

## 低圧環境シミュレーター内における高所順応 トレーニング体験記

渡 辺 雄 二

### 1. はじめに

昨年の夏(1984年),私は、栃木県高等学校体育連盟登山部によるインド・ヒマラヤCB31峰(6,096m)登山隊に、登攀隊長として参加する機会を得た。この登山隊は、私達が高等学校登山部の指導者として、より高い技術と見識、豊富な経験を持ち、現役の登山者としての資質を磨き、高校生の登山活動を教育的かつ健全に発展させる目的のために、県教育委員会をはじめとする関係各々の理解と協力の上に派遣されたものである。「教員の隊」であることから、当初より登山することのみに終らず、この登山活動を通してあらゆることを調査・研究・体験することも大きな課題であった。今回体験することのできた低圧環境シミュレーター内における高所順応トレーニングは、登山活動が成功裡に終了した大きな要因であるとともに、調査・研究活動の大きな成果でもあったと考えられる。

低圧環境シミュレーター内における高所順応トレーニングについては、名古屋大学や高山研究所、そして筑波大学における研究実践等を書籍・雑誌そして新聞記事を通して話には聞いており、また日本山岳協会の研究会等で事例研究が報告されていることも知っていた。しかしながら、情報の受取り手としての私などは、このような体験をできる人は特別な条件や機会に恵まれた人のみで、私などがとうてい体験できるものであるとは考えてもいなかった。

私は、今回の登山隊には次のような難問が課せられていることが、計画・準備段階当初より脳裏から離れなかった。① B・Cが4,500m地点であり、実質登山活動期間が2~3週間しかとれないこと。② 最高年齢が51歳で、隊員16名の平均年齢が38.3歳であること。③ 16名全員登頂を目標としたが、ルート工作や荷上げを積極的に行なわせるメンバーが極めて少ないこと。④ 登山隊の性格(教員隊)から絶対に事故を起こしてはならないこと(どのような隊でもあたりまえのことだが)。①~④の条件をクリアーして登山隊を成功に導くためには、ルート工作のために先発隊員を出し、安全性の高いしっかりとしたルートを作り、他のメンバーは高所にうまく順応することさえできれば頂上に立てるといふ状況を作り出さなければならぬと考えた。そのためにはルート工作のための先発隊員がすみやかに高所に順応することが大きなポイントになるわけである。

昨年2月、東京都山岳連盟の研修会に参加した折、たまたま筑波大学の研究が話題にのぼった。私は当面する課題の解決策の糸口を見つけたような気がして、筑波大学運動生理学教室の浅野勝己先生に早速ご相談したところ、こころよく高所順応のためのトレーニングをお引き受けいただいた。折しも同研究室では、数ヶ月にわたる低圧シミュレーター内でのトレーニングが高山病予防に貢献しようという仮説を立証しようと熱心に研究を進めているところであったため、私達は素晴らしいチャンスに

恵まれたことになる。以下、浅野先生からご報告いただいた私のトレーニング結果のデータをもとに私の高所順応トレーニング体験を報告いたします。初めにお断わりいたしておきますが、私は研究員でも専門家でもなく単なる体験者であるだけです。用語や表現そして理解等において誤りがあるかもしれませんので、ご容赦下さい。

### 2. トレーニングの方法と内容

低圧室における高所トレーニングの方法・内容については、各研究団体がそれなりの課題に従って適宜取り組んでいるわけですが、私達は浅野先生のご指導のもと、次のような方法と内容で実施いたしました。

- ① 利用施設 筑波大学体育科学系環境制御設備(低圧環境シミュレーター)61m<sup>3</sup>容量
- ② 指導者 筑波大学助教授 医学博士 浅野勝己先生
- ③ トレーニング参加者(被験者)

隊員 4名(私の他、45歳、32歳、30歳の男子隊員)

#### ④ トレーニング方法

- モナーク社製自転車エルゴメーターにより、心電図誘導用電極を体に装着して、ペダリング運動を行う。
- 運動の強度は、各高度とも被験者の最大酸素摂取能力( $\dot{V}O_2 \max$ )の約60%……自転車エルゴメーター強度1.0~2.0kp程度であった。
- 各高度とも心拍数約120~150拍/分の水準でペダリング運動を行った。
- 私のトレーニング実施記録-1984年(シミュレーターに入り、目標高度に達するまでに約30分、トレーニング後1気圧に戻るために約30分要するので、シミュレーター内部にはトレーニング時間プラス約60分入っていることになる)

