

裾野市におけるスポーツを活かした地域活性化への  
取り組み：水ヶ塚公園を利用したスポーツ科学研究

メタデータ	言語: ja 出版者: 静岡大学地域創造教育センター 公開日: 2024-04-03 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 杉山, 康司 メールアドレス: 所属:
URL	<a href="http://hdl.handle.net/10297/0002000525">http://hdl.handle.net/10297/0002000525</a>

## 裾野市におけるスポーツを活かした地域活性化への取り組み

### ——水ヶ塚公園を利用したスポーツ科学研究——

杉山 康司

#### スポーツを活かした地域活性化の重要性

水ヶ塚公園を利用したスポーツ科学研究は静岡県のご委託事業であり、裾野市とともに二〇一九（令和元）年度にスタートさせました。しかし、いよいよスタートというときに新型コロナウイルスに遭い、実験や研究を進めていくのに非常に苦慮したのですが、幸いこのプロジェクトを通して関係者の誰もコロナのトラブルにかからずに進めることができました。予定していた実験を一年先に延ばさざるを得なかったこともあり、大丈夫かと思ったことはたくさんありましたが、事業を進めることができました。そういった意味で非常に価値の高い取り組みができたと思っています。

スポーツを通じた地域活性化には、経済活動への効果ももちろんなのですが、地域住民の健康的な生活を実現すること、仕事により生きがいを感じ、子どもたちも学ぼう

とする意欲が湧いてくるという効果があります。ですから、高齢者だけでなく、三十〜四十代の働き盛りの方々、青年、大学生、子どもたちまですべてを対象とした健康維持・増進をうまく図っていく必要があると思います。

スポーツへの意識を高める最も手っ取り早い方法としては、オリンピックのようなスポーツイベントを誘致することが挙げられます。ただ、イベントを通して地域が経済的に潤って、その中で何か学んだというだけで終わってしまうと、その先がありません。そこからさらに具体的に地域住民の健康維持・増進に向けた事業を考えていく必要があります。ですから、静岡県でも今まさにオリンピックのレガシーとしていろいろな事業を進めようとしており、私もそこに少しだけ関わっています。

### 地域住民の健康維持増進

#### 高齢者の体力

高齢者の運動がいかに重要かということを示したデータがあります（図1）。運動を生活習慣に取り入れている高齢者群とそうでない高齢者群の年間の医療費を比較すると、取り入れていない高齢者群の医療費の方がどんどん上がっているのです。その積み重ねで、医療費は現在四十兆円を超えるまでに膨らんでいるわけです。ですから、薬や病院に頼るのでなく、日常生活においても一人一人が健康を意識して活動することが全体の医療費負担を減らしていくことになりま

す。  
百歳以上の高齢者数の推移を見ると、私が生

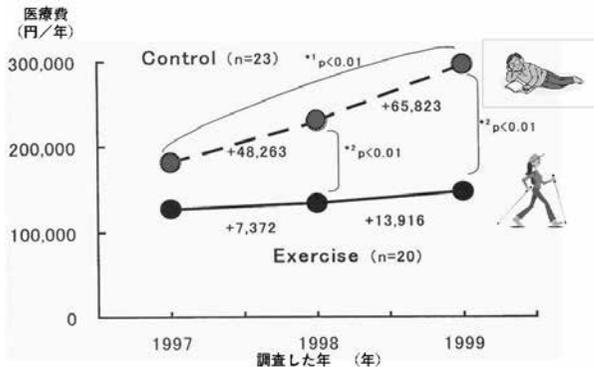


図1 運動群とそうでないグループの年間医療費の比較  
年齢は60代。1997年から1999年まで運動を介したグループとそうでないグループの医療負担費を比較。（久野ら2005）

まれた一九六三年は百五十三人しかいませんでした。

それが、医療技術がどんどん進化し、情報も入ってきて、食生活も非常に豊かになってくると、百歳以上の人口はどんどん増えていきました。二年後の二〇二五

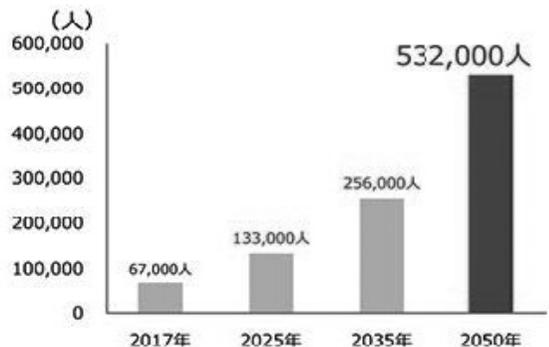


図2 100歳以上の高齢者数の推移  
（出典）平成29年国立社会保障人口問題研究所 日本の将来推計人口

年には全国で十三万人、二〇五〇年には二〇一七年の八倍の五十三万人になっているだろうと予測されています（図2）。

今から三十年後の社会では、私は現在六十歳ですから生きていけば九十歳になりますし、現在働き盛りの四十〜五十代の人たちは退職して、今の若者たちがいよいよ働き盛りの世代に突入します。社会を支えていくためには、働き盛りの人たちを増やすのも一つの方法ですが、これから人口を爆発的に増やすことは難しいですから、一人一人が非常に質の高い生活が送れて、しかも健康的に過ごせる

三十年後にしなければならぬと私は考えます。

現在、いろいろなプロジェクトが進む中で高齢者の方々は健康を獲得されています。PPK（ピンピンころり）がその一つであり、PPKかNNK（ネンネンころり）のどちらがいいかと聞かれたら、皆さんPPKを選ぶでしょう。PPKはご高齢の方々の合言葉になっています。寿命が長くなっても、寝たきりの時間が長ければ健康寿命は短くなります。ですから、寝たきりになる時間をできる限り短くし、つい昨日までは元気だったのに天国へ行くという生活を皆さん理想としています。私もできることならそうしたいと思います。そうした意識の下、高齢者の方々は普段から歩いたりして健康づくりにいそしまれていると思っています。六月になったら私もノルディックウォーキングをするグループと一緒に歩きますが、本当に元気にご高齢の方が歩いておられます。

