

スクーバダイビングの安全対策に関する潜水障害の発生頻度 及び予防に関する調査研究 —潜水後の高所移動の危険性—

芝山正治

Investigation research about the occurrence frequency of the diving disorder
about the safety countermeasure of scuba diving and the prevention
—The danger of the height movement after diving—

Masaharu SHIBAYAMA

1. はじめに

減圧症と潜水後の高所移動の関係は、1992年にスタートしたDANホットラインの相談の中に潜水後に高所を車で経由したことが原因と思われる事例が含まれるようになったのが始まりである¹⁾。その後、レジャーダイバーが潜水した後に高所移動を通過するかなどの調査²⁻⁵⁾を実施したり、減圧症患者への問診調査により潜水後の高所移動との危険性が分かった。

潜水後の高所移動に関する研究論文は、1995年に山見と芝山ら⁶⁾が、初めて発表した以後、眞野⁷⁾や中山ら⁵⁾が次々と発表している。

東京医科歯科大学に訪れた減圧症罹患者と高所移動⁸⁾との関係を表1に示す。高所は一般的には、潜水後の飛行機搭乗⁹⁾がある。その飛行機搭乗が原因だと思われるものが42件、車で山岳地域を通過する高所移動が25件(4.5%)である。また、表2に示すDANホットラインのケースでは、34件の6.9%を占めている。これらの件

表1 医歯大で取り扱った減圧症中、高所移動が原因と思われる症例
(1980~2003.8.)

総件数	57件		
飛行機搭乗	42		
高所移動	25	東名・御殿場IC	5
		箱根越え	7
		伊豆スカイライン	2
		県道59号線 仁科峠	2
		その他・不明	6
レジャーダイバーの減圧症件数 ('75.~'03.8.)	560		
高所移動が関係している事例	25 / 560		4.5%

表2 DANで取り扱った減圧症中、高所移動が原因と思われる症例
(1991.~'03.8.)

総件数	97件		
飛行機搭乗	63		
高所移動	34	東名高速 御殿場	13
		箱根越え	7
		伊豆スカイライン	9
		県道59号線 仁科峠	2
		県道18号線 戸田峠	1
		不明	5
コール中の減圧症件数	495		
高所移動が関係している事例	34	/495	6.9%

数は、確認されている数であり、未確認を含めると数多いケースが存在すると思われる¹⁾。

関東周辺における高所の場所は、東名高速の御殿場IC、国道1号線の箱根峠、伊豆スカイライン、西伊豆半島の県道59号線仁科峠、同じく県道18号線の戸田峠などがある。これらの箇所における危険度は、海拔何メートル（気圧）かによって異なる。標高の表示がなされている箇所は、東名の御殿場(454m)¹⁰⁾、箱根峠(874m)があるが、その他の場所の詳細な危険度を調べる必要がある。

本研究は、高所（道路）の詳細な標高（気圧）を示す地図を作製し、潜水後の車の移動で危険箇所を避け、減圧症の予防につながることを目的として実施された。

2. 海拔と気圧

約10mの高度上昇により約1hPaの気圧が減少する。表3に詳細を示す。海面上の気圧が1013hPaであり、海拔500mでは950hPa、1000mでは900hPaとなる。

海拔を気圧に換算するためには、次の式によって求められる。

表3 高度（m）と気圧（hPa）の関係

4000 m	616 100 m 毎に約8 hPa
3500 m	
3000 m	701 100 m 毎に約9 hPa
2500 m	
2000 m	795 100 m 毎に約10 hPa
1500 m	
1000 m	899 100 m 毎に約11 hPa
500 m	
0 m	1013 100 m 毎に約12 hPa

