

話 題

高気圧作業安全衛生規則と労働災害

合志清隆¹, 玉木英樹^{2,3}, 石竹達也³,
山見信夫⁴, 眞野喜洋⁴

¹産業医科大学病院高気圧治療部

²玉木病院外科・総合診療科

³久留米大学医学部環境医学

⁴東京医科歯科大学医学部附属病院
高気圧治療部, 同大学院健康教育学

I. はじめに

物理的環境の一つである高気圧環境下の作業には潜水と圧気土木がある。この種の作業に携わる労働者の業務は、労働安全衛生法のなかの高気圧作業安全衛生規則（高圧則）によって規定されている。この規則は昭和36年に当時の労働省令第5号として定められた高気圧障害防止規則から成り立っているが、現在まで40年以上も根本的な改訂が行われておらず、日本高気圧環境・潜水医学会を中心として高圧則に関連した労働災害の問題点が指摘されている。例えば、潜水請負業者および元請負業者を対象としたアンケート調査結果では、937通のうち506通（回収率：53.9%）が得られ、減圧症を経験した潜水士は32.4%に上り、医療機関を受診した者の34.8%は健康保険を適用していると報告されている¹⁾。さらに、圧気土木作業でみると2,256名の作業者のなかで92名（4.1%）が減圧症を発症しながら、労働災害として医療機関で治療を受けた労働者は2名にとどまっているとの報告がある²⁾。そこで、本稿では現行の同規則が他の法律と矛盾する点なども紹介し、早急な法整備の必要性を強調したい。

II. 高気圧作業とは

高気圧作業のなかで潜水作業は漁業、湾岸工事や油田開発など広範に及び、潜水法も単純な息こらえ潜水から数種類の潜水器を用いたものがある。潜水深度も漁業を中心とした10m程度の浅いものから、本州四国連絡橋の架橋工事や油田開発では80～250mにも達している³⁾。さらに、潜水深度が40mを超えるようになれば、圧縮空気に替えて麻酔作用と呼吸抵抗の少ないヘリウムを加えた混合ガスが使用されている³⁾。

もう一つは圧気土木作業であり、前述の高圧則で「潜函」作業と呼ばれているもので、この工法は地下の駐車場やトンネル工事あるいは大規模な橋梁基礎工事などに用いられている⁴⁾。掘削地盤が深くなると地下水の流出

が作業の妨げになり、この地下水の防止に用いられる工法である。具体的には、天井と先細りの壁で包み込んだ鉄筋コンクリート製の密閉された作業室を作り、この下面は掘削地盤面に開放されたものであり、ここに地下水圧相当の圧縮空気を送り込んで土砂の掘削を進める⁵⁾。この作業室と外壁などの総称が潜函すなわちニューマチックケーソン（国土交通省の呼称で「ケーソン」は略称）である⁵⁾。ゲージ圧力で0.2MPa近くまでは有人で掘削を進め、それ以上の圧力では遠隔操作による無人掘削になるが、毎日の機器の保守点検には有人作業が不可欠である。

III. 急性期にみられる障害

急性期の障害は減圧障害と呼ばれており、これは不適切な減圧に伴う生体の障害と定義され、高気圧環境下だけではなく航空機事故での急激な減圧でも生ずる⁶⁾。減圧障害は減圧症と動脈ガス塞栓症に分けられているが、前者は減圧による気泡発生による組織傷害であり、後者の動脈ガス塞栓症は肺の過膨張による肺胞破裂から肺胞内ガスの左心系への流入による脳を中心とした塞栓症である。さらに、減圧症は四肢関節痛や筋肉痛を主体とするⅠ型と、呼吸困難や中枢神経症状を主症状とするⅡ型に分けられる。また、減圧症と動脈ガス塞栓症の合併や分類不能ではⅢ型減圧症と呼称することもある⁶⁾。

