

200501002A

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

公募課題番号：H16-労働-9

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

平成17年度 総括・分担研究報告書

平成18年3月 (中間報告)

主任研究者	眞野喜洋 (東京医科歯科大学大学院 教授)
分担研究者	山見信夫 (東京医科歯科大学大学院 助教授)
	芝山正治 (駒沢女子大学人文学部 教授)

目 次

第1章 平成17年度 総括・分担研究報告	3
第2章 高圧則減圧表に係る疫学的調査	5
2～5節の詳細目次は第2章の始まりで紹介	
1. 総説：本邦減圧表のあるべき姿・圧気潜函工法における問題点について	7
2. 本邦減圧要領の変遷調査	13
日本の圧気工事黎明期の減圧要領	13
最初の高気圧作業関連の法規制施行（1937年・昭和12年）	26
法規制の改正と労働安全衛生規則施行（1947年）	37
高気圧障害防止規則（1961年）と高気圧作業安全衛生規則（1972年）	42
3. 高気圧 作業安全衛生規則・減圧表の数値計算	46
本節の要約	46
高圧則減圧表作成根拠の推測（根拠を巡る話題）	47
高圧則別表第1の再現例と減圧表作成要領	60
高圧則別表第2の再現例	67
高圧則別表第3の意味と数値計算	69
4. 圧力0.1MPa以下の高気圧作業管理要領設定の必要性	71
まえがき	71
連日潜水可能な1日1回の最長潜水時間：12時間（720分）	71
減圧停止不要潜水限界深度、限界潜水時間と浮上直前の窒素分圧範囲	72
想定する潜降速度、滞底時間と浮上速度	72
減圧停止不要潜水（1日1回、連日潜水）の窒素分圧範囲	73
5. ヘリウム混合ガス	75
ヘリウム混合ガス呼吸利用のニューマチックケーソン工事を取り巻く現状の認識	75
ニューマチックケーソン工事における本邦ヘリウム混合ガス呼吸の実際	77
オランダのトライミックス呼吸：シールドマシン修理に用いた潜水例	88
第3章 標準減圧表（案）作成に係わる減圧理論等の解説	99
副題：欧米諸機関の減圧表と米国海軍の減圧理論等	
1～6節の詳細目次は第3章の始まりで紹介	

1	フランス労働省	101
2	英国労働省（空気：通称・ブラックプール減圧表・Blackpool tables）	109
3	米国海軍（空気&Heliox 減圧表）	126
4	NOAA の減圧停止不要空気潜水表	147
5	減圧表の考え方：酸素減圧の導入	148
6	減圧表の考え方：米国海軍のヘリウム混合ガス減圧表を中心に	151
	ヘリウム混合ガス概要（ヘリオックス&トライミックス）	151
	米国海軍のヘリウム混合ガス	160
	米国海軍のヘリオックス減圧表作成要領と減圧表計算	162
第4章 潜水プロフィール調査結果		184
結果		
	北海道A地区の漁業潜水者	185
	伊豆諸島B地区の追い込み潜水者	190
	伊豆諸島C地区の追い込み潜水者	195
	伊豆諸島D地区の草業潜水者	200
	沖縄E地区の追い込み潜水者	205
	伊豆半島F地区のガイドダイバー	210

第1章 平成17年度 総括・分担研究報告

労働安全衛生総合 研究事業

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

主任研究者 眞野喜洋 (東京医科歯科大学大学院 教授)

分担研究者 山見信夫 (東京医科歯科大学大学院 助教授)

芝山正治 (駒沢女子大学人文学部 教授)

研究要旨

高気圧下作業(潜水および潜函、圧気シールド)に伴う減圧症予防手段として厚生労働省(当時の労働省)は昭和36年に高気圧傷害防止規則を制定し標準減圧表を公表した。以来40年近く経過した後、医学や生理学を始め、減圧アルゴリズムなどの技術革新が生じ、減圧理論についても大幅に進歩している。この間、諸外国ではより安全な減圧表が数多く開発されているが、我が国における現行の標準減圧表は旧態然として科学的な改善や評価がなされていない現状である。

そこで潜水および圧気土木の労働作業現場で、表面に現れにくい減圧症発症の実態を疫学的に調査し、現行の標準減圧表の抱えている問題点や矛盾点を明らかにし、将来的には、諸外国と同様に減圧表改正の必要性について論じられる場合の基礎研究資料として減圧表の改訂ポイントをはっきりさせることが本研究の概要である。

本研究はこれらの問題を解決する上で必要な課題について検討、検証し、現行の減圧表に係わる法規制についても、さらに安全性を高める必須条件を提言したい。

そのための本研究の展開方法として、以下の手順で研究する。

- 1)異なる減圧理論に基づく減圧表の違いによって生じる減圧症発症要因の分析と発症率の比較
- 2)潜水および圧気土木作業現場の実態調査(国内外を含む)
- 3)日本と欧米先進国で使用している標準的減圧表の比較を行い、これに基づく、我が国の減圧表における問題点の洗い出し
- 4)標準減圧表別表第1(圧気土木用)の評価と問題点の洗い出し
- 5) " 第2(潜水業務用) "
- 6)安全性に富んだ減圧表作成への課題を提言

高気圧作業安全衛生規則およびそれに係わる労働安全衛生法ならびに労働安全衛生規則の改訂の為の基礎資料を策定する。

研究の目的

平成16年に当研究室が係わった高気圧業務の中で、潜水で2件の死亡事例を経験した。一昨年の3件の死亡事例と併せて5件の死亡事例をこの2年間で遭遇し、少なく共この中の3件は現行の法整備が不備だったことに起因した事例と言え、全容はまだ明らかではないが、早急に規則改正の必要がある。その最大の理由は法で定めた減圧表の不備が根幹にあるといえる。

現行の標準減圧表は、どのような減圧理論に基づく数式によっているかが全く不明で減圧表作成の意図があいまいであり、厚生労働省として、減圧表作成モデルの基本的な理論式をも把握していないという不可思議な減圧表であることが、近年明らかにされた。

そこで、現在最も妥当と思われる減圧理論に照らして、この標準減圧表を評価することが研究の目的である。

今まで特に圧気土木作業で減圧症が多発していた理由を単に作業労働者が減圧表を遵守しないからとの一言で片づけられてきた経緯は労働安全衛生法に基づいた高気圧作業安全衛生規則によって標準減圧表別表1および2が公表された直後であるならまだしも公布後40年も経過し、圧気工事施工者側の安全に対する認識が徹底されている今日、一方的な判断に依ると言えなくもない。この際基本に戻って、詳細な疫学調査を行い厚生労働省で公布している現行の標準減圧表の見直しをすることが必要不可欠であり、現行標準減圧表を科学的に分析し減圧症発症予防の立場で正しく評価することが、今後の高圧環境下で従事するダイバーや圧気土木作業者の減圧症罹患率の大幅な減少ならびに死亡事故の予防を期待できると共に骨髄損傷などの後遺障害認定者や、標準減圧表施行当時は全く考慮されていなかったが、現在数百人以上は存在すると思われる慢性減圧症としての無菌性骨壊死発症率の著しい改善を計ることが可能であると期待できる。

これによって、少なく共、重症減圧症の予防、骨壊死の予防ならびに急性減圧症による死亡を避けなければならない。従来から標準減圧表の改正が叫ばれていたが、それが実行されずに平成15年、4月、5月、9月ならびに平成16年9月、10月と立て続けに高気圧業務による、5件の死亡事故が発症してしまった。法整備がなされていたならば予防可能で死に至らなかったかも知れず、早急な対策が望まれる。

