

MFRI Conference Report

山梨県富士山科学研究所国際シンポジウム2014 報 告 書

安全で快適な富士登山に求められること

平成26年度

山梨県富士山科学研究所
国際シンポジウム2014実行委員会

MFRI Conference Report

山梨県富士山科学研究所国際シンポジウム2014 報 告 書

安全で快適な富士登山に求められること

平成26年度

山梨県富士山科学研究所
国際シンポジウム2014実行委員会

C-01-2015

MFRI Conference Report

Report of the MFRI International Symposium 2014

MFRI, Fujiyoshida, Japan

November 15, 2014

Mountain Climbing on Fuji
for safety and comfort

Mount Fuji Research Institute

目 次

1. 開会挨拶	
藤井 敏嗣（富士山科学研究所）	1
2. シンポジウムの全体概要および趣旨	
堀内 雅弘（富士山科学研究所）	2
3. 「富士山五合目予備調査からみえてきたこと」	
堀内 雅弘（富士山科学研究所）	4
4. 「ガイドが観た現場 ～富士登山ツアーでの事例～」	
近藤 光一（富士山登山学校ごうりき）	7
5. 「富士山頂滞在時の生体応答と血液性状から AMS の原因を探る」	
岡崎 和伸（大阪市立大学）	10
6. 質疑応答（午前の部）	14
7. 「急性高山病：メカニズムと予防」	
Andrew W. Subudhi（コロラド大学）	16
8. 「富士登山で遭遇しやすい疾患の予防と対応 ～富士山救護所の経験から」	
大城 和恵（北海道大野病院）	21
9. 「『インターバル速歩』で元気に富士登山」	
能勢 博（信州大学）	25
10. 総合討論	31
11. 閉会挨拶	
古屋 正人（富士山科学研究所）	35
12. 資料	37

開 会 挨 拶

山梨県富士山科学研究所
所 長 藤井 敏嗣



ただいま、ご紹介に預かりました富士山科学研究所所長の藤井でございます。

本日は富士山科学研究所の記念すべき第一回目の国際シンポジウムにお越しいただき誠にありがとうございます。

当研究所は、本年4月より、これまでの山梨県環境科学研究所から、山梨県富士山科学研究所に改名いたしました。この背景には、昨年、富士山が世界文化遺産に登録されたことがありますが、今後、富士山を拠点として、富士山に関する研究を重点的に実施していく、という決意の現れでございます。

そもそも山に対する憧れ、いわば山岳信仰は自然崇拜の一種で、狩猟民族などの山岳と関係の深い民族が山岳地とそれに付帯する自然環境に対して抱く畏敬の念、雄大さや厳しい自然環境に圧倒され、恐れ敬う感情などから発展したものと考えられています。富士山信仰もあの神々しい富士山の景色を楽しみつつも、恐れ敬うというところから始まったとうかがっています。さらに、富士山が民衆の信仰を集めるに至るには、登山の大衆化が大きな要素としてあります。

実際に最近では非常に大勢の方が富士山に登られています。350万人の方が富士山の五合目まで来られています。そのうちの一割の方が山頂まで登られているということで、3,000 m級の山としては異様にたくさんの方が山頂を目指すという山であります。

その中でいかに安全に快適に登山を成し遂げるかということに関して、まだまだ研究の余地があると伺っております。それは主に健康の観点です。もちろん富士山は活火山でありますから、先日の御嶽山の突然の噴火で多くの登山者が犠牲になったように、富士山でもいつか登山者が噴火の危険にさらされる、ということがないとも限りません。火山としての安全性はまた別の機会に議論することもあると思いますので、今日は人が登る時にいかに安全に健康的に登れるか、ということに関して、様々なご議論をしていただけたらと思います。

最初にも申し上げましたが、記念すべき第1回目の国際シンポジウムで富士山に安全に登るということに集中して議論するということは非常に感慨深いものがございます。ぜひとも熱心なご討議をお願いしたいと思います。簡単ではありますが、これをもって私の挨拶とさせていただきますと思います。

シンポジウムの全体概要および趣旨

山梨県富士山科学研究所
主任研究員 堀内 雅弘



今回のシンポジウムでは国内外の専門家を招き、生理的メカニズムの話から、実際の現場で起きていることまで、幅広い情報を提供することで、一人ひとりが安全で快適な富士登山のために必要なことを、みなさんと一緒に考えていきたい。

初めに私、堀内が富士吉田口五合目で行ってきた登山者に対するアンケート予備調査の一部を紹介する。富士山のような高所では急性高山病症状など、平地では起こりえない症状が起きるリスクが増える。急性高山病の代表的な危険要因の一つに急激な高所（低酸素）環境への曝露（＝弾丸登山など）が挙げられている。驚くべきことに調査結果では、確かに宿泊をしなかった人の山頂への登頂率は低かったが、高山病スコアはむしろ山小屋宿泊組の方が悪いという結果になった。この調査では単に宿泊をしたか、しないかによる区分けであったため、「宿泊しない＝弾丸登山」とは言い切れず、「宿泊はしなかったが時間をかけて登った」という可能性もある。一方、「宿泊をしたけれども、起床後一気に山頂を目指した」という可能性もないわけではない。今回は、高山病スコアが高かった宿泊組の中で、どのような要因が高山病に影響を及ぼしていた可能性があるのかについても考えてみたい。

これらの実態を踏まえて、最初に近藤光一氏（富士山登山学校ごうりき代表）にご登壇いただく。近藤氏のこれまでの500回以上に亘る富士登山経験から、我々がなかなか目にすることのできない現場で起きている生の話を頂戴したい。

続いて岡崎和伸先生（大阪市立大学）には、高山病症状などについて生体内ではどのような応答が起きているのか、特に血液性状はどのように変化し高山病に影響を及ぼしているのか、などについて主にフィールド実験のデータから概説していただく。

午後からは、アメリカより招聘した Andrew Subudhi 先生（コロラド大学）になぜ高山病が起き

パイクス・ピーク(4,301m) & 富士山(3,776m)



コロラドスプリングス市



富士吉田市

1962年より姉妹都市

るのか、主に実験室での実験で得られた知見から、高山病や高所適応の生理学的メカニズムについて紐解いていただく予定である。彼は私の共同研究者であり、偶然にも彼が勤務するコロラド大学コロラドスプリングキャンパスの所在地であるコロラドスプリングス市と、当研究所の所在地である富士吉田市は、1962年より続く半世紀以上の姉妹都市提携の歴史がある。我々が富士山という日本一の剣ヶ峰を抱えると同様に、コロラドスプリングス市には、観光やカーレースなどで有名な標高4,300mのパイクスピークを抱えている。彼はこのパイクスピークの山頂でこれまで多くの急性高山病に関する研究を行ってきており、またとない偶然に感謝するとともに、多くの話を頂戴したい。

メカニズムの一端が解明できても、多くの登山者が急性高山病症状などで苦しんでいるのも事実である。興味深いことに、高所では気温の低下にも関わらず、脱水症状に陥りやすいことが知られている。大城和恵先生（北海道大野病院）には、富士山救護所での貴重な臨床経験に基づいた、富士登山で見かける疾患（高山病、脱水、低体温症）の予防と対応について紹介いただく予定である。

最後に能勢博先生（信州大学）にご登壇いただく。登山者の実態がわかり、高山病のメカニズムが解明でき、高山病症状発症者に適切な治療がほどこされても、安全で快適な富士登山には、まだ足りないも

のがあるといえる。それは、どのような準備をしたらいいか、例えば、どのくらいの体力レベルが必要なのか、という問題である。能勢先生からは、登山に求められる体力レベルのお話から、体力が向上することによる「幸福な老いを目指す」そんなメッセージを頂戴する予定である。

富士山五合目予備調査から見えてきたこと

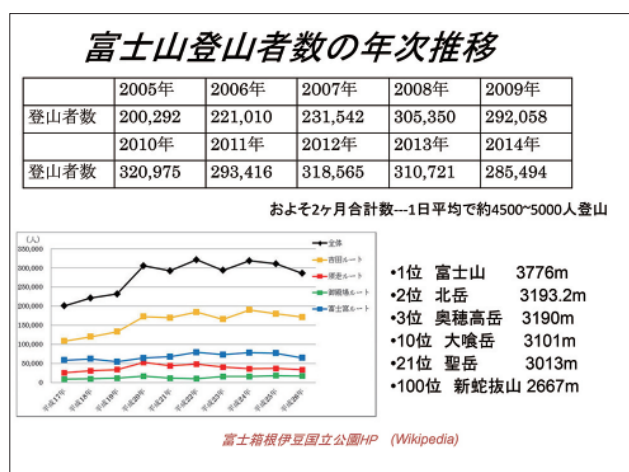
山梨県富士山科学研究所

主任研究員 堀内 雅弘



1. 背景

富士山、毎年約 30 万人もの人が登る山である。2005 年には約 20 万人であったことを考えると、その伸びは実に 1.5 倍にもなる。さらに、この調査が



富士登山者数の年次推移（総合計および4ルート別）と日本の山の標高順位

行われた時期が7-8月の2ヶ月間であることを考えると、単純計算ではあるが、1日に約5,000人近い人が富士登山をしていることになる。このように世界に類を見ないほど、登山者を集める富士山であるが、剣ヶ峰が3,776mという高所であるため、人の健康面にとって考慮しなければいけないリスクも存在する。その一つが急性高山病である。急性高山病は、頭痛を主訴として、吐き気、疲労感、消化器障害、睡眠障害の5つのカテゴリーに分類されたレイク・ルーズスコアを元に診断されることが一般的である。

驚くべきことに、これまで富士登山者を対象にした大規模な疫学調査はほとんど行われておらず、富士登山者と急性高山病の実態は明らかでない。諸外国では、ヨーロッパ・アルプスやアフリカ・キリマンジャロなどを中心に、多くの疫学的調査が行われていることを考えると、富士山における急性高山病の実態調査は、まさにスタートしたばかりといって

レイク・ルーズ高山病質問紙（0点～15点満点）

- | | |
|-------------|---|
| 1. 頭痛 | 0 まったくなし
1 軽い頭痛
2 中等度の頭痛
3 強い頭痛、耐えがたい |
| 2. 消化器症状 | 0 症状なし
1 食欲低下、または吐き気
2 中等度の吐き気、または嘔吐
3 強い吐き気と嘔吐、耐えがたい |
| 3. 倦怠感/脱力感 | 0 なし
1 軽度の倦怠感/脱力感
2 中等度の倦怠感/脱力感
3 強い倦怠感/脱力感、耐えがたい |
| 4. めまい/ふらつき | 0 なし
1 軽度のめまい
2 中等度のめまい
3 強いめまい、耐えがたい |
| 5. 睡眠障害 | 0 いつもどおり眠れた
1 いつもどおりには眠れなかった
2 何度も目覚めて、よく眠れなかった
3 まったく眠れなかった |

も過言ではない。先に述べたように、毎年30万人もの登山者が富士山に登り、そのうち約60%近くの人、吉田口から登山をしている。

そこで、本講演では2013年に富士山吉田口五合目で行った予備調査をもとに、富士登山者の急性高山病の実態とその要因を検討したので、本日もお話をさせていただきます。

2. 方法

調査日時は、2013年8月7~10日の合計4日間であった。この4日間、およそ午前9時~正午にかけて、吉田口・泉ヶ滝で下山してくる人を対象に調査を行った。すなわち、当該日の午前中に下山してくる人の大部分が、前日から富士登山を開始し、ご来光を拝んだ後に、下山してきた人といえる。

質問項目：調査用紙の一部を以下に示す。主な質問内容は基本属性（性別、年齢、富士登山経験など）、

高山病診断基準は、レイクルイーズスコアに基づき、頭痛があり、かつ合計得点が4点以上の者を急性高山病発症者と判断した。

OSA 睡眠質調査票

この用紙では、山小屋に泊まった人へののみお聞きします。

この調査票は、あなたの睡眠の状態についてお聞きするものです。

昨夜から今朝にかけて、目覚めた時の状態を思い出して記入して下さい。

睡眠の時刻等について記入して下さい。午前・午後とはどちらかを○で囲んで下さい。

① 昨夜 おやすみになった時刻：(午前・午後) 時 分

② 今朝 目覚めた時刻：(午前・午後) 時 分

③ 昨夜の睡眠時間：おおよそ 時間 分

昨夜の睡眠の状態や現在の心身の状態についてお聞きします。4箇所縦線は各質問項目の状態の程度を示しています。記入例を参考に、あなたの状態にあてはまる線上に○印で囲んで下さい。

記入例

	非常に や や 非常に	や や や 非常に	や や や 非常に	や や や 非常に	
1. 疲れが残っている	○				疲れがとれている
	◎正しい書き方			×誤った書き方	

	非常に や や 非常に	や や や 非常に	や や や 非常に	や や や 非常に	
1. 疲れが残っている					疲れがとれている
2. 集中力がある					集中力がない
3. ぐっすり眠れた					ぐっすり眠れなかった
4. 解放感がある					ストレスを感じる
5. 身体がだるい					身体がシャキッとしている
6. 食欲がある					食欲がない
7. 寝つくまでにウトウトしていた状態が多かった					寝つくまでにウトウトしていた状態が少なかった
8. 頭がはっきりしている					頭がボーとしている
9. 悪夢が多かった					悪夢はみなかった
10. 寝付きがよかった					寝付きが悪かった
11. 不快な気分である					さわやかな気分である
12. しょっちゅう夢をみた					夢をみなかった
13. 睡眠中にしょっちゅう目が覚めた					睡眠中に目が覚めなかった
14. いまずく、調査にテキパキと答えられる					答えるのは、めんどろである
15. 睡眠時間が長かった					睡眠時間が短かった
16. 眠りが浅かった					眠りが深かった

質問は以上です。ご回答ありがとうございました。

次に、どのような要因が高山病症状を訴えた人に

Figure 2 is a bar chart with a dual y-axis. The x-axis represents the '高血圧スコア (点)' (Hypertension Score) from 0 to 13. The left y-axis represents '人数 (人)' (Number of people) from 0 to 70. The right y-axis represents '割合 (%)' (Percentage) from 0 to 20. Blue bars represent the number of people, and a black line represents the percentage. The number of people peaks at a score of 3 (approximately 58 people), while the percentage peaks at a score of 3 (approximately 17%).

高血圧スコア (点)	人数 (人)	割合 (%)
0	48	14
1	51	15
2	57	16
3	58	17
4	44	13
5	32	9
6	18	5
7	12	3
8	10	2
9	6	1
10	6	1
11	1	0.5
12	1	0.5
13	2	0.5

影響を及ぼしていたのかについて、単変量解析により検討した。その結果、年齢を10歳毎に区分した場合、高山病スコアに年齢の影響は見られず、20歳の若い人も、50歳以上の中高齢者も同様のスコアを示した。この理由は明らかではないが、年齢以外の要因、例えば人数比の偏りや、個々の体調が影響

Figure 2 consists of four bar charts arranged in a 2x2 grid, showing acute mountain sickness scores (急性高山病スコア) in points (点) on the y-axis (0 to 4) across different categories on the x-axis.

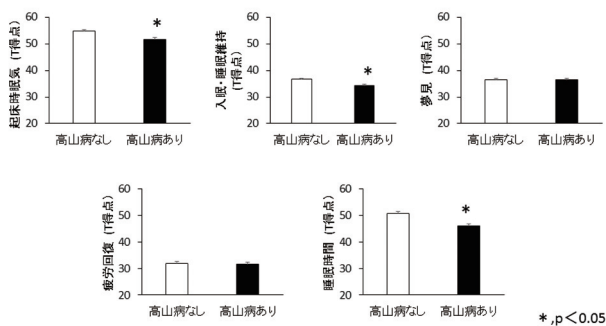
- Top Left Chart (Age):** Shows scores by age group. The y-axis is labeled '急性高山病スコア (点)'. The x-axis is labeled '年齢' (Age). The categories are 20歳代 (20s), 30歳代 (30s), 40歳代 (40s), and 50歳以上 (50s+). The scores are approximately 3.2, 3.4, 3.1, and 2.9 respectively.
- Top Right Chart (Sex):** Shows scores by sex. The y-axis is labeled '急性高山病スコア (点)'. The x-axis is labeled '性別' (Sex). The categories are 男性 (Male) and 女性 (Female). The scores are approximately 2.9 and 3.7 respectively. An asterisk (*) is above the female bar, indicating statistical significance.
- Bottom Left Chart (Experience):** Shows scores by experience. The y-axis is labeled '急性高山病スコア (点)'. The x-axis is labeled '経験' (Experience). The categories are 初めて (First time) and 2回目以上 (2nd time or more). The scores are approximately 3.4 and 2.9 respectively. A p-value of $P=0.094$ is shown above the bars.
- Bottom Right Chart (Sex and Experience):** Shows scores by sex and experience. The y-axis is labeled '急性高山病スコア (点)'. The x-axis is labeled '性別・経験' (Sex and Experience). The categories are 宿泊なし (No stay) and 宿泊あり (Stay). The scores are approximately 2.4 and 3.5 respectively. An asterisk (*) is above the '宿泊あり' bar, indicating statistical significance. A note at the bottom right states $*, p < 0.05$.

