

# トレーニング環境シミュレータを用いた 高所トレーニングの研究

山本正嘉

鹿屋体育大学スポーツトレーニング教育研究センター

「トレーニング環境シミュレータ」とは、酸素濃度（低酸素・高酸素）、温度、湿度、日射という4種類の環境条件を同時に組み合わせて制御できるトレーニング室である。これが平成10年度末に完成し、11年度からトレーニングの実践および研究を開始した。現在は、効果的な高所トレーニング法の開発に焦点を当て、低酸素環境でのトレーニングの研究・実践を行っている。以下、その概要を紹介する。

## 1. 基礎研究

### ◎常圧低酸素環境と低圧低酸素環境での生理応答の比較

トレーニング環境シミュレータは「常圧」つまり1気圧の低酸素環境を作り出す装置である。しかし自然の高所は「低圧」低酸素環境であり、この点で自然の低酸素環境とは性質がやや異なっている。そこで両者が人体に同じ低酸素負荷をかけられるかを検討した。スポーツ選手が高所トレーニングで最もよく用いている2000m相当の高度で比較検討した結果、運動時、安静時、睡眠時とも、常圧環境と低圧環境とで生理応答には有意差は見られなかった。したがって、常圧低酸素室においても自然の高所と同等の低酸素負荷を人体にかけられることが明らかになった。

### ◎短期的かつ間欠的な高所トレーニングの効果に関する研究

従来の高所トレーニングで主流となっていた方法は、長期間（3週間以上）、連続して高地に滞在し続ける、という「living high, training high」方式であった。しかし、本シミュレータ

を用いた高所トレーニングの実践および研究の結果、短期間（1週間程度）で、しかも間欠的（1日に30～60分程度）な低酸素トレーニングであっても効果が得られる、というデータが得られた。そこで、この「living low, training high」方式において、低酸素に曝露する高度、時間、頻度や、その時における運動負荷などについて、どのような条件が最適かを突きとめる研究を進めている。

### ◎高所適性の個人差およびその判別方法に関する研究

高所トレーニングに対しては、適合する人とそうでない人がおり、個人差が大きいと経験的に言われてきた。この問題を科学的に解明するために、さまざまな被験者に各種の高度で運動、安静、睡眠を行わせ、動脈血酸素飽和度や心拍数の応答などを手がかりとして解明を進めている。

## 2. スポーツ選手を対象とした高所トレーニング

### ◎自転車競技選手を対象とした低酸素トレーニング

自転車競技選手が競技力向上を目的として、さまざまな方式の高所トレーニングを行い、その効果を比較した。まず、アメリカ、北欧、オーストラリアなどで流行している「living high, training low」方式のトレーニングを行ったが、疲労が蓄積し好結果は得られない場合が多かった。そこでその正反対の「living low, training high」方式のトレーニングを行ったところ、乳酸の蓄積が顕著に抑制されるようなトレーニング効果が得られ、競技力も大きく向上した。こ

のうちの1名は、全国大会で2位の選手に圧倒的なタイム差をつけ、大会記録を更新して優勝した。最近では陸上、ボート選手もこの方法を取り入れ、成果を上げつつある。

◎故障者の体力維持のための低酸素トレーニング  
スポーツ選手が脚などを故障し、トレーニングが中断されると、筋力ばかりでなく心肺機能も低下してしまう。この期間、低酸素環境で低強度の運動を行うことにより、少なくとも心肺機能の低下は抑えられることが期待できる。そこで故障（骨折）したバスケットボール選手や水泳選手に低酸素トレーニングを行わせた。その結果、故障が治った際に、心肺機能の低下が最小限に留められていることが確認され、通常の練習にも早期に復帰することができた。

### 3. 高所登山家を対象とした高所順化トレーニング

#### ◎富士山での研究

富士山は4000mに満たない山だが、高所順化をしていない人が登れば、必ず高山病の症状が現れる。そこで、トレーニング環境シミュレータを用いて事前の低酸素トレーニング（1日1時間の軽運動を1週間）を行い、その効果を観察した。このトレーニングを行った人とそうでない人とが一緒に登山をした結果、両群間で、高山病の現れ方、生理応答、登高速度に明らかな差が観察された。したがって、このようなトレーニングは登山家の高所順化トレーニングとして有効であることが示唆された。

