

ヘリオックス及びナイトロックス飽和潜水時の ダイバーの自覚疲労と手腕作業効率

他谷 康^{*1} 永嶋 秀敏^{*2} 毛利 元彦^{*1}

ヘリウム・酸素 (heliox) 及び窒素・酸素 (nitrox) の混合ガスを用いた飽和潜水模擬実験を3回実施し、高圧及び高圧閉鎖環境が快適な住居空間となっているかについて、ダイバーの自覚症状調査及び手腕作業能力より検討した。3気圧潜水実験ではnitroxを使用し、24気圧及び31気圧での潜水実験ではhelioxを用いた。自覚症状調査は、24気圧及び31気圧の実験で行い、手腕作業能力は、ボールベアリングテストと差し替え検査を3実験で実施した。自覚症状調査の結果では、一般の職場環境の疲労調査結果と同様であった。手腕作業能力は、31気圧への暴露時において差し替え検査で30%、ボールベアリングテストで28%の作業効率の低下が認められた。しかし、保圧後3～5日目から回復が認められ、高圧環境への適応が示唆された。3気圧でのnitroxの実験では、作業効率に顕著な影響は認められなかった。本実験の結果、手腕作業効率の低下と身体的な疲労の訴えが加圧時のみに認められたが、閉鎖環境での長期間に渡る生活でも、不快感の訴えは認められず、ダイバーは高圧環境にも数日で適応できることが示唆された。

キーワード：ヘリオックス、ナイトロックス、疲労、作業効率、飽和潜水

Subjective signs and symptoms of fatigue and manual work efficiency at the Heliox and Nitrox Saturation Diving

Yasushi TAYA^{*3} Hidetoshi NAGASHIMA^{*4}
Motohiko MOHRI^{*3}

We carried out three simulation diving experiments which used a mixed gas of heliox (He-O₂) and nitrox (N₂-O₂), and discuss the effect of pressurization and amenity of the hyperbaric chamber on the manual dexterity, fatigue and psychological stress of divers. Four divers exposed to 3 ATA with nitrox for 6 days and 24 and 31 ATA for 7 days with heliox respectively. We investigated subjective signs and symptoms of fatigue using a questionnaire in 24 and 31 ATA experiment. Work efficiency of fine manual dexterity was measured using a ball-bearing test and manual dexterity test. Physical and mental fatigue

*1 海域開発・利用研究部

*2 国土館大学 体育研究所

*3 Coastal Research Department

*4 Kokushikan University, Institution of Health, Physical Education and Sports Science¹⁾

showed that there were more claims in the morning than in the evening through the all experiments. Work efficiency decreased about 30% in the manual dexterity test and 28% in the ball-bearing test during compression to 31 ATA. However, there was a recovery to 100% efficiency after 3 to 5 days exposure at 31 ATA. The divers seemed to adapt to the hyperbaric environment. In the 3 ATA experiment, work efficiency of divers was not changed. Sleep deprivation and tiredness were reported by divers throughout the experiment. However, these divers did not complain of discomfort while living in the closed space of the hyperbaric chamber. The results showed that initially manual dexterity and physical fatigue were effected by compression process, but the divers were able to adapt to the hyperbaric environment.

Key Words : heliox, nitrox, fatigue, work efficiency, saturation diving

1 はじめに

海中での作業や調査・研究を行う場合、潜水深度や目的に応じて潜水方法や呼吸ガスは異なってくる。例えば、サンゴ礁や漁礁等の比較的浅い深度では、圧縮空気や窒素と酸素の混合ガス（ナイトロックス）が主に用いられる。しかし、水深40m以深では空気中に含まれる窒素ガスが麻酔作用を引き起こすことから、窒素の代わりにヘリウムガスを利用したヘリウムと酸素の混合ガス（ヘリオックス）が使用される。

当部では、沿岸から水深300mまでの海洋開発に必要な先行的・共通的技術の研究開発として、2週間から1ヶ月にわたる高圧閉鎖狭隘空間での長期間の飽和潜水時における、研究者やダイバーの医学・生理学的な適応現象、精神的あるいは心理学的な影響及び作業遂行能力について研究を実施している。

本研究では、高圧・閉鎖・狭隘となる高圧居住室（チェンバー）の快適性について、ダイバーの身体的・精神的な疲労感を中心とした自覚症状調査及び手腕作業検査を実施し、通常とは異なる特殊居住環境がダイバーの疲労回復の場となっているか、簡単な手腕作業に対するモチベーションを維持させることができるか、また快適な居住空間となっているか等についての評価資料を疲労調査手法により取得し、高圧居住環境の改善策を明らかにすることを目的とした。

疲労調査手法としては、アンケート方式の自覚疲労調査や作業パフォーマンステストによる機能検査が良く知られている。疲労の問題について大島²⁾は、「疲労現象は人間を理解する上で極めて大切であり、特に生活し、活動し、労働する人間を理解する上で不可欠である」と述べている。また、小木³⁾は、「ある活動をそのまま続

ければやがてへばり、休めば回復すると予測できるかたちでおこる体内変化であって、それによって活動自身にもそれとわかる変化を伴って休息を求めている状況」と定義している。疲労現象は、生体の生理機能や運動機能の変化、主観的な疲労の訴え、作業能率の低下、及び休息要求を手掛かりとして捉える事ができると考えられている。また、手腕作業については、疲労調査の指標だけでなくヘリウムと酸素の混合ガス（ヘリオックス）を使用した大深度潜水において、高圧神経症候群（HPNS）の発症と深く関わっていることが、1970年代以降数多くの報告が出されている⁴⁾⁵⁾⁶⁾⁷⁾⁸⁾。HPNSの症状としては、顕著な振戦の発現や、注意力の低下がある。また脳波上の所見では、安静開眼状態においても、睡眠段階のステージIを現す θ 波が現れる。このような手腕作業の能率低下につながる手先の振戦や覚醒水準の低下は、海中作業を遂行する上で重要な問題となる。

Dive Profile (230m & 300m, He-O₂)

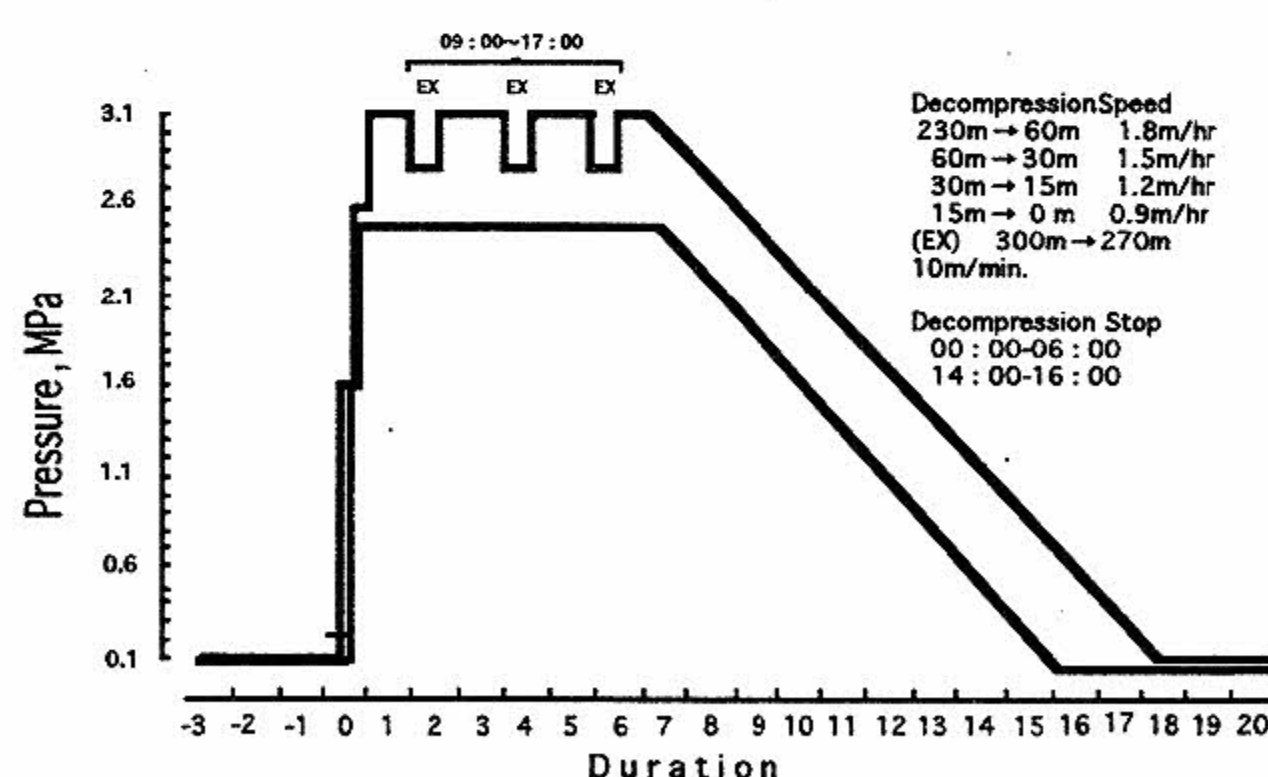


図1 230m及び300m飽和潜水実験プロファイル。

Fig. 1 Dive profile of 230m and 300m heliox saturation diving experiment.