第2章 高圧則減圧表に係る疫学的調査 詳細目次

表 題	ページ
1. 総説：本邦減圧表のあるべき姿・圧気潜函工法における問題点について	7
2. 本邦減圧要領の変遷調査	13
2-1 日本の圧気工事黎明期（1900年代前半・最初の法規制施行直後まで）の減圧要領	13
2-1-1 まえがき	
2-1-2 横浜港・税関岸壁工事[潜水函工事・明治35年：1902年]の減圧要領	13
2-1-3 韓国 清川江架橋基礎工事（1908年11月）	15
2-1-4 鴨緑江橋梁工事（明治42年：1909年）の減圧要領	17
2-1-5 永代橋基礎工事（1925年）の減圧要領	18
2-1-6 十三橋潜函工事	23
2-1-7 高德線吉野川橋梁基礎潜函工事	23
2-1-8 関西火力発電所揚炭機基礎（1934年）の再圧治療例	24
2-1-9 丹那トンネル	24
2-1-10 法制定前に設立されたニューマチックケーソン施工会社の減圧要領	25
2-2 最初の高気圧作業関連の法規制施行（1937年・昭和12年）	26
2-2-1 まえがき	
2-2-2 我が国で最初に制定施行（1937年11月）された圧気工事関連の法律	26
2-2-3 法制定後の減圧の実際：関門隧道（1938年）の漸降式減圧要領	27
2-2-4 土木技術者が1941年に認識していた減圧症	31
2-3 法規制の改正と労働安全衛生規則施行（1947年）	37
2-3-1 労働省令・第9号労働安全衛生規則 第3章高気圧 第188条	37
2-3-2 労働安全衛生規則 第3章高気圧の減圧要領由来を示唆する資料	37
2-3-3 労働安全衛生規則(1947)適用の圧気工事における減圧症発症例	39
2-4 高気圧障害防止規則と高気圧作業安全衛生規則	42
2-4-1 高気圧障害防止規則（1961年）と高気圧作業安全衛生規則（1972年）	42
2-4-2 高気圧作業状況の変化と減圧症発症データ	42
2-4-3 酸素減圧の普及：1995年以降	43
2-4-4 ヘリウム混合ガス利用の高気圧作業	44
3. 高気圧作業安全衛生規則・減圧表の数値計算	46
3-1 本節の要約	
3-2 高圧則減圧表作成根拠の推測（根拠を巡る話題）	47
3-2-1 高圧則減圧表作成根拠を示唆する文献等の要約	47
3-2-2 高圧則減圧表とフランス海軍の減圧表	50
3-2-3 半飽和時間、許容過飽和比及び減圧要領設定に係る初期の米国の考え方	55
3-2-4 高圧則減圧表作成で用いた組織数と半飽和時間及び各国の許容過飽和比対比	57
3-2-5 減圧比率（3-2-1で既出）の考え方	58
3-2-6 減圧要領に関する米仏日の年表等	
3-2-7 結論	59
3-3 高圧則別表第1の再現例と減圧表作成要領	60

第2章 高圧則減圧表に係る疫学的調査

1. 総説：本邦減圧表のあるべき姿

圧気潜函工法における問題点について

圧気潜函工法は国土の狭い地震国という我が国の特殊な地勢にマッチした土木工法として、今日では橋梁基礎、地下貯水ポンプ場、トンネル立坑、等のコンクリート躯体を沈下させて構築する幅広い地下構造物(図1-1)工事に欠かせない作業職種と言え、土木工学上からみて安全、確実でかつ安価な技法であるが故に近年ではその工事内容の難度が高く、より高い圧力下の作業をカバーする傾向にある。この結果、安衛法に基づく高気圧障害防止規則で定める圧気土木作業後の減圧は標準減圧表(別表1)に定められた方式で減圧されるがその許容最大作業圧力は0.4 MPa未満であるにもかかわらず、現実での要求される作業圧力は0.6 MPaに近づこうとしているし、将来計画が検討されている作業圧力は更に高くなるとも言われている。

このような高気圧作業に対しては現行法規では十分に対応できない場合が生じることも想定されるが、そのような場合には厚生労働省は大臣審査の特例による特別管理体制によって高気圧作業の安全を維持できるように対策が取られている¹⁾。

このような現状にあって、現在考えられる圧気土木作業に係わる代表的な問題点を列記すると

- 1) 作業後の安全な減圧表が規定されていない。
- 2) 空気による減圧管理はリスクが大き過ぎて使え

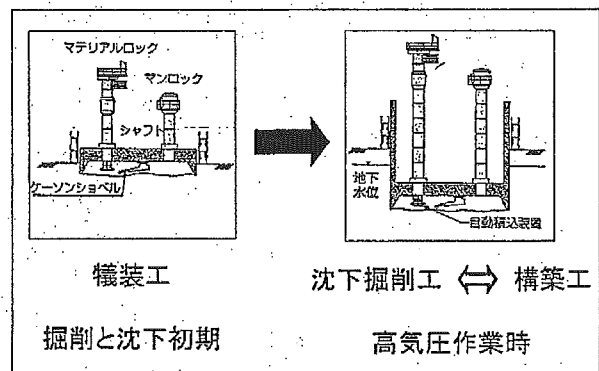


図1-1 潜函施行状況図

ない。

- 3) 酸素減圧を行うことが標準化されていない。
- 4) Heliox または Trimix gas 等の混合ガス利用が規定されていない。
- 5) 昇降用エレベーター利用等の安全管理対策が標準装備化されていない。
- 6) 健康診断項目等が改正されておらず、十分とはいえない。
- 7) 衛生管理に係わる作業員への一次予防対策等の配慮が欠落している。
- 8) 現場における問題の多い空気による救急再圧員制度をいまだに容認している。
- 9) その他

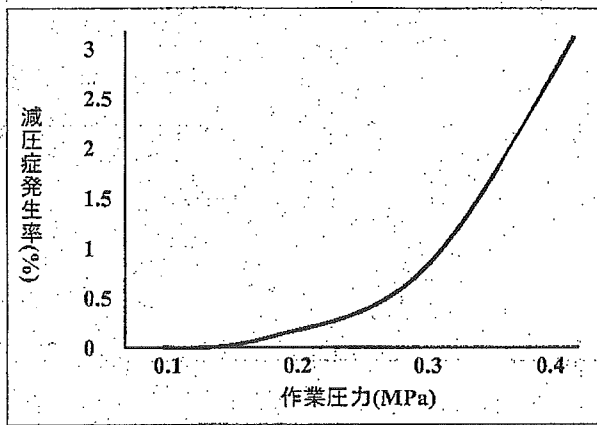


図1-2 作業圧力別減圧症発症率

以上の内容について現在改善進行中のことも含めてその対応策はどのようにあるべきかについて考え方の一例を簡述したい。

(1) 作業後の安全な減圧表が規定されていない

我が国の圧気土木用の標準減圧表は〈別表1〉として公表されているが作業気圧が0.1～0.4 MPaまでしかなく、「その圧力を超えた場合には潜水用の〈別表2〉を使用するように」という誤った指導が一部でなされているとも聞く。圧気潜函工法での減圧表が存在しない0.4 MPa以上の場合には標準減圧表を国が用意しなければならないかという否であろう。そもそも現行の如くに「厚労省がわざわざ標準減圧表を定めてこれに従いなさい。その上で健康問題が生じた場合には国が労災で保証いたします。」などという親切すぎることをしている国は日本以外に存在しない。そもそも、安全な減圧表は企業が自助努力でそれを造り、安全を売り物にして仕事を取るべきで国は減圧症を含む事故や災害を引き起こしたならばそれを論し、安全作業を営めるように指導するのが責任であろう。減圧表を国が用意する必要は全くないし、自由競争の原則に余り口出しすべきではない。しかし、今までの行き掛かりから減圧表を含む行政指導をせざるを得ないのであれば実用性の伴う作業圧力まで示すべきであろう。潜水の場合には水深90 mまで表示していることを考えると圧気土木でも0.9 MPa位までをカバーしなければ

