

労災疾病臨床研究補助金事業研究報告書概要版（平成 30 年度）

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

【研究目的】

本研究の目的は、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にある。

平成 29 年度（研究 1 年次）の調査研究では、海底油田開発に関連して比較的大深度での業務潜水が多く行われている米国、カナダ、英国、ドイツ、ノルウェー、フランスを対象として船上減圧法に関する規則や基準等について調査を行い、知見を得た。それらを比較したところ、その位置付け（常用／常用外）や水面インターバルの時間や水面までの浮上方法、再加圧深度等の運用基準に差異が認められた。これらは、船上減圧法の安全性に影響を及ぼす要因であるので、我が国の潜水業務への船上減圧法導入に際して今後その議論や検討を進めていくためには、これら各国の水上減圧法の特徴や差異に関して、根拠となる理論や経緯を確認しておくことが必要である。そこで、平成 30 年度（研究 2 年次）は、欧米各国の規則に関する背景や根拠を知るために、関連する学術文献等について調査を実施した。

【研究の方法】

（1）学術文献等の収集

研究 1 年次には、米国、カナダ、英国、ドイツ、ノルウェー、フランスの 6 カ国を対象として調査を行ったが、これら各国の規則制定における経緯等を記録した公文書を得ることは容易でないため、関連する監督機関や研究組織から公表された学術文献等から情報を収集した。

（2）情報の収集

船上減圧法は専ら業務潜水に用いられることから、実地によって得られた知見は企業ノウハウとして秘匿されることが多い。これらの多くは、特別な場合を除いて通常公表されることがないため、文献調査だけでは情報が不十分となる可能性がある。そこで、他の研究者や実際に船上減圧法を用いた潜水業務を行っている潜水事業者、船上減圧法に用いられる設備機材を製造販売する事業者等と面談し、直接情報を得るため関連する国内外の学会や展示会に参加した。

【研究の成果】

調査の結果から以下のような成果を得た。

（1）船上減圧法の運用実績

船上減圧法による運用実績から、その減圧症発症率を水中空気減圧法による場合と比較したところ、英国では（船上減圧法）0.42%：（水中空気減圧法）0.18%、フランスでは0.48%：0.42%、米国では0.30%：0.22%といずれの場合においても船上減圧法で高かった。また、重篤な減圧症であるⅡ型減圧症の割合も船上減圧法で高い傾向にあった。

(2) 運用基準の調査

船上減圧法は1920年代に米海軍によって開発されたものであることから、多くの場合それらによる研究成果が基礎として用いられていた。米海軍では水面浮上から船上再圧室移動までの「大気圧下での時間」を当初は14分以内としていたが、その後の研究により5.5～3.5分以内に変更している。現在用いられている水面インターバル（浮上開始から船上減圧室内での再加圧深度到達までの時間）は、この大気圧下の時間に水面浮上時間と再加圧時間を加えたものとなっている。同様に水面インターバル以外の運用基準に関しても米海軍の研究が基礎となっているが、それらは従来の水中減圧法で用いられてきた減圧理論を利用したものであった。しかしながら、使用実績から減圧理論による基準では不十分であることが明らかになったため、実際の運用実績や試験潜水の結果から得られた経験値による修正が加えられている。英国では曝露指標（exposure index）による評価を用い、潜水曝露量（潜水深度／時間）に制限を課すことによって船上減圧法の減圧症対策に一定の成果を上げている。これらは、「滞底時間制限の指針（Diving Safety Memorandum：DSM 7/86）」として公表され、船上減圧法を用いる多くの潜水作業に利用されている。

【考 察】

今回の調査により船上減圧法のリスクが明らかとなった。特に重篤な減圧症であるⅡ型減圧症の割合が高い点には注意しなければならない。その理由として、不活性ガス気泡の動脈系への侵入によるものが考えられている。すなわち、船上減圧法では水面浮上時に体内の不活性ガス分圧は許容値を超える過飽和状態となっており、容易に気泡が形成されることになる。この気泡は、再加圧深度では完全には消失せず、縮小した一部の気泡が肺を通過して動脈系に侵入することによって脳や中枢神経系の血管を塞栓し、重篤な症状の発症に至ることになる。

従来の減圧管理に利用されてきた減圧理論は「気泡を形成しない」ことを前提としたものであることから、それによって設定された運用基準には限界があることを認識しておく必要がある。現在船上減圧法用の減圧理論は無いため、運用実績等を収集評価し、必要に応じて随時修正を加えていくことが必要である。また、近年「気泡が存在する」ことを前提とした気泡成長指標（bubble growth index）による減圧管理が提唱されており、今後船上減圧法運用基準を検討していく際には、これらを参考にすることも必要である。

【今後の計画】

今回の調査により、船上減圧法には特異なリスク要因があり、その有効な対策立案には従来とは異なる観点から検討が必要であることが明らかとなった。そこで、令和1年度（研究3年次）の調査研究では、これらについてより具体的な検討を行い、我が国で船上減圧法を安全に行うために必要な技術的、医学的な要件等について整理検討を行う。また、実際に国内で大深度潜水作業を行っている潜水事業者と面談し、我が国の実情や船上減圧法導入に際して必要な条件等について調査を実施する。これらによって得られた結果に、研究1年次及び2年次に収集した情報を加え、船上減圧法導入に際して高気圧作業安全衛生規則への適用条件の検討に資する知見について取りまとめを行うこととする。