$$Y = 999.8 - 0.099x$$

Y：気圧（hPa）

x：海拔（m）

3. 飛行機内の気圧

飛行機内の気圧は、航空機により異なるが、およそ780~870hPaであるとされる¹⁰⁾。この気圧は海拔に換算すると約2200m（max）に相当する。

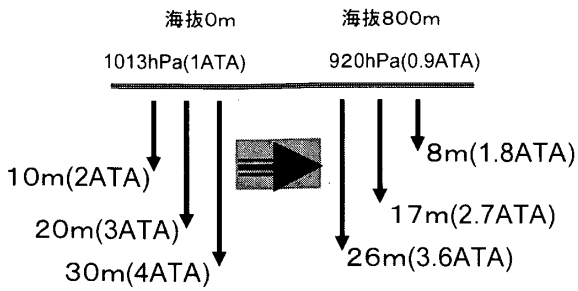


図1 高所換算水深（芝山換算）

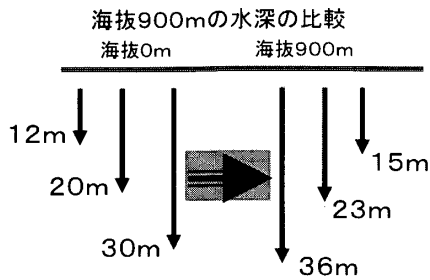


図2 高所用減圧表（カナダ国防省 1993.）
（海拔300～3000mの減圧表）

4. 高所における潜水深度換算

潜水後の高所移動は、移動した高所で潜水したと考えることが出来る。海拔800m（気圧920hPa）の湖で水深8mに潜水すると、海では10mの水深に相当することとなる。これは17mが20mとなり、26mが30mとなる（図1）。

5. 高所減圧表

カナダ国防省が発表している高所減圧表では、高所は海拔300m以降と定義されている。

海で水深12mの潜水をすると海拔900mの高所では15mに相当し、20mでは23m、30mでは36mとなる（図2）。いわゆる海での無減圧潜水が高所では有減圧になることがあり、減圧症の発症危険が増す。

6. 高所の定義

高所の定義は、西伊豆の環境を考慮して海拔500mとすることが望ましいと考えられる⁹⁾。但

し、これよりも低いことが望ましい。

日本では特に定義されていないが、高所に準じるもので、潜水後の飛行機搭乗可能時間の規制がある。潜水回数と水深により6～36時間の地上での休憩時間が示され、1日に2回の潜水をすると12時間以上必要とされる⁹⁾。また、高所潜水の定義は、海拔300m以上とされている。

実際に西伊豆半島で潜水をしたダイバーが山を越えて帰るには、500m未満の山を経由するか、12時間以上休憩をとって移動する必要があることとなる。12時間以上の休憩は、現実的に不可能に近く、500m未満の高度で移動する方法しかなくなる。しかし、山梨や長野に帰る方にとっては海拔500m以上の山を経由しなければならず問題が残る。

7. 高所箇所の測定

測定器機は、SUUNTO リストップコンピュータ X6（高度-500m～+9,000m、単位1m。気圧範囲300～1,100hPa、単位1hPa。PCインターフェイス搭載）を用い、パソコンに取り込み、データをExcelに落とし、最大地点の海拔を記録し、図を作製した。比較をするためにSATO社のアネロイド気圧計 No.7610-20（測定範囲930～1070hPa）も用いたが、参考値に留めた。

測定方法は、測定の前か後に海面海拔を0m



写真 箱根峠に表示されている標高

表4 箱根より北側（山梨・長野）高地

高 所 箇 所	海 抜 (m)
1. 籠坂トンネル（東富士五湖道路、山中湖）	1091
2. 国道139号線・西富士 朝霧高原	1014
3. 中央高速道路・笹子トンネル	697
4. 中央高速・大月 IC	450

表5 伊豆半島の高地

高 所 箇 所	海 抜 (m)
1. 箱根ターンパイクの頂上	1025
2. 仁科峠（県道59）伊東西伊豆線最高地 （安良里からの山越え、天城牧場付近）	947
3. 乙女峠（R138）小田原―御殿場 IC	874
4. 箱根峠（R1）三島―小田原（海拔846m表示）	846
5. 戸田峠（県道18）修善寺戸田線	752
6. 熱海峠（伊豆スカイライン・熱海函南線交差点）	747
7. 天城台料金所（伊豆スカイライン） （東伊豆 大室山から10 km 地点）	650
8. 西伊豆バイパス料金所（R136）戸肥―大海間	494
9. 御殿場 IC（東名高速・海拔454m表示）	454
10. 熱函道路最高地 熱海―三島	423

