

1968年2月南極ラングホブデにおける潜水と 生理学的変化について

大久保 嘉 明^{*}

PHYSIOLOGICAL CHANGES CAUSED BY SCUBA DIVING AT LANG HOVDE, ANTARCTICA IN FEBRUARY 1968

Yoshiaki OKUBO*

Abstract

One skin diving and four SCUBA divers were made by two members (a biologist and the author, the physiologist) of the 9th Japanese Antarctic Research Expedition on 2 February in 1968 for surveying benthos. They dived about 10 metres at Lang Hovde, about 20 km south from Syowa Station, Antarctica. Air and surface water temperatures were about 0°C and it was calm. Neoprene double wet-

suits of 5 mm and 6.5 mm in thickness, covering the whole body except face, were used. It took 49 minutes in total. The pulse at the end of skin diving recorded 130–140/min. One diver lost 2 kg weight after diving, but the other showed no change. Erythrocytosis, eosinopenia (91% and 72%) and lymphopenia caused by stress were observed. There were no remarkable physical changes except for mild epistaxis and light headache soon after diving.

1. は じ め に

第9次日本南極地域観測隊の一員として、医学を担当して参加した著者は、夏隊員で生物担当の福井義夫隊員と共に、1968年2月2日、昭和基地の南約20kmにあるLang Hovde沿岸海域で、日本隊としてははじめての潜水調査を試みた。

海洋生物の生態写真撮影と採集を目的に、福井隊員の潜水が決定したとき、著者も「冷水中潜水の人体におよぼす影響」を目的とし、同時に福井隊員の支援をするよう、村山隊長から要請があり共に行動することになった。

潜水の経過や装備についての詳細は、先に帰国した福井隊員(1968, a, b)が報告しているので、本稿では、保安および医学的報告を主としたい。

* 東京医科歯科大学第一内科. First Department of Internal Medicine, Tokyo Medical and Dental University. Yushima, Bunkyo-ku, Tokyo.

2. 準 備

潜水に先き立つ1月27日観測隊と観測船「ふじ」で次の計画を決定した。

2.1. ラングホブデにおける潜水調査（原案作成：福井）

2.1.1. 実 施 内 容

- a. 素潜りによる前調査
- b. スキューバ*によるスチル写真撮影（ニコノス**）.
- c. スキューバによる 16mm 映画撮影（スクーピック***）.

2.1.2. 日 程

	素潜り	スチル写真	映 画
第1日目	○	(ボートによる予備調査) ○	
{ 午前 午後			
第2日目		○	○ (○)
{ 午前 午後			

2.1.3. 場 所 の 条 件

- a. 開水面が広いこと.
- b. 水深 10m 以内の海底面積が広いこと.
- c. 歩いて入水可能な場所.
- d. 海流が弱い場所.

2.1.4. 援 助 依 頼

- a. 医師（8次，広瀬；9次，小林；「ふじ」衛生長）.
- b. 「ふじ」応急科の潜士2名（命綱，信号索依頼）.
- c. 支援協力者数名以上（緊急時のため）.

2.1.5. そ の 他

- a. 前もって身体検査.
- b. 潜水着の着脱時に入浴できることを望む.
- c. 当日はできるだけ好天で無風が望ましい.

* SCUBA (Self Contained Underwater Breathing Apparatus. いわゆるアクアラング).

** NICONOS (日本光学製 35mm 水陸両用カメラ).

*** SCOOPIC (キヤノン製 16mm ムーヴィーカメラ).

d. 「ふじ」のコンプレッサーの使用.

2.2. 潜水時起り得る症状とその処置 (原案作成: 大久保)

2.2.1. 重症

- a. 心停止: 心臓マッサージ (開胸, 閉胸).
- b. 呼吸停止: 人工呼吸, 呼吸促進剤 (水を吐かせて後).
- c. 意識不明 (脳栓塞): 再加圧, 頭部を下げて酸素吸入.
- d. 血圧低下: 昇圧剤, ステロイド.
- e. 体温低下: 加温, マッサージ.
- f. 強度出血 (目, 耳, 鼻): 安静, 止血剤, 冷湿布, 抗生物質.
- g. 胸痛 (肺栓塞): 再加圧 (6気圧).

