

## 【シンポジウム】

## 潜水業務における実践的現場再圧と救急対応の提言

労災疾病臨床研究事業課題「潜水業務における現場で出来る応急対応に関する研究」研究C) 潜水業務等における救急処置の実践的マニュアル等の提案より

柳下和慶<sup>1)</sup>, 鈴木信哉<sup>2)</sup>, 小島泰史<sup>1),3)</sup>, 四ノ宮成祥<sup>4)</sup>, 望月 徹<sup>5)</sup>, 和田孝次郎<sup>6)</sup>, 森松嘉孝<sup>7)</sup>,  
藤田 智<sup>8)</sup>, 高木 元<sup>9)</sup>, 新関祐美<sup>1),10)</sup>, 小柳津卓哉<sup>1)</sup>  
東京医科歯科大学病院高気圧治療部<sup>1)</sup>, 亀田医療大学総合研究所<sup>2)</sup>  
東京海上日動メディカルサービス株式会社<sup>3)</sup>, 防衛医科大学校<sup>4)</sup>  
東京慈恵会医科大学医学部環境保健医学講座<sup>5)</sup>, 防衛医科大学校脳神経外科学講座<sup>6)</sup>  
久留米大学医学部環境医学<sup>7)</sup>, 名寄市立総合病院救命救急センター<sup>8)</sup>  
日本医科大学医学部総合診療科<sup>9)</sup>, 草加市立病院整形外科<sup>10)</sup>

## 【要約】

高圧則では、高圧室内業務または潜水業務での再圧室を設置又は利用できることとしているが、再圧室の使用条件について未整理な点が多々ある。2022～2023年度に労災疾病臨床研究事業課題として「潜水業務における現場で出来る応急対応に関する研究」が採択され研究事業を実施した。本研究では、潜水業務等における研究A) 救急処置の実態調査、研究B) 海外文献調査をもとに、現在の法令や法令解釈等を基に前提条件を整理し、研究C) 潜水業務等における救急処置の実践的マニュアル等として、潜水業務における実践的現場再圧と救急対応の提言を行った。

オンライン診療は遠隔相談や受診勧奨のみであり、救急患者に対しては不可、有症状患者に対する現場再圧については「治療」であり現場での医師関与の必要性がある。その上で再圧室の規定、再圧室の運用条件として、潜水計画書の作成、作業現場近隣の救急医療機関と再圧治療医療機関との事前連携、医師との連絡体制の構築等を整理した。緊急浮上などで減圧無視があり無症状の場合、浮上後有症状で減圧障害が疑われる場合の再圧方法について整理した。多々課題は残るが、本報告が現場での安全対策に資することが望まれる。

キーワード 減圧症, 現場再圧, 再圧室, 救急対応

## 【Symposium】

### Proposal for practical on-site recompression and emergency procedure in diving operations.

Kazuyoshi Yagishita<sup>1)</sup>, Shinya Suzuki<sup>2)</sup>, Yasushi Kojima<sup>1),3)</sup>, Nariyoshi Shinomiya<sup>4)</sup>, Toru Mochizuki<sup>5)</sup>,  
Kojiro Wada<sup>6)</sup>, Yoshitaka Morimatsu<sup>7)</sup>, Satoshi Fujita<sup>8)</sup>, Gen Takagi<sup>9)</sup>, Yumi Niizeki<sup>1),10)</sup>,  
Takuya Oyaizu<sup>1)</sup>

- 1) Hyperbaric Medical Center, Tokyo Medical and Dental University Hospital
- 2) Kameda Institute for Health Sciences
- 3) Tokio Marine & Nichido Medical Service Co., Ltd.
- 4) National Defense Medical College
- 5) Department of Public Health and Environmental Medicine, The Jikei University School of Medicine
- 6) Department of Neurosurgery, National Defense Medical College
- 7) Department of Environment Medicine, Kurume University School of Medicine

- 8) Emergency and Critical Care Center, Nayoro City General Hospital
- 9) Department of ER and General Medicine, Nippon Medical School
- 10) Department of Orthopaedic Surgery, Soka Municipal Hospital

### **【abstract】**

Government Regulations on Hyperbaric Work Safety and Health stipulate that a recompression chamber should be installed and used for decompression illness during work in a dry hyperbaric environment or underwater. Still, there are many unresolved points regarding the conditions for using recompression chambers. This study is based on the government research foundation for work-related injury or illness from 2022 to 2023, "Research on emergency response in the field of diving operations." This study includes A) research on actual conditions of first-aid treatment in diving operations, B) an overseas literature survey, and C) a proposal for practical on-site recompression and emergency procedures in diving operations. The proposal was based on research A and B and legal interpretation of current laws and regulations.

