

## 高所登山能力と体重当り最大酸素摂取量

### The Relationship between Maximum Oxygen Uptake per Body Weight and Performance in the High Altitude Mountaineering

島岡 清<sup>\*1</sup> 原 真<sup>\*2</sup>  
武谷 敬之<sup>\*3</sup> 松井 秀治<sup>\*1</sup>

Kiyoshi SHIMAOKA<sup>\*1</sup>, Makoto HARA<sup>\*2</sup>, Hiroshi TAKEYA<sup>\*3</sup>,  
and Hideji MATSUI<sup>\*1</sup>

The maximum oxygen uptake per body weight was measured about 22 subjects from the members of Peruvian Andes Expedition in order to examine the relations with their performance at high altitudes. The performance of each subjects at high altitudes was estimated by their daily activities at the Mt. Huascarán (6768 m).

The results are as follows.

1. High correlations were observed between the maximum oxygen uptake per body weight and the performance at high altitudes. The most of subjects who have the value of more than 55 ml/kg·min got the summit, although the other could not.
2. The subjects who have high capacity of oxygen uptake acclimatized more speedy than those of low capacity.
3. The subjects who have experiences at high altitudes were obviously stronger than the newcomers in the high altitudes, even though their oxygen uptake ability was equal.

From these results it might be suggested that the capacity of oxygen uptake and the experiences at high altitudes may be very important in the high altitude mountaineering.

近年、ヒマラヤや、カラコルム、アンデスなどにおける高峰登山では、その登山形式が変わりつつある。多くの人員と、多量の物資を動員し、長期間の日数をかけて登った、極地法といわれる登山形式から、少人数で短期間の内に登ってしまう、アルパイン・スタイルといわれる登山形式に変わってきたこと、8000 mを越える高所においても、酸素を使用しなくなってきたことが、その変化の主なものである。<sup>注1)</sup> 極地法による登山では、各高度に設けられた多数のキャンプに、いかに物資を

補給し続けるか、ということが、登山の成否に重要な役割を占めており、登山隊員個人の技術や体力は、それほど問題にされなかった。ところが、近年の、アルパイン・スタイルによる無酸素の高峰登山では、隊員各自が、短期間の内に、いかに多くの高度を獲得できるか、ということが、登山の成否を左右することから、隊員個人の技術や、特に体力が重要視されるようになってきた。しかしながら、高所における登山能力と体力とが、どのように関係しているか、という点に関しては、

\*1 名古屋大学総合保健体育科学センター \*2 原 病院 \*3 国立札幌病院

\*1 Research Center of Health, Physical Fitness and Sports, Nagoya University.

\*2 Hara Hospital, Nagoya. \*3 National Sapporo Hospital.

注1) 1978年から1979年にかけて、世界第1位のエベレスト(8848 m)、第2位のK2(8611 m)、第3位のカンチエンジュンガ(8598 m)が、それぞれ、オーストリア、アメリカ、イギリスによって、相ついで無酸素により登頂されている。

現在のところ、まだ十分には、わかっていない。

そこで、本研究では、高所登山に必要な体力として、体重当り最大酸素摂取量に代表される、全身持久性の能力を選び、実際に行なわれた高所登山において、隊員各自の登山行動と、あらかじめ測定した体重当り最大酸素摂取量とを比較検討することによって、高所登山能力と、体力との関係を明らかにしようとした。

## 方 法

### 1. 対象

研究対象とした登山隊は、1979年7月に、ペルー・アンデスに遠征した「ペルー・アンデス学術登山隊」である。この登山隊は、ペルー・アンデス、ブランカ山群のワスカラン峰を登るために組織された隊であり、全国から公募された、高所未経験者からなる一般隊員と、豊富な高所経験を持ち、一般隊員を指導する役割を持った、講師隊員とから構成されている。登山対象としたワスカラン峰は、アンデス第3位の高峰であり、標高は6768 mである。(図1)

山容は、アンデスとしては、比較的隠やかであり、登路には、特に技術的に困難な箇所はないが、ベース・キャンプから頂上までの距離が非常に長いために、体力が要求されることから、本研究の対象として、適した山であったと考えられる。



Figure 1. Mt. Huascarán (6768 m) from the glacier below camp 1.

