

【事例報告】

# ミスの連鎖により生じたヘルメットスキーズ(圧外傷)が原因として考えられる潜水致死事例

池田 知純  
東京慈恵会医科大学 環境保健医学講座

【要約】

事例は56才職業潜水士(男性)。水深3mに於て敷石作業に従事していたところ、コンプレッサーのエンジン停止、配員の過少に基づくエンジン停止に気づくことの遅延、貯気タンクの圧力調整を目的としてドレンコックを開放しておいたこと及び逆止弁の整備不良という錯誤の連鎖によって生じたと思われるヘルメットスキーズの致死例を報告した。背景に、潜水作業全般における劣悪な安全意識が横たわっている。また、潜水事故の正当な把握に潜水に関する専門的な知見が必須であることも示唆している。

キーワード 潜水医学, 事故, 締め付け, 安全, 職業潜水

【Case report】

## A probable fatal case of helmet squeeze resulting from a concatenation of mistakes

Tomosumi Ikeda (The Jikei University School of Medicine Department of Public Health and Environmental Medicine)

**Abstract**

An investigation of the official report on the death of a 56 year old male diver, wearing a classic Japanese hardhat helmet at a depth of 3m close to the quay wall, strongly suggests that the death was a result of a concatenation of mistakes. As this was a small diving company, there was no qualified diving tender, just the diver and crane operator. During a test run in the morning, the air-supply engine stalled. It appears that the diver assumed that this was a result of bad fuel, changed the fuel, and decided to go ahead with the dive. The drainage valve on the storage tank was left open to lessen the pressure supplied to the diver for shallow water diving. This is not recommended nor is it an acceptable practice. The crane operator noticed that the engine had stalled again after the diver complained of sparse air. The death was attributed to suffocation in the first report of the fatality. However, an examination of a photograph of the helmet showed that the non-return valve on the helmet appeared to have not been maintained properly. The non-return valve on the helmet, if not functioning properly because of probable poor maintenance, combined with the open drainage valve, would allow a rapid loss of air pressure in the helmet leading to helmet squeeze as the cause of the fatality. The report does not mention any examination of the non-return valve. This case suggests the need to engage professionally-qualified persons with training in diving medicine and technology to investigate fatal accidents in diving.

keywords diving medicine, accident, squeeze, safety, commercial diving

## 【緒言】

潜水は水の中という一歩間違えば生存が不可能な環境の中での活動であるので、実施に当たっては常に細心の注意が必要である。しかし、通常の潜水ではやゝもすると漫然と作業がなされる傾向がなきにしもあらずで、その場合常識では考えられない事故が発生する可能性がある。今回、潜水医学の成書に記載されているものの、現在では殆ど見ることができないヘルメットスキーズ (圧外傷)<sup>1)</sup> によると考えられる民間の潜水致死事故例を伝聞したので、今後の資とするために、知り得た状況を報告する。なお圧力単位については、事故発生時の調書に従うことにする。

## 【事例】

56才男性. 民間潜水作業員 (潜水士).

〔事故発生経過〕事故は199x年、瀬戸内海島嶼部の栈橋近くの角地で岸壁の一方から約3.4m、もう一方から5.3m離れた水深3mの海中に於て、ヘルメット潜水による敷石作業に従事中に発生した。配置は図1の如く、送気用の空気コンプレッサーを置いた台船を岸壁と栈橋からそれぞれ18.8mと13.5m離れた場所に係留し、当該潜水士はそこから途中で展開されたオイルフェンスをくぐって自力で角地に向かって移動しそこで潜水作業をしていた。送気ホースの長さは40mである。また、石を吊るためのクレーン船を台船のすぐ外側に配置していた。作業に従事する人員は当該潜水士

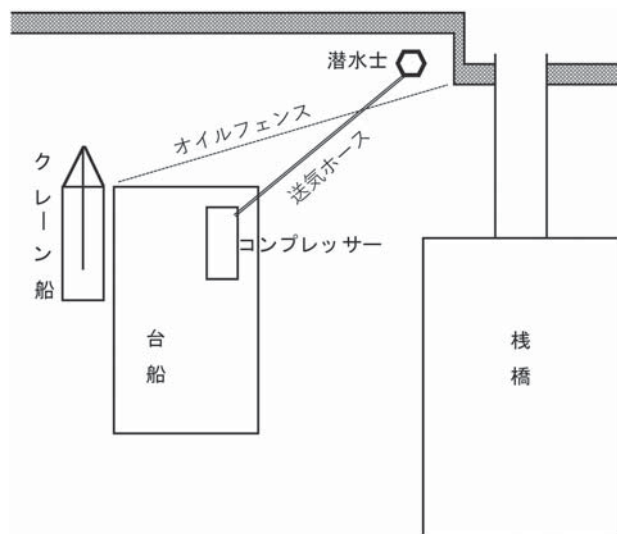


図1 潜水作業の配置図

1名とクレーン操作員1名で、潜水士を直接サポートする教育を受けた正規の送気員は配員されておらず、潜水士と交話可能なクレーン操作員が適宜潜水士の作業を支援していた模様である。

