



琉球大学学術リポジトリ

University of the Ryukyus Repository

Title	市民マラソンの運動強度と消費エネルギー
Author(s)	平良, 勉; 金城, 昇
Citation	琉球大学教育学部紀要 第一部・第二部(48): 293-301
Issue Date	1996-03
URL	http://hdl.handle.net/20.500.12000/1017
Rights	

市民マラソンの運動強度と消費エネルギー

平良 勉 金城 昇

Intensity and Energy Expenditure in Marathon Running

Tsutomu TAIRA* Noboru KINJO*

(Received October 31, 1995)

Abstract

The purpose of the present study was to estimate exercise intensity and energy expenditure in marathon running.

The subjects were seven male and six female students of physical education major. Heart rate were recorded by heart rate monitor. Exercise intensity and energy expenditure were estimated by HR- $\dot{V}O_2$ method during marathon running. The blood lactate accumulation were analyzed to determine anaerobic threshold (OBLA:4mmol).

The results were as follows:

- 1) Mean maximum oxygen uptake of male was 43.9ml/kg · min and that of female was 48.0ml/kg · min. All subjects exceeded the desirable fitness level.
- 2) Oxygen uptake in the race was corresponded to 73.6% of $\dot{V}O_{2max}$ for male and 67.7% of $\dot{V}O_{2max}$ for female. Heart rate was also corresponded to 77.4% of HRmax for male and 78.0% of HRmax for female.
- 3) Heart rate and oxygen uptake during the race were within the OBLA level.
- 4) Marathon performance was estimated to cost male subjects 3632.4kcal and female subject's 2759.0kcal.

I はじめに

ジョギング愛好者の増大にともなって、フルマラソン志向のジョガーも増えている。沖縄県内のマラソン大会も一年間にかなりの数開催されるようになり、なかには全国一の規模を誇るマラソンに成長した大会もある。

本来、記録を追求しないジョガーは、運動不足を解消し、トレーニングを呼吸循環器系の改善、成人病を予防するという健康目的の運動処方を実質とすることであり⁸⁾、有酸素作業能力、即ち、酸素摂取能力、体内での酸素運搬能力、組織での酸素消費能力を高めることである¹⁵⁾。

非日常的な運動であるマラソン競技は過激であることは想像できるが、とくに競技者でないジョガーがフルマラソン参加に際し、マラソンの身体にたいする運動刺激の量、質に関する確かな情報を得ておくことが、逆に健康を害する結果とならないためにも必要なことである。

Bowers たちは、運動のエネルギー代謝を明らかにすることは、1) トレーニングプログラムの作成のための基礎資料を得る、2) 疲労回復と予防、抑制の対策、3) 栄養の摂取に関する確かな情報を得る、等としている¹⁾。

そこで、毎年12月に開催される NAHA マラソンに参加した13名の長距離を専門としない体育専

※ Department of physical education
College of education, University of the Ryukyus

攻学生を対象に、レースの運動強度と消費エネルギーを測定した。運動強度は % of $\dot{V}o_{2max}$, % of HRmax と血中乳酸濃度から判定し、エネルギー消費量は $HR-\dot{V}o_2$ 関係式から算出、健康マラソンを志向するジョガーのための基礎資料を得ることを目的とした。

II 研究方法

被験者：琉球大学体育専攻学生で平均年齢22.1才 (± 0.83) の男子学生7名、平均年齢21.2才 (± 0.37) の女子学生6名の計13名を対象とした。身長は男子171.7cm (± 3.73)、女子160.0cm (± 5.97)で、体重は男子68.1kg (± 6.81) 女子は55.5kg (± 5.25) であった (Table 1)。特別にフル

Table 1 Physical characteristics and maximal oxygen intake of seven male and six female subjects

Subjects	Age (Yr)	Height (cm)	Weight (kg)	$\dot{V}o_{2max}$ (ml/min)	$\dot{V}o_{2max}$ (ml/kg · min)
(Male)					
TS	22	171	72.0	2923.2	40.6
NH	23	180	78.0	3174.6	40.7
MO	21	170	66.0	3313.2	50.2
TS	21	170	62.0	2976.0	48.0
TK	23	172	56.0	2329.6	41.6
TO	23	172	71.0	2882.6	40.6
SO	22	167	72.0	3290.4	45.7

