

日本人一流競技選手の最大酸素摂取量

第 1 報

財団法人 日本体育協会
スポーツ科学委員会

日本人一流競技選手の最大酸素摂取量

第1報

財団法人日本体育協会
スポーツ科学研究室

黒田善雄 加賀谷熙彦
塚越克己 雨宮輝也
太田裕造 酒井惇子

I 研究の目的

最大酸素摂取量は全身持久性の指標として多くの研究者によって測定されている。特に、一流の競技選手の最大酸素摂取量をしることは、その選手の持久力の現状を明らかにするということが、競

技種目の特性をしること、あるいは、人間の持久能力の最高の水準を推測できるという種には意義を持つものである。

本報告は、現在の日本の各競技種目の一流選手についての最大酸素摂取量の測定をおこない、各種目間の比較をおこなう目的で着手した研究の第一報である。

表1 マラソン、競歩、長距離選手の最大酸素摂取量

氏名	年令	種目	体重kg	身長cm	最心拍数	最呼吸数	最大換気量l/分	最大酸素摂取量l/分	体重当最大酸素摂取量ml/kg
1. 佐々木 精一郎	21	マラソン	54.5	163.9	190	69	136.7	4.20	77
2. 青木 豊	23	"	51.5	158.0	176	71	137.9	4.16	81
3. 井上 俊	24	"	60.5	170.8	193	73	157.6	4.62	76
4. 上岡 忠明	24	"	54.0	163.0	198	61	118.5	3.89	72
5. 宇佐美 彰	24	"	59.5	167.7	194	68	159.8	4.95	83
6. 御船 芳朗	21	"	54.7	165.0	181	67	133.0	4.22	77
7. 斎藤 和夫	25	競歩	54.0	164.9	183	59	119.8	4.10	76
8. 君原 健二	26	マラソン	56.5	167.3	200	73	160.6	4.42	78
9. 沢木 啓祐	23	長距離	62.2	166.5	176	70	161.5	4.81	77
10. 鈴木 従道	21	"	50.0	170.1	—	—	128.4	3.82	76
平均 (S. D.)			55.7 (3.72)	165.7 (3.51)	187.9 (8.63)	67.9 (4.65)	141.4 (16.24)	4.319 (.3564)	77.3 (2.83)

II 方法

- 被検者 この測定の対象になったものは、表1~6, 8にしめす各種目男子62名、女子15名の選手である。種目によってオリンピック候補選手、強化選手の相違はあるが、いずれも現在の日本の一流選手である。
- 測定法 測定の負荷はトレッドミル法によった。トレッドミルに5度の上り傾斜をつけ、速度

は各選手が少なくとも3分間走行可能のものにした。種目によっては、初期数分間を遅い速度で走行し、以後1~2分毎に速度を増加させていく漸増法を用いた。走行はすべてオールアウト走とした。

採気に使用したマスクの呼気口、接続管、三方コック、ダクラスバッグのコック等の内径はすべて28~30mmとし、換気能力の大きな選手でも十分な呼吸運動が可能なようにした。採気は、多くの場合走行開始後3分経過したところではじめ、

表 2 スキー距離競技選手の最大酸素摂取能力

氏名	年令	種目	体重 kg	身長 cm	最心拍数	最高呼吸数	最大換気量 l/分	最大酸素摂取量 l/分	当量最大酸素摂取量 ml/kg
1. 柴田 国男	20	スキー距離	62.5	164.0	181	66	157.3	4.50	72
2. 浅野 義雄	20	"	61.7	167.2	180	62	146.5	4.67	76
3. 平谷 由夫	23	"	58.9	163.6	187	63	135.7	4.02	68
4. 六津 章康	18	"	64.2	161.4	178	81	153.7	4.04	63
5. 星 川 雄	18	"	63.4	173.9	199	71	150.4	4.32	68
6. 佐藤 新二	19	"	58.7	164.2	195	62	144.0	4.25	73
7. 馬淵 悦太郎	19	"	52.7	160.4	190	69	127.0	3.67	70
8. 工藤 誠二	24	"	67.7	175.2	196	66	169.0	5.02	74
9. 落合 勝光	19	"	53.5	165.0	199	78	149.1	3.93	73
10. 岸 光 雄	18	"	58.2	164.3	189	80	147.0	4.26	73
11. 北村 幸男	19	"	59.9	167.0	202	63	169.5	4.02	67
12. 宮下 幸一	17	"	55.9	166.0	190	64	135.7	3.70	66
13. 岩谷 俊一	18	"	62.0	172.1	190	66	140.8	4.26	69
14. 岡村 富三	18	"	65.0	173.7	193	85	184.5	4.65	72
15. 木田 健三	18	"	53.0	163.2	202	60	125.6	4.12	78
16. 小川 弘	20	"	59.0	161.9	186	70	170.4	4.36	74
17. 奥芝 外雄	21	"	70.0	172.2	200	94	194.7	4.93	70
平均 (S. D.)			60.4 (4.81)	166.8 (4.65)	191.6 (7.39)	70.6 (9.37)	153.0 (18.69)	4.279 (.3726)	70.9 (3.72)