事故当日の作業についてみると、朝0630コンプレッサーの試運転を行ったところ途中でエンジンが停止したが、潜水士は燃料に水が混入していたためと推定して燃料を入れ替え、0700頃から潜水作業を開始したとされている。また、作業現場の水深が3mと浅いので、潜水士への送気圧力を軽減する目的で、コンプレッサーの貯気タンクのドレンコックを開にしておいたという。0730頃潜水中の潜水士が“空気が薄い”と訴えたためクレーン操作員がコンプレッサーをみたところエンジンが停止しているのを発見したが、潜水士との交話は不可能であった。数分後に潜水士を引き揚げたが、既に仮死状態で、1時間半後、搬送先の病院で死亡が確認された。

〔検死所見〕解剖は行っていないが、両眼の眼瞼及び眼球結膜に無数の溢血点を認め、窒息死の診断であった。

〔その他の所見〕潜水士の揚収時、潜水衣は体に密着し、浸水は認められなかった模様である。ドレンコックを開にしたままでエンジンを停止した場合、貯気タンクの圧力が零になるまでの時間は、貯気タンク圧力が3kg/cm<sup>2</sup>の時は約2分、2kg/cm<sup>2</sup>の時は約1分であった由である。図2は当該ヘルメットの調書写真のコピーである。ヘルメットの逆止弁については調査をしていないとのことであった。

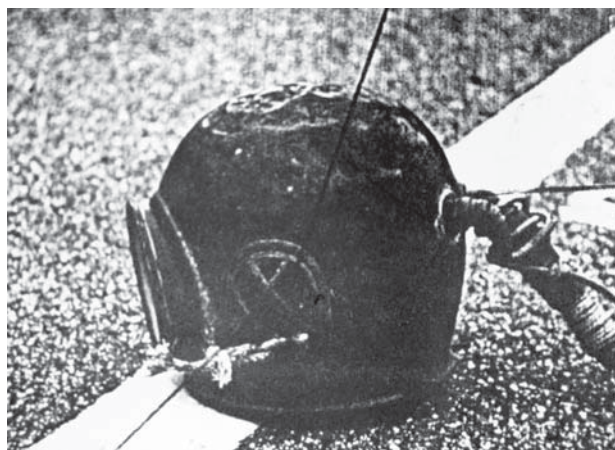


図2 事故で使用していた潜水ヘルメット  
調書からのコピーで図中の線は調書に記されていたもの

## 【考察】

ヘルメット内への送気が途絶するなどの理由によって潜水衣内の圧力が低下すると、水圧のため硬いヘルメットに潜水員の体が押し付けられて生じる傷害をヘルメットスキーズと言ひ、多くの場合致命的になる<sup>2,3)</sup>。これを防ぐためにヘルメットには逆止弁が取り付けられており、ヘルメット内の空気が送気ホースの方向に向かって逆流しないようにされている。この逆止弁によって、たとえ水中で送気が途絶えても潜水衣内に空気がとどまって潜水衣内の圧力は維持され、ヘルメットスキーズの発生を防ぐとともに、潜水士の呼吸ガスがある程度の時間確保することができる。その時間はヘルメット潜水衣の型式によって異なってくるが、米海軍のマークVでは6~9分とされている<sup>3)</sup>。従って、逆止弁が正常に機能していれば、たとえ送気が途絶えても潜水員を直ちに引き揚げた場合、救命し得る可能性が高い。

そのようなところから、逆止弁のチェックはヘルメット潜水を実施するにあたって最も重要な項目の一つとされ、潜水前には必ず逆止弁を取り出して点検するものとされている。点検方法はスモークテストと言って、タバコの煙を含んだ息を弁の逆流方向に吐き出し、煙が漏れていないかどうかによって簡単に調べることができる。

本例の逆止弁の状況は不明であるが、提供された当該ヘルメットの写真を見ると、ヘルメットに送気ホースが装着されたままになっており、またヘルメットと送気ホースは連結された状態で保管されていたとの証言もあり、おそらくは毎日の逆止弁チェックはされていない可能性が高い。

