

研究課題：高気圧作業に伴う船上（水上）減圧等に係る調査研究（170602-01）

研究結果概要

研究代表者：東京慈恵会医科大学 環境保健医学講座 池田知純

【研究の目的】

本研究は、船上減圧法に係わる諸外国における規制の状況及び安全に実施するための技術的要件について文献等の調査を実施し、高気圧作業安全衛生規則（高圧則）への適用を検討するために必要な知見を得ることを目的とする。

潜水業務では、潜水深度が深く、作業が長時間に及ぶ場合がある。このような潜水では、浮上時に長時間の減圧を余儀なくされることから、その一部を水上で行う船上（水上）減圧法が、欧米諸国を中心に用いられている。我が国の潜水業務は、潜水深度が比較的浅く、減圧時間も相応であるため、船上減圧法に関する使用実績や知見はほとんど無い。しかしながら、突発的な自然災害の発生に備えて、潜水作業時の緊急避難方法確立が近年求められており、また、沖合海域での大型防波堤構築や水力発電ダムの点検整備など従来にはない大深度域での潜水作業に対する要求も高まっている。このようなことから、大深度潜水作業に対する安全衛生対策の一つとして、船上減圧法の検討が急がれている。

【研究の方法】

船上減圧法を含め、商業潜水作業は、海底石油ガス開発に係る作業を通じて技術的な進展が図られてきた経緯がある。そこで、海底石油ガス開発が盛んに行われ、船上減圧法にも多くの実績を有する米国、カナダ、英国、ドイツ、フランス、ノルウェーの6カ国を対象として船上減圧法に関する規則や基準等の調査を行い、潜水深度と潜水時間の限度、浮上方法や再圧室内での加圧・減圧方法、混合ガスや酸素減圧およびそれらに付随する操作、人員などの業務管理とともに、再圧室、酸素呼吸装置その他設備機器について安全衛生の観点から検討を行い、必要な要件を抽出する。

本研究は3年間で実施する。1年次（平成29年度）は船上減圧法に関連する法令規則や関連団体における基準等の情報収集を実施した。2年次は収集した規則等が制定された背景を理解するために、当該分野における研究成果を調査すると共に必要な器材設備に関する情報を収集する。3年次は収集した情報を分類整理し、安全性や技術的可能性などを評価することにより、我が国の潜水業務へ船上減圧法を導入する際の安全基準検討に有用な情報を取りまとめる。

【研究の成果】

調査対象とした6カ国における船上減圧法に係る潜水関連規則を収集し、それらを比較したところ、以下のような結果を得た。

（1）船上減圧法の位置付け

今回調査を行った6ヶ国のうち、船上減圧法の使用を禁じている国はなかったが、その位置付けには違いが認められた。ドイツ、フランス、英国では、船上減圧法は緊急避難手段として位置付けられていた。一方、米国及びカナダでは、通常選択される減圧方法の一つとして位置付けられており、長時間の水中減圧を必要とする潜水では、潜水業務効率の向上と潜水者の快適性確保のため船上減圧法の利用が推奨されていた。

（2）船上減圧法の運用方法

各国における船上減圧法の運用方法には異なる点が認められた。なお比較結果を具体的に示すために水深36mで滞底時間50分の空気潜水を行った場合を対象とした。

船上減圧法では、水中での減圧を中断して浮上し、船上の再圧室で減圧を継続することを最大の特徴とする。この水中減圧から再圧室での減圧までの移行期間（水面インターバル）は、フランスとドイツが3分間以内としているのに対し、米国とノルウェー、英国のそれは5分以内、カナダでは最大7分を許容していた。水面浮上前に水中で実施する減圧は、米国とノルウェーでは水深12mまで、カナダ、フランス及びドイツは水深9mまでの水中減圧が求められていた。英国の船上減圧法では水中での減圧をすべて省略することとされていた。再圧室内で行われる減圧は、カナダ、フランス及びドイツでは深度12mまで再加圧し、所定の時間滞在した後水面まで浮上する。米国とノルウェーでは、一旦15mまで再加圧し、その後12mに減圧して残りの減圧時間を完了する方法が用いられている。英国ではまず21mまで再加圧し、そこから12→9→6→3→0mと段階的に減圧する方法が用いられていた。減圧に要する時間（総減圧時間）は、英国が48分と最も短く、米国とノルウェーが59分、フランスとドイツが61分であり、カナダが66分と最も長かった。

【考 察】

今回調査対象とした6カ国の船上減圧法には有意な差異が認められた。例えば船上減圧法のリスク要因である水面インターバルの許容時間は、最短のフランス（3分）と最長のカナダ（7分）で比較すれば、その時間差は2.5倍にもなる。また総減圧時間も英国48分に対しカナダ66分と1.4倍もの差が認められた。また、米国とノルウェーでは再圧深度15mで酸素減圧を開始するが、フランスとドイツ、カナダでは12m、英国では18mで酸素減圧を行う場合があった。高分圧の酸素は不活性ガス排出を促進するため減圧時間短縮が可能となるが、酸素中毒のリスクを増加させることにもなる。なお我が国では最大酸素分圧は220 kPa（水深12m）に制限されている。

我が国の潜水業務に船上減圧法を導入する際に参考となる諸外国の法令規則には、異なる点が多く認められた。今後導入に向けて、使用目的や安全基準について議論検討を進めていくためには、これら各国の船上減圧法の特徴や差異について、その理論的な根拠や制定の経緯等を確認することが必要である。

【今後の計画】

船上減圧法に関する規則にはそれぞれ異なる点が認められたが、水面インターバル時間や水面までの浮上方法、再加圧深度等は船上減圧法の安全性に直接影響を及ぼす因子であるので、これらが制定された背景や根拠について調査を行い、その理由を可能な限り明らかにすることが必要である。そこで、研究2年次（平成30年度）には、これらについて調査を実施する。具体的には、関連する学術文献等の調査を行い、国内外の学術会議に参加して研究者から情報の収集を図る。また、船上減圧法実施の際に必要な設備器材に関しても、業界団体による国際会議や展示会から情報を収集し、求められる基準や性能を明らかにする。研究3年次には、収集した情報や資料を整理分析し、我が国へ船上減圧法の導入を検討する際に有用となる安全衛生上の基礎的な資料を作成する。