

31ATA, He-O₂環境下におけるダイバーの 終夜睡眠相の変化

中野正美^{*1} 他谷 康^{*1} 関 邦博^{*1}

昭和57年度に実施した31ATA有人潜水シミュレーション実験におけるダイバー4名の終夜睡眠相について研究を行った。

その結果, 本実験では睡眠相に事前観察期, 31ATA保圧期, 事後観察期において大きな変化は認められなかった。しかし, 昭和53, 54年度に行った実験結果と比較して, 今回は特に全期間を通して, 総睡眠時間の減少やREM睡眠時間の著しい低下が認められた。また, 本実験では寝具の影響によると思われる覚醒が認められた。

今後, ダイバーの疲労と直接関係を有する総睡眠時間の延長やREM睡眠時間を増加させる方法について, 環境制御や使用する寝具等についての検討が必要である。

Nocturnal Sleep Recording in a Hyperbaric Environment (31 ATA, He-O₂)

Masami Nakano^{*2} Yasushi Taya^{*2} Kunihiro Seki^{*2}

Nocturnal sleep was polygraphically recorded in four divers to investigate sleep profiles during a simulated manned undersea experiment; 31 ATA, He-O₂, 3 days at the bottom. Statistical analyses revealed that there is no remarkable alteration in sleep time or in sleep pattern in the three experimental periods; pre-dive, 31 ATA saturation, post-dive. However, when compared to the results of past experiments, poor total sleep time, including REM sleep time throughout the three periods, was observed in this experiment. There were observed several episodes of awakeness due to uncomfortable bedclothes.

The results were discussed from the viewpoint of the relation between sleep time and the fatigue of divers. According to the results of past experiments, there is a close relationship between fatigue and quality-quantity of sleep. Further attempts are required to clarify the causal relation between fatigue and lack of sleep to determine the most suitable environmental values for sound sleep in relation to temperature, humidity and noise, and also to improve the accommodations for sleep, especially bedclothes.

*1 潜水技術部

*2 Manned Undersea Science and Technology Department

1. はじめに

昭和51年度から54年度の4回にわたる有人シミュレーション実験(SEADRAGON-I~IV)において高圧ヘリウム-酸素混合ガス環境下の睡眠について研究を行った。その結果、高圧環境下でのダイバー疲労に係る最も大きな要因として睡眠障害のあることが示唆された。³⁾⁴⁾

本報告は、昭和57年11月22日から12月13日の期間、当センターで実施された有人潜水シミュレーション実験(31ATA, He-O₂)時における、ダイバーの終夜睡眠相についての研究と同時に寝具の種類によって睡眠がどのような影響を受けるかについて併せて検討を行った。

2. 方 法

31ATA 有人潜水シミュレーション実験(SEADRAGON-V)は、図1に示すように、事前観察に3日間、加圧(加圧速度25m/hr)に12時間、31ATA He-O₂ 環境下に3日間、減圧に13日間、事後観察に2日間の計22日間であった。

終夜睡眠の記録は23:00の消燈就寝から翌朝07:00の点燈起床までの8時間とし、事前観察期の3夜、31ATA下の4夜、事後観察期の2夜、合計9夜の測定を実施した。測定項目は脳波、眼球運動図、筋電図、心拍数、呼吸曲線、直腸温および皮膚温であり、電極およびセンサー類はROSTAIN, et al.²⁾の方法により所定の場所に装着した。これらの生体情報はチェンバー内の入力箱および端子箱を介してチェンバー外に導出し、脳波計(三栄測器 1A58SP, 日本光電工業 EEG-4413)および記録計(宝工業 K-710)で4名同時に連続記録した。同時に磁気記録(SONY 8ch DATA RECORDER DFR-3915)も併用した。終夜睡眠のポリグラフ解析は視察評定で行い、睡眠段階は Rechtschaffen & Kales¹⁾の方法に準じて6段階(AWAKE, NREM I, II, III, IV, REM)とした。なお視察評定の単位は1分であった。

本実験に参加した被検者(ダイバー)は30才から41才の健康な男性4名であり、いずれも飽和潜水の経験者であった。身体的特徴は表1の通りである。

3. 結果および考察

総睡眠時間においては、被検者によって若干差は認められたが、全就床時間480分に対して4名の平均値はそれぞれ事前観察期で386分、31ATAで371分、事後観察期で385分を示し、31ATAの保圧期は事前・事後観察期に比べて若干の減少がみられた。しかし、この減少に有意差は認められなかった。反面、総覚醒時間は事前観察期で94分、31ATAで109分、事後観察期で95分であり、最も高い値を示したのは31ATAの保圧期である(表2, 図2)。このことについては保圧時の高圧He-O₂ 環境下におけるダイバーの夜間排尿等のための覚醒回数からも示唆された(表3)。

