

22. 21 ATA He-O₂ 環境下のヒトの終夜睡眠周期

関 邦 博^{*1} 中 山 英 明^{*1}

4名のテストダイバーを最大深度21 ATAでHe-O₂環境下に居住させる実験を1977年11月8日から同年12月12日まで実施した。この間、終夜睡眠状態をポリグラフを用いて記録し、高圧環境が睡眠相と睡眠周期に与える影響について調査研究を行なった。

4名の総睡眠時間は、常圧、2 ATA (He-O₂)では平均440minであり、16 ATAおよび21 ATA (He-O₂)では有意な減少(410min)がみられたものの、REM睡眠には、実験期間を通して有意差はみられなかった。

16 ATAと21 ATAで有意な減少を示したNREM睡眠は、He分圧と環境温度に高い相関が認められた。このほか、睡眠内観調査と睡眠相の間にも有意な、しかも高い相関関係が認められた。

この環境下で4名のダイバーは26日間にわたって与えられた作業を遂行した。また終夜睡眠のポリグラフ的観察から得られた睡眠相、周期の上でも、翌日の作業に支障をきたすような睡眠障害は認められなかった。

Sleep cycles in 21 ATA He-O₂ Environment for men.

Kunihiro Seki,^{*2} Hideaki Nakayama^{*2}

The modification of vigilance level and motivation which hinder the performance are observed in divers exposed to hyperbaric helium-oxygen environment. Seki (1976) showed from the psychophysiological study that disturbed sleep caused these problems. If the quality and quantity of sleep of divers are evaluated and measures taken to cope with the situation, they can comfortably sleep and work in hyperbaric helium-oxygen environment. In this study four divers (33-38 yrs) lived in the chamber simulated at various depths (2 ATA for 4 days and 1-21 ATA for 26 days, $P_{O_2}=0.4$, $P_{N_2}=0.8$ atm) of sea water. Divers went to bed at 23:00 and woke up at 07:00 daily. Measurements of sleep status (EEG, EOG, EMG, ECG, respiratory rate and rectal temperature) were polygraphically recorded for each subject from 23:00 to 07:00 during the experiment. Each record of the EEG in sleep all night through was scored using the criteria outlined in Rechtschaffen and Kales (1968). The average total sleep time in four divers at pre-dive, 2 ATA, 16 ATA, 21 ATA, decompression and post-dive was 438, 449, 427, 411, 418 and 420 minutes, respectively. With the dive and the stay in the confinement environment, the total sleep time decreased slightly. The average wake time through the night significantly increased at pre-dive and 2 ATA about two or three times compared with that of about 25 minutes during other periods. The total time of sleep stage (I+II) was 260 minutes at 21 ATA and post-dive. Exposed to helium-oxygen environment, the total time of sleep stage (III+IV) was about 10-20 minutes shorter than the 112 minutes during the pre-dive and post-dive periods. The average REM time did not alter through all the periods.

^{*1} 潜水技術部

^{*2} Manned Undersea Technology & Engineering Department.

1. ま え が き

高圧 He-O_2 環境下で、ヒトが適応した生活を行い、一定作業をなしとげるには、生体がこの環境に適応し、重大な支障をきたさないことを生物学的に明確に把握しておかなければならない。

1960年代に飽和潜水技術が開発され、 He-O_2 環境下の高圧シミュレーション実験によって、ヒトは1972年に深度610m、1977年には実海域で501mで2名のダイバーが潜水作業のできることを実証した。これらの実験結果、ヒトはこの深度まで、高圧 He-O_2 環境下に曝露しても、生体に重大な支障をきたす要因はないと、FRUCTUS³⁾(1978)は報告している。

しかし、この閉鎖され、しかも狭い高圧 He-O_2 というきびしい環境下で、ダイバーは与えられた作業遂行への動機づけ (Motivation) の減弱がおこり得ることは、ダイバーらの内観調査^{12~15)}で明らかにされた。このように、作業に対する動機づけの減弱、注意水準の低下などの要因は、きびしい環境 (He-O_2 、低水温、視界不良等) 下で作業中のダイバーに過大なストレスを与えることになる。このストレスが、作業中の事故発生に結びつくことが考えられる。

このような環境下でダイバーのストレスを発生させる重要な要因として、SEKI¹³⁾は、25名のダイバーの内観質問紙調査法を用い、睡眠不足を表わす言葉の頻度が著しく高いことを示した。このような観点で、高圧環境下のダイバーの睡眠状態を客観的に把握することは、取りも直さず、ダイバーの最適睡眠状態を作りだすための指針を得ることになり、ひいては、高圧 He-O_2 環境下のダイバーらに快適な作業環境を作ることにもつながる。

本稿では、最大加圧深度21 ATAまでの潜水シミュレーション実験 (2 ATAに4日間、加圧、保圧および減圧を含めて26日間、 PIO_2 ; 0.4 atm, PIN_2 ; 0.8 atm) で、4名のテストダイバー (33~38歳)の終夜睡眠状態を、23:00消灯から翌朝07:00起床時刻まで記録した。この睡眠相の分析結果から新しい知見を得たので報告する。