Online medical treatment is allowed only as a remote consultation for stable patients but not for emergency patients. On-site recompression for symptomatic patients is "treatment" and requires the involvement of a physician on-site. A successful recompression chamber operation requires an advanced emergency action plan, including coordination with emergency medical institutions, recompression treatment institutions near the work site, and establishing a liaison system with physicians.

In addition, we distinguish the recompression method for asymptomatic cases of decompression failure due to emergency surfacing and for cases of suspected decompression failure with apparent symptoms after surfacing.

### **keywords**

decompression illness, on-site recompression, recompression chamber, emergency procedure

## はじめに

高気圧作業安全衛生規則（以下、高圧則）では、第5章再圧室第42条にて、「事業者は、高圧室内業務または潜水業務を行うときには、高圧室内作業者又は潜水作業者について救急処置を行うため必要な再圧室を設置し、又は利用できるような措置を講じなければならない」と定めている。

しかしながら、再圧室利用においては、潜水医学や救急医学など専門医師の判断や助言が望まれるところだが、規則には医師や専門家の関与の要否や関与方法については明記されておらず、遠隔からの専門医師らのアドバイスにより再圧室の利用が許容されるか否かも明確に整理されていないなど、再圧室の使用条件について未整理な点が多々ある。

2022～2023年度に労災疾病臨床研究事業課題として「潜水業務における現場で出来る応急対応に関する研究」が採択され研究事業を実施した<sup>1)</sup>。本研究では、潜水業務等における研究A) 救急処置の実態調査、研究

B) 海外文献調査をもとに、現在の法令や法令解釈等を基に前提条件を整理し、研究C) 潜水業務等における救急処置の実践的マニュアル等を提案することを目的とした。

最終的にマニュアルの提示には至らなかったが、本項では、研究C) により報告された内容より、潜水業務における実践的な現場再圧法と救急対応の提言について、引用し紹介する<sup>1)</sup>。

## 前提

### 〈高圧則について〉

労働安全衛生関係法令である高圧則第5章第42条では、潜水現場での再圧室設置、減圧無視時及び救急時の再圧室使用が定められている。潜水業務場所の近隣に、再圧治療が可能な医療機関が存在し協力体制が構築されていれば、現場での再圧室設置に代えられと考えられる。しかしながら、減圧障害等何らかの症状を発症した際の再圧室利用については、高圧則および平成30年Q&A<sup>2)</sup>等には具体的な記載が認められない。

### 〈遠隔医療、オンライン診療について〉

潜水現場には医師不在のことが多く、何らかの症状を発症した際の再圧室利用における専門医師の関与については、遠隔指導やオンラインでの指導、助言を要すると考えられるが、これがオンライン診療、遠隔医療として現段階認められているかは、重要な要素である。

厚生労働省のオンライン診療指針<sup>3)</sup>では、具体的適用として、「医師—患者双方の合意に基づき実施される必要がある」「医師が、患者から心身の状態に関する適切な情報を得るために、日頃より直接の対面診療を重ねるなど、医師—患者間で信頼関係を築いておく必要があることから、初診については「かかりつけの医師」が行うことが原則である。」としている。ただし「医学的情報が十分に把握でき、患者の症状と合わせて医師が可能と判断した場合にも、オンライン診療を実施できる。」ともしている。しかしながら、「急病急変患者については、原則として直接の対面による診療を行うこと。」としており、急変患者、様態が不安定な患者に対しては、直接対面の診療を原則としている。

以上より、潜水現場に医師不在の際の潜水医学や救急医学等の専門医の遠隔からの関与については、減圧障害等の救急疾患で不安定な容態に対しては、より医師の関与を要する一方、オンライン診療の対象とはなりがたく、オンラインでの受診勧奨にとどまり、医療行為ではなく医療相談の範囲内とならざるを得ないと考えられる。ただし、減圧障害の中でも、「容態が安定した段階」については、より医師の必要度は低いものの遠隔診療の対象となりうる可能性があり、容態が安定している状況のみ現場再圧についてオンライン診療として位置づけられる可能性はある。ただし日本医学会連合の提言<sup>4)</sup>では、オンライン診療の初診に適さない症状として、意識障害、めまい、筋力低下、呼吸困難、強い胸痛、突然の動悸などが挙げられており、減圧障害の多くの症状が当てはまる。オンライン診療については現在流動的な案件でもあり、今後の継続的な情報収集と整理が必要である。