回数	実施月日	高 度(cm)	時 間(分)	負荷強度(kp)	心拍数/分
1	4.20	4,000	30	2.0	154
2	4.27	4,000	60	2.0	148
3	5. 2	5,000	30	1.75	146
4	5. 9	5,000	45	1.75	124
5	5.18	5,000	60	1.75	142
6	5.25	5,500	30	1.0	120
7	6. 1	5,500	45	1.5	140
8	6. 8	5,500	60	1.5	130
9	6.15	6,000	30	1.0	130
10	6.22	6,000	45	1.25	137
11	6.29	6,000	60	1.25	137

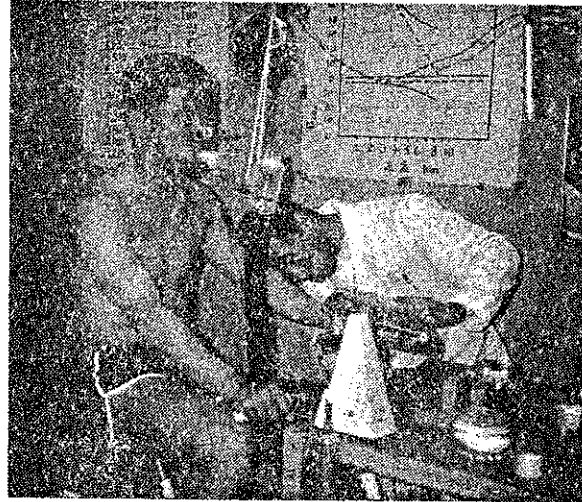
○トレーニング前の体力測定を4月15日、以下の各項目について行った。

心電図、血圧、身長、体重、皮脂厚

最大酸素摂取能力 ( $\dot{V}O_2 \max$ ) ……自転車エルゴメーターを利用し最大運動を行い、ダグラスバッグ法により採気して測定。

血中乳酸濃度 (HLa) …… $\dot{V}O_2 \max$  測定時に、左手の手背表在静脈より毎分ごとに採血して測定。

(註) 写真はシミュレーター内において  $\dot{V}O_2 \max$  および、HLa を測定しているところ



私のトレーニング前のデータは次のとおり……年令33歳、身長168.1cm、体重69.4Kg、 $\dot{V}O_2 \max$  (体重当り) 51.9

### 3. トレーニング中の感想

#### ① 4,000m相当で

第1回目のトレーニングのためにシミュレーターに入室したときの、なんとも言えぬ緊張感は今でも忘れられない。自らの力で数日かけて4,000mの高度に達したことはあっても、機械力によるのは初めてであり、もともと私は非科学的な人間であるため不安と期待が交錯した。一度体験すると、今後のトレーニングに自信らしきものが生まれてくる。なお、シミュレーター内部は温度・湿度とも快適に保たれており、蒸し暑い日などは入室することによってすこぶる快適(?)な一時を過ごすことができる。

#### ② 5,000m相当で

4,000mとは大分違うというのが実感で、頭が重い、やや足元がふらつく、倦怠感などの高所障害の初期症状を自覚するようになった。

#### ③ 5,500m相当で

明らかに  $O_2$  不足である。さまざまな症状を体験できるようになる。トレーニングのための運動強度も4,000m時と比較すればかなり弱いものとなり、1回1回の自らの呼吸も  $O_2$  が不足している状況を十分に知ることができる。眼の前が次第に暗くなり視野が狭くなる。鼓膜が圧迫されている感じがし、頭がボーとして考えをまとめようとしても投げやりになってくる。平衡感覚に欠けフラフラして座り込みたくなり、やたらとあくびがでる etc. シミュレーター内部に装

備されている  $O_2$  吸入器により  $O_2$  をためしに吸入してみると、すぐさま眼の前が明るくなり視野が広がる(眼のウロコがはがれるという表現があるが、正にその通りで、感動的?でさえもある)。前記した高所障害の症状が次第に軽減され、 $O_2$  の威力をさまざまと見せつけられることになる。 $O_2$  のありがたさと高所登山のむずかしさを十分に認識させてくれる出来事である。

#### ④ 6,000m相当で

今回のトレーニングの最終段階であり、出発日も迫っているという状況であるため、充実したトレーニングを行うことができた。トレーニングを重ねる度に高所障害に対する耐性のようなものが身についてくるかのように、諸症状を冷静に受け止めて対処するような習慣も身についたような気がする。まだこの時点ではトレーニングによって自分の高所順応能力がどのように変化しているか、客観的・科学的データを知ることはできなかったが、出発を目前にして高所に対する精神的な構えは十分にできたと言える。