表 3 スキー複合選手の最大酸素摂取量

氏名	年令	種目	体重 kg	身長 cm	最心拍数	最高呼吸数	最大換気量 l/分	最大酸素摂取量 l/分	当量最大酸素摂取量 ml/kg
1. 大田 秋雄	19	複合	54.8	164.0	199	59	115.4	3.42	62
2. 坊口 敏夫	22	"	55.7	166.3	195	61	137.6	3.58	64
3. 塚田 敏夫	22	"	59.2	164.9	191	66	142.0	3.88	66
4. 佐藤 留宏	21	"	59.7	164.9	199	56	146.2	3.99	67
5. 板垣 宏	23	"	55.5	164.6	197	50	131.4	3.71	67
6. 荒谷 一夫	19	"	64.3	171.9	190	62	150.9	4.06	63
7. 林 敏一	20	"	67.3	177.8	191	61	162.5	4.32	64
8. 三石 藤孝	18	"	64.4	165.7	200	60	155.7	4.21	65
9. 石谷 正勝	23	"	59.3	166.3	203	71	135.5	3.67	62
10. 洪 行	17	"	55.2	164.3	198	70	159.7	3.80	69
11. 中村 守夫	18	"	61.2	161.9	180	65	155.4	4.08	67
12. 篠村 幸夫	18	"	71.2	173.3	190	61	168.3	4.93	69
平均 (S. D.)			60.7 (5.02)	166.7 (4.90)	194.4 (6.03)	61.8 (5.52)	146.7 (14.45)	3.971 (.3842)	65.4 (2.36)

表 4 スピードスケート選手の最大酸素摂取量

氏名	年令	種目	体重 kg	身長 cm	最心拍数	最高呼吸数	最大換気量 l/分	最大酸素摂取量 l/分	当量最大酸素摂取量 ml/kg
1. 鈴木 彰一	19	長距離	65.2	164.6	185	65	138.7	4.09	63
2. 東 清	19	"	63.1	164.2	203	67	143.2	4.27	68
3. 藤村 清	18	"	64.2	169.7	190	56	131.9	3.82	60
4. 伊田 清	20	"	62.8	166.4	189	62	140.7	3.69	59
5. 三内 藤修	19	"	68.7	171.5	185	60	135.0	4.52	66
6. 小薮 啓一	21	"	79.0	173.7	190	67	163.5	4.81	61
7. 樋口 聖	22	短距離	55.3	159.7	200	77	136.0	3.55	64
8. 進 聖	20	"	63.6	168.3	180	62	123.3	3.73	59
9. 武田 聖	21	"	67.2	168.9	200	63	140.2	3.88	58
平均 (S. D.)			65.5 (5.94)	167.4 (3.99)	191.3 (7.48)	64.3 (5.54)	139.2 (10.24)	4.040 (.3960)	62.0 (3.27)