らないのではなかろうか。中途半端は良くなく、全く用意しないか、するなら十分にカバーすべきであろう。

その場合の整合性を取るためには圧気土木では0.3 MPa以上の作業圧力が行政指導されていて大臣審査対象となっていることより、0.3 MPaを超えた段階から利用できるより安全な減圧表を提示しなければならない。つまり、ある一定レベルの安全な作業を保証できる根拠は現行法規則とマッチしていなければならないし、従来の安全についての概念も踏襲していなければならないまい。これらを満たす検討項目が以下の2～5の項目となる。

(2) 空気による減圧管理はリスクが大き過ぎて使えない

潜水の場合における水深90 mまで表示されている標準減圧表〈別表2〉は危険すぎて安全作業を目指す作業ダイバーなら誰一人利用しない。一定の理論と数式によって導かれる減圧表は作業負荷圧力が高くなるほど、かつ作業時間が長くなるほど減圧症発症頻度は高くなる。つまり、体内に窒素ガスの蓄積が増し、空気による圧気作業では一般的には図1に示すように0.3 MPa前後くらいから急激に減圧症発症率がアップする²⁾。これは現在のあらゆる減圧表に共通している問題であり、同一数式理論に依って導かれた減圧表における宿命とも言える。つまり、減圧症の発症率は指数関数的に圧力に応じて増大するので0.2 MPa程度までは緩いカーブで減圧症が発症するがそれを超えて0.3 MPa前後からは急激に増えてゆくと考えることが常識である。

これを防ぐためには酸素による窒素ガスの洗い出しが必要であり、最優先で考えられる減圧症予防対策と言える。

(3) 酸素減圧を行うことが標準化されていない

欧米では当たり前のように圧気作業に於ける酸素吸入による減圧管理が標準適応であり、ECでは空気による減圧を禁止することで減圧症予防効果に絶大な効力を発揮している(図1-3)。つまり空気減圧は20世紀の遺

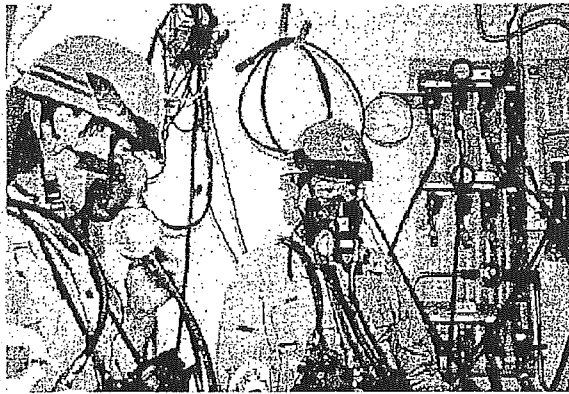


図1-3酸素減圧(酸素吸入)

物であり先進諸国において空気減圧を行っているのは日本だけであると言っても過言ではない。日本では何故空気減圧に拘るのであろうか。「日本人は喫煙習慣が強く酸素の利用は火災発生危険がある。」「酸素は薬物であって一般人が酸素吸入することは薬事法違反である。」これらが何と誤解に満ちた、説得力の無い響きであるかは自明であろう。日本人はそれほど無知蒙昧な人種なのだろうか？ 我が国において40年以上前に和歌山県における或る圧気ケーソン作業場で酸素減圧中にマンロック内で喫煙し呼気ガスに引火した結果、火災により6名が死亡する災害が発生した³⁾。これによって世界中の減圧中に於ける酸素吸入が禁止されてしまい、欧米人から学会に行く度に我々が張本人の日本人であったが故に散々非難を浴びてずいぶん肩身の狭い思いをした。しかし、火災の危険は人為的に十分予防できることであり、酸素の有効性、「酸素窓効果」^{4,5)} なくして減圧症予防を確実にできない事実⁶⁾に立脚して1980年代から欧米の圧気土木でも潜水と同様に酸素減圧に踏み切るようになり、今日では酸素減圧なくして圧気土木は語れないと言う時代に至っている。火災問題を心配しなければ酸素減圧できないような企業は高気圧作業を行う資格がない。

(4) Heliox または Trimix gas 等の混合ガス利用が規定されていない

空気吸入による圧気土木作業では0.3 MPa 前後から窒素酔い現象が生じるリスクがあると共に 0.7 MPa 前

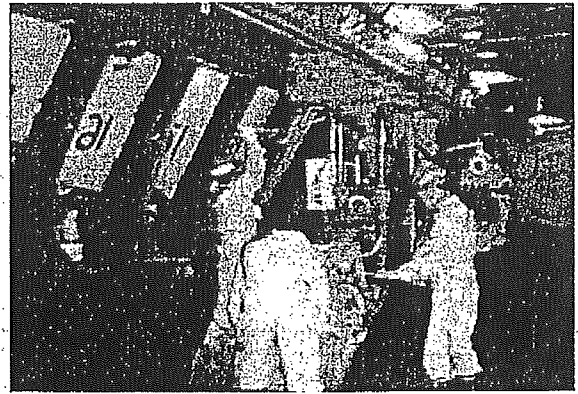


図1-4Trimix作業中のケーソン内部(呼吸ラインをつけて作業している)

後くらいから酸素毒性のリスクが生じると考えて良い。酸素毒性については安静状態か、激しい労作業中か、あるいは湿式か乾式か等々で差があるがこれらの要因も減圧症発症予防と共に考慮されなければならない。また、呼吸生理学的にも高分圧空気の呼吸に伴う機械的抵抗は暴露圧力に比例して非常に大きくなるので空気による高気圧作業はリスクが大き過ぎて使えない。これらをカバーできる解決策が、Heliox または Trimix gas 等の混合ガス利用であろう⁴⁾。潜水においては更に水素 gas も実用に利用されており、仏では既に水深 500 m での利用を可能にしているし、米国 Duke 大学のグループは 685 m までの高気圧暴露実験に成功している。圧気土木への利用は我が国が先陣を走っており、既に大阪の淀川河口にて 0.56 MPa の Trimix gas による圧気土木作業が1名の減圧症患者も出さずに成功しており、現在までに作業圧力は 0.36 ~ 0.56 MPa までの間で既に20カ所以上の作業場にてこれら混合ガス利用によるケーソン作業が完了している(図 1-4 及び図 1-5)。

第1項、2項で触れたように空気による圧気作業の上限は従来の規定を生かすと 0.4 MPa となるのかも知れないが、0.4 MPa は高すぎるように思われる。もし、規制を設けるのであれば 0.35 ± 0.05 MPa とし、0.3 MPa を超える場合には混合ガス利用が望ましく、0.35 MPa 以上を標準装備とし、止むを得ない場合には 0.4 MPa まで許容すると言うような幅を持たした方が現実

作業圧力 (m 相当圧)	患者数	肩	腕	腰	左膝	右膝	他
17 ≤ 圧力 < 20	17	1	0	1	11	6	0
20 ≤ 圧力 < 22	74	7	2	1	22	45	フォークス3 マニュアル型 I
22 ≤ 圧力 < 24	38	4	5	1	25	19	フォークス3
24 ≤ 圧力 < 26	51	2	0	1	35	28	0
26 ≤ 圧力 < 29	26	1	0	0	13	18	0
計	206 (人)	15 (件)	7 (件)	4 (件)	106 (件)	116 (件)	7
発症率(%)		6.05	2.28	1.61	42.74	46.78	
					89.5		