2. 方 法

本実験は、海洋科学技術センター設置の潜水シミュレーターのうち、S-1, D-1, およびウェットチャンバーを用いて実施した。

図1は高圧 He-O_2 シミュレーション実験のプロファイルを示す。

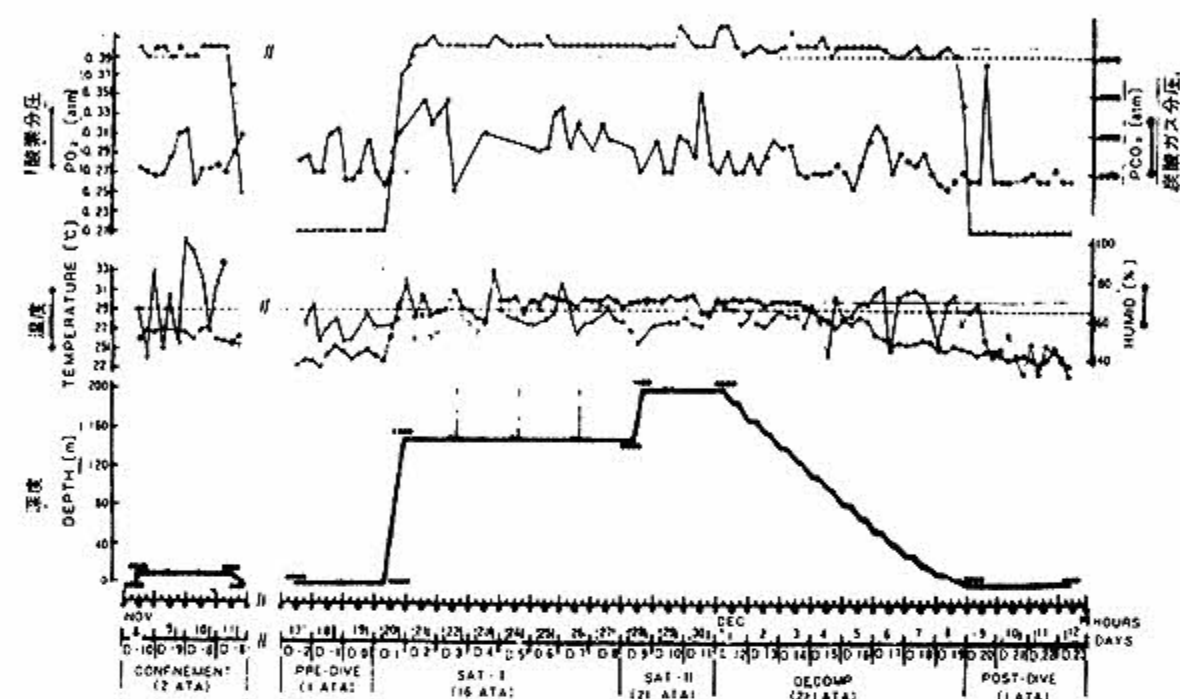


図1 実験期間と加減圧パターン (シードラゴン-II、21ATA、1977年11月)

Dive profile and environments parameters
(SEADRAGON-II, 21ATA, Nov. 1977)

4日間の2 ATA He-O_2 環境下の飽和潜水シミュレーション実験を実施した。その後、1週間内で3日間の1 ATA 空気環境下の事前観察、引続き1 ATAから16 ATAの15hの加圧、(加圧速度は10m/h)、16 ATA He-O_2 環境下で7日間、21 ATA He-O_2 環境下で2日間、減圧8日間、事後観察を3日間とした。

また16 ATAの保圧期間には3回にわたる21 ATAまでのエクスカッション潜水を実施した。減圧速度は、図1に示すように、米国海軍の減圧表を若干修正して使用した。

1日の照明条件は、07:00から23:00の16 L (16時間点灯)、23:00から7:00の8 D (8時間消灯)のリズムを実験期間中保持した。チャンバー内部は外部から光源が得るため、平均80 lxであった。

表1は被検者4名の身体的特徴、表2には実験期間中のテストダイバーの日課表を示す。

終夜睡眠の記録は、23:00消灯、就寝から翌朝7:00の点灯起床までとし、脳波、電気眼球図、筋電図、心拍数、呼吸数、直腸温などのセンサー類を下記の方法によって固定し、入力箱および端

表1 テストダイバーの身体的特徴 (シードラゴン II, 1977)

Physical characteristics of subjects (SEADRAGON- II, 1977)

テストダイバー Subject	年齢 Age (Yrs)	身長 Height (cm)	体重 weight (kg)	体表面積 Surface Area (m ²)
A	34	182.0	86.0	2.10
B	35	163.0	61.0	1.67
C	34	168.4	61.0	1.71
D	38	170.5	69.7	1.83

表2 実験期間中の日課表 (シードラゴン II 1977年11月)

Daily activity schedule inside the chamber (Seadragon- II NOV. 1977)

時刻 Hours	日 課 Activity
07:00	基礎代謝, 第1回定時生理計測, (注1) B.M.R.; Rise out of bed; First biorhythmic measurement; O ₂ 消費, 採血 (10ml) oxygen consumption; Draw venous blood sample (10ml); 排便, 自覚症状調査 Bag feces; Subjective symptoms test of fatigue.
08:00	朝食 Breakfast
09:00	水中作業 Underwater activity or physical exercise.
11:30	第2回定時生理計測 Second biorhythmic measurement.
12:30	昼食 Lunch
13:30	水中作業 Underwater activity or physical exercise.
16:00	第3回定時生理計測 Third biorhythmic measurement.
17:00	タッピングテスト, さし替検査, 選択時間反応検査 Tapping test; Manual Dexterity test; Choice reaction time スパイロメーター test; Spirometry.
18:00	夕食 自覚症状調査 Supper; Subjective symptoms test of fatigue.
19:00	入浴 Bath
20:30	第4回定時生理計測 Fourth biorhythmic measurement.
21:30	騒音テスト, ダイバー通信テスト Noise test; Diver communication test.
23:00	就寝, 睡眠の終夜計測 Retire to bed; Overnight electrophysiological recording for sleep.
(注1)	定時生理計測, 脳波, 心電図, 振戦, 呼吸 Biorhythmic measurement: EEG; EOG; Tremor; Respiratory 数, 直腸温度, 体重計測, rate; Rectal temperature; Measurement of body weight; 血圧, 採尿, フリッカー Blood pressure; Empty urinary bladder; C.F.F. (Flicker).

子箱を介してチェンバー外へ出し, 万能タイプ脳波計で連続記録した。また同時に磁気記録も併用した。

- (1) 脳波の電極装着部位, 誘導, および記録手法は, ROSTAIN ら^{10, 11)}の方法によった。電極は, MT 技術製の釣針電極を頭皮内に埋没し,

針尖端を頭皮上に出し, これをコロジオンで固定し, 頭髮上に保持した端子部に電極端部を結合した。電極部位は, 右半球の前頭極—中心回, 中心回—側頭中, 側頭中—後頭葉に装着し, 双極誘導とした。

- (2) 電気眼球図は脳波用銀皿電極を使用し, 左右眼窩両側に装着し, 水平および垂直方向の眼球運動を記録した。
(3) 筋電図は脳波用銀皿電極を使用し, オトガイ筋の動きを記録した。
(4) 心拍数はピックアップ電極を用いて胸部双極誘導した。
(5) 呼吸数は鼻部に装着したサーミスターによる呼吸曲線を記録した。
(6) 直腸温はYSI の46型を使用した。
(7) 終夜睡眠のポリグラフ解析は視察判定で行ない, 睡眠段階は RECHTSCHAFFEN & KALES⁹⁾の方法で分類した。なお, 判定単位は1 min とした。
(8) 睡眠周期は DEMENT & KLEITMAN²⁾の区分に従い, NREM 睡眠開始から REM 睡眠終了までを, 原則として一周期とした。

4名のテストダイバーを同時に計測したが, 夜間の寝返り, 異物感等から途中電極が脱落し, 測定が困難となったことがあった。しかし, この場合も再度電極装着のため起こすことはしなかった。