2.2.2. 中軽症

- a. 耳痛, 頭痛, 関節痛: 再加圧 (再潜入後徐々に浮上), 鎮痛鎮静剤, 冷湿布, 安静.
- b. 小出血: 止血剤, 冷湿布, 安静.

2.2.3. 準備器具, 薬剤

心電計, 酸素ポンペ, 蘇生器, 加温用具, 開胸用手術器具, 麻酔器具, 麻酔剤, 強心剤, 鎮痛剤, 鎮静剤, 止血剤, 呼吸促進剤, ステロイドホルモンなど.

2.3. 潜水前身体検査項目 (原案作成: 大久保)

- 1) 心電図 (負荷テストを含む)
- 2) 血圧
- 3) 寒冷血圧試験
- 4) 肺活量
- 5) 胸部X線検査
- 6) 血液一般検査
- 7) 検尿, 検便
- 8) 体重
- 9) 体温
- 10) 内科診察

2.4. 信号索による信号（原案作成：「ふじ」応急科）

信 号	問	答
一 つ	大丈夫か？	大丈夫である
二 つ	浮上せよ（引き上げよ）	了 解
三 つ	至急浮上せよ（至急引き上げよ）	了 解
応答なし	5秒おいてもう一回信号を送り、それでも応答のない場合は三つの信号と同じとみなす	
信号は5分以内の間隔でくり返す		

3. 潜 水

悪天候と結氷のため実施が遅れていたが、「ふじ」は、2月2日朝久しぶりの好天に恵まれて、昭和基地の南約20kmのラングホブデ、長頭山下の入江（南緯69度12分0，東経39度37分4）にわずかばかりの開水面を発見して投錨した。風弱く、気温+0.2°C、水温は表面で+0.1°C、深さ7mで-0.7°C。すぐ近くにアデリーペンギンのルッカリーがあり、孵化後約2カ月で、まだ産毛に包まれてはいるが、親と同じ位の大きさのヒナが20羽位見られた。親の多くは海に潜っているらしく2～3羽しか見えない。

午前中、測深や標識設置をすまして、少し早めの昼食をとり、12時半にはスーツを着けて準備完了。スーツはネオプレン製のウェットスーツで、水にはいると直ちに身体との間に冷水がはいってくるが、すぐ体温で暖まって保温の役割を果す。厚さ6.5mmと5mmの内外2層、軀幹部だけは3層になっており、身体に合わせて作ってあったが、当時よりやや太り気味の体は否応なくスーツに締めつけられて、運動しなくても汗ばんでくる。

13時素潜り開始。直接海水に触れる顔面以外は全く冷たさを感じない。2—3m付近の海底でウニ、ヒトデ、海藻などを観察採集した。12分後いったん上陸したが、動悸が著しく、脈拍数は福井140/min、大久保130/min。20分間の休憩後スキューバ潜水に移った。素潜りと違って行動半径が大きくなり、結氷区域まで進入し、海流にもおし流される危険性があるので、安全のため作業艇から命綱兼信号索を著者に結び、信号索で著者と福井とを結んだ。底棲生物の写真撮影と採集をしながら、深さ10m位まで進んだが、このあたりになるとプランクトンや浮遊物のため透明度は著しく低下した。

重錘の調整、著者のレギュレーター逆止弁凍結のための予備品との交換、休憩などのため浮上したが、総計49分間潜水作業を行なった。露出した前額部に疼痛を感じるようになったので、14時45分潜水を切り上げた。この時の脈拍数は両者120/minであった。

