

## ●原 著

飽和潜水時 (7ATA, He-O<sub>2</sub>) のダイバーと  
オペレータの疲労および心理に関する調査

設楽文朗\* 他谷 康\*  
関 邦博\* 桑原信之\*\* 中山英明\*\*\*

### Fatigue and Emotional State of Divers and Supporting Operators During Saturation Dive (7 ATA, He-O<sub>2</sub>)

In order to get information about fatigue and emotional state of divers and supporting operators at the experiment of dive to 7 ATA saturation. Survey of subjective symptom, mood adjective check list were performed for both 6 divers and 8 supporting operators. State-Trait Anxiety Inventory (STAI) were subjected only to divers.

In divers, fatigue was great before the compression and also increased during the decompression accompanied by the increase in state anxiety. The type of fatigue was that of mental fatigue probably owing to the small individual space for 6 divers or need to maintain a best relationship in teamwork.

In supporting operators, owing to the time zone change, nocturnal work was felt to be hard. The type of fatigue was that of night work. During the night work, negative mood was arose appeared in the mood check list.

These result were discussed mainly from the view point of security in performing a saturation diving work.

### 結 言

飽和潜水においては、ダイバーは水中作業に加え、複数の人間による比較的長期間の高圧閉鎖環境下での生活が課せられる。外部の支援要員（オペレータ）は交替制勤務による不規則な生活を余儀なくされる。この飽和潜水システムにおける疲

勞を把握することは、作業の能率と安全性の向上に不可欠である。

疲労現象においては、自覚的ないわゆる疲労感、作業能率の低下が段階的に進行し、原因によって肉体的疲労および心因性疲労に分類される。前二者は文字通り肉体的作業、精神的作業によって生じ、後者は退屈感やストレスによる心因性の要素が起因して神経感覚的症状が呈するものである<sup>1)</sup>。

以下は、陸上における潜水シミュレーション実験の場でのダイバーとオペレータの疲労と心理的变化の把握を課題とする居住実験であるためダイバーの水中作業による肉体的疲労は伴わないが、高圧閉鎖環境による精神的および心因性疲労の表出が予想された。また、オペレータは、交替制勤務によって生体リズムのみだれによる疲労の表出が予想された。

### 調査項目

#### (1) 自覚症状調査

産業疲労研究会編「自覚症状しらべ」(1970)を基に数項目を追加作成したアンケート用紙を用いた。

自覚症状は、30項目からなりI群は、「(ねむけ)」「(だるさ)」等を示す) 一般的症状の10項目、II群は、「(注意集中の困難)」を示す) 精神的症状の10項目、III群は、「(頭がいたい)」「(息苦しい)」を示す) 神経感覚的症状の10項目のそれぞれ疲労感に分類されているものである。各症状群の平均訴え率の順序関係について吉竹(1973)は、「I>III>II」(I-dominant型)、「I>II>III」(II-dominant型)、「III>I>II」(III-dominant型)の3

\*海洋科学技術センター潜水技術部

\*\*上智大学生命科学研究所

\*\*\*鳥取大学医学部衛生学教室

表1 ムード調査項目

1. 快適な	2. 調子が良い	3. おだやかな
4. 元気な	5. たのしい	6. しあわせな
7. とげとげしい	8. こわい	9. 腹立たしげな
10. 気のはりつめた	11. おそろしい	12. 不愉快な
13. まわりが気になる	14. 心配な	15. いらいらした
16. 緊張した	17. いきいきした	18. 活発な
19. 活動的な	20. ねむい	21. 悲しい
22. 消耗した	23. びくびくした	24. つかれた
25. 休めない		

つのタイプに分類し、I—dominant型は最も普通に出現するため「一般型」とし、II—dominant型はほとんど精神作業の場合に出現し勤務形態では夜勤後に多く出現するため、「精神作業型」「夜勤型」とした。また、III—dominant型はほとんど肉体作業の場合であるので「肉体作業型」とする分類をしている<sup>2)</sup>。