2.1 高压环境暴露

300m相当深度(31ATA)圧力での保圧及び270m相当深度(28ATA)圧力へのエクスカージョン実験では、圧縮空気にて6.7m相当深度圧力まで1m/分で初期加圧を行い酸素分圧を0.35barとし、その後150m及び250m相当深度圧力で各々1時間の保圧時間を取りながら31ATAまでヘリウムガスにて加圧した。230m相当深度(24ATA)圧力への実験では、9.0m相当深度圧力まで初期加圧を行い酸素分圧を0.40barとした後、150m相当深度(16ATA)まで加圧、1時間の保圧の後24ATAまで加圧した。いずれの実験も、加圧速度は25m/hrとした。20m相当深度(3ATA)実験は、9mまで空気により初期加圧を行い、その後20mまで窒素ガスにて20m/hrの加圧速度で加圧した。

日本産業衛生学会・産業疲労研究会が1967年に改正した“自覚症状しらべ”のアンケート調査用紙⁹⁾に、HPNSの自覚症状項目を追加し、実験期間を通じて、午前と午後の2回、ダイバー自身の記入式で調査を行った。疲労に関する調査用紙の質問内容は30項目からなり、因子構造からみて疲労の症状はⅠ，Ⅱ，Ⅲの三群に分類されることが確かめられている。Ⅰ群は「ねむけとだるさ」、Ⅱ群は「注意集中の困難」、Ⅲ群は「局在した身体的異和感」の症状と考えられている。図2に使用した調査用紙を示した。

差し替え検査：差し替え検査盤（竹井製作所製）を使用し、各ダイバーの手腕、特に肩、上腕、肘関節、前腕、腕関節及び手指の総合的作業の能率について検査した。測定方法は検査盤に設けられた上部48ヶの穴にあらかじ

ボールベアリングテスト : Bennett and Towse¹⁰⁾ が用いたボールベアリングテスト装置とほぼ同じ装置を作成し測定を行った。作業は、9 mm ϕ のステンレス製のボールベアリングを長さ15cmのステンレス製のピンセットで一個ずつ摘みあげ、10mm ϕ の透明アクリル製の管（高さ30cm）に上から入れる方法とした。作業は利き手にて30秒間の作業を1分間の休憩をはさんで5回行わせ、管に入れた個数の平均値を求めた。また、管に入れる動作中の操作ミスの回数も計測した。

0: 症状なし
1: ほとんど自覚がないか又は極小
2: はっきり自覚できるが穏やかである
3: やや激しい
4: 非常に激しく作業困難

振戦(Tremor)	0	1	2	3	4
目まい(Dizziness)	0	1	2	3	4
吐き気(Nausea)	0	1	2	3	4
多幸(Euphoria)	0	1	2	3	4
関節痛(Arthralgia)	0	1	2	3	4
筋肉痛(Myalgia)	0	1	2	3	4
その他(Others)					
気付き事項を自由に記入してください					

図2 自覚症状アンケート用紙。
Fig. 2 Questionnaire sheet of subjective sings and symptoms of fatigue.

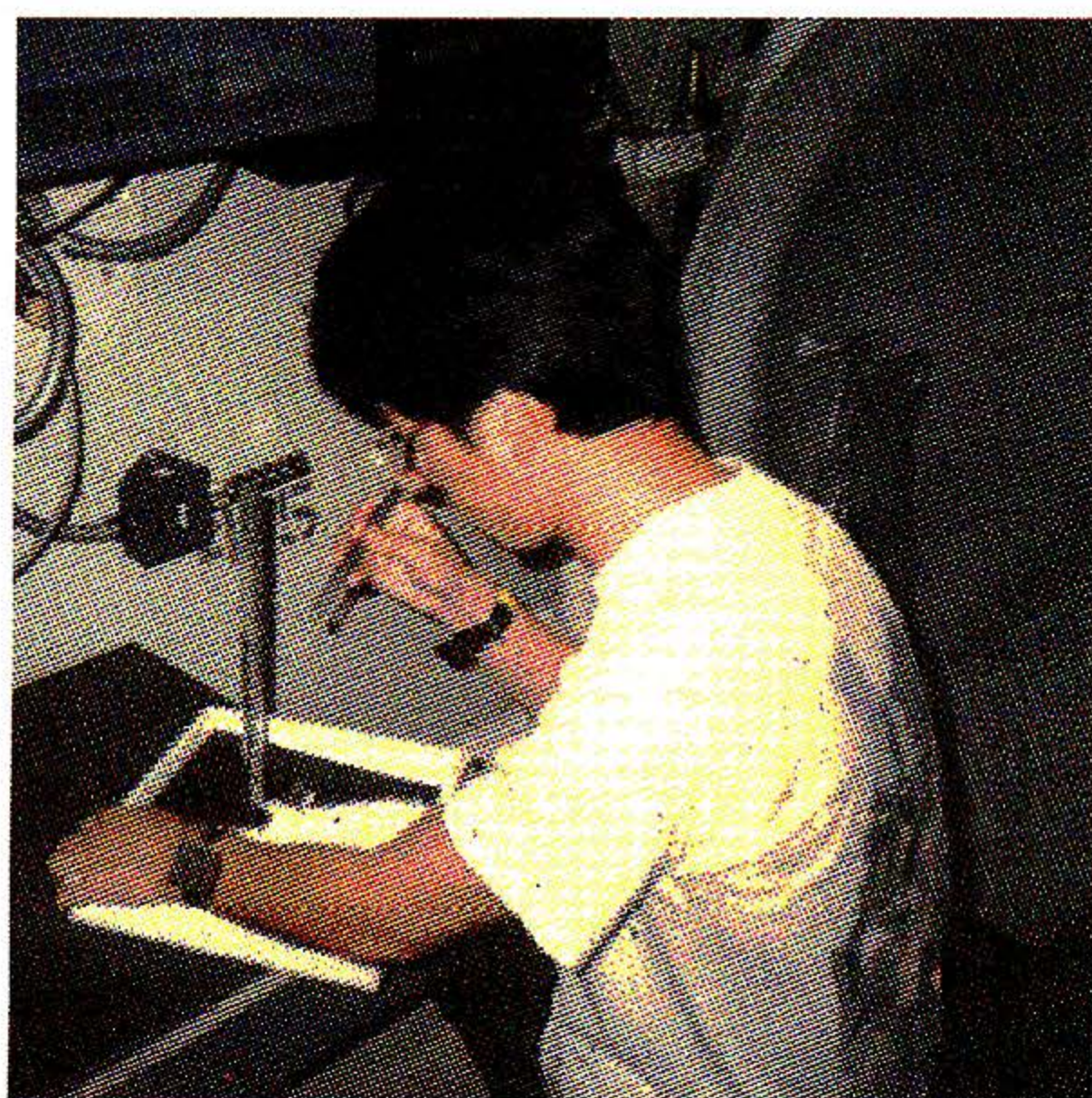
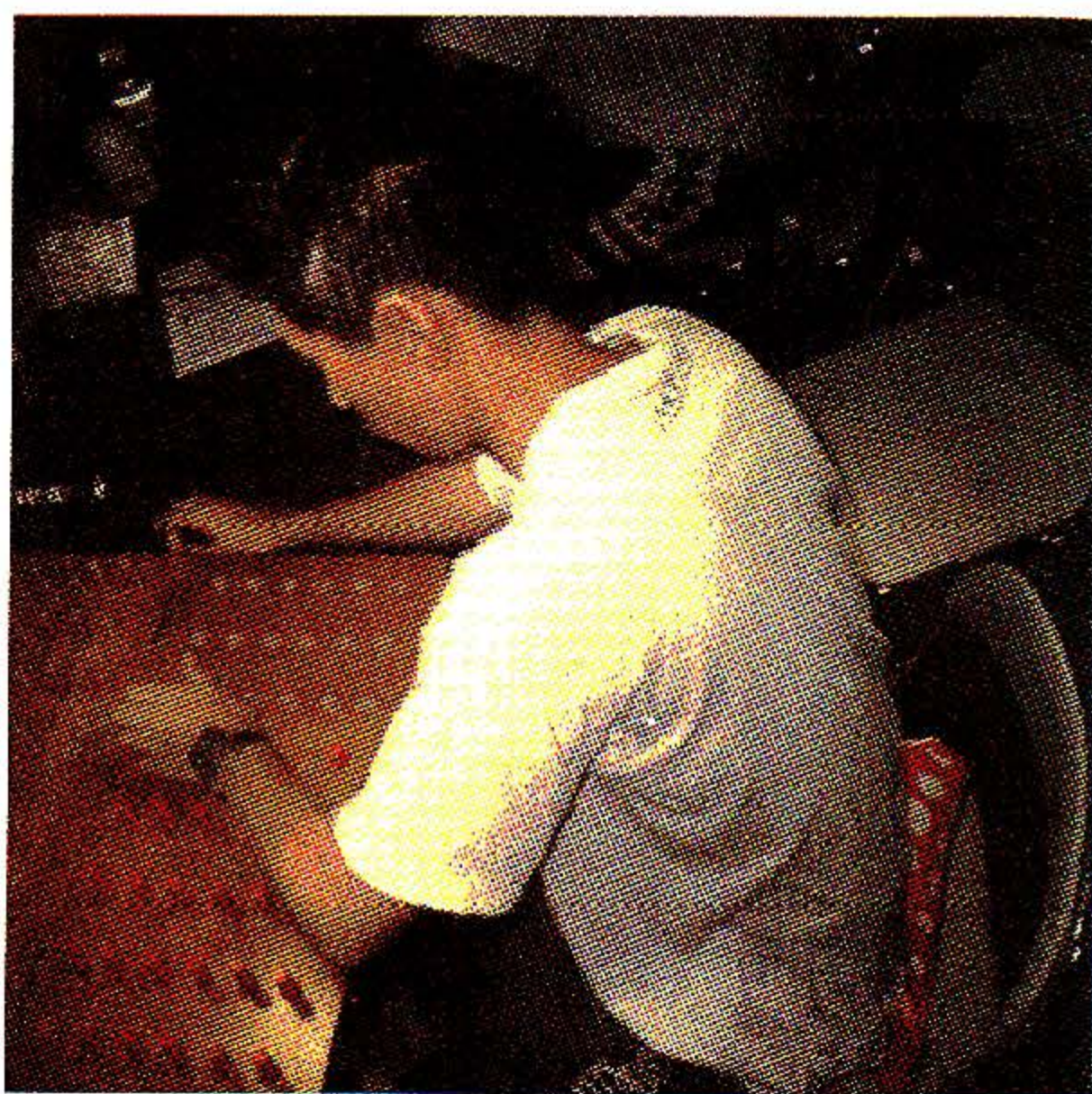