表1-4 ベンス発症部位

的かも知れない。

(5) 昇降用エレベーター利用等の安全管理対策が標準装備化されていない

圧気土木作業では地上の開口部と切り端と呼ばれるケーソン底部との間は、一般的には螺旋階段で繋がれており、直径 1.2 m の螺旋階段を昇降する。上部開口部は通常地表面より数メートル以上上空にあり、また地下のケーソン底部は作業気圧による理論深度より 2 ~ 3 m 以上は深いので 0.3MPa の作業が行われる場合にはケーソン底部から地上に出るまで約 40m 位は螺旋階段を登らなければならない。圧気土木作業における減圧症の中 90% 以上は bends と呼ばれる関節筋肉痛であり、複数箇所にも同時多発することも多いが螺旋階段が長くなると、そのうちの 90% は膝関節に集中してしまう(表H)⁴⁾。これは圧気土木の実労働作業が原因というのではなく減圧直前の螺旋階段を登ることによる労作負担と言っても良い。この減圧症発症予防の立場から 0.3 MPa を超えるような圧気作業においてはこの図 5 で示されるヘリウム混合ガスシステムに限らず、原則的に昇降用エレベーターを設置してその利用によって下肢への負担を取るべきであろう。

(6) 健康診断項目等が改正されておらず、十分とはいえない

高気圧作業安全衛生規則の第38条(健康診断)にて圧気業務についている場合には 6 ヶ月毎に特殊検診と呼ばれる項目の健康診断を受け、かつ更に医師

が必要と認めた場合の追加診断項目を規定している。

しかし、従来の規則に基づく標準的健康診断はそれが発見された時には既に手遅れと思われる慢性減圧症も含まれており、チェック方法を根本から見直す必要がある。

(7) 衛生管理に係わる作業員への一次予防対策等の配慮が欠落している

我が国の健康に係わる法規制は安全面を重視し、衛生管理面まではまだ十分に配慮されるには至っていないのが現状であろう。20世紀末頃からようやく日本人の働く人々の健康促進運動と相まって「健康日本21」が叫ばれ、「長寿は美德」の考え方から次第に健康寿命「DALE計画」⁹⁾を追考するよう移ってきたが圧気作業を含む我が国の建設業で働く人々への健康への配慮はまだ不十分でそこまでは到達していないといえる。圧気作業期間中の職業起因性疾患の予防だけではなく、数ヶ月に及ぶ長い作業期間中において作業員が高いQOLを維持できるための工夫が必要ではなからうか。つまり、生活習慣の改善を含む総合的な衛生対策を行うと共に日常生活面へ介入し、より良い生活習慣を守りながら過ごせることで職業基因性疾患の発生を減らすことが可能なことは周知の事実であり⁷⁾、そのような行政面での配慮も重要ではなからうか。建設業ではこのことが全産業の中でも最も遅れており、特に圧気土木業種はその谷間に位置していると危惧される。

(8) 現場における問題の多い空気による救急再圧員制度をいまだに容認している

海外における圧気工法では減圧を行う場合には酸素減圧設備を標準化し、より安全な減圧管理を行うことが以前から推奨されているし、万一、減圧症が発生した場合の再圧治療表からは、〈表1, 2, 3〉が既に廃棄されており、空気再圧治療は原則的に禁止されている。〈表4〉については患者が酸素中毒を発症させてしまった場合の例外的利用法として残されているが基本的にはもはや酸素再圧法のみを利用すべきであって空気に

