

合同シンポジウムS4-3

ドップラー気泡検知法を用いた圧気潜函作業のサポート

望月 徹^{1) 2)} 池田知純²⁾ 柳澤裕之²⁾

- | | |
|----|--------------------|
| 1) | 株式会社潜水技術センター |
| 2) | 東京慈恵会医科大学 環境保健医学講座 |

【背景】

橋脚基礎や地下構造物等の構築に広く用いられている圧気潜函工法は、近年大深度化の傾向にある。現在では作業（曝露）圧力が5ATAを超える工事も稀ではなく、今後さらに高い圧力下での作業が予想されている。曝露圧力の大きさは減圧症リスクに大きく影響することが知られているが、リスクの程度を予測することは非常に難しく、現在の減圧理論では十分に対処することができない。さらに大深度潜函作業ではヘリウム混合ガス呼吸が利用されるが、ヘリウムの溶解排出動態には不明な部分が多く、加えて減圧時の呼吸ガス交換では等圧逆拡散 (isobaric counterdiffusion) による減圧症リスクも懸念される。これはガス交換に用いるガスの物理的性質によるもので、不適切なガス交換は気泡を生じ、重症減圧症を招く恐れがある。これらのことから、特に作業圧力の高い大深度潜函作業実施の際には、慎重な計画と十分な対策が不可欠である。減圧症対策は経験によるところが大きい、我が国にはその蓄積がない。世界的にも大深度圧気作業事例はほとんど無く、大深度ベル潜水も減圧症リスクが高いため事例が少ないことから、国外の情報入手も困難である。そのため、大深度圧気作業に際しては、考え得る限りの対策と客観的な評価の実施が求められる。

【減圧症リスクの評価】

現在減圧症リスクの評価には減圧症 (DCS) 発症数が用いられることが一般的である。一連の圧気作業でDCSが認められなければ、「安全」と評価されるが、その程度は明らかではない。減圧症は体内に生じた不活性ガス気泡によるものと考えられているが、気泡が形成されても発症に至らない場合 (silent bubble) も多い。このような状態が継続すると蓄積した影響により終には減圧症に至ることになり、骨壊死などの慢性減圧障害の誘因であるとも考えられている。また、DCSを評価基準とすることには倫理的な問題もある。今後更なる大深度潜函作業を行う際には、減圧方法の安全性評価は不可欠であり、DCS発症数に代わる評価方法

の導入が求められる。

【ドップラー気泡検知法によるサポート】

減圧によって生じた不活性ガス気泡は、超音波ドップラー法により検知することができる。検知された気泡の程度は、図1に示すように減圧症発症数と強い相関にあることが認められることから、減圧方法の評価指標として広く用いられている。DCIEMでは作成した減圧表の評価に気泡検知を用い、検知された気泡等級を基にその修正を行っている¹⁾。Van Rees Vellingaらは、最大作業圧力7.9ATAに達する圧気土木作業でドップラー気泡検知結果による減圧方法の調整を行い、その有用性を高く評価している²⁾。このように、ドップラー気泡検知法を利用することによりDCS発症数に依ることなく減圧方法の評価が可能となる。さらに検知気泡の変化から作業者の安全に関する情報を得ることができるため、圧気潜函作業の安全性向上をサポートする強力な方法になり得る。また、従来のドップラー気泡検知法は主に静脈気泡の検知に用いられているが、近年左右シャントによる動脈気泡の検知にも有用なことが報告されており³⁾、今後更に広範囲での活用が期待される。

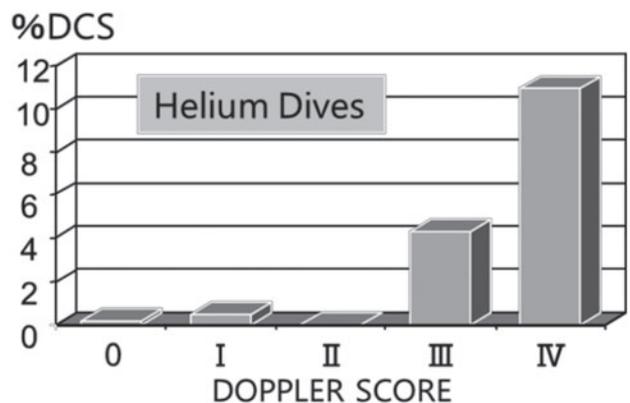


図1 ドップラー気泡検知等級と DCS 発症率¹⁾

参考文献

- 1) Nishi RY: Doppler and ultrasonic bubble detection. In: Bennett PB, Elliot DH, ed. Physiology and Medicine of Diving, 4th ed. London; W.B. Saunders; 1993, 433-453.
- 2) Van Rees Vellinga TP, et. al.: Doppler ultrasound surveillance in deep tunneling compressed-air work with Trimix breathing: Bounce dive technique compared to saturation-excursion technique. Undersea Hyperb Med. 2008; 35: 407-416.
- 3) Glen SK, et. al.: Transcranial Doppler ultrasound in commercial air divers: a field study including case with right-to-left shunting. Undersea Hyperb Med. 1995; 22: 129-135.