

2. 登山者の体力とトレーニング (II)

高地トレーニング・低酸素トレーニングの実践と成果について クロスカントリースキーマー選手の高地トレーニング

※¹ 川初清典, ※² 上杉尹宏

1. 高地トレーニングへの着視

我々人類は今日、オランダの国やヴェニス等の街のような所謂ゼロメートル地帯と言われる低地に始まって、上方は海拔5,000mにもなるチベット高原まで様々な高度にいろいろな民族が各々の環境に適応しつつ独自の文化や習慣を築いて暮している。人類史では主な文明が必ず河口付近、つまり低地に発祥・発達し、その歴史は5,000年以上をさかのぼる。それに対して、山岳ではチベットやアンデスのペルーに栄えた文明が知られるが、発祥からの歴史や人口は低地の文明に較べると規模は極めて小さい。人類は栄え続けて今日に至っており、人口の殆どは低地に集まっている。逆に高地の居住民はその高度ばかりでなく人口の少なさの面からも、特殊な環境に暮す人達として見られている。さて、低地に暮す人達が築きその体系化を遂げたスポーツ文化に「山岳活動・登山」がある。山岳の自然美とその高みを極める登山は低地に住む人に特段の文化価値を擧げて来たに違いない。また、その価値への興味は、現代になっても衰えないばかりか、世界に広まる一方の勢いである。未踏の頂上やそのルートは次々に克服され、人類がこの分野で挑戦し続ける難度は増すばかりである。

登山の難度は登高ルートや悪天候によってのみもたらされている訳ではない。高度が500m高まる毎に気圧が半分減少し、生体に低酸素の空気の作用が重なるからである。この低圧環境は身体全体の機能に負荷として作用し、それらを先ず低下させる。何事をするにも苦しさが増強される。低圧の場でより優れて発揮される人間の能力はひとつも考えられない。中でも、一時的に思考・判断力やときには寛容度などの人格性を低下させる問題があり、登山活動の危険やチームワークに円滑さを欠く原因にも発展する。こうして、登山は諸々のスポーツのうちで生命にかかわるうがそうであるまいが事故率の最も高い活動である。また、その危険は広く一般に知られていながら登山の価値への興味とその実践は上述のように市民層へも拡大し続けており、そのスポーツ文化的価値の深さが裏付けられている。

さて、ヒマラヤの登山では従来から「シェルパを雇う」と言って低地の人に困難な高地活動の補助役を得るのが一般的であった。その語は実は高地居住民であるシェルパ族を意味しており、高地に馴れたゆえ発揮される低圧環境での優れた仕事能を確保していたのである。また、1960年代のローマ、東京、メキシコシティと続いた五輪大会のマラソンではアベベ・ビキラヤマモ・ウォルデに代表される高地居住民がことごとく優勝し、長距離走種目ではその後も高地居住民の圧勝が続いている。メキシコ五輪大会は標高3,000m域で開催されたので上記「シェルパ族の優位性」と同意の勝利となったが、ローマや東京等の低地での大会の勝利は高地への適応効果が低地でも有効であると着視された。

2. 登山者の体力とトレーニング (II)

