

高所登山のための低圧トレーニング
——ダウラギリ 1 峰登山隊の場合——

Training in Simulated Altitudes before
High Altitude Mountaineering

——The Case of Mt. Dhaulagiri 1 Expedition——

島岡 清^{*1} 森 滋夫^{*2} 高林 彰^{*2}
山本 正嘉^{*3} 原 真^{*4}

Kiyoshi SHIMAOKA^{*1} Shigeo MORI^{*2} Akira TAKABAYASHI^{*2}
Masayoshi YAMAMOTO^{*3} Makoto HARA^{*4}

Two excellent climbers who had much experience in high altitude mountaineering performed physical training in simulated altitudes for 6 days (1981, Apr. 6—9, 15—16) before Mt. Dhaulagiri 1 (8167m) expedition. The peak altitude was 6000m on the 1st day, 7000m on the 2nd day and 8000m from the 3rd to the 6th day. Daily exposure to simulated altitude was from 220min to 250min. During each exposure the subjects exercised on a bicycle ergometer with stepwise increased work load of 150, 300 and 450kpm/min for every 4 min. Each exercise was performed at 4000, 6000, 7000 and 8000m respectively. Throughout the training period, both subjects could perform the exercise completely below 7000m but both failed to perform it at 8000m except on the 3rd day. After this training they arrived at Kathomandu on Apr. 23. As they could not get a plane to Jhomsumba near the B.C (base camp) due to bad weather, the schedule for mountaineering was delayed about 3 weeks. One of the subjects gave up mountaineering because of this delay but another one started caravan by walking on May 5. He built a B.C at 5000m May 25, started to climb the North East Ridge route on May 29 and reached the top on Jun. 2. It took only 8 days from B.C to the top. Though he was unexperienced in practical climbing above 7000m, high altitude sickness was comparatively slight. He could climb very quickly for high altitude mountaineering above 8000m. His climbing showed that he might have been already acclimatized to high altitude before this climbing. From these results, it is considered that experience in high altitude mountaineering, training in simulated altitudes and caravan to the B.C were all effective to get high performance in this mountaineering.

はじめに

1978年に、R・メスナーとP・ハーベラーが、
無酸素（登攀中に、人工的な酸素補給を行なわな

いこと）で、エベレスト（8848m）の登頂に成功
し、翌1979年までに、残るK2（8611m）、カン
チェンジュンガ（8586m）、ローツェ（8516m）

*¹ 名古屋大学総合保健体育科学センター

*² 名古屋大学環境医学研究所

*³ 東京大学教育学部体育学研究室

*⁴ 原病院

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

*² Research Institute of Environmental Medicine, Nagoya University.

*³ Laboratory for Exercise Physiology and Biomechanics, Faculty of Education, University of Tokyo.

*⁴ Hara Hospital.

などの高峰が、相次いで無酸素登頂されたことによって、世界のすべての8000m峰は、無酸素で登りうることが実証された。さらに、登山用具の改良が進み、装備類が軽量化し、登攀技術も進歩した結果、8000m級の高峰登山といえども、以前に比べて、より少ない人数と、短かい期間で登ることが可能になってきた。無酸素による高峰登山では、高所滞在中の身体的消耗が、酸素を使用する場合に比べて、はるかに大きいので、従来の高峰登山のように、時間をかけて、ゆっくりと登ることは、必ずしも有利なことではなく、むしろ、なるべく早い速度で登ることが、登山の成功や、安全にもつながると考えられる。したがって、少人数による無酸素速攻登山では、登山家個人の体力や⁷⁾、技術、高所順化の良し悪し等が、直接、登山の成否を左右することになるので、事前のトレーニングや、高所登山経験の積み重ねが、一層、重要視されるようになってきた。高所順化を効率的に得るためには、現地で鋸歯状の登降行動を繰り返すことや、初体験の高度での長時間滞在を、なるべく避けること等が指摘されている²⁾外、高所経験のある者では、ない者より、順化が早いことも、経験的に知られている¹²⁾、また、豊富な高所登山経験を持っている登山家では、事前に十分な身体トレーニングによって体力を高め、さらに、低圧室を利用したトレーニングによって、低