NREM 睡眠では、I + II段階の総時間は事前観察期で282分、31ATAで203分、事後観察期で207分であり事前観察期と31ATAの保圧期の間には有意差($P < 0.01$)が認められた。III + IV段階の総時間では事前観察期で85分、31ATAで139分、事後観察期で156分と増加を示し、長期間にわたる実験での疲労は事後観察期までおよんだことが示唆された(表2, 図2参照)。

REM 睡眠では事前観察期で19分、31ATAで29分、事後観察期で22分であり31ATAの保圧期が若干多い値を示したが有意な変化はみられなかった(表2, 図2参照)。しかし、一般的には総睡眠時間に対してREM睡眠の占める割合は20%(96分)と言われており⁵⁾、本実験条件はダイバーにとって快適な環境でなかったことが推察される。

次に睡眠相を被検者別に見てみると、図3に示すように、総睡眠時間については被検者Aを除く3名の被検者では事前・事後観察期に比べて31ATAの保圧期では減少がみられた。反面、図4に示すように、総覚醒時間は3名の被検者に31ATAの保圧期に増加を示し、特に被検者Dではこの期間の平均時間が150分という長い覚醒時間がみられた。

図5に示すようにNREM睡眠I + IIとIII + IVについては被検者Aでは事前・事後観察期に比べて31ATAの保圧期ではIII + IVの深い睡眠時間が2倍近く出現し、反面I + IIの浅い睡眠時間の減少がみられた。また被検者Bでは事前観察期、31ATAの保圧期に比べて事後観察期ではIII + IVの深い睡眠の増加が見られた。これについては、被