表 5 水泳選手の最大酸素摂取量

氏名	年令	種目	体重 kg	身長 cm	最心拍数	最呼吸数	最大換気量 l/分	最大酸素摂取量 l/分	体重当最大酸素摂取量 ml/kg
1. 野 修	17	バタフライ	63.0	168.0	—	—	143.0	4.08	65
2. 高瀬 悦二郎	19	自由型・長	71.0	174.2	201	58	135.5	4.11	58
3. 丸谷 里志	20	バタフライ	71.0	176.1	—	—	167.0	4.53	64
4. 岩崎 邦宏	22	自由型・短	78.0	175.2	193	74	167.3	4.90	63
5. 田中 毅司雄	20	背 泳	75.5	178.3	190	57	173.1	4.74	63
6. 石川 健二	21	平 泳	73.0	173.3	192	72	150.8	4.18	57
7. 鶴 峯 治	25	"	77.0	171.2	187	52	160.2	4.34	56
平均 (S. D.)			72.6 (4.70)	173.8 (3.12)	192.6 (4.67)	62.6 (8.75)	156.7 (12.91)	4.411 (.2976)	60.9 (3.44)

表 6 カヌー選手の最大酸素摂取量

氏名	年令	種目	体重 kg	身長 cm	最心拍数	最呼吸数	最大換気量 l/分	最大酸素摂取量 l/分	体重当最大酸素摂取量 ml/kg
1. 本 田 大三郎	33	カナディア	77.1	178.2	175	67	162.4	4.17	54
2. 東 山 日出夫	26	カヤック	67.2	170.0	196	50	161.5	4.23	63
3. 佐 藤 忠 正	27	"	76.0	173.7	189	64	185.1	4.73	63
4. 梅 沢 勇 吉	23	"	75.8	176.1	185	63	177.6	4.75	63
5. 吉 野 伸 篤	28	カナディア	66.4	176.6	180	58	126.2	4.10	62
6. 中 西 光 雄	20	"	80.9	183.3	176	60	160.2	4.77	59
7. 畑 満 秀	20	"	83.6	179.3	194	65	180.0	4.73	57
平均 (S. D.)			75.3 (5.96)	176.7 (3.91)	185.0 (7.78)	61.0 (5.29)	164.7 (18.26)	4.497 (.2886)	60.1 (3.31)