よって容態が安定していない場合では、遠隔地の専門医の関与としては遠隔相談や受診勧奨のみであり、オンライン診療とすることは現状では不可であると考え

られる。

### 〈潜水作業時での減圧障害以外で救急処置を要する病態について〉

潜水作業時での減圧障害では現場再圧もしくは医療機関での再圧治療を要することが多い。一方、減圧障害以外でも、潜水作業現場では救急処置を要する病態が発生することがある。例えば、心筋梗塞、心不全、肺梗塞、脳出血、脳梗塞、大動脈解離等循環器疾患、肺水腫、低血糖など、鑑別すべき疾患群が存在する。特に昨今の日本の潜水士の高齢化から、心血管イベントによる救急処置を要する病態が発生する可能性が高まっている背景がある。

### 潜水業務における現場救急対応等の提言

以上より、再圧装置を設置するための具体的な潜水条件、救急医療機関、再圧治療可能な医療機関への移送条件や再圧室運用のための諸条件等は、上記前提のもと、今回の研究A)潜水業務等における救急処置の実態調査、および研究B)潜水業務等における救急処置に関する海外の文献調査を踏まえて提言を行った。提言では、現状の法規・規則の中での、現場再圧の設置や運用が必須な条件《必須条件》と、現場再圧の設置や運用が推奨される条件《推奨条件》に分けて、根拠とともに提言する。なお、推奨条件については、「強く推奨」「推奨」「弱い推奨」の3段階とした。また、根拠について付記した。

#### A. 再圧室の設置条件

##### A-1. 再圧室の規定

《必須》設置、立入禁止、再圧室の使用、点検、危険物等の持込禁止事項については、「高気圧作業安全衛生規則 第五章 再圧室」によること。緊急再圧処置で酸素を使用することから副室付き多人数用再圧室内は消火栓の設置が必須となる。

《推奨》再圧室内での酸素と二酸化炭素のモニター

##### B. 再圧室の準備もしくは利用のための条件

資料 別表「再圧室の準備もしくは利用のための条件」参照

##### C. 再圧室の運用条件

##### C-1. 潜水計画書の作成

《強く推奨》事業者による作業前の緊急行動計画書の作成

別表．再圧室の準備もしくは利用のための条件

## 1 送気式潜水

潜水条件					
深 度	水中減圧時間	水中酸素減圧	再圧治療施設まで <sup>*5</sup>	再圧室設置	
40m以上 (混合ガス)	20分を越える	+		船上 <sup>*3</sup>	副室付き <sup>*4</sup>
		-		潜水現場 <sup>*2</sup>	
	20分以下	+	2時間を越える	潜水現場 <sup>*2</sup>	
		-	2時間を越える	潜水現場 <sup>*2</sup>	
10～40m	20分を越える	+		船上 <sup>*3</sup>	副室付き <sup>*4</sup>
		-		潜水現場 <sup>*2</sup>	
	20分以下	+	2時間を越える	潜水現場 <sup>*2</sup>	
		-	6時間を越える	潜水現場 <sup>*2</sup>	

## 2 自給気式潜水

潜水条件					
深 度	水中減圧時間	潜水呼吸ガス	再圧治療施設まで <sup>*5</sup>	再圧室設置	
40m以上 (混合ガス)	20分を越える	減圧時高濃度酸素混合ガス		船上 <sup>*3</sup>	副室付き <sup>*4</sup>
		混合ガス		潜水現場 <sup>*2</sup>	
	20分以下	減圧時高濃度酸素混合ガス	2時間を越える	潜水現場 <sup>*2</sup>	
		混合ガス	2時間を越える	潜水現場 <sup>*2</sup>	
10～40m	20分を越える	高濃度酸素混合ガス <sup>*1</sup>		船上 <sup>*3</sup>	副室付き <sup>*4</sup>
		空気		潜水現場 <sup>*2</sup>	
	20分以下	高濃度酸素混合ガス <sup>*1</sup>	2時間を越える	潜水現場 <sup>*2</sup>	
		空気	6時間を越える	潜水現場 <sup>*2</sup>	

○英国 The Diving at Work Regulations 1997 (1998年4月) ACOP 第115条及びUSNavy diving manual Rev7を参照した。