N	7				
Mean	22.1	171.7	68.1	2984.2	43.9
SD	0.83	3.73	6.81	311.88	3.72
(Female)					
MO	21	156	53.0	2347.9	44.3
MI	22	152	50.0	2480.0	49.6
YM	21	170	65.0	3224.0	49.6
NH	21	165	60.0	2916.0	48.6
MK	21	157	52.0	2574.0	49.5
SF	21	160	53.0	2464.5	46.5

N	6				
Mean	21.2	160.0	55.5	2667.7	48.0
SD	0.37	5.97	5.25	305.15	1.99

マラソン目的にトレーニングしているわけではなく、授業とサークル活動で日常的に運動を継続している健康な被験者である。

競技中の心拍数記録：競技開始直前に心拍記録計 (キャノンハートレートモニター、バンテージXL) を装着し、競技開始から終了まで1分間隔メモリーで心拍数を記録した。

最大酸素摂取量の測定・乳酸濃度測定：ランニングベルト (フクダ電子2500) 負荷装置とする負荷漸増法による all-out 実験とした。安静時5分

後、乳酸濃度を測定 (ダイアグルカ・東洋紡)、W-up 後、時速4kmで2分間歩行、乳酸濃度測定、以後2分毎、2km漸増4km毎に乳酸濃度を分析、all-out までとした。最大酸素摂取量に達したかの判定は、被験者の意思表示か、 $RQ=1.0 \sim 1.5$ に達しているかで判定した。呼気ガスの分析は OXYCON 4 (フクダ電子) で分析した。有酸素運動の境界は OBLA (onset of blood lactate accumulation: 4mmol) とした。

消費エネルギーの算出はあらかじめ all-out

験から $HR-\dot{V}O_2$ 関係式を各被験者毎に求め、レース中の平均心拍数を代入、酸素摂取量を算出、酸素11を5 kcalとして計算、推定した。

III 結果及び考察

最大酸素摂取量：被験者の有酸素作業能力の指標としての相対的最大酸素摂取量 ($ml/kg \cdot min$) は、男子最大は MO、 $50.2ml/kg \cdot min$ 最小は TS、TO の $40.6ml/kg \cdot min$ 平均 $43.9ml/kg \cdot min$ (± 3.72) であった。女子は最大は MI、MK の $49.6ml/kg \cdot min$ 、最小は MO の $44.3ml/kg \cdot min$ 平均 $48.0ml/kg \cdot min$ (± 1.99) であった。絶対的最大酸素摂取量 (ml/min) は男子の最大は MO の $3313.2ml/min$ 、最小 $2329.6ml/min$ 、平均 $2964ml/min$ (± 311.88) であった。女子は $3224.0ml/min$ の YM が最大で、最小は MO の $2347.9ml/min$ 、平均 $2667.7ml/min$ (± 305.15) の成績であった (Table 1)。相対値で女子が上まわっているのは体重差によるものと考えられるが、女子の被験者は持久力を要するバスケット等の部活動に常時参加していることと、男子は部活に参加していないことも原因であると推測される。

日本人の体力評価基準¹⁸⁾で判定すると、22才男子の平均値 ($47.2ml/kg \cdot min$) より劣り、女子の21才の平均値 ($35.5ml/kg \cdot min$) を上回る成績であった。また、小林⁷⁾の基準値では男子は全員が "Average"、女子は全員 "Very good" の判定であった。女子が男子より良い結果となったのは、部活による日常のトレーニングの成果と考えられる。スポーツ選手と比較すると、男子の平均値 ($43.9ml/kg \cdot min$) はロサンゼルス¹⁹⁾の日本オリンピックバレーボール選手 ($44.6/kg \cdot min$) にやや近く、女子では競泳選手の平均値 ($48.0ml/kg \cdot min$) と全く等しい値であった¹⁸⁾。男子の値は日本の中重量級柔道選手 ($44.3ml/kg \cdot min$) とほぼ等しく、女子はフィギュア・スケート選手 ($48.9ml/kg \cdot min$) に近い値であった²¹⁾。

また、男女共厚生省の健康維持目標値 (男子20代 $41ml/kg/min$ 、女子 $35ml/kg/min$)^{9) 16)} を上まわっており、このことは意図的に持久力向上を目指さなくても運動の日常化で健康を維持するだけの能力は獲得できることを意味している。