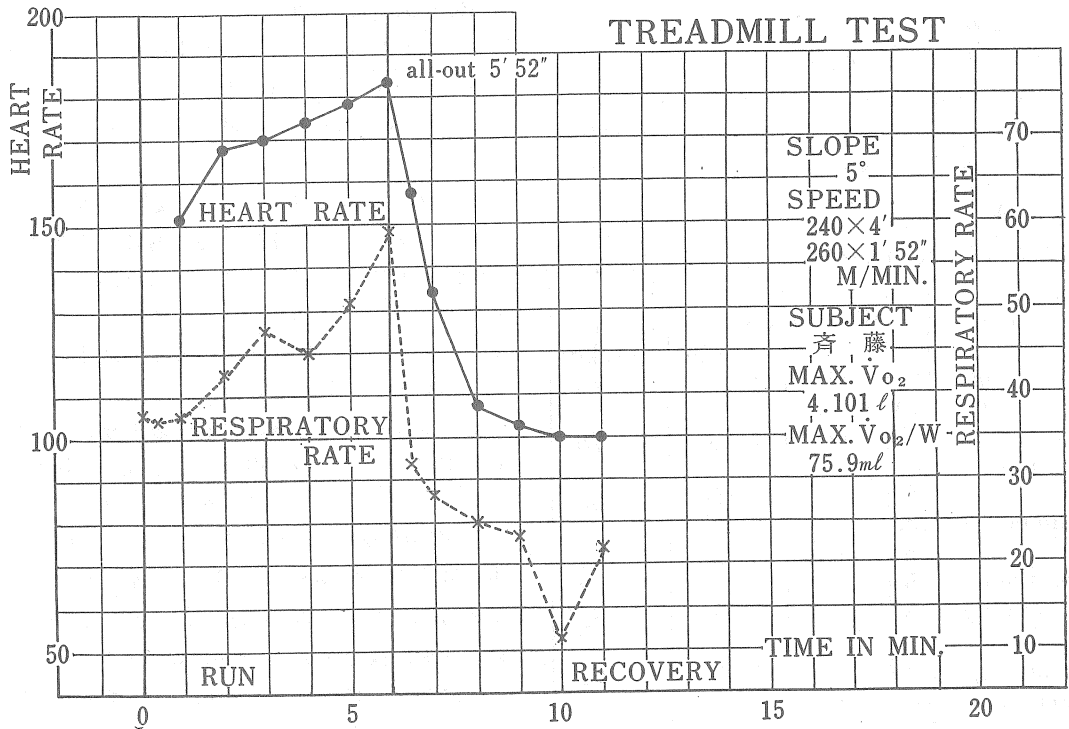


図 1 走行中，走行後の心拍数，呼吸数変動

以後オールアウトまで1分毎におこなった。走行中の最後の採気時間が50秒をこえないときは、酸素摂取量をもとめるための呼気ガス分析はおこなわなかった。

呼気ガス分析は、労研式大型ガス分析器により、運動中の酸素摂取量の最大値を最大酸素摂取量とした。

各選手が酸素摂取能力を十分に発揮しうる運動をおこなっているがどうかをたしかめるため、採気と併行して胸部導出による心電図、サーミスター法による呼吸曲線を記録して心拍数、呼吸数を測定した。走行中、走行後の心拍数、呼吸数の変動の1例を図1にしめた。

以上の測定手順により、各選手の最大酸素摂取量をもとめた。

III 結果と考察

1. 男子選手の最大酸素摂取量

男子6種目62名の個人値と種目別平均値を表1~5にしめた。

最大酸素摂取量の最高値は、スキー距離競技選手の工藤誠二の5.02l/分である(表2)。つづいて、マラソンの宇佐美彰朗の4.95l/分(表1)、スキー複合の篠村幸夫、スキー距離の奥芝外雄の4.93l/分(表2,3)、水泳の岩崎邦宏の4.90l/分(表5)、陸上長距離の沢木啓祐、スケートの小

表7 競技種目別最大酸素摂取量の比較

MAX. $\dot{V}O_2$ IN JAPANESE ATHLETES

male Sport	N	Weight kg	Max. $\dot{V}O_2$ l/min	$\dot{V}O_2$ /kg ml/kg
running	5	55	4.39	79
cross-country skiing	5	60	4.49	75
combined skiing	5	61	4.10	68
speed skating	5	66	4.25	64
swimming	5	72	4.47	63
canoeing	5	73	4.52	62
famale running	3	46	2.82	61
cross-country skiing	5	52	3.10	60
swimming	4	51	2.77	54

表8 最大酸素摂取量の国際比較

MAXIMAL OXYGEN UPTAKE IN ATHLETES

Nationality	Sport	N	Weight kg	Max. $\dot{V}O_2$ l/min.	$\dot{V}O_2$ /kg ml	Measurement Method
Japan	Running	5	55	4.39	79	Treadmill
"	Skiing	5	60	4.34	75	Treadmill
Sweden	Skiing	5	67	5.56	83	Treadmill
"	Orienteering	5	77	5.87	77	Treadmill
Norway	Skiing	5	65	5.11	79	Bicycle Ergo
USSR	Skiing	3	72	5.91	82	Skiing
Female						
Japan	Running	3	46	2.82	61	Treadmill
"	Skiing	5	52	3.10	60	Treadmill
Sweden	Skiing	5	59	3.75	64	Treadmill
"	Orienteering	3	58	3.47	60	Treadmill
Norway	Skiing	5	62	3.30	55	Bicycle Ergo

薨啓孜の4.81l/分(表1,4)が大きい。

これらの値を文献にみられる外国選手と比較することにより酸素摂取能力の国際比較が可能になる。

スエーデンナショナルチームを対象として測定したSaltin⁽⁶⁾らの報告には5l/分をこす選手が17名おり6l/分をこす選手が2名いる。この2名はともにスエーデンのスキー距離競技の選手である。

Robinson⁽⁵⁾は1936年、当時の陸上競技2マイルの世界記録保持者であるD. Rushの最大酸素摂取量を5.35l/分と報告している。

また、Åstrand⁽¹⁾は5.88l/分の値を報告している。

以上の値に比較すると日本の選手の値は小さい。しかし、最大酸素摂取量は身体の大きさとの相関が高いから、身体の小さいことが日本選手の値の低いことの原因になっているのかもしれない。したがって、最大酸素摂取能力は体重当りの値で評価したほうがよい。