そうした取り組みが功を奏してか、高齢者の体力は年々向上しています（図3）。今まで仕事に忙しくて自分の体を犠牲にしていた人たちが、時間をつくって体を元気に動かし、健康寿命を延ばそうという意識の高まりが表れていると思います。

#### 中年年齢層の体力

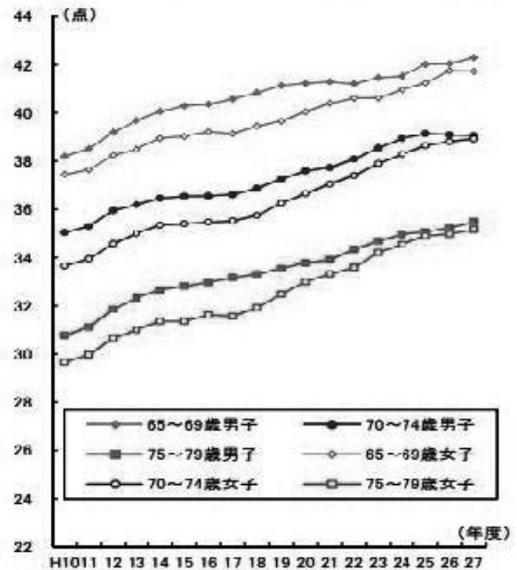


図3 高齢者の体力テストの合計点の年次推移  
 (出典) 2015年度体力・運動能力調査 (厚生労働省)

ところが、三十〜四十代の体力テストの結果を見ると、仕事で忙しく体力が上がっているようには見えません。運動不足の人が増えています。運動習慣は大切であり、あるとき突然、一念発起して体を動かそうと思うのはなかなか難しく、さらに二十年前よりもいろいろなものが便利になって、運動しなくても生活できるようになっています。あと十年ぐらいたれば、買い物に行かなくてもすべての物が宅配で手に入るようになるでしょう。しかも宅配するのは人ではなくてドローンという時代も来るのではないのでしょうか。働く人もほとんど座っているだけで、家の中で

もできる仕事に変わっていきます。そうすると余計に運動習慣がなくなり、基礎体力も落ちていくことになるでしょう。

そうした状況で体力を戻すには、並々ならぬ努力が必要になります。ですから、高齢化社会において高齢者に向けた地域活性化の事業を推進していくことも大事ですが、一方でさらに二十年先のための、中年層の健康維持・増進のための土台作りも地域で取り組まなければならないはずなのです。行政もそのことに気付かなければいけないと思っています。

#### 子どもの体力の低下

イギリスの週刊紙「エコノミスト」は二〇一〇年に、「Japan's burden」という見出しで特集を組みました。三十九年後の時代、少子化によって日本の子どもたちが抱える負担はますます増えていくので、日本がどのような対応を取るのか、わが国は注視しなければならぬという内容の記事です。つまり、子どもが一生懸命社会を支えなければならぬ時代だということであり、体の弱い子どもたちばかりが育つと非常に危機的な状況になるわけです。

ですから、地域を活性化させるためには、まず親が子の健康に関心を持つことが大切です。それから、仕事を元氣

にバリバリやって、スポーツも一生懸命やるような大人を増やす必要があります。そのためには競技スポーツ志向、健康志向の子どもたちを育てなければなりません。しかし、今の日本の子どもたちの教育は競技スポーツ志向に偏っています。そうした点で問題はかなり山積みなのです。

高齢者の体力は向上し、四十〜五十代の体力は現状維持ですが、子どもたちはどうかというと、体力は大きく落ちてきているのだけでも、少しずつ回復させるためにキャンペーンをこの二十年ほど張ってきて、ほんのわずかですけれども上がる兆しが見えてきました。しかし、そんなときにコロナ禍になったわけです。体育の授業もしばらくの間行われなくなってしまうました。二〇二二年度の全国体力テストでは、それまでの体力テストの結果と比べて体力が一気に低下しており、スポーツ庁長官も何とかしなければいけないということで、メッセージを出していました。

日本は一九六四年の東京オリンピック以降、すべての公立学校の小中高校生に体力テストを実施していて、そのデータが五十年以上ずっと積み重なっています。これはすごいことです。そのデータを見ると、子どもたちの体力は一九九〇〜二〇〇〇年の間にぐんと落ち、これ以上低下することはないだろうとまでいわれていたのですが、このコロナ禍でまったく運動しなくなったため、さらに低下

しています（図4）。

これは、子どもたちが本当に運動しなくなったらどうなるのかという実証実験を、世界的にやったことと同じです。コ

ロナは非常に悲惨な状況だったけれども、スポーツ科学的に唯一、何か成果が残ったとすれば、本来ならできなかつたこのような実証実験ができたことで

す。これは日本だけのことではなく、世界中の子どもたちの体力がものすごい勢いで低下しているのです。

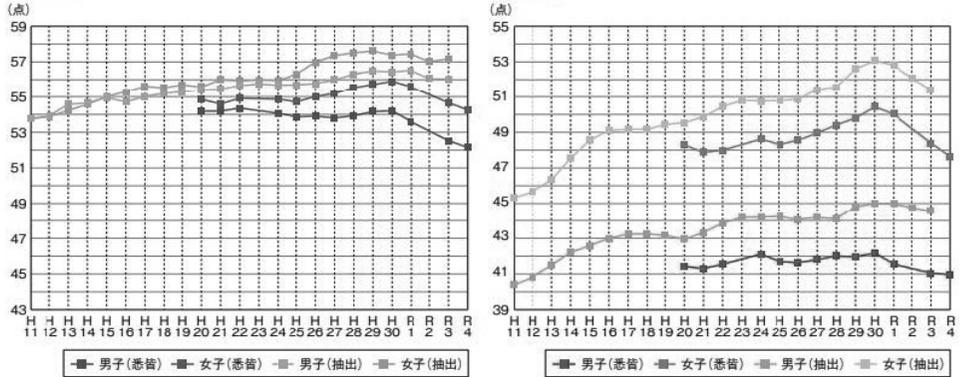


図4 体力合計点の経年変化（悉皆調査、抽出調査） 左：小学5年生、右：中学2年生  
（体力・運動能力調査（抽出調査）のグラフは、3点移動平均法を用いて平滑化した値で作成）