最後のの上陸時、福井は前額部痛と軽度の鼻出血を、著者は痕跡程度の鼻出血を認めたが、両者とも安静によりまもなく治癒した。

日程の都合や天候にわざわざされて、ただ1回の潜水に終り、2日目に予定されていた16mm映画撮影はこの日のみとなり、同日基地へひきあげた。潜水経過を表1に示す。

表1 潜水経過

方 法	時 間	
素 潜 り	12分	
休 憩 (陸上)	20〃	脈：福井 140/min 大久保 130/min
スキューバ	12〃	写真撮影 (35mm スチル)
休 憩 (水中)	10〃	
スキューバ	6〃	大久保の調節器故障
休 憩 (船上)	10〃	調節器交換, 重錘調整,
スキューバ	11〃	写真撮影 (16mm 映画)
休 憩 (水中)	5〃	
スキューバ	8〃	写真撮影 (16mm 映画)
休 憩 (上陸)		脈：両者 120/min
潜水時間 合計	49分	

4. 身体検査結果

1968年1月25日および2月1日に潜水前検査、2月2日潜水終了後、可能なだけの検査を行ない、下記の結果を得た。

なお Fu は福井, Ok は大久保の略。

4.1. 体 重

	前	後
Fu	65.0kg	63.0kg
Ok	60.0kg	59.5kg

4.2. 肺活量 (潜水前)

Fu 5,200 ml

Ok 3,650 ml

4.3. 尿 所 見

両者、潜水前後いずれも蛋白 (一), 糖 (一)

ウロビリノーゲン正常。

4.4. 血 液 一 般

		前	後
Fu	赤血球数	$437 \times 10^4 / \text{mm}^3$	$462 \times 10^4 / \text{mm}^3$
	白血球数	3,550/mm ³	5,400/mm ³
Ok	赤血球数	$463 \times 10^4 / \text{mm}^3$	$463 \times 10^4 / \text{mm}^3$
	白血球数	5,700/mm ³	6,350/mm ³

白血球分画

		前	後	
Fu	好中球	桿核球	2.0%	8.0%
		分節核球	33.5 //	74.5 //
	好酸球	8.5 //	0.5 //	
	好塩基球	0.0 //	0.0 //	
	単球	0.5 //	0.5 //	
	リンパ球	55.5 //	16.5 //	
Ok	好中球	桿核球	1.0%	3.0%
		分節核球	55.0 //	79.0 //
	好酸球	6.0 //	1.5 //	
	好塩基球	0.0 //	0.0 //	
	単球	0.0 //	1.0 //	
	リンパ球	38.0 //	15.5 //	

4.5. 血 圧

	前	後
Fu	100~60mmHg	106~60 mmHg
Ok	122~80 //	116~80 //

4.6. 寒冷血圧試験（潜水前）

時 間	Fu	Ok
0''	100~60mmHg	122~80mmHg
15''	100~65 //	126~80 //
30''	102~70 //	124~84 //
45''	100~70 //	126~86 //
60''	105~70 //	126~80 //
2'00''	90~60 //	128~76 //
4'00''	92~60 //	122~80 //
6'00''	88~56 //	118~70 //
8'00''	92~58 //	116~74 //
10'00''		118~70 //
判 定	正 常	正 常

4.7. 胸部 X 線 検 査

潜水前後両者異常なし.

4.8. 心 電 図

両者潜水後頻脈を呈したが、病的所見なし.

4.9. 内 科 診 察

両者異常なし.

5. 考 察

極地での潜水は、すでに度々行なわれているが、南極においては数年前からアメリカのマクマード基地で、ロス海の大陸棚上の海氷に穴をあけ、これにのぞき窓とサーチライトのついた筒状の生物観測室を設置し、一方近くのアザラシ穴を出入口として、アクアラングをつけた隊員がアザラシや海洋生物の観測を行なっている(鳥居, 1966). またソビエトも潜水による生物観測を行なっている (GRUZO *et al.*, 1967).