写真1 差し替え検査（左）及びボールベアリングテスト（右）
Photo.1 Peg in test (left) and ball bearing test (right).

3 結果

3.1 自覚症状調査

230m飽和潜水実験時における被験者4名のⅠ群、Ⅱ群、Ⅲ群の4名の平均の総訴え率を図3に示した。起床から1時間後の午前の調査時における、Ⅰ群の「ねむけとだるさ」を主とする訴えは、Ⅱ群の「注意集中の困難」やⅢ群の「局在した身体的異和感」よりも保圧期間では顕著な増加が認められた。また、減圧期間の中盤から事後観察期間にかけて10%から20%の訴え率が認められた。また、Ⅲ群も減圧期間の後半から徐々に訴え率は5%から14%程度の増加を示したが、事前観察期間から保圧中は5%以下の低い訴えであった。しかし、Ⅱ群について実験期間を通じて訴え率は3%以下と低く顕著な変化は認められなかった。

300m飽和潜水実験では、加圧日の午後の調査時が最も高い訴え率をⅠ群、Ⅱ群、Ⅲ群とも示した。特に、Ⅰ群の項目では午前の27%の訴え率に対し午後には50%と高い訴え率が認められた。また、午前の訴え率は保圧期間中にも30%から20%の訴え率で変化したが、午後の訴え率では10%以下の低い値であった。Ⅱ群については、実験期間を通じて2%から5%の訴え率が認められた。また、Ⅲ群については実験期間を通じて10%以下の低い訴え率があったが、午前の訴えよりも午後の訴え率が高くなる傾向であった（図4）。

自覚症状調査では被験者により個人差も認められた。

図5に300m実験時のⅠ群、Ⅱ群、Ⅲ群の被験者4名の午前の結果を示した。Ⅰ群では被験者Aが実験期間を通じて高い訴え率を示し、Ⅱ群では被験者Bが保圧期間から事後観察期間まで1人だけ10%から20%と高い訴え率を示した。Ⅲ群については、被験者AとCのみの訴えであった。

3.2 手腕作業検査：差し替え検査、ボールベアリングテスト

20mの差し替え検査とボールベアリングテストの4名の結果を図6と図7に示した。差し替え検査では、被験者により作業時間に差は認められたが、いずれの被験者も加圧による影響は認められなかった。ボールベアリングテストについても、30秒間の作業時間であったが、ボール個数に被験者で差は認められた。しかし、この手腕作業でも加圧による影響は認められなかった。

230m実験での差し替え検査とボールベアリングテストの結果を図8に示した。図に示した値は、事前観察期間の値を0とし、4名の被験者の平均の変化率を見たものである。差し替え検査については、保圧第1日目に4名の平均で10%（8%から17%）の作業時間の低下が認められた。しかし、その後は徐々に作業効率の増加が認められ、保圧後5日目には事前観察時よりも+5%レベルまで回復する被験者も認められた。ボールベアリングテストでも、保圧1日目に3名のダイバーは17%から19%の