また睡眠相と自覚的な睡眠状態を把握するため前夜の睡眠について, ねつき, 睡眠の深さ, 覚醒時の気分などを質問紙を用いて報告¹⁵⁾させ, 各睡眠相, 入眠時刻などとの相関分析を行った。

3. 結 果

図2, 図3, 図4および図5には, 実験期間中の睡眠相を被検者別に示した。

これらの図は横軸に日付とダイブプロファイル, 縦軸に下から1日の終夜睡眠時間中にしめる各睡眠段階の時間を示す。なお, その上には, NREM 期と REM 期別に区分し, 心拍数, 呼吸数および直腸温を示す。この結果についてはここではふれない。

表3および表4に示すように, 終夜睡眠時間中480minに占める総睡眠時間は, 各被検者によって若干異なる。4名の平均は, 事前観察 (PRE-DIVE) で438min, 2ATAのHe-O₂環境下で449min, 6 ataで427min, 21ATAで, 411min, 減圧期で418minおよび事後観察期で420minであった。

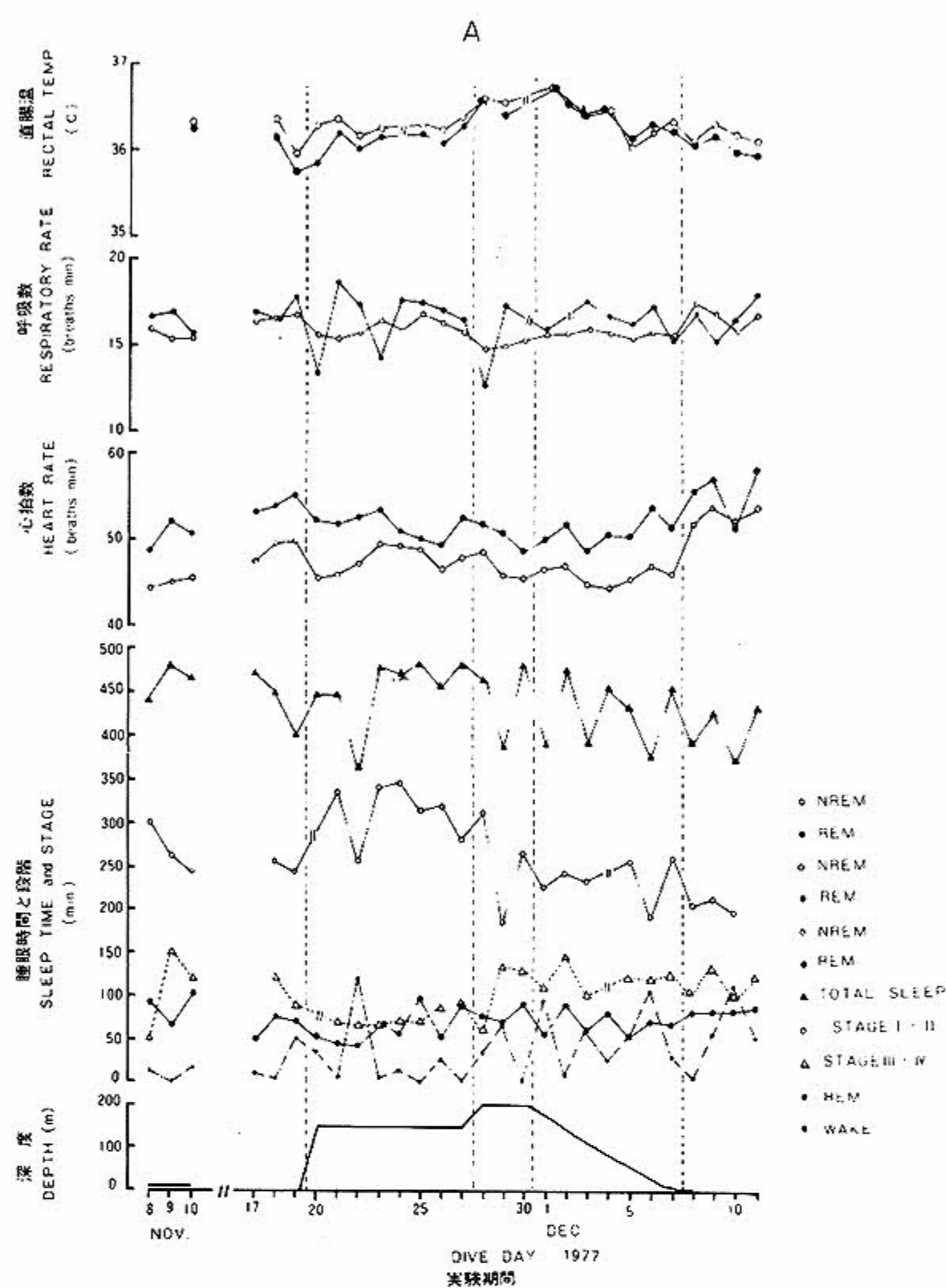


図2 実験期間中の終夜睡眠記録における変動
(被検者A, シードラゴン-II, 21ATA
1977年11月)

Sleep stages of graphic representation of usually
analyzed data on subject A. (SEADRAGON-II
21ATA, NOV. 1977)