今回の潜水時間は49分間にすぎず、かつ顔面だけの局所的冷水刺激であった。氷点下2~3度での潜水予定で、スーツはかなりの重装備にしたため、運動は制限され、寒冷刺激以外のストレスが強かったことは考慮しなければならない。

5.1. 体 重

Fu は 2kg 減, Ok は 0.5kg 減で、特に Fu は約2時間の運動による体重減少にしては大きいようにみえる。代謝量を測定していないが、ダブルスーツによる全身圧迫、運動制限に抗しての潜水は相当な苦痛であり、頻脈・呼吸促迫をみても重労働であることが分かり、肺からの蒸泄も大であろうし、当然の値と云えよう。オスロ大学の SKRESLET (1968) の報告でも 1~2kg の体重減少を認めている。

5.2. 血 液 所 見

Fu の赤血球増加は、脱水以外に、ダイビングの責任者としての責任感と緊張による stress erythrocytosis とみた方が妥当かもしれない。

白血球分画をみると、両隊員とも好中球の相対的増加と、好酸球・リンパ球の相対的減少が著明である。絶対値を計算しても同じ傾向を示し、特に好酸球減少は、Fu 91%, Ok 72% であった。好中球増加は著明ではないが、労働による granulocytosis, すなわち marginal pool から出てきたものであろう。また好酸球リンパ球の減少はストレスによる eosinlymphopenie

として理解できよう。

5.3. 血 圧

潜水前に 4°C の水に片手を浸して寒冷血圧試験を試みたが、両隊員とも正常範囲の変動で自律神経の失調は認められなかった。

潜水後はスーツを脱いで約30分後に血圧を測定したが、両者著しい変化はなかった。潜水中はスーツをつけているので測定できなかったが、最高血圧 150mmHg 以上に上昇していたのではないかと思われる。

5.4. そ の 他

心電図、胸部X線写真、いずれも特記すべき変化は認められなかった。

特に内科的異常はなかったが、ただ上陸時の鼻出血、頭痛は Fu の場合、軽い上気道炎のためであった。日本での訓練中も同様の症状を数回経験したが、南極の低水温を充分考慮して、たとえ軽い症状であっても、鼻炎、咽頭炎、副鼻腔炎などの際は潜水を強行すべきではない。今回の潜水は深さ 10m、延時間49分間という潜水としては初歩の程度であったから大事に至らなかったのであろうが、深度や時間が増えた場合には、自覚症状のないような軽い炎症でも重症に陥る可能性があるわけで、普段の訓練はもちろん、最高の体調で臨まなければ不測の事態をひき起こすことになるであろう。

今回使用したネオプレン製ダブルのウェットスーツは、保温の点では良好であったが、やや厚すぎて行動が制限された。5mm厚のスーツ2枚でよいのではなかろうか。理想的には、ドライスーツで顔面も冷水から保護すべきであろう。

救護依頼に関しては、医薬品、手術器具は問題ないが、6気圧の高圧槽は日本でも数少ない。「ふじ」にはそのような設備がないので、潜水深度を 10m と決めたが、不測の事態が起こって、最悪の場合は計画にあるように開胸の心臓マッサージも考慮した。また、シャチによる被害も考慮していたことを付け加えておく。

6. お わ り に

潜水するに当たり、実施打合せ会に提出した支援依頼や、予想される事故内容は、はなはだ大げさにすぎた感もあったが、村山隊長、本多艦長はじめ支援隊の方々が気持よく受諾して下さり、また数々のご助言を賜ったおかげで無事任務を完了することができた。ここに衷心より感謝致します。

文 献

- アメリカスポーツ潜水協議会編, 小林・日下部共訳 (1969): スポーツ潜水の科学と実際. 東京, 日本 YMCA 同盟出版部.
- FANE, F.D. (1959): Skin diving in polar waters. *Polar Record*, **9**, 433-435.
- FUKUI, Y. (1968 a): SCUBA diving near Syowa Station, Antarctica for surveying benthos. *Antarctic Rec.*, **32**, 63-70.
- 福井義夫 (1968 b): ラングホブデに潜る. *極地*, **7**, 32-37.
- GRUZOV, YE. N., M.V. PROPP and A.F. PUSHKIN (1967): Biological associations of coastal area of the Davis Sea (based on the observations of divers). *Soviet Antarct. Exped. Inf. Bull.*, **65**, 523-533.
- SKRESLET, S. and F. AAREFJORD (1968): Acclimatization to cold in man induced by frequent SCUBA diving in cold water. *J. Appl. Physiol.*, **24**, 177-181.
- 鳥居鉄也 (1966): アメリカの水中観測室の紹介. *極地*, **2**, 44.

(1970年2月6日受理)