疲労感は、標定尺度(カテゴリー)を9段階にとり、疲れを全く感じない状態を「1」反対に疲れて動けない状態を「9」としたものである。

睡眠感は、“ねつき”“ねむりの深さ”“起きた時の気分”の3項目について、いずれも標定尺度(カテゴリー)を5段階にとり、最も良い状態を「1」非常に悪い状態を「5」としたものである。

調査時間は、ダイバーに対しては、朝食後(8:00)と就寝前(22:00)の1日2回、またオペレータに対しては、毎回の当直開始時と終了時に実施した。

## (2) ムード調査

米国のSEALAB—II実験で用いられたMood Ajective Check Listを小杉が日本語版に翻訳修正したムード調査用紙(NASA—早稲田大学版)を用いた。表1に項目を示す。

この調査は、25の形容詞に対して、その時の気分を「全くない」から「非常にある」までの10段階で評価させ情緒的变化を把握するものである。結果は、Category(以下Cat.と略す)—1は“快適性”, Cat.2は“焦燥感”, Cat.3は“活動性”, Cat.4は“消耗感”に分割し集計点の平均値をもつ

て得点とするものである。

調査時間は、ダイバーに対しては朝食後(8:00)の1日1回、オペレータに対しては、毎回の当直開始時に実施した。

## (3) STAI 不安検査

STAI(State-Trait Anxiety Inventory)状態—特性不安尺度(Spielberger 1972)の日本語版を用いた。表2に項目を示す。

調査時点での不安の強さを示す状況不安尺度(A-State)の20問と、性格特性としての不安になりやすさを示す特性不安尺度(A-Trait)の20問の計40問からなり、前者は「全くちがう」から「その通りだ」まで、後者は「ほとんどない」から「しょっちゅう」までを4段階で評価させるものである。得点範囲は20~80点で、この得点が高い程不安が強いことを示すものである。

調査は、ダイバーのみで実験期間中の事前観察期、加圧開始直前、7ATA保圧1日目、保圧最終日、減圧中、事後観察期の計6回実施した。

## 被 験 者

被験者は、ダイバーが6名、オペレータが8名で年齢18歳~39歳のいずれも健康な男性であった。

## 作 業 環 境

### (1) ダイバー

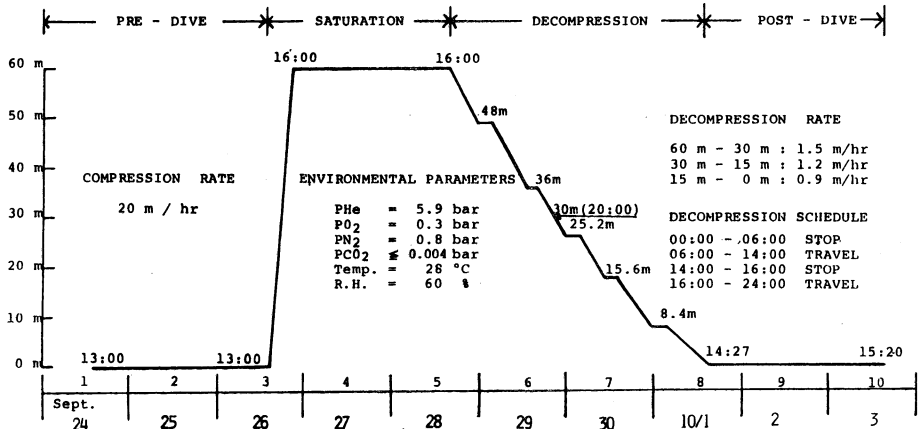
チェンバーの居住区は、長さ5.6m、内径2.1m、内容積18.1m<sup>3</sup>で、二段ベットが3組セットしてあ