を及ぼしていたのかもしれない。一方、性差については明確な差が認められ、女性のほうが有意に高い高山病スコアを示した。この理由も同様に現時点では明らかにできないが、おそらく他の要因、例えば体調や、月経周期、あるいは男女で異なる人数比が影響を及ぼしていたのかもしれない。さらに、統計的に有意な差は認められなかったものの、富士登山

経験がこれまでに一度もない人の高山病スコアは、一度でも登ったことのある人と比較して高い傾向が認められた。推測ではあるが、一度でも富士登山をしたことのある人は、そうでない人と比較して、どのくらいの標高から自身の体調などが変化するのかわ、一度経験したことにより、その反省が生かされたのかもしれない。

驚くべきことに、山小屋に宿泊した人の高山病スコアは、山小屋に宿泊しなかった人の高山病スコアと比較して有意に高い値を示した。これは一般的に推奨されていることと正反対の結果であったため、我々は山小屋宿泊者のみを対象にして睡眠状況の調査も行った。

たとえ山小屋に宿泊しても、睡眠状態が悪いと高山病は悪化する(215人)



宿泊登山者における急性高山病発症者と未発症者の睡眠状態の比較。* は同一条件内における統計学的有意差を示す

その結果、山小屋に宿泊した人 215 名（有効回答者のみ）のうち、急性高山病を発症したと診断されたグループは、そうでないグループと比較して、起床時の眠気、入眠・睡眠維持および睡眠時間の 3 つの下位尺度で有意な低値を示した。

4. まとめ

- 1) 急性高山病の重症度（スコア）に年齢の影響は認められなかった。
- 2) 一方、性差の影響は認められ、女性のほうが有意に高い高山病スコアを示した。
- 3) 山小屋に宿泊した人の高山病スコアは、宿泊しなかった人と比較して、高山病スコアが有意に高い値を示した。
- 4) 山小屋に宿泊した人の中で、高山病を発症した人は、睡眠状態が悪化していた。

5. 本予備調査の限界と展望

- 1) 本予備調査の結果は、弾丸登山の危険性を否定するものでは決していない。
- 2) しかしながら、山小屋に宿泊しさえすれば、高山病を発症しないというわけではない
- 3) 調査方法の限界、例えば回答方法が下山後であるため、思い出し方法で回答してもらっている。また、詳細な行程が不明である。例えば、山小屋に宿泊しなくても、時間をかけて歩き続けることで、生体へ酸素供給が十分に行われていたという可能性も否定できない。あるいは反対に、山小屋に宿泊しても睡眠中に呼吸が浅くなり、結果として高山病症状を悪化させ、さらには起床後に一気に山頂を目指した可能性も否定できない。
- 4) 急性高山病の発症率と重症度には、多くの因子が関連し合っていると考えられるが、その影響は取り除けていない。

6. 参考文献

- 1) Horiuchi M, Endo J, Jones T, Yamamoto K, Aramaki S. Influencing factors of acute mountain sickness on Mount Fuji- A pilot study-. *Mount Fuji Research*, 7: 1-8, 2013
- 2) Hackett PH, Roach RC. High-altitude illness. *New Engl J Med* 345: 107-114, 2001.
- 3) Mairer K, Wille M, Bartscher M. The prevalence of and risk factors for acute mountain sickness in the eastern and western alps. *High Alt Med Biol*, 11: 343-348, 2010.

ガイドが観た現場 ～富士登山ツアーでの事例～

富士山登山学校ごうりき
代表 富士山登山ガイド 近藤 光一



1. はじめに

これまでの18シーズンで約550回以上登頂し、ひと夏では30回以上登山ガイド業務を行っているガイドとして現場で見たことや感じたことをお話する。安全で快適な富士登山をするための参考にしていただきたい。

2. 体調不良の登山者

ガイド業務をしている中で、登山者の様々な様子を観ることができる。原因は多様である。下記スラ

イドのように、登山道に座り込んだり、寝そべて動けなくなったり、頭を抱え込んだりする体調不良の登山者が多く見受けられる。個人的感覚では、標高3,000～3,200mくらいになると携帯酸素を使う登山者が多い。ガイドとして、ゆっくり大きく深呼吸をすることをアドバイスしている。運動頻度の少ない登山者などは深呼吸を継続的に意識することが難しいようである。

3. 体調不良者の下山方法

登山中に体調不良や怪我などにより下山することになった場合は、基本的には登ったところから五合目までは自力で下山することになる。同行者などのサポートが必要な場合もある。自力での下山が困難な場合や怪我、病気による緊急搬送では、下記スライドのように、下山道途中から騎乗での下山や緊急の場合はクローラで運ぶことになる。とにかく、体力と気力が十分な状態で下山することを心掛けていただきたい。決して無理は禁物である。

ガイド業務中に観ていること

・体調不良の登山者



登山道に座り込んで、頭を抱え込んだりする体調不良の登山者

・体調不良の登山者(ツアー参加者外)



登山道に寝そべて動けなくなった体調不良の登山者

・騎乗での下山 ・クローラ救助



自力での下山が困難で、下山道途中から騎乗での下山(写真左)やクローラ(写真右)で運ばれる登山者

4. 仮装、軽装登山者、マナー違反者

近年は、登山靴をはじめとする装備などが年々進化し、啓発活動の成果から登山者の安全、快適な富士登山への意識も変化してきた。しかし、驚くべきことに、次のようなマナー違反や服装に対する無知な登山者も実際にはいる（下記スライド）。スーツに革靴、サンダルなどは安全配慮に欠けたものである。また、登山道を外れ、落石を起こす登山者も少なくない。登山靴のソールが剥がれることも多い。登山前に必ず装備の状態を確認することが重要である。



マナー違反や無防備な登山者の例

5. 登山行程

富士登山で主流の、旅行会社が各地で募集するマストツアーは、40名ほどの大人数をガイド1名で案内していた。参加者と合流するのは五合目で事前情報を収集することは難しかった。また、参加者の体力差が大きく、ペース配分がとても難しい。更に多くの旅行会社ツアーが同じ時間に催行することになり



登山道とトイレの渋滞風景

下記スライドのように登山道や途中のトイレなどが混雑する。少しでも行程に余裕をつくり、時間をずらすようにすると一極集中を避けることができる。同じ登山道でも行程の工夫次第でまったく違った登山となる。自分に合った行程で登ることが大切である。

6. 事前説明会、事前健康調査

2003年から実施している主催ツアーの参加者に対して、事前に登山道、装備、健康面などについて伝えている。また、事前調査を実施し、ガイドとしてリスクコントロールに努めている。参加者にも事前準備していただいている。



主催ツアーにおける事前説明会

7. ガイドとしての個人体験

毎年業務開始前の高度順応は登山道の雪かき作業である。頂上直下で長い時間作業すると次第に気分が悪くなり、頭痛が激しくなる。下山すると症状が軽減される。いきなり高所で長い時間とどまることはガイドとしても不安が大きい。また、マストツアーガイドの時代には、睡眠不足と過重労働のため、過



山開き前の登山道の除雪とツアーガイド風景

労が蓄積され、体調不調に陥った。現在は十分な睡眠と適度な業務スケジュールを心がけている。登山者も登山前後には負担がかからない生活が大切である。

8. 近年の取り組み

企業と連携して、富士登山者に対する安全やマナーについての啓蒙活動や大学などに高山病研究のモニターとして協力していただいている。研究者とガイド、登山者による現場レベルでの研究を今後も継続していくことが重要と考える。

富士山頂滞在時の生体応答と 血液性状から AMS の原因を探る

大阪市立大学都市健康・スポーツ研究センター
大阪市立大学大学院医学研究科運動環境生理学分野
岡崎 和伸



1. 山と AMS

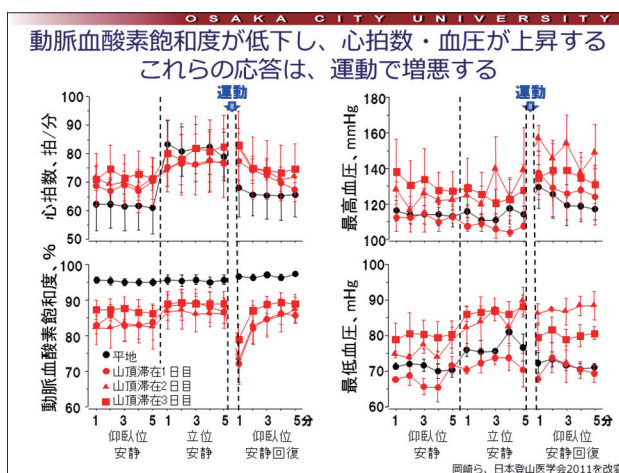
今夏も 28 万人以上もの登山者が富士山頂をめざした。平安時代には既に始まっていたとされる富士信仰。平安時代の初期は、遠くから山を拝む「遥拝（ようはい）」が主流であったが、後期になると実際に登る「登拝（とはい）」へと変化していき、それが現在の富士信仰を形成していった。当時の富士山は活動期だったため、登拝は命がけであったが、現在の富士山などの高峰への登山やトレッキングにも危険が伴う。その一つが急性高山病（Acute Mountain Sickness; AMS）である。

AMS は頭痛を主訴とし、通常、約 2,000 m 以上の高所に到着後、数時間から 3 日程で発症し、重症化すると肺水腫や脳浮腫を経て生死に関わることのある病態である。また、AMS は滑落など登山中の事故の背景に潜む原因となることも指摘されている。AMS 発症の原因は、高所滞在に伴う動脈血中の酸素分圧の低下に起因するが、その詳細な発症機序は未だ不明な点も多い。

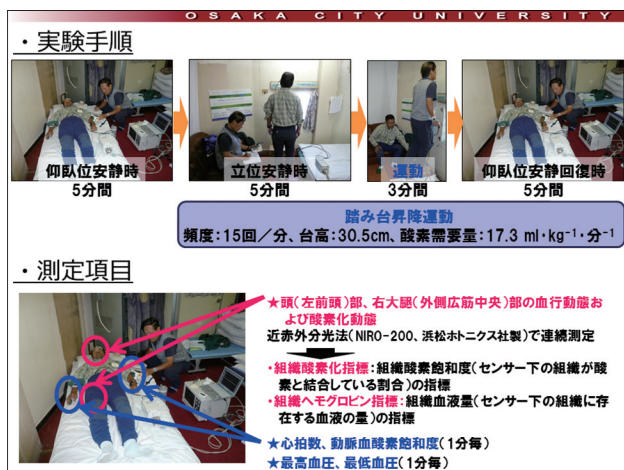
2. 高所での生体応答と AMS

我々は、AMS の発症機序を明らかにし、その予防や重症化を防ぐ対策を検討することを目的と

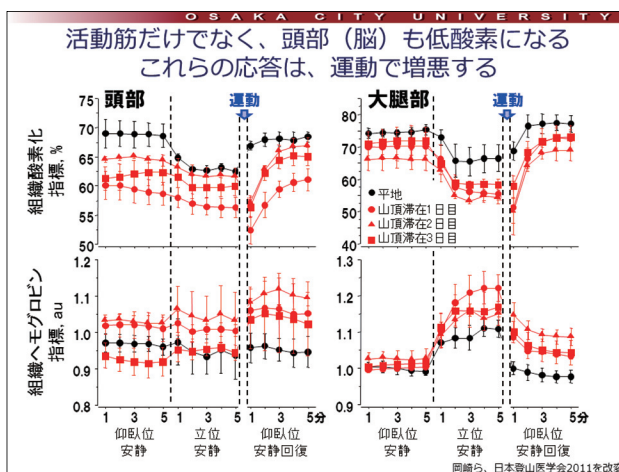
し、夏期に富士山測候所跡地（3,776m）に数日にわたって滞在し、種々の実験を行ってきた。具体的には、平地（御殿場、500m）および富士山頂滞在 1～3 日目に各種生体応答を測定した。実験は、仰臥位での安静時測定を 5 分間行い、引き続き立位安静時測定を 5 分間行った。その後、高さ 30.5cm の踏み台を昇降する運動を毎分 15 ステップの頻度



富士山測候所跡地での実験結果。心拍数、血圧は平地と比較して山頂滞在時に増加する傾向にあり、動脈血酸素飽和度は明らかに低下する。4名の平均値と標準誤差を示す



富士山測候所跡地での実験風景



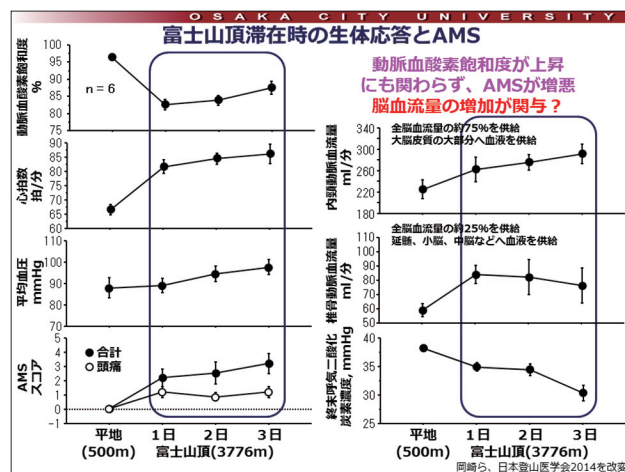
富士山測候所跡地での実験結果。近赤外分光法により測定された組織酸素レベルは脚部(活動部位)も脳も山頂滞在時に低下し、さらにこの低下は運動で増悪する。4名の平均値と標準誤差を示す。

で3分間行い、再び仰臥位での安静測定を5分間設けた。測定項目は近赤外線分光法 (Near Infrared Spectroscopy; NIRS) による活動筋 (大腿部) および脳 (前額部) での酸素化レベル、心拍数、パルスオキシメータによる動脈血酸素飽和度、および血圧であった。NIRS とは、頭部や筋肉などの生体組織に対して透過性が高い近赤外光 (波長 700 nm ~ 1000 nm) を外部から照射し、組織を透過してきた光を Modified-Beer-Lambert 法により分析し、組織を流れている血液中のヘモグロビン酸素化状態を測定する装置である。すなわち、酸素とヘモグロビンが結合している酸素化ヘモグロビン、両者が分離している脱酸素化ヘモグロビン、酸素化ヘモグロビンと脱酸素化ヘモグロビンの総和である組織ヘモグロビン量、酸素化ヘモグロビンを組織ヘモグロビン量で除した値である組織酸素化指標の4つの指標が得られる。本実験では、組織酸素化指標を生体内 (前額部または大腿部) における酸素飽和度の指標として、また組織ヘモグロビン量を生体内での血液量の指標として評価した。

その結果、平地に比べて山頂滞在時には、動脈血酸素飽和度 (SpO_2) が低下した。 SpO_2 の低下に対して心拍数や血圧が上昇するが、一方、大腿部の筋組織に加えて頭部 (脳) 組織の酸素状態が低下 (低酸素化) した。また、これらの応答は運動後に増悪した。つまり、高度の上昇に伴う SpO_2 の低下に対し、生体は心拍数や血圧を上昇することで筋や脳の組織への酸素供給を増加し、それらの組織が低酸素にならないように応答するが、それでも、富士山頂では筋や脳の組織は低酸素に陥ることを示している。

3. 脳への血流量と AMS

このように、 SpO_2 の低下によって脳組織が低酸素に陥ることが AMS を引き起こす原因であるが、AMS 発症に至る機序はどこにあるのか？ 現在想定されている機序の一つは、脳組織の低酸素化に伴う脳血流量の増加である。そこで、上記の生体応答に加えて脳への血流量を測定し、AMS 発症との関連を検討した。脳あるいは頭部への血流は総頸動脈より分離する内頸動脈と外頸動脈、さらには椎骨動脈により送られる。外頸動脈は主に、頭皮や顔面などへ送られ、とりわけ暑熱環境下では、脳内温度が上昇しすぎないように血流を増やすなど、体温調節の側面で重要な役割を担っている。一方、内頸動脈を介した血流量は全脳血流の約 75% を占めており、椎



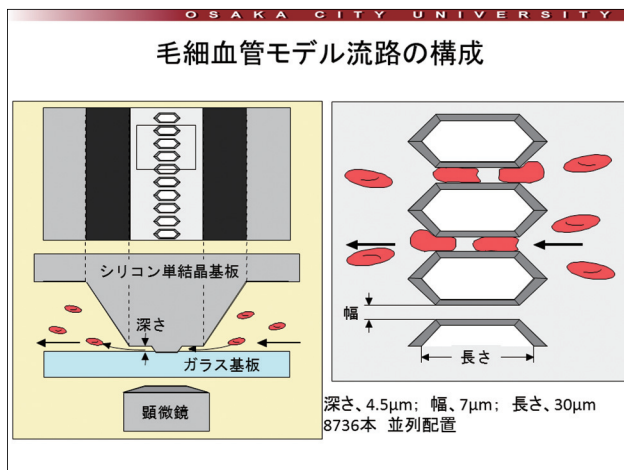
富士山測候所滞在時の生体応答と急性高山病スコア。6名の平均値と標準誤差を示す。急性高山病は滞在時徐々に増加 (悪化) し、それに伴い、内頸動脈血流量も増加する。一方、過換気により呼気終末二酸化炭素分圧は低下する。

骨動脈を介した血流量は残りの約 25% を占めているとされるため、本実験では、この2本の血管を流れる血流量を測定し評価した。また、脳血流量は動脈血二酸化炭素分圧濃度の変化に鋭敏に反応するため、呼気終末二酸化炭素分圧も測定し、動脈血二酸化炭素分圧の間接的な指標とした。

その結果、平地に比べて山頂滞在1日目に低下した SpO_2 は、2日目、3日目と回復する傾向にある一方、AMS 自己判定スコア (AMS スコア) は平地の0点から1日目、2日目、3日目と増悪した。この時、脳に血液を供給している内頸動脈や椎骨動脈の血流量は、平地に比べて山頂滞在1~3日目にかけて漸増しており、AMS スコアの上昇と同期することが観察された。これらの結果から、 SpO_2 の低下に伴う脳組織の低酸素化に起因した心拍数や血圧の上昇および脳への血流量の増加が、AMS を発症する機序であることが推察された。

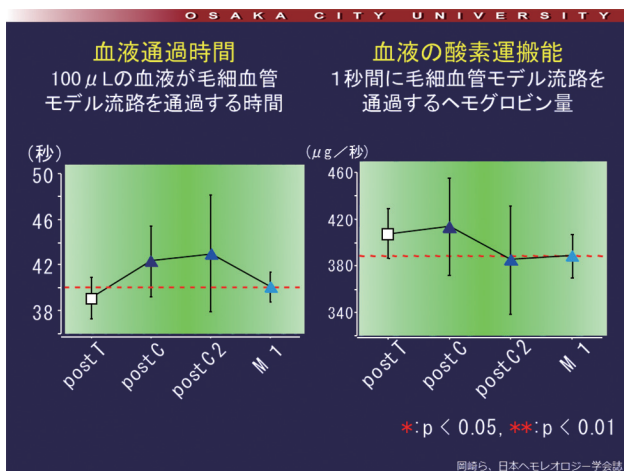
4. 血液の酸素運搬能と AMS

そもそも人が高所に滞在すると、低酸素血症を引き金として、血液中の酸素分圧によって調節されているエリスロポエチンの産生が促進される。エリスロポエチンは、腎臓の尿細管間質細胞で産生されている。エリスロポエチンの代表的な低酸素応答転写因子として HIF (hypoxia inducible factors) が挙げられる。HIF は酸素濃度が高いときには分解され、低酸素のときにはエリスロポエチンの転写を促進する。つまり、慢性的な低酸素状態となった時にエリスロポエチンの産生が促進される。このエリスロポエチンの産生は最終的に赤血球の新生につながる。