2. クロスカントリースキーの高地トレーニングの黎明期

クロスカントリースキーはバイアスロン、ノルディック複合およびクロスカントリースキーの3つのスポーツ種目で競われている。我が国選手はスポーツ先進国の中では3種目とも総じてクロスカントリースキーに低調であり、競技成績に劣っている。歴史的に我が国選手は陸上のマラソンでは世界的に成績優秀なのに、スキーの走行成績では決まって世界底辺域に停まってしまい、その原因が何によるのかはなお見当がついていない。ノルディック複合はスキージャンプとクロスカントリーの混成で従来はジャンプが前半種目と決まっていた。幾つかのワールドカップ戦で我が国選手がジャンプで首位に立つことがあった。翌日、クロスカントリースキーは前日成績の換算時間の差をおいて出走するので我が国の前半首位選手もトップ出走したが、順位はまるで宿命のようにいつも追い越され続けてこの種目の弱体が却って目立った。1990年頃のワールド杯で我が国トップ出走に漕ぎつけた選手が他の全選手に追い抜かれて最終ゴールインしたことも1回ある。1992年の冬季五輪大会開催がフランスアルプスの高地アルペールビルに決まった頃、我が国スキー、ノルディック複合チームは一丸となって一大奮起を決した。また、このような成績低迷チームには、何らかの新手法の加味の必要性、クロスカントリースキーで追い抜かれない走力養成の重要性もチームの全体意見になった。この頃は、スポーツ界にドーピング問題が深刻化してスポーツ医学的管理体制が重視されると共に、トレーニングを対象としたスポーツ科学支援が急成長した時期であった。次の五輪がアルペールビルの高地クロスカントリースキーを戦う課題を背景として、1989年度計画で我が国チームは高地トレーニングの医・科学支援の重点化に踏み切った。連盟のその年度内の1990年9月のアルプス強化合宿では、従来の雪上滑走技術向上に更に高地適応による全身持久力向上を加えた2課題達成へと目標が拡大された。この計画は結果的にノルディック複合我が国チームのクロスカントリースキー競技力の飛躍的向上を得た。そしてこのチームの世界君臨に結びつく黎明を成した。つまり、10月から始まった連盟新年度の'91イタリア・ヴァルディフィエメ、ノルディックスキー世界選手権大会に於いてこの年度・スキー界の世界選手権大会我が国唯一のメダルを銅ながら獲得したのである。翌年にはこの実績を伸ばしてアルペールビル五輪大会・金メダルの獲得に漕ぎつけ、以後この手法を推進して、この種目で我が国黄金期が誕生することになった。

3. 高地トレーニング医・科学サポートで実施したこと——乳酸法——

ノルディック複合我が国チームはクロスカントリースキーの競技力向上のために、高地適応による全身持久力向上を目指した。チームは血中乳酸を評価基準に置く当時の先端的トレーニング法を導入した。その手法では、陸上のマラソンやスキーのクロスカントリーのように長時間の競技力を争うための持久性の最高負荷強度を血中乳酸4ミリモル水準と考えるトレーニングであり、それを越えると運動を続けられなくなると考えて組むトレーニングである。持久力の向上は即ち血中乳酸4ミリモル又はそれ以下でいかに強い運動ができるかを求めることであった。そのトレーニングの最適強度は血

2. 登山者の体力とトレーニング(Ⅱ)

中乳酸2ミリモル、もしくは3ミリモルであり、各々2時間および1時間トレーニングするという新手法であった。この基準値は今日のスポーツトレーニング理論の根幹をなしている。当時の日本には実践例は無かった。この理論は、かつてスポーツ医学の最先端にあった東ドイツに確立され、1970年代に当時の西ドイツへ伝わって世界に発信された知識である。我が国へは筆者が1978年に体育学分野の専門誌に現地から初めて紹介した(川初, 1978)。その実践もまた、このノルディック複合我が国チームが最初になった(川初他, 1991)。

「血中乳酸評価のトレーニング法」とは、選手にトレッドミル走という回転ベルト上の無軌道走行を可能な最大速度まで試験し、各負荷段階での血中乳酸濃度と心拍数を計測する。そして、これらの計測値から統計的に、血中乳酸2, 3, 及び4ミリモル水準の心拍数を決定してトレーニング応用する手法である。日常のトレーニングでは血液分析が容易でないが、心拍数を連続モニターするのは簡便で容易である。試験で決定された血中乳酸水準に相当する心拍数を目標に行う管理トレーニングである。このトレーニングによって持久力が向上すると選手は心拍数でも血中乳酸でも以前より低い値で以前の速度で走れるが、心拍数に目標値が定められているから強度水準を自動的に調節してトレーニングする。それに見合う血中乳酸水準のトレーニングが続き、持久性はそのまま向上し続ける。こうして実施したオーストリー・アルプスの山岳氷河クロスカントリースキーコースでのトレーニング風景を写真1に、その前後に当時の(西)ドイツ体育大学・循環器スポーツ医学研究所で試験したトレッドミル走と乳酸分析用の採血の様子を写真2、その時のナショナルチーム全5選手の計測値を表1に示した。上記のように、この取り組み後のヴァルディフィエメ世界選手権大会では国別対抗で後半のクロスカントリースキーリレーで我が国最終走者が先行する第3位の西ドイツチームをゴール直前で追い抜いて銅メダルを獲得した。