表2 STAI 不安検査項目

状況不安 (A-State)	特性不安 (A-Trait)
1. 気が落ちついている	21. 気分がよい
2. 安心してている	22. 疲れ易い
3. 緊張している	23. 泣きたい気持になる
4. くよくよしている	24. 他人のように幸せだったと思う
5. 気楽だ	25. すぐに心が決らずチャンスを使い易い
6. 気が転倒している	26. 心が休まっている
7. 何か悪い事が起りはしないかと心配だ	27. 落ちついて、冷静で、平静を保っている
8. 心が休まっている	28. 問題が後から後から出てきて、どうしようもないと感ずる
9. 何か気がかりだ	29. つまらないことを心配しすぎる
10. 気分がよい	30. 幸せだ
11. 自信がある	31. 物事を難しく考え易い
12. 神経質になっている	32. 自信がない
13. 気が落ちつかず、じっとしていられない	33. 安心してている
14. 気がピンと張つめている	34. 危険や困難を避けて通ろうとする
15. くつろいだ気持だ	35. 憂うつになる
16. 満ち足りた気分だ	36. 満ち足りた気分になる
17. 心配がある	37. つまらないことで頭が一杯になり、悩まされる
18. 非常に興奮して、体が震えるような感じがする	38. 何かで失敗するとひどくがっかりして、そのことが頭を離れない
19. うれしい	39. 堅実な人間である
20. 気分がよい	40. その時気になっていることを考え出すと、緊張したり、動揺したりする

表3 DIVE PROFILE

NEWSEATOPIA - II. 7 ATA  
Sept, 1983



Physical Characteristics

Subject	Age (Yrs)	Birth date	Height (cm)	Weight (kg)
A: M. YAMADA	39	Nov. 14, 1943	182.6	85.0
B: Y. TAYA	31	Jul. 15, 1952	172.8	64.0
C: H. AKASHI	22	Nov. 26, 1960	164.0	67.0
D: T. HANASAKA	22	May. 13, 1961	167.6	60.5
E: T. OHI	19	Jun. 22, 1964	166.5	63.5
F: M. NOGUCHI	18	Jan. 27, 1965	177.8	63.5

る。この他、シャワー、トイレのある副室は、6.7 m<sup>3</sup>、潜水準備室 14.6 m<sup>3</sup>を使用した。潜水のプロフィールと環境条件を表 3 に示す。チェンバー内部の騒音は、平均 68~69 dB(A特性)で、一般的にみて「にぎやかな街路」といったレベルであった。日課は、7:00起床、23:00消灯で作業は、様々な計測(体温、血圧等の健康チェック、温度分布、騒音等)の軽いものと潜水服の装着テスト、CO<sub>2</sub>吸収筒の交換等が主な作業で、各人の時間は充分あり読書等にあてていた。

(2) オペレータ

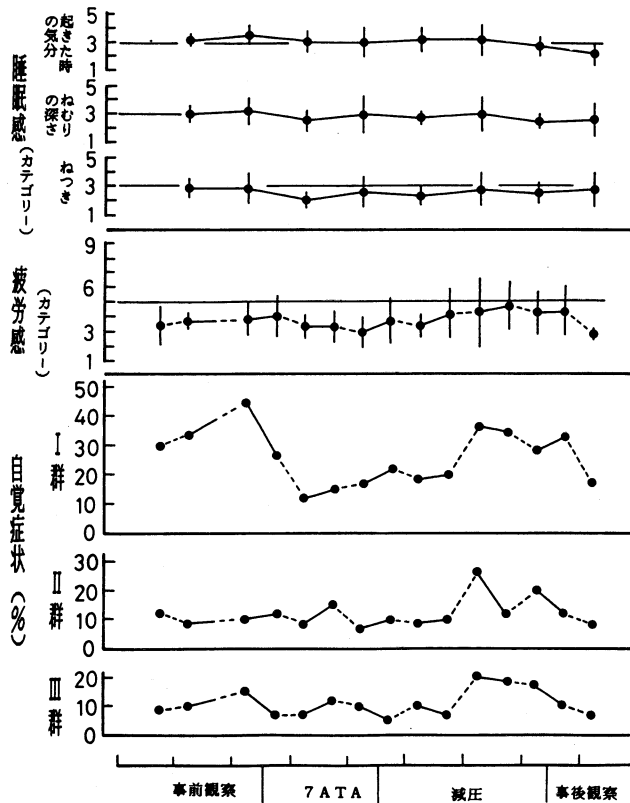
オペレータは、各班 2名編成で4班で不規則交替勤務を行った。1回の当直時間は6時間30分であり次の当直まで19時間30分開放され当直開始時間が2時間づつずれていくものである。データの分析は、日勤が8:00~16:00、夕勤が16:00~00:00、夜勤が00:00~8:00のそれぞれの