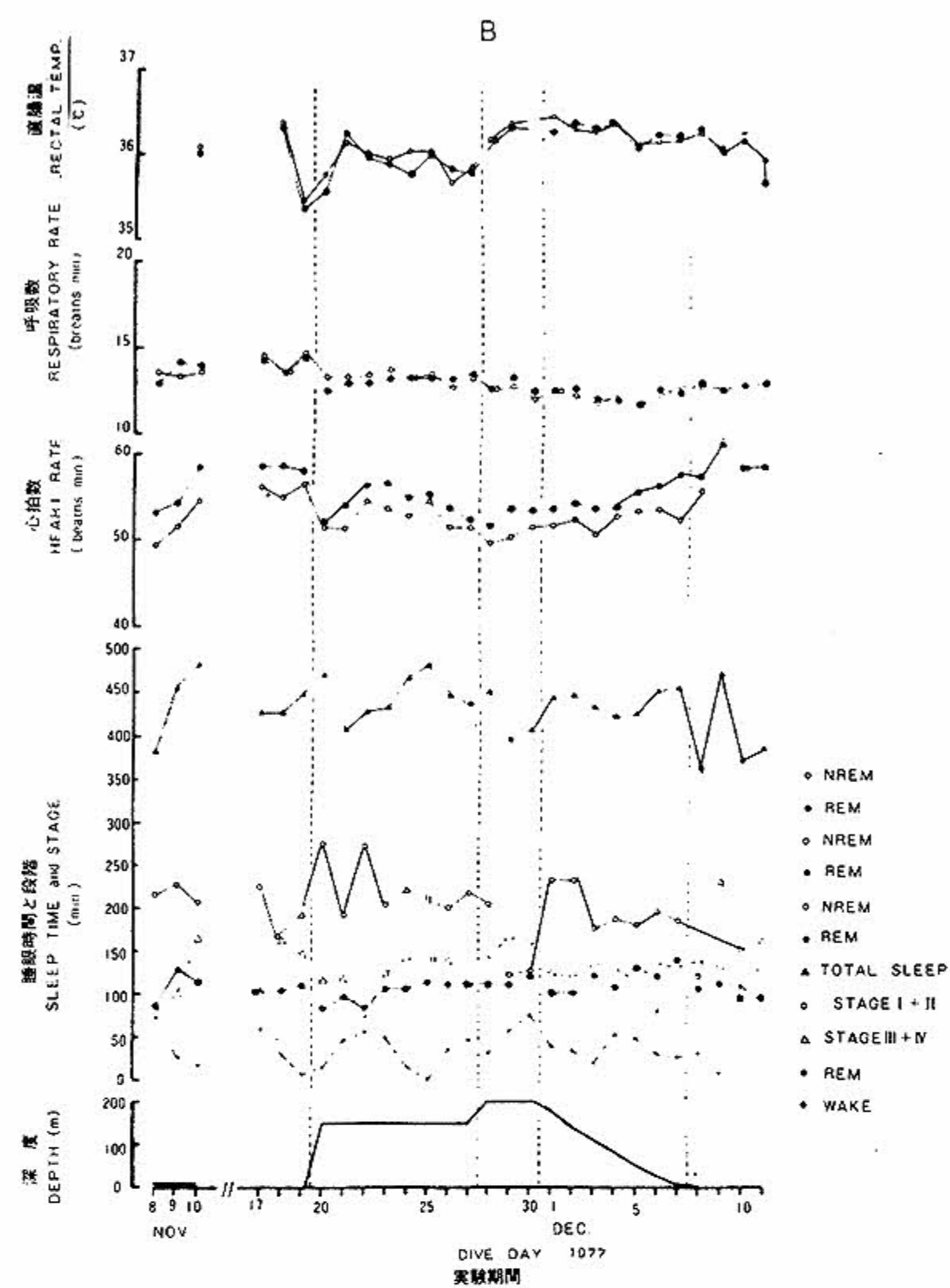


図3 実験期間中の終夜睡眠記録における変動
(被検者B, シードラゴン-II, 21ATA,
1977年11月)

Sleep stages of graphic representation of usually
analyzed data on subject B (SEADRAGON-II
21ATA, NOV. 1977)

表3 6 期間別の 4 名の被検者平均における睡眠段階区分とその睡眠時間(シードラゴン II, 1977年11月)

Mean and SD of sleep stages and sleep times during six periods on four subjects. (SEADRAGON-II Nov. 1977)

SLEEP STAGES

総睡眠時間 TOTAL SLEEP TIME		事前 観 察 PRE- DIVE			2 ATA			16 ATA			21 ATA			減 圧 期 DECOMP			事後 観 察 POST- DIVE		
		N	MEAN	S. D	N	MEAN	S. D	N	MEAN	S. D	N	MEAN	S. D	N	MEAN	S. D	N	MEAN	S. D
		12	438	24	12	449	32	32	427	44	12	411	44	32	418	34	12	420	37
覚 醒 WAKE		8	27	22	11	21	24	28	52	47	12	62	37	30	50	27	11	70	37
NREM	I + II	8	226	42	11	269	49	28	251	49	12	208	59	30	220	39	11	204	39
	III + IV	8	114	39	11	83	46	28	84	28	12	101	43	30	99	30	11	112	22
REM		12	80	23	12	98	19	32	83	25	12	87	21	32	94	23	12	92	12

圧力の増大, 狭い居住環境下での拘束時間が増大するにつれて, この総睡眠時間の減少がみられた。また 4 名の被検者中 3 名とも 1 ATA から 16 ATA に加圧した直後 (第 1 夜), 睡眠相の中で,

REM 睡眠総時間の減少がみられた。しかし 睡眠時間には変化がみられなかった。16 ATA に達した第 2 夜または第 3 夜は, 4 名の被検者ともに共通して極端な総睡眠時間の減少を示した。この傾