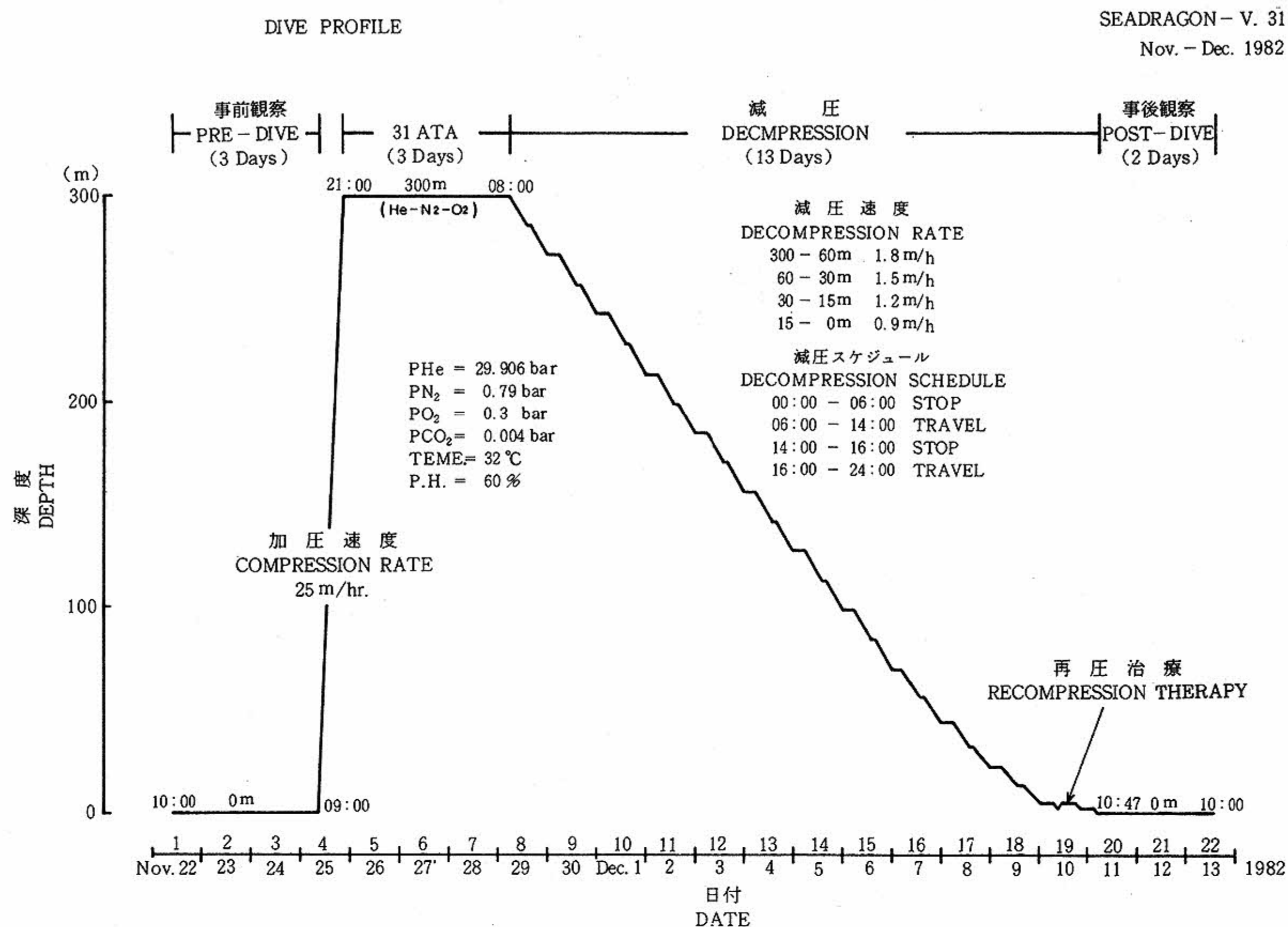


図1 実験期間と加減圧パターン

Dive profile and environments parameters.

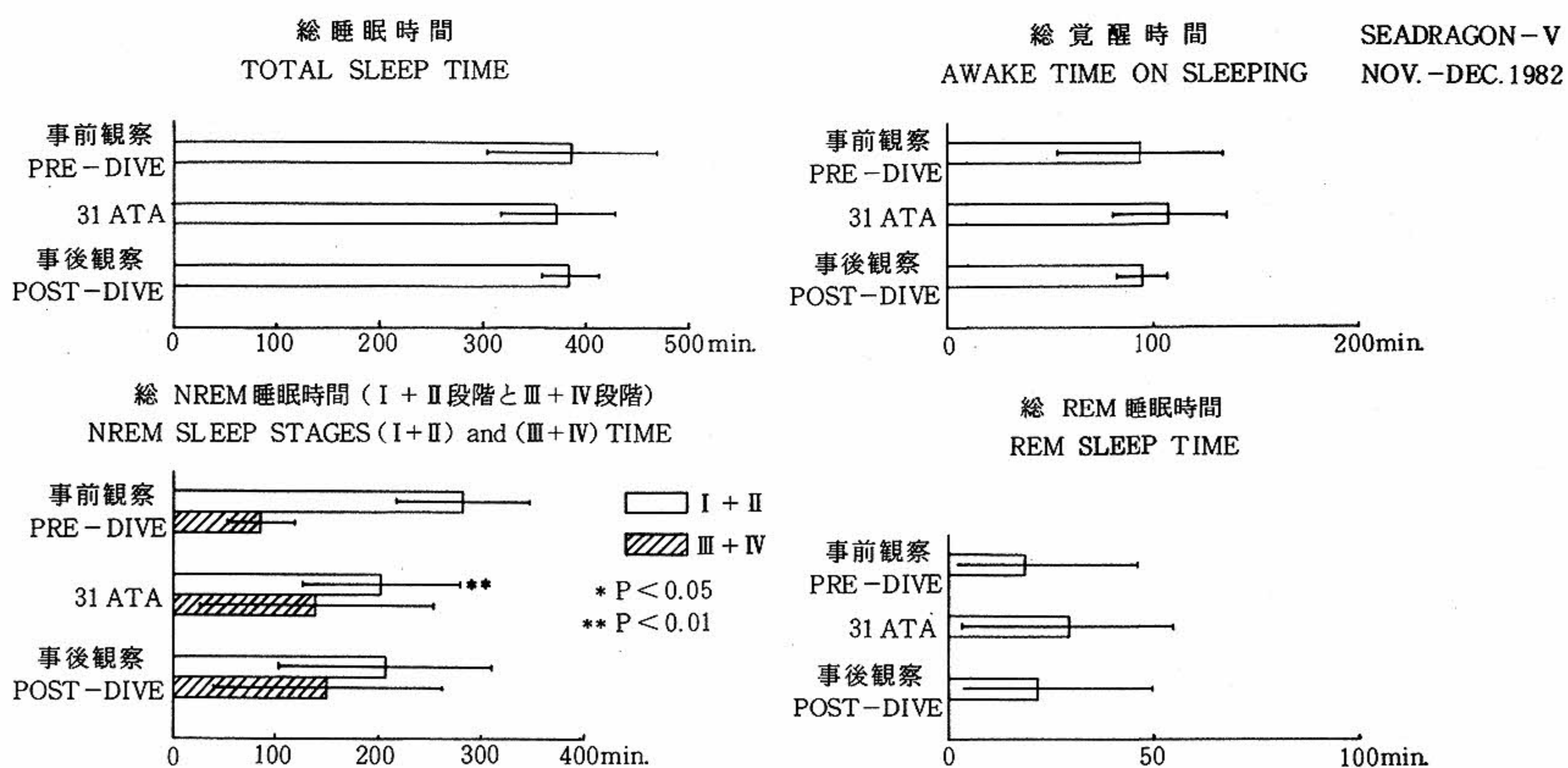


図2 被検者4名の各期間別の睡眠相の平均時間と標準偏差

Mean and S. D. of sleep time for each sleep stage during three periods on four subjects.