○再圧室は副室付きが望ましいが作業船や潜水受注業者の規模及び再圧装置保有数の制限から一人用再圧装置利用せざるを得ない現状があるため、最低限としての基準となった。

○再圧室はUSNavy 再圧治療表5もしくは6を実施できるものであり、操作する者は酸素を使用した再圧処置に関する知識及び経験を有すること。

\*1 高濃度酸素混合ガス：吸入気酸素分圧が1.3atmを越える

\*2 潜水現場：船上設置が推奨されるが港岸壁上でも可

\*3 船上：水中酸素減圧で酸素中毒発生時は動脈ガス塞栓症が発症する可能性があるため副室付き再圧室で船上減圧する

\*4 再圧室：動脈ガス塞栓症を引き起こすリスクのある下記の場合は副室付きの再圧室を設置する

(1) 酸素中毒：吸入気酸素分圧が1.6atm以上でおきるとされるが、強い潮流や低水温の場合には吸入気酸素分圧が1.3atm以下でも起き得る

(2) 水中爆発：沈船解体時の水中切断作業では衝撃波により引き起こす可能性あり

(3) 急浮上：心理的ストレスのある夜間潜水では起きる可能性あり

\*5 再圧治療施設：第2種高気圧酸素治療装置を有する施設であり、第1種装置である場合には潜水現場に副室付き再圧室を設置する

現場再圧処置後は直近の救急医療施設で医学的評価に基づき追加再圧治療の要否を判断し、要すれば高濃度酸素マスクで15L/分の酸素吸入を継続しながら再圧治療施設へ搬送する

(根拠) 研究A) 報告。個々の地域や事例、条件により、医療環境や搬送条件等も多様である。このため、各潜水事業を開始する前に、個々の地域や事例や条件を考慮し、地域ごとのリスク評価を実施し、救急病院や再圧治療施設との医療連携について事前調整を行い、緊急行動計画書を作成することを強く推奨する。

《推奨》潜水計画書の作成の際、本研究の研究A) 実地調査の事例集を参考とする。

《推奨》潜水計画書の内容については、事業開始前に専門家による内容確認が望ましいとの意見もある。

## C-2. 作業現場近隣の救急医療機関と再圧治療可能な医療機関との事前連携

《必須》緊急行動計画書の作成には、医療機関との事前の連携が必要である。救急疾患の受入れ、再圧治療装置を有する医療機関での再圧装置の種類(第1種、第2種)、運用状況の把握、搬送方法など、事前の情報収集と連携が求められる。

## C-3. 医師の関与と連絡体制の構築

《必須》混合ガス潜水あるいは水中酸素減圧を行う潜水

《強く推奨》潜水業務の事前計画の段階で、以下の準備が強く推奨される。

- ・潜水医学専門医師、救急専門医師、産業医等医師の関与や指導助言、連絡体制の構築
- ・特に20分以上の減圧時間の潜水、あるいは再圧治療装置を有する医療機関まで2時間をこえる場合や島内に再圧治療施設がない島嶼での潜水
- ・24時間体制での医療支援の確立
- ・潜水現場と医療機関、医師との適切な通信手段の確保
- ・特に減圧症状を発症する可能性の高い潜水事業では、医師の関与をより厚くすべき

(根拠) 研究B) 「I-8.再圧室使用に関する各国規則のまとめ」カナダ、英国等

## C-4. その他機関との連携

《推奨》地域における消防本部、消防組合、海上保安署等との連携、ドクターヘリ、防災ヘリのほか、保安庁ヘリ、自衛隊ヘリ利用のための事前調整が望まれる。

(根拠) 研究A) 実態調査報告

## C-5. 再圧室の使用条件

### C-5 a. 緊急浮上時、減圧無視時、無症状の場合

例：何らかのトラブル発生時、9mでの酸素呼吸中の酸素中毒疑い時など《必須》船上や作業現場など、浮上後短時間で現場再圧が可能な場合

《必須》再圧までは常圧酸素投与とする。

(根拠) 研究B) 高圧則第3章第32条2で「事業者は、前項の規定により浮上の速度を速め、又は浮上を停止する時間を短縮したときは、浮上後、すみやかに当該潜水作業者を再圧室に入れ、当該潜水業務の最高の水深における圧力に等しい圧力まで加圧し、又は当該潜水業務の最高の水深まで再び潜水させなければならない。」と、減圧無視ないしは急浮上時の処置が義務付けられている。なお、「当該潜水業務の最高の水深における圧力に等しい圧力まで加圧し、又は当該潜水業務の最高の水深まで再び潜水させなければならない」については、医学的に不適切、危険との指摘が以前よりなされている。

(根拠) 研究B) 「I-8.再圧室使用に関する各国規則のまとめ」

### C-5 b. 浮上後、有症状で減圧障害が疑われる場合

《必須》医療機関への搬送もしくは現場再圧の実施。可及的早期の再圧実施。

《必須》患者の症状の重症度や進行速度、専門医師との連携による診断や治療方針の助言や指導、減圧障害か否か、近隣医療機関までの距離や搬送方法・搬送時間、近隣医療機関との連携体制、近隣再圧治療施設の状況(第1種、第2種)等より、方針を決定する。