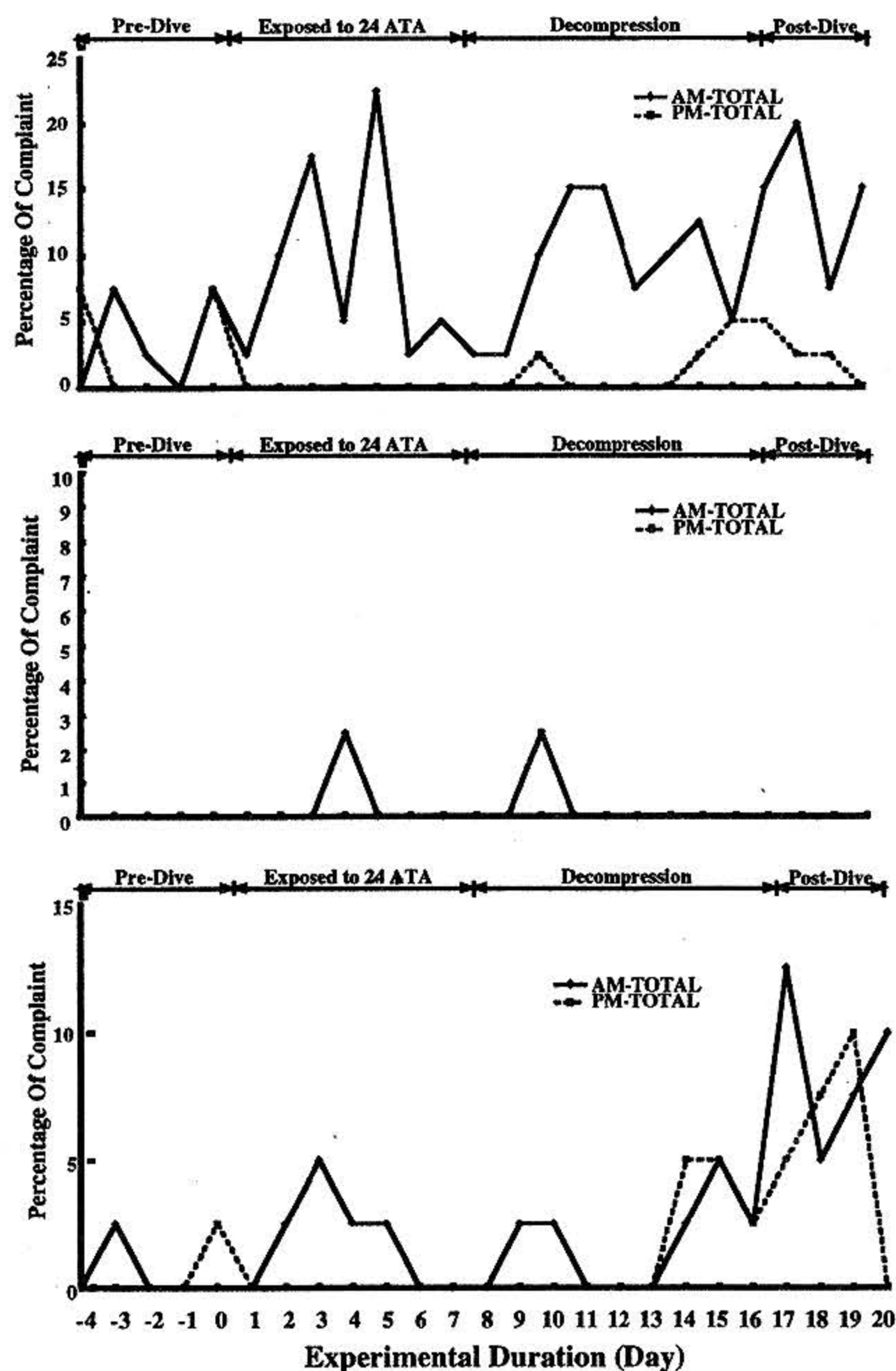


図3 被験者4名の230m飽和潜水実験時における自覚症状調査(上からI群, II群, III群)の午前と午後の平均訴え率

Fig. 3 Percentage of complaint about general fatigues (upper), mental fatigues (middle) and physical fatigues (lower) at the 230m heliox diving experiment. Each point is a mean of four divers at moning (AM) and evening (PM).

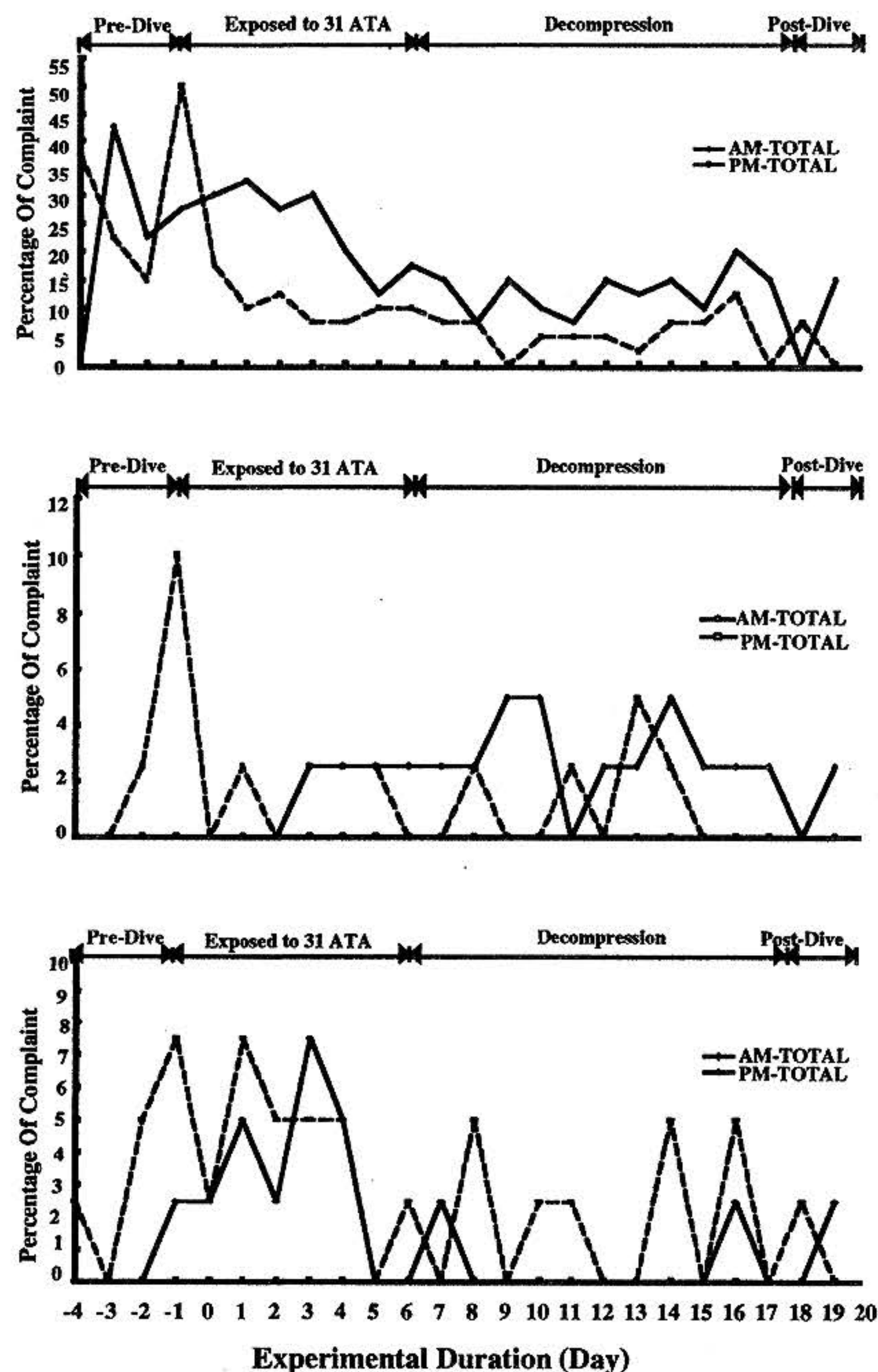


図4 被験者4名の300m飽和潜水実験時における自覚症状調査(上からI群, II群, III群)の午前と午後の平均訴え率

Fig. 4 Percentage of complaint about general fatigues (upper), mental fatigues (middle) and physical fatigues (lower) at the 300m heliox diving experiment. Each point is a mean of four divers at moning (AM) and evening (PM).