Figure 1. Mt. Dhaulagiri 1 (8167m)

圧環境に慣れておくことによって、現地での順化行動をある程度省略し、登山期間を短縮し得る可能性のあることを、筆者らは、マッキンリー峰登山隊に関して報告した⁹⁾。しかし、マッキンリー峰(6192m)の標高は、高峰としては低く、より高い高峰登山に対しても同様のトレーニング法が効果的であるかどうかについては不明である。そこで、本実験では、8000m級の高峰登山に対しても、事前の低圧トレーニングによって、あらかじめ低圧耐性を高めておくことが、実際の登攀行動のパフォーマンスを高め得る可能性が、あるかどうかをみるために、8000m峰の速攻無酸素登山を目指した2名の登山家に対して、遠征前に低圧トレーニングを行ない、現地での登攀行動を分

Table 1. Physical characteristics and experience of high altitude mountaineering of subjects

Subj.	Age	Height (cm)	Weight (kg)	$\dot{V}O_{2,max}/wt$ (ml/kg·min)	Experience of high altitude mountaineering
H.Ka	29	167.0	55.0	60.2	1978. Oct. Mt. Latok 3 (6,949m) 1979. Jul. Mt. Huascarán (6,768m) 1980. Jun. Mt. Mckinley (6,192m) 1980. Oct. Mt. Rosh (5,663m) 1981. Jan. Mt. Aconcagua (6,959m)
M.Ya	23	178.0	71.0	60.5	1980. Sep. Mt. Shivling (6,543m) 1980. Oct. Mt. Rosh (5,663m) 1981. Jan. Mt. Aconcagua (6,959m)

析することによって、その可能性を検討しようとした。

方 法

1. 対象

対象とした登山隊は、1981年のプレモンスーン期に、ネパールヒマラヤ、ダウラギリ1峰(8167m)の速攻無酸素登山を計画していた2名の登山家から成る登山隊である。被検者となった2名の体格、酸素摂取能力、主な高所登山経験を表1に示した。

2名とも、体重当りの最大酸素摂取量は、60ml/kg・minを越えており、小林の分類によれば⁴⁾、H. Kaは、Excellent、M. Yaは、Very goodに、それぞれ相当し、一般成人としては、かなり高い体力水準にあったと考えられる。また、2名とも、この遠征登山前の1年間に、各3回の高所登山を体験しており、特に、本トレーニング3ヶ月前の1月には、約7000mの高度を体験していたために、高所順化しやすい身体状況であったと考えられる。

2. 期日、場所

低圧トレーニングは、1981年4月6日から9日までの4日間、及び15、16日の2日間、計6日間、名古屋大学環境医学研究所、低圧、低温環境シミュレーター内で行なった。なお、H.Kaのみ、遠征準備のため、16日は、トレーニングを行なわなかった。

3. トレーニング手順

8000mでの運動を、なるべく多く体験することを目的としたこと、及び、いずれの被検者とも、豊富な高所経験があり、過去に低圧トレーニングを行なったことがあること等を考慮して、図2に示したようなトレーニング計画を作成した。すなわち、到達高度を、初日6000m、2日目7000m、3日目以降は8000mとし、被検者は、常圧下で、モナーク製自転車エルゴメーターによる一定負荷運動(50RPM, 0.5Kp・4min + 1.0Kp・4min + 1.5Kp・4min)を行なった後、4000m, 6000m,

7000m, 8000mの各高度で、同一負荷による運動を行ない、下降中には、自由負荷(50RPM, 1~2Kp・10~20min)による運動を行なった。低圧室内の温度は、20°C、湿度は60%とし、高度の上昇速度は、毎分約150m、下降速度は、毎分約120~150mとした。1回の低圧暴露時間は、220~250分であった。低圧暴露中は、日本光電製ポリグラフによって、胸部双極誘導による心電図の監視を行なった外、低圧室内に入った検者が、被検者の動作、表情等を直接、監視することによって、被検者の健康状態に、十分な注意を払った。