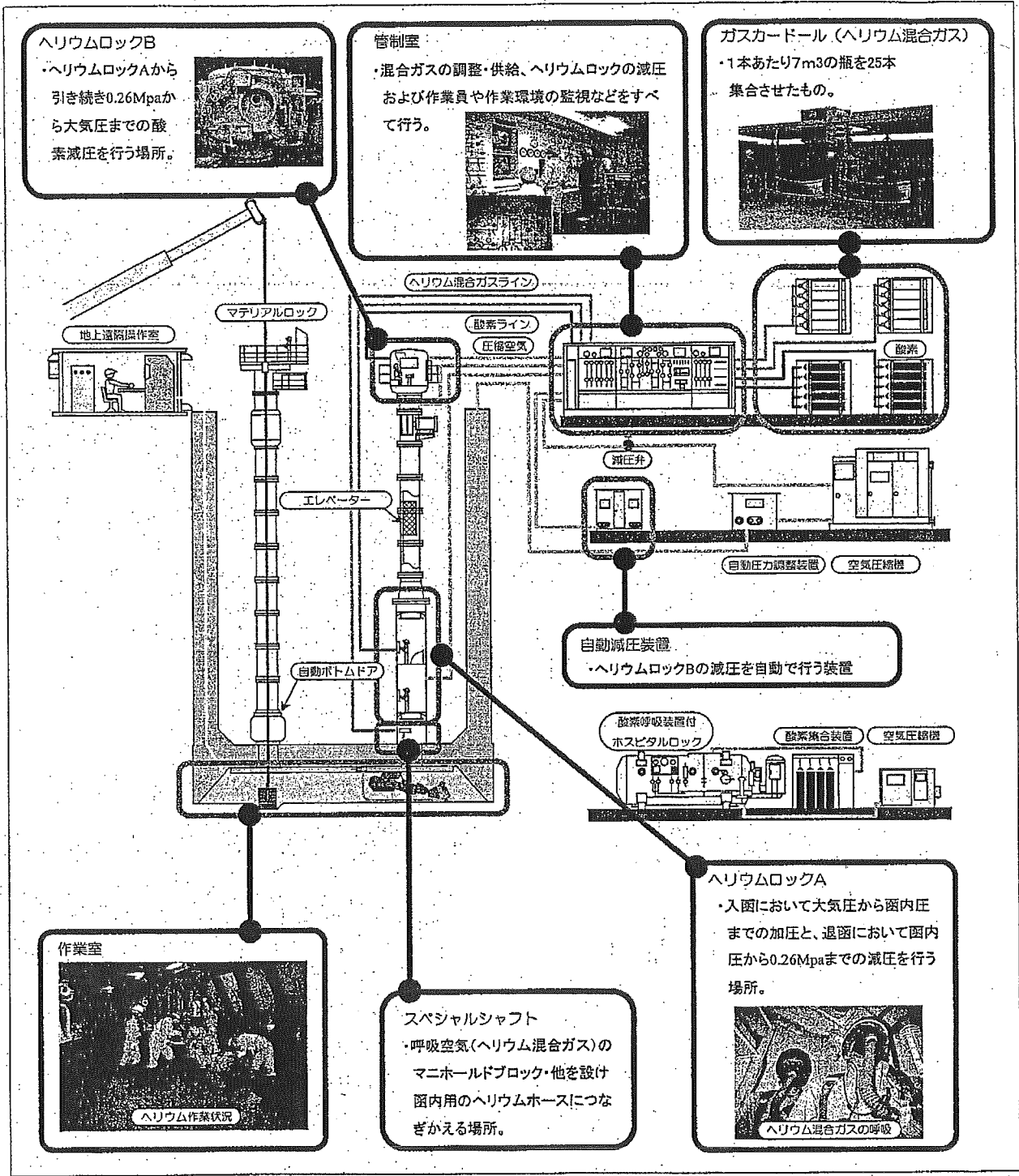


図 1-5ヘリウム混合ガスシステム

よる救急再圧制度は廃止すべきであろう⁵⁾。

我が国内で圧気作業が行われる場合には全国的に再圧治療を行える第2種装置を有する病院が52ヵ所に点在しているので作業開始する前に作業場から交通事情を考えて少なくとも数時間以内で再圧治療を行える病院と連絡を取っておくべきである。そして現場では原則的に減圧症治療を行わない。病院へ酸素吸入(10ℓ/min以上)させながら救急車等にて搬送する。従って第2種装置を有する病院では減圧症患者を忌み嫌わずに積極的に受け入れるべきで当学会所属医師としては率先して治療に当たるべきであろう。意識のある患者の場合の病状発症からHBOまでのgolden timeは5時間以内であるので相当の遠距離からでも搬送出来る。勿論航空機使用や標高400m以上の高所移動時には第1種の移動用タンクで搬送すべきであり、出来たら酸素(すぐ用意出来なければ空気で可)で1.3ATAへ与圧しながら再圧治療のラインに5時間以内にのせることであろう。酸素再圧〈表6〉或いはその延長表使用開始が検査等で遅れてはならないので再圧を優先する。その場合には神経学的検査等を再圧室内で行うべきであろう。大事なことは圧気作業場の再圧室で空気による救急再圧をスタートさせないことであり、病院での再圧治療を確保出来ず、かつ現場においても医師立ち会いの上で〈表6〉を行う手段が見つからない場合の最悪事態の選択として空気による救急再圧を位置づけるべきである。

参考文献

- 1) 厚生労働省：労働安全衛生規則，第89条の2，安衛法便覧，2004
- 2) 眞野喜洋：圧気作業下での潜函病とその対策，基礎工，30-37,1992
- 3) I. Nashimoto：Decompression of compressed air workers in civil engineering, In, Proceeding of an international working party held at the Ciba Foundation, 217-218, London,1965
- 4) 眞野喜洋(編著)：潜水医学，147-157, 194-199. 朝倉書店，1992

- 5) 眞野喜洋，山見信夫，芝山正治：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，厚生労働科学研究費：公募課題H-16-労働-9, 2005
- 6) 眞野喜洋：健康の概念，スタンダード公衆衛生学(眞野喜洋，編)1-3, 文光堂，2002
- 7) Rie Tomonoh：Health guidance intervention for fisherman divers - Measuring the effect on lifestyle and health status. (潜水漁業者に対する保健指導方法に関する研究)，平成16年度東京医科歯科大学大学院保健衛生学研究科博士(前期)課程学位論文集，17, 1-7. 2005

注) HBO：Hyperbaric Oxygen Therapy・高気圧酸素酸素治療の略。高分圧酸素を用いる治療法で、減圧症治療の再圧治療も高気圧酸素治療の範疇に入る。

2. 本邦減圧要領の変遷調査

本節の構成を以下に示す。

- 2-1 日本の圧気工事黎明期（1900年代前半）の減圧要領
- 2-2 最初の高気圧作業関連の法規制施行（1937年・昭和12年）
- 2-3 法規制の改正と労働安全衛生法施行（1947年）
- 2-4 高気圧障害防止規則施行（1961年）と高気圧作業安全衛生規則（1972年）

2-1 日本の圧気工事黎明期（1900年代前半・最初の法規制施行直後まで）の減圧要領

2-1-1 まえがき

減圧を理論的に解説し、定量的に扱う方法は、1907年に英国のJ. S. Haldane（ホールデン）教授が提案した。当該理論では、一定の圧力において減圧停止を行い、所定の時間を経て次の減圧停止圧力に向うと言う階段式減圧法であった。圧気工法を日本人技術者が初めて手がけた1902年当時は、その過渡期にあった。本章では、その時期と国内で潜函（ニューマチックケーソン）工事が初めて施工された1925年（永代橋基礎工事）代の圧気トンネルや圧気シールド工事も含めて公開された工事誌等が紹介している減圧要領、さらには我が国で最初に制定施行（1937年11月）された圧気工事関連の法律「内務省令 第41号・土木建築場安全及衛生規則・昭和12年（1937年）9月30日発令」までの状況（丹那トンネルでも適用）を調査している。調査結果は、定性的な減圧症発症機序や体験から導かれた減圧要領の簡単な解説域にとどまっていたことと、Haldane理論が紹介されていなかったことを教えてくれた。

2-1-2 横浜港・税関岸壁工事[潜水函工事・明治35年：1902年]の減圧要領

参考文献：横浜税関海面埋立工事報告（大蔵省 臨時税関工事部：明治39年3月）

(1) 潜水函工事の概要

注）潜水函：高気圧作業安全衛生規則第七条記載の用語「潜鐘」と同じ施工要領を採用していた。この工事はわが国において初めて施工された本格的な圧気作業で、大蔵省が事業を執行した。工事位置は現在の横浜港赤レンガパーク付近の岸壁である。



図 2-1 本邦初の圧気工事施工位置

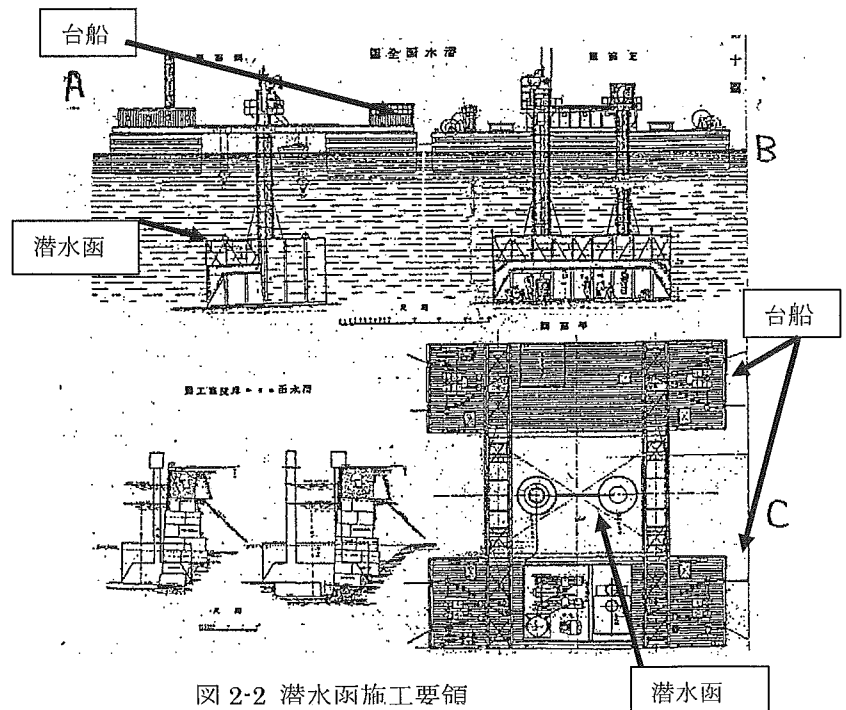


図 2-2 潜水函施工要領

図 2-1 は施工位置の現況である。

圧気作業の設備として潜水函が用いられた。この用語は高压則で用いられている用語「潜鐘」に該当する。図 2-2 は出典(表記参考文献)記載の図を一部改変した潜水函の施工要領図である。施工要領解説は以下に譲る。

横浜港・税関岸壁の工事規模は水深 9.6m 岸壁(岸壁名称)・延長約 223m、水深 8.4m 岸壁・延長約 275m の海底掘削と基礎築造等であった。なお、岸壁と横浜市内間に架橋された万国橋の基礎は直接基礎であった。潜水函は、平面形状が矩形で、平面寸法 10.8×7.2m、作業室高さ 1.98m、下室高さ 1.98m、上室高さ 2.1m、総重量 247 トン(鋼殻重量 63 トン、コンクリート重量 184 トン)であった。工事の中心となった潜水函操作原理を以下に示す。