前述した2つの高気圧作業に伴う減圧障害ではあるが、その作業によって症状が異なってくる。例えば、潜水作業の多くは圧縮空気をを用いた水深40mまでのことが多いが、送気系の不具合での急速浮上では肺胞破裂を生じることになり、不適切な浮上では生体に多量に溶解した窒素が気泡化するために重症のⅡ型減圧症を生じやすくなる。これに対して圧気土木作業では、ゲージ圧力0.4MPaを超える圧環境になればヘリウムを加えて酸素濃度も調節した混合ガスが使用される。さらに、減圧操作はコンピュータ制御であり潜水のような急激な減圧は生じないことから、減圧障害はⅠ型減圧症にとどまることが多い。

さらに、窒素の身体への吸収・排泄の観点からいえば、比較的気圧が低くても長時間作業である場合はⅠ型減圧症が多く発生し、作業時間が短くても減圧時間が比較的短ければⅡ型減圧症が発症する可能性が高くなる。これは、身体各組織における窒素の半飽和時間（窒素が最大飽和量の半分まで溶解するまでの時間）の違いで説明されており、窒素の吸収・排泄が早い脊髄は減圧時間を少々延長するだけでも気泡化させないための予防効果が高いが、排泄時間を要する関節では、減圧時間を少々延長しても十分には窒素は排泄されず減圧症（関節痛）を発症する。

また、圧縮空気では高分圧の窒素は麻酔作用を有して

おり、これによって多幸症を主とした精神症状を示す「窒素酔い」が生ずることがあり、作業効率の低下だけではなく業務そのものが危険となる。逆に吸入ガスの酸素濃度を上げると、肺活量が低下する慢性酸素中毒や痙攣、視野障害などの症状を主体とした急性酸素中毒を生じやすくなる。

したがって、減圧障害の予防と窒素酔いの防止を目的として、ゲージ圧力 0.4 MPa を超える圧気土木作業だけではなく、40 m 以上の深海潜水作業にも混合ガスが使用されている³⁾。しかし、より安全な混合ガスの使用が作業現場で制限されるのは^{4), 5)}、事業者ないし国土交通省のコストアップ抑制からである。

IV. 慢性期にみられる障害

高気圧環境下での作業による慢性期にみられる障害として最も多いのは聴力障害である³⁾。しかし、機能的に支障をきたすのは四肢の障害であり、上腕骨や大腿骨の骨壊死の多発が明らかになっている³⁾。骨と関節の変形から痛みを自覚するようになれば、外科的な治療がなされている。さらに、脳では無症候性の多発性脳梗塞が有意に生じていることが報告されており、この病変が今後どのような後遺障害になるのか明らかではない⁶⁾。また、脊椎では椎体骨の病変が報告されており、下部頸椎に無症候性の椎間板ヘルニアが高率であることが示されているが、何らかの有症状の障害に発展する可能性は否定できない⁶⁾。

V. 減圧表の問題

高気圧環境の程度とその曝露時間から大気圧に戻るまでの減圧過程を定めたものが「減圧表」であり、高圧則では「別表第 1, 2 および 3」からなっている。別表第 1 は圧気土木作業用であり、別表第 2 が潜水作業用である。通常は減圧表といえば別表第 1 と 2 を指しており、別表第 3 は減圧表というよりも繰り返し潜水のための計算プログラムとされている⁷⁾。

減圧表は減圧症の原因となる不活性ガスの生体内における動態を数学的に算出した減圧理論と、その時代で許容される減圧症の罹患率から導き出されるものである。近年の国際的な傾向は、ガスの動態把握に複雑な計算理論が要求されることに加えて、労働者の安全性に重点が置かれていることである⁸⁾。減圧症の罹患率を抑えることは作業効率を低下させることでもあり、完全に減圧症の防止可能な減圧表の作成は難しい。しかし、欧米では労働災害を重視する時代背景から、労働者により安全な減圧表に改訂されてきている^{4), 7)}。ところが本邦の減圧表は、長時間の高気圧環境に曝露された際の減圧時間が諸外国に比べて短く定められたままで、極めて危険な減圧表と指摘されている⁷⁻⁹⁾。