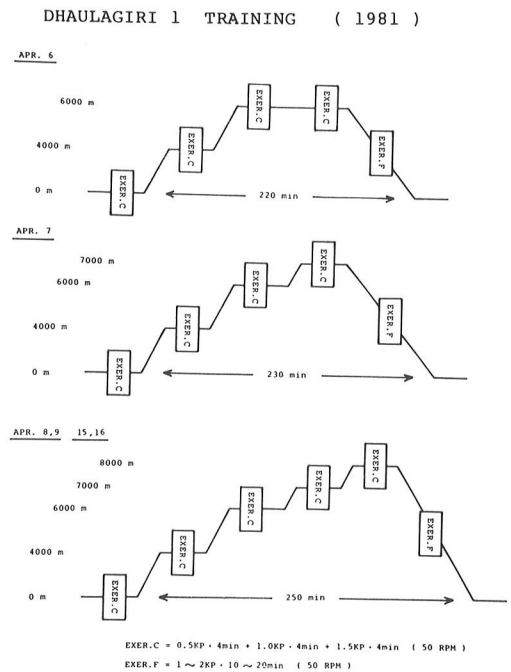


Figure 2. Schema of training procedure

結 果

1. 8000mでの運動について

いずれの被検者とも、7000mまでの運動はすべて遂行することができた。8000mでの運動は、両者とも予定通り、3日目に遂行することができたが、H.Kaの場合には、4日目の8000mで、最後の2分間の運動が続けられず、間をおいた5日目では、最初からできなかった。M.Yaの場合には、4日目以降の8000mでの運動は、すべて、