海中において沈降や上昇が自由に制御できるように 2 隻の台船からワイヤーロープで吊られたニューマチックケーソンの作業室(気閘・エアロックや縦管・シャフトなども艀装済み)のみを想定する。海底に沈降した作業室内に圧縮空気を送り岸壁基礎部掘削の後に基礎コンクリートを打設する。次に潜水函を少し浮上させて、岸壁基礎より上方の岸壁を構築する。構築と沈降浮上の繰り返しにより、上方継ぎ足し工事が干潮時の大気中で行える状態になると、満潮時に次の施工箇所へ移動(約 3 時間)して同様の工事を続行する。図 2-2 の A は 2 隻の台船の間で海底に到着した潜水函の状態、図 2-2 の B は台船間で見た側面図である。図 2-2 の C は平面図である。平面図の左側の図は岸壁基礎掘削断面、岸壁本体完成状況と潜水函の作業状況を重ね合わせた図である。台船搭載の蒸気機関、発電機やコンプレッサーを用いて製造した圧縮空気が潜水函に送られた。潜水函は作業室の天井が 2 重になった鋼殻で、下室の一部にコンクリートを充填して安定をよくしていた。上室は浮上・沈降の操作で使用するバラストタンクで、圧縮空気の送気により荷重水排水を行った。

(2) 圧気作業及び減圧の要領

工事報告書によれば、水深 33 尺(約 10m)での高気圧作業(作業気圧約 0.1MPa 強:ゲージ圧 16psi)を 1 方あたり 6.5 時間(純労働 6 時間、加減圧時間合計 0.5 時間)で行い、大気圧帰還までの総減圧時間を 15 分以上(加圧時間 15 分)としていた。また、昼夜連続送気により 1 日当たり 4 交代作業とし、作業員の交代は函内交代方式であった。減圧方式は明記されていないが、同報告書 461 ページ記載のニュアンスは漸降式減圧法である。

ゲージ圧 16psi の高気圧作業従事者は 368 人の検査を行い、122 人が合格したものの函内労働者中健康であった者は 103 人であった。耳鼻疾病など健康を害した 19 人の 15 人が治療により全治した。5 人は函内労働に堪えられなかった。

(3) 圧縮空気呼吸が人体へ与える影響への認識程度

工事報告書 461 ページ「圧縮空気と衛生」は、表現を現代文で表記すると以下の記述になっており、これらが当時の圧縮空気と人体への影響程度に係る認識程度を教えてくれる。

「本函使用の水深では圧縮空気の圧力が 16psi 以内(2 絶対気圧強)なので、人体に及ぼす影響が著しくないといっても、函内における感覚は、

- ①外気より気閘室に入り、圧縮空気を導くこと約 15 分で室内空気ならびに人体各部の空気は函内と同気圧に変わり、この変化に伴い身体は温度と湿気を感じ、鼓膜は外部より圧迫を受けて少し耳痛を覚え、ときどき聴感が鈍くなる。それで、耳鼻咽喉が不健康な者は圧縮空気の影響を受けることが避けられない。とくに中耳が不健全な者は、激しいオースタシャン管狭窄となる。眞野・注) オースタシャン管:耳管(eustachian tube)
- ②函内にあつては圧縮空気の供給が多いため心身爽快になるものの、陸上にいるよりも少し疲労する。
- ③気閘室より外気に出る際は室内の圧縮空気が外部に逸出するため容積が膨張し、それがもっている水分が濃霧となってこのとき体内各部の圧縮空気もまた急に膨張散逸して寒気を覚え、体内より気体の発散を伴う。この換気時間が短いと、卒倒する症状も出るので 15 分以上と定めた。
- ④出函時には一層寒く感じとくに冬季には感冒にかかりやすい。」

函内温度は冬季 13℃、夏季 28℃で、湿度は 80~90%であった。

2-1-3 韓国（当時、現・朝鮮民主主義人民共和国）清川江架橋基礎工事(1908年11月)

参考文献：韓国清川江架橋工事報告・小野 深著（鉄道技術協会報 第11巻第3号）

(1) 潜水函工事の概要

中国大陸における鉄道路線・京義線が清川江を横断する川幅約800mに架橋された橋梁の10号橋脚から19号橋脚までの10基の基礎をニューマチックケーソン工法で施工した。

この工事は日本人技術者（南満州鉄道㈱）が国内外で初めて担当した潜水函工事で、次章紹介の鴨緑江架橋工事に先立つ試験工事であった。横浜港・税関岸壁工事で使用した設備の大部分を転用した関連で、当該工事報告書でも「潜水函」の用語が使われていた。英国は中国大陸の鉄道建設に伴い、潜水函（潜水・ニューマチックケーソン）工事を多数手がけており、そこで熟練した作業員・楊国東らが英国技師の推薦を受けて間組に採用された。

本章は疫学学的調査のため「間組百年史」に詳述されている工事解説を割愛する。

(2) 潜水函内衛生：圧縮空気呼吸が人体へ与える影響への認識程度

工事報告書244ページ「第6章 潜水函内衛生」は、表現を現代文で表記すると以下の記述になっており、これらが当時の圧縮空気と人体への影響程度に対する認識程度を教えてくれる。

1) 潜水函に基づく疾病

「圧搾空気の人体に及ぼす影響はその気圧の高低により差異があるというけれども、先ず入函時における一般の感覚は、

第一に外気より空気気閉室に入り、圧搾空気を導くにしたがい室内の空気ならびに人体各部の空気は漸次函内と同気圧に変動する。この変動に伴い、人体は温度と湿気を感じ、鼓膜が外部より圧迫させられて耳痛を覚え、次第に聴感を鈍くする。この感覚は耳鼻咽喉の不健全な者、とくに中耳が健全でない者またはオースタシャン管の狭窄している者に甚だしい。また、多少呼吸回数が減少し、呼吸に際して胸が拡張することが少なく脈数が減少する。

第二に、函内にいると心身爽快となるが高気圧なので陸上よりも疲労が早い。空気閉から外気に出るときの感覚は体内各部の圧搾空気が次第に膨張するので、多少寒気を感じる。

もし、高気圧中から急に平気圧に出るときは鼻から出血し、耳は聞こえなくなり、目は 暈み（ぼかみ）、呼吸が逼迫する。激しい場合にはときどき卒倒し、あるいは四肢関節に痛みを覚え、筋肉に痙攣をおこすことがある。そして、顔色が青ざめ、心臓はどきどきし、脈拍不同あるいは停止する。これらの徴候は、潜水函の深さが増すにつれかつ函内労働時間が多くなるにしたがって表れる病的症状なので、とくに出函時には気圧の急激変化を受けないよう注意しなければならない。すなわち当該工事の最深潜水函では水面下58尺（約17.4m）函内気圧29psi約2気圧に近かったけれども病的現象を惹起した者は殆どいなかった。潜水函の出入りに際して、相当の注意をすれば30psi程度の気圧までは衛生上重大な影響はないと思う。

2) 潜水函疾病原理

①入函の際、鼓膜を押し付けられ耳痛を感じるのは人体内外の圧力が均衡していないためによる。圧力均衡はオースタシャン管という細い管によって保たれる。この管は鼓膜の内側より咽頭扁桃腺の後方に達して鼓膜の内側と外気とを連絡する極細の管で、当該管の狭窄あるいは閉塞は直ちに鼓膜内外の圧力不均衡の要因となるので耳痛を感じ、聴感を鈍くする。