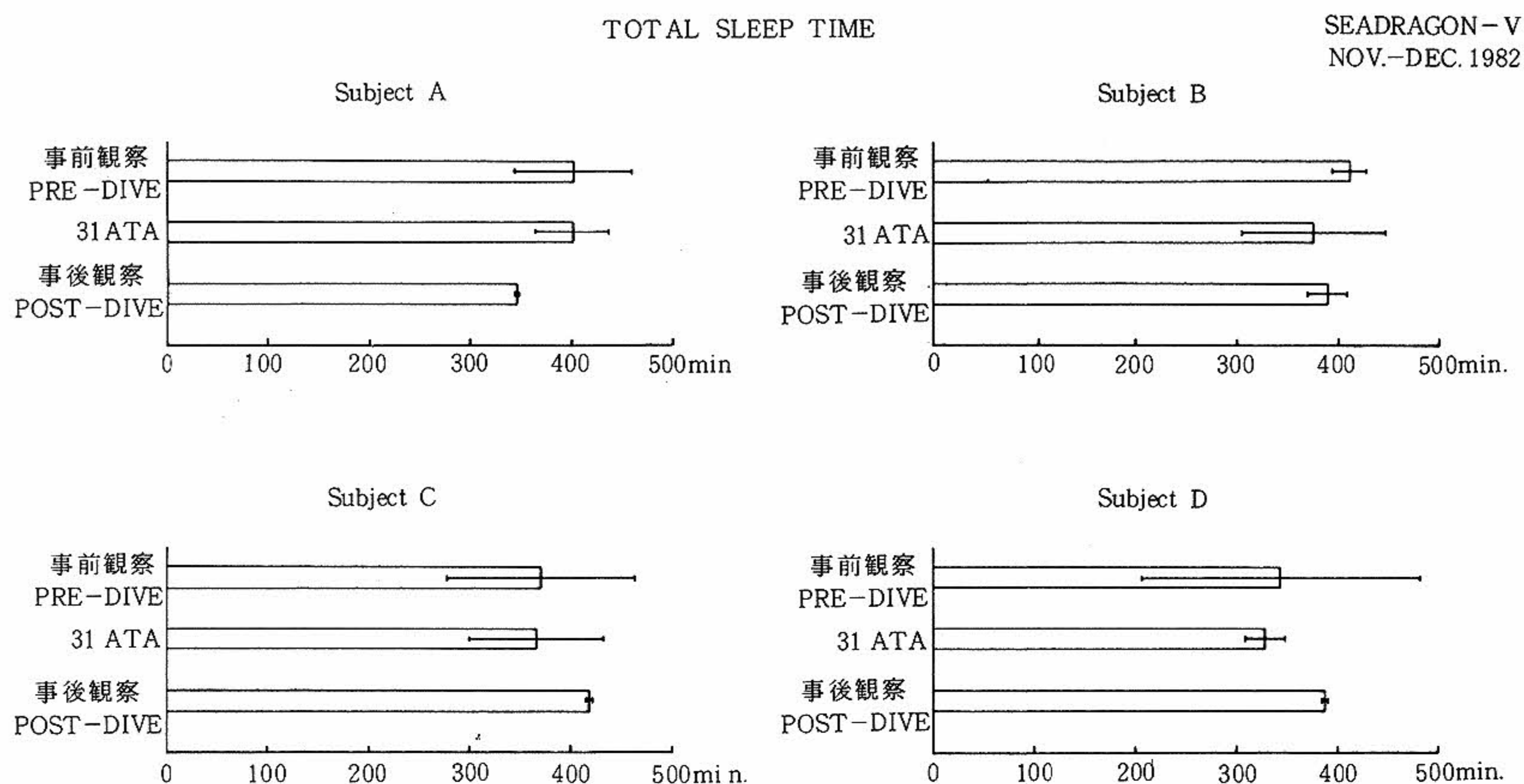


図3 各被検者の期間別の総睡眠時間の平均時間と標準偏差

Mean and S. D. of Total sleep time during three periods for each subject.