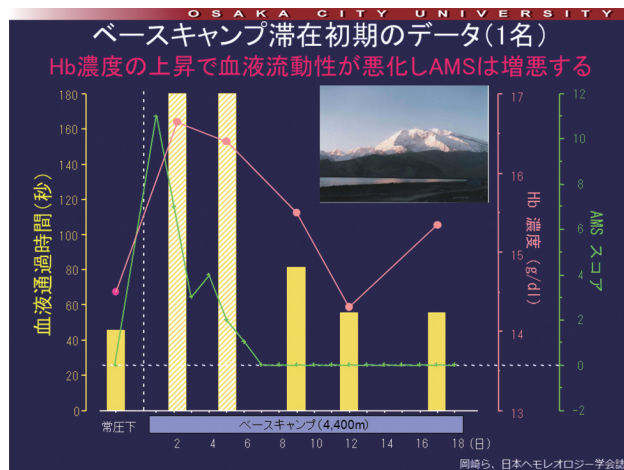
毛細血管モデル流路の構成

したがって、高所への滞在が長く続くと、我々の生体は上記のような応答に加えて、血液中のヘモグロビンを増加して低酸素に対応する。ヘモグロビンは血液中で酸素を運搬する物質で、血液中のヘモグロビン濃度が上昇すると、一定量の血液でより多くの酸素を運搬できるようになるためである。しかし、ヘモグロビン濃度が上昇すると、血液がドロドロに



低圧室滞在後 (post T)、高峰登山直後 (post C)、2週間後 (post C)、および、1ヶ月後 (M 1) における血液通過時間（血液の流れやすさ、値が低い方が流れやすい）および、血液の酸素運搬能（値が高い方が運搬能が高い）6名の平均値と標準誤差を示す。

なって流れにくくなり、かえって血液の酸素運搬が悪くなることも考えられる。そこで、ヘモグロビン濃度が上昇すると血液の酸素運搬能が増加するか検討した。海外高峰（ムスタグ・アタ、7,546m）登山隊において、低圧室への滞在前後（約2時間、1回/週、11回、4,000m～7,000m相当高度）、および、高峰登山後に採血し、ヘモグロビン濃度に加えて毛細血管モデルを用いて血液の流れやすさを測定し、血液の酸素運搬能（ヘモグロビン濃度×血液の流れやすさ）を評価した。その結果、高峰登山後にヘモ



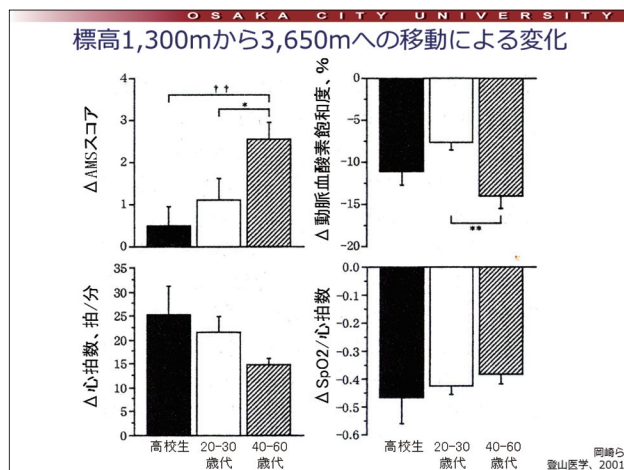
ベースキャンプ滞在時のヘモグロビン濃度（Hb濃度）、血液通過時間、および、急性高山病スコア。1名の代表例を示す。

グロビン濃度は上昇する一方、血液の流れやすさは低下し、よって血液の酸素運搬能は変化しなかった。

さらに、登山中のベースキャンプ（4,400m）滞時に同様の測定を実施した結果、ベースキャンプ滞在5日目までヘモグロビン濃度の上昇に伴い血液の流れやすさは低下したが、その後、ヘモグロビン濃度の低下と共に血液の流れやすさが改善することが観察された。この時、血液の流れやすさの改善と共にAMSスコアも改善することが観察された。つまり、登山中の脱水や過度のヘモグロビン濃度の上昇は、血液の酸素運搬能が低下し、AMSを増悪する要因ともなることを示している。

5. 年齢と AMS

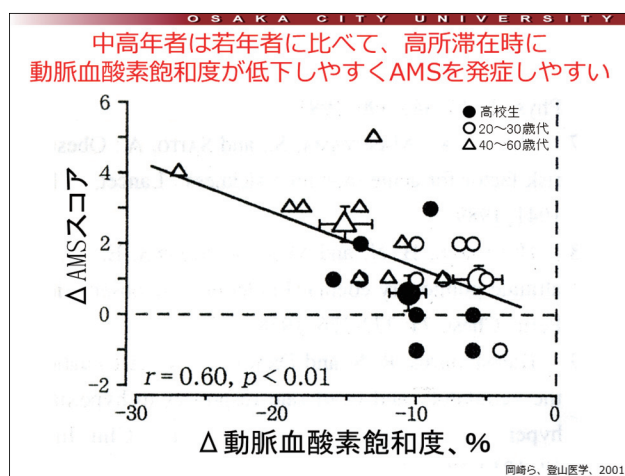
最後に、AMS発症に年齢差はあるかについて検討した。海外高峰トレッキング隊（900～3,650mに9日間滞在）において、高校生、20～30歳代、



海外高峰トレッキング時の標高1,300mから3,650mへの移動（バス）によるAMSスコア・動脈血酸素飽和度、および心拍数の変化。高校生8名、20～30歳代8名、40～60歳代9名について平均値と標準誤差を示す。

40～60歳代の参加者のAMSスコアと生体応答を検討した。その結果、標高1,300mから3,650mへの移動によるSpO₂の低下とAMSスコアの上昇は、若年者に比べて40～60歳代では有意に高かった。つまり、高峰トレッキングなどで高所を同行する場合、中高年者は若年者よりAMSを発症しやすいと考えられる。

また、高校生、若年者および中高年者を一括してみた場合、動脈血酸素飽和度の低下と急性高山病症状の憎悪との間に有意な相関関係が認められたことから、動脈血酸素飽和度は急性高山病スコアを予測する一つの因子になりえる可能性が示唆された。



海外高峰トレッキング時の動脈血酸素飽和度の低下と急性高山病スコアの関係。高校生8名、20～30歳代8名、40～60歳代9名の全員を一括して見た場合、動脈血酸素飽和度の低下が著しいもののほど、急性高山病症状が憎悪している。

6. まとめ

1. 富士山などの高峰に登ると…

- ・動脈血酸素飽和度が低下する。
- ・心拍数・血圧が上昇し、活動筋だけでなく脳も低酸素になる。
- ・脳の低酸素化にともない、脳血流量が増加する(AMS発症に関与)。
- ・これらの応答は、運動で増悪する。

2. ヘモグロビン濃度が上昇しても、血液の流動性が低下するために、血液の酸素運搬能は増加しない。

3. 中高年者は若年者に比べて、動脈血酸素飽和度が低下しやすくAMSを発症しやすい。

6. 参考文献

1) Basnyat B and Murdoch DR. High-altitude illness. *Lancet* 361: 1967-1974, 2003.

2) 岡崎和伸, 遠藤洋志, 遠藤由美子, 浅野勝己. 高所トレッキング時の急性高山病と動脈血酸素飽和度—高校生, 青年, および中高年の比較—. *登山医学*, 21: 81-86, 2001.

3) 岡崎和伸, 浅野勝己, 菊池佑二. ヒマラヤ遠征登山時のベースキャンプ(4,400m)滞在中の全血流動性の変化. *ヘモレオロジー研究会誌*, 2: 15-24, 1999.

4) West JB, Schoene RB, Luks AM, Milledge JS. 19 Acute mountain sickness in High altitude medicine and physiology, 5th ed. pp 280-299, *Taylor & Francis Group*, New York, 201

午前の部（堀内・近藤・岡崎）質疑応答

会場：睡眠等のデータを見せて頂いたのですが、睡眠が浅い人というか、睡眠時間が短い人が高山病になりやすいという解釈をされていましたが、逆の解釈もあり得るんじゃないかなと思って聞いてみました。つまり高山病の症状が出ているようには見えなくても、高山病になる人は寝つきが悪いというように、そういう2通りの解釈が出来るのではないかなと思ったのですが何かご意見ありますでしょうか。

堀内：非常にピンポイントでいい質問だと思います。鶏が先か卵が先かということにもなりますが、OSAによる睡眠調査は朝起きたときの状態を調査しています。その時点で睡眠状態が悪かったという事実があったのですが、悪かった結果、高山病となっていたのか、あるいはその前から発症していて、発症していたが為に結局寝られなかったか、これは正直、どちらが先かっていうのは今回のように非常にシンプルな調査からは、私にもわかりません。ただ可能性としては両方あると思います。今後そういったことを詳細に調べる必要があり、もし調査をアンケートの形でするのであれば、詳細に質問項目を精査しながら調べる必要があると思います。現時点では答えは出ません。

堀内：ほかに何かございますか？

会場：今の質問に関連するのですが、高いところに登った時に高山病の状況になっていて、その後睡眠をとった…すなわちエレメンツスコア高さが、岡崎先生の発表では、1日目に急激に上がりましたよね。したがって睡眠状況の問題ではなくて、それ以前の問題で上がっていたというのが一つ考えられるのではないかということと、また年齢差がすごくAMSスコアに関係していましたが、堀内さんの発表では年齢差があまり関係なかった。その辺はどのようにお考えですか。

堀内：最初にお話しましたように、方法も違うので何とも言えないのですが、アンケート調査の事実が事実で結果的には変わらなかったと。私に関してはどうして変わらなかったのかという事の詳細な理由

は分からないっていうのが現状です。一方、岡崎先生の発表に関してですが、これは岡崎先生にお答えいただきたいと思うんですが、生理応答と明確にリンクしていたということでしょうか？

岡崎：動脈血酸素飽和濃度が下がりやすい人がAMSになりやすいというのがあると思います。中高年の方の動脈血酸素飽和濃度が下がりやすいというのは、個人差というか、もともと下がりやすい人が多かったというのもあると思います。あとは健常な方でも、何らかの基礎疾患をお持ちの方も中には含まれていたかもしれないと思います。通常、年齢でAMSスコアがどうかということは昔から研究されています。基礎体力が高い若い人がなりやすいというデータも一部あります。中高年の方には、今回はまったく同じ日程でまったく同じように行動してもらっています。実際に高所順応するためにちょっと山に登ってもらったりと、全く一緒にやってもらっているのですが、体力が低いことも多少の要因になっていると思います。一方、堀内先生の調査は、それぞれの方の体力に合わせて、中高年の方は、もしかしてゆっくり登って時間をかけている方も多くて、結果的に差がないのかなと。僕が示させていただいているのは、まったく同じ日程で降りているので、そういう意味では体力が中高年の方は低いので、一つの要因になったかなと思っています。

会場：ありがとうございました。

（Subudhi より質問。堀内通訳）

堀内：平均でスタートしてから山小屋までどのくらいの高度を何時間で獲得して、翌日山小屋を出てから山頂まで…例えば3,000 mに泊まれば3,700 mまでを何時間ぐらいかけるのかを教えてください。

近藤：うちのツアーの場合ですと、大体五合目を出て2日目の山小屋が標高3,000 mになります。バスツアーの時には2時間から3時間ほどですが、それを4時間かけています。

堀内：標高何mから何mですか？

近藤：2,300 m～約 3,000 m。ここを普通は 3 時間で行く所を 4 時間で。3,000 m の山小屋から山頂まで、約 700 m の高低差ですけども一般のバスツアー、旅行会社の場合は 4 時間で行っていました。私の所は 5 時間かけています。

堀内：五合目から山頂までの世界記録はだれかご存じでしょうか？登山競争で想定したら 2 時間半ぐらい…？

会場：また 4 時間で五合目から八合目までの間、何分歩いて何分休むプログラムがあるのですか？

近藤：目安的には大体 30 分歩いて、2 種類の休憩を取ります。トイレによったり、お菓子を食べたりする 10 分ぐらいの休憩と、ちょっと呼吸が乱れたので立ち止まるという休憩の 2 種類があります。目安的には大体 30 分に一度ぐらいは短い休憩を。1 時間に 1 度 10 分ぐらいの休憩を。参加者の様子を見ながら臨機応変におこなっています。

会場：参加者が 10 人から 30 人とありましたが、その人達の体力的な物差しは何か作ってあるのですか？

近藤：体力ってなかなか難しいので、あくまでも自己申告なんですけれども、普段スポーツクラブに行ったり、マラソンをしたりという人には健脚コースを選んでもらう。体力があまり無いという方はもう少しゆったりしたコースを選んでもらう。ですから参加者 10 人は割とそろっている。そんな形でやっています。

会場：出来れば後で細かい話をしたいのですが。私もあなたの前に 30 年ほど学生を連れて富士登山をやっておりましたので。心拍数をコントロールしてそのグループの先頭にするという方法を使われているのですか？

近藤：基本的には一番ゆっくりな人のペースに合わせるということをしています。先ほども言ったように大体割と平均的になるので、完全について来られなくなったら別として、基本的にはゆっくりの人の

ペースに合わせ、時間に余裕をもってツアーを進めています。

会場：ペースの作り方は一番弱い人の物差しですか。

近藤：そうですね、一番遅い方よりも、もう少し上のレベルの方のペースになるのですが…

堀内：まだあるかと思いますが、最後の方に総合的な質問を受け付けたいと思いますので、ちょっと時間が押しましたが、これで午前の部は終わらせていただきたいと思います。

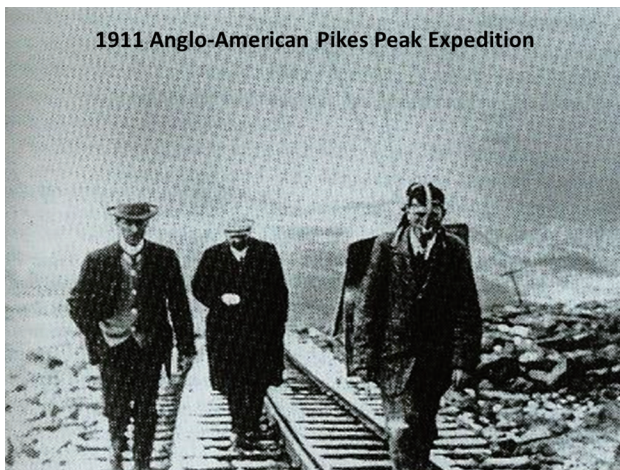
Acute Mountain Sickness : Mechanisms & Prevention

University of Colorado, Colorado Springs
Andrew Subudhi



1. はじめに

私が勤務しているコロラド大学コロラドスプリングスキャンパス近郊には、観光地としても有名なパイクスピーク（標高 4300 m）があり、その山頂にはアメリカ陸軍所有の実験室が完備しており、長期間の滞在が可能となるため、急性高山病の研究をする上では非常に利便性の良い場所である。このため、このパイクスピークを利用して実際のフィールド実



1911 Anglo-American Pikes Peak Expedition

2011 Altitude Research Center on Pikes Peak

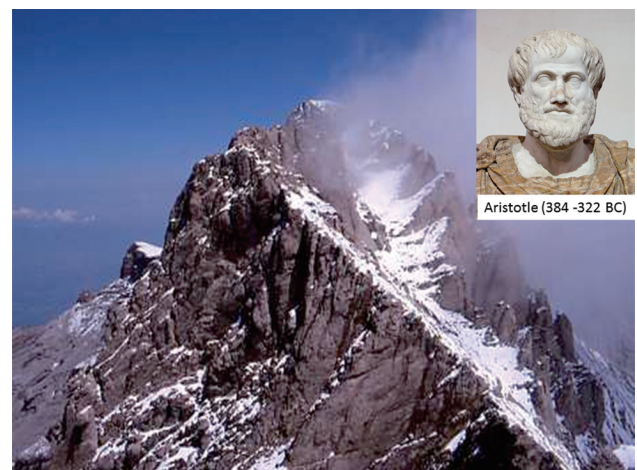


図1. 約 100 年前のパイクスピークでのフィールド実験風景（写真上）と先人に敬意を表して敢行した我々の同様の実験風景。上写真右の人物が背負っているのが呼気ガス採取のためのダグラスバッグ。その左の紳士がバッグを開発した Dr. Douglas 氏。下写真の左端が筆者（Andrew Subudhi）、真ん中がコロラド大学高所研究センター所長の Dr. Robert Roach 博士（急性高山病スコアの確立者）

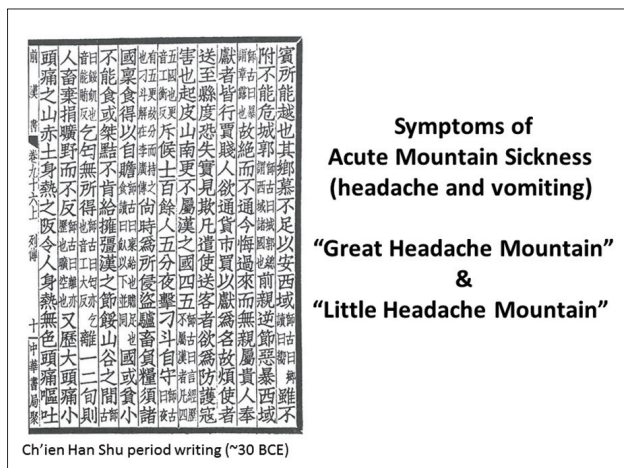
験は、今から 100 年ほど前からすでに行われている。図 1 は我々の知る限りパイクスピークを利用した高所での人の生体適応に関する最初の実験である。一番右側の写真の人が背負っているのが呼気を採取するためのダグラスバッグであり、真ん中の人がこのバッグを開発した Dr Douglas である。ダグラスバッグは非常にシンプルな構造であるが、運動生理学の分野では偉大で欠かすことのできないツールである。現在では、機器の発展により目にすることは少なくなっているが、その功績に陰りはない。先人たちの研究姿勢に敬意を表し、我々も同様のフィールド実験を敢行したこともある。

2. 高所生理学の歴史

そもそも、高所で人の体に何が起きるのかということに対して人類最初に疑問を投げかけたのはアリストテレスであるとされている。彼は、標高 1900m のオリンポスの山で「この高さの山に滞在することは、人類にとって空気が大変薄い（Air is too thin）」と述べたとされている。その後、書物としては、中国の Han らにより、高山病と頭痛に関する記録が残されている。