②出函の際に伴う疾病いわゆる潜水函病（原文のまま）は圧搾空気中において人体の血液ならびに組織内の液体中に多量のガスを飽和（原文のまま）する。この飽和したガスは出函時に圧力が減少するので一時に泡起する原因となる。ガス量は圧力の多少、作業時間の長短、及び圧力減少速度に関係する。泡起ガスは血管を圧迫し、

血液の循環を止め、心臓の鼓動作用を阻害し、脈拍を止め、肺及び幹神経系などに塞栓を生じさせる。すなわちガス泡起のため脊髄内を圧迫するときはマヒ及び痙攣をおこし脳内におこるときは知覚を失い、内耳中管におこるときは呼吸困難となり、関節及び筋肉内におこるときは関節の痛みまたは筋肉の痙攣を生ずるときがある。なお、出閘に際し、寒気を覚えるのは空気膨張のため人体表皮より熱がとられるためである。

③潜水函疾病の予防：減圧は漸降方式

入函の際、鼓膜を押し付けられ耳痛を感じる時は鼻をかみ、口中にて息みオースタシャン管を開くことによって内外の圧力を均衡にすれば耳痛をおこさず聴感を回復し不快を感じることはない。出函の際に伴う前記諸種の疾病を防ぐ第一の方法は減圧時間（原文のまま）を長くすることにある。減圧時間を長くするときは減圧の際、泡起するガスは漸次人体表皮より放散するので血液内で遊離するガス量が極めて減少し、したがって前記諸病に罹る恐れが少なくなる。専門家は減圧時間を長くすれば決して潜水函病に罹ることはないと言っている。減圧に要する時間は専門家によりその所説を異にするけれども、普通1気圧につき10分ないし15分をもって適当としている。気圧1psiに対し1分を要するとしておけば大きな誤りはなさそうである。作業時間を短縮するときは人体中に飽和するガス量が少ないので、前記諸病をおこすことは少ない。この作業時間も専門家それぞれにより所説が異なるが、通常下記の表2-1に示す時間で安全とすることがかれらの見解は一致している。

表 2-1 1908年当時の一般的な高気圧作業時間

気 圧	1気圧	2気圧	3気圧	4気圧	5気圧
作業時間	6時間	4時間	4時間	3時間	2時間

これらは、いずれも医学面から評価した専門家の所説であるが、当・清川江工事では函内作業を本業としているいわゆる専門的函内人夫でもあることとかれらの要望（賃金）もあって、表2-2の高気圧作業時間を採用した。

表 2-2 高気圧作業要領：清川江架橋基礎工事と高圧則の対比

作業気圧	15psi (約 0.10MPa) まで	15~29psi (0.10~0.20MPa)
作業時間	12時間	8時間
参考：高圧則	6時間	4.5時間 (0.2MPa)

通説を超えた、上記の作業時間であっても「然も、何ら病的現象を惹起せるものなかりし。労働者としての清国苦力又恐るべき哉。」

なお、ある専門家は、函内の炭酸ガス量が多いと前記疾病に罹患しやすいので、減圧の際、血液より泡起するガスは主として炭酸ガスであるという説をもっており、それで函内への圧搾空気送気量を多くし、換気量を増大させた。

④救急再圧

もし、急に減圧したために潜水函病に罹ったときは出函後直ちに再び空気閘に入れて圧搾空気を導入した後、徐々に減圧を行う。この再加圧は泡起ガスを溶解させるので潜水函病を快癒させる。出函後は静穏に休息させる。急激な労働は体内飽和ガスを一時に発生し潜水函病になる。

2-1-4 鴨緑江橋梁工事（明治 42 年：1909 年）の減圧要領

参考文献：鴨緑江橋梁工事報告・山田亀治著（鉄道技術協会報 第 14 巻第 1 号）

当該工事は中華人民共和国と朝鮮民主主義人民共和国の国境を流れる鴨緑江に架橋された鉄道橋の基礎工事であった。12 基のケーソン設置は栈台からの吊り下ろし方式が主であった。工事規模の詳細な報告は省略し、減圧に関連した事項を中心に紹介する。

この工事における最高作業気圧は 26psi \approx 0.18MPa で 12 時間労働も行ったとある。報告書では減圧表を紹介していないが、欧米の減圧要領や横浜税関工事担当者の意見を参考にしたことを記述している。『 』内に示すような減圧に関連した事項を紹介しているが、下線部は減圧方式として漸降式減圧法の採用を示唆している。また、再圧理由や要領も認識していた。

なお、原文は句読点の少ない文のため、読み難いので、執筆者が適当に句読点を挿入した。

『出函の際に伴う前記諸種の疾病を防ぐ第 1 の方法は減圧時間を長くするにあり、減圧時間を長くする時は減圧の際泡起するガスを漸次人体表皮より放散するを以って血液内に遊離せるガスの量極めて少なし。したがって前記諸病に罹る患少なし。ある専門家は減圧時間を長くせば決して潜水函病に罹ることなしと断言せり。減圧に要する時間は専門家によりその説を異にすれども普通 1 気圧につき 10~15 分を以って適度となすに帰するが如し。潜水函労働に慣るるにしたがい、労働者は一般に出函時間を短縮する傾向を有するも、この結果潜水函病に罹り易きを以って注意すべし。次に作業を短縮する時は人体中に飽和するガスの量少なきを以って従って前記諸病を起すこと少なし。この作業時間も各専門家によりその所説を異にすといえども下のごとき時間をもって安全なりとするに一致せるがごとし。』

.....	1	2	3	4	5
時間	6	4	4	3	2

また、一般的な注意として以下の事項を勧告している。

『 前述の如く潜水函病は主として減圧時間の短少なるに基因するものなるを以って出函時間に厳格なる規定を設け、労働者をして決してこの規定を破らざらしむべし。若し出函の際、急に減圧したるため潜水函病に罹りたる時は、出函後直ちに再び空気間に入れ、圧縮空気を導入した後、徐々に減圧すべし。然る時はこの再加減は泡起ガスを溶解せしむるを以って潜水函病を快癒せしむることを得。入函中はなるべく身体ならびに衣類を潤さざらしむべし。若し、水気を帯ぶる時は出函の際、感冒に罹り易きのみならず、疲労すること大なり。したがって函内使用の肌着はフランネル又は毛織物を用いふを最良とす。出函後はなるべく静穏に休息せしむべし。出函後、急に労働するときは体内の飽和ガスを一時に発生し、潜水函病に罹る虞（おそれ）あり。出函後静かに温浴を行うときは、疲労を減じ得、又コーヒー、紅茶或は少量のウイスキーを用いる時は神経を興奮し、潜水函病を防ぎ得べし^注。』

注) 清川江工事や鴨緑江工事は英国の技術指導を受けた作業員を使用した。帆船時代の英国海軍では、当直明けに水兵に grog（ラム酒などアルコール度数の高い酒）を支給していたので、減圧後のウイスキー支給もその名残と推測するが定かでない。次項で紹介する永代橋工事は米国の技術指導を受けたので、減圧終了後は「直ちに休養所に赴き、入浴し身体を摩擦し、入浴後温かきコーヒーを飲み 1 時間半以上休養すべし。3 時間以上の後でなければ遠出をしないこと。」という管理方針であった。

本調査において各種資料収集に協力した俣白石の社員によると、広島県・福山市で施工した国鉄・芦田川橋梁改築工事（1972 年）では、監督員が地耐力試験に立ち会うため入函した後で、工事担当の元請所長が入函証明の押印をしたことを聞いた。当時でも 1 回の入函につき特別手当て（ウイスキー手当て？）が支給されていたとかの話である。