時間帯に当直の半分以上の3時間30分以上が含まれる時間帯に分類して行った。主な作業は、1時間毎に所定機器のチェック、チェンバー内との会話、サービスロックの操作、CO<sub>2</sub>吸収剤の交換等である。当直から開放された後は自由であり、通勤できる者は帰宅し、当直時間によっては仮眠所で睡眠を取る者もいた。

結 果

(1) ダイバー

自覚症状調査の実験期間中の変動を6名の平均で図 1 に示した。自覚症状は、事前観察期と減圧後期に訴え率の上昇がみられ、特に加圧日朝の I 群の訴え率は45%と高い値であった。また減圧後期の増加は、II群とIII群も伴うものであった。疲労感は、5以下で疲れてもいなく、非常にさわやかでもないという評価であったが、減圧後期から



疲労感、自覚症状の実線は、一日の朝夜の変化、破線は、翌朝への変化を示す。

図 1 自覚症状調査の実験期間中の変動 (ダイバー 6名平均)

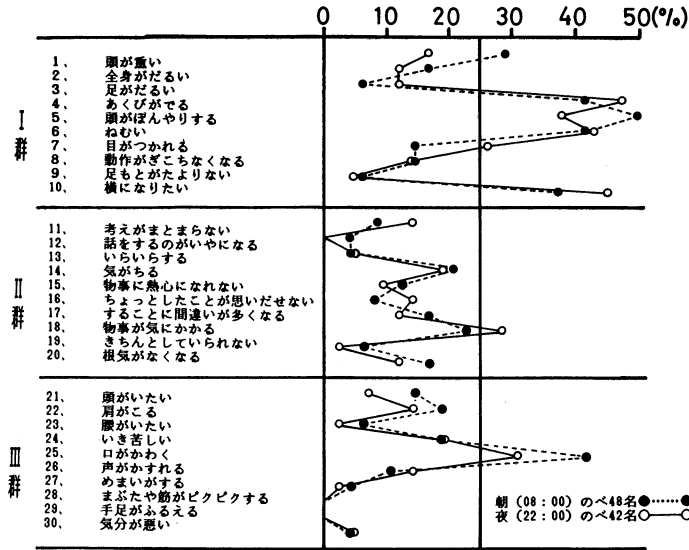


図2 項目別の訴え率 (ダイバー6名平均)