運動強度：レース中の心拍数は男子 $143.4beats/min$ から $167.5beats/min$ の範囲で平均 $152.1beats/min$ (± 7.63)、女子は $148.6beats/min$ から $160.6beats/min$ の範囲で平均 $155.2beats/min$ (± 4.11) であった。最高心拍数 (220-年齢) に対する割合 (% of HRmax) は男子最高は MH の 85.0% of HRmax で最小は 73.3% of HRmax、平均 77.4% of HRmax (± 3.62) という成績であった。女子では MI の 81.1% of HRmax が最高で、最小は YM の 74.7% of HRmax、平均 78.0% of HRmax (± 2.16) であった。

競技中の男子一流選手の心拍数は、 $167beats/min$ で、競技経験をさほど積んでいない選手は $163beats/min$ 、 $83\sim 94\%$ of HRmax という山地の報告²²⁾や Helgerud⁵⁾の報告と比較するとかなり運動強度は低い値であった。

女子の報告⁵⁾でも $173beats/min$ 、 92.4% of HRmax で本成績は低い値であった。このことは被験者が記録を追求せず、制限時間 (6時間) 内の完走を目的としたことから低い強度となったものと考えられる。

レース中の酸素摂取量は男子で $28.8ml/min$ から $38.1ml/min$ の範囲で平均 $32.2ml/min$ (± 3.94) であった。女子は $29.6ml/min$ から $38.4ml/min$ で平均 $32.5ml/min$ (± 3.05) と男子との差はほとんど認められなかった。最大酸素摂取量に対する割合 (% of $\dot{V}O_{2max}$) は男子では 87.0% of $\dot{V}O_{2max}$ が最高で、TS の 61.8% of $\dot{V}O_{2max}$ がもっとも低い値を示し、平均 73.6% of $\dot{V}O_{2max}$ (± 8.65) であった。女子は MI が 77.4% of $\dot{V}O_{2max}$ で最も高い値を示し、MK の 61.8% of $\dot{V}O_{2max}$ がもっとも低く、平均 67.7% of $\dot{V}O_{2max}$ (± 5.72) であった (Table 2)。

Farrell たちは距離の違う競技を比較し、marathon については、 $47.8ml/kg/min$ 、 75% of $\dot{V}O_{2max}$ と報告⁴⁾、Helgerud は $56.7ml/kg \cdot min$ 、 82.1% of $\dot{V}O_{2max}$ の結果を得ている⁵⁾。Costill もマラソン走行中の酸素摂取水準は 85% of $\dot{V}O_{2max}$ と報告している³⁾。いずれの報告も本報告とかなりの差が認められた。女子についても Helgerud⁵⁾の報告した $55.8ml/kg/min$ 、 86.7% of HRmax に比べ本報告は低い強度であり、心拍数での比較と同様、健康マラソンに徹した結果であ

Table 2 Exercise intensity during marathon running

Subjects (Male)	Heart rate (beats/min)	% of HRmax (%)	O ₂ intake (ml/kg · min)	% of $\dot{V}o_{2max}$ (%)
TS	145.2	73.3	28.8	70.8
NH	167.5	85.0	35.4	87.0
MO	155.8	78.3	38.1	76.0
TS	146.6	73.7	29.7	61.8
TK	152.6	77.5	34.8	83.6
TO	153.9	78.1	26.0	64.2
SO	143.4	76.0	32.8	71.8

N	7			
Mean	152.1	77.4	32.2	73.6
SD	7.63	3.62	3.94	8.65

(Female)				
MO	151.2	75.9	29.6	66.9
MI	160.6	81.1	38.4	77.4
YM	148.6	74.7	29.8	60.2
NH	156.7	78.7	33.8	69.4
MK	158.4	79.6	30.6	61.8
SF	155.5	78.1	32.8	70.5