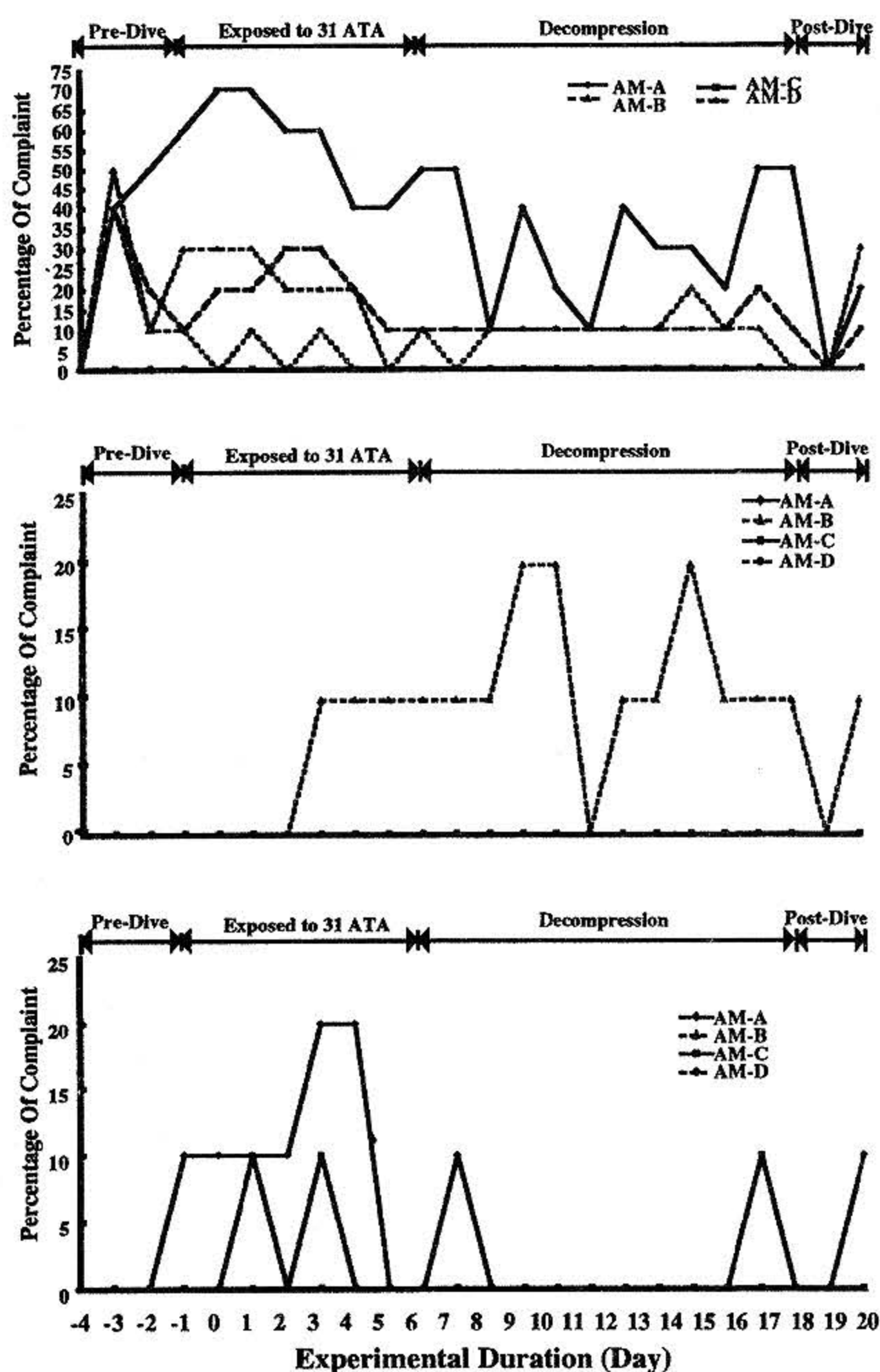


図5 300m飽和潜水実験時における被験者ごとのI群, II群, 及びIII群の平均訴え率

Fig. 5 Percentage of complaint about subjective signs and symptoms of general fatigues (upper), mental fatigues (middle) and physical fatigues (lower) at the 300m heliox diving experiment. Value is a mean of each divers.

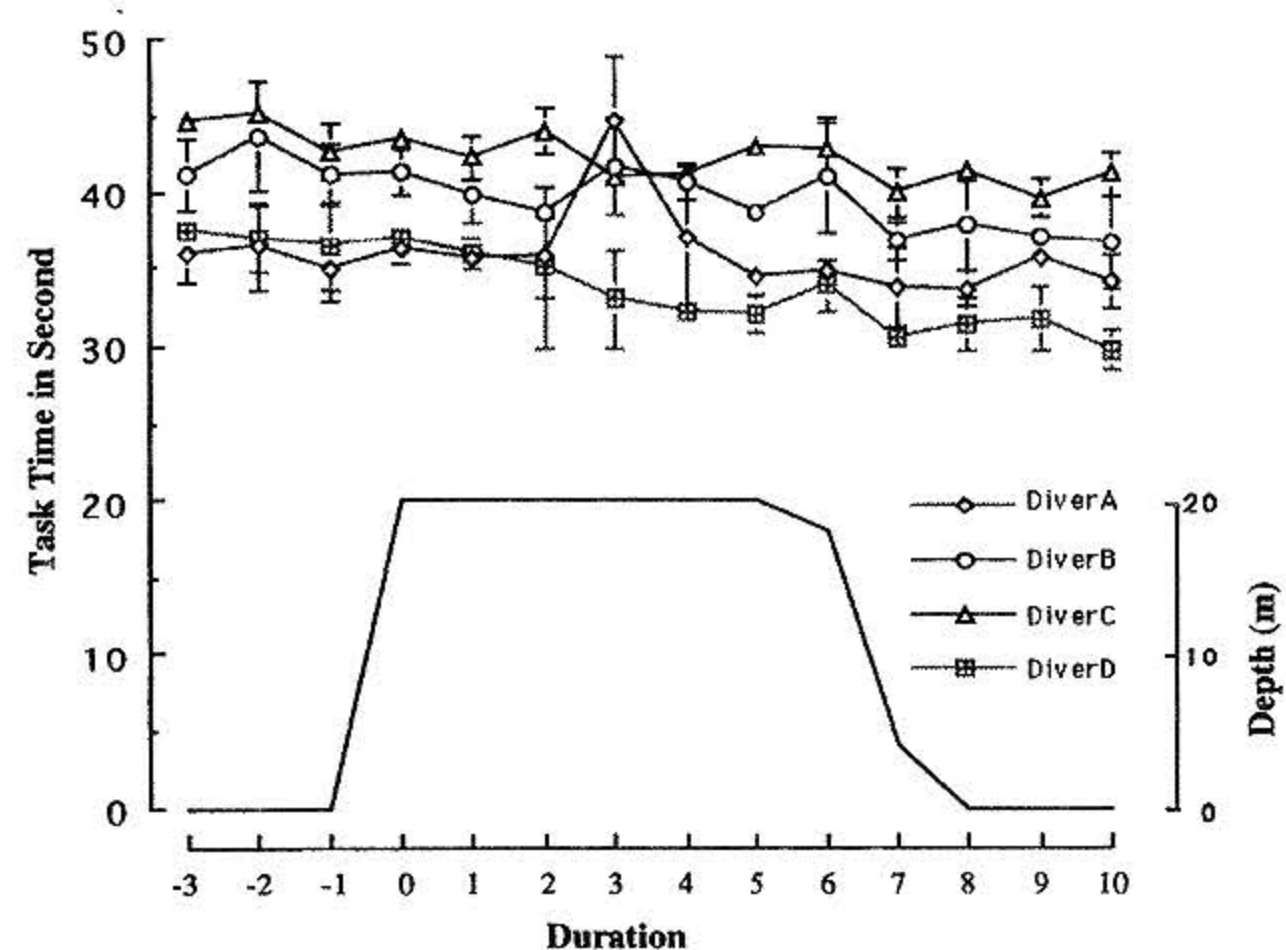


図6 20mにおける差し替え検査の結果

Fig. 6 Change in performance efficiency of manual dexterity test of four divers at the 20m nitrox diving experiment. Values are mean $\pm$ S. D. (n=4).