### スポーツの聖地づくりを目指す

このような状況下において、高齢化社会だから高齢者のプロジェクトに多くのお金をかけるのではなく、今の若者も何十年後に高齢者になりますから、先を見据えた土台づくりがとても大事だということで、取り組みがようやく進み始めています。それはオリンピックの一つの成果でもあったと思っています。

#### ↑静岡県スポーツ推進計画

静岡県では、スポーツ推進審議会を設置して方針を話し合っており、「スポーツの聖地づくり」という指針を出しています。その実現のために「静岡県スポーツ推進計画」を改定しました。静岡県は、スポーツを通して世界に健康づくりを発信していくということです。

その中では、競技力の向上も課題として掲げており、子どもたちが切磋琢磨し、一生懸命スポーツに汗をかくことを後押しするために県として何ができるか、いろいろと検討されています。

支援策の一つは、部活動に関するものです。中学校も高校も部活動の時間が短縮されているので、そもそも子どもたちが体力をつくるための時間が減らされています。そう

したところを考えるプロジェクトがあってもいいのではないかとということ。他にも、静岡の地の利を生かした取り組みが何かできないだろうかということになり、そこから「スポーツイノベーション推進事業」という取り組みが二〇一九年度から始まりました。

#### ＋スポーツイノベーション推進事業

これは、科学的根拠に基づく指導の活用により、選手の育成・強化活動をブラッシュアップするために、大学をはじめとする研究機関などと協働する取り組みです。

一つは、「ICT活用実践普及事業」で、自分の技術を、コーチに教えてもらうのではなく、コンピューターやAIを利用しながら、自ら自分の動きを分析し、技術を高めていくための研究です。これならみんなで集まってプレーしなくてもサッカーの技術を上げるための情報やアドバイスを提供できます。もう一つは「医・科学活用事業」で、富士山をうまく利用して、高地トレーニングに替わるスポーツプロジェクトを立ち上げる研究で、私が引き受けました。富士山にはいろいろな資源があると思いますが、富士山でスポーツに関わるものとしては、夏になると登山で多くの人が訪れます。健康という目的でも集まってきますし、ロードバイクなどで訪問するアスリートも増えています。

ですから、観光や競技力向上、健康などさまざまな目的で集まってきた人たちが、安全にスポーツができる富士山の裾野の環境づくりがまず大事だと考えました。

それにはさまざまな切り口があると思いますが、私は体内でどんな変化が起こるかという研究をメインにしているので、生理学的な部分を切り口にしました。高所に上ると急性高山病で体調を崩す人が出ます。それだとせっかくスポーツで健康を獲得しようとしていたのに、健康という点ではマイナスになってしまいます。そこで、健康的に富士山に登るために良い方法をまず考えてみました。富士山は準高地ぐらいまでは車で簡単に移動できるので、準高地ぐらいの標高に慣れたら少し楽に登山ができて事故も減るのではないかとという仮説を立ててみました。

そうしてこのプロジェクトがスタートしたのですが、皆さんご存じのように高地トレーニングというものがありません。高地トレーニングは標高二、〇〇〇メートル以上の所で行うトレーニングですが、その高地トレーニングのノウハウを使えばいいのではないかと考えました。けれども、準高地というのは高地と何か違うのではないかとということろがミソなのです。

世界の研究をいろいろと調べてみると、高地に関する研究は非常にたくさんあるのですが、準高地に関する研究は

ほとんどありません。理由は、私もそうなのですが、研究者は身体の変化を捉えやすいデータが欲しいと思つたら高所に行くほうが分かりやすいからです。水ヶ塚公園に行つたことがある方もいると思いますが、あれぐらいの準高地まで行つても息苦しくなったりすることはまずありません。そこに行つても何か変化を見つけるのは非常に難しいので、成果が上がらない研究はみんなやりたがらないのです。また成果が上がらそうもない企画に対してお金が付くこともなかったので、研究がなかなか進まないという背景がありました。

そんな中、静岡県から「準高地を生かすために何か効果を見つけてほしい」と依頼されました。ネガティブな結果を無理やりポジティブに発表することは絶対にあり得ないのですが、出てきたデータをそのまま解釈しても効果を出き出せるのではないかという感触を私は持っていたので、この事業を引き受けることにしました。

#### ↑利用者の動向とニーズを把握

それまでの取り組みを振り返ると、訪問客は富士登山の方が非常に多く、御殿場口であれば下山者が非常に多いので、御殿場口でアンケートを採ることにし、こういった人たちが集まってくるかということ、十年ほど前から調査

していました。

御殿場口を訪れる方の特徴は、歩いて登るのではなく、走つて下りるトレイルランナー（未舗装路を走る人）やスカイランナー（山岳を走る人）といわれる人たちがたくさん集まっていることです。御殿場口は火山灰でできており、下りのときにソフトランディング（柔らかな着地）できるので、足腰への負担が軽減されるというのが理由です。従つて、裾野市も御殿場辺りと同じ標高を生かしたことができずであり、何か効果を示せるはずだと考えました。

また、女性や若年層の訪問が少なかったです。ただ、高所は女性にとっては造血効果があるので、貧血に悩んでいる人に向けて発信できるのではないかと考えていました。そこで、女性が準高地に行ったときに何かサインがあるかもしれないということに目を付けました。

準高地滞在に関する研究としては、将来的には高所登山の準備段階として利用できるのではないかと考えましたが、まずは健康を維持しながら競技力を高めるところに価値があるかどうかを探っていくための実験のデザインを考えました。