と補正し、車で該当道路を測定し、表示された値を念のために記録に残した。

測定器の精度の確認は、海面0mと標高が表示されている東名高速の御殿場 IC（標高表示454m、実測値452m）と国道1号線の箱根峠（標高表示846m、実測値842m、写真）で調べたところ、高いことが確認された。

8. 高所測定結果

(1) 山梨・長野方面

箱根より北へ帰る方は、富士山周辺を経由す

ることになる。甲府や大月（山梨）の海拔は500m以下であるが、表4に示すとおり、富士山周辺で海拔1,000m（900hPa）を越えている。東名高速から東京を経由して中央高速で移動しても笹子トンネル周辺で700mとなり、どこを経由しても500m以上の高所を経由しなければならない。安全を考えると12時間の休憩をとる必要があり、その日の帰宅が不可能となる。

対策として、どうしても高所移動となることから、帰宅日は、1回の潜水と浅い潜水に止めるか、どうしても2本の潜水を必要とするなら

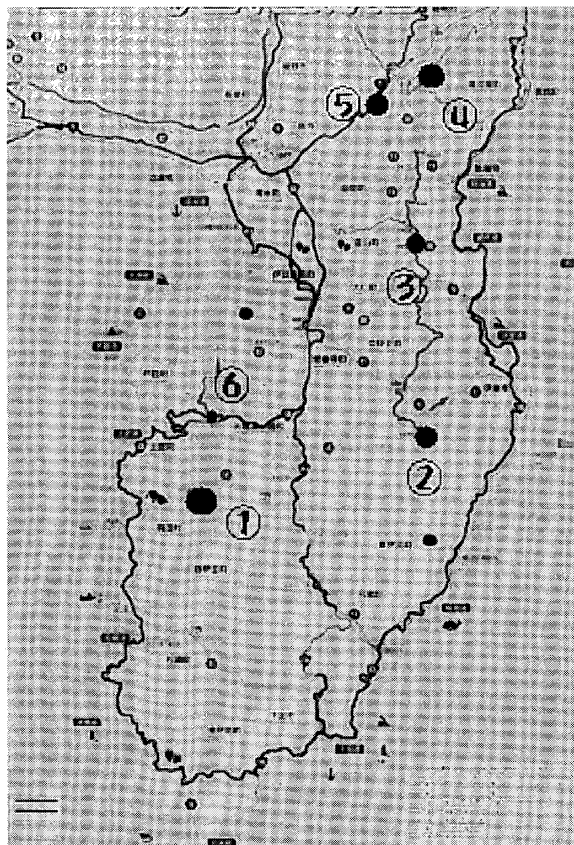
ナイトロックスを用い空気減圧表（ダイブコンピュータ）で無減圧潜水を行う方法が考えられる。より安全な潜水を心がける必要がある。

(2) 伊豆半島の高所

箱根から南の伊豆半島で最も高い箇所は、箱根ターンパイクの頂上で1025m(図3、4)、続いて、西伊豆の安良里から天城・修善寺（国道414号線）に抜ける県道59号線伊東西伊豆線の仁科峠付近の海拔947m（図5）、国道1号線の箱根峠は846mであったが、南付近では874m（図4）である。これ以外に500m以上の箇所が、県道18号線修善寺戸田線の戸田峠の752m（図6）、伊豆スカイラインの熱海峠の747mと天城台料金所の650m（図7）である。500m以下の箇所は、東名高速の御殿場ICの454m（図8）、熱海函南線（通称：熱函道路）は423mである。西伊豆から東伊豆または東京方面に移動するには、熱函道路か東名高速を利用する方法しかないことになる。

(3) 鉄道利用の場合

三島から東京方面に向かう東海道新幹線及び



- ①仁科峠 (947m)
- ②伊豆スカイライン 天城 (650m)
- ③伊豆スカイライン 熱海峠 (747m)
- ④箱根ターンパイク (1025m)
- ⑤国道1号線 (874m)