#### ◎中高年登山者のヒマラヤ登山を対象とした高所順化トレーニング

ヒマラヤの8000m峰（チョーオユー：8201m）の登頂を目指す中高年登山者主体の登山隊13名を対象として、2000年3月に1週間の高所順化トレーニングを行った。その結果、1週間という短期間ながら、生理指標（動脈血酸素飽和度、

心拍数など）には明瞭な改善が見られた。現地でも、このトレーニングを行った者は高山病の症状がほとんど現れなかった。このうちの1名（平田恒雄氏、65歳）は、同峰の最高齢登頂に成功した。なお、この順化トレーニングを行った者の登頂成功率は80%、行わなかった者のそれは33%で、はっきりとした差がみられた。

#### ◎一流高所登山家に対する高所順化トレーニング

ヒマラヤ第2の高峰K<sub>2</sub>（8611m）にアルパインスタイル（短期速攻）での登頂を計画している一流登山家4名を対象として、6日間の高所順化トレーニングを行った。うち1名（山野井泰史氏、35歳）は2000年7月30日に、ベースキャンプから48時間という短時間で、しかも単独・無酸素で同峰に登頂した。対照群は設けていないものの、当人はこれまでの高所登山の中で最も調子がよく、低酸素トレーニングの効果を感じたとコメントした。山野井氏は日本スポーツ賞（山岳部門）を獲得した。

#### ◎癌患者の富士登山の支援

日米の癌患者が合同で、生き甲斐づくりのために富士登山をするイベントが2000年8月21～22日に行われた。これに参加する鹿児島県内の患者のために、低酸素トレーニングを行った。この時のトレーニング処方への作成に当たっては、前記の富士山での実験が役立った。

#### ◎本研究に関する論文・学会発表等

- 1) 山本正嘉:高所トレーニングの効果を測る、コーチング・クリニック、124:28-31, 1999.
- 2) 大村靖夫、山本正嘉、荻田 太、西園秀嗣:低圧低酸素下と常圧低酸素下における運動時の生理応答の比較、第3回高所トレーニング国際シンポジウム、富山、1999、7.
- 3) 山本正嘉:持久力トレーニング;運動負荷から環境負荷へ(シンポジウム:21世紀のトレーニング科学を展望する-実践的なトレ

- ニング研究に向けての提言)、第12回トレーニング科学研究会、鹿屋体育大学、2000、3.
- 4) 狩野和也、前川剛輝、大村靖夫、山本正嘉: 常圧低酸素室を用いた低酸素トレーニングが自転車競技選手の身体作業能力に及ぼす効果、第12回トレーニング科学研究会、鹿屋体育大学、2000、3.
- 5) 前川剛輝、大村靖夫、狩野和也、入江初舟、山本正嘉: 短期間の低酸素トレーニング中に生じる身体作業能力の変化と血液性状との関係; ヒマラヤ登山家の高所順化トレーニングを対象として、第8回日本運動生理学会/第16回日本バイオメカニクス学会合同大会、大阪体育大学、2000、7.
- 6) 大村靖夫、山本正嘉、荻田 太、西蘭秀嗣: 高度2000m相当の常圧低酸素下と低圧低酸素下における生理応答の比較; 安静時および睡眠時に関して、第4回高所トレーニング国際シンポジウム、上山、2000、7.
- 7) 前川剛輝、入江初舟、大村靖夫、山本正嘉: 高所に対する身体適性の予測は可能か? 第4回高所トレーニング国際シンポジウム、上山、2000、7.
- 8) 大村靖夫、前川剛輝、山本正嘉、西蘭秀嗣: 低酸素環境下における人体の生理応答の個人差; 動脈血酸素飽和度および心拍数を指標として、第55回日本体力医学会大会、富山、2000、9.
- 9) 山本正嘉: 21世紀の高所トレーニングへの提案、トレーニング科学、12:61-68.
- 10) 山本正嘉: 体育の科学、鹿屋体育大学の低酸素環境室、体育の科学:51(4)、(印刷中)



自転車競技選手のトレーニング。向かって右側の選手は1年生ながら学生自転車競技の2大会を圧倒的な強さで制した清水都貴君



高所登山家のトレーニング