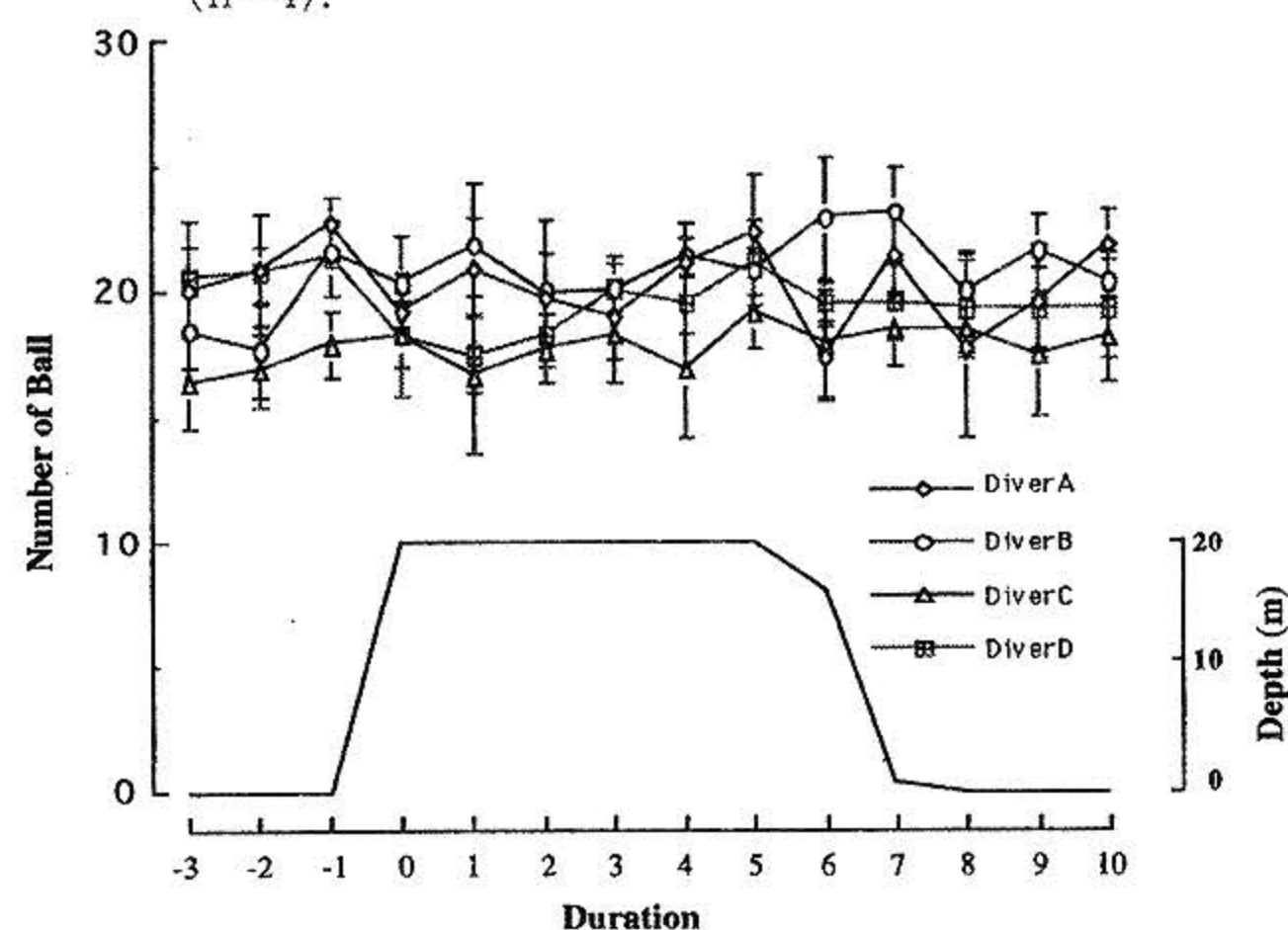


図7 20mにおけるボールベアリングテストの結果

Fig. 7 Change in performance efficiency of ball bearing test of four divers at the 20m nitrox diving experiment. Values are mean $\pm$ S. D. (n=4).

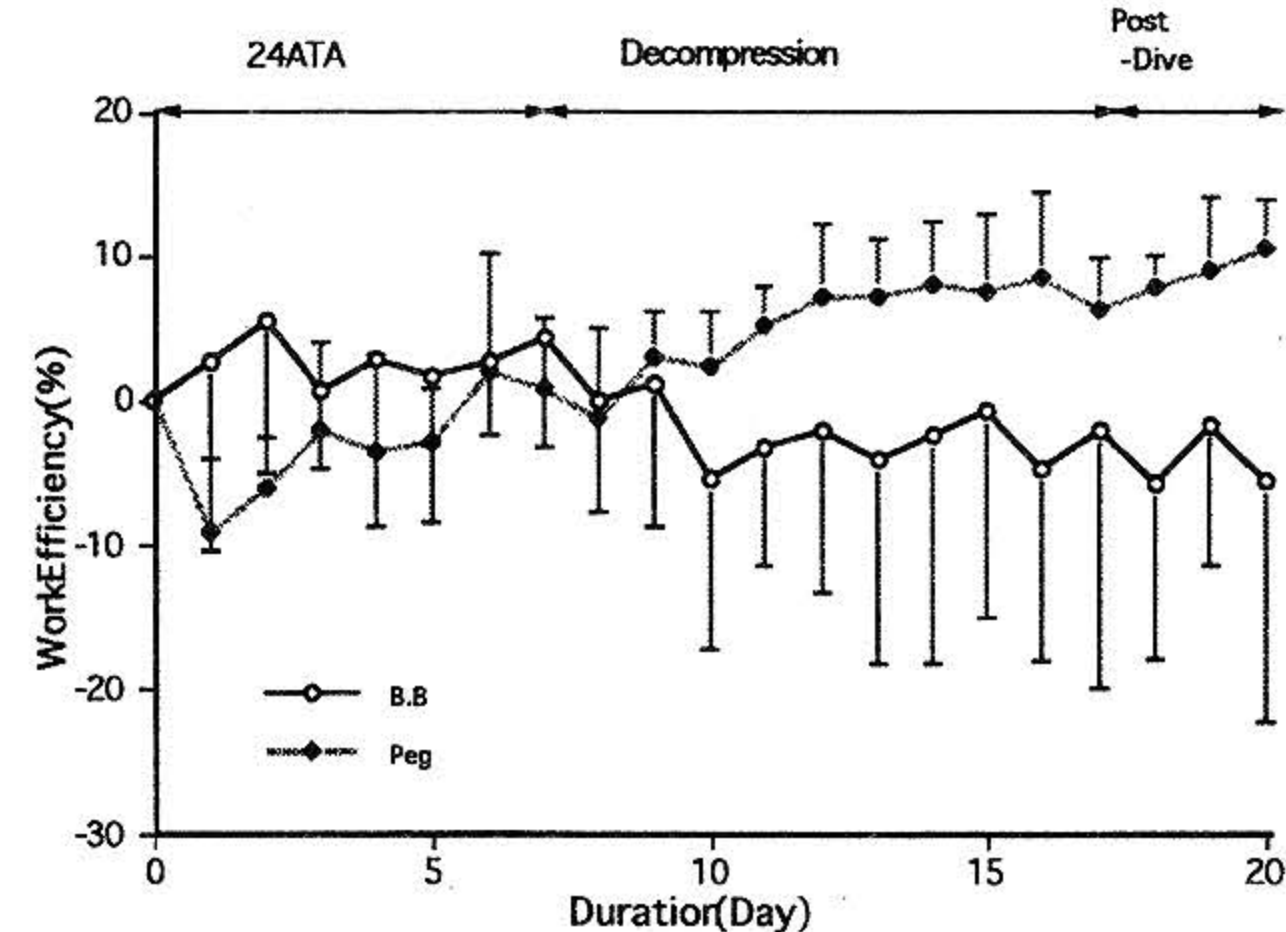


図8 230mにおける差し替え検査及びボールベアリングテストの作業効率の変化

Fig. 8 Performance efficiency of manual dexterity test (peg) and ball bearing test (B. B) of four divers at the 230m heliox diving experiment. Values are mean $\pm$ S. D. (n=4).