### 2. 被 検 者

被検者は、一般隊員、講師隊員を含めた全隊員37名の内から、有志22名(女子4名)である。被検者の、年齢、体重、身長は、表1に示してある。被検者の内、一般隊員の登山歴は、3~4年から、15~16年であり、いずれも日本の冬山登山を経験している。また、講師隊員の登山歴は、10年から20数年であり、いずれも、アンデス、ヒマラヤ、パミール、カラコルムなどで、豊富な高所登山の経験を持っている。

### 3. 最大酸素摂取量の測定

被検者は、登山開始の約1ヶ月前に、名古屋大学総合保健体育科学センターにおいて、最大酸素摂取量の測定を行なった。

方法は、トレッドミルを用いた、速度漸増法である。被検者は、傾斜8.6%のトレッドミルを、毎分120 m(女子100 m)の初速度で走り始め、毎分10 mずつ、速度を漸増することによって、約4~10分で、Exhaustionに達したが、その時の酸素摂取量の最大値を、最大酸素摂取量とした。呼吸ガスは、1分間ごとにダグラスバック法によって採取し、その分析は、モーガン製O<sub>2</sub>分析器、及び、ゴダルト製CO<sub>2</sub>分析器によって行なった。

### 4. 登山行動の記録

隊員各自の登山行動を記録するために、被検者を含めた全隊員に、記録カードを渡し、各自が、毎日、その日の行動と、高山病にともなう諸症状や、体調を記入するようにした。そして、カードに記入された行動記録から、登山終了後に、各隊員の行動図を作成した。

### 5. 高所順応の方法

高所登山においては、すみやかに高所順応を獲得することが重要である。

高所順応の方法には、経験によって得られた、いくつかの方法があるが、本登山隊では、基本的には、原によって提唱されている方法<sup>1)</sup>を用いた。具体的には、7月5日に、4100 m地点に、ベース・キャンプ(B. C)を設営してから、7月19日

**Table 1.** Physical characteristics and reached altitudes of members of the Mt. Huascaran Expedition who acted as subjects. (\* — Subject who got the summit.)

Subject	Age (years)	Weight (kg)	Height (cm)	$\dot{V}O_2$ max/wt.min (ml/kg.min)	Exhaustion time (min' sec'')	Reached altitude (m)
male						
* H.S	28	61.0	169.5	63.8	9'29''	6768
* K.O	23	54.5	160.0	63.7	9'32''	6768
* K.I	26	62.0	176.0	62.8	9'30''	6768
M.T	31	54.5	168.0	62.6	8'49''	6450
* H.K	27	55.0	167.0	60.2	9'00''	6768
* T.M	22	60.0	166.0	59.3	8'10''	6768
* Y.U	26	65.0	171.0	59.2	8'00''	6768
* J.T	22	71.5	178.0	58.7	8'26''	6768
* S.M	32	64.0	173.0	58.3	9'00''	6768
H.Y	21	66.0	170.0	57.6	9'04''	6450
K.S	32	59.0	164.0	56.7	8'19''	6450
* S.K	22	55.5	170.0	55.7	8'00''	6768
H.Na	35	50.0	166.0	54.5	7'09''	5900
* M.H	43	68.5	164.0	53.8	7'00''	6768
Y.N	20	66.5	172.0	53.6	6'35''	6450
H.No	26	67.0	174.0	49.3	5'30''	6450
Y.S	29	84.0	172.0	47.2	5'15''	4200
M.N	36	75.5	173.0	43.5	5'06''	6150
female						
K.I	29	51.0	157.0	46.2	6'38''	5900
T.K	29	42.5	148.0	42.8	3'55''	4600
H.S	27	63.0	159.0	42.7	6'21''	5900
N.T	38	51.5	157.0	42.7	5'05''	5900