### 4. トレーニング成果の科学的分析について(私のデータに関する浅野先生の科学的分析結果を中心として)

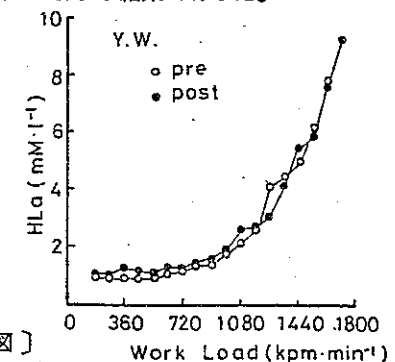
4月15日にトレーニング前(pre)の基礎データを測定し、4月20日より6月9日までの間に11回に及ぶトレーニングを行ったわけであるが、その成果がどのようなものであったか、7月5日にトレーニング後(post)のデータを測定した(私は7月8日に離日したためこの結果は帰国後に知った)。

以下3項目についてのトレーニング前・後の比較について記しておく。

① 最大酸素摂取能力(体重当り) [ $\dot{V}O_2 \max$  ( $ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$ )] preでは、51.9でpostでは54.3とトレーニングによって4.6%増加した。中でも45歳の隊員は、47.8から53.7と12.3%も向上した。

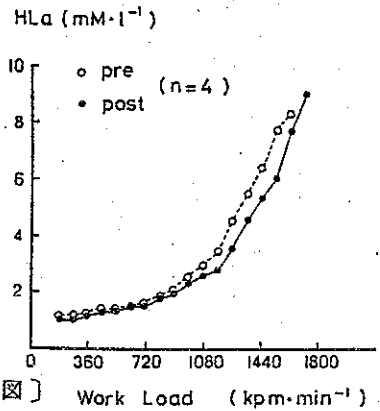
この増加率は、「11回程度の平地でのトレーニングでは到達達成し得ないものでありまして低圧環境におけるトレーニング効果が明らかに大きいことを示唆」しているとのこと。なお、4人の平均値でも4.3%増加した。

② 血中乳酸濃度(HLa)私の変化は第1図のような結果であった。「トレーニング後に右方へ移行している傾向は全隊員にみられる」が、私は「元来、運動時血中乳酸の上昇が低く押さえられ、 $O_2$  供給が比較的充足している為トレーニング効果が著しくない」とのことである。4人の平均は第2図のようになり、



[第1図]

「約 1.0 0 0 kpm / 分以上の運動では、トレーニング後にはおよそ 1 mM / l 低い乳酸で同一運動を遂行できる」、  
「このことは筋肉組織への O<sub>2</sub> 供給がトレーニング前に比べ、円滑に進行していることを示唆」しているようである。

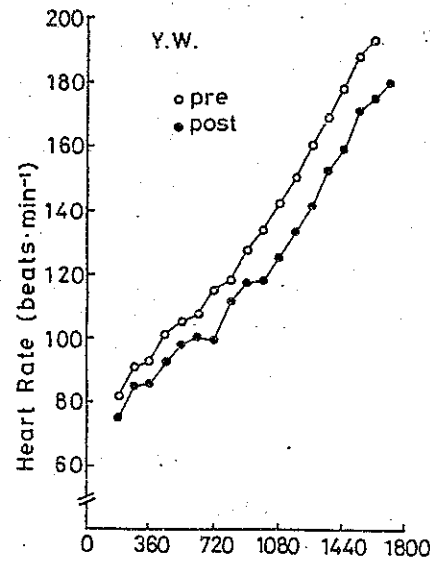


〔第2図〕

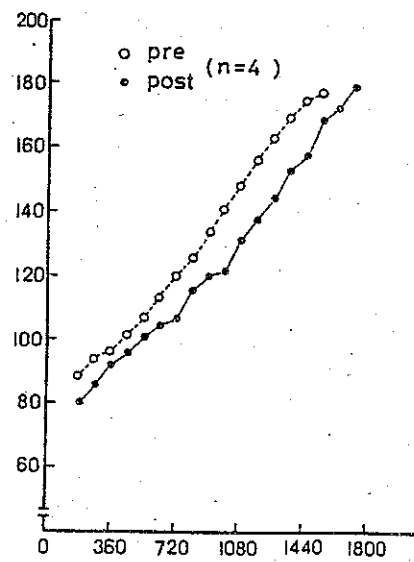
③ 心拍数応答の変化

同一運動強度に対する私の心拍数の応答変化は第3図であり、4人の平均値は

第4図である。これらは「トレーニング後ではトレーニング前に比べ、明らかに運動強度と心拍数の関係は右方へ移行し、同一運動強度に対しておよそ 10 拍 / 分程度トレーニング前より低値で応答」、「同一強度の運動を高所で行うさいに、心臓への負担が軽減され、心機能の効率が改善され得ることを示唆」するものであるとのことである。