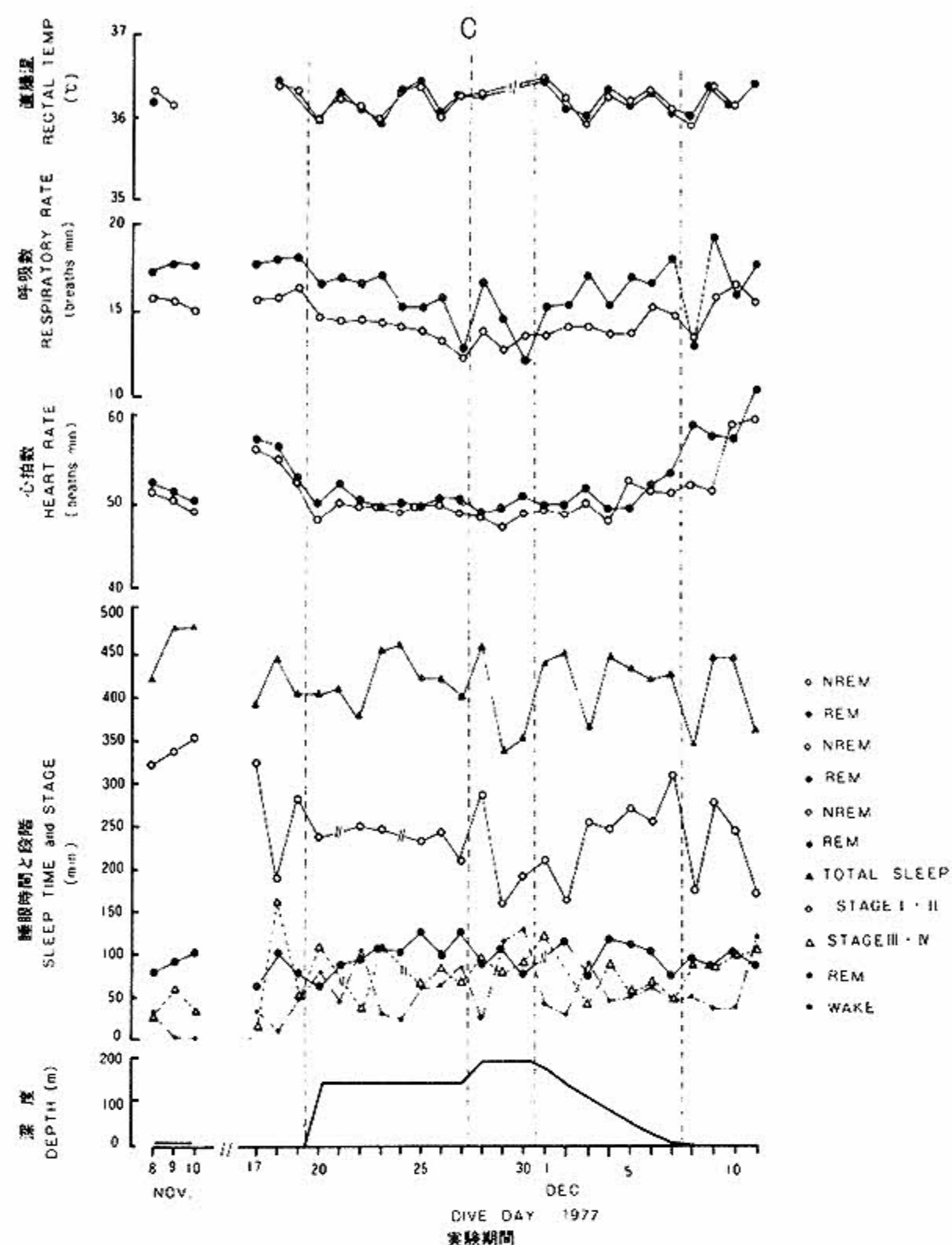


図4 実験期間中の終夜睡眠記録における変動
(被検者C、シードラゴン-II、21ATA
1977年11月)

Sleep stages of graphic representation of usually analyzed data on subject C. (SEADRAGON- II 21ATA, NOV. 1977)

向は、16 ATA から 21 ATA への加圧終了後も、同様な結果を示した。

被検者BとCは実験期間中を通じて、あまり総睡眠時間の変化を示さなかった。

反面、被検者AとDは減圧期に毎日のように、極端な睡眠時間の起伏が認められた。

終夜睡眠中の総覚醒時間は、事前観察期の2ATA下では25min 前後であったものが、16 ATA, 21 ATA, 減圧期, 事後観察期では50min 以上の値を示した。このことは、総睡眠時間の変化と終夜睡眠中の覚醒時間の増減がよく対応しており、相関係数も $r = -0.841$ ($n = 99$, $P < 0.01$) ときわめて高い逆相関を示し、このことから裏付けることができる。

翌朝起床時の睡眠内観調査(ねつき、ねむりの深さ、起床時の気分)と総睡眠時間、および終夜睡眠中の覚醒時間にも有意な相関関係が見出され

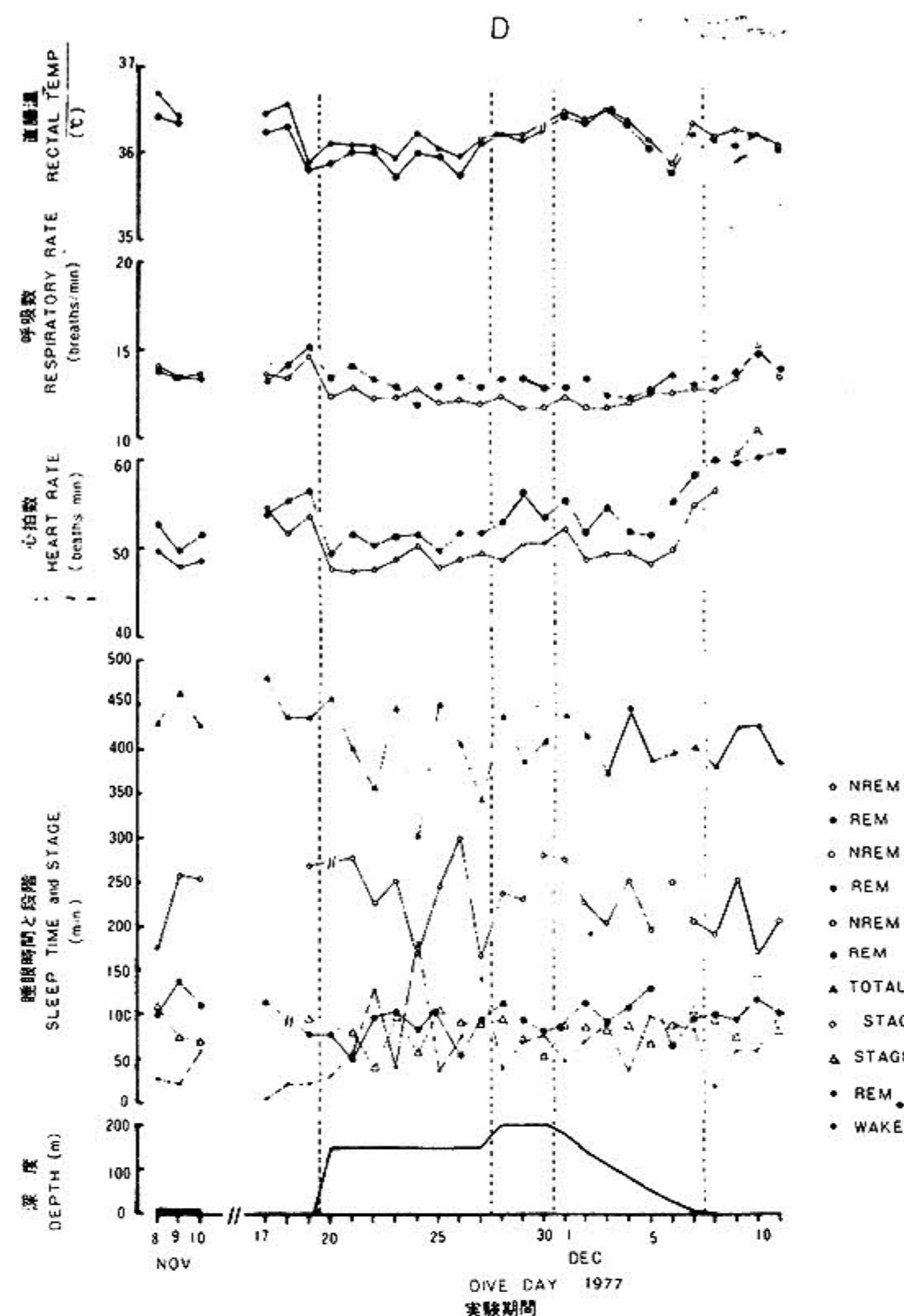


図5 実験期間中の終夜睡眠記録における変動
(被検者D、シードラゴン-II、21ATA
1977年11月)

Sleep stages of graphic representation of usually analyzed data on subjects D. (SEADRAGON- II 21ATA, NOV. 1977)