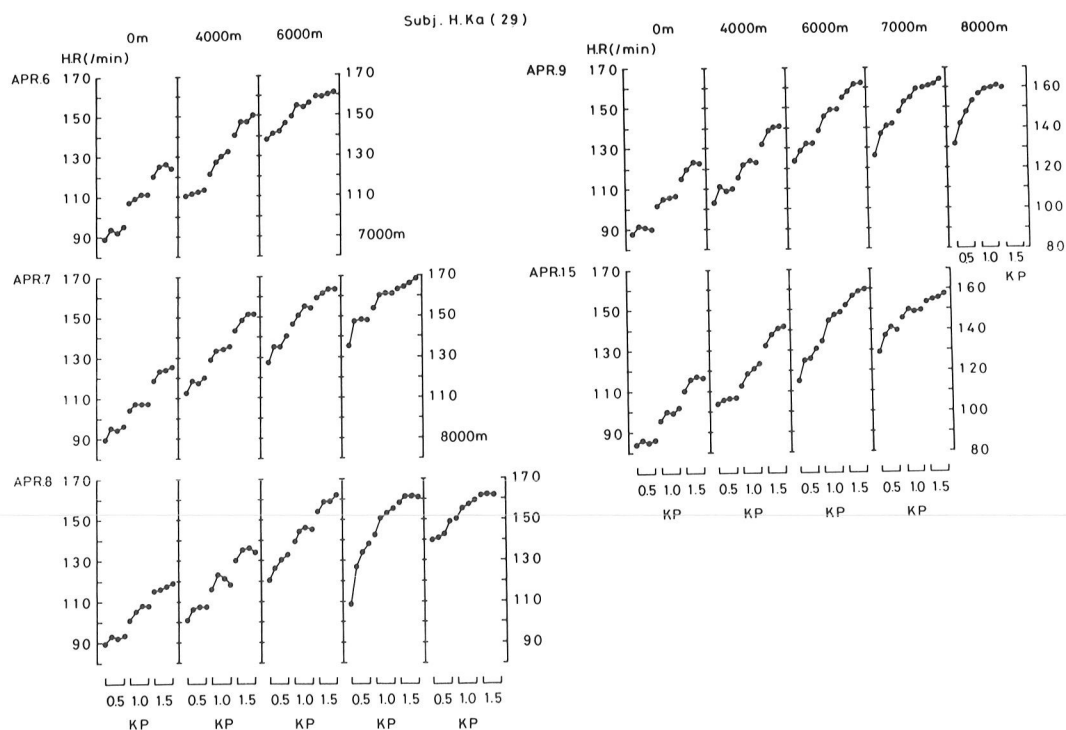


Figure 3. Heart rate of subject H.Ka during exercise at various altitudes

できなかった。

2. 運動中の心拍数について

図3に、H.Ka、図4にM.Yaの、各高度における一定負荷運動中の心拍数を示した。いずれの被検者とも、高度が上がるにつれて、心拍数は増加したが、H.Kaの場合、常圧下での運動に比べて、4000mでは毎分約20拍、6000mでは、毎分30~40拍程度増加したが、それ以上の高度では、心拍数の増加は、ほとんど起こらず、最高心拍数は、毎分160拍程度であった。H.Kaについては、1980年6月にも、同様の低圧トレーニングを行なっているので⁹⁾、当時と比較してみると、同一高度での同一負荷運動では、心拍数に、きわめて再現性が高かった。M.Yaについても、H.Kaと同様の傾向がみられたが、6000mで、心拍数の増加が頭打ちになることはなく、7000mでも、さ

らに増加した。しかし、8000mでの増加は、ほとんどなく、常圧下に比べると、毎分50~60拍程度の増加であった。7000m以上での最高心拍数は毎分155~170拍程度であったが、4日目だけは、異常に低く、毎分127拍であった。

3. 低圧下での作業能力について

4000mを越える高度での最大作業負荷テストには、危険がともなうこと、4000m~6000mの高度における実際の登行中の心拍数が、毎分120~150拍程度であること、低圧室内での各高度における運動中の心拍数の上限が、毎分150~170拍程度であることなどから、PWC150を、低圧下での作業能力を示す、指標の一つとした。2名の被検者について、各高度における一定負荷運動中の心拍数と、その時の物理的仕事量との関係から、回帰直線によって、心拍数150拍/分に相当する