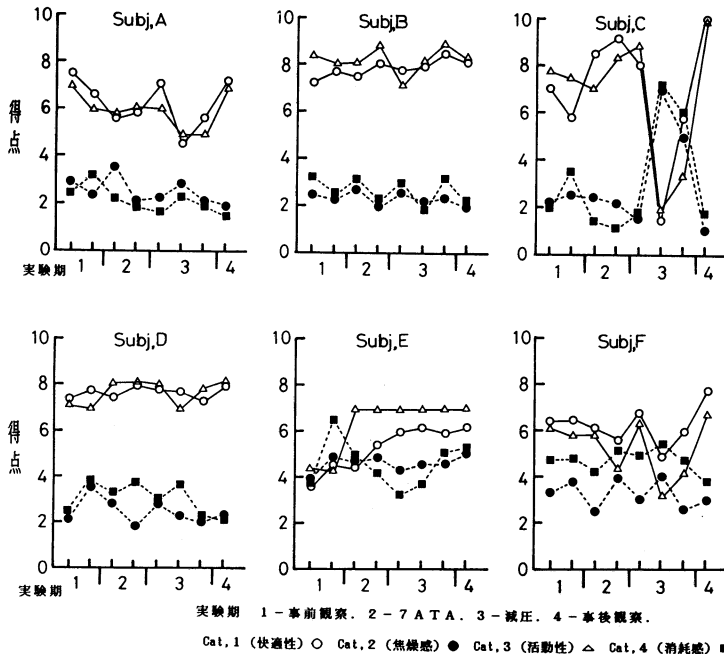


図3 ムード調査の実験期間中の変動 (ダイバー)

標準偏差値に増大がみられた。睡眠感にはほとんど変動がみられなかった。

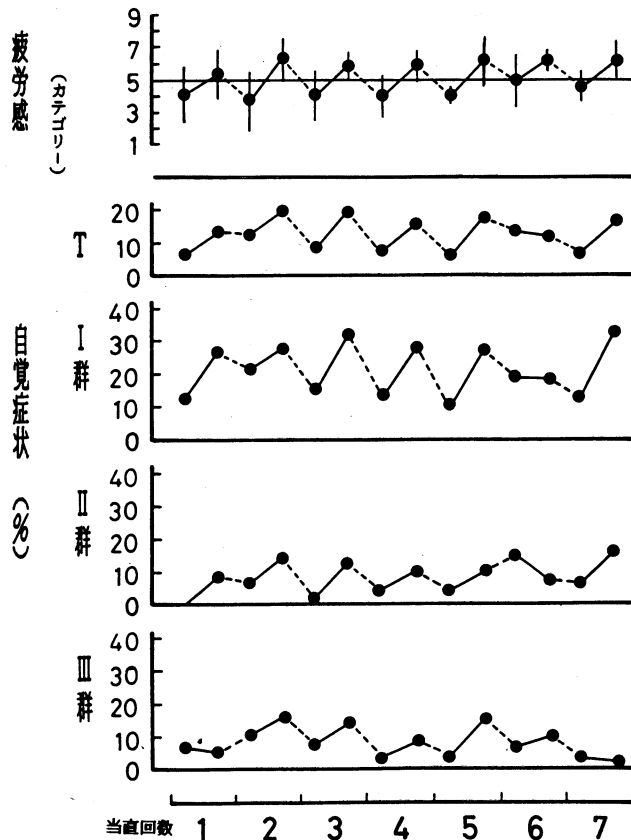
自覚症状30項目の訴え率を6名の平均で図2に示した。30項目全体の訴え率 (Tの訴え率) は朝

16.6%, 夜15.7%で夜より朝が高い訴え率であった。30項目中50%以上を示した項目は、朝の「頭がぼんやりする」であった。25%以上を示した項目は、I群に多数示され「頭が重い」「あくびがで

表4 STAI不安検査の結果

S : A-State (状況不安) T : A-Trait (特性不安) C : 信頼性係数

被験者 検査時点	A		B		C		D		E		F		平均 (S.D)		C
	S	T	S	T	S	T	S	T	S	T	S	T	S	T	
事前観察	44	35	38	39	39	45	36	43	44	44	35	37	38.3 (3.54)	40.5 (3.73)	
加圧前	41	38	34	38	41	42	39	38	46	52	42	40	40.5 (3.58)	41.3 (4.98)	0.45
加圧後	43	38	31	39	36	42	37	43	41	50	43	46	38.5 (4.31)	43.0 (4.08)	0.47
減圧前	45	35	32	38	25	38	39	40	46	51	58	46	40.8 (10.57)	41.5 (5.37)	0.31
減圧中	47	38	35	38	63	40	39	42	47	52	54	45	47.5 (9.23)	42.7 (4.75)	0.29
事後観察	32	33	31	38	20	36	41	39	47	56	39	43	35.0 (8.62)	41.0 (7.37)	0.39