〔第3図〕



〔第4図〕

5. 登山活動の実際とトレーニングの効果について

トレーニングを行った4名の隊員は、往路のキャラバン出発時から復路のキャラバン終了時(7月19日~8月16日の29日間)までの毎日、早朝の覚醒時に仰臥位で次のような項目についての生理的応答をチェックした。基礎心拍数(Basal HR)、基礎呼吸数(Basal Resp)、基礎収縮期血圧(Basal Systol.Pr.)、基礎拡張期血圧(Basal Diasol.Pr.)、

体温、排尿、排便、食欲、浮腫、睡眠、頭痛、咳、渴き、チアノーゼ、息ごらえ薬物服用等である。これらの集計結果を帰国後浅野先生に提出し、心拍出量(Q)などを計算していただき、登山行動表と対応していただいたのが第5図である。この結果は、「従来の研究では登山過程における基礎心拍数、基礎呼吸数および基礎血圧値の漸増傾向は、高所障害の発病の徴候とされ」ているが、「むしろ各測定項目とも全過程において一定値かあるいはむしろ漸減する傾向を示している」といえる。とくにこの傾向は第6図の30歳の隊員に顕著にみられた。

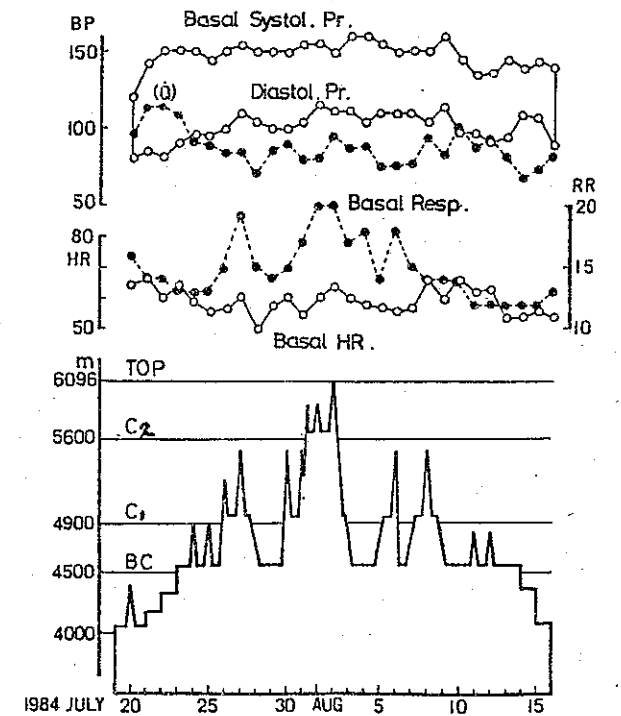
私達4名の被験者は、実際の登山行動の全行程を通して軽い頭痛を経験した程度で、浮腫等の典型的な高所障害の所見はほとんどみられなかった。継続的トレーニングに参加しなかった先発隊の一名は、典型的な浮腫があらわれ、利尿剤を服用するに至ったし、同行したドクター(27歳)もかなりひどい頭痛、食欲不振、倦怠感などに悩まされていた。また本隊10名のメンバーが私達より1週間遅れで4500mのB・Cに入ってきたときの状況をみると、多くのメンバーが頭痛、下痢、食欲不振、倦怠感、浮腫などの障害の所見がみられ、かなり苦しんだ隊員もいた。私達が先発としてB・Cに元気に入って来たときは雲泥の差があった。私は、B・Cでこの状況を見たとき、被験者4名のトレーニング効果は高



〔註〕写真はシミュレーター内においてチリからの留学生(左)とともに、真中の3人が隊員、右の女性は学生

所への順応の一助となっていること、また、トレーニングを行ったということによる精神的効果は大なるものがあり、高所への不安はほとんど払拭されているということを実感として得た。

Y.WATANABE(33yrs)