に徹収するまでの、2週間の登山期間を、3段階にわけ、第1段階及び、第2段階で、それぞれ、鋸歯状の行動を繰り返すことによって、高所順応を獲得し、一旦、B.C.で休養した後、第3段階で登頂する方法をとった。そして、一部を除いて、ほぼ全隊員が、同様の行動パターンで、登山活動を行なった。

### 結果と考察

#### 1. 体重当り最大酸素摂取量と登頂の成否

各被検者の体重当り最大酸素摂取量を、大きい順に、表1に示した。男女とも、ほとんどの被検

者で、一般成人より高い値を示したことから、一般人に比べて、やや高い体力水準にあったと考えられる。特に、上位の数名では60 ml/kg.minを越え、一般人としては、かなり高い全身持久性の体力を持っていたと考えられる。なお、被検者のほとんどが、本測定時点で、遠征に備えて、週2～3回の、ランニングを主体とするトレーニングを行っていた。

表1で、被検者の内、2週間の登山期間中に登頂できた者については、氏名の前に\*印をつけた。また、被検者の体重当り最大酸素摂取量と、Exhaustion timeとの関係を、図2に示したが、登

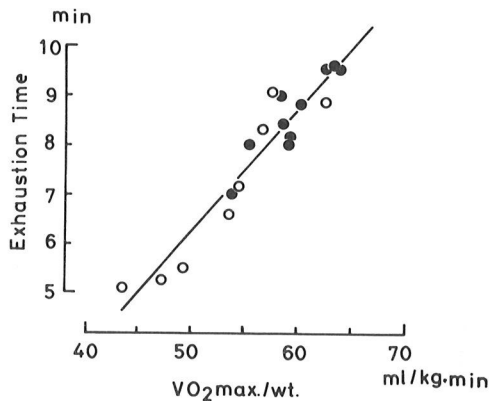


Figure 2. Relationship between maximum oxygen uptake per body weight and exhaustion time. (●—Subject who got the summit.)

頂者は黒丸で、非登頂者は白丸で表わしてある。(女子については、男子と初速度が異なるため、図から省いた。)

これらを見てわかるように、体重当り最大酸素摂取量及び Exhaustion time が上位にある者は、そのほとんどが登頂しているのに対し、下位にある者は、そのほとんどが登頂できなかった。また、女子は、全員登頂できなかった。非登頂者の内、M.T., H.Y., K.S. の3名は、頂上アタックの7月17日が、猛風雪となり、時間的、体力的な余裕があったにもかかわらず、6450 m 地点で引き返した。したがって、もし好天であれば、おそらく登頂していたと考えられる。

但し、その他の男子非登頂者及び女子では、体力的な理由によって、登頂できなかった。また、登頂者の内、最も体重当り最大酸素摂取量が低かった M.H. は、被検者の内最年長であり、最も多くの高所登山経験を持っていることから、高所未経験の一般隊員とは、区別して考える必要がある。

これらの事情を考慮すると、高所未経験の一般隊員では、体重当り最大酸素摂取量で、55 ml/kg·min, Exhaustion time で8分という値が、今回の登山では、登頂者と非登頂者とをわける、臨界値になったと考えられる。

## 2. 登山行動パターンの比較

図3に、Y.U.の登山中の行動パターンを示した。Y.U. は、パミールや、ヒマラヤで高所登山経験を持つ講師隊員であるが、一般隊員の内、最も体力的にすぐれていたグループを率いて行動した。したがって、Y.U.の行動パターンは、体力最上位グループの行動を代表している。図4に、男子の内、体重当り最大酸素摂取量が最も低かった M.N.の行動パターンを示したが、この図は、体力下位グループの行動を代表している。

また、図5に、女子を代表して、H.S. の行動パターンを示した。これらを比較してわかることは、第1段階及び第2段階の、高所順応のための行動で、すでに獲得高度に差がみられることである。この、高所順応のための行動は、各自が、一定時間内に、無理をしない程度に、登れる所まで登って、再び降りてくる、という方法をとった。