N	6			
Mean	155.2	78.0	32.5	67.7
SD	4.11	2.16	3.05	5.72

ると推測された。

OBLA レベルでの心拍数・酸素摂取量：OBLA レベルでの心拍数は男子は143beats/min～164beats/minの範囲で、平均155.8beats/min (±8.03)であった。女子は148～185beats/minの範囲で、平均166.4beats/min(±13.15)であった。酸素摂取量は相対値で男子32.4～41.8ml/minの範囲、平均値で36.0ml/min(±3.09)。女子は29.9～41.9ml/min、平均36.9ml/min(±3.98)であった。最大心拍数に対するOBLAレベルでの割合(% of HRmax)は男子NHが83.2% of HRmaxで最も高く、TKが72.6% of HRmaxで低い値を示し、平均は78.7% of HRmax (±3.93)であり、女子は最高値はSFの93.0% of HRmaxで最低値はYMの73.4% of HRmax、平均値は83.6% of HRmax (±6.84)であった。最大酸素摂取量に対する割合(% of $\dot{V}o_{2max}$)では、男子の最高値はNHの86.3% of $\dot{V}o_{2max}$ 、低い値はTSの72.9% of $\dot{V}o_{2max}$ 、平均81.2%

of $\dot{V}o_{2max}$ (±4.14)であった。女子はSFの90.2% of $\dot{V}o_{2max}$ が最高値でYMの60.3% of $\dot{V}o_{2max}$ が最低値、平均76.0% of $\dot{V}o_{2max}$ (±9.74)であった (Table 3, Fig. 1, 2)。

血中乳酸濃度の蓄積開始点(OBLA)をAnaerobic thleshold (AT) とし、4 mmol とすることは正しい理解ではないとの論争は絶えないが¹³⁾、一方、長距離走の競技成績において最大酸素摂取量より相関が高く、有酸素作業能力の指標として優れているという報告もあり⁶⁾、トレーニング処方にも利用されるようになった¹²⁾。OBLA以下の運動強度が持久力向上に適し長時間にわたって運動を継続できる“閾値”と解釈されている。Costillはtreadmill走で70% of $\dot{V}o_{2max}$ 以下のレベルでは血中乳酸の蓄積はごく僅かであるが、長時間(2時間)にわたる場合は55%と67% of $\dot{V}o_{2max}$ の間でやや増加すると報告し²⁾、SjodinたちはOBLAに相当するスピードを検討し、個人差はST筋線維の割合によるものと報

Table 3 Heart rate and oxygen intake at OBLA※

Subjects (Male)	Heart rate (beats/min)	% of HRmax (%)	O ₂ intake (ml/kg · min)	% of $\dot{V}O_2$ (%)
TS	147	74.2	32.4	79.8
NH	164	83.2	35.0	86.0
MO	162	81.4	41.8	83.3
TS	162	81.4	35.0	72.9
TK	143	72.6	33.8	81.6
TO	157	79.3	38.0	83.3

N	6			
Mean	155.8	78.7	36.0	81.2
SD	8.03	3.93	3.09	4.14

MI	157	79.3	36.8	74.2
YM	148	73.4	29.9	60.3
NH	166	83.4	39.2	80.6
MK	176	88.4	36.9	74.6
SF	185	93.0	41.9	90.2

N	5			
Mean	166.4	83.5	36.9	76.0
SD	13.15	6.84	3.98	9.74

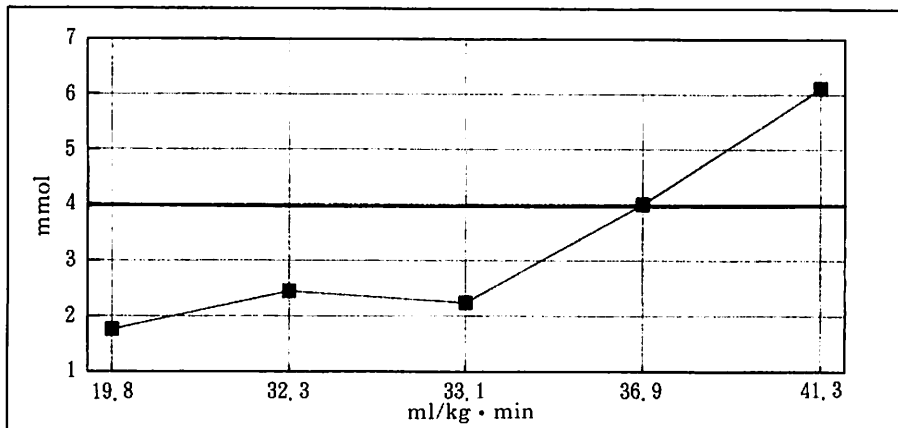


Fig. 1 Relationship between lactate accumulation and oxygen intake (Subject MK)