#### ↑高地トレーニングについて

ここで、高地トレーニングとはどのようなトレーニング

なのかを簡単に紹介します。標高の高い所に移動すると、酸素濃度は一緒でも、空気の密度が薄くなるので、取り込む酸素の分子量が減ります。高地は酸素が薄いとよくいわれますが、それは気圧が低いために取り込む酸素の圧力が低いからなのです。すると、肺の中に酸素を取り込むことが難しくなり、血液をたくさん作らないと酸素を体内に多く取り込めないで、血液を作ろうとする反応が起きます。

アメリカのパイクス・ピークという標高四、三一七メートルの場所には研究所があり、そこに男性が滞在して実験したところ、血液中の赤血球成分（ヘマトクリット値）がどんどん増えていくことが分かりました（図5）。空気の薄い所に行ったため、体内で造血反応が起こったからです。

また、赤血球を作るものになるのは鉄分です。鉄分をしっかりと取っている女性と、鉄分が不足しがちな女性がそれぞれパイクス・ピークに滞在したところ、鉄分が不足がちな女

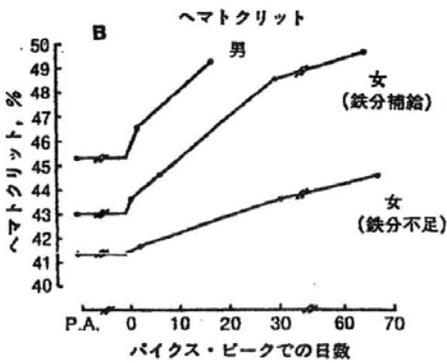


図5 パイクス・ピーク滞在中のヘマトクリット値の変化

性はヘマトクリット値があまり増えなかった一方、しっかりと鉄分を取っている女性は、男性よりは緩やかですが、ヘマトクリット値が増えていくという結果が出ました。従って、富士山頂でも長期にわたって生活すれば、こうしたことが起こる可能性があるわけです。

造血ホルモンを作り出すときに必要なホルモンの、エリスロポエチンという物質があります。このホルモンを過去に調べたことがあります。

富士山最多登頂記録保持者の實川欣伸さんをご存じですか。實川さんはギネスブックにも載っていて、登頂回数は二千回を超えています。その實川さんが、富士登山のガイドをしているグループの皆さんや静大の体育系の学生と一緒に富士山に登り、山頂で採血して、血液中のエリスロポエチン濃度を測りました。

すると、實川さんはエリスロポエチン値がまったく増えないのです（図6）。實川さんは高度が上がってもとても元気です。この方

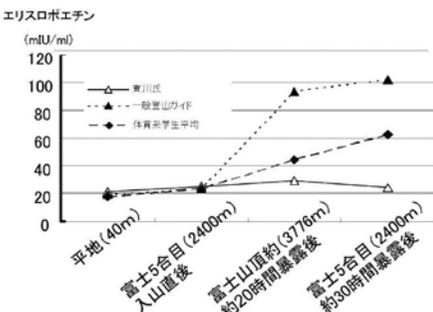


図6 高所暴露前後のエリスロポエチンの濃度変化

はキリマンジャロにも登ったのですが、キリマンジャロの六、〇〇〇メートル級の場所で走り回っていたと言っていました。冒険家として有名な三浦雄一郎さんも驚いていたのですが、体が特殊なのかもしれません。

ところが、体育系の学生と富士登山のガイドをされている方々は、エリスロポエチンが上がっていたのです。特に久しぶりに登った方は反応が高く、實川さんはしょっちゅう登っているのでエリスロポエチン値の出方が非常に薄くなっていました。つまり反応が薄いということは、その標高に慣れていて造血反応が進んでしまっていると考えられます。

だとすると、われわれのように日常は平地に住んでいて、あるとき少し標高の高い所になると、防衛反応でエリスロポエチンが出て造血反応を起こすのではないかと考えられます。準高地でも同じようなことが起こるのであれば、非常に大きな収穫になると考えました。エリスロポエチンを出すという反応を繰り返せば、非常に低酸素の三、〇〇〇メートル級の所に行かなくても、急性高山病を防止する可能性が出てくると考えられます。

ここで低酸素誘導因子というナノタンパクが関係してきます。われわれの業界ではHIFと呼んでいて、ヘマトクリットやエリスロポエチンを分泌する引き金になっている

物質だということが分かってきて、ここにも着目する必要があると考えました。

そこで、準高地でその兆候を捉えるために、総仕事量と動脈酸素飽和度の低下率の関係に着目しました(図7)。コロナの関係で、動脈酸素飽和度は一般的な数値として理解されるようになったと思いますが、多くは指先で測っています。普通は九六〜九八パーセント程度です。酸素が薄い所で運動すると、飽和度はどんどん下がって、八〇パーセントになります。何もしないのに八〇パーセントまで下がるのは非常に問題ですが、運動で一時的に下がる場合は運動をやめればすぐに回復します。

すると、運動がたくさんできる人ほどシビアな運動になっていくわけですが、そうなる動脈酸素飽和度の低下率はどんどん上昇していくことが分かっています。一時的に無酸素の状態になるわ

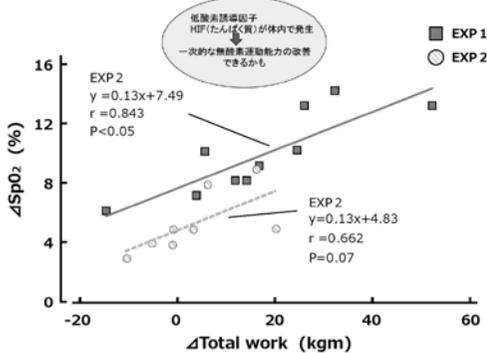


図7 S<sub>P</sub>O<sub>2</sub>の低下率(準高所における運動後の値ーSLにおける安静値)と総仕事量の変化との関係

けです。運動が終わるとまた安静のレベルに戻ってきます。この落差が大きい人と小さい人では、準高地に行ったときに差が出てくるのです。われわれのように日常あまりきつい運動をしていない人と、アスリートのように毎日を鍛えている人では反応が違うことが分かります。