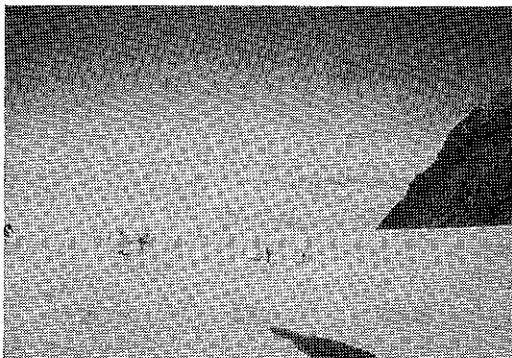


写真1 全日本スキー連盟ノルディック複合ナショナルチーム、オーストリー・アルプス高地での山岳氷河スキー場でのスキー走トレーニング

※ 雲海上の実施も多い



写真2 全日本スキー連盟ノルディック複合ナショナルチームが初めて取り組んだ高地トレーニング医・科学サポート(1990年)の様子

※ ヨーロッパアルプス近隣、ドイツ体育大学・循環器スポーツ医学研究所におけるトレッドミル最大テストと血中乳酸計測のための採血

2. 登山者の体力とトレーニング (II)

4. 我が国ノルディック複合, 今日の高地トレーニング——「トレーニング状況と効果」の現地での判定・評価——

我が国ノルディック複合チームの高地トレーニング管理は上述の目標心拍数で指導され, このトレーニング法によって表1のように運動能力試験成績も向上する。今日ではこのトレーニング状況と効果を現地で評価・判定し, 更に高度なトレーニングに役立てている。つまり, 山岳高地の氷河上でクロスカンリースキー走を実施する合宿期間の開始期, 中間期, 終了期に, 常時実時間計測・表示を得る心拍数の他に血中乳酸値と動脈血酸素飽和度を計測して, その分析・評価値をチームに即時にフィード・バックしている。高地トレーニングが目指す全身持久力向上は呼吸代謝過程の改善なので血中乳酸値が上昇しない能力の改善が直接的効果である。スキー走で10kmコースを周回する毎に計測値を得ると, トレーニング状況が良好な選手は心拍数が高かろうと血中乳酸濃度が2~4ミリモル内に安定する(図1, 左)。トレーニング効果が順調な選手では走行距離が増すと代謝過程改善が進み, 心拍数に対する血中乳酸値が低下する(図1)。逆に, 効果が順調でない選手は疲労が進んで血中乳酸値が上昇し, 不安定になる(図2)。

選手	血中乳酸濃度					
	4 mmol		3 mmol		2 mmol	
	速度 m/sec	心拍数 bpm	速度	心拍数	速度	心拍数
A	4.67	173	4.33	165	3.83	149
B	4.52	175	4.13	164	2.50	126
C	4.86	197	4.58	194	4.11	185
D	4.66	197	4.42	189	4.04	175
E	4.55	179	4.23	166	3.75	142

表1 高地トレーニング前のナショナルチーム(1990)全5名の写真1のテスト値
※ トレーニング後のテスト値で明らかかな速度の増加と心拍数の低下を改善と評価し円囲いしてある。両値の低下はこれに含まれない。