横軸は、8名のオペレータが実験期間中7回当直についてを示す。  
実線は、当直前後の変化、破線は、次の当直への変化を示す。

図4 自覚症状調査の実験期間中の変動 (オペレータ 8名平均)

る」「頭がぼんやりする」「ねむい」「目がつかれる」「横になりたい」であり、II群では、「物事が気

かかる」、III群では、「口がかわく」であった。Tの訴え率に対するI、II、III群の訴え率の順序関

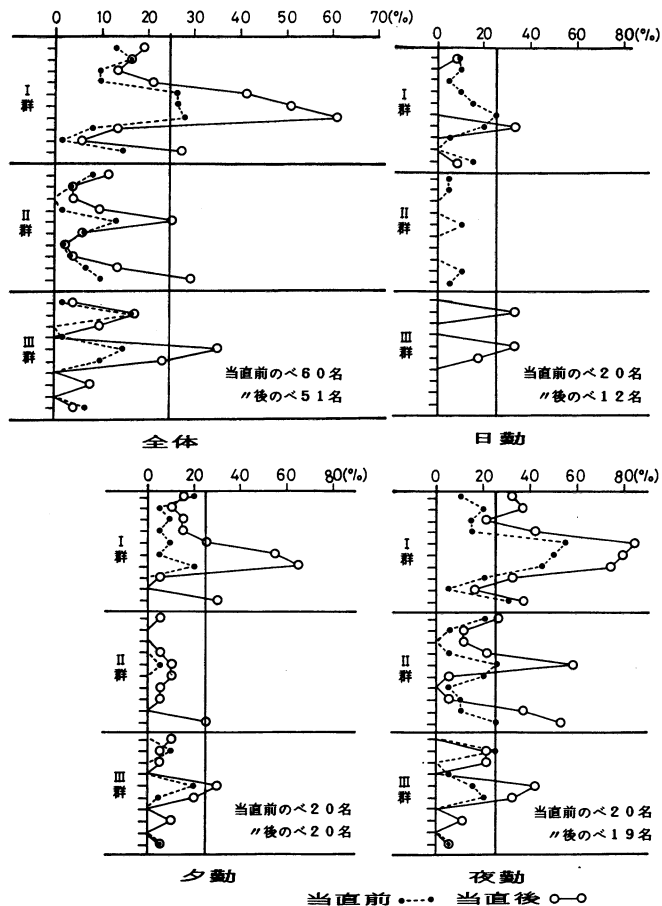


図5 項目別の訴え率 (オペレータ)

係は、I > II > IIIとなり産業疲労調査という「精神作業型」であった。

ムード調査の実験期間中の変動を個人別に図3に示した。6名の平均は実験期間を通してCat. 1 (快適性)とCat. 3 (活動性)が、Cat. 2 (焦燥感)とCat. 4 (消耗感)の得点を上回り「積極的感情」が持続されたことを示したが、ダイバーCとFは減圧期に、ダイバーEは事前観察期に、それぞれ「積極的感情」の低下、また「消極的感情」の台頭がみられた。

不安検査の実験期間中の変動を個人別に表4に示した。状況不安(A-State)のピークは、5名が減圧直前から減圧中に示され、得点は個人差が大きいものであった。特性不安(A-Trait)は、状況不安と同様個人差が存在するが、6名の平均得点は6回の検査間に大きな変動はなく、性格特性