図3 伊豆半島高所マップ

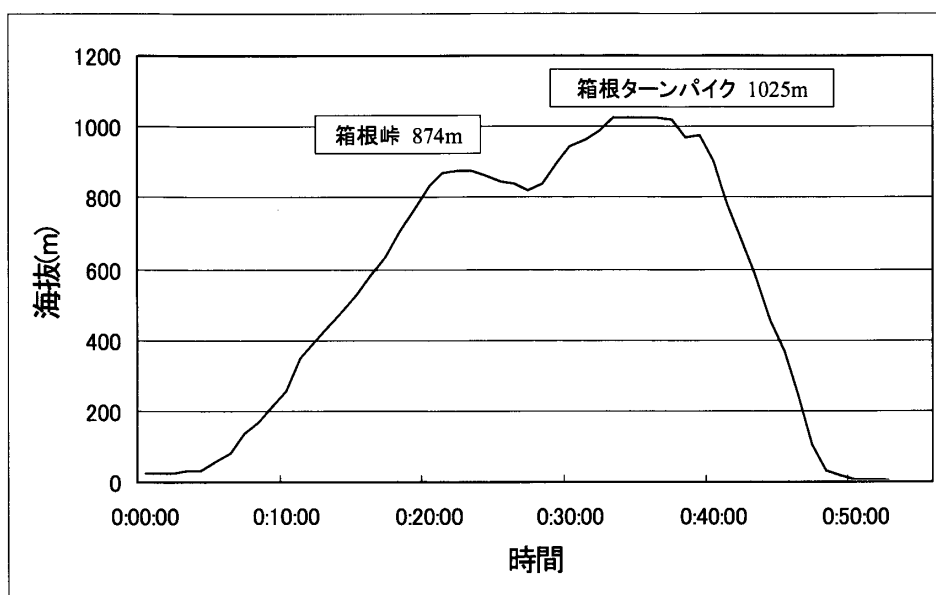


図4 三島 RI→箱根峠（南付近）→箱根ターンパイク→小田原

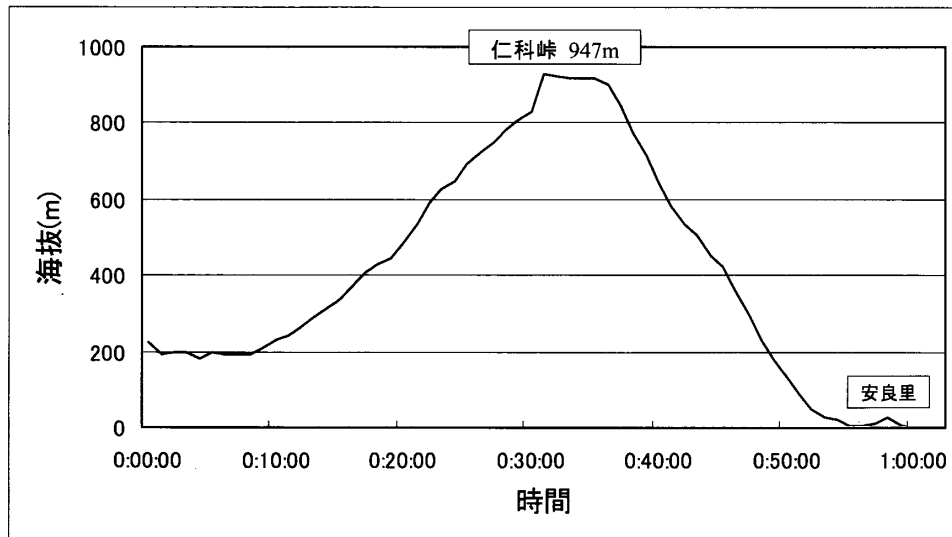


図5 修善寺→仁科峠→安良里（西伊豆）

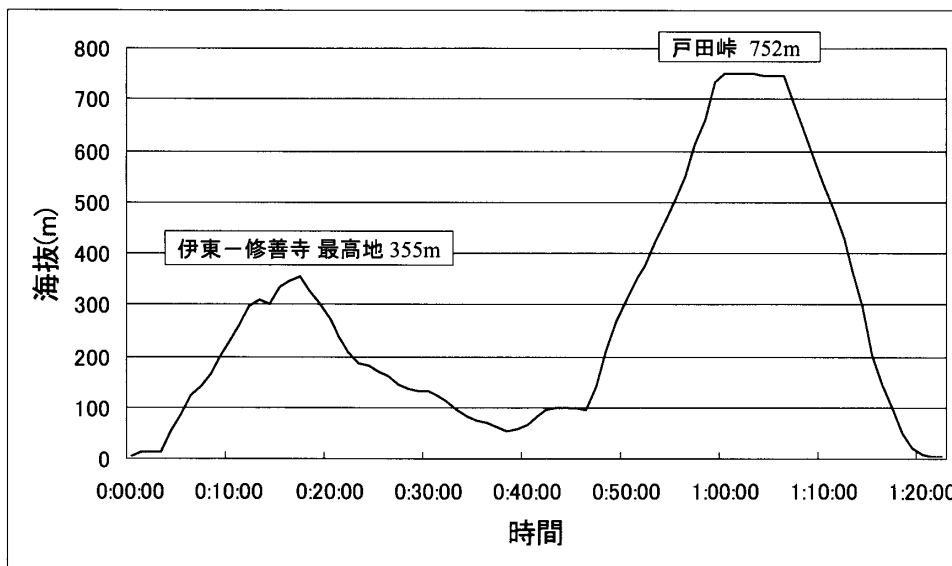


図6 伊東（東伊豆）→修善寺→戸田峠→戸田海岸（西伊豆）

東海道本線の三島・熱海間の海拔は、いずれも100m以内であった。

9. まとめ

1. 海拔500m以上の高所箇所は、富士山周辺、仁科峠、戸田峠、伊豆スカイラインである。
2. 帰る日の潜水は、2本以内の無減圧とする。
3. どうしても高所を経由しなければならない時は、ナイトロックス潜水で空気減圧表を利用