日本選手の体重1kgあたりの最大酸素摂取量の最高値はマラソン選手の宇佐美彰朗の83ml/kg(表1)である。それに、同じくマラソンの青木豊の81ml/kg(表1)がつづき、以下君原健二、木田健三の78ml/kg(表1,2)、佐々木精一郎、御船芳郎、沢木啓祐の77ml/kg(表1)、井上俊、鈴木従道、浅野義雄の76ml/kg(表1,2)とすべてマラソン、長距離選手、スキー距離選手の値がよい。競歩の斉藤和夫も76ml/kg(表1)を出している。

外国の選手では、Saltin⁽⁶⁾らが報告した85.1ml/kg という値が最も大きい。これはスキー距離競技の世界チャンピオンになった選手によって決められたものである。同じ報告の中で陸上長距離選手の82.0ml/kgという値もみられる。前出のLashの値は81.5ml/kgになる。一般にスウェーデンのスキー距離競技の選手の値は高く、上位5名の選手の平均は83ml/kgになる。

これらの個人値と比較すると日本のマラソン選手の値(表1)も非常に高いことがわかる。特に日本選手の中で最高の値である宇佐美の83ml/kg(表1)は、これまで報告されている競技選手の値の中でも最高の水準に達している。

これまでの研究から、最大酸素摂取能力は陸上競技の長距離選手、スキー距離競技選手で大きいことが知られている。今回の日本選手についての測定結果を競技種目別に比較したものが表7である。

各種目ごとに値の大きいもの5名をえらび出しその平均値をもとめた。

最大酸素摂取量の絶対値では4.52l/分のカヌー選手、4.47l/分の水泳選手の値が大きい。しかし体重あたりの値でみるとマラソン選手が最も大きくその値は79ml/kgである。マラソン選手の次によい成績をしめたのはスキー距離競技選手の75ml/kgである。そして、カヌー、水泳選手の値は62, 63ml/kgになり、今回の測定の中では最も小さな値である。これらの結果は、それぞれの競技種目、トレーニングの特性をしめすものであろう。すなわち酸素摂取能力が競技力の決定的要因となる長距離種目では酸素摂取能力が高く、筋力も大きく関与する種目では酸素摂取能力が比較的低い。これまで研究者によって報告されている競技選手の最大酸素摂取能力を個人別にプロットしたものが図2である。この図は、競技種目別にみることをも意図しているので、たとえばマラソン選手の中で他種目の選手よりも大きな値を出しているものも、マラソンの代表的な成績だけをしめしている。