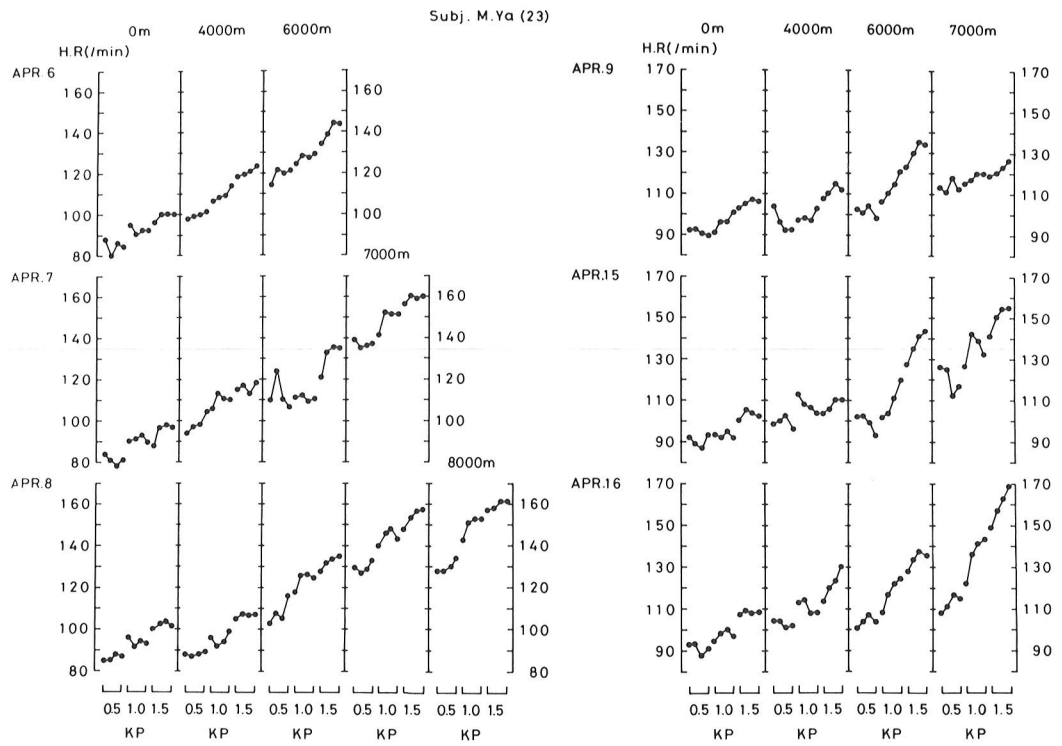


Figure 4. Heart rate of subject M.Ya during exercise at various altitudes

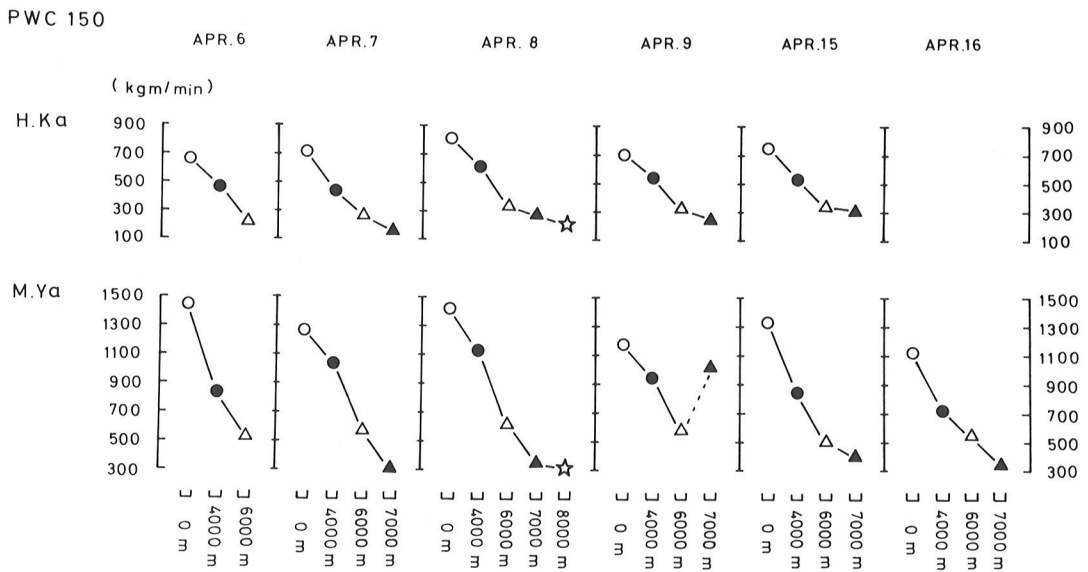


Figure 5. PWC 150 of subjects at various altitudes
 (○ 0m ● 4000m △ 6000m ▲ 7000m ☆ 8000m)

仕事量を求めたものが図5である。H.Kaについては、3日目までは、いずれの高度においても、増加する傾向がみられたが、4日目以降は、やや減少、あるいは、変わらない傾向にあった。M.Yaについても、同様の傾向がみられ、3日目までは、やや増加し、4日目以降は、やや減少する傾向にあった。なお、M.Yaの4日目、7000mでの値が、6000mに比べて増加しているが、これは、7000mでの運動中に、心拍数が上昇しなかったことによるもので、作業能力が高まったのではなく、むしろ、調子が悪かったことを意味している。

4. 現地での登山行動について

4月下旬、2名の登山家は、カトマンズに到着し、登山活動に入った。当初の予定では、カトマンズからベースキャンプ近くまで、航空路を利用し、それによって、通常2~3週間かかるキャラバンを、大巾に短縮し、5月初旬には、登攀を開始する予定であったが、悪天候と飛行機の故障によって、航空路が利用できなくなったため、計画は、1ヶ月近く遅れることとなった。この時点でM.Yaは、仕事の都合で帰国することになり、H.Kaのみ、通常の徒歩によるキャラバンによって、5月6日ポカラを発ち、5月25日、ダウラギリ山麓5000m付近に、ベースキャンプを設けた。その後の登攀行動については、図6に示したが、5月28日、5720m地点に、アドバンスベースキャンプを設けた後、翌29日から北東稜の登攀を開始し、途中、休養のため7600m地点で、1日停滞した後、6月2日、18時30分、登頂に成功した。

考 察

筆者らは、これまでに、遠征登山隊に対して、数回の低圧トレーニングを行なっているが⁹⁾¹⁰⁾¹¹⁾、低圧負荷は、実際の登山と同じように、日毎に少しずつ高度を上げるような、漸増法をとっている。高所未経験者に対しては、初日の到達高度を4000m、経験者に対しては5000mとし、1日に、1000mずつ上げることによって、最終的に6000~7000mの高度で、一定負荷運動ができるよう