ということ、ある程度の体力を持った人が準高地で運動すると、高地でトレーニングしたのと同じような反応を起こすのではないかとという仮説も立てられます。また、普段平地でウォーキングをしている人が、準高地ではランニングに切り替えると普段より運動強度が高くなるので、相対的にはもつと高い二、〇〇〇〜二、五〇〇メートルぐらいで運動しているような錯覚を起こすことができるのではないかとということも仮説として挙げました。

### 裾野市における可能性

#### 十国内の準高地トレーニングエリア

ここまでお話ししたことは私だけでなく、同じ分野の研究者がいろいろと考えて取り組んでいます。その様子を見ると、例えば長野県の御嶽高原には一、五〇〇メートルぐらいの準高地エリアがあり、東京からは二百九十キロメートル離れているのですが、青山学院大学の駅伝部など多く

のチームがここで高地トレーニングを行っています。

それから、山形県の蔵王坊平にも同じように一、五〇〇メートル近い高原があり、そこでも多くのチームがトレーニングしています。ここは東京から三百八十キロメートルほど離れています。

長野県の菅平高原にも標高一、三〇〇〜一、五〇〇メートルの所にトレーニングエリアがあり、アテネオリンピック金メダリストの野口みずきさんがそこでトレーニングをしていたことがきっかけで、陸上界も注目するようになりました。そうした実績もあって菅平には陸上トラックが存在し、さまざまなトレーニング施設が用意されています。ですから、菅平はウィンタースポーツで非常ににぎわっていた時期もあるのですが、今は夏の方が集客率が高くなっています。

長野県東御市の湯の丸高原でも標高一、七五〇メートルの場所にプールが造られ、日本のトップアスリートたちが泳ぎにきています。でも、距離的にはかなり遠く、日帰りは難しいので長期滞在するしかありません。この施設は、高地で生活しながらトレーニングをする「トレーニングハイ&リビングハイ」の需要を狙っているのですが、本当は低地で生活し高地でトレーニングをする「トレーニングハイ&リビングロー」や、高地で生活しトレーニングは低地

で行う「リビンングハイ&トレイニングロー」のプログラムを考えると、高地は関東圏から距離があり、誰もができるわけではないというデメリットがあります。

しかし、裾野市は東京から百キロメートル程度なので、日帰りができます。ということは、トレイニングハイ&リビンングローやトレイニングハイ&リビンングハイを組み合わせることで、日常生活の中で高地を生かしたトレイニングができる可能性があります。もし効果を見いだせるのであれば、例えば高校生の場合、月々金曜日は学校でトレイニングをして、土曜日曜は裾野市で一泊しながら準高地トレイニングを行うという部活動の在り方が現実的です。関東のチームでは既に行っているところもあります。あるいは、ひよつとしたら日帰りでもできるかもしれません。そのようなイメージで富士山麓の資源を活用できる可能性があります。

そうして事業を裾野市と一緒にいろいろ手がけてきたのですが、高所トレイニングとは違うという点がとても重要で、今年度（二〇二二年度）新たにリニューアルしました。昨年度の事業紹介の動画をご覧ください。

―動画開始―

（ナレーション）静岡県富士山麓地域は、世界遺産である富士山の恵みをふんだんに享受した素晴らしい環境にあります。標高の高さ、豊かな自然環境、冷涼な気候の中、クロスカントリーコースやハイキングコースも充実しており、陸上選手を中心とした競技者や登山客などが多く訪れています。

これまでアスリートは、標高二、〇〇〇メートルを超えるような高地でトレイニングを行ってきました。高地トレイニングによってパフォーマンスが向上することは多くの研究で明らかにされ、目的によりトレイニング場所、滞在先を選ぶ必要があるとも考えられています。

しかし、高地トレイニングのデメリットとして、長期間の非日常的な滞在が必要なこと、急性高山病のリスクが伴うこと、呼吸がいつもよりきつく感じるために、実際のトレイニング強度は平地より低くなること、といった点が指摘されています。このようなことから、特に一般競技者が高地トレイニングを行うことには一定のハードルがあるといえます。

一方で準高地の魅力は、高地ほど体に負荷がかからない低酸素環境であること、短い時間で準高地まで移動できること、日頃のトレイニングに近い強度設定を維持できること、といった点が挙げられます。もちろん、真夏でも涼し

い環境の中で、トレーニングの質と量を落とさずに練習できることも、準高地で期待される効果といえます。

富士山麓地域はマイルドハイ（準高地）の環境下に位置し、首都圏から百キロメートル圏内、車で一〜二時間のアクセスであるため、週末滞在型のトレーニング合宿や日帰りトレーニングが可能です。標高約一、四五〇メートルにある水ヶ塚公園クロスカントリーコースをはじめとしたトレーニングコースと、標高一、〇〇〇メートル付近には宿泊施設があり、トレーニング&リビングマイルドハイの環境となっています。

— 動画終了 —

#### † 最近の高地トレーニングの考え方

さらに、高地トレーニングの考え方が変わるきっかけになりそうな研究があります。先ほどお話しした低酸素誘導因子 (HIF-1 $\alpha$ ) というナノタンパクの発見は、ノーベル生理学・医学賞を受賞したセメンザ博士らの成果ですが、これはがん治療の研究の中で発見されたものであり、われわれスポーツ医学の研究の中でも注目していました。このHIFが、何を働きかけているかということが詳しく見えてきたのです。

一つ目に、エリスロポエチンという造血ホルモンの分泌を促進することが分かってきました。

二つ目に、乳酸系エネルギーの出力を増加することが分かりました。無酸素運動で、例えば陸上の四百メートルを一気に走り切るようなスポーツでは、乳酸系のエネルギーを多く使います。運動した後、血液中に乳酸（一般的には疲労物質といわれる）をたくさん出すような刺激をHIF-1 $\alpha$ はもたらします。