するか、出発前に酸素を吸入することが望ましい¹¹⁾。

4. 鉄道は、海拔100m以内であるため、安全である。

本研究は文部科学省の研究費（14580067）の助成を得た。

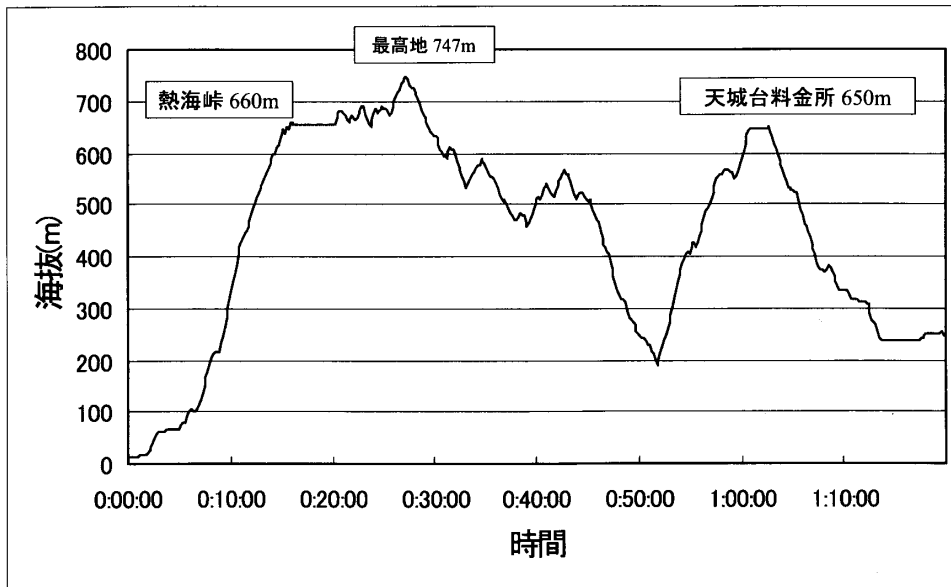


図7 熱海→熱海峠→伊豆スカイライン→西伊豆

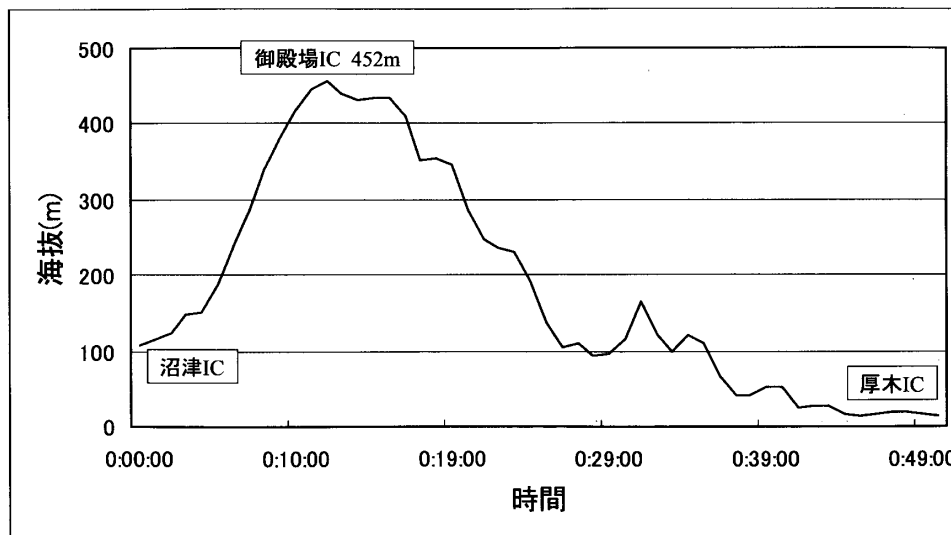


図8 東名沼津IC→御殿場IC→厚木IC

参考文献

- 1) 山見信夫、眞野喜洋、芝山正治、高橋正好：
DAN ホットラインの実状および潜水後の
酸素利用、日高圧医誌、33(3)：143-150、
1998.
- 2) 芝山正治、山見信夫、中山晴美、高橋正好、
水野哲也、眞野喜洋：レジャーダイバーの
現状 —現地実態調査からの分析—、日高
圧医誌、33(4)：201-204、1998.
- 3) 中山晴美、芝山正治、小宮正久、内山めぐ
み、山見信夫、高橋正好、眞野喜洋：レジ
ャーダイバーの減圧症罹患頻度について、
日高圧医誌、33(2)：73-80、1998.
- 4) 小宮正久、芝山正治、山見信夫、内山めぐ
み、中山晴美、外川誠一郎、高橋正好、眞
野喜洋：ビギナーダイバーの安全意識につ
いて —潜水深度の実態—、日高圧医誌、
37(2)：75-79、2002.6.