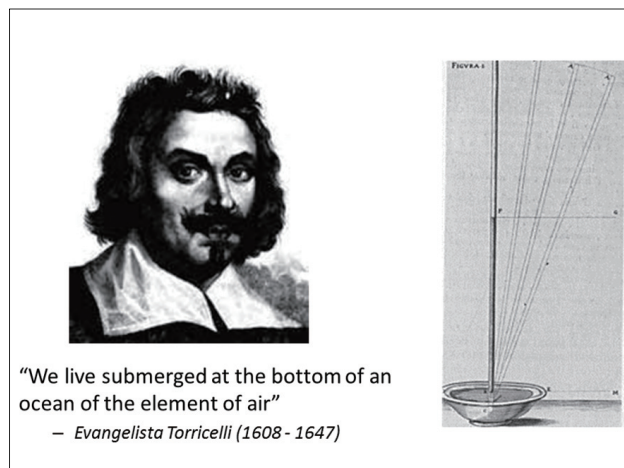


アリストテレスとオリンポスの山



世界最古と言われている、高所における生体応答（頭痛や吐き気など）を記した Dr. Han らによる中国の書物

これ以降、トリエチリが大気圧を発見し、“We live submerged at the bottom of an ocean of the element of air” と述べたのは有名な話であり、我々人間が標高により異なる気圧の中で生きていることが明らかになった。その後、Cavendish が大気の組成を計測することに成功し、さらにはダルトンの分圧の法則などの一連の科学界にとって大きな発見のもと、高所医学に関する研究の基礎が築かれたといえる。



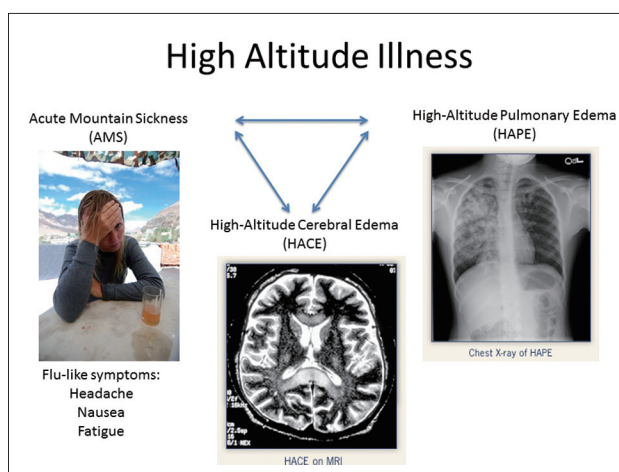
Dr. Torricelli と彼が発見した気圧の実験

アリストテレスは “air is too thin” と述べたが、高所だからといって実際に空気が薄くなるわけではない。高所であれ平地であれ酸素濃度は 21% であるが、大気圧が低下することにより、吸入酸素分圧が減ることになる。例えば、平地（海拔 0m）では、760mmHg の大気圧に対して酸素濃度が 21% であり、結果的に酸素分圧は 760×0.21 という式から 159mmHg という値が算出される。同様に、富士山の山頂（3,776 m）では、大気圧が約 490mmHg と



富士山と平地での酸素分圧

低下することにより、平地と同じ酸素濃度、すなわち 21% であっても、富士山頂での酸素分圧は 490×0.21 という式から 103mmHg という値が算出される。これらの酸素分圧は人が呼気として吸入する時点での酸素分圧であり、生体内では、圧勾配により分圧は徐々に低下していく。これは、高所生理学を理解するうえで、非常に重要な基礎知識である。



急性高山病諸症状。MRI 画像による高地脳浮腫を起こした状態（写真中）とレントゲンによる高地肺水腫を起こした症状（写真右）

3. 急性高山病とは

そもそも高所では、低酸素血症を引き金として、急性高山病などを引き起こすことになる。急性高山病は、インフルエンザに似たような症状とされており、頭痛を主訴として、吐き気や疲労感をともない、重症化すると高地肺水腫や高地脳浮腫などの重篤な症状をもたらすことになる。

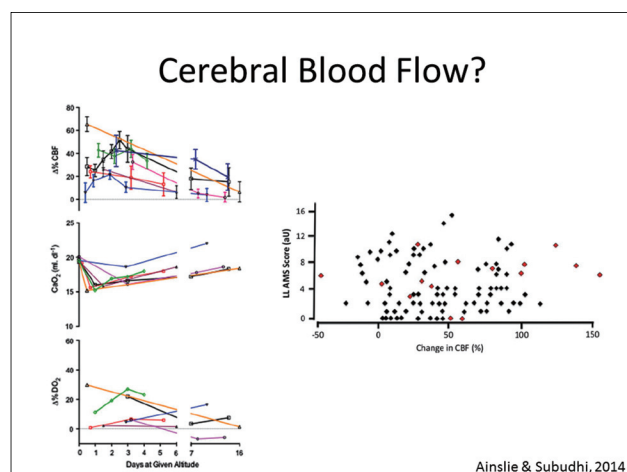
一般に、2,500 m 以上の高地では 10-25% の人が急性高山病症状を訴え、4,500 m 以上の高度では 50-85% の人が急性高山病症状を訴えるとされている。さらに 3,000 m 以上の高所では高地肺水腫罹患率は

0.01%である。5,000 m以上の高所ではそのリスクはさらに高まる。

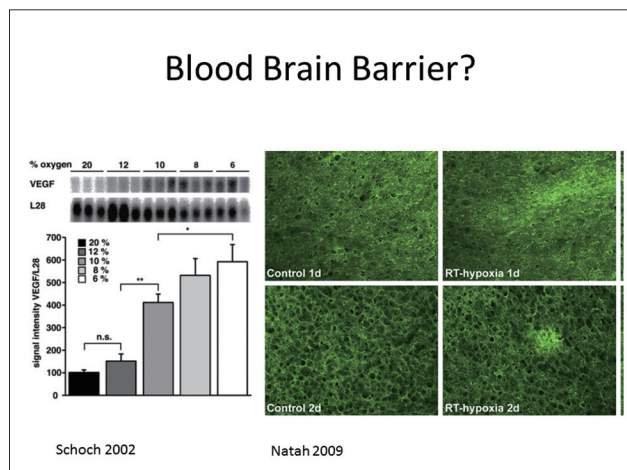
4. 急性高山病発症のメカニズム

急性高山病を引き起こす理論として、従来より”Tight fit hypothesis”という説が提唱されてきた。簡単にいえば、頭蓋内で脳がきちんとおさまっているか、否かということに左右されるという説である。例えば高所では、脳血流量が増加し、本来透過しない血液脳関門を血流が透過するリスクが生じる。このことは、血管原性のむくみを引き起こし、さらには頭蓋内圧が上昇する。これら一連の反応が頭痛や高山病を引き起こすとするものである。

しかし、我々が先行研究を総括したところ、脳血流の変化が必ずしも急性高山病を悪化させるという結果にはつながらなかった。一方、動物実験では低酸素刺激により血液脳関門内の血管内皮増殖因子の顕著な発現なども見られ、低酸素刺激、急性高山病、



筆者とDr. Ainslieによる総説から引用。高所滞り時脳血流は最初の数日間増加するがその後低下する（図左上）。これらの生理応答と急性高山病は関連しない（図右）



極度の低酸素暴露（6%酸素濃度）により、血管内皮増殖細胞因子（VEGF）の発現は顕著になる（写真左）。一方、血液脳関門は破綻を示す（写真右）

Intracranial Pressure?



Brain Cummings, 1985

標高 18,000 フィート（約 5,400m）での、手術による頭蓋内圧の直接測定

血液脳関門の関連についてはさらなる研究が必要であろう。

ところで、高山病のメカニズムを解明する上では、頭蓋内圧の測定が重要になってくるが、現実問題として直接測定するのは非常に困難である。Cummings は、この測定を高所で実際の手術中に頭蓋内圧を測定するというチャレンジを行っている。非常にリスクの大きい測定であるため、実際のサン

Intracranial pressure?



Subudhi 2008

頭蓋内圧を間接的に測定する実験風景。脊椎内に術を施して測定する。写真の被験者は筆者（Andrew Subudhi）

プル数は3名であり、残念ながら高山病のメカニズム解明のための決定的な結論を導き出すにはいたらなかった。

しかし生理応答上、頭蓋内圧の変化が頭痛、さらには高山病とのリンクがあるという考えは、極めてリーズナブルである。したがって、これらの先行研究を踏まえ、我々は頭蓋内圧の増加が血管伸展性を減弱させ、急性高山病を引き起こすという仮説を立て、それを実験的に検証した。被験者を低酸素環境下に9時間曝露し、この間、頭蓋内圧測定のために、

脊柱内のくも膜下腔へ薬物を注入し、頭蓋内圧を測定した。さらに頭蓋内圧を変化させるために、息こらえを行い、このときの平均血圧、中大脳動脈血流速度、頭蓋内圧を連続測定した。その結果、低酸素曝露により急性高山病素子は有意に増大（悪化）したが、頭蓋内圧はわずかに上昇するにとどまった。驚くべきことに、血管の伸展性もほとんど変化しなかった。この実験では被験者数もまだ少なく、予備的実験であるため、今後さらなる検証が必要である（データ未発表のためスライド非公開）。

5. 近年の仮説

近年、Bailey は従来の仮説とは異なり、急性高山病に関する新たなモデルを提唱しようと試みている。簡単に言えば、活性酸素種の増加が生体内の体液バランスの不均衡を生み出し、それが中枢神経系に存在するグリア細胞の1つであるアストロサイトの腫れをもたらし、高地脳浮腫などの重篤な症状を引き起こすとするものである。アストロサイトは脳の血管基底膜に突起を接して、血液脳関門の閉鎖機能の維持に寄与していることから、この仮説により急性高山病の発症を説明できる可能性はあるが、この細胞自体非常に複雑な構造をしており、この仮説は必ずしも立証されているとはいえない。

6. 高山病のリスク

Bartsch と Swenson が本年提唱した総説の中では、急性高山病のリスクの大小は次のように3つに区分されるとしている。まず、急性高山病のリスクが少ないのは、標高 2,500m 以上では、1 日の獲得高度が 500m 以下であること、これまでに急性高山病や、高地肺水腫および高地脳浮腫の既往歴がないこと、などが挙げられている。リスクが中等度の場合は、標高 2,500m 以上では、1 日の獲得高度が 500m 以上であること、特に 1 日に 3,000m 以上の高度に一気に到達すること、さらにこれまでに急性高山病や、高地肺水腫および高地脳浮腫の既往歴があっかどうか、自身が不明なこと、などが挙げられている、リスクが大きい場合は、1 日の獲得高度が 500m 以上であり、かつその時点での到達高度が 4,000m 以上であること、および過去に急性高山病や、高地肺水腫および高地脳浮腫の既往歴があることなどが挙げられている。

TABLE 1. RISK ASSESSMENT FOR ACUTE HIGH ALTITUDE ILLNESSES*

Low	
•	Slow ascent (≤ 500 m/day above 2500 m)
•	No history of AMS, HACE or HAPE with comparable previous exposure
•	Ascent > 500 m/day above 2500 m in pre-acclimatized individuals (exposure < 3000 m in preceding weeks)
Moderate	
•	Unknown history of AMS, HACE or HAPE and ascent > 500 m/day above 2500 m
•	Unknown history of AMS and ascent to over 3000 m in one day
High	
•	Unknown history of AMS, HACE or HAPE and very rapid ascents (considerably > 500 m/day) and final altitude > 4000 m
•	History of AMS, HACE or HAPE with comparable previous exposure

*altitudes given in the table refer to altitudes at which one sleeps. AMS, acute mountain sickness; HACE, high altitude cerebral edema; HAPE, high altitude pulmonary edema.

Bartsch and Swenson, 2014

2014 年に Bartsch と Swenson によりレビューされた総説での、急性高山病のリスクファクター

7. 遺伝的要因

高所適応には遺伝も関係するかもしれない。なぜならば、チベットやアンデスなどの住民は、生まれながらにして高地に適応できるように進化してきた可能性があるからである。このことを考慮すると、平地住民でも高山病に罹患しやすい遺伝子多型の人とそうでない人が居る可能性が挙げられる。我々は、これを検証するためにテキサス州ダラスにあるテキサス大学サウスウェスタン・メディカルセンターの Benamine Levine 教授との共同研究を行った。テキサス州で 140 人の健常な被験者を対象に遺伝子検査や各種運動能力テストを平地レベルで行い、彼らを飛行機でコロラド州の標高 3,000m の実験場所に移動してもらい、同様の運動能力テストなどを行った。データは共同研究であることと、現在も収集中であるため、公表できない部分もあり、申し訳ないが、急性高山病を発症した人と、そうでない人との間には ~98% という非常に高い遺伝子特性と感受性があった。このため、人が生来持っている遺伝子の多型の相違が高所適応能力を決定している一つの要因かもしれない。

8. 急性高山病の防ぎ方

最後に、一般的な話ではあるが急性高山病の防ぎ方を、先に述べた同じ Bartsch と Swenson の論文から紹介する。基本的には事前馴化、すなわち 3,000m 以上の高度でのトレッキングおよび、2,000m 以上の高度での睡眠が効果的である。さらに、標高が 2,500m から 3,000m では 1 日の獲得高度が 300-500m くらいになるようにとどめること、および休息日を設けることが重要である。さらに、対処

療法として挙げられるのが、アセザゾラミド（125-250mmHg を 1 日に 2-3 回服用）やデキサメタゾン（4mmHg を 1 日に 2-3 回服用）の服用も推奨される。

Prevention

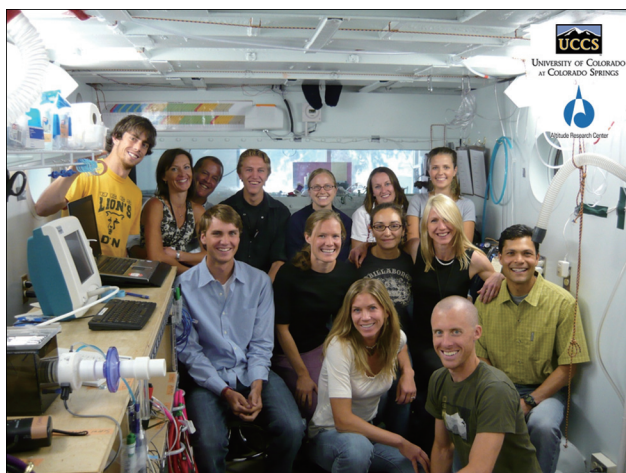
- Pre Acclimatization
 - Hiking above 3000m
 - Nights above 2000m
- Slow Ascent
 - 300-500 m/day above 2500-3000m.
 - Rest days
- Drugs
 - Acetazolamide: 125-250mg x 2-3 times/day
 - Dexamethasone: 4 mg 2-3 time/day

Adapted from Bartsch & Swenson, 2014

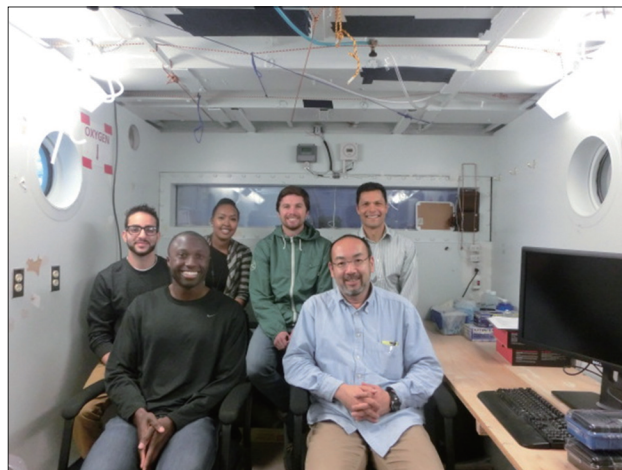
2014 年に Bartsch と Swenson によりレビューされた総説での、急性高山病の防御方法

9. おわりに

我々は、コロラド州を拠点にコロラド大学コロラドスプリングスキャンパス、標高 4,300m のパイクスピーク、そしてコロラド大学デンバーキャンパスにある低圧制御人工室などで実験を行っている。我々の研究室も 5 年ほど前には、10 数名のラボメンバーがいる中規模の所帯であった。残念ながら、現在は小規模になったが、今回 Dr. Masahiro Horiuchi に招待していただいたことをいい機会として、今後も共同研究が続けていければと願っている。



2006 年頃のコロラド大学スプリングスキャンパスおよびコロラド大学高所研究センターのラボメンバー（写真上）。中列右端の黄緑色のシャツが筆者（Andrew Subudhi）、三列目左から三人目が Dr. Robert Roach。写真右上は 2014 年 10 月時点でのラボメンバー。前列右は共同研究者 Dr. Masahiro Horiuchi、後列右端は筆者。この日は、Dr. Robert Roach は不在。



10. 参考文献

- 1) Ainslie PN, Subudhi AW. Cerebral blood flow at high altitude. *High Alt Med Biol*, 15(2):133-140, 2014.
- 2) Natah SS, Srinivasan S, Pittman Q, Zhao Z, Dunn JF. Effects of acute hypoxia and hyperthermia on the permeability of the blood-brain barrier in adult rats. *J Appl Physiol*, 107:1348-1356, 2009.
- 3) Schoch HJ, Fischer S, Marti HH. Hypoxia-induced vascular endothelial growth factor expression causes vascular leakage in the brain. *Brain*, 125: 2549-2557, 2002.
- 4) Bailey DM, Bärtsch P, Knauth M, Baumgartner RW. Emerging concepts in acute mountain sickness and high-altitude cerebral edema: from the molecular to the morphological. *Cell Mol Life Sci*. 66:3583-3594, 2009.
- 5) Bartsch P, Swenson ER. Acute High-Altitude Illness, *New Engl J Med*, 368: 2294-2302,

富士登山で遭遇しやすい疾患の予防と対応 ～富士山救護所の経験から～

心臓血管センター北海道大野病院
北海道警察山岳遭難救助アドバイザー
国際山岳医 大城 和恵



1. はじめに

私は富士山七合目の救護所で3シーズン診療を経験した。診療した中で多かったのは、軽度の高山病、脱水症、軽度の低体温症であった。この3つの病気は、防げる病気でありながら、ひどい場合は命を落とす。また、この3つの病気は合併して起こり易い。高所の特徴を理解し、罹り易い病気の知識を身につけ、実際の登山では何より予防をすることが大切である。

2. 高所

高所の定義は、1,500m以上とされている。標高が高くなると、気圧が下がり、大気中に含まれる酸素が少なくなる。気温はおよそ1,000m上がると6.5℃下がり、紫外線は300m上がる毎に4%増加する。水源も制限されるため、雪や氷河を溶かす必要がある。

このように標高が上がると、平地での生活では体験しない自然の変化が、体に影響を与えるため、知識がないと想定できない事態に陥ることがある。

私は、三浦雄一郎氏やテレビ番組制作の仕事で、ヒマラヤの遠征にチームドクターとして何度か参加した。この時に私が診療した病気を説明する。三浦隊はメンバー全員高所経験が豊富で、高所に関連する病気の発症は無く、全員で食あたりを起こしたことくらいであった。三浦隊での診療の中心は、心臓疾患を有する三浦氏の発作の予防であった。一方、テレビ番組制作の仕事では、山の経験がほとんどないメンバーの集まりであり、高山病対策が中心で、慣れない登山靴による靴擦れも発症した。一緒に同行したシェルパの罹患状況は、彼らの主たる労働である荷揚げを反映した筋肉痛等の運動器疾患が多く、日本の湿布が重宝された。以上のように同じ山域、同等の標高に行く場合でも、誰が登るか、山の経験があるかないかにより罹患傾向は全く異なっ