この図から男子競技選手の最大酸素摂取量の最

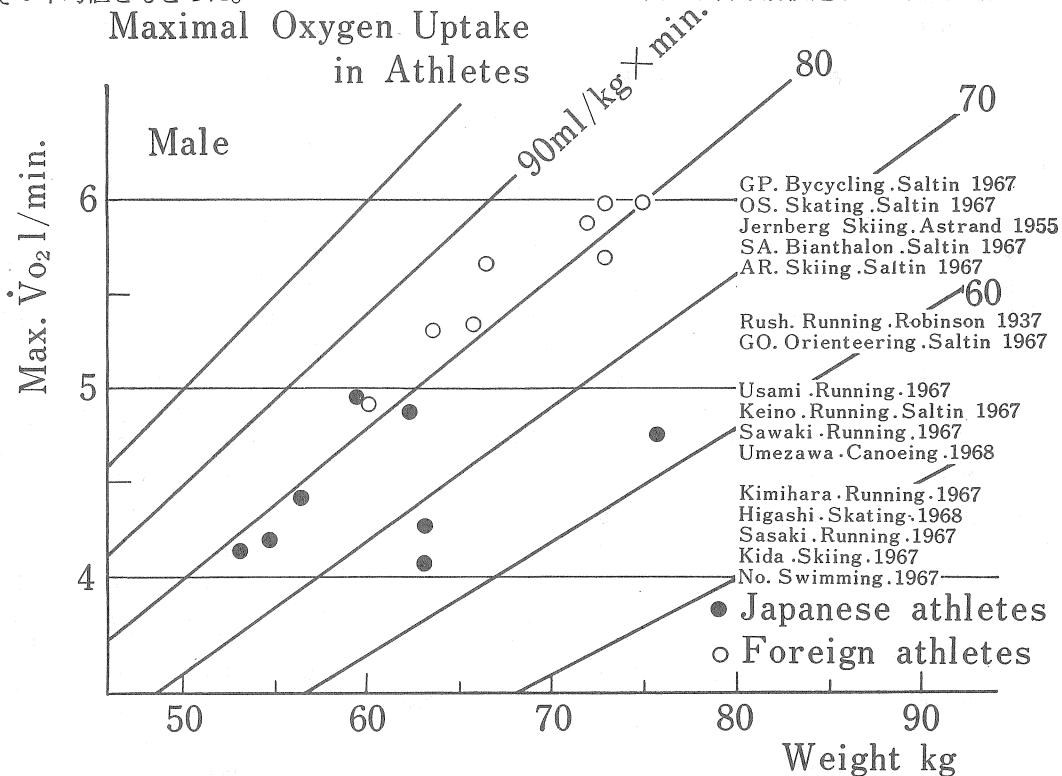


図2 競技選手の最大酸素摂取量の比較。○は多国選手、●は日本選手をしめす。文字は選手名、競技種目、測定者、測年年号の順になっている。

高の水準は80ml/kg前後であることがわかる。日本選手の特徴は体重あたりの値が高くても身体が小さいため絶対量は小さいことである。

これまで述べたように日本選手の最大酸素摂取量はマラソン選手、スキー距離選手が大きいことが明らかになった。また、日本のマラソン選手的能力は国際的にみても非常に高いことがわかった。そこで、これらの値を外国選手のすぐれた値と平均値と比較したのが表8である。

スウェーデンはSaltin⁽⁶⁾ら、ノルウェーはHermansen⁽⁴⁾ら、ソ連はРАМЕНСКАЯ⁽³⁾らによって報告されたものである。

測定法は表にしめしたように研究者によって異なる。自転車エルゴメーター法によって測定された最大酸素摂取量はトレッドミル法によって測定された値よりもやや低いという報告があるので、ノルウェーの値は実際の能力よりも若干低くでているかもしれない。

最大酸素摂取量は日本をのぞいていずれも5l/分をこえている。特にソ連の3名のスキー選手は5.91l/分という大きな値をしめしている。

体重あたりの値では、スウェーデンのスキー選手の83ml/kgが最も大きい。日本のスキー選手の75ml/kg、スウェーデンのオリエンテヤリングの選手の77ml/kgがやや低い、他は80ml/kgを前後する値である。

マラソン、スキー距離競技はともに長時間の運動競技である。マラソン競技で世界最高の水準にある日本の選手とスキー競技の世界的選手であるスウェーデン、ノルウェー、ソ連の選手とが、ほとんど同じような酸素摂取能力を有するということは、人間の酸素摂取能力の最高水準をしるという点で非常に興味深いことである。

2. 女子選手の最大酸素摂取量

女子選手については、これまで4種目14名の選手を対象にして測定をおこなった。

結果を表9にしめした。

最大酸素摂取量の最高値は、カヌー選手岡本敬子の3.44l/分である。次いで、スキー距離競技選手浅井宇良子の3.25l/分、小林右子の3.19l/分、陸上競技800m選手の宮本洋子の3.13l/分が大