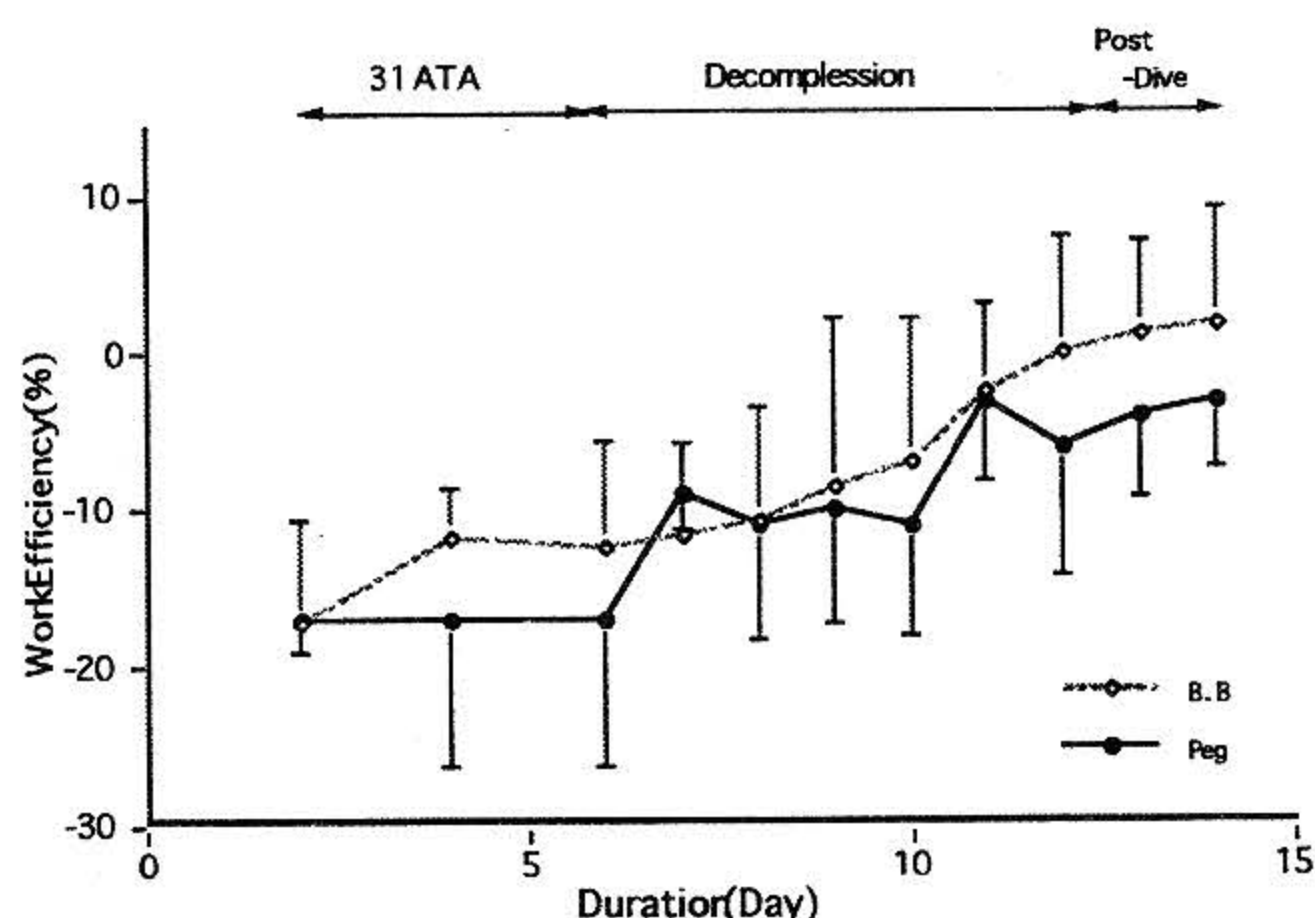


図9 300mにおける差し替え検査及びボールベアリングテストの作業効率の変化

Fig. 9 Performance efficiency of manual dexterity test (peg) and ball bearing test (B. B) of four divers at the 300m heliox diving experiment. Values are mean $\pm$ S. D. (n=4).

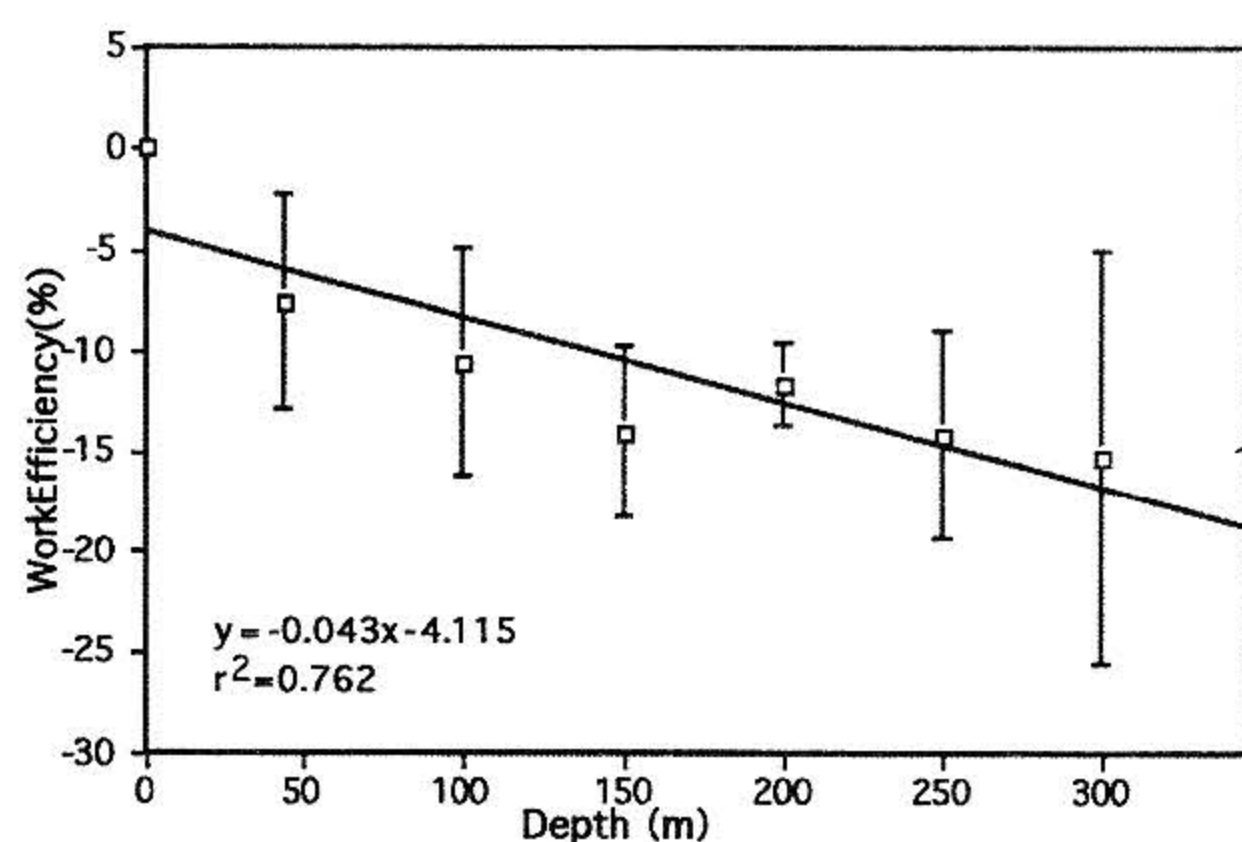


図10 300mへの加圧中におけるボールベアリングテストの作業効率

Fig.10 Performance efficiency of ball bearing test during compression to 300m using heliox. Values are mean $\pm$ S. D. (n=4). Values are mean $\pm$ S. D. (n=4).

作業効率の低下を示し、2名のダイバーは、翌日にもさらに作業効率の低下を示した。しかし、本検査では被験者により大きな差が認められ、早いものは保圧3日目から事前観察時の値よりも+5%から+10%作業効率の増加が認められた。

300m実験での差し替え検査とボールベアリングテストの結果を図9に示した。本実験では230m実験と異なり、差し替え検査では4名の被験者とも15%から20%の作業効率の低下が300mへの保圧直後に認められた。さ

らに、保圧2日目及び5日目にも1名の被験者に33%の作業効率の低下が認められ、この被験者は事後観察時まで5%から20%の範囲で作業効率の低下が引き続き認められた。ボールベアリングテストでは、被験者1名を除く3名に300m到達直後には14%から27%の作業効率の低下が認められ、被験者2名は減圧期間の後半まで、1名は事後観察期間まで、引き続き作業効率の低下が認められた。ボールベアリングテストにおける加圧中の影響について、相当深度圧力と4名の作業効率の平均値を図10に示した。図からも明らかなように加圧に伴って作業効率は直線的に低下する傾向であった。しかし、被験者によって加圧時の影響は異なっており、44m相当深度圧では、3%から16%と作業効率の低下に差が認められた。さらに、100m相当深度圧における1時間の加圧停止中の計測では2名が若干の回復、他の2名はさらに10%から15%の低下を示した。その後、150m及び200m相当深度圧での1時間の保圧期間では顕著な低下は認められなかった。しかし、300m相当深度圧への到達直後の計測では、1名の被験者が最大27%の作業効率の低下を示したが、1名の被験者では事前観察時の値を示し一時的な回復も認められた。

4 考察

通常、疲労調査においては呼吸循環機能、筋機能、知覚動作機能、作業パフォーマンス検査、自律機能の変化や睡眠や内分泌の日内変動といった生理心理機能の測定手法が、客観的な体内変化の指標を把握する上で用いられている。本研究では、被験者に生理心理的負担をかけないように配慮し、記入方式のアンケート調査による主観的な被験者の訴えを調査し、具体的な高圧ヘリウム・酸素混合ガスの閉鎖環境条件における疲労感や快適性について検討した。

疲労調査用紙の質問内容による因子構造から、疲労の症状はⅠ、Ⅱ、Ⅲの三群に分類され、項目別にⅠ群は「ねむけとだるさ」、Ⅱ群は「注意集中の困難」、Ⅲ群は「局在した身体的異和感」の症状と考えられている。一般的な事務作業等では、この三群の訴え率の順序は「Ⅰ>Ⅲ>Ⅱ」のパターンとなり、精神作業や夜勤作業等ではこのパターンが「Ⅰ>Ⅱ>Ⅲ」、肉体作業等では「Ⅲ>Ⅰ>Ⅱ」のパターンが多く現れると報告されている⁹⁾。本実験の閉鎖高圧環境では精神的な疲労も懸念されたが、3実験のいずれも実験期間を通じて、訴えパターンは「Ⅰ>Ⅲ>Ⅱ」の順序であり、一般的な事務作業で見られるパターンとなり特筆すべき問題はなかったものと推