としての不安になりやすさは状況によって大幅に変化しないという検査の信頼性を支持するものであった。

(2) オペレータ

自覚症状調査の実験期間中7回当直についた時の経時変化を8名の平均で図4に示した。自覚症状訴え率、疲労感ともに当直開始時に低く終了時に増加するという一般的傾向であった。疲労感において実験開始から終了で若干の上昇が示された。図5は、当直前後の項目別の訴え率を全体と日勤、夕勤及び夜勤について示した。Tの訴え率は全体では、当直前が8.6%で当直後が15.9%であった。また日勤は、当直前後それぞれ6.5%と4.4%、夕勤は、それぞれ4.0%と12.8%、夜勤は、それぞれ15.3%と27.0%であった。特に夜勤において当直前後ともに最も高い訴え率を示した。項目

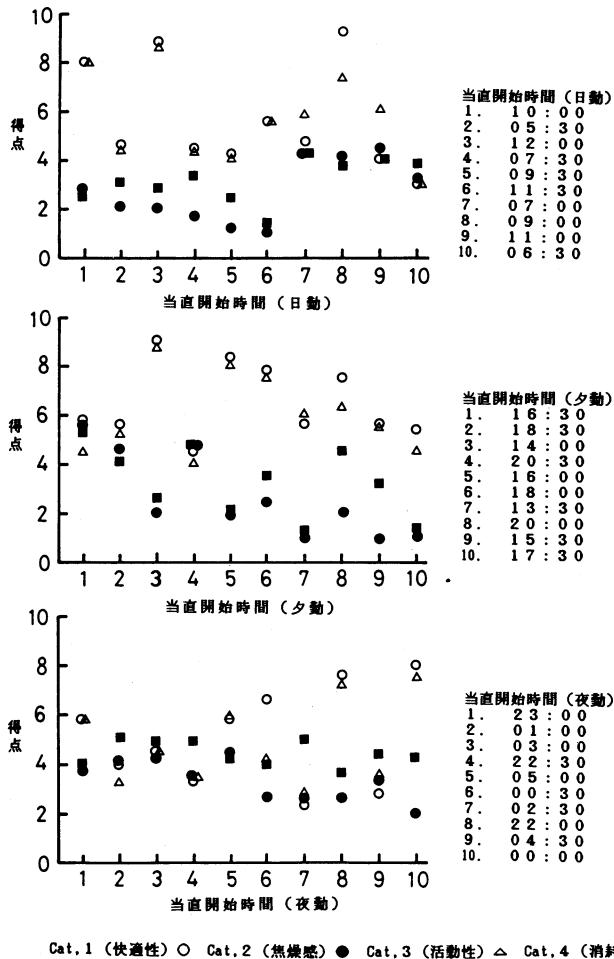


図6 日勤、夕勤、夜勤におけるムード調査の結果

別の訴え率は、夜勤においてのI群で「頭がぼんやりする」「ねむい」「目がかれる」が当直前から50%以上であり、II群では、「物事に熱心になれない」「根気がなくなる」が当直後50%以上の高い訴え率であった。Tの訴え率に対するI、II、III群の訴え率の順序関係は、I > II > IIIで勤務形態から“夜勤型”といえた。

ムード調査の経時変化を8名が実験期間中7回当直についての時の平均でみると、実験期間を通して“積極的感情”が持続された事を示したが、図6は、日勤、夕勤、夜勤に分類して示したもので各勤務時間帯の回数が10回づつであった。日勤と夕勤は、ほとんどの時間帯でCat. 1 (快適性)とCat. 3 (活動性)がCat. 2 (焦燥感)とCat. 4 (消耗感)の得点を上回り“積極的感情”が勝ってい

るが、夜勤においては、快適性と活動性の低下、そして焦燥感と消耗感の上昇がみられ“消極的感情”の台頭が示された。特に22:00~6:00の時間帯に当直が開始する勤務において顕著であった。

考 察

(1) ダイバー

6名の自覚症状調査、ムード調査、不安検査の結果は、どの調査においても比較的顕著な変化を示した。すなわち自覚症状においては訴え率の増加、ムード調査は、“積極的感情”の低下また“消極的感情”の台頭、そして不安検査は、状況不安が強くなるという結果を示した。現在までに海洋科学技術センターで実施した31 ATA 飽和潜水