したがって、ここに表わされた高度は、登攀の速度、あるいは、頭痛などの高所傷害がひどくなって、それ以上登れなくなった地点を反映している。Y.U.では、第1段階で5030 mまで達したのに対し、M.N.では4700 m, H.S.では4600 mである。第2段階では、Y.U.が6100 mまで達したのに対し、M.N.では5160 m, H.S.では5000 mである。

すなわち、体力上位グループと、下位グループとでは、獲得高度において、第1段階で300～400 m, 第2段階で1000～1100 mの差ができていく。そして、この、第2段階での大きな差が、第3段階での、登頂と非登頂との差につながっていると考えられる。

M.N.や H.S.でも、第3段階では、ほぼ6000 mまでの高所順応を、完了していることから、登山期間がもっと長ければ、次の第4段階で、登頂できたかも知れない。

以上のことから、体重当り最大酸素摂取量に代表されるような、全身持久性の体力にすぐれている者は、一定期間内に獲得できる高度が、より大きい。すなわち、高所順応の速度が早い、ということが出来る。その結果、実際の高所登山では、頂上アタックの時期が早くなり、それだけ、登頂

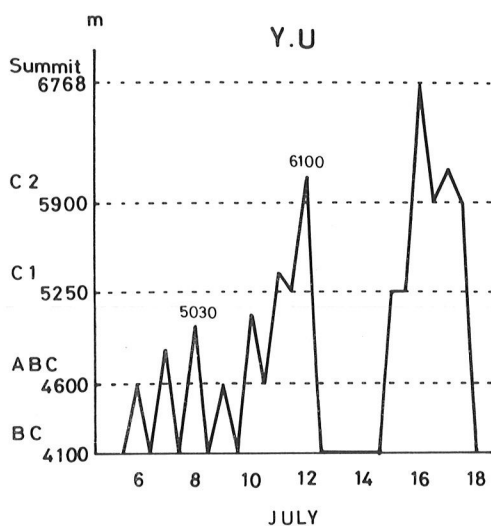


Figure 3. Climbing pattern of subject Y.U.

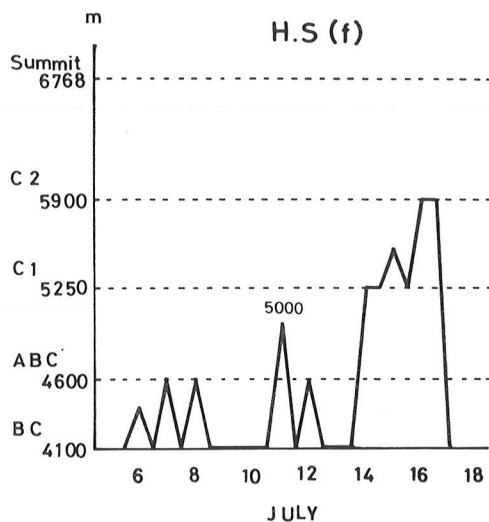


Figure 5. Climbing pattern of subject H.S.

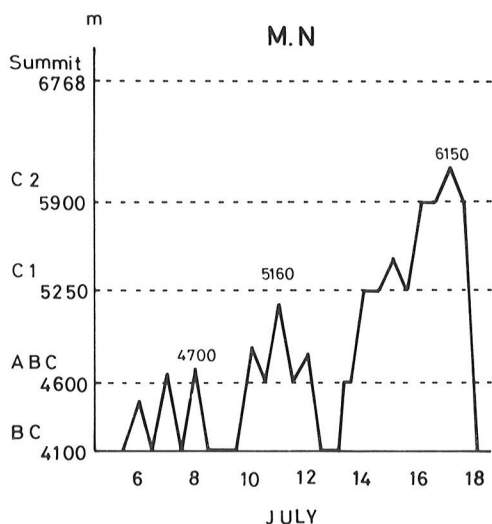


Figure 4. Climbing pattern of subject M.N.