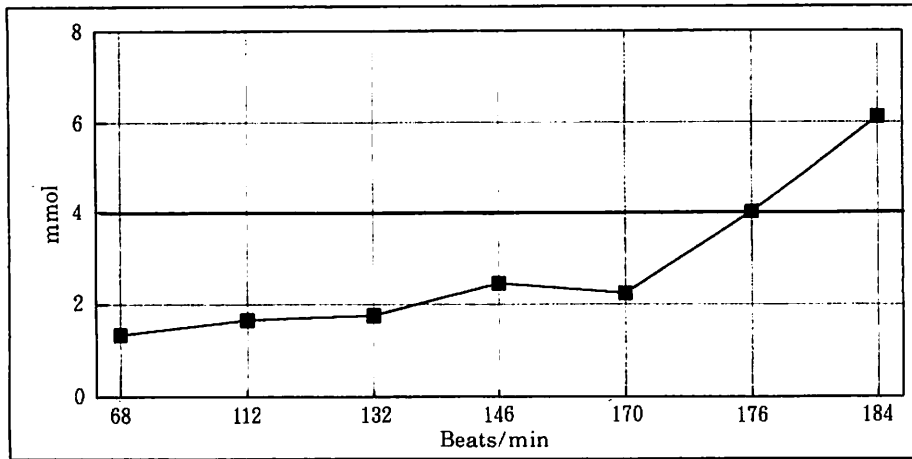


Fig. 2 Relationship between lactate accumulation and heart rate (Subject MK)

告している¹⁷⁾。Farrell たちは OBLA での心拍数を 155beats/min、81.6% of HRmax、酸素摂取量を 43.2ml/kg・min、69.9% of $\dot{V}O_{2max}$ とし⁴⁾、Tanaka たちは 89.6% of $\dot{V}O_{2max}$ と報告している¹⁹⁾。Helgerud は男子で 57.8ml/kg・min、84.4% of $\dot{V}O_{2max}$ 、心拍数は 164beats/min、89.1% of HRmax、女子では 55.3ml/kg・min、86.5% of $\dot{V}O_{2max}$ 、心拍数は 172beats/min、92.1% of HRmax という成績を報告して

いる⁵⁾。本研究の結果と比べ Farrell たちの 69.9% of $\dot{V}O_{2max}$ 以外は高い値の報告であり、競技者は一般健康常人に比べ OBLA は高いという報告と一致する¹⁴⁾。

全被験者ともにマラソン走行中の心拍数も酸素摂取量も共に OBLA 水準以下であり、その 1 例を Fig. 3 に示す。乳酸の過度の蓄積を招かず、無理のないレース展開であったことが推測できた。

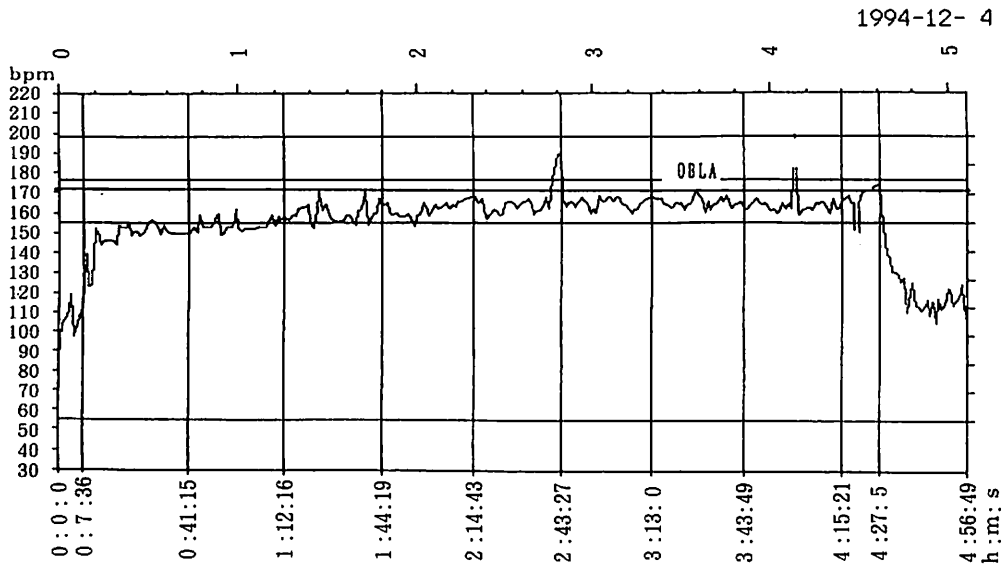


Fig. 3 Heart rate during marathon running (Subject KI)