いた。

高所に適応する早さや程度は、個人差があり、同じ個体内でも体調によって変動する。自分の体力や過去の経験を過信することなく、高所で安全に過ごすための知識を得ることは、自分を守り、登山を楽しく健康的なスポーツにし得る。

3. 高山病とその予防

登山の初日は、交感神経が活性化し、まだ高所に体が慣れていないため、脈は速く血圧も上がり易い。通常の脈拍は60-80回/分であるが、三浦氏は、エベレスト遠征の初日は、平均して脈拍が120-130回/分あり、休憩しても脈拍が低下しなかった。しかし、およそ1週間後、標高4,500mに達するというのに、体が高所に慣れはじめ、脈拍は平均100回/分前後となり、休憩をすると80回/分まで回復するようになり、明らかに体が高所に適応を始めた。このように、標高5,000m台までは、ほとんどの人は適応ができる。標高が高いから適応できないのではなく、時間さえかければ適応するのである。

このような科学と経験は標高3,776mの富士山登山にも存分に生かせる。つまり、酸素が少ないことが問題なのではなく、酸素が少ないことに適応できないことが問題なのである。

①標高のあげ方

高山病にならないために、国際ガイドラインは次のように勧告している。

1. できるだけゆっくり登る
2. 初日は睡眠高度2,500m以上まで登らない
3. 2,500m以上では、1日の睡眠高度を500mずつ上昇に留め、1,000m登る毎に休息日を設ける

現在の富士登山の多くは、図1に示すように、七合目あるいは八合目で一泊して夜中過ぎから登頂を目指す。この国際ガイドラインに則ると、富士山登頂

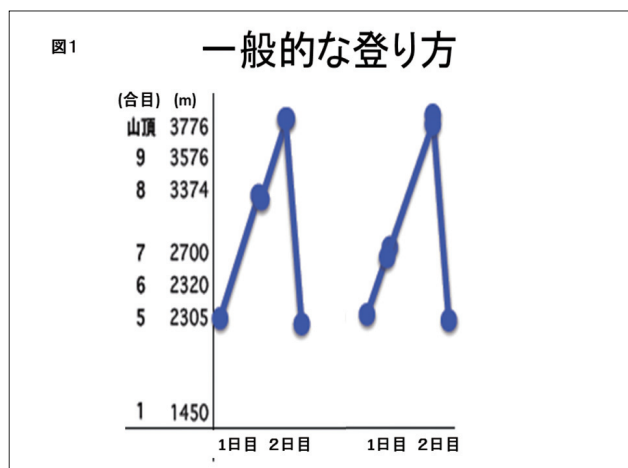


図1. 現在の富士登山にみられる多くの登山行程。すなわち、七合目あるいは八合目で一泊して夜中過ぎから登頂を目指すプラン

には3、4日かけることが望ましいことになる。

また、標高をあげる時に注意したいのは、睡眠をとる標高である。日中、行動中に標高を上げることより、睡眠をとる標高をいきなりあげることが、高山病の発症につながるからである。睡眠をとる標高は1日500mまでの上昇に留めることが薦められるが、これは下山時にも注意を払う必要がある。下肢疲労から下山時に高い標高で一夜を過ごすことは、前夜から睡眠高度の差を大きくする。下山時に可能な限り標高を下げるか、下山の体力が乏しいと思わ

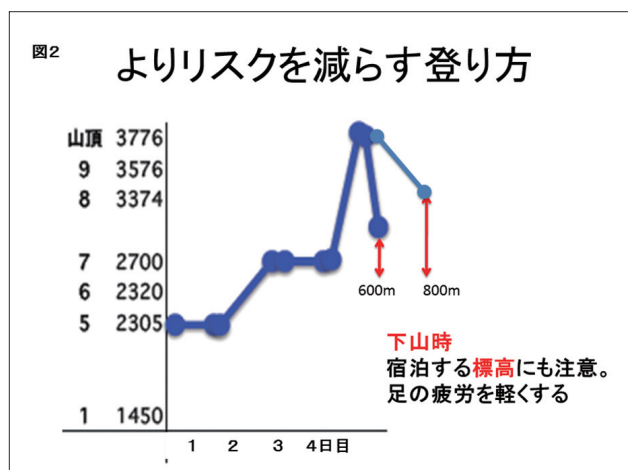


図2. 高所順応を見据え、さらに下山時の脚疲労も考慮した、よりリスクの少ない富士登山プラン。

れる場合は、その前夜までに、数日かけて標高をあげておく（図2）。

1.にある、ゆっくり登る、という意味には数日かける、という意味もあるが、3時間で登れる所をもっと時間をかけるという意味もある。例えば、その日に睡眠をとる場所まで3時間で行けたとしても、5時間、6時間と時間をかけ、順応しうる時間をもつ

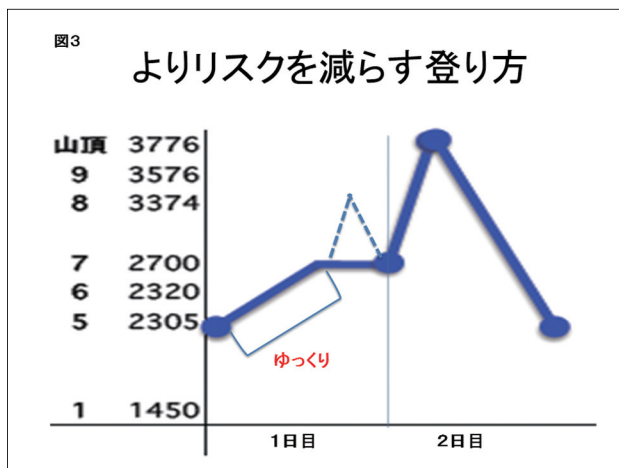


図3. さらに数日かけて登るプラン。睡眠予定の標高に到着後、さらに高い標高まで往復し、より低酸素の刺激を体を与えるプラン

ことが望ましい（図3）。また、図3の点線で示したように、その日に睡眠を予定する標高に到着した後、さらに高い標高まで往復し、より低酸素の刺激を体を与えることは、経験的に、順応に有利である。

それでも高山病を疑うような頭痛、呼吸苦などが生じた場合、口をすぼめ、20cm先においたロウソクを4、5秒かけて吹き消すように、ゆっくり圧をかけて息を吐く呼吸を繰り返すとよい。早い呼吸は酸素摂取には効率的ではない。それでも症状が改善しない場合は、下山をする（図4）。

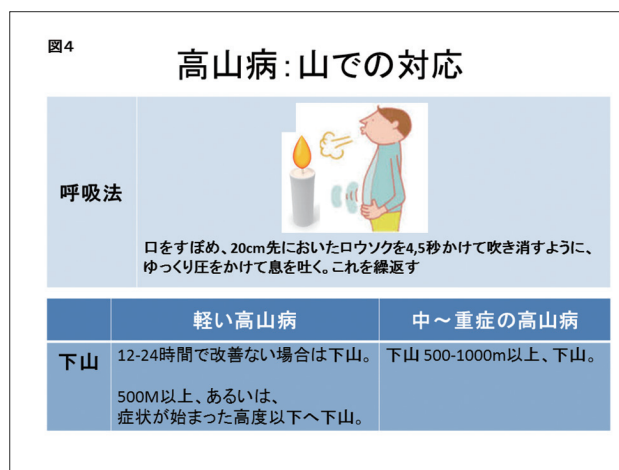


図4. 高山病を防ぐ一つの策。ゆっくり圧をかけて息を吐く呼吸を繰り返す

4. 脱水症とその予防

標高1,500mを超えると、酸素が少ないことに体が反応し、低酸素換気応答という体の働きが起こる。呼吸が増えるのである。これは良好な体の反応であるが、吐く息から水蒸気として水分の喪失が増加してしまう。また高度が上がるほど乾燥するため、一層水分は蒸発して失われて行く。また高所では利尿

作用が働き、さらに水分が失われる。このため、高所登山は、通常よりも水分の喪失量が多く、積極的に意識した水分補給が必要である。実際にどの程度水分を補給したらよいか、図5に目安を示す。水分

図5

登山時の脱水予防＋栄養補給

1. 登山前 ・水分を**500ml**とる
・朝食
2. 登山中 ・**30分ごとに250ml**
スポーツドリンクを半分に希釈
・**2時間毎に炭水化物**

図5. 高所登山時の水分および栄養摂取の目安

は登山前に500mlの補給、登山中には30分毎のこまめな補給が必要であり（図5）、この対策を行った三浦氏は心臓発作を起こすことなく、遠征を成功裏に終えたのである。

脱水かどうかのサインは、尿の回数、尿の色が参考になる。登山開始後、トイレに数時間行っていない場合は、脱水のサインとみなして水分を補給する。尿の色は濃いほど脱水傾向を反映する。補給する水分は汗により失われる塩分などの電解質を補うため、スポーツドリンクを半分に薄めた程度のものがよい。量は脱水の程度によるが、尿の回数が減っているようであれば、500ml以上の補給が必要である。脱水は、高山病、低体温症、心臓発作などあらゆる病気を増悪させる要因であるため、ことに山での脱水予防は重要な健康管理と言える。

5. 低体温症

低体温症とは、深部体温（脳や内臓の温度）が35℃以下に低下した状態である。高齢者や子ども、疾患のある人では、体温調整が障害され低体温症になり易いが、健康な人でも勿論低体温症になり得る。これは、高所での寒さにより体温が奪われ、それに見合う体温を体が産生できないことによる。標高3,776mは真冬である。高所は風も強く、天候変化が起こり易い。防寒対策が必要である。下着は汗をかいても乾き易い速乾性のもの、防寒着は気温に対応し易いように、重ね着ができるものを何枚か用意し、一番外側に着るものは、防水性・防風性のあ

るアウターにする。面倒くさがらず、休憩などで立ち止まった際には素早く重ね着をし、行動中は薄着にする。過剰な発汗による脱水を防ぐとともに、汗で体が冷えることを防ぐ。特に、体が濡れてしまうと、体の熱が一気に喪失する。濡れた衣類は着替え、雨対策に透湿性を備えた防水性の雨具（ゴアテックスなど）を持参し、霧のような状況でも早めに着用する。

頭部や頸部からの熱の喪失も大きいため、帽子やネックウオーマーも準備する。また、熱を産生するにはカロリーが必要なため、こまめに水分とともにカロリーを補給する。炭水化物（糖分、米やパン類のでんぷん質）が、エネルギー源として有用である。ひとたび寒さを感じ震えはじめた場合、上記の説明を全て実施する。食べる、小屋の中や建物の陰に隠れる（隔離）、濡れたものは脱ぐ（隔離）、雨や風を防ぐゴアテックス類を一番外側に着る（隔離）、保温着を中に着込む（保温）、熱源のある湯たんぽのようなものを体幹（特に胸）にあてる（加温）（図6、7、8）。これらを早めにできれば、低体温症は回避できる。山小屋ではストーブ等で暖をとるよりも、

図6

体温を回復する方法:4つ

- ・食べる
- ・隔離
- ・保温
- ・加温

図6. 体温回復のための四か条

図7

湯たんぽ＝お湯の入ったプラティパス

(北海道警察村上指導官方式)



接触面積を広くとれる。

すぐ温度は下がるので熱湯でよい。

但し、衣類の上から、又はタオルで包んであてる（やけどの予防）

図7. 北海道警察考案の体温回復方法



図8. 湯たんぽにより体温を回復させるための効果的な部位

低体温症には湯たんぽを胸にあてるほうが、効果的である。

6. まとめ

1. 富士登山で遭遇し易い病気は3つ。

- 軽度の高山病
- 脱水症
- 低体温症

2. 予防策は、

- ゆっくり登る
- 登山前 500ml、登山中 30 分おきの水分補給
- 食べる・隔離・保温・加温

富士登山が快適で楽しい思い出になるよう、以上をこま目に実践することが、最も大切。登山で必要なことは、面倒くさがらずに、小さなことを積み重ねることなのである。(図9)

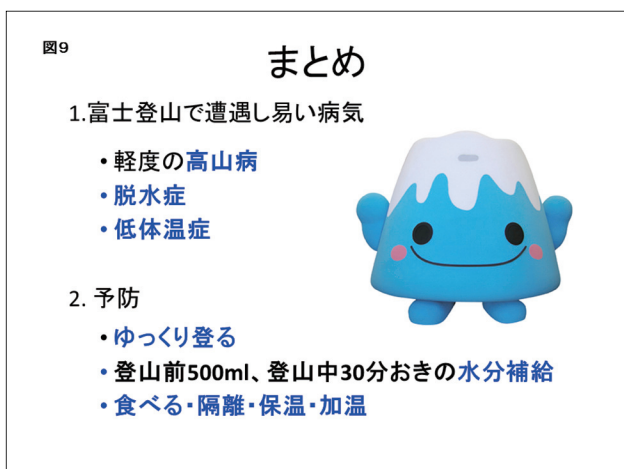


図9. 富士山などの高所登山で起こり得る疾患と予防のまとめ

7. 参考文献

1) Wilderness Medical Society Consensus Guidelines for prevention and treatment of Acute Altitude Illness, 2010.

「インターバル速歩」で元気に富士登山

信州大学大学院医学系研究科スポーツ医科学講座
NPO 法人熟年体育大学リサーチセンター
能勢 博



1. はじめに

登山は「憧れ」を思い出せるスポーツである。私の住む安曇野から北アルプスの山々を眺めていると、若いころの記憶がよみがえり「また挑戦したい」と思う。歳をとったからといって諦める必要はないが、安全に登山することが重要だ。中高年者の事



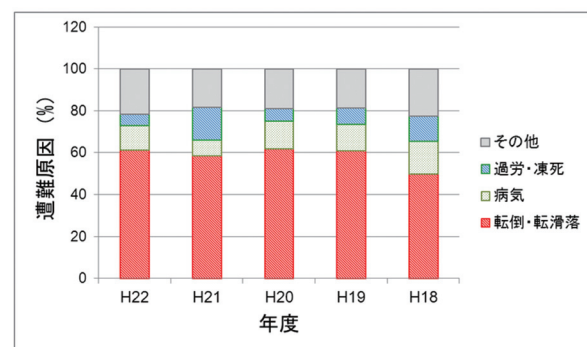
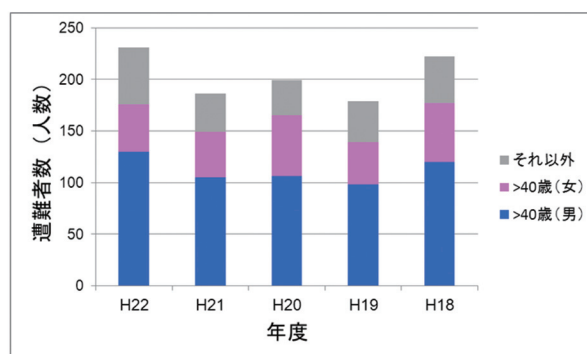
安曇野からみる早春の北アルプス。向かって左の3角形の高いピークが常念岳、右が横通岳で、その間の鞍部に信州大学医学部山岳部常設診療所がある。信州大学医学部内科学第一・久保 恵嗣 教授のご厚意による。

故の原因は「自分の体力を自覚していない」、「登山というスポーツのキツさを知らない」、そして「自分の体力に合った登山計画をたてられない」といったことが挙げられる。これらをクリアすれば、中高年登山はもっと安全で、楽しくなるはずだ。

2. 長野県内における山岳遭難事故原因

長野県の夏季の登山者は50万人、長野県において登山は大切な観光資源のひとつである。しかし、登山者の70%は中高年者で、過去5年間の遭難件数は約200件を推移している。そして、その80%が40歳以上の中高年者で、男女比は2:1である。また、その事故原因を詳細にみると、60%が滑落・転倒、10%が病気、10%が疲労・凍死と、その80%

が登山をする以前の体力が原因と推定できる。

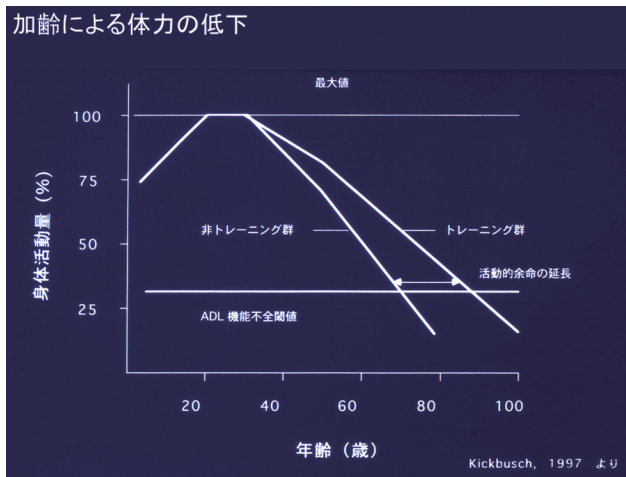


登山者の遭難件数（性差、年齢差に着目している、図上）とその事故原因（図下）

3. 登山力とは体力である

私たちの体力が人生で最も高いのが20歳代で、それを超えると、10歳をとるごとに5-10%ずつ体力は低下する。この主な原因は、髪の毛が薄くなったり、肌にしわがよると同じメカニズムで筋肉の委縮によっておこる。これを老人性筋委縮（サルコペニア）と呼ぶ。加齢によって体力が20歳代の25%以下になるとヒトは自立した生活ができなくなり、これをADL（Activity of Daily Life）不全閾値と呼ぶ。この閾値をできるだけ遅らせるには運動トレーニングしかない。実際、図に示すように運動トレーニングを継続することにより、体力が向上する

加齢による体力の低下



運動トレーニングの継続による活動的余命の延長

ことで、活動的余命の延長が報告されている。登山も運動トレーニングの一つである。

体力は有酸素運動能によって評価する。有酸素運動能は1分間あたりにエネルギーをどれくらい消費できるか、によって評価する。体重を60kgとすれば、20歳代で12.5kcal/分、60歳代で6.5kcal/分、80歳代で3.25kcal/分ぐらいである。この有酸素運動能は、1分間あたり心臓が拍出できる血液量とそ