〔第5図〕

1982年冬、キャリオルン(6,681 m)に初登頂した国土地理院隊は、3名の隊員が13~15回にわたり同大学で私達と同じトレーニングを行ってから登山活動にのぞんだことは多くの岳人が知るところである。そのレポートで「問題のモロ峠(4,343 m)越えの日である。高所順応もこの峠越えを目安としていたので注目していたが、隊員は誰一人障害のたものはなかった。過去にこの峠を越えた登山隊はなんらかの形で障害が出ており、やはり低圧タンクの効果はすばらしいと思った。(岳人430号)」と報告している。私もキャラバン途中で、ロータン・バス(3,978 m)をトラックで越え、その翌日に徒歩でクンザン・ラ(4,551 m)へ達したが、まったく同様な感をもった。

以上のような事実をふまえ、浅野先生はトレーニング段階でのデータと私達が帰国

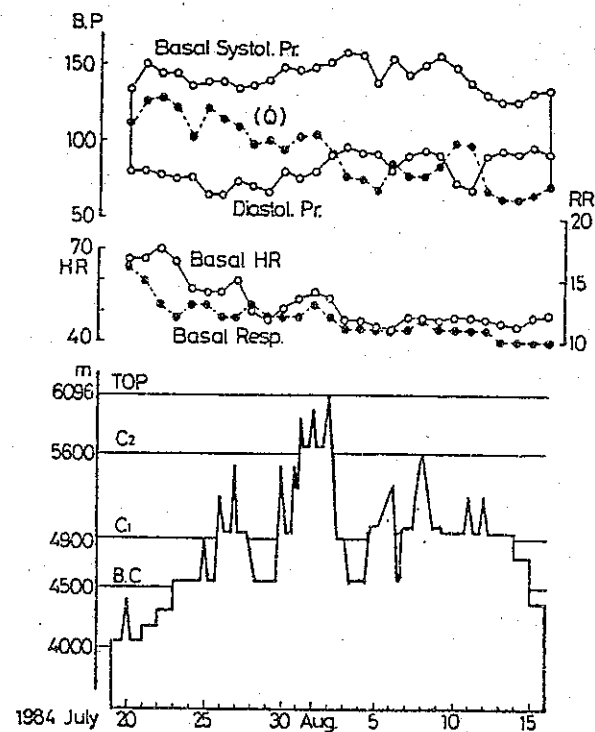
後に提出したデータとを照合・分析・検討し、次のように推論されています。「すなわち、11回にわたる低圧シミュレーター内での高所順応トレーニングは、高所障害予防に一部貢献できたものと考えられる」と。

#### 6. おわりに

昨今、8,000 m峰への無酸素登山が果敢に行われ、その素晴らしい成果とその反面のいたましい事故は多くの岳人が知るところです。また、昨年あたりから民間の高所順応のためのトレーニング施設もオープンしたとの話も聞いております。「山、高さがゆえに尊からず」という言葉もありますが、エベレストへ毎年何隊もの登山隊が目白押しに出掛ける事実を考えれば、高いということは困難に通じ、結果として尊いことになり、「第三の極地」として岳人の憧れになっていると言えます。高さという困難を克服するための一つの方法として、高所障害の発生を予防あるいは軽減するためのトレーニングが考えられ、研究・実践されていることは、登山界の現況から考えて大変評価されるべきことと思います。

私は今回の高所順応トレーニングに参加したことにより、高所登山に関する自分自身の無知を知り

#### Z. KAMISHIMA (30 yrs)



〔第6図〕

自分なりに学習し、それに対応するための方策を考える大きなきっかけを得ることができ、貴重な体験をしたと自負しております。今回のトレーニング成果については、私自身大いに満足するものであり、また再び高峰へのチャンスがあれば、再び高所順応トレーニングを行ってみたいと考えています。

私達の登山隊は、幸いにしてチャンスに恵まれ、全員が登頂するという所期の目的を達することができました。私達のような大した力もない登山隊が成功裡に終了することができた大きな要因は、浅野先生のご指導のもとに、被験者4名の他隊員が何度かシミュレーターでトレーニングを経験したことにより、高所登山への意識をあらたにしたことがあげられます。

ご多忙中にもかかわらず、3ヶ月という長きにわたり、トレーニングをご指導いただき、さらにその結果を科学的に分析していただきました浅野先生をはじめとする筑波大学運動生理学教室の研究員の方々には厚くお礼申し上げる次第です。同研究室の研究がますます充実・発展することを祈念いたします。

甚だ簡単ではありますが、貴重な体験をさせていただいたことに感謝し、体験記として報告させていただきます。

(注) 文中の「 」の部分及び図表は、浅野先生より特別に寄稿していただいた「栃木県高体連登山部インド・ヒマラヤC、B31峰登頂隊員への高所順応トレーニングの経緯と成果をめぐって」というレポートからのものです。