マラソン走行時間とエネルギー消費量：走行時間は男子295～392分の範囲で、1例は制限時間を超過していた。平均走行時間は5 hr 32 min ($\pm 33, 14$)で、女子は全員、制限時間内にゴール、258～346分の範囲で、平均5 hr 12 min ($\pm 30, 82$)であった。消費エネルギーは男子の最高値はSOの4425kcal、最低値はTKの2765kcalで平均3632.4kcal ($\pm 628, 23$)、女子の最高値はNH

3249kcal、最低値はMIの2467kcal、平均2759kcal ($\pm 249, 57$)であった。走行時間と同様女子が低い傾向を示した。

分時消費エネルギーは男子は9.25～13.81kcal/minの範囲で、平均10.93kcal/min (± 1.61)、女子は7.85～10.18kcalの範囲、平均8.89kcal (± 0.95)であった (Table 4)。

Costillは2時間18分のマラソンランナーの消

Table 4 Marathon running time and energy expenditure

Subjects	Running time (min)	Energy (kcal)	Energy (kcal/min)
(Male)			
TS	314	3582	10.50, 13.81 12.58 9.33 9.74 9.25 11.29
NH	295	4074	
MO	350	4403	
TS	330	3080	
TK	284	2765	
TO	335	3098	
SO	392	4425	
N	7		
Mean	332.4	3632.4	10.93
SD	33.14	628.23	1.61
(Female)			
MO	325	2551	7.85
MI	258	2467	9.56
YM	287	2783	9.70
NH	319	3249	10.18
MK	340	2705	7.96
SF	346	2799	8.09
N	6		
Mean	312.5	2759.0	8.89
SD	30.82	249.57	0.95

費エネルギーを2,700kcalと報告³⁾、テラーは体重60kgのランナーで2,360kcal、70kgで2,750kcalと算出²⁰⁾、McArdleたちは時速8kmで体重54kgは432kcal/hr、70kgは560kcal/hrとしている¹⁰⁾。本研究の平均走行時間で男女それぞれ近似する体重で算出すると、体重54kgで2,160kcal、70kgで3,080kcalと計算できる。本報告は、これらの報告よりかなり上回った消費エネルギーで

あった。このことは制限時間内にゴールするという目的からかなりのスローペースであり、レースに要する時間が長時間になったことが原因と考えられる。また、男女ともに一日の所要エネルギーを遙かに越えるエネルギーを1回のレースで消費していることから⁹⁾、エネルギー補給の慎重な配慮と、日常のトレーニングにおいての計画的な栄養摂取の検討が必要とされる。

III 要約

市民マラソンの運動強度とエネルギーの消費を検討するため、13名の被験者について実験室の all-out 実験から HR- $\dot{V}O_2$ 関係式を作成、マラソン走行中の心拍記録を代入して酸素摂取量を推定、消費エネルギーを算出した。all-out 実験で同時に血中乳酸濃度を分析、OBLA を測定、マラソンの運動強度を推定した。