表9 女子選手の最大酸素摂取量 ()は30秒間値を倍した値。平均から除外

氏名	年令	種目	体重kg	身長cm	最高心拍数	最高呼吸数	最大換気量l/分	最大酸素摂取量l/分	体重当最大酸素摂取量ml/kg
1. 小林 右子	15	スキー距離	49.7	159.8	205	63	123.2	3.19	64
2. 樋口 佐枝子	21	"	51.5	152.1	191	66	111.0	2.98	58
3. 加藤 富士子	22	"	50.0	152.3	185	65	110.1	3.09	62
4. 浅井 宇良子	22	"	57.0	154.8	190	68	123.1	3.25	57
5. 横山 光子	23	"	57.0	157.0	—	—	(127.6)	(3.47)	(61)
6. 高橋 弘子	26	"	50.1	150.3	188	63	112.4	2.97	59
7. 百合野 和子	22	"	64.0	161.0	188	65	107.7	3.42	53
平均 (S. D.)			54.2 (4.98)	155.1 (3.78)	191.2 (6.47)	65.0 (1.73)	114.6 (6.22)	3.150 (.1578)	58.8 (3.53)
1. 岡本 敬子	23	カヌーカヤック	59.3	159.5	200	64	134.1	3.44	58
1. 宮本 洋子	23	800m	50.0	155.0	193	62	103.7	3.13	63
2. 磯貝 弘子	22	"	37.0	145.4	190	53	69.4	2.31	62
3. 山口 文子	19	"	52.0	160.0	192	54	103.0	3.03	58
平均 (S. D.)			46.3 (6.65)	153.5 (6.06)	191.7 (1.25)	56.3 (4.03)	92.0 (16.01)	2.823 (.3653)	61.0 (2.16)
1. 石神 和子	17	バタフライ	49.5	168.0	187	49	93.3	2.84	57
2. 我部 貴美子	16	背泳	51.0	168.0	200	—	98.3	2.91	57
3. 中川 清江	17	平泳	51.0	167.0	201	52	99.8	2.73	53
4. 石井 雅子	18	バタフライ	53.5	161.3	—	55	110.1	2.61	49
平均 (S. D.)			51.3 (1.44)	166.1 (2.79)	196.0 (6.38)	52.0 (2.45)	100.4 (6.11)	2.773 (.1137)	54.0 (3.32)

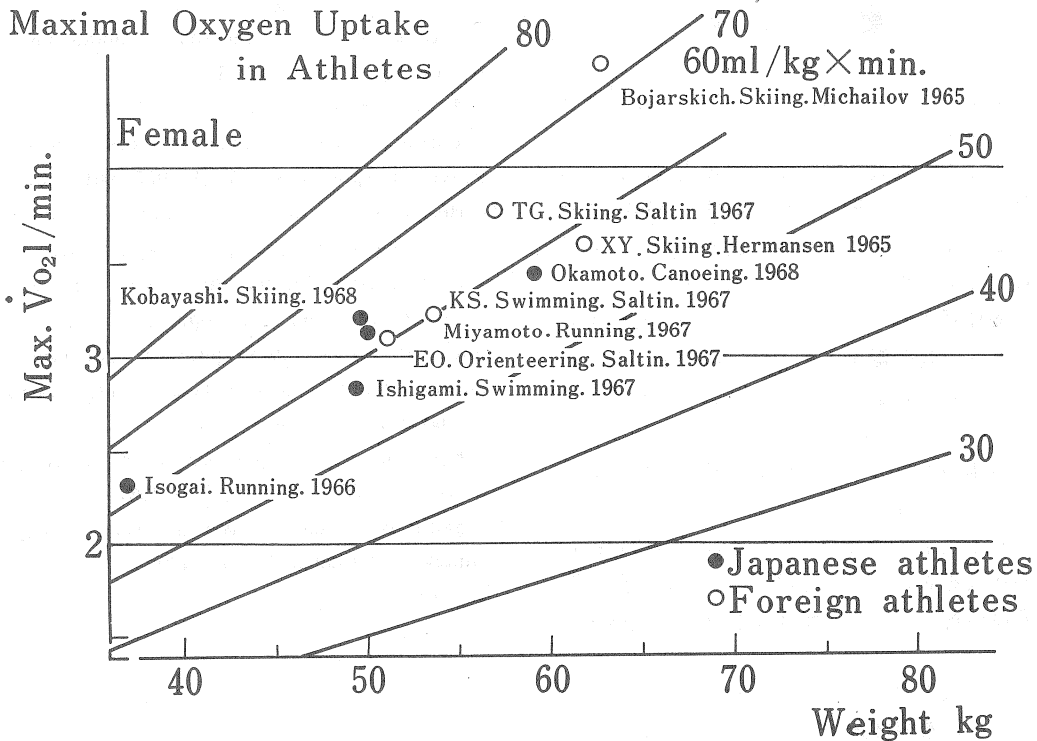


図3 女子競技選手の最大酸素摂取量の比較。○は外国選手，●は日本選手をしめす。文字は選手名，種目，測定者，測定年度を順にあらわす。

さい。

Saltin らのスエーデンナショナルチームを対象にした測定での最高値は 4.07 l/分 で日本選手よりもかなり大きい。この選手はスキー距離競技選手である。これにつづいて 3.98 l/分 というオリエンテアリングの選手の値がみられる。Saltin らは、ソ連の Michailov らによって報告された 4.53 l/分というスキー距離競技選手の値を紹介している。