シミュレーション実験では、おおむね加圧時に自覚疲労の増加、精神的緊張感、不安といったものが認められている<sup>3)</sup>が本実験時には、加圧に際して精神的緊張感、不安感といったものは示されなかった。31 ATAと比較して7 ATAという深度による安心感であると考えられるが、また31 ATAへの加圧によって発現する高圧神経症候群(HPNS)また高圧関節筋症候群といった障害が発現する深度ではない<sup>5)</sup>ことが第1の要因であろう。事前観察期に自覚症状I群(一般的症状)の訴え率が高く示されたが、これは居住場所や日課への適応に時間を要したものと思われる。Tの訴え率は、産業疲労としては少ない部類に属しているが自覚症状の型は「精神作業型」を示した<sup>2)</sup>。過去に海洋科学技術センターで実施した4名居住による飽和潜水シミュレーション実験では、「一般作業型」を示していた。6名居住による実験は、1982年以來2回目であるが、いずれの実験においても「精神作業型」を示したことは、6名居住による1人当りの空間の狭さ、4名居住時より多人数のためのチームワークの必要性等による精神的疲労および心因性疲労の表出が考えられる。本実験は、陸上においての居住だけであり水中作業は伴っていない飽和潜水の場面では、水中作業により疲労、精神的緊張および不安といったものが当然増加することが予想される。

## (2) オペレータ

不規則交替制勤務による日勤、夕勤および夜勤において、自覚症状、ムード調査いずれの調査も夜勤に自覚症状訴え率の増加、「積極的感情」の低下そして「消極的感情」の台頭が示された。大島は、人間にとっては、生理的活動の高調期に活動し、低調期には休息をとることが生理的正常な仕事の仕方であると示唆し、交替制勤務は反生理的で疲労を大きくし疲労度は、夜勤>宵勤>昼勤の関係にあると述べている<sup>6)</sup>。本調査も同様な結果を示した。筆者もオペレータとして本実験に参加したが深夜に当直を交替し、しかもその時間がず

れていくのは非常にきついものであった。特に連続して十分な睡眠時間がとれず常時「ねむけ」「だるさ」といった自覚症状が伴っていた。このような変則的な勤務形態では、開放される時間の睡眠を含む過し方が次の勤務に及ぼす影響が大きいといえる。チェンバーの管制は、ダイバーの水中作業をサポートし、高圧下のダイバーの安全を確保する重要な任務である。特に交替制勤務による変則的な睡眠と関連した疲労は、緊急時においての対処行動に影響を及ぼすことが考えられ、こうしたタイムゾーンの変化に対する適応の研究が必要である。

## ま と め

これまで飽和潜水の実験的研究は、高圧環境への生理的適応、作業能力の把握が大きな課題であり検討されてきた。しかし潜水システムを操作し、水中作業を遂行するのが人間であり、人間は精神的ストレスや疲労によって大きく左右される。この表出としては、きわめて主観的な現象を客観的に把握し、対処していくことは安全性を高めていくことにつながる。近年、高度技術社会において人間の精神的な諸問題がクローズアップされ、これに対する対処の方法が検討され始めている。飽和潜水システムもこの例外ではないであろう。

## 【参 考 文 献】

- 1) 佐藤方彦：人間工学概論。東京、(株)光生館、昭和46年。p.166~168.
- 2) 吉竹 博：産業疲労。神奈川労働科学研究所、昭和48年。
- 3) 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。1980。p.76~85.
- 4) 桑原信之、設楽文朗、他谷 康、関 邦博：高圧環境(31 ATA He-O<sub>2</sub>)下におけるダイバーの情緒的变化。日本高気圧環境医学会雑誌、19：103~106、1984
- 5) 関 邦博訳：潜水学。東京、(株)マリン企画、昭和57年 p.211~214.
- 6) 大島正光：疲労の研究。東京、同文書院、昭和54年。p.296~300.