以上の問題以外に、空気を除いた呼気ガス使用での減圧表が定められていないこと、空気による 90 m までの高気圧作業の減圧表が定められていること、40 m を超える圧気土木作業では潜水用の減圧表である別表第 2 が用いられていることなど、さまざまな減圧表の問題点が前述の日本高気圧環境・潜水医学会で指摘されている^{7), 9)}。さらに、曝露圧が高い潜水ないし圧気土木作業では、現行の減圧表に沿った減圧は危険性が高いことから、本邦の減圧表は使用されないことが多い⁹⁾。

VI. 健康診断での問題

高圧則第 38～41 条には健康診断と病者の就業禁止が規定されている。一般的に減圧障害の誘因となるのは、中枢神経系と呼吸・循環器系の基礎疾患を有している場合である³⁾。前者の中枢神経系疾患では、痙攣発作や失神発作の既往があるか、さらに治療にて発作が十分制御されているのかが重要である。また、偏頭痛で治療を受けている者は、その病型によって意識障害や嘔吐を伴うことがあり、作業中の発作は生命に直結した危険性をはらんでいる。次いで、呼吸器疾患を有して吸入薬等で治療を受けていれば高気圧作業中の発作は生命の危険に直結し、胸部 X 線写真で認められる異常、例えば嚢胞性病変として肺嚢胞症や陳旧性結核による肺空洞などでは気胸や空洞内出血を起こすことがある。さらに、循環器疾患では不整脈から生ずる失神や脳梗塞などから重大な事故を引き起こす可能性があり、心臓弁膜症や虚血性心疾患で治療を受けている場合でも同様である。

また、高圧則にある病者の就業禁止とされる病名は、現在あまり使用されない病名が記載されており（例：リウマチス）、医学の進歩とともに記載されるべき病態も含まれていない（例：慢性閉塞性肺疾患）。さらに、7 項目挙げられている禁止疾患・病態はあまりに漠然としていて如何なる病態を指しているのか不明なものもある（例：アレルギー性、内分泌系、物質代謝または栄養の疾患）。以上の問題点に加えて、重症度を示した判定でもない（例：肥満症）。

もちろん、労働者が基礎疾患を有しない健康体であっても、減圧障害の発生率は作業圧力の高まりによって上昇する⁴⁾。したがって、高気圧作業の適性判断とその急性障害の予防には労働者からの病歴の聴取が重要であるが、さらに健康診断を行う医師は高気圧作業と減圧障害への専門的な知識が不可欠となる。

VII. 医師法と矛盾する

高圧則第 42～44 条に「・・・、高圧室内作業員又は潜水作業員については救急処置を行うために必要な再圧室を設置し、・・・」とあることは、減圧障害が起こった際の救急医療行為のための設置を示している。第 11 条で

は治療装置の操作は事業者が労働者にその業務に就かせるとあり、その労働者は第 10 条の 6 から高圧室内作業主任者と判断される。しかし、この項目は医師でない者の医業を禁止した医師法第 17 条に抵触しており、高圧則と医師法とで矛盾したものになる。

さらに、第 44 条の 2 には「・・・、純酸素を使用しないこと」と規定されているが、減圧障害が起こった際の救急処置として常圧下でも純酸素吸入が最初に行われる⁴⁾。前述したように同規則には医師による労働者の健康診断と就業禁止が規定されているが、作業に伴う事故や障害が起こった際の対処が曖昧なものになっている。潜水作業での減圧障害は重篤であることもあり医療機関との提携が普及しつつあるが、圧気土木作業でのそれは軽症のことが多いことから、事業所ごとに再圧装置を設置して労働者による「治療行為」が行われている⁴⁾。しかし、圧気土木作業においても緊急時には医師の対処が不可欠であることから、すべての高気圧作業では業務とその障害に精通した医師を選任し、緊急時の対応策は医師の指示の下で行われることが基本と考えられる。

現在、「救急再圧」という制度があり、作業現場で減圧症が発生した場合、現場に設置してある再圧チェンバーにおいて労働者（患者）は再加圧される⁴⁾。現行法では、これを治療として扱っておらず、減圧症を重症化させることがあるにもかかわらず未だ「救急再圧」といった行為が行われている⁴⁾。例えば脊髄障害などの重症の減圧症に罹った患者はチェンバー内で再加圧され、空気を吸入しながら 40 時間 11 分（第 4 欄）もかけて減圧される。これは現代の医療状況からみても、あまりに古典的な対応と考えられる。

