente と Leonardi (1976)
女子	MK	4	日本	2.93	44.27	B	井上ら (1977)
	FK-S	2	カナダ	2.80	49.2	T	Silmonte と Shephard (1973)
	FK	4	日本	2.82	50.6	T	黒田ら (1973)
	FK	2	日本	2.33	37.95	B	井上ら (1977)

但し、K: カヤック, C: カナディアン, S: スラローム, T: トレッドミル, B: 自転車エルゴメーター

1,000 m は約 3 分 45 秒 (K-1, 4 分 4 秒, K-2, 3 分 47 秒, K-4, 3 分 40 秒) である。また, K・10,000 m では, K-1, 48 分 35 秒, K-2, 44 分 25 秒である。C・500 m となると, 約 2 分 (C-1, 2 分 5 秒, C-2, 1 分 52 秒) である。この C・1,000 m は約 4 分 10 秒 (C-1, 4 分 14 秒, C-2, 4 分) である。C・10,000 m は 50 分間競漕 (C-1, 49 分 53 秒, C-2, 46 分 49 秒) といえるであろう。

### 1. 本学カヌー選手の有酸素性能力

表 5 は国内外のカヌー選手の最大酸素摂取量についての報告値をまとめたものである。

ところで, 国際的選手のトップレベルとして報告された数値でスウェーデン選手については 1967 年のものであり, 更に考えておかなければならないことは, 最大酸素摂取量の測定方法が, トレッドミルによる走運動で行われたか, 自転車エルゴメーターによる脚漕ぎ運動で行われたという問題点があげられる。これまでの多くの報告は, トレッドミル走行による測定値は自転車エルゴメーターによるものより 6~10% 大きいといわれている<sup>9)</sup>。世界的にはスウェーデンのモナーク社製自転車エルゴメーターが用いられている。井上<sup>10)</sup>ら (1977) は, 本学カヌー選手についてこの種の自転車エルゴメーターを用いて最大酸素摂取量の値を報告している。この測定値に 6~10% 加算した推定値は, 男子カヤック選手で約 47~49 ml/kg・分, 女子選手では約 40~42 ml/kg・分となり, 今回の測定値との比較では, 男子で約 35% 女子で約 9% 上回っていることになる。Monte と Leonardi<sup>11)</sup> (1976) は, イタリア (男子カヤック) 選手 11 名の平均値として 3.63 l/分 (45.4 ml/kg・分) と報告している。この値の 6~10% 増の推定値は 48.3~50.4 ml/kg・分となり,

やはり今回の測定値の方が大きい。

約 20 年前のスウェーデン選手の値に比較すれば我が国カヌー選手の数値は, ほぼ到達したものとみれるが, 女子選手についてはかなりの隔りがあるものと思われる。また, 我が国における 12 年前の報告値はトレッドミルによって測定されたものである。今回測定された男子カヤック及びカナディアン両種目選手において 12 年前の値より上回ったことは, この期間にカヌー選手のトレーニング方法も改善され競技力の向上もはかられたものと納得してよいものと思われる。

### 2. 模擬漕運動の酸素摂取量

一方, 模擬漕運動中の酸素摂取量は, 最大酸素摂取量の 62.3% にあり, 心拍数は最高値の 94.5% の結果を得た。しかし, 疲労困憊時間からいえば C・500 m 競漕に匹敵するとはいいながら, ここでは課した運動の強度とピッチが問題としてあげられよう。牽引ピッチは競漕中のそれよりかなり低いものであった。これは牽引の強度が大きかったと考えられる。陸上競技のマラソンではスタート時, 最大酸素摂取量の 70~75% の水準で走り出すという。これと比較しても, やや低いように思われる。

ところで, 最高心拍数に対する割合では, 極めて高い数値を示すのである。これまでの多くの研究は, 両腕あるいは両脚による全身運動をそれぞれ比較すると, 両腕運動時には約 10% 高くあらわれるという。この点からみると, 最大酸素摂取量は脚運動であったし, 模擬漕運動は両腕運動だったのである。こう考えると競漕中の負担度は, 両腕による最大酸素摂取量と模擬運動でない競漕中の酸素摂取量を測定してみることは興味を持たれる。

## 結 語

1. 日本のカヌー選手のトップクラスに属する本学カヌー選手の有酸素性をみるために、最大酸素摂取量を測定した結果は、約 20 年前の国際的水準にあることがわかった。

2. 競漕中の運動強度を推定するために、模擬競漕を課し心拍数と酸素摂取量の反応をみた。この結果、酸素摂取量は  $62.3\% V_{O_2max}$  を示し、心拍数は  $94.5\% HR_{max}$  を示した。両腕運動は、両脚運動より高水準の心拍数を示すことが多くの研究によって指摘されていることと考え合せ、測定および結果を比較する場合には注意を要することが指摘された。

## 謝 辞

この研究を進めるにあたって、体育研究所の石井喜八所長にお世話になった。また、実験に際して大学院生上野裕一・伊坂忠夫両君にお手伝いを願った。記して感謝したい。

## 引用文献

- 1) 石河利寛, ポート・カヌー選手の体力, 1960, 61 年度研究報告集, 日本体育協会スポーツ科学研究委員会
- 2) 広田公一, カヌー競技選手の体力調査報告, 1964 年度研究報告集, 日本体育協会スポーツ科学研究委員会
- 3) 日本体育協会, 東京オリンピック・スポーツ科学研究報告書, カヌー競技, p. 457, 1965
- 4) 山地啓司, 一流スポーツ選手の最大酸素摂取量, 体育学研究, **30** (3), 183-193, 1985
- 5) Saltin, B. and Åstrand, P.-O., Maximal oxygen uptake in athletes, *J. Appl. Physiol.*, **23** (3), 353-358, 1967
- 6) Hollmann, W. and H. Heck, Herzleistungsfähigkeit und Sport. *Ärztliche Fortbildung* **1**, 62-67, 1971
- 7) K. Sidney and Roy J. Shephard, Physiological Characteristics and Performance of the White-Water Paddler, *Europ. J. appl. Physiol.*, **32**, 55-70, 1973
- 8) 黒田善雄ら, 日本人一流競技選手の最大酸素摂取最並びに最大酸素負債量—第 2 報—, 日本体育協会スポーツ科学研究報告, 1973
- 9) Rowell, L. B., Human Cardiovascular Adjustments to Exercise and Thermal Stress, *Physiol. Rev.*, **54**, 75-159, 1974
- 10) 井上裕充ら, カヌー (Canoe) のエネルギー代謝についての研究—Kayak 500 m 漕の運動強度について, 日本体育大学紀要, **7**, 73-79, 1978
- 11) A. Dal Monte and L. M. Leonardi, Functional evaluation of Kayak paddlers from biomechanical and physiological viewpoints, *Biomechanics*, V-B, 1976