た。これは終夜睡眠中の覚醒時間を20min 以内に押えることによって、起床時の睡眠内観を良好に保持することを示唆している。また、He-O₂ 環境下の終夜睡眠中の覚醒が翌朝起床時の睡眠内観を左右させる因子であることを示している。

総 REM 睡眠時間は、実験期間を通して変化はみられなかった。また、総 REM 睡眠時間と翌朝起床時の疲労感 ($n = 111$, $r = 0.367$, $P < 0.05$), 翌朝起床時の体重変化 ($n = 112$, $r = -0.537$, $P < 0.01$) に有意な相関がみられた。このことは高圧 He-O₂ 環境下での REM 睡眠時間の変化が、翌朝起床時の疲労感を左右させる因子であることを示唆している。

NREM 睡眠では、4名の被検者の内、A, C および D は実験経過とともに、I + II 段階総時間で実験の経過日数とともに減少傾向を示した。反面、III + IV 段階総時間では I + II 段階総時間と鏡

表4 6 期間別における睡眠段階区分とその睡眠時間の有意水準 (シードラゴン II, 1977年11月)

Significantly different on paired t test on sleep stages and sleep time during six periods on four subjects. (SEADRAGON- II Nov. 1977)

SIGNIFICANT AT A LEVEL

	総睡眠時間 TOTAL						覚 醒 WAKE						NREM I + II					
	PRE-DIVE	2 ATA	16 ATA	21 ATA	DECOM	POST-DIVE	PRE-DIVE	2 ATA	16 ATA	21 ATA	DECOM	POST-DIVE	PRE-DIVE	2 ATA	16 ATA	21 ATA	DECOM	POST-DIVE
事前観察 PRE-DIVE										*	*	**						
2 ATA				*	**				*	**	**	**				*	**	**
16 ATA																*	**	**
21 ATA																		
減 圧 期 DECOMP																		
事後観察 POST-DIVE																		
	NREM III + IV						REM											
	PRE-DIVE	2 ATA	16 ATA	21 ATA	DECOM	POST-DIVE	PRE-DIVE	2 ATA	16 ATA	21 ATA	DECOM	POST-DIVE						
事前観察 PRE-DIVE			*															
2 ATA																		
16 ATA						**												
21 ATA																		
減 圧 期 DECOMP																		
事後観察 POST-DIVE																		

* P < 0.05

** P < 0.01

像を示した。被検者 B は安定した睡眠状態を保持した。また 4 名についての相関分析では, I + II 総時間と疲労感 ($n=99$, $r=-0.387$, $P<0.01$), 自覚症状 ($n=100$, $r=-0.370$, $P<0.01$) に有意な相関関係がみられた。しかし, III + IV 総時間と翌朝起床時の内観調査には, 有意な対応はみられなかった。

睡眠周期は, HARTMANN³⁾, AGNEW¹⁾などの報告から90min 前後であろうと考えられている。表5に示すように, 本実験での事前および事後の観察期(空気, 1 ATA)でも HARTMANN らのとなえる90min 周期にほぼ近い値を示した。

2 ATA の He-O₂ 環境下では, 若干の睡眠周期の増加傾向がみられた。16 ATA および21 ATA 下では, 第1周期目は2 ATA の値と同値を示し, 第2周期目以後は20min から30min の減少を示した。

一般的に第4周期目で起床時刻に達するとされるが, 図6に示すように, He-O₂ 環境下では, 終夜睡眠中6周期の特異な睡眠相が出現する傾向がみられた。

4. 考 察

4.1. 結果の妥当性

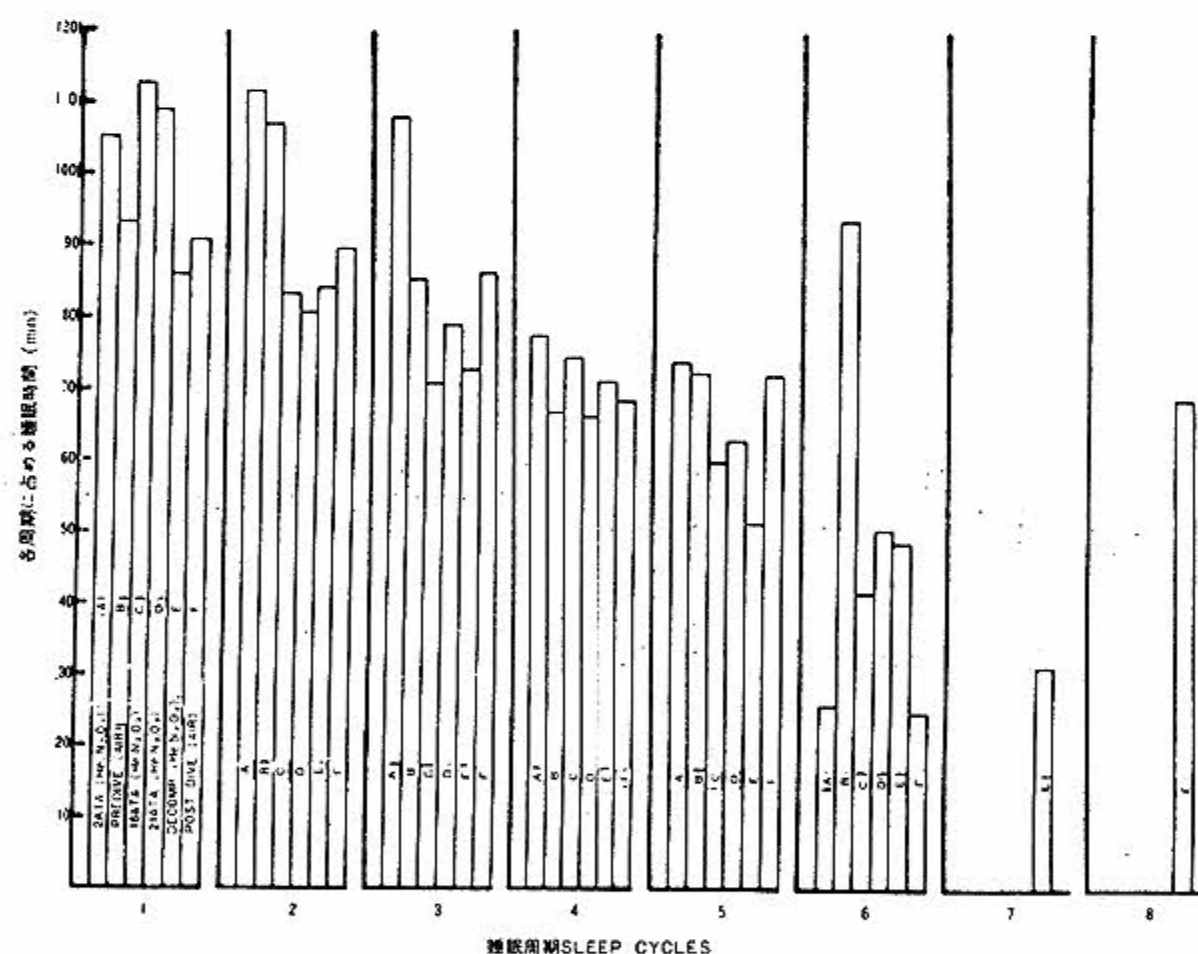


図6 6 期間別の4 名の被検者平均における睡眠周期と睡眠時間 (シードラゴン- II 21ATA、NOV. 1967) 77

Mean of sleep cycles during six periods on four subjects (SEADRAGON- II 21ATA, NOV. 1977)