察された。しかし、被験者によっては、職場と住居が同じであることから1日の生活に区切りがつかず「だらけてしまう」との訴えも聞かれ、今後は居住区と計測室が分かれた環境づくりや、チェンバー内に時間を認識できる音楽を流す等の検討も必要であろう。また、減圧期間から事後観察期間のⅠ群、Ⅱ群、Ⅲ群の総訴え率の増加については、高圧ヘリオックス環境での保圧期間中の夜間の温度・湿度の環境制御や寝具等と関連のあることが被験者の訴えから明らかとなった。その訴えでは、就寝中に時間の経過とともに、暑くなったり寒くなったりして寝苦しく、十分な睡眠感が無かったことから、結果としてⅠ群の「ねむけとだるさ」に反映された結果になったと考えられた。今後は、温度・湿度の環境制御だけでなく、不燃性の材質しか使用できない寝具の通気性等についても配慮することが望まれる。また、減圧期間中には作業がなく退屈であったこともⅡ群の「注意集中の困難」に含まれる精神的な疲労感に関連していたことが考えられた。

午前と午後のⅠ群の訴え率の比較では、実験期間を通じて午前の訴え率が午後よりも多い傾向であったが、300m実験では加圧日の午後に訴え率の増加が認められ加圧の影響が示唆された。また、Ⅲ群の「局在した身体的異和感」の項目でも、減圧期間中に午後の訴えが多く認められており、初期もしくは軽度の疲労現象があったものと推察された。

300m相当深度圧での飽和潜水実験におけるダイバーの自覚症状については、他谷ほか¹³⁾¹⁴⁾が報告しており、加圧時の150m相当深度圧から関節痛や筋肉痛が軽度ではあるが認められている。また、「非常に眠い」、「ぼんやりする」といった訴えや「呼吸に抵抗を感じる」といったⅠ群の訴えが増加したと報告している。さらに、250mから300m相当深度の圧力の増加によって関節痛や筋肉痛の発現も顕著にみられ、「目まい」、「吐き気」、「平衡感覚の低下」の訴えがあったと報告している。本実験では、このような高圧神経症候群の特徴とされている顕著な身体的異和感の訴えは少なく、300m実験でも軽度な関節痛や筋肉痛の訴えはあったが、「吐き気」を訴えた被験者は認められなかった。この事については、個人差があるものと推察された。

簡単な手腕作業の装置を用いて作業パフォーマンスの検討を行ったが、Bennett *et al*¹⁰⁾¹⁶⁾の報告では、600ft(183m)まで30.5m/minで加圧した場合、メンタルテストとして実施した算術計算作業では18%の低下、ボールペアリングテストでは25%の低下が認められている。

さらに800ft(244m)まで加圧した場合には、その作業効率は倍近く悪くなったと報告している。このことから、圧力自体の増加が作業効率の低下を引き起こす事が示唆された。しかし、300m実験での加圧時における作業効率の低下を見てみると、被験者1名に最大で27%の低下が認められたが、他の3名は0%から20%程度の低下であり、保圧期間の後半では事前観察時の値またはそれ以上に回復していた。このことから、作業効率の低下は圧力だけでなく加圧速度、加圧方法及び、圧力環境への適応時間も重要な要因と考えられた。近年の海上自衛隊の深度300mへの加圧方法に関する小沢ほか¹⁵⁾の報告では、150mまでは1m/分の加圧速度で加圧し、5時間保圧後250mまで0.5m/分、1時間の保圧後300mまで0.1m/分の加圧速度で実施した結果、自覚症状も「注意力の低下」や「眠気」の発生が認められただけであった。本実験では、加圧速度は25m/hrと一定であり、高圧神経症候群に見られる顕著な目まいや吐き気の訴えは無く、振戦も認められなかったが、作業効率はわずかではあるが低下しており、今後は加圧方法についても検討する必要がある。しかし、20mでの窒素-酸素による飽和潜水実験では顕著な影響は認められず、今後の浅海域での科学潜水者に利用される圧力環境では問題ないと推察された。

今回使用した調査用紙の質問内容は30項目であったが、記入時間も数分であり被験者への負担は少なかったと考えられた。しかし、同じ質問内容であったことからマンネリ化した傾向もうかがえ質問順序の変更や質問方法については今後の検討課題である。また、パフォーマンステストも単純作業であることから被験者のモチベーションも重要な要素であったことが被験者から報告されており、今後の検討課題としたい。

本実験では、高圧閉鎖環境下での長期間滞在における疲労現象の把握を行ったが、実験期間を通じて軽度の疲労現象の訴えは報告されたが、実海域におけるハードな作業をしなかった事もあり、被験者の自主的な休息によって回復する程度の疲労感であった。このことから、230m及び300m相当深度圧力の閉鎖居住環境下は、被験者の疲労回復の為の適切な休息が取れる環境であると考えられた。

最後に、本実験に被験者として長期間の高圧閉鎖環境下での生活並びに作業を遂行していただいたダイバーの皆さまに、本紙面をかりて感謝いたします。

参考文献

- 1) ニューシートピア シンポジウム -水深300m
までの飽和潜水実験成果報告-. 海洋科学技術セン
ター 編集・発行, 1-212 (1992)
- 2) 小木和孝, 労働負担と疲労. 労働衛生ハンドブッ
ク, 1109-1199, 三浦豊彦 他編, (財)労働科学研究
所出版部, (1988)
- 3) 大島正光, 疲労の研究. 同文書院 (1977)
- 4) Bachrach, A. J. and Bennett, P. B., Tremor in
diving. *Aerospace Med.* **44**, 613-625, (1973)
- 5) Bennett, P. B., The high pressure nervous syn-
drome. In *The Physiology and Medicine of
Diving and Compressed Air Work*, 249-263. Ed.
P. B. Bennett & E. H. Elliott. London:Bailliere
Tyndall, (1975)
- 6) Brauer, R. W., The high pressure nervous
syndrome:Animals, In *The Physiology and
Medicine of Diving and Compressed Air Work*,
231-247. Ed. P. B. Bennett & E. H. Elliott. London
: Bailliere Tyndall, (1975)
- 7) Bennett, P. B., The high pressure nervous syn-
drome in man. In *The Physiology of Diving and
Compressed Air Work*, 262-296. Ed. P. B. Bennett
& E. H. Elliott. London:Bailliere Tyndall, (1982)
- 8) 関 邦博, 高圧神経症候群, 呼吸と環境, **27** (8),
839-844, (1988)
- 9) 吉竹 博, 疲労調査のための測定方法. 労働衛生
ハンドブック, 1120-1124, 三浦豊彦 他編、(財)労
働科学研究所出版部, (1988)
- 10) Bennett, P. B. and Towse, E. J., Performance
efficiency of man breathing oxygen-helium at
depths between 100 feet and 1,500 feet.
Aerospace Med. **42**, 1147-1156, (1971)
- 11) 他谷 康, 飽和潜水とダイバー疲労. 第2回潜水
技術シンポジウム講演集, 76-85, (1980)
- 12) Taya, Y. and Kuwabara, N., The influence of
hyperbaric environment on fatigue in human
deep dive. *Proceedings of The 8th Congress of
the International Ergonomics Association.* 298-
299, (1982)
- 13) 他谷 康, 関 邦博 等, 31ATA (He-N2-O2,
22日間) 飽和潜水シミュレーション時の体験報告:
ダイバーの自覚症状について. *日高圧医誌*, **19**
(1), 111-114, (1984)
- 14) 他谷 康, 設楽文朗, 中野正美, 関 邦博, 中山
英明, 300m(31ATA) へのHe-O2での加圧時におけ
るダイバーの自覚症状. *Annals Physiol. Anthropol.*
4 (2),169-174, (1985)
- 15) 小沢浩二, 中林和彦, 他, 深度300mへの効率的
な加圧方法に関する研究. *日高圧医誌*, **31** (1), 30,
(1996)
- 16) Bennett, P. B. and Rostain, J. C., The high
pressure nervous syndrome. In *The Physiology
and Medicine of Diving*, 194-237. Ed. P. B.
Bennett & E. H. Elliott. London:Bailliere
Tyndall, (1993)

(原稿受理:1997年6月1日)