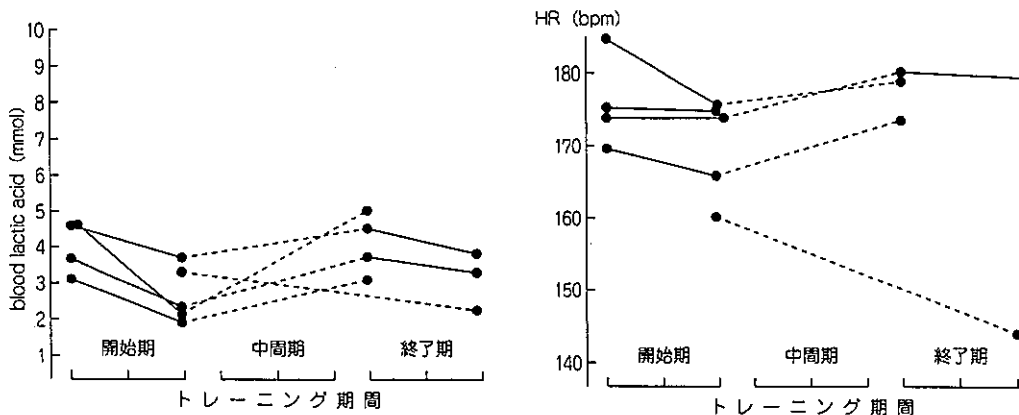


図1 我が国スキー, ノルディック複合ナショナルチーム'93ワールドカップ参加有資格選手全5名の高地スキー走時の血中乳酸値(左)と心拍数(右)
※ 各期, 10kmと30km時値である。血中乳酸では適正濃度で安定な傾向を, 心拍数は相対的に高く安定な傾向を判読する。中間期は計測されていない。

2. 登山者の体力とトレーニング (II)

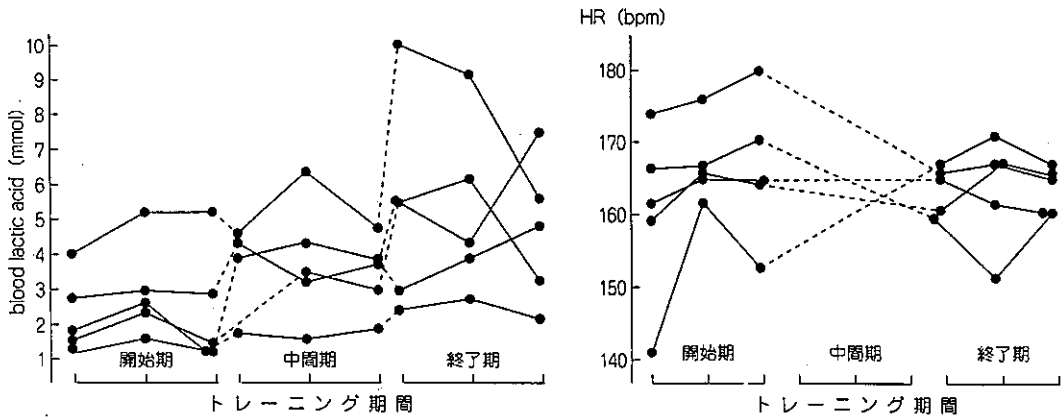


図2 我が国スキー、ノルディック複合'94ナショナルチームにあってワールドカップ参加資格が得られない選手の高地スキー走時の血中乳酸値と心拍数

※ 図の見方は図1に同じであるが20km時値と中間期値が加わっている。血中乳酸値では暫時過負荷で不安定な傾向、心拍数は逆に低下傾向を判読する。

合宿期間の進行に伴っても同様の評価が成り立ち、その良否が判定される。動脈血酸素飽和度ではトレーニング強度を示す側面データの意味を持つが、90%以下の値で造血効果を得る点も合せて評価する。