体重 1 kg あたりの値でみると日本選手の中では、スキー距離選手小林右子の 64 ml/kg、800 m 選手宮本洋子の 63 ml/kg、磯貝弘子の 62 ml/kg、スキー距離競技選手加藤富士子の 62 ml/kg が大きい。

前出のソ連のスキー選手の値は 72 ml/kg で、非常に大きい。さらにソ連には 74 ml/kg をしめしたスキー選手がいる。Saltin らの報告の中にみられる 4.07 l/分の最大酸素摂取量をしめしたスキー選手の体重あたりの値は 66.3 ml/kg である。

日本の女子選手についての最大酸素摂取量の測定対象はまだ少ないので種目間の比較をなすにはいたらない。しかし、これまでの結果から、陸上競技の 800 m 選手とスキー距離選手の中に酸素摂取能力の大きいものがみられるので、これらの種目が高い酸素摂取能力をもっていると考えてよいであろう。

男子選手の場合と同様に、女子選手の酸素摂取能力を個人別に比較し、結果を図 3 にしめた。

男子の酸素摂取能力の最高の水準がおよそ 80 ml/kg であるのにたいし、女子の最高の水準は 60 ml/kg 程度であることがわかる。

表 8 は、日本のスキー選手、陸上競技 800 m 選手とスエーデン、ノールウェーのスキー選手、オリエンテアリング選手の酸素摂取能力を平均値で比較したものである。スエーデンのスキー選手の値 64 ml/kg が特に大きい。日本の陸上競技 800 m スキー距離競技の選手の値とスエーデンのオリエンテアリングの選手の値がほぼ等しい。

IV 要 約

1. 日本の一流競技選手の最大酸素摂取量をトレッドミル法によって測定した。
2. 男子の最大酸素摂取量の体重 1 kgあたりの値の最高はマラソン選手宇佐美彰朗の 83ml/ であった。この値は文献にみられる諸外国の選手の値と比較して最高水準に位するものである。
3. 競技種目別に上位 5 名の平均値で比較するとマラソン、長距離選手が 79ml/kg で最も高く、スキー距離競技の選手が 75ml/kg でこれに近づいている。
4. 日本のマラソン選手の最大酸素摂取能力は国際的にみても非常に高い。
5. 女子選手の測定例は数が少ないので競技種目別の比較をおこなうことはできないが、陸上競技 800 m の選手とスキー距離競技選手の成績がよい。
6. 女子選手の最大酸素摂取能力の最も高いのは、スキー距離競技選手の小林右子でその値は 64ml/ であった。この値はスキー距離競技のスエーデンナショナルチーム 5 名の平均値に等しい。
7. 最大酸素摂取量の最高水準は、男子でおよそ 80ml/kg、女子でおよそ 60ml/kg と考えられる。

文 献

- 1) Åstrand, P. O. New records in human power. *Nature* 176 : 1862—1863, 1955.
- 2) Åstrand, P. O., and B. Saltin. Maximal oxygen uptake and heart rate in various types of muscular activity. *J. Appl. Physiol.* 16(6) : 977—981. 1961.
- 3) Hermansen, L and K. L. Andersen; Aerobic work capacity in young Norwegian men and women. *J. Appl. Physiol.* 20(3) : 425—431. 1965.
- 4) раменная, т. и., н. а. корягин, и. г. огопъчов Энергетическая характеристика современных пыхных гонок. Теория и Практика Физической Культуры. No. 3, 34—38. 1968.
- 5) Robinson, S et al; New records in human power. *Science.* 85—2208, 409—410, 1937.
- 6) Saltin, Bengt and P-O. Åstrand. Maximal oxygen uptake in athletes. *J. Appl. Physiol.* 23(3) : 353—358. 1967.