2-1-5 永代橋基礎工事（大正14年4月～8月：1925年）の減圧管理

(1) 土木技術者の報告

工事担当の土木技術者は作業気圧と掘削時間を報告しているが、減圧表を記述していない^{註)}。米国から導入した作業時間表は現場試験を経て日本型（下表参照）に変更された。

作業気圧	0～24psi (0～0.16MPa)	24～35psi (0.16～0.24MPa)
労働	(連続4h×2+休憩0.5h)/日	(連続3h×2+休憩1h)/日

[出典：土木学会誌・1927年10月、永代橋基礎工事概要・釘宮 磐、森田三郎]

(2) 永代橋工事担当医師が紹介する減圧管理と減圧症関連の記述

1) まえがき

日本国内初施工のニューマチックケーソン工事は東京・永代橋下部工事（大正14年4月～8月：1925年）であったが、工事に際して作業員の健康管理や減圧症治療を担当した故 守口武次・医学博士は日本内科学会誌（昭和4年10月・17巻7号及び第8号）に「隅田川架橋潜函工事医務概況」や『永代、清洲両橋架橋「ケーソン」工事中発生せし「ケーソン」病に関する諸研究（以降、守口論文・1及び2と略称）を発表して減圧要領と減圧症発症状況等を紹介した。本報文では、守口論文の概要を紹介する。

本節第2項「2」守口論文の一部紹介」は、縦書き・漢字カタカナ混じりの文語体や圧力単位表示・封度（ポンドと読み、psiのこと・ポンド/inch²：14.7psi≒0.1MPa≒ゲージ圧1気圧）で記述された原文の一部紹介である。数値14.7は海水圧相当値14.22×1.03≒14.64のこと。

第3項・3)～第8項・8)は、現時点で読み難い原文を現代文表記に要約改変するとともに、土木技術者（釘宮 磐、森田三郎）が執筆した「永代橋基礎工事概要」（土木学会誌・1927年10月）で未記載の高気圧下作業時間設定経過や減圧要領なども紹介した。第9項は窒素分圧の経時変化図である。合わせて、高圧則・別表一第1のそれも併記して減圧の今昔を概観した。特筆すべきことは圧力14psi、5時間で両手関節のベンズが1件報告されていることである。

2) 守口論文の一部紹介（原文：最初の2ページ・句読点共原文表記のまま）

覆工局ガ隅田川ニ六橋ヲ架設スルニ當リ永代、清洲両橋ハ其ノ地盤不良ナルヲ以ッテ曾テ我國ニ行ハレザリシ潜函ヲ以ッテ工事ヲ行フコト、ナリ之ニヨリテ起コルベキ壓搾空気病ノ豫防竝ニ治療ヲ眞鍋教授ニ委嘱セラル。依テ余ト渡邊、酒井兩學士ノ三名ハ其ノ指導ノモトニ專ラ其ノ任ニ當ルコト、ナリ大正十三年十一月十三日ヲ以テ其ノ従事員ノ體格検査ヲ開始セリ。

中略

労働時間協定 釘宮所長竝ニ森田技師長ト最初ニ於テ壓搾空気内労働時間ニ付キ協議セシガニューヨークノ規定ヨリモ内輪二次ノ如ク之ヲ行ハントセリ。

〇——十八封度	八時間
十八——二六封度	六時間
二六——三一封度	四時間
三一——三九封度	三時間

然ルニ之ガ實際ニ當リテハ其ノ労働時間ヲ工事進行中ニ於テ短縮變更スルコトノ實現ハナカナカ困難ニシテ永代橋第一潜函ニ於テハ作業ノ都合上八時間労働ヲ最後迄遂行スルノ止ムナキニ至リシガ爲メニ潜函病比較的多数發生セシヲ以ッテ之レ以後ハニューヨーク規定ニヨリテ交代ヲ行ハシメル様會議實行セリ、即チ

〇——ニニ封度	八時間
ニニ——三〇封度	六時間

實際ニ於テ三〇封度以上ノ高壓ニナルコトハ極少時間ナルノ推定ヲ得タレバ之レ以上ハ出入ノ時間ニ由リテ在函時間ヲ短縮シ作業ノ進捗ヲ妨ゲザル様實行セラレタリ。

減圧法 減圧法ハ平等減圧法ト階段式トノウチ理論的竝ニ歐米ノ成績トニ徴シテ階段式ヲ採用シ其ノ速度竝ニ方式ヲ別表ノ如クセリ。 後略

上記点線部の事例説明がない。
別表として原文末尾に図-2-3が記載されていたので転載する。図 2-3 の見方の解説はないが、以下のような取り扱いをしたと推測する。図は 25 封度(psi)滞在 3 時間の場合で、3 時間の業務間ガス圧減少時間を設けて再度入函し、3 時間後に同じ要領で減圧した。減圧速度と減圧停止圧での停止時間は図からスケールアップにより 25~20psi の減圧は 2 分、20psi での減圧停止は 6 分、以降 5psi 毎の減圧は各 2 分（速度換算 2.5psi/分）で、停止はそれぞれ 4 分と 3 分と読み取れ合計 26 分を得る。作業気 20psi では該当気圧から同様の手順で減圧したと推測する。

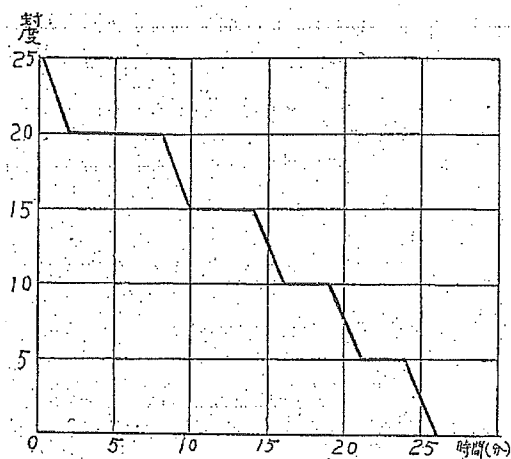


図 2-3 永代橋下部工事の減圧要領
出典：「隅田川架橋潜函工事医務概況」守口武次
日本内科学会誌（昭和 4 年 10 月・17 卷 7 号 633 頁）

3) 永代橋下部工事の作業員選定経過：体格検査等

① 作業員選定に係る健康診断要領の要約：検査要領等の要約を表 2-3 に示す。

表 2-3 永代橋工事における作業員選定に係る健康診断要領の要約

項目	着目事項	採否判定基準
年齢	18 歳～40 歳まで	
遺伝 病歴	脳溢血と肺結核 循環系統、呼吸器、泌尿器 泌尿器、脚気、脱腸、痔疾	参考にとどめる 皮下脂肪過多は除外
現症状	胸部疾患、動脈硬化 血圧 尿検査 レントゲン検査 ワ氏反応 耳鼻	不合格 水銀柱 140 以上は不合格 腎炎や糖尿病は不合格 大動脈炎ある者は採用せず 陽性で顧慮すべき病変ありは不採用 下記の者を除外 鼓膜欠損、癒着癒痕、同萎縮 蓄膿症、オツエナ、欧氏管不通

② 検査結果の要約

検査結果は受検者 433 人で合格者 208 人（90 人が実働）となった。内訳を表 2-4 に示す。不合格者数と疾患者数合計の数字が一致しないのは疾患重複と推測する。

表 2-4 検査結果：疾患者数

循環器疾患	呼吸器疾患	血圧亢進	腎炎・糖尿病	耳鼻疾患	脂肪過多	神経系統	その他
30	11	38	35	129	19	4	8