先進国では常識とされる一般人の酸素利用についても遅れている⁴⁾。わが国では、「患者」に使われる酸素は日本薬局方にある医師の処方が必要な薬剤として扱われているため、一般人が使用することができない。酸素が薬剤として扱われなければ、減圧症が発生した現場において発症者は直ちに酸素吸入ができ、症状を緩和することができる。今後の現場での救急手当では、前述した医師との連携の下で空気による「救急再圧」から「酸素吸入」に転換されるべきであろう。その際に、高圧則のみならず薬事法の改正も必要である。

VIII. 作業を安全に行うために

このような現状のなかで減圧表の改訂が進められているが¹⁰⁾、新しい減圧表が高気圧作業に許容されるかどうかの判断には少なくとも数年を要する。疼痛や感覚障害などの自覚症状は動物実験で判断することは困難であり、実際に減圧表を用いたヒトでの減圧障害の発生率の

調査が不可欠であるからである。さらに、慢性期の障害を検討するには、さらに長期間の調査が必要になる。この減圧表の改訂は困難な作業ではあるが、国際情勢も考慮しながら時代に合ったものに変更する必要がある。あるいは、減圧方法を法的に規制することに問題があるとの意見もある。

減圧表の問題以外に高圧則と他の法律との矛盾点を指摘したが、所轄省庁が労働省と厚生省から厚生労働省と統合された現在では、同省の責任のもとで早急に変更すべきであろう。特に同規則は酸素使用を禁止しているが、国際的には減圧時の酸素使用は常識となっている⁹⁾。また、高気圧作業に伴う労働災害の予防とその発症時の対処法として、事業者は専門的な知識と経験を有した産業医や日本高気圧環境・潜水医学会の専門医師と医療機関との連携のもとで作業を進めることが不可欠であろう。

IX. おわりに

高圧則は本邦の高気圧作業の業務を法的に規定したものであるが、同規則はいくつかの重大な欠陥をはらんでいる。この種の作業に伴う急性期の減圧障害は日常的に起こっており、さらに慢性期の身体障害になれば行政上の問題に発展することは容易に推測される。労働者の健康管理の面から同規則の早急な改訂が迫られているが、法改正が遅々として進んでいない現状を紹介した。

文 献

- 1) 池田知純, 望月 徹, 職業潜水の安全性に関するアンケート調査, 日本高気圧環境・潜水医学会雑誌 2007; 42: 176.
- 2) 池田知純, 望月 徹, 職業潜水に於る減圧障害の実態, 日本高気圧環境・潜水医学会雑誌 2007; 42: 121-126.
- 3) 眞野喜洋, 高圧環境と健康, 川崎: 労研出版, 1994: 49-57, 276-297.
- 4) 眞野喜洋, 山見信夫, 柳下和慶, 他, 圧気潜函工法における問題点について, 日本高気圧環境・潜水医学会雑誌 2006; 41: 25-30.
- 5) 石井道夫, 日本の土木工事における高気圧作業と減圧要領の変遷, 日本高気圧環境医学会雑誌 2005; 40: 25-35.
- 6) 合志清隆, 加藤貴彦, 安部治彦, Wong RM, 潜水に伴う中枢神経障害, 産衛誌 2003; 45: 97-104.
- 7) 池田知純, 減圧表のあり方, 日本高気圧環境医学会雑誌 2005; 40: 13-19.
- 8) 池田知純, 本邦の職業潜水用減圧表に関するアンケート調査, 日本高気圧環境・潜水医学会雑誌 2006; 41: 237-248.
- 9) 眞野喜洋, 山見信夫, 外川誠一郎, 他, 形成気泡数からみた我が国の標準減圧表評価, 日本高気圧環境医学会雑誌 2005; 40: 21-24.
- 10) 眞野喜洋, 高気圧作業に伴う標準減圧表の安全性評価のための疫学的調査に関する研究: 平成 16～18 年度総合研究報告書: 平成 16～18 年度厚生労働科学研究費補助金労働安全衛生総合研究事業, 2007: 1-235.