さらに本例の特徴として、送気圧力をむやみに高くしない目的で貯気タンクのドレンコックを開にしていたことが挙げられ得る。そもそも、このようなドレンコックを開けて送気圧力の調整を図る使用法は許されることではなく、エンジンが停止した場合、速やかに貯気タンク圧力が低下する状況に到る主因となっている。

さらにもう一つの特徴として、配員の少なさが挙げられる。本来配員されるべき送気員がいないため、潜水士が“空気が薄い”と訴えるまでエンジン停止に気付かなかった状況に到っている(クレーン操作員は若干

離れた所におり、エンジンに注意を払っていなかった可能性がある)。

さらにまた、当初の試運転でエンジンが停止しているにも拘わらず、その原因を深く探らず、エンジン停止が燃料に水が含まれていたためとする推測のもとに燃料を入れ替えるだけで作業を開始しているのも問題であろう。案の定、作業中にエンジンが停止している。

以上を総合的に考えれば、本例の直接の死因はヘルメットスキーズの締め付けによる窒息と考えてよいのではなかろうか。そして、そこに到る要因として以下の四点が考えられる。一つは逆止弁の整備不要である。逆止弁が正常に作動していれば、たとえ送気が途絶えてもある程度の時間は生存可能だからである。二番目は、ドレンコックの想定外の使用である。ドレンコックを開けていなければ、たとえ逆止弁が正常に機能していなくても、送気ホース内、さらには潜水衣内の圧力の低下速度がより緩慢になった可能性がある。三番目に配員不足が挙げられる。エンジン停止に直ちに気づけなかった主要因である。四番目に、試運転中のエンジン停止に対する不十分な対応がある。そもそもエンジンが停止しなければ事故は起こらなかった可能性が高いのである。

このように基本的なミスの連鎖によって本事例は発生したと思われるが、その背景についても言及しておかなければならない。というのは、本邦に於る職業潜水は安全に行われているとは言い難い面があるからだ<sup>4,5)</sup>。すなわち、強度率をみると、潜水業務は全調査産業全体の15倍、比較的危険性が高いと言われる建設業の3~7倍の値を示しており、業界全体として業務の安全管理に大きな問題があることをうかがわせている。そして、本例はそのような背景のもとで死に直結するミスが連続して生じたための事故であるとみることが出来る。潜水業界全体の安全管理のレベルが上がらなければ、今後とも同様の事例が生じる恐れが多分にあるであろう。

最後に、潜水事故の調査に於る専門的知識の重要性についても触れておきたい。上にみたように、本例の死因は窒息とされ、肝要な逆止弁については一顧だにされていなかった。潜水事故は一般の目には見えない水中で発生し、潜水機材も事故と密接に関係する。

したがって、潜水関連事故を正確に把握しようとするれば、潜水に関する専門的知識が必要であるが、潜水と直接関係のない人にそこまで要求するのは無理がある。そこで、交通費等の費用がかかるが、次善の策として、事後でもよいので、専門的知識を有する人が事故の調査に関与できるシステムが構築出来ることが望ましい。なぜならば、そうすることによって事故のより正確な評価分析が出来、事故の防止ひいては潜水の安全基準の向上に繋がるからである。

### 【結語】

ヘルメットスキーズによると思われる潜水致死事例を報告し、ミスの連鎖により発生した可能性が高いことを示した。また、事故の正確な把握分析には潜水に関する専門的知識が重要であることにも触れた。

本稿は報告者の個人的意見であり、あくまで伝聞に基づく推測である。

本事例は第39回防衛衛生学会総会(1994年)に於て発表した<sup>6)</sup>。

### 参考文献

- 1) Hanson RG, Young JM: Diving accidents. In: Bennett PB, Elliott DH, eds. The Physiology and Medicine of Diving and Compressed Air Work, 2<sup>nd</sup> ed. London; Baillière Tindall, 1969; pp.545-556,
- 2) Bureau of Ships: non-return valve. In: Diving Manual, pp.51-52. U.S. Navy Department, 1952.
- 3) Navy Department: Surface-supplied air diving operations. In: US Navy Diving Manual, Vol 1. Air Diving. 1979.
- 4) 池田知純, 望月徹: 労働衛生から見た職業潜水の問題点: 致死例に焦点を当てて. 日本高気圧環境・潜水医学会雑誌. 2006; 41: 19-23
- 5) 池田知純, 望月徹, 小林浩, 柳澤裕之: 職業潜水の安全性に関するアンケート調査. 日本高気圧環境・潜水医学会雑誌. 2009; 44: 51-60.
- 6) 池田知純. ヘルメットスキーズ(圧外傷)が原因として考えられる潜水致死事故の1例. 防衛衛生. 1994;41(別冊):40.