三つ目に、血管内皮増殖因子 (VEGF) を増やすことが分かってきました。血管が増えるということは、血液を筋肉にたくさん流し込むことができるので、運動には非常に有利です。そうした働きかけがHIF-1 $\alpha$ には存在しており、これは細胞が無酸素的な状態に置かれたときに分泌されると考えられています。ですから、がん細胞などは完全に酸素を遮断して無酸素の状態になっているので、抵抗するためにHIF-1 $\alpha$ が分泌されると考えられています。

準高地や高地の場合、そもそも酸素が薄いので、運動を始めると酸素が足りなくなる状況が細胞に伝わって、HIFが出ると考えられています。この考えが始めてから、単に有酸素能力の造血を狙った長期滞在型の高所トレーニングではなく、短期の滞在でも無酸素性の能力を高められるのではないかと考えられるようになりました。

この考えの下で高地トレニングのデータをいろいろ見ていくと、アメリカで行われているリビングハイ&トレニングローの研究が注目されます。標高二、五〇〇メートルの場所で二十七日間滞在し、トレニングをするときだけ一、二五〇メートルの所に下りてくるという実験が行われました。このトレニングによつてものすごくプラスの効果が出ているのではないかと考えると、準高地で運動する意味が何かしら出てくることになります。

それから、運動と低酸素環境を組み合わせると、さらに標高の高い環境を疑似体験できるのではないかとという研究者が現れました。だとすると、準高地と強度のやや高い運動を組み合わせれば、二、〇〇〇メートル以上の標高における効果を疑似体験できるということです。

そこで、高地で高強度の運動をした結果、一週間ぐらいの短期間で効果が表れたという研究があります。トレニングというのは一〜二カ月継続してようやく効果が表れるのですが、短期間で表れるということは、一時的にマイルドハイの状態がサブリメント的に効果を上げている可能性があると考えられます。

#### †マイルドな高所における実験

このように、さまざまなことを総合して研究のデザイン

を考えていきました。マイルドということは、きつい所まで上がってしまうと急性高山病を発症してしまって体にも毒だけでも、マイルドな高所に行くと自覚症状はほとんどないので、空気が薄いことをまったく感じないまま、公園で散歩をして帰ってくる事ができます。そうすると、知らないうちに少しい程度程度の酸素の薄さの場所に細胞を置いて、細胞はその状態を記憶することになります。それを繰り返していくことで、サブリメント的な効果が体力的にも表れるはずだということです。

実験は、統制実験と実証実験の二つを四年間続けてきました。統制実験では、日帰りで準高地トレニングをして帰ってくるメソッドを検証し、実証実験では準高地で一泊しながらトレニングをして帰ってくる効果を見ます。これでもし良い結果が出れば、アスリートの人たちが部活動で頑張ろうと思う人たちに声をかけることができます。

#### †統制実験

統制実験では、かなりきついトレニングをして帰ってきます。自転車エルゴメーターを使って三十秒間全力でペダルをこいでもらうのですが、最初は元気だからがんがんでいいても、足の回転がだんだん遅くなっていきました。このとき、乳酸が非常にたくさん出ています。そしてトレ

ニングを終えて帰ってくるのですが、無酸素的な状況をさらに酸素の薄い所でつくることでHIFを出させるのです。HIFを出して戻ってきたら、エリスロポエチン値が上がったり、一時的に乳酸のパワーが上がって、パフォーマンスが上がるのではないかと考え方です(図8)。

同じトレーニングを、標高二、四〇〇メートルぐらいの富士宮口と、準高地の水ヶ塚公園と、平地の静岡大学の三カ所で行い、効果を測定しました(図9)。まず平地のグループは、あれだけきついトレーニングを何回も繰り返したのに、動脈酸素飽和度はあまり下がっていません。ところが準高地は、酸素が薄いので下がるのです。一時、九〇パーセントぐらいまで下がり、また戻っていきます。でも、平地ほど戻らなくて、準高地では安静のときでも少し低めに残っています。富士宮口でトレーニングするとさらに下がり