1) 熟大メイト



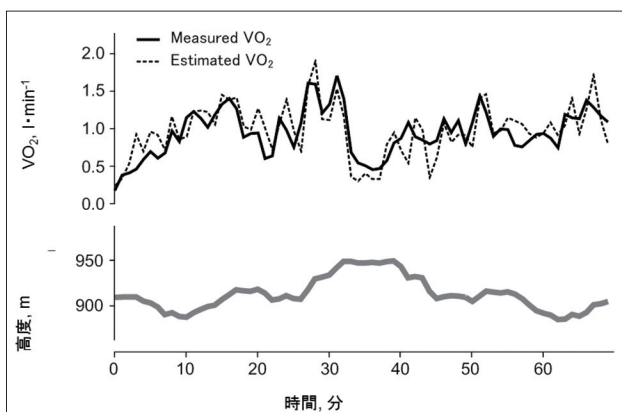
$$VO_2 = 0.0467 \cdot Itotal + 0.0014 \cdot \Delta PEg + 0.0006 \Delta PEI$$

$Itotal$: 3軸加速度計による力積

ΔPEg & ΔPEI : 気圧計による位置エネルギー変化

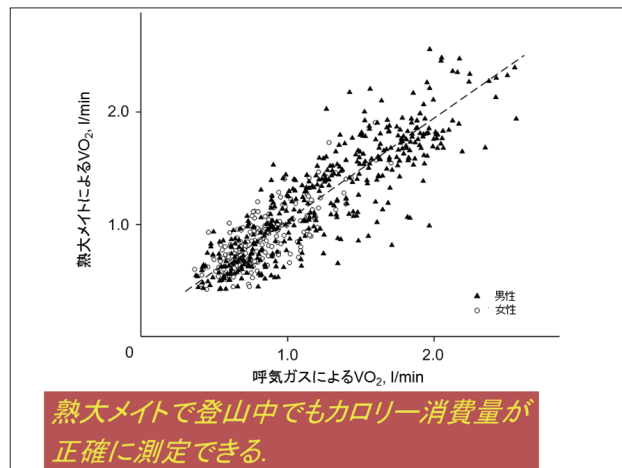
Yamazaki et al. 2009

塾大メイトとその測定原理



高度変化時の塾大メイトによる酸素消費量推定値（点線）と同一条件における呼気ガス分析器による酸素消費量の実測値（実線）。いずれも図上

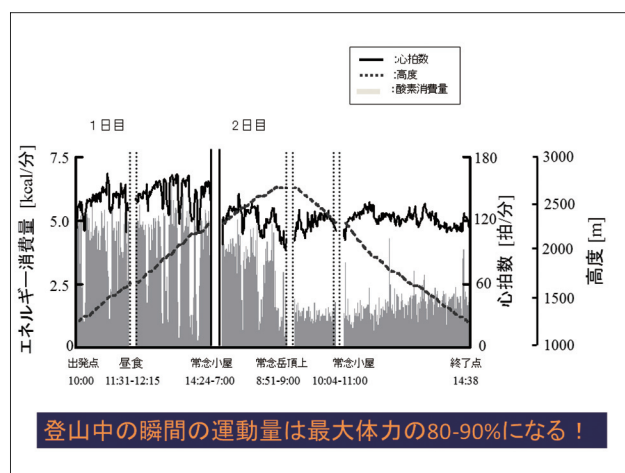
こから酸素を取り込む骨格筋量で決定される。さらに、心臓が拍出できる血液量は心臓の大きさだけでなく、1分間当たりの最大心拍数によって決定される。これは220 - 年齢によって計算できる。例えば、20歳代で200拍/分、60歳代では160拍/分、80



塾大メイトによる酸素消費量推定値と呼気ガス分析器による酸素消費量の相関関係

歳代で140拍/分である。また、筋肉量は20歳代を100%とすれば、60歳代で85%、80歳代で65%である。

私たちは、60歳代の人が自分の好きなペースで常念岳登山をした時の1分間あたりのエネルギー消費量、高度変化を我々の開発した携帯型カロリー計測機「塾大メイト」で、心拍数は携帯型心拍計で測定



塾大メイトによる実際の登山中のエネルギー消費量と心拍数

した。この機器には3軸加速度計が内蔵されており、高度の変化にも素早く応答し、この機器で測定・算出した酸素消費量と呼気ガス分析器で実測した酸素消費量との間には、非常に高い相関関係があり、塾大メイトを用いることで登山中でもカロリー消費量が正確に測定できることが明らかになっている。そ

の結果、上りは4メートル高度/分のペースで、最大エネルギー消費量の50－60%で登っていた。さらに、その際の心拍数をみると登り始めは最大心拍数の80－90%だが、登山の終わりのころには90－100%と同じペースで登っているにもかかわらず心拍数が徐々に上昇しているがわかる。この心拍数の上昇は登山中の体温の上昇とそれに伴う脱水に原因がある。このように、中高年の登山は個人の有酸素運動能のほぼ最大の強度の「非常にきつい」運動であることがわかる。だから、少しの油断で事故がおきる。

4. インターバル速歩で体力アップ

以上から快適な条件で登山を行うには、加齢による体力の劣化を防ぐか、むしろ向上させることが必要である。さらに、登山中に体重過多による膝痛、ねんざによる滑落、転倒を防ぎ、また、心筋梗塞などの急性疾患によって命を落とさないためには、日頃から基礎疾患となる肥満など生活習慣病を予防することが大切である。

ところで、運動処方各人の体力に合わせた個別運動処方が理想である。すなわち、まず各人の最大体力を測定し、その一定レベル以上の強度の運動を、一定の頻度と期間実施することが推奨されている。しかし、これを実施するには、ジムなどの専門施設と専門のトレーナーの整備のための費用が必要で、このことが個別運動処方を国民に広く普及することを困難にした。

そこで、我々は、平成9年から中高年者を対象に、健康スポーツ教室「松本市熟年体育大学」事業を立ち上げ、誰でも自宅で簡単にできるインターバル速歩トレーニングを発案し、その効果について科学的証拠の蓄積を行ってきた。現在この事業はNPO法人・熟年体育大学リサーチセンターが運営しており、詳細はそのホームページ (<http://www.jtrc.or.jp>) を見ていただきたい。この事業の特徴は3つある。

1) インターバル速歩トレーニング：

個人の最大持久力の70%以上の速歩と40%以下の普通歩きをそれぞれ3分間ずつ交互に繰り返す運動を、>30分/日、>4日/週、5ヶ月間繰り返すトレーニング方法で、自転車エルゴメータやトレッドミルなどの特別なマシンを必要としない。

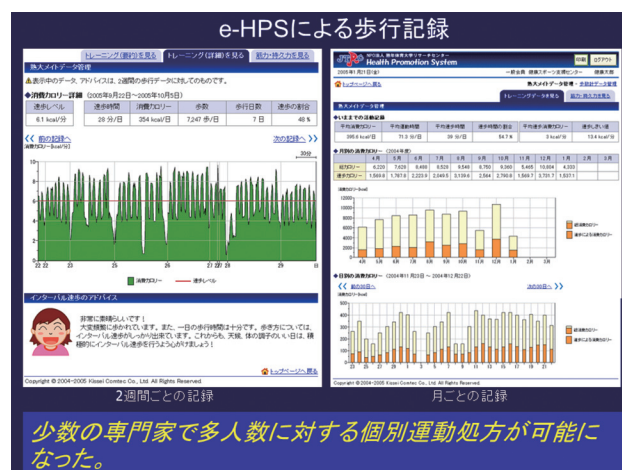
2) 携帯型カロリー計（熟大メイト）：

速歩で運動トレーニングした際の、エネルギー消費量を正確に測定できる。参加者は1回/2週間、

最寄りの地区公民館に行き、端末から記録内容をサーバーコンピュータへインターネットを通じて転送する。これによって、いつでも何処でも自由に速歩トレーニングができる。



図1. 熟大メイトを利用したヘルスプロモーションシステムの流れ



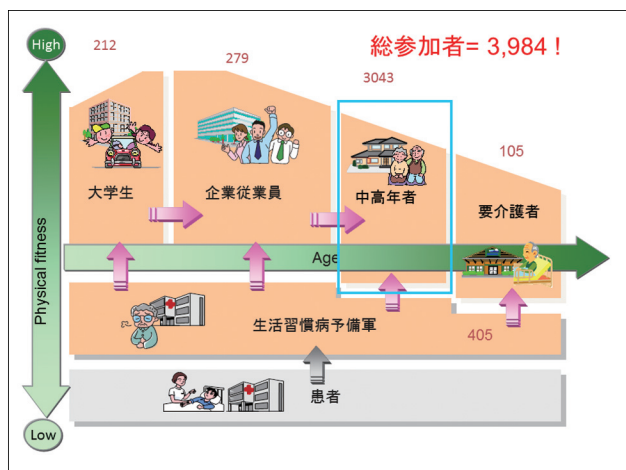
ヘルスプロモーションシステムによる少人数の専門家で多数に対する個別運動指導の結果

3) e-Health Promotion System:

図1で示すように「熟大メイト」でサーバーに送られてきた内容について、折り返し、歩行記録のトレンドグラフ、アドバイスを付け、本人にフィードバックするシステムである。それを基にトレーナー、保健師は、現場で運動指導を行うので、一人当たり要する指導時間が短縮され、少人数の専門家で多数に対する個別運動指導が可能になった。

インターバル速歩トレーニングの参加者は、2週間に一度、最寄りの地域公民館に行き、熟大メイトの歩行記録をインターネットを通じてサーバーコンピュータに転送する。すると折り返し、サーバーコンピュータから歩行記録のトレンドグラフが返送されてくる。これと6カ月ごとに実施される血液検査、

体力測定の結果を参考に、トレーナー、保健師が個別に運動指導を行う。



ヘルスプロモーションシステムに参加した 4,000 名の内訳

その結果、4,000 名の参加者についての結果を検証したところ、5 ヶ月間の「インターバル速歩トレーニング」の効果について、以下のことが明らかとなった。

- 1) 体力が最大 20% 増加し、10 歳程度若返った気分になる。
- 2) 生活習慣病指標（高血圧症、高血糖、肥満）が最大 20% 改善する。
- 3) うつ傾向のある人もその指標が 50% 程度にまで改善する。
- 4) 5 カ月間の運動継続率が 90% 以上と通常の歩行トレーニングの 60% より著しく高い。
- 5) 年間 6 万円の投資で、医療費が 12 万円（20%）削減される。

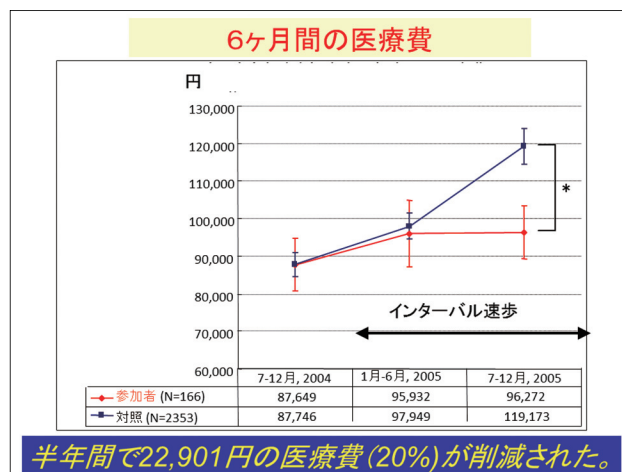
インターバル速歩のまとめ：「20%の法則」

インターバル速歩を5ヶ月間すれば、

- 1) 体力が20%向上
- 2) 高血圧、高血糖、肥満が20%改善
- 3) 医療費が20%削減

一方、1日1万歩では、その効果は……?

インターバル速歩のまとめ。20%の法則



インターバル速歩による医療費の削減

5. インターバル速歩をやってみよう

では、熟大メイトをもたない読者のためにインターバル速歩のやり方を簡単に説明しよう（図2）。

1) まず、服装は軽い運動ができる程度のもので、靴は底が柔らかく曲がり易く、かかとにクッション性のあるものを選ぶ。

2) 数分間の下半身を中心とした軽いストレッチを行った後、図に示すように、視線は 25 m 程度前方に向け、背筋を伸ばした姿勢を保つ。

3) 足の踏み出しはできるだけ大股になるように行い、踵から着地する。慣れないうちは、1、2、3 とカウントして、3 歩目を大きく踏み出すようにする。この際、腕を直角に曲げ前後に大きく振ると大股になり易い。



図2 インターバル速歩のやり方

4) 速歩のスピードは 5 分間歩いていると息が弾み、動悸がし、10 分間歩いていると少し汗ばむが、もし、友人と歩いているのなら軽い会話ができる程度、15

分間歩いていると脛に軽い痛みを感じる程度を目安とする。

5) 速歩の期間は3分間を基準とするが、これは、大部分の人が、これ以上の歩行継続を困難と感じるからである。したがって、3分間の速歩のあとに3分間のゆっくり歩きを挟むと、また、速歩をしよう、という気分になる。また、時計で正確に時間を測定しなくても、電柱などウォーキングコースの適当な目印にしたがって自分で設定してもよい。このセットを、5回/日以上、4日/週以上を繰り返すが、この基準量を、1日の通勤、買い物の行き帰りと分けて実施してもいいし、週末にまとめて実施してもよい。要するに週合計速歩時間が60分以上5ヶ月間行えば、上記の効果が得られる。

6. 体力が10%上がれば登山が変わる

では、5ヶ月間の体力が10%向上すれば、何かわるか、を考察してみよう。

1) 10歳歳をとると10%体力が低下するのだから、逆に10歳若返った気分になる。

2) 今まで4時間必要としていた登山時間が3時間30分で登れるようになる。すなわち、登山スケジュールに余裕ができ、登山対象となる山のバリエーションが増える。無論富士山も。

3) 同じ山を同じ速度で登るのなら、心拍数が10拍/分ほど低下し、それだけ主観的な運動にキツさを感じなくなる。その結果、気持ちに余裕ができ、景色や登山仲間との会話を楽しむことができるようになる。

4) 登山中の関節痛、心筋梗塞などの病気のリスクが20%低下する。

5) 以上の結果、登山力がアップし遭難事故の危険性が著しく低下する。

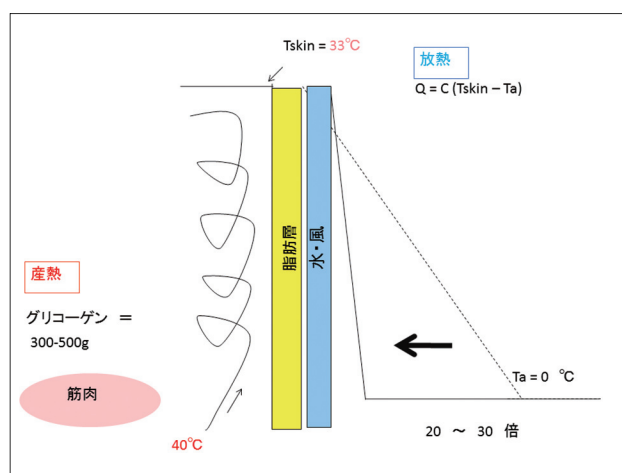
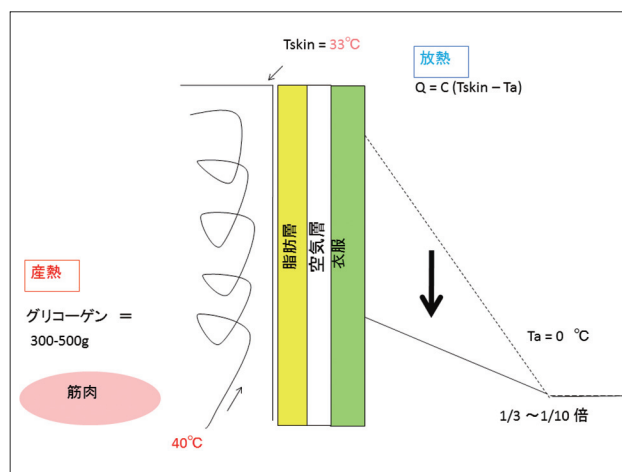
7. 中高年の登山事故防止にむけて

近年富士山を初め、多くの中高年登山者数が増加している。このような状況で、中高年登山者の事故を防止するために、何が必要であろうか。留意すべきことは、いくつも考えられるが、重要なことをいくつか挙げてみたい。

第一に、体力にあった山を選ぶことである。言うまでもなく登山は長時間の歩行運動の継続である。先に述べたように、その運動強度は、個人の最大酸素摂取量（持久性体力）の80-90%にも達する。このため、自身の体力にあった山を選ぶこと、すなわ

ち、まずは自分自身の体力を知ることが重要である。

また、登山中の携行食品や飲み水にも注意する必要がある。いま、登山を「ややきつい」と感じる運動を4時間継続する、と仮定する。すると、平均的な中高年者がややきついと感じる歩行は毎分3kcalのエネルギーを消費するので、4時間では実に720kcalものエネルギーを消費することになる。この消費分は、登山中にしっかりと食事によって補充しないと、登山中ガス欠を起こすことになり、それ以上登山継続できなくなる危険がある。また、登山中には1,000mごとに、1,200mlの発汗によって体液が失われるため、水分補給が必要である。その際、飲用水としては真水よりも、糖分・塩分を含むスポーツドリンクが推奨される。



衣服と放熱の関係。衣服と肌（脂肪層）との間に空気層を作ることが大切（図上）。雨や汗で直接肌が濡れると放熱量が著しく低体温症を引き起こす（図下）

さらに、登山中は夏期でも低体温症の危険性があるので注意が必要だ。登山中の体温は、産熱と放熱のバランスで決定されるが、登山中もっとも多く熱を産み出すのは筋肉で、そのエネルギー源は筋肉中に蓄えられているグリコーゲンである。個人差はあるが、通常300-500gのグリコーゲンが筋肉に蓄え

られている。当然、筋肉量が少ない人では、産熱量も減少することになるので低体温症に陥りやすい。それを防ぐために、「インターバル速歩」など、ややきつい運動トレーニングによって筋量を向上させること大切である。さらに、過剰な放熱を防ぐには、脂肪層と衣服の間の微小環境に空気層を作ることが大切である。この空気層は、放熱の速度を 1/3~1/10 倍に低下させ、低体温症を防ぐことに役立つ。反対に、雨や汗で体の表面が濡れてしまうと、放熱速度は 20 ~ 30 倍にも到達し、数分で低体温症に陥ることになる。そうならないために、どのような雨具を選ぶかも重要である。

8. 参考文献

- 1) 長野県警山岳情報： <http://www.pref.nagano.jp/police/sangaku/sangaku.html>
- 2) 宮川 健、松川恵子、丸岡禎之、上條義一郎、能勢 博：登山中の糖質電解質摂取が疲労感・心拍数に与える効果、第 64 回日本体力医学会、新潟、2009.9.18-20. 体力科学 58(6), 834, 2009.
- 3) 宮川 健、丸岡禎之、下平博和、能勢 博：中高齢者登山時の 3 軸加速度累積値と筋力・筋損傷マーカー、第 65 回日本体力医学会大会、千葉、2010.9.16-18. 体力科学 59(6), 838, 2010.
- 4) 能勢 博、山崎敏明、根本賢一、増木静江、岡崎和伸、上條義一郎、源野広和：運動処方を核にした健康長寿社会の構築－「松本市熟年体育大学」事業の挑戦、基礎老化研究 34, 7 - 12, 2010.
- 5) 能勢 博：人は山を目指す、山・ひと・くらし山岳科学ブックレット、信州大学山岳科学総合研究所(編)、オフィスエム、長野市、pp1-53, 2010.
- 6) 能勢 博：「歩き方を変える」だけで 10 歳若返る、主婦と生活社、東京、pp1-191, 2013.
- 7) 能勢 博：山に登る前に読む本、講談社ブルーバックス、東京、pp1-190, 2014.

