

## 教育講演

### 混合ガス潜水の実施に向けて—高気圧作業安全衛生規則改正と改正後の潜水について—

橋本昭夫

日本サルヴェージ株式会社 技術顧問

高圧室内(圧気潜函)作業及び潜水業務を規定する高気圧作業安全衛生規則(高圧則)を見直すため、厚生労働省労働基準局により、高気圧作業等の有識者によって構成された高気圧作業安全衛生規則改正検討会が平成24年5月30日から今年6月19日まで合計6回開催された。検討会では、①高気圧作業安全衛生規則別表第1(圧気潜函)、別表第2(空気潜水)及び別表第3(繰り返し高気圧作業)に掲げる高圧下の時間及び減圧の速度等に係る規定の在り方、②高気圧作業における混合ガス及び酸素減圧の取扱いに係る規定の在り方、③高気圧作業における新技術を用いた機器の取扱いに係る規定の在り方、④その他高気圧障害防止のための規定の在り方が検討事項として取り上げられ、その結果、①空気潜水は水深40mまで、②酸素減圧が可能(空気潜水、混合ガス潜水での水中・水上酸素減圧)、③混合ガス潜水が可能(高酸素濃度窒素酸素混合ガス、ヘリウム混合ガス、リブリーザー)、④厚労省が改正高圧則で提示する減圧表は遵守しなければならない最低基準であり、それよりも安全な減圧表は使用可能とすることが、改正の主な方針となった。今後、今年度中に改正高圧則を公布し、来年度から施行する予定となっている。高圧則改正後、最低基準となる減圧表が提示され、酸素減圧や混合ガス潜水が可能となることを考慮して、現在、世界で使用されている潜用水用減圧表を調べた。高圧則改正後の減圧法を選定するにあたって、①学会等で認められている減圧理論に基づき開発されていること、②減圧表の開発にあたって数多くの有人潜水試験を繰り返して客観的方法によりその安全性が評価されていること、③使用実績があり、その安全性が確認されていることの3点を検討項目とした。その結果、カナダDCIEM(Defense and Civil Institute of Environmental Medicine)が開発した減圧表が推奨に値すると思われる。その理由は、①1992年に公表さ

れたDCIEM DIVING MANUALには、空気潜水、窒素酸素潜水、ヘリウム酸素潜水、繰り返し潜水、水中酸素減圧及び水上酸素減圧による減圧法など、今後潜水作業で必要と思われる減圧法がすべて掲載されている(但し、飽和潜水を除く)、②改正高圧則で提示されると予測される減圧法よりも安全である(減圧時間が長い)、③開発に際しては、高圧寒冷条件や運動負荷条件下で有人潜水試験を繰り返してドップラーモニターで気泡検知をしながら、修正が加えられてより安全な方向に設定されている、④世界各国で使用されており、使いやすいたことが挙げられる。ただ、改正高圧則で空気潜水深度が40m以浅に制限される場合は、空気潜水では深度40mまでの減圧表を使用し、それ以上の深度ではヘリウム酸素混合ガス潜水の減圧表を使用することとなる。

酸素減圧は諸外国ではその有効性について以前から広く認識されており、酸素減圧を行うことにより、減圧時間を安全に短縮することができる。その理由は「酸素の窓」の存在である。酸素は血液に溶存しにくいので血中ヘモグロビンと結合(酸素ヘモグロビン)して体内組織に運ばれ、代謝により消費される。酸素が消費されるとヘモグロビンと酸素との特異的な結合曲線により静脈血中の酸素の圧力は急激に低下し、その低下は代謝による炭酸ガス圧の上昇よりも大きいので、静脈血の合計ガス圧が動脈血よりも低くなり、これを「酸素の窓」と呼ぶ。「酸素の窓」は呼吸ガスの酸素濃度(分圧)と比例して大きくなり、動脈血中酸素分圧約1600mmHg以上でレベルオフ(約1400mmHg)となってしまう。潜水での減圧停止中は「酸素の窓」により組織内の過飽和ガス圧が非飽和の静脈血に吸収される。「酸素の窓」が大きいほど過飽和ガス圧はより速やかに静脈血に吸収されるので、減圧時間が短縮されるということになる。酸素減圧には水中での減圧停止深度で酸素呼吸を行う水中酸素減圧法と一旦、水面まで浮上して速やかに再圧タンクで一定圧まで空気加圧して据付型マスクにより酸素呼吸を行う水上酸素減圧法がある。酸素減圧は空気潜水でも有効であるが、潜水深度が深いヘリウム混合ガス潜水では必須となり、そのためにはそれなりの設備、教育訓練が必要となる。