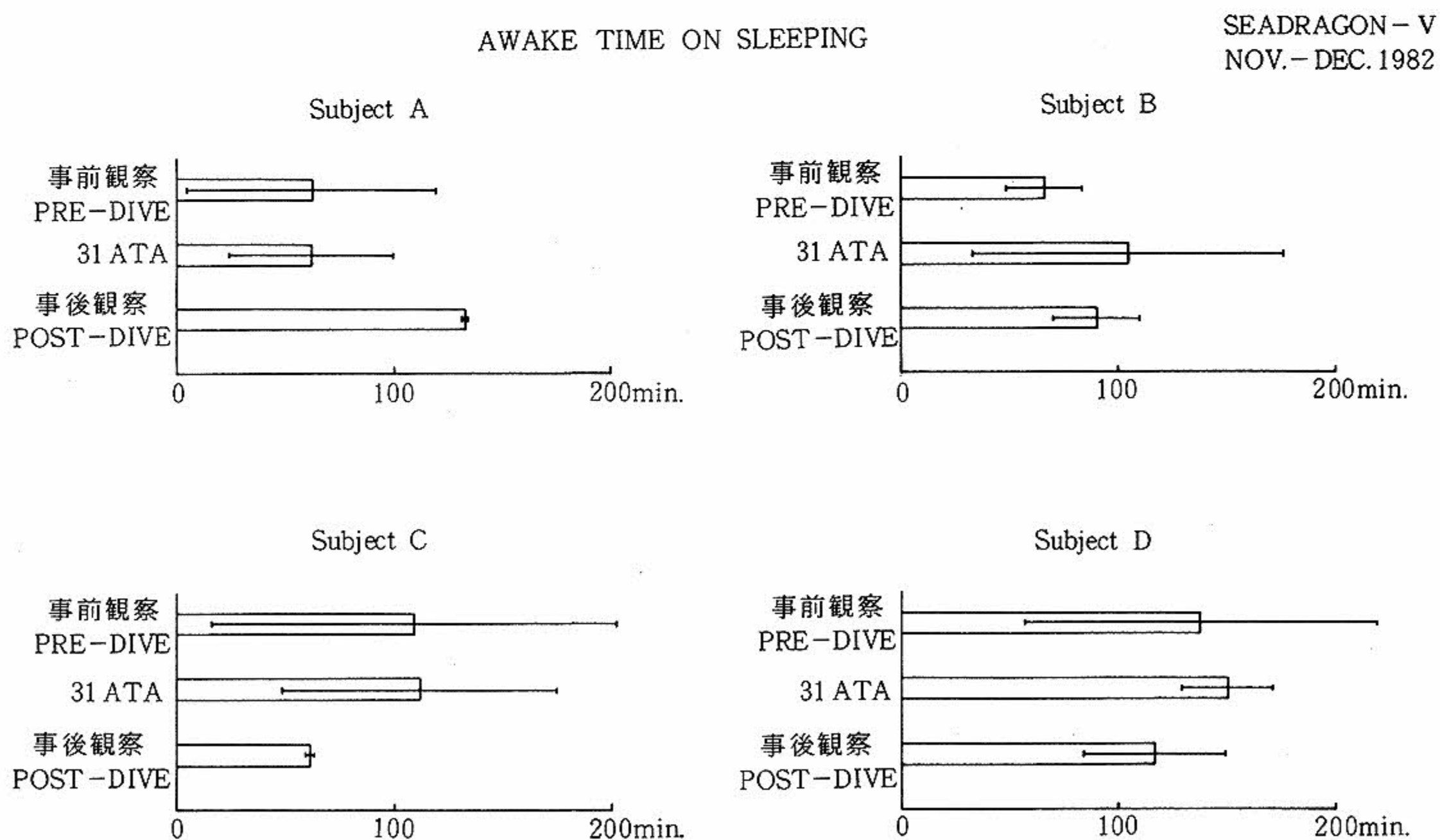


図4 各被検者の期間別の終夜総覚醒時間の平均時間と標準偏差

Mean and S. D. of Awake time at night during three periods for each subject.