- 5) 中山晴美、芝山正治、山見信夫、小宮正久、内山めぐみ、高橋正好、外誠一郎、大久保仁、眞野喜洋：レジャーダイバーの潜水障害罹患割合 ―窒素酔いと耳の障害を中心にして―、日高压医誌、37(2)：69-74、2002. 6.
- 6) 山見信夫、芝山正治、水野哲也、中山徹、高橋正好、眞野喜洋：スクーバダイバーにおける潜水終了後の高所（低圧暴露）移動中に発症した減圧症の検討、日本体力医学会総会、1995.9.
- 7) 眞野喜洋：高地や航空機での危険性、日高压医誌、29(3)：145-150、1994
- 8) 眞野喜洋、芝山正治、山見信夫、中山晴美、杉山弘行、泉谷敏文、新井 学、五阿彌勝稜：減圧症発症の年次推移と職業別及び病型別分類、日高压医誌、32(4)：249-257、1997.
- 9) アメリカ海洋大気局 翻訳 眞野喜洋、関邦博、野村武男、山崎昌廣：NOAA diving manual、第14章 空気潜水と減圧、P14-1-14-31、東京、社会スポーツセンター、1996.
- 10) 榎木暢雄、毛利元彦：潜水後の高所移動と減圧症に関して〈環境の実測と動物モデル〉、日高压医誌、37：(4)：237-247、2002
- 11) Nakayama H., Shibayama M., Yamami N., and Mano Y. : Nitrox application for leisure diving in Japan, Jpn Hyperbar Med, 35(1)：13-19, 2000. 10.