《必須》状態が安定していない場合、可及的早期の医師との連携を図る。

《強く推奨》専門医師との連携による助言や指導。

《推奨》状態が安定している場合(軽症かつ時間経過で安定している場合)、専門医師との連携が取れない場合、救急医師との連携を図り、助言を受ける。

《推奨》救急医療機関にて、医学的評価を行い再圧治療の必要性を検討し、必要時には専門医との連携を図る。再圧が必要な場合は再圧治療が可能な医療施設への搬送を検討する。

(根拠) 研究B)「I-8.再圧室使用に関する各国規則のまとめ」

研究B)「Ⅲ. 潜水現場での応急手当」

#### C-6. 再圧方法, 治療表

《推奨》US Navy treatment table 6 (治療表6) が第一選択となる。場合によってはUS Navy table 5 (治療表5) 等, 他の再圧方法の選択もある。

《推奨》専門医師等との相談や助言により, 再圧方法が選択されること。

(根拠) U.S. Navy Diving Manual REVISION 7. Chapter 17. Diagnosis and Treatment of Decompression Sickness and Arterial Gas Embolism.

(根拠) 研究B)「I-8.再圧室使用に関する各国規則のまとめ」

#### C-7. 再圧室を操作する業務に関する特別教育

《必須》再圧室を操作する業務のためには, 一定の教育を受けること。

《推奨》再圧室に関する特別教育

#### D. その他応急処置について

##### D-1. 酸素吸入について

《必須》減圧障害を疑った場合は, 再圧処置までの時間, 可及的早期からの酸素吸入とすること。酸素吸入を行った場合は医療機関を受診すること。

(根拠) 研究B)「Ⅲ. 潜水現場での応急手当」

《強く推奨》事業者は, 応急処置用の酸素(再圧処置までに要する容量)を準備すること。

(根拠) 研究B)「Ⅲ. 潜水現場での応急手当」

《推奨》酸素投与トレーニングを実施すること。

(根拠) 研究B)「Ⅲ. 潜水現場での応急手当」

##### D-2. 医療用酸素の使用について

《推奨》呼吸用ガスとして, 医療用酸素を使用すること。

(根拠) 平成30年Q&Aでは2), 「呼吸用ガスに医療用酸素を使用するかについては, 専門医療施設と十分な連携を図り, (中略), 呼吸に適した医療用酸素を使用することが望まれます」としている。

##### D-3. 生体モニターの準備, 設置について

《必須》血圧計

《推奨》酸素飽和度測定器

#### D-4. 潜水後の不調の自覚

《強く推奨》潜水後に不調を感じた場合, 可及的早期に潜水医学専門医に相談すること

(根拠) 研究B)「Ⅲ. 潜水現場での応急手当」

#### D-5. その他応急処置に対する産業医・専門医からの助言・指導について

《推奨》潜水環境, 作業内容, 治療施設環境により, 産業医・専門医からの助言・指導が推奨される。例えば低水温, 大作業量, 水中爆発の危険性, 治療施設からの遠隔距離など。

(根拠) 研究A) 実態調査報告

## 結語

以上, 現段階での法規や規則のもと, 潜水業務における現場救急対応等について実施可能な必須事項と推奨事項として整理し, 特に再圧室の使用について整理し, 提案した。今後の法規や規則改正, 政策による対応が望まれる事項も多々あり, 多方面からの検討及び提言を要することは論を待たない。

## 利益相反(COI)について

筆頭著者(柳下和慶)はオリエンタル白石株式会社より共同研究費・奨学寄附金を得ています。

## 参考文献

- 1) 柳下和慶(研究代表者). 労災疾病臨床研究事業費補助金研究報告書(200301-01) 潜水業務における現場で出来る応急対応に関する研究. 2022 <https://www.mhlw.go.jp/content/000990386.pdf> accessed Apr. 29, 2023
- 2) 高気圧作業安全衛生規則に基づく減圧表や再圧室などに関するQA(安全衛生部労働衛生課 基安労収第0327第1号 平成30年3月27日発行)
- 3) オンライン診療の適切な実施に関する指針(厚生労働省 平成30年3月発行, 令和4年1月一部改訂)
- 4) 日本医学会連合 オンライン診療の初診に関する提言(2021年6月1日版) [https://www.jmsf.or.jp/news/page\\_872.html](https://www.jmsf.or.jp/news/page_872.html) accessed Apr. 29, 2023