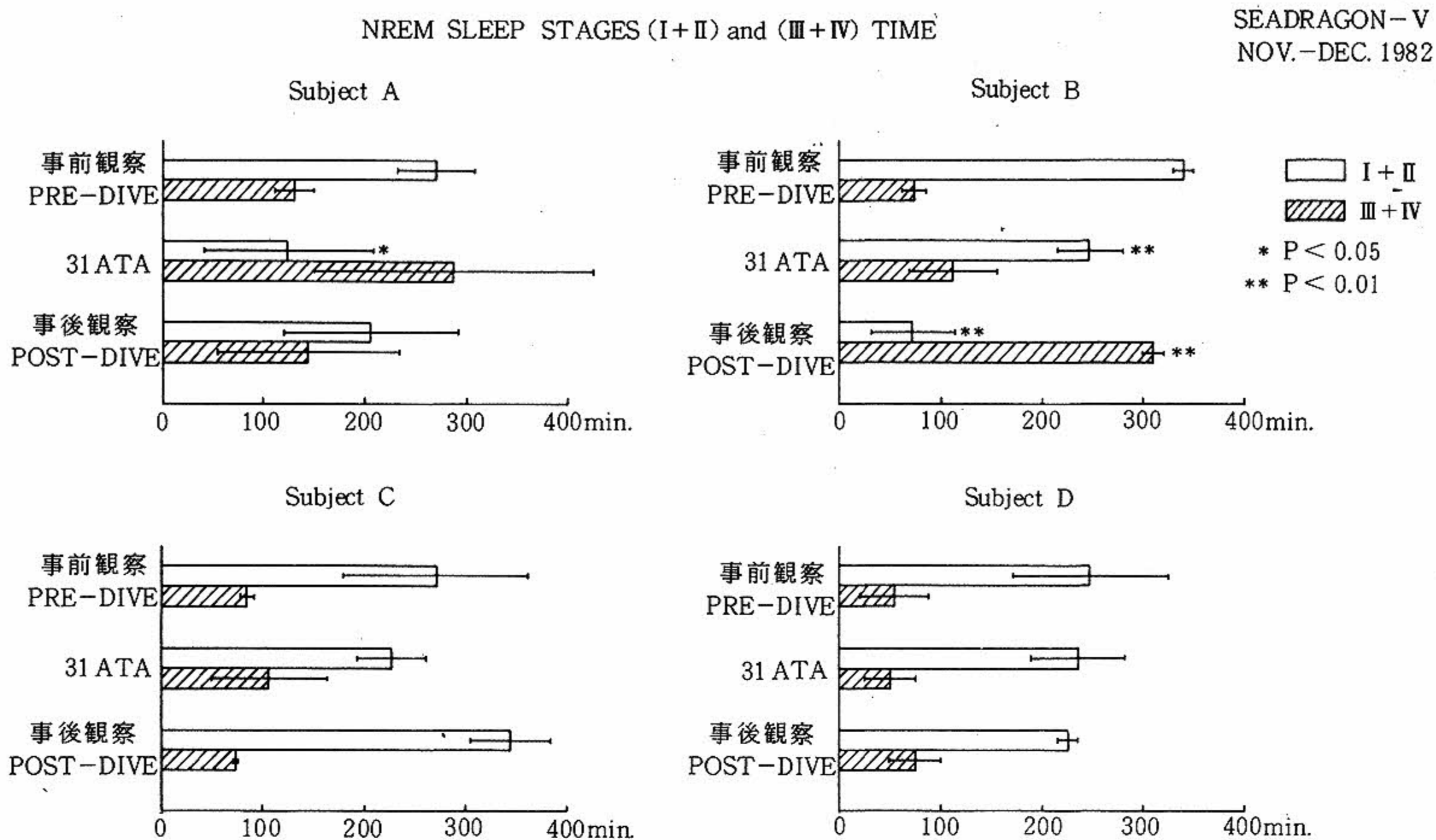


図5 各被検者の期間別の総 NREM 睡眠時間(I + II 段階と III + IV 段階) の平均時間と標準偏差
Mean and S. D. of NREM sleep time [stages (I + II) and (III + IV)] during three periods for each subject.