5. 「低酸素」トレーニングを導入して

高度が高まると低圧になる。それは高山病と通称される副作用をもたらす。登山の分野の最難題の1つである。高地トレーニングでは前述の効果が期待されるが、この副作用も伴う。持久力向上効果は低圧ゆえの低酸素によってもたらされるが、低圧自体は副作用の原因になるとの理論が後に優勢となった。フィンランドは暗い冬が長く、生鮮野菜の不足解消のための低酸素ガス発生技術に優れた。この国はクロスカンリースキーの世界最強群から外れたことがない。この国は選手強化のために「常圧・低酸素」の人工環境を考案し直ちに実用した(写真3)。我が国クロスカンリースキーチームは「家全体が低圧のフィンランドの施設」と解釈して筆者らに情報をもたらし、折りから実働中にあった日本オリンピック委員会高地トレーニング医・科学サポート研究班として調査するところとなった(青木, 川初, 1995)。その結果、低圧ではなく、世界に新しい試みとしての「常圧・低酸素」であること、この方式によるトレーニングの発展計画、等が調べられ、我が国に初めて報告された。以来、我が国でも独自に多方面でその実

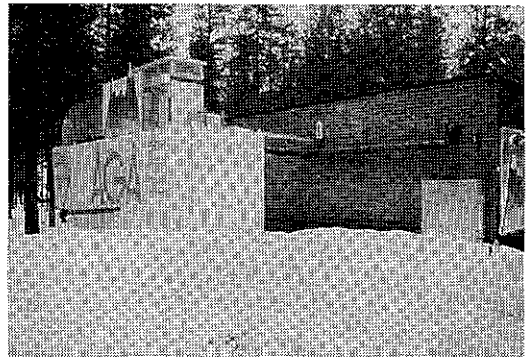


写真3 我が国「クロスカンリースキー・ナショナルチーム」が初めて情報を伝えたフィンランド国スキー連盟開発になる低酸素棟

世界最強群から外れたことがない。この国は選手強化のために「常圧・低酸素」の人工環境を考案し直ちに実用した(写真3)。我が国クロスカンリースキーチームは「家全体が低圧のフィンランドの施設」と解釈して筆者らに情報をもたらし、折りから実働中にあった日本オリンピック委員会高地トレーニング医・科学サポート研究班として調査するところとなった(青木, 川初, 1995)。その結果、低圧ではなく、世界に新しい試みとしての「常圧・低酸素」であること、この方式によるトレーニングの発展計画、等が調べられ、我が国に初めて報告された。以来、我が国でも独自に多方面でその実

2. 登山者の体力とトレーニング (Ⅱ)

用を目指して試験研究されている。我が国ノルディック複合も1997年に現地フィンランドで試験研究し、その効果が確認され (川初他, 1999), チーム選手への実用に着手しているところである。

引用文献

1. 青木純一郎, 川初清典: フィンランドの新型秘密トレーニング施設. 平成6年度日本オリンピック委員会スポーツ医・科学研究報告, No.Ⅳ JOC高所トレーニング医・科学サポート 4, 21-32, 1995
2. 川初清典: Prof. Hollmannの運動処方——その理論と実際——, 体育の科学 28, 705-712, 1978
3. 川初清典, 中川功哉, 晴山紫恵子, 北村辰夫: 高地トレーニング「全日本スキー連盟での取り組み」, 臨床スポーツ医学 8, 616-620, 1991
4. 川初清典, 中川豊, 下岡聡行, 清水孝一, Rusko, H., Savonen, K., Sarparanta, V.P., Ahonen, E.: オリンピック候補選手に於ける高所トレーニング効果の評価・検討, 及び低酸素棟居住による適応効果の実験的検討. 平成11年度日本オリンピック委員会医・科学研究報告, JOC長野オリンピック医・科学サポート, 1999 (印刷中)

(※1 北海道大学体育指導センター)

(※2 北海道東海大学北方圏文化学科)