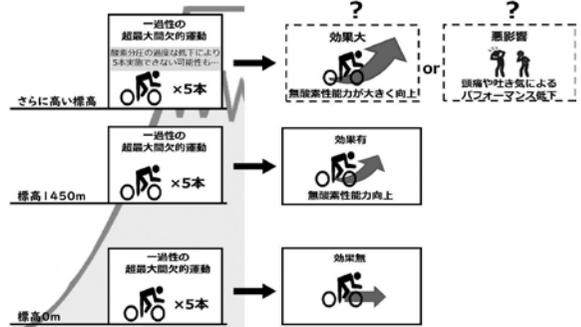


図8 準高地での一過性の無酸素性トレーニングの効果を検証する実験概略図

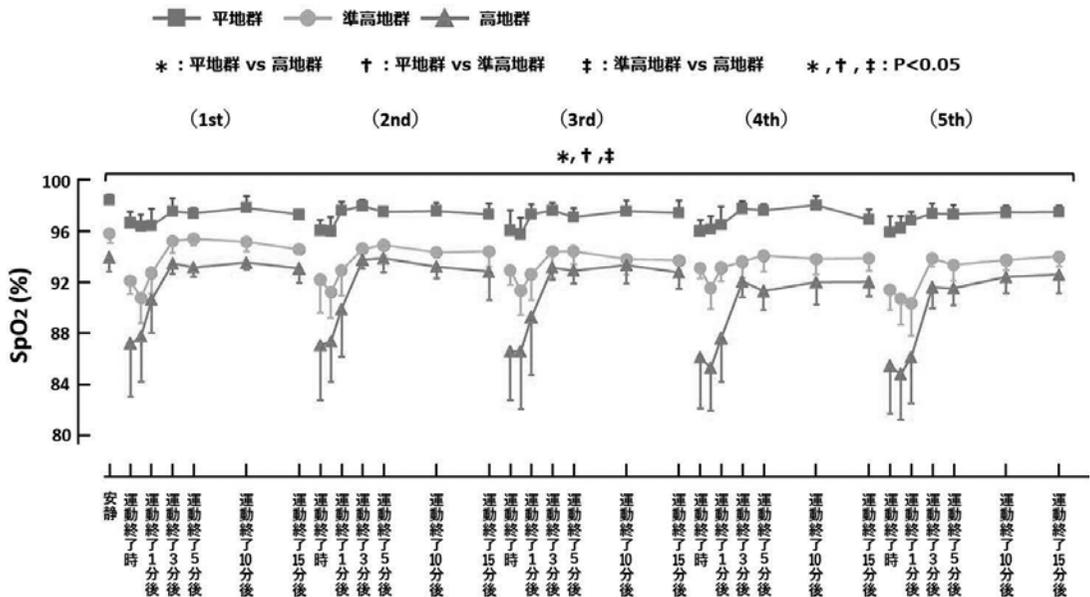


図9 トレーニングにおけるSpO<sub>2</sub>変化(動脈血内の酸素濃度変化)

ます。ですから、酸素が薄い状態で同じ運動をしたときに、体にかかるストレスは、平地よりも準高地、準高地よりも高地の方が確実に大きいことが分かると思います。

そのときに、一回目、二回目はそれほど変わらなかったのですが、三回目になると、標高二、〇〇〇メートルを超えた場所ではパワーを出し切れないのです。四回目、五回目になると運動の質がどんどん落ちることも、準高地や高地の特徴として捉えることができます。ですから、低酸素においてはストレスがかかったのかもしれない。

次に、三日後と七日後に同じ体力テストをします。すると、準高地では良い効果が出ています。パフォーマンスが上がったということです。二、四〇〇メートルの高地では、三日目は上がったのですが、七日後では効果があまりはっきりと出ませんでした。

でも、高地に行ってきたトレニングをすると、何日も滞在しなくてもパフォーマンスを高めることができることが見えてきました。だとすると、例えばレース一週間前に準高地に来て、トレニングをして帰って、平地でコンディショニングしておいてレースに出れば、パフォーマンスが上がるというプランが立つわけです。これは体力的な面からの検証です。

一方、急性高山病について見てみると、高地でトレニ

ングをしていると頭痛が生じるのです。頭痛というのは急性高山病の典型的な初期症状であり、アスリートにとっても、健康づくりのための運動であっても、運動強度を高くしてしまったり、山登りのペースを速くしてしまったりすると頭痛が表れます。ですから、きついトレニングに二、〇〇〇メートルを超える標高は向かないと考えられます。そうなると、マイルドハイの環境はそれを抑えることができるのではないかと期待されます。

疲労感については、トレニング中は同じなのですが、トレニング後は二、〇〇〇メートルを超えると非常に残り、その日の夜も非常に疲れた感覚が残ります。トレニングでいったん疲労感を覚えるのは重要なのですが、早く回復しないとスポーツアスリートのコンディショニングから考えた場合、非常に良くありません。この点からも準高地のメリットがあるのではないかとわれわれは考えています。

では、準高地に一日行っただけで意味があるのかということですが、われわれは「意味がある」という結論に至りました。準高地と高地で比べても、準高地でトレニングした場合に高地と遜色なくHIF-1 $\alpha$ が出ることによって、一時的に無酸素的な運動のパフォーマンスを上げるチャンスを持っていることが分かったからです。ですから、一日

滞在の利用の仕方としては、一週間コンディションを整えてレースに臨むための使い方ができるのではないか、しかも関東圏から百キロメートルですので、関東で大会に出場するときに、ここへ来てからレースに臨む関係者はとても多いはずです。

#### 十 実証実験

実証実験では、一泊二日のトレーニングを実施し、二つの検証を行いました。一つは、静大の体育会系サークルに所属する人たちにおけるトレーニング効果です。もう一つは、静大生も一生懸命練習するのですが、トップアスリートには程遠いので、トップアスリートにも協力していただいて効果を検証しました。この両方の観点から見ていって、データをまとめるところです。

まず体力テストを行いました。平地と準高地で同じトレーニングを一泊二日で継続します。その後、体力テストの前後を比較することで、平地よりも高地で何かしらの変化を起こすのではないかということを実証しました。

体力テストで一般的に行われているものも例に挙げた方が、生徒たちを引率するときにイメージをつくりやすいと思ひ、二十メートルシャトルランを行いました。すると、一泊二日のトレーニングを四週間（四回）行っても、それ

ほど差はありませんでした。四週間で持久的な能力は上がる傾向があるけれども、みんなが上がったかというところ、平地も準高地もそうではありませんでした。非常にきつい運動を行うと出てくるクレアチンキナーゼという物質が、確かに平地でも準高地でも同じように出ていました。そして、準高地のメリットとして、造血反応はどうかを見るために、赤血球数やヘモグロビン濃度の低下具合を調べたところ、劇的な差は見られなかったのです。

ただ、赤血球の減り具合は、準高地でトレーニングする方が、平地でトレーニングするよりも小さいことが分かりました。平地でトレーニングすると一時的に減ってまた増えるのですが、ハイインパクトのランニングをした後は赤血球が壊れてしまうので、赤血球が一時的に減る現象が起こります。しかし、準高地でトレーニングすると、一時的に減る現象がやや抑制されていたのです。

われわれはこの点に注目し、網状赤血球というものを調べました。網状赤血球とは、できたばかりの赤血球のことです。赤血球はおおよそ百日程度の寿命で、数パーセントずつが作り直され、全身の血液が入れ替わるのですが、準高地における網状赤血球の増え方を一週間ごとに追いかけると、確かに平地と比べて増えていくのです。平地はほとんど同じくらいずつ代謝が行われるのですが、網状赤血球

は増えており、二〜三週目ぐらいのところで良い反応が出ていました。従って、きついトレーニングを四週ずっと続けるのではなく、二〜三週までは週末にトレーニングをしたら休むことで、網状赤血球を増やす引き金になることがデータから分かりました。