結果は以下の通りである。

- 1) 最大酸素摂取量(相対値: ml/kg・min)は男子平均43.9ml/kg・min で一般日本人成人の“Average”、女子の平均は48.0ml/kg・min で“Very good”の判定であった。女子の日常の身体活動水準が部活動などで高くなったことが原因と思われた。
- 2) レース中の心拍数は男子平均151.1beats/min, 77% of $\dot{V}O_{2max}$, 女子の平均は155.2beats/min, 76.0% of HRmax であった。酸素摂取量については男子平均32.2ml/kg・min, 67.7% of $\dot{V}O_{2max}$ の成績であった。いずれも競技選手と比較すると低い強度であり、記録にこだわらず、制限時間内の完走を目指したためと考えられた。
- 3) OBLA レベルでの心拍数は男子平均155.8beats/min, 78.7% of HRmax、女子平均は166.4beats/min, 83.5% of HRmax であった。酸素摂取量については男子平均は36.0ml/kg・min, 81.2% of $\dot{V}O_{2max}$ 、女子平均は36.9ml/kg・min, 76.0% of $\dot{V}O_{2max}$ であった。走行中の心拍数、酸素摂取水準を越えず、無酸素性作業閾値以下であり、時間内完走のためには良好なペース水準であった。
- 4) 男子は平均3632.4kcal を消費、女子の平均は2759.0kcal であった。競技選手の消費エネルギーを比較すると高い傾向を示したが、これはレースにかかった時間が長いことが原因と考えられた。

本報告の一部は日本民族衛生学会第23回沖縄地方会で発表した。

IV 文献

- 1) Bowers, R. W., E. L. Fox (1991) Sports physiology. Saunders College Publishing: Philadelphia pp.4-11.
- 2) Costill D. L (1970) Metabolic responses during distance running. Journal of Applied Physiology Vol.28, No.3 pp. 251-255.
- 3) Costill D. L. (1989) Inside running. Benchmark Press, Inc. pp. 29-31.
- 4) Farrell P. A., J. Wilmore, E. F. Coyle, J. E. Billing, and D. L. Costill (1979) Plasma lactate accumulation and distance running performance. Medicine and science in sports Vol.11, No.4, pp. 338-344.
- 5) Helgerud J. (1994) Maximal oxygen uptake, anaerobic threshold and running economy in women and men with similar performances level in marathons. Eur. J Appl Physiol 68 pp. 155-16
- 6) Jacobs I (1986) Blood Lactate : Implications for Training and Sports Performance. Sports Medicine Vol. 3, No.1 pp. 10-25.
- 7) 小林寛道 (1982) 日本人のエアロビック・パワー 杏林書院 pp. 265-266.
- 8) 小林修平 (1991) 健康増進のための運動ガイド 第一出版 pp. 33-39
- 9) 厚生省保健医療局健康増進栄養課 (1994) 第五次改訂 日本人の栄養所要量 第一出版株式会社 p. 48 p. 173
- 10) McArdle W. D., F. I. Katch and V. L. Katch (1986) Exercise Physiology. Lea & Febiger p. 153.
- 11) Maffulli N., T. Vittorino and C. Giobanni (1994) J. Sports Med Phys Fitness. Vol.34 pp.242-249.
- 12) 中村好男編 (1990) コーチング・クリニック (1990) 特集 乳酸-スポーツへの活

- 用を目指してー ベースボールマガジン社 pp. 4-49.
- 13) 中村好男 山本義春 (1993) AT その変遷と新しい理解 ブックハウスHD
- 14) 中村好男 (1992) 一般健常人と持久選手における換気閾値、乳酸閾値、OBLA の標準値について トレーニング科学 Vol4, No.1 pp. 23-30.
- 15) Sharkey B. J. (1984) Physiology of Fitness. Human Kinetics p9
- 16) 進藤宗洋 小笠原政志 田中宏暁 (1991) 運動の生理的効果、村山正博、太田壽城 小田清一編 有酸素運動の健康科学 朝倉書店 pp. 31-51.
- 17) Sjodin B. and Jacobs I. (1981) Onset of blood lactate acuumulation and marathon running performance. Int. J. Sports Medicine Vol.2, No.1 pp. 23-26.
- 18) 東京都立大学体育学研究室 (1990) 日本人の体力基準値 第4版 不味堂出版 pp. 240-242.
- 19) Tanaka K and M. Yoshiyuki (1984) Marathon performance, anaerobic threshold, and onset of blood lactate acuumulation. Journal of Applied Physiology Vol. 57, No.3 pp. 640-643.
- 20) テーラー W. N. 小林義雄訳 (1986) マラソン生理学入門 不味堂新書 p. 68.
- 21) 山地啓司 (1985) 一流スポーツ選手の最大酸素摂取量 体育学研究 第30巻 第3号 pp. 183-193.
- 22) 山地啓司 心拍数の科学 (1981) 大衆館書店 pp. 85-87.