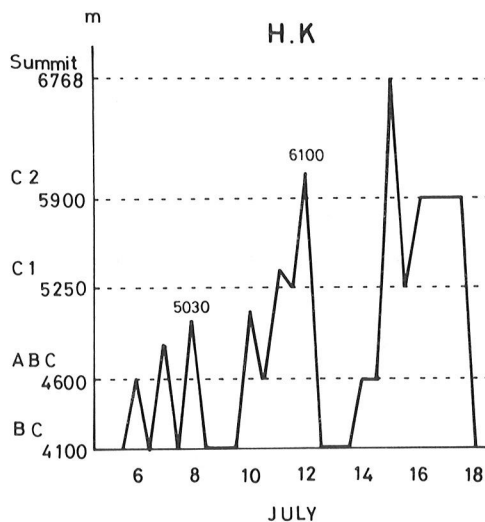


Figure 6. Climbing pattern of subject H.K.

の成功率が高くなると考えられる。

### 3. 高所経験者と未経験者との差

被検者の中で、高所経験の豊富な、講師隊員は、H.K., Y.U., M.H. の3名であった。

これらの3名は、実際の登山活動で、体重当り最大酸素摂取量が同一水準にある一般隊員に比べ

ると、高所で、はるかに大きな行動力を示した。図6は、前年度にカラコルムで高所登山を行なったH.K.の、行動パターンである。H.K.は、第2段階までは、体力上位グループと行動をともにしたが、第3段階では、氷河末端のアドバンス・ベースキャンプ (A, B, C) から、一気に登頂した。

標高差 2200 m を、約 9 時間で登ったが、この

高度では、記録的な行動力である。

この例にもみられるように、高所経験者では、明らかに、未経験者より、高所順応力がすぐれていたが、これは、前回の高所経験による生理的な順応が、一部残っていたと考えられることのほかに、経験の積み重ねによって、高所での自己管理がすぐれていたのだと考えられる。たとえば、体力上位グループの一般隊員の中に、第1段階で、やや無理な行動をしたために、第2段階に入った時点で、体調を崩したという例が、多くみられたが、講師隊員の中に、そのような例は、ほとんどみられなかった。このことは、高所順応のための行動段階では、無理な行動は、かえって高所順応を妨げるということを、示唆している。講師隊員では、このことが経験的にわかっているために、行動に抑制がかかっているのに対し、高所未経験者では、そのような認識がなく、つい無理をして、より多くの高度を獲得しようとするために、結果的に、体調を崩すことになったと考えられる。したがって、高所登山では、順応段階における行動の抑制や、十分な睡眠によって疲労の回復をはかる、といった自己管理が重要であろう。

#### ま と め

高所登山における、体力の役割を研究するために、1979年7月、ペルー・アンデス、ワスカラン

峰 (6768 m) に遠征した登山隊員の内22名について、遠征前に、体重当り最大酸素摂取量を測定し、実際の登山行動と比較検討して、次の結果を得た。

1. 体重当り最大酸素摂取量が 55 ml/kg·min を越えた隊員では、そのほとんどが登頂したのに対し、それ以下の隊員では、ほとんど登頂できなかった。
2. 体力上位の隊員では、下位の隊員に比べて、高所順応の速度が、早かった。
3. 体重当り最大酸素摂取量が、同一水準にある、高所経験者と未経験者とを比較すると、高所における行動力は、明らかに、高所経験者が、まさっていた。

これらの結果から、高所登山では、酸素摂取能力及び、高所経験が、重要な役割を果たすと考えられる。

☆ ☆

最後に、遠征の前後及び、遠征中に、本研究のために、御協力下さった、多くの隊員の方々に感謝いたします。

#### 文 献

- 1) 原 真, 高所順応の方法。岩と雪  
1) 62: 34-41, 1978.

(1980年1月30日受付)