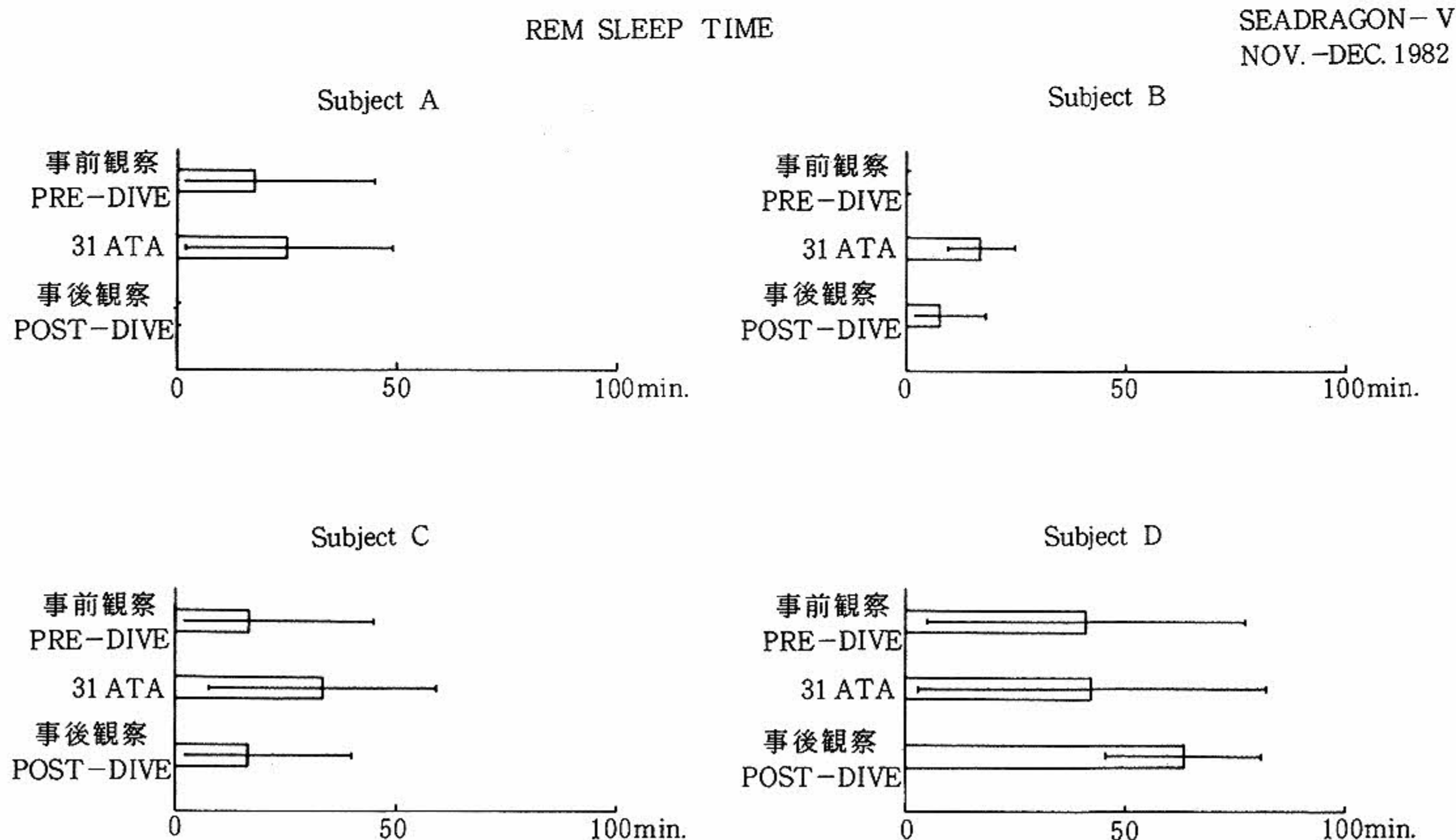


図6 各被検者の期間別の総 REM 睡眠時間の平均時間と標準偏差
Mean and S. D. of REM sleep time during three periods for each subject.

表1 テストダイバーの身体的特徴
Physical characteristics of subjects.

SEADRAGON-V
Nov.-Dec.1982

テストダイバー Subject	年 令 Age (yrs)	身 長 Height (cm)	体 重 Weight (kg)	体 表 面 積 Surface Area (m ²)
A	39	182.6	86.4	2.08
B	31	168.5	63.0	1.72
C	30	172.6	65.4	1.78
D	41	162.7	62.5	1.67

表2 被検者4名の各期間別の睡眠相の平均時間と標準偏差
Mean and S. D. of sleep time for each sleep stage during three periods on four subjects.

SEADRAGON-V
NOV.-DEC.1982

		事前観察 PRE-DIVE			31 ATA			事後観察 POST-DIVE		
		N	MEAN	S. D	N	MEAN	S. D	N	MEAN	S. D
総睡眠時間 TOTAL SLEEP TIME (min.)		12	386	83	16	371	58	8	385	26
覚 醒 AWAKE (min.)		12	94	83	16	109	58	8	95	26
NREM (min.)	I + II	12	282	65	16	203	77	8	207	109
	III + IV	12	85	35	16	139	116	8	156	112
R E M (min.)		12	19	27	16	29	26	8	22	29

検者Aは31ATA下における疲労を回復するためにⅢ+Ⅳの深い睡眠を必要としたものと思われる。また被検者Bは、長期間にわたる実験の疲労が事後観察期までおよんだものと思われる。その他の被検者については、大きな変化は見られなかった。

図6に示すように、REM睡眠については、被検者Aの事後観察期の2夜、被検者Bの事前観察期の3夜にわたってREM睡眠の出現が見られなかった。また他の被検者においても、REM睡眠の出現が見られない日があり、注目すべきことであった。この原因として、就寝時間以外の昼間の休憩時間における睡眠が関与しているものと思われる。

また今回の実験では高圧He-O₂環境下における寝具の保温効果に関する研究を行うために被検者AとCにテビロン毛布(テビロン100%),毛布(純毛100%),難燃毛布(綿65%,ポリエステル35%)等の材質の異なる寝具を使用して就寝させているので、これらの寝具が睡眠にどのような影響をおよぼすかについて検討した。その結果、被検者A、Cともに全ての毛布において、寝具のテスト中は暑くて寝苦しく、ほとんど肌にまとって寝ることができないという訴えがなされた。このことは表3に示すように被検者の自覚症状調査による主観的な訴えから、毛布類は保温性が良すぎるため高圧He-O₂環境下ではすぐに暑くなり、

表3 被検者4名の期間別の睡眠の自覚症状調査

Subjective symptoms and signs of four subjects during three periods.