それを裏付けるのがフェリチンです。フェリチンは赤血球を作るときに重要な物質で、男性も女性もトレーニングをするごとにフェリチンがどんどん減っていきます。ということは、赤血球の材料として使っているということです。女性は元々フェリチンが少なめなのにどんどん減ってしまうので、四週目で網状赤血球があまりできなかったのは、材料の枯渇が原因ではないかと考えました。材料を枯渇させたら、良い刺激であつても悪い結果しか出ません。女性は男性と違って貧血気味の方が多いので、そうしたアスリートに向けても、食生活を見直しながら一〜二週間の刺激を与えて戻ってきて、造血反応を刺激してあげる方法は、長い目で見ると良いコンディショニングトレーニング、持久力のトレーニングになることから、われわれは準高地トレーニングを勧めることができるのではないかと考えています。

ただ、週一回、一泊二日を四週間継続するトレーニングでは、酸素運搬能力そのものをはっきりと見ることはでき

ませんでした。トータルで百六十時間(四十時間×四回)しか低酸素状態に滞在していないからです。多くの研究では、明らかに造血させるために、はるかに長い滞在時間を要しています。けれども、それだけ長い期間、日常生活の中で高所に滞在してコンディショニングを整えるのは非現実的です。プロ選手であればひよつとしたらあるかもしれませんが、われわれ一般人としては、準高地の富士山麓をうまく利用すれば、高地滞在を疑似体験して、体に刺激を与えることができるということです。プラスの方向に刺激を与えながら、普段の生活を送ることができます。

分かってきたのは、女性の方がエリスロポエチンの反応が高めに出ているということです。ですから、この実験に参加した静大の女子学生は、滞在するとエリスロポエチンが男性よりも上がっていて、反応が非常に速いです。そうした結果を見ると、女性にとつて準高地でのちょっとした低酸素の刺激は、貧血を予防してさらに改善させる働きがあるのではないかと考えられ、次のステップでは女性に着目した研究を続けていきたいと考えています。ただ、フェリチンが低下するので、造血させようと思つても、それを作る材料が枯渇してしまうとマインナスになってしまいます。こういったところは十分気

を付けなければなりません。

ということ、今年は最終的にまとめをお示ししたいと思えますので、興味のある方はぜひご覧いただければと思います。

### 質疑応答

質問——私は、富士山開山期間の六十日のうち、四十日ほどを富士宮口五合目の標高二、四〇〇メートルで過ごしているのですが、開山期間が終わって下山すると疲れがどっと出るのです。これはフェリチンのせいでしょうか。

杉山——私は別の要因ではないかと思えます。非常に難しいのですが、高地は空気密度が薄いのでちょっとした生活動作が楽な可能性もあるのです。例えば、サッカーのワールドカップ南アフリカ大会のときに、会場の標高が一、五〇〇メートルぐらいあったので、標高三、〇〇〇メートルぐらいの場所でウエイトレニングをする、パフォーマンスが良くなるという話がありましたよね。そうした負担が、長く高地で活動していることで慣れている可能性があります。他にもいろいろな要因があって、閉山して戻ってくると、気温が随分高い所で生

活するので、気温の変化によってストレスを感じる時期があり、そこに慣れるまでに時間がかかるのだと思えます。

質問——標高二、四〇〇メートルの所に加藤学園や浜松日体の生徒たちが高所トレーニングに来るのです。今話を聞くと、高所よりも準高所トレーニングをした方がいいのではないかと思いました。

杉山——私は勧めたいと思います。つまり、彼らは疲労感だけを感じて帰っていくので、実際のトレーニングの強度は高くないから、パフォーマンスを上げることはできなはずなのです。

質問——三時間ぐらい走るのです。

杉山——でも、平地で三時間走っている方がスピードは速いはずですよ。ですから、二、四〇〇メートルの所に行っただ方がいいというのが定説になっているので連れて来てくれるのだと思います。

質問——御殿場口の登山口の標高が約一、四〇〇メートル、富士山頂は三、七七六メートルですから、二、四〇〇メートルの差がありますよね。大体上りが九〜十時間、下りが七〜八時間ぐらいかかると思うのですが、私が三年ほど前に日帰り登山をしたところ、登り初めた頃は一時間半に十分程度休んで、だんだん山頂に近くなると

五十分に十分程度休むという感じだったのですが、体に負荷は結構与えているのでしょうか。本音を言うと、自分はそのほど息苦しくならなかったのです。

杉山——逆に安全に登山することを考えると、息苦しくなつてはまずいのです。息苦しくならない登山のペースを保つことが大切だと思います。それから休憩のタイミングですが、一、四〇〇〜一、五〇〇メートルまで上がると、多くの人はそこからすぐに登るのです。でも、平地から一、五〇〇メートル登ってきたわけですから、本当は一時間ぐらい慣れてから登り始めた方が快適に上がれるはずなのです。しかし、皆さん準備してすぐに登ってしまいます。そこがまず一つポイントだと思います。

質問——地元の裾野市や御殿場市、富士宮市、県のスポーツ振興課との連携は、これからのどのような形で進められるのか、プランがあればお聞かせください。

杉山——裾野市では、スポーツ振興という観点から、水ヶ塚での取り組みについて陸上関係の各団体に声をかけていて、研究成果も含めて案内をしています。その中で、コロナで一時的に中断していたのですが、最近は合宿の依頼が急増しています。

そこから今度は、別の種目のプランを立てるべきではないかと私も提案しているのですが、裾野市の水ヶ塚公

園には駐車場とランニングコースしかないのです。あの駐車場は夏にしか使わないので、夏以外は一部人工芝にしてしまつてフットサル場などにすれば、選手が集まつてくると思うのです。この取り組みの効果は球技スポーツに結構マッチするので、球技スポーツをする人たちが集まるのもプロジェクトとしては良いのではないかと思っています。