総合討論

堀内：皆様、朝からたいへんお疲れ様でした。これより総合討論に入ります。英語日本語問いませんのでよろしくをお願いします。また、どなたへの質問か、もちろん複数の人にでも大丈夫ですので、お聞きになりたい先生のお名前を挙げていただければと思います。

会場：今日はありがとうございました。二点お伺いしたいと思います。まず一点、大城先生、本日はありがとうございました。仕事で夏の間に週に3・4回ほど八合目もしくは頂上ぐらまで行く機会が多いのですが、この場合について、どのくらいの期間で富士山の高度に順応できるのか、1日2日休んだり、もしくは登り続けたりした後、どのくらいの期間まで下山後も高度に順応ができるのか、もしわかれれば。

大城：そうですね。それははっきりしていなくて、いくつかデータがあります。降りてきて3,000 m以上に一週間以上滞在した人は1か月以上も順応できるというデータもあります。データはまちまちです。個人差があるのだと思いますので、そういうはっきりしないデータがあるとしか言えないですね。3,000 m以上に一週間以上滞在した人は1か月後も大丈夫だったということはありません。

会場：ありがとうございます。もう一点すみません。薬の話で。

堀内：それは大城先生への質問ですか？

会場：どなたでもわかる方で結構です。高山病の時に処方されている、もしくは予防で出されている薬で、薬の効能が分かって実際に効果があるものだと思うのですが、その効果から高山病のメカニズムが分からないもののかなと素人ながらに思うのですが、もし教えて頂ければと思います。

堀内：だれがよろしいですかね…Andy! (Andrew Subudhi に質問を英訳)

Subudhi (堀内通訳回答)：数年前に10時間被験者

を低酸素に曝露して偽薬、デキサメタゾン、ダイアモックス、いろんな薬を投与して、高山病がどの程度緩和するのかということを実験したのですが、確かに高山病症状は、そうした薬を処方することによって改善されます。この実験で彼らは二種類の薬を適用していました。ここでは長くなるので詳細は省きますけれども、2つの薬の効用、あるいは、メカニズムについて、2つの薬を投与した後の生理応答っていうのは明らかに違っていたので、両方の薬とも高山病症状を緩和したという事実はあったけれども、投与後の生理応答が違ったが為に、高山病のメカニズムがどういう風になっているかというのは非常に難しい問題であるという、現在そういう状況です。非常に複雑だということです。

会場：ありがとうございました。

堀内：ほかに何かありますでしょうか？

会場：私は富士山の五合目で解説をしていたことがあるのですが、高山病に関わる質問です。車で五合目の2,500 mまで登ってきた、いわゆる乳幼児になりますでしょうか、2・3歳ぐらいの子どもがそのまま外に出されると泣き出したり、苦しくなったりするのです。それは一つの高山病として考えていいのかどうでしょうか。例えばアメリカではハワイ島の4,000 mの高さまで車で直通で行くと大変シビアだと聞きました。運動しないで車で高地まで登って行った時に我々大人の場合は問題ないのですが、乳幼児のような場合はどういう対応をした方がいいのかお聞きしたいのですが、いかがでしょうか？

堀内：子どもに関しては大城先生の方が詳しいと思いますので、アメリカの車の事例と、富士山の子ども事例を2つにわけてお答えしたいと思います。

堀内：(Subudhi に質問を英訳)

Subudhi(堀内通訳回答)：確かに標高は高いですが、そもそも完全に富士山とは条件が違って、だからほとんどのアメリカ人は太っていて怠惰なんだと彼は言っています。電車、あるいは車で一時間足らずで4,300 mまで一気に行ってしまふ、急性暴露と

いう点からするとそれは高山病を引き起こしやすい条件ではあるのだけれど、一気に行ってしまうのも、もし重篤な症状が出た時には、一気に下りることも出来るので、そこはちょっと富士山と違うのではないかなと思います。大城先生に小さい子が親と一緒に五合目に行ったとき、そういうケースを見たりとか対処されたりといったご経験があればお答え願えますか。

大城：これまでのデータで子どもがなりやすいというデータはないです。子どもも大人も高山病に同じくらいなりやすいです。一昨年は確かに私も子どもさんばかりだなあ…と思ったのですが、世界遺産に登録されて、親が一生懸命連れてきているのかなあという感じがあってですね、去年は全然子どもがいなかったです。子どもがなりやすいというわけではないですが、車酔いをしてくるとか朝早く起こされて来るとか、そういうほかの負荷条件が子どもにはかかっていると思うことはありました。

会場：四合目かどこかで一旦休憩して登ってきた方がいいのか、ストレートに登ってきた方がいいのかどちらですか？

大城：休憩して登ってきたのであれば更にいいのですが、休憩をどのくらいの長さにするかによっても違うので、休めばよりいいですよということではあるけれども、確実に安全ですよというものではないです。そのリスクをちょっとずつ減らしていく事を重ねる。それしか出来ないです。

会場：親は気が付いていますか？

大城：親は気が付いていないですね。説明してあげるとよくわかる親もいれば、子どもを怒っている親もいますよね。早くお前言えよという感じで。

会場：ありがとうございました。

堀内：ありがとうございました。ほかにどなたかご質問ありますか？質問なりコメントなりなんでも結構です。

会場：いつもお世話になっております。山梨県庁の富士山保全推進課の者です。

先ほど1時間ぐらい前に来させて頂いたので、すべての話を聞けていないので、出ている話があるかもしれません。山梨県では、観光部と一緒に弾丸登山の自粛要請をして、だいぶ浸透してきた、山小屋で必ず一泊して、頂上に向かうという登山のスタイルを推奨させて頂いております。

ただ行政として、まだまだ富士山の弾丸登山に向けた施策というのは、行政側も専門家ばかりではないので、分からないことが多いのです。どういう風に安全な登山の実現を進めていけばいいのかなと考えています。今は特に初めて富士山に登られる方が多いので、色々課題もあるのかなと思うのですが、今の富士登山のスタイルを見て、特に問題だなと思うような事例があれば是非教えていただきたいと。

特に富士山だからという現状の課題があれば教えて頂きたいのと、世界遺産に登録されてから外国人の方が多くて、外国人の方は一概には言えませんけれども、服装とかそういった部分であまり十分な装備をしていない方も多いので、先ほど画像も出てきましたが、上に行くと非常に寒い、風が強いということで体調を崩される方も多いと。そういう外国人の方に向けての事前の情報提供の仕方や工夫、それから外国人はなぜ富士山に登るときに十分な準備をしてこないのか、時々目についてしまいます。そういうことに関してご意見があればいただければと思います。

堀内：二つのことでよろしいですかね。一つは実際の弾丸登山とか山小屋に泊まること、順応を含めた実際の行程に関する質問と、もう一つは外国人の方向けということなのですが、ちょっと逆に私の方から皆さんに（先生方に）お聞きしたいのですが、大城先生、岡崎先生、アンディー、能勢先生、2,500 m以上の高度では一日に500 m以上は登らない方がいいというお話がありました。ただ、実際には5合目に一気に車で来て次の山小屋まで3,000 mぐらいまで行ってしまう。そうすると、そこまで700 mの高度を獲得してしまう。そうすると、多くの研究者が積み重ねてきたデータ、あるいは生理学的なデータ、疫学的データと実際に多くの富士登山者が登っていく工程とでは若干齟齬があるのかな、という気がするのですが。その辺はどうでしょうか。これを近藤さんに聞くのはつらいですかね。どうでしょう近藤さん。

近藤：私の事例発表の時にお話しさせてもらったのですが、個人的にはいろんな登り方があっていいと思っています。勿論、山小屋さんをゆっくり利用してもらうのがいいかなと私も案内させてもらっていたのですが、登り方や行程を自分の体力に合わせて作るということを、私たち現地の人間がしっかり伝えていく、情報提供していくということが大事なかなと思います。午前中お話ししたのですが、うちの参加者の方にはご予約の段階から説明会、あるいはしおりとか、いろんなものでしっかり情報を伝えた中で、五合目に泊まって頂くとか、事前に麓の町に泊まってもらうということをお勧めしています。それを全部の登山者にするというのは難しいと思うのですが、出来ることで県とか市がやって下さっているように引き続き、色々な協力を要請したいと思います。個人の方が増えているので、どうこれから情報をしっかり伝えていくのかを、こうして色々な専門家の方々がいらっしゃるので、インタビューしていただいた中で色々な準備をしていけばいいのではないかと思います。

堀内：ありがとうございます。どうなのでしょう？他の先生方の中でそれでもやっぱり富士山は理想的には3日かけて4日かけて順応して登るべきだとか考えるのでしょうか？

大城：登れるという過去の体験がある人はそれでいいと思うのですが、初めて高所に行く人はやっぱりある程度のルールに則って行った方が安全ですね。ただ、北海道には山小屋は無いし何も売っていない山しかないんですね。でも富士山は山小屋があって水も売って、お金があれば何でもできるような場所でアクセスもいい。こんなに環境の整った山で登山者に教育って難しいだろうって私は思ったんです。無謀だと言って入れちゃう山なんです、富士山は。ある程度過ごせちゃう山です。であれば、他の海外の山でやるように登山口で10分でいいから登る前にブリーフィングをやるとか、事前に集めても来るとは限らないので、だったら登山口でブリーフィングをやって、必要なものをそこで売るとか貸すとかっていうようにしないと、管理と教育をセットにしないといけないと思うんです。教育と一緒にやらずに管理ばかりやっていると、あそこの道が悪かったから落ちたんだと言われかねない。だから平行しながら登山者を育てていけるような方法があれ

ばいいなと思っています。

会場：各先生方に質問です。私自身、富士山に昭和25年から毎年2回ぐらいずつ、学生100人ぐらいを連れて登っております。ほとんど事故はありません。ですが、高山病に近い者は八合目で宿泊させて翌日降ろさせたということがありました。大城先生のおっしゃったデータが非常に私の参考になりました。五合目に行って、1時間ぐらい休息をさせて、午後1時ぐらいから登り始めます。八合目まで4時間ぐらいかけて登ります。登り方はですね、30分から40分歩いて10分休憩することで脈拍を中心にコントロールしています。その中で100以上になった者に対しては、荷物を強い学生に渡すという風なことをして、3組・大体30人ぐらいのグループでコントロールして、1日目は宿泊させる。宿泊してもしっかり寝てないと意味ないんですよね。朝ご来光を見るために3時起きで出かけていくような馬鹿なことはさせず、ご来光は八合目から見てもまったく一緒ですから十分休息・熟睡をさせて6時ごろスタートし、頂上へ4時間ぐらいかけて10時頃到着します。登りに2日間約8時間ぐらいかけます。下山道は昔は今のような状況ではなく、今のブルドーザー道は大変危険だと思います。将来考えて貰いたいと思います。それともう一つは、登る人が多すぎるということです。前の人がつかえて登りたくても登れない、それが私は一番の欠点だろうと思います。外国の山に登った時にはあんなことはほとんどなかったし、世界遺産では、みんなお金をとってそれなりのマネジメントをしています。日本はそのところの研究をする必要があると思います。これが私の意見です。

堀内：一つ質問が残っているのでそこに戻りたいと思います。外国人の方に向けてのメッセージ？どうして軽装で登るのかという質問に対してですが…能勢先生これについてはいかがでしょうか。

能勢：やっぱり山に対する考え方が違うのではないのでしょうか。先ほども申し上げたように日本では信仰という共通認識があるんです。外国から来るとそうではないです。僕は一度中国に行ったことがあるんですけども全く理解しないですね。山をなんで登るかってことを理解しないですね。だから普通の

観光地と思っているのではないのでしょうか。だからその意識はどうしようもないと思いますけれども。

堀内：そろそろ時間になりますので最後のおひとりですね。

会場：先生方、今日は貴重なお話どうもありがとうございました。質問は2点ほどあるんですけども、市販の酸素缶ってありますよね。あれを登山中にちょっと吸って楽になって登って、ちょっと吸って楽になってまた登って…という方をよく見かけます。確かにちょっと体が楽になって効果があるのかなと思うのですが、それに伴って、リスクも高くなるような気がします。酸素缶は一時的な物ですよね。それを使って騙し騙し登るといことのメリット・デメリットを教えて貰いたいというのと、もう一点、アンドリュー先生に質問なのですが、遺伝的要素のお話が最後の方に出たのですが、遺伝に関してもうちょっと詳しく教えてください。

堀内：前半の部分なのですが、岡崎先生いかがでしょうか。

岡崎：これに関してデータを取っているということはないんですが、缶の酸素を吸う時、高地でどのくらい吸った酸素が効いているかというのは中々難しいと思うんです。実際吸っている時は大概みなさん深呼吸をするので、ほぼその深呼吸の効果だと思えます。一番は、一時的に動脈酸素飽和度が勿論上がるので、サプリメントでとっている酸素ももちろん有効に働いていると思うんですけども、その後、酸素を吸わなくなってしまうとすぐ戻ります。弊害は無いですが、利点もそんなに無いと思います。

堀内：十分な量を携帯していくっていうのは不可能だという事ですね。エベレストに酸素ボンベを担いで持っていくようなものですね。どうでしょう、能勢先生。

能勢：その通りです。商売している人には悪いけど。

堀内：もう一つの遺伝に関する質問ですが、Andyいかがでしょうか。

アンディー（堀内通訳回答）：遺伝というのは確か

に一つの結果ではあるけれども、当然民族差もありますし、特定するのは生理学的応答とのギャップがあったり、ちょっとまだ難しい部分があります。

堀内：能勢先生いかがですか？

能勢：実は、信州大学の内科がずっと研究をしているのです。一つは炎症に関する遺伝子で、その遺伝子の家系を持っている人が肺水腫になりやすいと彼らは言っています。肺水腫だけに特異的に反応するだけでなく、もっと炎症全般に反応するという結果だったと記憶しています。

堀内：時間が押してまいりましたのでこれで終わりたいと思います。先生方どうもありがとうございました。皆様ありがとうございました。



閉 会 挨拶

山梨県富士山科学研究所
副所長 古屋 正人



長時間に渡り大変お疲れ様でした。また最後までご参加いただきましてありがとうございました。今回の公開講座は「安全で快適な富士登山に求められること」として、昨今注目されている富士登山をテーマに開催致しましたが、大勢の皆様にご参加いただき、また討論会では活発なご意見をいただき非常に有意義な時間を過ごすことが出来たことを、主催者として深く御礼申し上げます。

また、大変お忙しい中、貴重な時間を割いてはるばる遠方からおいでいただきました講師の先生方につきましては、素晴らしい講演をいただきまして厚く御礼を申し上げます。

最近の登山ブームの中でも人気No.1と言われている富士山ですが、安全で快適な登山を行うための、数多くのご示唆をいただいたように思っています。

富士山には今後も国内外から多くの登山者が訪れることが予想されますが、本日のシンポジウムがそうした方々に少しでもお役に立てば幸いです。

研究所におきましては、今後も富士山を中心として、科学的知見を基とした公開講座を開催していきたいと思っておりますのでよろしくお願いいたします。

講師の皆様や今日ご参加いただきました皆様に感謝し、またこのシンポジウムの成果をそれぞれの活動の中で生かしていただければと願いながら、簡単ではありますが、閉会の挨拶とさせていただきます。本日はどうもありがとうございました。



前列 左から 近藤 光一、能勢 博、大城 和恵、堀内 雅弘、Andrew Subudhi、岡崎 和伸
 後列 左から 赤塚 慎、濱 泰一、小笠原 輝、長谷川 達也、宇野 忠、倉沢 恵理子、
 遠藤 淳子、古屋 正人、瀬子 義幸、本郷 哲郎、堀内 一義

資 料 編



安全で快適な 富士登山に求められること

日時：平成 26 年 11 月 15 日（土）

10:00 ～ 16:55

場所：山梨県富士山科学研究所ホール



【プログラム】

10:00 - 10:10 開会の挨拶

山梨県富士山科学研究所 所長 藤井 敏嗣

10:10 - 10:35 2014 年国際シンポジウム概要

講演「富士山五合目予備調査からみえてきたこと」

山梨県富士山科学研究所環境共生研究部 主任研究員 堀内 雅弘

10:35 - 11:00 講演「ガイドが観た現場 ～富士登山ツアーでの事例～」

富士山登山学校ごうりき 代表・富士山登山ガイド 近藤 光一

11:00 - 11:30 講演「富士山頂滞在時の生体応答と血液性状から AMS の原因を探る」

大阪市立大学都市健康・スポーツ研究センター 准教授 岡崎 和伸

11:30 - 11:45 質疑

11:45 - 13:00 昼休み

13:00 - 14:30 講演「急性高山病：メカニズムと予防」

アメリカ・コロラド大学生物学部 准教授 Andrew W. Subudhi

14:30 - 14:45 休憩

14:45 - 15:30 講演「富士登山で遭遇しやすい疾患の予防と対応

～富士山救護所の経験から」

心臓血管センター北海道大野病院 医師・国際山岳医 大城 和恵

15:30 - 16:15 講演「『インターバル速歩』で元気に富士登山」

信州大学大学院医学研究科 教授 / 山梨県富士山科学研究所 特別客員研究員 能勢 博

16:15 - 16:45 総合討論

16:45 - 16:55 閉会の挨拶

山梨県富士山科学研究所 副所長 古屋 正人

【講師紹介】

堀内 雅弘

山梨県富士山科学研究所環境共生研究部 主任研究員

[略歴]