高圧環境でヒトの睡眠に及ぼす影響をポリグラフを用いて研究する場合には, 多くの環境因子が

表5 6期間別の4名の被検者平均における睡眠周期と睡眠時間の平均値と有意水準（シードラゴンⅡ，1977年11月）

Mean and SD of sleep cycles during six periods on four subjects. Signification different on paired t test on six periods.
(SEADRAGON-Ⅱ Nov. 1977)

睡眠周期 Sleep Cycle	実 験 期 間 Period						t 検定 t-Test
	2 ATA	事前観察 Pre-Dive	16 ATA	21 ATA	減圧期 Decomp	事後観察 Post-Dive	
1	n	12	11	29	12	32	減圧 16ATA-Decomp.*
	$\bar{x}$	105.3	93.3	112.6	109.0	86.0	
	S.D.	34.9	43.0	56.0	52.1	47.8	
2	n	12	11	27	12	32	2-16ATA* 減圧 2ata-Decomp.* 事前観察 減圧 Pre-Dive-Decomp.*
	$\bar{x}$	111.8	107.1	83.4	80.7	84.3	
	S.D.	38.6	24.7	36.3	44.2	29.0	
3	n	12	10	27	12	32	2-16ATA** 2-21ATA* 減圧 2ATA-Decomp.**
	$\bar{x}$	108.2	85.6	71.1	79.3	73.0	
	S.D.	33.3	29.8	38.9	20.5	38.4	
4	n	8	7	22	11	29	
	$\bar{x}$	11.5	66.9	74.5	66.4	71.2	
	S.D.	34.0	43.3	28.4	23.7	32.0	
5	n	4	4	13	7	24	
	$\bar{x}$	74.0	72.5	60.0	63.1	51.6	
	S.D.	23.3	9.0	27.5	19.0	27.5	
6	n	1	1	5	3	13	事前観察 Pre-Dive-21ATA*
	$\bar{x}$	26.0	94.0	42.0	50.7	48.9	
	S.D.	—	—	22.4	6.4	23.0	
7	n				4		
	$\bar{x}$				31.5		
	S.D.				19.1		
8	n				1		{ * P<0.05 } { ** P<0.01 }
	$\bar{x}$				68.0		
	S.D.				—		

同時に変化をきたすため複雑となり，結果の解析には非常な困難を伴う。

本実験では，とりわけ，この環境因子をできるだけ少なくするため，2 ATA 環境下（ $PO_2=0.4$ atm, $PN_2=0.8$ atm, $PHe=0.8$ atm）で対照値を得るための実験を行なった。この実験の意味するところは，16 ATA, 21 ATA, および減圧期の結果と比較する場合には，共通の環境因子による影響を消去し得ることから，PHeと圧力自体を考慮に入れるだけでよいという，きわめて都合のよい利点を持っている。

この実験では4名の限定された被検者であったが，長期間にわたる実験で，しかも同一被検者による連続記録がとれ，使用した脳波計測用電極は常に所定の場所に固定され夜間の発汗などによっ

て特性が変わることはなく，またポリグラフ的睡眠相と内観調査による自覚睡眠には有意な対応がみられたことなどから，本実験はより正確に行なえたと思う。

4.2. 結果の意義

本実験から4名のテストダイバーの終夜睡眠相が，高圧He-O₂環境下で変化することが認められた。特に2 ATAと16 ATAおよび21 ATAとHe-O₂環境下での睡眠相の相違が認められた。この原因は圧力とHe分圧の増大などが関与したのではないかと考えられる。

しかしこの圧力とHe分圧の増大が睡眠に直接的な影響を与えるならば，常圧から16 ATAに加圧した直後の第1夜の睡眠相に変化が現われてし

かるべきである。しかし、この第1夜(16 ATA)の被検者4名の睡眠相は、2 ATA (He-O₂) および事前観察期(1 ATA, 空気)で得られた対照値と比較でも有意な変化は認められない。この結果の意味するところは、He分圧、圧力自体はダイバーの睡眠相に直接負荷を与え、ただちに睡眠障害を与える要因ではないと推察される。また、16 ATA、および21 ATA (He-O₂) 下の加圧終了後、第2夜および第3夜の睡眠相に変化がみられたことは、He分圧、圧力自体が生体に時間の経過とともに負荷として働き、睡眠障害を引起したのではないかと考えられる。

16 ATAでHeガスが生体内の組織中に完全に溶解し、飽和状態に達するには少なくとも12時間以上かかることが知られている。また圧力自体は生体が液体、固体でできているところから、16 ATAの圧力に対して生体は、圧力による障害を示すような徴候がないこと⁷⁾が知られている。このような観点で、本実験で得られた常圧から16 ATA (He-O₂) の加圧によって認められた睡眠相の変化は、He分圧が特に大きな因子として生体に介入したものと推察される。

JOUVET⁶⁾ (1969) が提唱する、REM睡眠の発現には橋網様体、特に青斑核 (locus coeruleus) 付近で生産されるカテコールアミン (Catecholamine)、またNREM睡眠には主として縫線系で生産されるセロトニン (Serotonin) が関与するという、“アミン仮説”が、今日では最も睡眠機序を説明するのによく用いられ、諸実験からも裏付けられている。

この点からHe分圧の影響によって、NREM睡眠が変化を受けたことは、JOUVETのいう縫線系で生産されるセロトニンが変化を示したのではないかと推察される。

一方、REM睡眠はHe-O₂環境下では対照値と比較しても有意な変化はみられなかった。また終夜睡眠中の16 ATA下の環境制御の中でも、特に温度制御が設定値(31℃)に対して±2℃くらいの変動を示し、ダイバーは睡眠中、温度上昇による暑さ、また温度降下による寒さのため、途中幾度も覚醒を余儀なくされた。しかしこの場合にも終夜睡眠中のREM睡眠時間は対照値と比較しても有意な変化はみられなかった。