になることを目標としているが、この方法で、被検者の多くが、目標を達成していることから、高所登山を目指す登山家への低圧負荷としては、ほぼ妥当であろうと考えている。これに対して、今回行なった、初日6000m、3日目には8000mという低圧負荷設定は、きわめて、厳しいものであったが、今回の登山の目的が、8000m峰を、無酸素で、しかも、できるだけ早く登ろうということであったのと、被検者が、高所登山家としての実績を、すでに持ち、連続的な高所登山経験を積み重ねていたことなどから、敢えて設定した。その結果、最初は、順調にトレーニング計画を消化することができ、3日目には、8000mでの運動を遂行することができた。このことは、高所未経験者や、1年以上前に高所経験をした被検者に比べて、明らかに低圧耐性が高く、3ヶ月前の、7000mまでの高所経験が、かなり影響していたと考えられる。また、各高度でのPWC150について、両者とも増加傾向にあったことから、最初の3日間で、低圧耐性も高まったのではないかと考えられるが、同様の現象は、この後行なわれた、他の登山隊に対する低圧トレーニングでも観察された¹⁰⁾。3日目に、両者とも8000mでの運動が完遂できたにもかかわらず、4日目以降は遂行できなかった原因については良くわからないが、本実験の際、各高度での運動終了直後に測定された、インピーダンス法による、1回拍出量が、4日目の7000mでは、3日目に比べて顕著に小さかったことから、4日目の8000mでは、運動の際に、必要なだけの心拍出量の増加が得られなかったことが、直接の原因の一つと考えられる⁶⁾。また、M.Yaでは、4日目の7000mでの運動の際に、異常に心拍数が低かった。このように、高度が上がったにもかかわらず、心拍数が上昇しない、あるいは、低下する場合には、意識喪失などを起しやすい事は、すでに報告されているが⁵⁾、7000mで、このような現象がみられたことは、次の8000mで運動ができない前兆であったと考えられる。しかし、約1週間後の5日目及び6日目については、これらの顕著な現象は、特にみられず、8000mで、運動できなかった理由は不明である。なお、

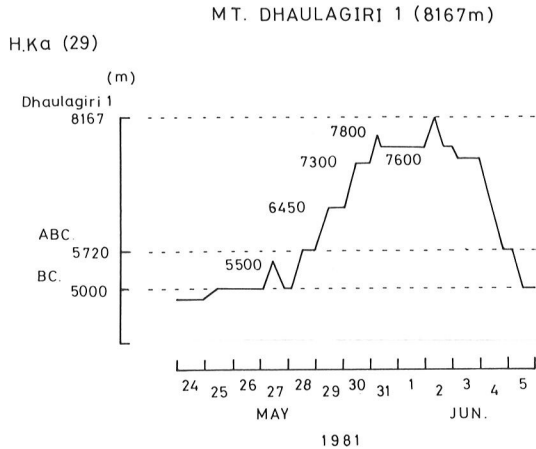


Figure 6. Climbing pattern of subject H.Ka on the Mt. Dhaulagiri 1

被検者の感想では、4日目以降は、3日目までの疲労が一挙に出た感じで、体調が悪かったという。実際の登山活動では、鋸歯状の行動を繰り返すことによって、高所順化を獲得するが、その際、疲労が蓄積しないように、無理な行動は避けることが大切である²⁾⁸⁾。これらのことから、低圧室による急性の低圧暴露の場合にも、疲労の蓄積は、低圧下でのパフォーマンスを防げる可能性があると考えられる。したがって、今回の低圧荷設定が、たとえ、被検者が、豊富な高所経験を持っていたにしても、やや、きつ過ぎたか、あるいは、高所経験者にとっても、急性の高所順化で、ある程度の運動ができる限界が、8000m 付近であることを示すのか、どちらかであったと考えられる。2名の被検者は、低圧トレーニングの1週間後に、カトマンズ入りし、5月初旬には、登攀活動を開始する予定であったが、前述の理由で、H.Kaのみ、計画より、約1ヶ月遅れの5月下旬に、登攀を開始することができた。手記によれば³⁾、キャラバン中は、6000m まで体験したが、高山病症状を感じた事は全くなく、登攀を開始してからも、7000m までは、かなり体調が良かったという。ただ、7800m 付近に達したところで、かなりの疲労を感じたため、一旦、7600m まで下って、まる1日休養し、翌日、登頂した。図6に示したように、通常の高峰登山の際にみられるような、