1998年 北海道大学大学院 教育学研究科博士後期課程 修了 博士（教育学）
2012 - 2014年 山梨県環境科学研究所 環境健康研究部 環境生理学研究室 研究員
2014年～ 山梨県富士山科学研究所 環境共生研究部 主任研究員
2008 - 2009年 University of Missouri, Columbia, USA,
Department of Medical Pharmacology and Physiology, Visiting Researcher
2009 - 2011年 Temple University, USA, Cardiovascular Research Center, Research Scientist

[専門分野] 環境生理学、運動生理学、高所医学

[主な資格] 健康運動指導士、障害者スポーツ指導員、中学・高校 体育教諭免許

[主な社会活動] 日本運動生理学会評議委員、日本体力医学会評議委員

[主な著書・論文]

- ・「人間科学の百科事典」第10章「ヒトを測る」心拍出量・酸素摂取量を測る．共著，丸善（2015）
- ・Horiuchi M., Fadel P.J., Ogoh S., Differential effect of sympathetic activation on tissue oxygenation in gastrocnemius and soleus muscles during exercise in humans, *Experimental Physiology*, 2014, 99: 348-58.
- ・Horiuchi M., Endo J., Subudhi A.W. et al., Reduction in cerebral oxygenation is related to changes in blood pressure under hypoxia, *Advances in Experimental Medicine and Biology*. (in press)

近藤 光一

富士山登山学校ごうりき 代表 / 富士山登山ガイド

[略歴]

1967年 山梨県富士吉田市生まれ
2002年 任意団体「富士山登山学校ごうりき」を設立
2010年～ 株式会社合力 代表取締役

[主な資格] WAFA(Wilderness Advanced First Aid) 救護資格、MFA(応急救護国際認定員)、
普通救命講習Ⅰ修了

[主な社会活動]

NPO 法人富士山サポートセンター理事長、財団法人ふじよしだ観光振興サービス評議委員、NPO 法人日本エコツーリズム協会認定 100 人ガイド、社団法人日本環境教育フォーラム自然学校組織運営者、環境省自然環境局自然公園指導員、東海大学観光学部観光学科非常勤学外講師

[主な著書・論文]

- ・「ぼくの職場は富士山です」．講談社（2011）
- ・「エコツーリズムを学ぶ人のために」．分担，世界思想社（2011）
- ・「キンダーブックしぜん：ふじさん」．監修，フレーベル館（2013）

岡崎 和伸

大阪市立大学都市健康・スポーツ研究センター

大阪市立大学大学院医学研究科 運動環境生理学 准教授

[略 歴]

2002 年 信州大学大学院 医学研究科博士課程 修了 博士（医学）
2009 - 2011 年 大阪市立大学 都市健康・スポーツ研究センター 講師
2011 年 ~ 大阪市立大学 都市健康・スポーツ研究センター 運動環境生理学 准教授
2003 - 2005 年 University of Texas South Western Medical Center at Dallas, Institute of Exercise and Environmental Medicine (IEEM) , post doctoral research fellow

[専門分野] 環境生理学、運動生理学、スポーツ科学

[主な社会活動] 日本登山医学会評議員、日本生理学会評議員、日本陸上競技連盟科学委員会委員

[主なフィールドワーク] ムスタグ・アタ峰登頂隊科学調査

[主な著書・論文]

- ・「まだまだ どんとこい熟年！インターバル速歩で生涯青春」。共著，オフィスエム（2007）
- ・ Okazaki K., Goto M., Nose H., Protein and carbohydrate supplementation increases aerobic and thermoregulatory capacities, *Journal of Physiology*, 2009, 587:5585-90.
- ・ Regulation of body temperature during exercise training. In Musculoskeletal Disease Associated with Diabetes Mellitus, Inba M Ed., Springer, Tokyo, in press.

Andrew W. Subudhi

アメリカ・コロラド大学生物学部 准教授

[略 歴]

2000 年 University of Utah, Ph.D.
2005 年 ~ University of Colorado, Colorado Springs, Dept. of Biology, Colorado Springs, CO. Associate Professor
2011 年 ~ University of Colorado Denver/Anschutz Medical Campus, Dept. of Emergency Medicine, Denver, CO. Associate Professor

[専門分野] Altitude and Exercise Physiology

[主な資格] Fellow of the American College of Sports Medicine(FACSM)

[主な社会活動] Monitoring training adaptations of athletes who were living and training at altitude in preparation for the 1998, 2002 and 2006 Olympic Winter Games

[主な著書・論文]

- ・ Subudhi A.W., Panerai R.B., Roach R.C., Effects of hypobaric hypoxia on cerebral autoregulation, *Stroke*, 2010, 41: 641-6.
- ・ Subudhi, A.W., Dimmen, A.C., Julian, C.G., Wilson, M.J., Panerai, R.B., Roach, R.C., Effects of acetazolamide and dexamethasone on cerebral hemodynamics in hypoxia, *Journal of Applied Physiology*, 2011, 110(5):1219-25

大城 和恵

国際山岳医 / 北海道警察山岳遭難救助アドバイザー / 心臓血管センター北海道大野病院医師

[略歴]

1967年 長野県生。日本大学医学部卒業。

2010年 英国にて日本人初「UIAA(国際山岳連盟)/ICAR(国際山岳救助協議会)/ISMM(国際登山医学会) 認定 国際山岳医」取得。Leicester 大学山岳医療修士取得。

「山岳医療情報」HP (<http://www.sangakui.jp/message/profile.html>) を開設し国際基準を公開。

2011年 北海道警察山岳遭難救助アドバイザーに就任し国内初山岳救助への医療導入制度を実現。

札幌市の北海道大野病院にて登山外来を新設。

[主な資格]

医学博士、山岳医療修士、日本循環器学会認定循環器専門医、日本内科学会認定内科専門医、日本リウマチ学会認定リウマチ専門医、日本職業災害医学会認定海外勤務健康管理指導者、日本医師会認定産業医

[主な社会活動]

日本山岳協会医科学委員常任委員、日本登山医学会評議員、同学会認定山岳医制度講師兼実行委員、同学会山岳ファーストエイド委員長

[主なフィールドワーク]

2010年北米最高峰マッキンリー (6,194m) 山頂よりスキー滑降。2013年三浦雄一郎氏エベレスト世界最高齢登頂遠征チームドクター。同年チームドクターとしてマナスル (標高世界第8位: 8,163m) 登頂。

能勢 博

信州大学大学院医学系研究科スポーツ医科学講座 教授 /

NPO 法人熟年体育大学リサーチセンター 副理事 / 山梨県富士山科学研究所 特別客員研究員

[略歴]

1979年 京都府立医科大学医学部 卒業

2003年～ 信州大学大学院医学系研究科 加齢適応医科学系専攻・スポーツ医科学分野 教授

1985 - 1988年 Yale University, Department of Medicine, John B Pierce Research Center, post doctoral research fellow

[専門分野]

運動生理学、環境生理学、温熱生理学

[主な社会活動]

日本体力医学会監事、日本生気象学会幹事、「松本市熟年体育大学」の学術的サポート、信州大学医学部山岳部常念岳夏季診療所長

[主なフィールドワーク]

高地医学に関するフィールドワーク「中国天山山脈・未踏峰ボグダオーラ (5,445m) 登頂」

[主な著書・論文]

・ Nutrition, Exercise, and Environmental Stress (Volume 4) "Cooper Publishings, Traverse City, MI" 2004. 共著

・ Physiological Bases of Human Performance during Work and Exercise Churchill&Livingstone , Physiological Bases of Human Performance during Work and Exercise , :487-490 2008. 共著

・ Nose et al., Beyond epidemiology: field studies and the physiology laboratory as the whole world, *Journal of Physiology*, 2009, 587: 5569-75.

アンケート回答

講演者（堀内）へのコメント

- ・是非、今後も多くのサンプルを増やし、結論づけるデータを期待しております。より効果的なデータが安全な富士登山に必要なと思います。
- ・山小屋に宿泊しない登山者より宿泊した登山者の方が多く急性高山病になるという調査結果は非常に興味深かった。
- ・今後の調査に期待します。
- ・説明が早すぎて理解が追い付かない？
- ・全体のメカニズムが良く分かった。
- ・少し早足で話が進んだのが残念。
- ・富士山研の環境共生部の研究もスキルアップセミナー他で紹介してほしいと思います。これまでも富士の伏流水のセミナー等も聞いていますが。
- ・〔弾丸登山が決して悪いことではないこと、宿泊しても高山病になることも多いということ〕→登山には登山前の体調管理が不可欠であるということ、再度認識できた。

講演者（近藤）へのコメント

- ・経験から裏付けられた素晴らしいプランだと、5名の先生の話聞いてあらためて思いました。さすがプロだなと思いました。是非実際に行った傷病者の対応話などもお聞きしたいです。
- ・登山者のためにも、このようなきちんとしたツアーが増えてほしい。
- ・言葉だけより実地の体験で理解しやすい。
- ・不心得者は登山させない方法を、強制的に取る方策が必要ですね。
- ・リアリティがあって良かった。
- ・ツアー登山の流れがわかった。
- ・現場の状況がよく分かり、大変勉強になりました。
- ・現状がわかった
- ・実体験にもとづく話は大変興味深かった。ガイドさんのお客さんに対する気づかいに感動した。

講演者（岡崎）へのコメント

- ・今後もより沢山のサンプルを集めて頂き、AMSの全容につながるデータを期待してます。測候所の写真は大変貴重でありがたかったです。
- ・更なるサンプルの増加に期待。
- ・以前、5合目で4年位仕事をしていたが、かなり多数の高山病患者を見たことになる。気圧の変化によって変わるのでは？
- ・内容は興味深かったが、ややサンプルが少なく信頼性に難があるように思えた。
- ・n数が少ない。最小限の機材を何人かで足でかついで（ブルを使わずに）登れば、n数も多くできるのでは。
- ・AMSと水分の関係が理解出来て良かった。
- ・とても興味深い内容だったが、少し難しかった。
- ・私は赤血球が非常に高く、脈拍は60回/分しかありませんが、富士登山（いわゆる弾丸でしたが）の際に高山病（おう吐）になりました。1000m近いところで生活していてもこのような体でも高山病になることが少し分かりました。20才までは高山病になりませんでした。
- ・もう少し時間をかけて説明頂くとより分かりやすくなったと思います。より科学的な内容であったことは興味深かったと考えます。
- ・高山病は脱水症状からおきているということ。ハワイのマウナケアの時もガイドさんが話していたことを思い出しました。

講演者（Subudhi）へのコメント

- ・ 分圧、気圧と酸素濃度の話という最も基本的な説明から入っていただき、学力のない私でもなんとかついて行けました。素晴らしい研究のお話をありがとうございました。
- ・ 科学的な話はよくわからなかった。様々な可能性が考えられることを知った。
- ・ 資料としてスライドデータがほしかった。
- ・ 専門すぎて理解しきれない？
- ・ ちょっと難しかった。荒筋は分かったが。
- ・ もっとべんきょうします!!
- ・ 専門的な話が聞けたのが良かった。
- ・ 英語がわからない。内容がむずかしい。ついていけない。
- ・ 予防はシンプルで新鮮さはなかったが、結論が分かり易かったのはおもしろかった。
- ・ 結論は従来から言われている高度順化や無理をしないか？
- ・ 予防・対策のアドバイスはとても良かった。
- ・ 少しむずかしかったです。低酸素で脳血流上昇し、血液脳関門透過に関わることはわかっていたことが理解できました。
- ・ むずかしかった。
- ・ 話の構成が理解に役立った。
- ・ アリストテレスの高山病について、特に文献紹介、病状についての最初の報告書など貴重な講演に感謝します。パスカルの実験（気圧変化）ダルトン法則等学生時代に学んだ実験の話など大変にたのしく聞くことが出来ました。

講演者（大城）へのコメント

- ・ 富士山での実際の事例のお話は、今後の仕事に大変役立ちました。また薬、高度の話や他の山での登山の話など、大変勉強になりました。（低体温に対するプラティパスを用いた応用など）三浦さんが美人先生とおっしゃってた通りですね。
- ・ 現場の意見が聞けるのが良かった。
- ・ 聞きやすく、わかりやすかった。キレイな方でした。
- ・ 実体験による資料による説明に共感
- ・ テレビで三浦さんの登頂に協力した時の様子を見て、興味を持った先生が今日講義をされ、大変感激しています。
- ・ 大変分かりやすい解説で有益だった。
- ・ でも富士山は1日で登っており山なんだけど。
- ・ 登山の実践（ご自身の体験）に基づいているので、大変興味を引く内容であった。
- ・ やさしく話されてよく理解できた。
- ・ 富士山に限らず、登山全般に役立つ内容が良かった。
- ・ 自分の高山病の原因がほんとによくわかりました。今後、登山する人にもアドバイスできると思います。
- ・ 高山病、脱水症について、対症方法が少しわかり、現場での様子実体験を含め大変に楽しく、知識を持つことが出来た。富士登山を望む人達に参考的に話しが出来ると思われる。

講演者（能勢）へのコメント

- ・ 笑いを交えて、大変楽しく聞かせて頂きました。こんな楽しい方とは思っていませんでした。走れない高齢になったら、実践したい。
- ・ 講義を聞いて自然に体が動きたいと言っているようだ。
- ・ 大変（ためになる）話だった。
- ・ 富士山登山に直接的に参考になる話でした。

- ・1度実技の講習会があるといいですね。(CD/DVDでもできそう)
- ・コマーシャルベースに傾いたか？
- ・もう少し登山に特化してほしかった。
- ・インターバル速歩を实せんしようと思いました。膝に対する常識と思っていたことが全部正しいとは限らないことが判りました。
- ・登山以外の研究内容の紹介もあり、参考になった。
- ・登山に関する科学的測定した話を实际的に教えをもらいました。特に熟年者にとって理解出来た(マシントレーニングの効果を理解出来た)。インターバル速歩のトレーニングの重要性を知ることが出来た。
- ・時間がなくて参加できませんが、大変興味深かったです。残念でした。メディアでも紹介されていた、このインターバル速歩、体験してみたいです。長野ではさかんに行われていて、健康に寄与していると伺っています。富士吉田でも広めたい。

山梨県富士山科学研究所国際シンポジウム2014実行委員会設置要綱

(名称)

第1条 この会は、山梨県富士山科学研究所国際シンポジウム2014実行委員会（以下、委員会という。）と称する。

(目的)

第2条 委員会は、山梨県富士山科学研究所国際シンポジウム（以下、国際シンポジウムという。）の開催に必要な準備等を行い、円滑な運営に資することを目的とする。

(事業)

第3条 委員会は、前条の目的を達成するため次の事業を行う。

- (1) 国際シンポジウムの準備、開催及び運営に関すること。
- (2) その他、前条の目的を達成するために必要な事項に関すること。

(組織)

第4条 委員会は、委員若干名で構成する。

2 委員は、山梨県富士山科学研究所長が委嘱する。

(役員の職務)

第5条 委員長は、委員会を代表し、会務を統括する。

2 副委員長は、委員長を補佐し、委員長に事故あるときは、あらかじめ委員長が定めた順序によりその職務を代理する。

(会議)

第6条 委員会の会議は、委員長が召集して議長となる。

(事務局)

第7条 委員会の事務を処理するため、山梨県富士山科学研究所内に事務局を置く。

- 2 事務局に事務局長及び若干名の事務局員を置く。
- 3 事務局長及び事務局員は、委員長が任命する。

(経費)

第8条 委員会の経費は、補助金、負担金及びその他の収入をもって充てる。

(財務処理)

第9条 委員会の会計に関し必要な事項は、委員長が別に定めるもののほか、山梨県の財務に関する諸規定の例による。

(その他)

第10条 この要綱の定めるもののほか委員会の運営に必要な事項は、委員長が別に定める。

別表

山梨県富士山科学研究所国際シンポジウム2014実行委員会委員および事務局

役 職	氏 名	職 名	所 属
実行委員会			
委員長	古屋 正人	副 所 長	山梨県富士山科学研究所
副委員長	本郷 哲郎	研究管理幹	山梨県富士山科学研究所
副委員長	堀内 雅弘	主任研究員	山梨県富士山科学研究所
委 員	長谷川 達也	研究管理幹	山梨県富士山科学研究所
委 員	宇野 忠	主任研究員	山梨県富士山科学研究所
委 員	赤塚 慎	非常勤嘱託	山梨県富士山科学研究所
委 員	能勢 博	信州大学教授	山梨県富士山科学研究所・特別客員研究員
事務局			
事務局長	田村 雅徳	総務課長	山梨県富士山科学研究所
事務局員	堀内 一義	主 幹	山梨県富士山科学研究所
事務局員	羽田 明仁	主 査	山梨県富士山科学研究所
事務局員	近藤 聖子	主 任	山梨県富士山科学研究所
事務局員	遠藤 淳子	臨時職員	山梨県富士山科学研究所
事務局員	倉沢 恵理子	臨時職員	山梨県富士山科学研究所

山梨県富士山科学研究所国際シンポジウム2014実行委員会事務処理規程

(目的)

第1条 この規定は、山梨県富士山科学研究所国際シンポジウム2014実行委員会(以下、委員会という。)の事務に関して、必要な事項を定めるものとする。

(事務局の職務)

第2条 事務局は委員会の運営等に関する事務を処理する。

2 事務局長は委員長の命を受けて委員会の事務運営を掌理する。

3 事務局員は上司の命を受けて委員会の事務を処理する。

(専決)

第3条 事務局長は、次の事務を専決することができる。

(1) 事務局の運営に関すること

(2) 通知、催告、申請、報告、届出、照会及び回答を行うこと

(3) 契約の締結及びその変更を行うこと

(4) 広報に関すること

(5) 予算の流用に関すること

(6) 収入及び支出に関すること

(口座の設定)

第4条 諸収入の収納は、金融機関に口座を設定し、当該口座により行うものとする。

(収入及び支出)

第5条 諸収入を収入するときは、適正な収入であるか等を調査し収入するものとする。

2 支出を行うときは、支出伺いを作成し、適正な支出であるか等を審査確認の上、債権者に対して支出するものとする。

(準用)

第6条 この規定に定めるもののほか事務処理に必要な事項は、山梨県の諸規定の例による。

附則

この要綱は、平成26年10月1日から施行する。

山梨県富士山科学研究所公開講座
C-01-2015

山梨県富士山科学研究所国際シンポジウム2014 報告書
「安全で快適な富士登山に求められること」

2015年3月発行

編集・発行

山梨県富士山科学研究所国際シンポジウム2014実行委員会

〒403-0005 山梨県富士吉田市上吉田字剣丸尾5597-1

電話 0555-72-6211

Fax 0555-72-6204

<http://www.mfri.pref.yamanashi.jp/>



この印刷紙には、山梨の森林認証材も利用活用されていますので、森林環境保護・水質保全等の支援に役立てられます。