このような観点で、高圧He-O₂環境下でも特に生体に大きな負荷として考えられるHe分圧、温度の因子は、REM睡眠には関与しないことが示

唆される。またNREM睡眠に大きな影響を与える環境因子として、He分圧、環境温度が考えられる。

睡眠-覚醒の周期のペースメーカーとして、MOORE、ほか⁸⁾ (1972) および井深⁴⁾ (1978) のげっ歯類(ラット、ハムスターなど)を用いた研究では、視交叉上核両側の破壊によってこの周期が消失することを報告している。また睡眠-覚醒のリズムの消失ばかりでなく、松果体およびインドール代謝のリズム、副腎皮質ホルモンや多くの酵素活性リズムも消失することが確かめられている。このようにげっ歯類の実験で確認されただけであるが、解剖学的には哺乳類全体にも、この核があることが知られている。

宇尾¹⁶⁾ (1977) は次のように推察している。眼から入射した光の情報は、神経路でもって視交叉上核におくられる。多分、この部位が時計の駆動部であって、ここでは内因性の約24時間周期をもった時計が動いており、外界から伝えられた光のシグナルに従い、時刻の調整がされている。また光のない条件では、本来の駆動、そのものが神経路でもって従属器官である弓状核や前室周囲核に伝えられる。これらの核にある神経分泌細胞がモノアミンや放出ホルモンなどを分泌し、つぎつぎとホルモン連鎖を誘発し、体液的にリズムを調整する。本実験結果が示すように、2 ATA (He-O₂) と16 ATA および21 ATA (He-O₂) では、睡眠周期に有意な変化がみられた。この変化がホルモン系および神経系の中で、どの部位がHe分圧、温度変化に対して大きく関与しているかは不明で、今後の研究に待たねばならない。

また本実験結果で示されたように、高圧He-O₂環境下では、ダイバーに睡眠障害がみられた。

これはSEKI¹²⁾ (1976)、SEKIほか^{14, 15)} (1977, 1978) が、高圧He-O₂環境下のダイバーの疲労内視調査で睡眠障害が疲労増大に大きな因子として働くと、指摘していたことを、はからずも、本実験結果で裏付けることとなった。

本稿では、この高圧He-O₂環境下の睡眠障害を環境パラメーターの因子について取上げ分析を行った。しかし、高圧He-O₂環境下の睡眠障害については、ダイバーの1日あたりの作業量、精神的ストレスなども考慮に入れた把握が今後の実験研究に取り入れて行く必要がある。

5. 結 言

4名のラストダイバーを16 ATAと21 ATAの高圧He-O₂環境下に曝露し、睡眠相の変化を記録した。その結果、次のことが明らかとなった。

- (1) 16 ATA 加圧直後、第2夜、第3夜に睡眠相に変化がみられ、特にNREM睡眠の減少がみられた。
- (2) 常圧、2 ATA (He-O₂)、高圧He-O₂環境下を通して、4名の被検者とも、REM睡眠には変化がみられなかった。しかし4名中3名の被検者に1 ATAから16 ATAに加圧直後の第1夜に若干のREM時間の減少が認められた。
- (3) 高圧He-O₂環境下(16 ATAと21 ATA)の睡眠周期に大きな変化がみられた。その原因として、He分圧、および環境温度制御が大きく関与することが分かった。
- (4) 睡眠内観調査とポリグラフを用いた睡眠相との間には、高い相関関係が得られた。

文 献

- 1) AGNEW, H.W., Je., WEB, W.B. and WILLIAMS R. L., 1966, "The first night effect: An EEG study.", *Psychophysiology* 2, 263-266
- 2) DEMENT, W. C. and KLEITMAN, N 1957 "Cyclic variations in EEG during sleep and their relation to eye movements, body motility, and dreaming.", *Electroenceph. clin. Neurophysiology* 673-690.
- 3) FRUCTUS, X., 1978, *La plongée profonde Science & vie*, Hors series N°123. 64-75.
- 4) 井深信男, "サーカディアンリズムの発現と同調機構, 「続 バイオリズムとその機構」 (1978), p. 168-189. 講談社
- 5) HARTMANN, E, 1968, "Longitudinal studies of sleep and dream patterns in manic-depressive patients", *Arch, gen, Psychiat.* 19, 312-329.
- 6) JOUVET. M, 1969, "Biogenic amines and the states of sleep", *Sciences* 163, 32-41
- 7) MACDONALD., A. G., 1975, "Hydrostatic pressure physiology In: The physiology and Medicine of diving and compressed air work", ed. Bailliere Tindall. p. 78-101.
- 8) MOORE, R. Y. and EICHLER, V. B., 1977, "Loss of a circadian adrenal corticosterone rhythm following suprachiasmatic lesions in the rat". *Brain Research* 42, 201-206.
- 9) RECHTSCHAFFEN. A. and KALES, A., (Eds), 1968, "A manual of standardized terminology, Techniques and scoring system for sleep stage of human subjects." Washington D. C : U. S. Government Printing office.
- 10) ROSTAIN, J. C., REGESTA, G. and NAQUET, R., 1973 "Study of the organization of sleep of divers at 300 meters depth in oxy-helium atmosphere.", *Electroencephalography and clinical Neurophysiology* 34-788.
- 11) ROSTAIN, J. C. and NAQUET, R., 1974, "Le syndrome nerveux des hautes pressions : Caracteristiques et evolution en fonction de divers modes de compression.", *Rev. E. E. G. Neurophysiol.* 4: 107-124.
- 12) SEKI, K, 1976, *Etude d'ergonomie hyperbare*, "Fatigue subjective et dégradations sensorielles en plongée fictive à saturation (31, 40, 51 et 62 ATA; binaire ou ternaire)", Thèse Science, Université d'Aix-Marseille-I, p. 317.
- 13) SEKI, K. and HUGON, M., 1976, Critical flicker frequency (CFF) and subjective fatigue during an oxy-helium saturation dive at 62 ATA.", *Undersea Biomedical Research.* 3, 3, p. 235-247.
- 14) SEKI, K. and HUGON, M., (1977) b. Fatigue subjective et dégradation de performance en environnement hyperbare à saturation (Homme-Héliox-40, 0 ATA)., *Ergonomics.* 20, 2, 103-119.
- 15) 関 邦博, 中山英明, 1978, "高圧ヘリウム-酸素混合ガス環境(11 ATA)でのヒトのサーカディアンリズム", 海洋科学技術センター試験報告 第2号, 143-157.
- 16) 宇尾淳子, "生物時持をさぐる(1977), p. 1-234. 蒼樹書房.