鋸歯状の順化行動は、ほとんどなく、ベースキャンプ設営後、8日目の登頂という、8000m 峰としては、きわめて早く、かつ特異な行動パターンによる登頂であった。このような登山行動ができるためには、登攀を開始した時点で、すでに高所順化が、ほとんどできていたと考える必要がある。そのためには、4ヶ月前の、7000m までの高所体験、出発前の8000m までの低圧トレーニング、さらに、登攀前、約3週間のキャラバンによる影響の、3つの理由が考えられるが、それぞれ単独の理由で、今回の登山行動を説明するには、無理があり、恐らく、以上の3条件が、すべて、今回の行動に役立ったと考えるのが、自然であろう。本研究で、目的とした、低圧トレーニングの効果について、今回の実験結果から検討することは、困難であるが、キャラバン中に、全く、高山病症状を感じなかったこと、同一被検者について、マッキンリー登山の際には、事前の低圧トレーニングが、何らかの効果を及ぼしたと考えられること⁹⁾、浅野らによる、他の登山隊に対する低圧トレーニングでも、呼吸、循環機能に一部改善がみられたこと¹⁾等から、高所登山の前に、低圧環境下でトレーニングを行なうことは、高所登山のパフォーマンスを高め得る可能性があると考えられる。

☆ ☆

○本研究の要旨は、日本体育学会第34回大会で発表した。

○本研究の被検者となられ、多大な御協力を頂いた禿博信氏は、1983年10月エベレスト登頂の帰途、遭難されました。心から御冥福をお祈りいたします。

文 献

- 1) 浅野勝己, 鮮干撰, 松坂晃, 平木場浩二: 低圧環境トレーニングの呼吸循環機能に及ぼす影響に関する研究—ヒマラヤ登山者への高所馴化の試み(第2報) 日本体育学会第34回大会号 p213, 1983.
- 2) 原真: 高所順化の方法, 岩と雪, 62: 34-41, 1978.
- 3) 禿博信: ダウラギリ単独登頂, 岩と雪, 84: 43-50, 1981.

- 4) 小林寛道：日本人のエアロビック・パワー。杏林書院，1982.
- 5) 御手洗玄洋，森滋夫，浅野俊樹，東田陽博，高木貞治，高林彰，榎原学：高所環境下の症状，心拍変化と ERG，VER 変化の比較考察。環研年報 28: 1-7, 1977.
- 6) 森滋夫，榎原学，高林彰，高木貞治，八木哲也，島岡清，御手洗玄洋：高度の低圧酸素負荷繰り返しに伴う心機能変化。環研年報，33: 26-28, 1982.
- 7) 島岡清，原真，武谷敬之，松井秀治：高所登山能力と体重当り最大酸素摂取量。総合保健体育科学，第3巻1号：41-46, 1980.
- 8) 島岡清：高所登山の要素—岩と雪。83: 48-55, 1981.
- 9) 島岡清，森滋夫，原真：低圧環境シミュレータによる高所登山前トレーニングの一試行—マッキンリー登山隊の場合。日本生気象学会雑誌第18巻第2号：86-91, 1981.
- 10) 島岡清，森滋夫，山本正嘉：高所登山のための低圧トレーニング—ムスタグ・アタ北峰登山隊の場合。昭和56年度日本体育協会，スポーツ医科学研究報告 No II，競技種目別競技力向上に関する研究，129-135, 1982.
- 11) 島岡清，森滋夫，原真：低圧トレーニングの実際。登山医学，Vo1.3 印刷中.
- 12) Ward, M: 高所医学 (御手洗玄洋，中島寛訳)。山と溪谷社，1976.

(昭和59年1月21日受付)