SEADRAGON - V 1982										
Nov.					Dec.					
		22	23	24	25	26	27	28	11	12
		事前観察 PRE-DIVE			31 ATA				事後観察 POST-DIVE	
睡眠自覚評価 良：良好 普：普通 不：不充分	A	良	良	良	普	良	良	普	不	良
	B	普	良	良	普	不	不	不	良	不
	C	普	良	良	不	不	不	不	不	普
	D	良	良	良	不	不	良	良	良	普
ねむけ 有・無	A	有								
	B								有	
	C				有		有			
	D									
夜間覚醒(回数)	A						1	1		
	B				1			2		
	C				3		3	4		
	D				1		1	2		
夜間排尿(回数)	A						1	1		
	B				1			2		
	C						1	1		
	D				1		1	2		
発汗 有・無	A				有	有	有			
	B				有	有	有			
	C				有	有	有	有		
	D					有				

また毛布を取り除くと寒くなり、寒暖の差が非常に激しく、夜間の排尿以外にもそれによって覚醒したとの報告がなされており、寝具の睡眠におよぼす影響があったことが示唆された。

以上の結果を表4、表5の過去の実験結果³⁾⁴⁾と比較すると、本実験では特に全期間を通して総睡眠時間の低下やREM睡眠時間の著しい低下が顕著に認められた。その原因として、先にも述べ

ているように就寝時間以外の、昼間の休憩時間における睡眠が関与したと考えられ、このことについては表3のねむけに対する被検者の訴え数が少なかったことから推察された。

また、夜間の排尿のための覚醒については過去の実験結果と同一所見であった。しかし、今回の実験では夜間の排尿以外に寝具の影響による覚醒が見られた。

表4 被検者3名の各期間別の睡眠相の平均時間と標準偏差

Mean and S. D. of sleep time for each sleep stage during five periods on three subjects.

SEADRAGON-III
SEPT. 1978

		事前観察 PRE DIVE			26 ATA			31 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
総睡眠時間 TOTAL SLEEP TIME (min.)		15	432	27	21	410	27	21	411	37	33	411	57	12	376	50
覚醒 AWAKE(min.)		15	39	26	21	48	30	21	50	40	33	58	57	12	87	47
NREM (min.)	I + II	15	254	38	21	245	52	21	217	57	33	208	49	12	184	37
	III + IV	15	76	14	21	68	28	21	76	48	33	89	38	12	93	22
REM (min.)		15	102	27	21	98	31	21	119	20	33	115	23	12	100	18

表5 被検者4名の各期間別の睡眠相の平均時間と標準偏差

Mean and S. D. of sleep time for each sleep stage during six periods on four subjects.

SEADRAGON-IV
AUG. 1979

		2 ATA			事前観察 PRE DIVE			加圧期 COMP.			31 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
総睡眠時間 TOTAL SLEEP TIME (min.)		12	416	40	15	424	27	12	415	31	55	399	46	48	406	45	12	401	37
覚醒 AWAKE(min.)		12	54	33	15	48	26	12	56	28	55	72	43	48	66	44	12	79	37
NREM (min.)	I + II	12	264	60	15	237	49	12	228	57	55	213	38	48	207	42	12	211	31
	III + IV	12	77	34	15	86	41	12	92	44	55	75	26	48	94	31	12	86	23
REM (min.)		12	69	23	15	93	34	12	95	30	55	110	27	48	105	27	12	104	33

4. 結 論

事前観察期(1 ATA, Air, 3夜), 31ATA (He-O₂, 4夜), 事後観察期(1 ATA, Air, 2夜)における睡眠相について検討を行った。その結果, 次のことが明らかとなった。

(1) 4名の被検者とも終夜睡眠中に占める総睡眠時間は370分~400分であり, 過去の31ATAの実験結果における総睡眠時間(400分~430分)と比べて, 非常に低い値を示した。

(2) 4名の被検者とも, 終夜睡眠中に占める総覚醒時間は100分前後であった。また31ATAの保圧期においては, 第2夜より毎夜, 夜間排尿のための覚醒が, 4名とも1~2回見られた。さらに排尿以外にも, 寝具の影響による覚醒が見られた。

(3) 終夜睡眠中のNREM睡眠時間は, 事前観察期および31ATAの保圧期で4名中3名がI+IIの睡眠段階で200分~300分, III+IVの睡眠段階では100分前後であった。

(4) 4名の被検者とも, 終夜睡眠中のREM睡眠時間は20分~50分であり, 過去の31ATAの実験結果におけるREM睡眠時間(90分~110分)と比べて, 非常に低い値を示した。また被検者によっては, 事前観察期または事後観察期にREM睡眠の出現が認められなかった。

(5) 寝具に関しては, 被検者の主観的な訴えか

ら見て, 高圧He-O₂環境下では通気性, 吸湿性を考慮した寝具が望ましい。

以上のことから, 今後とも高圧He-O₂環境下におけるダイバー疲労の要因となっている夜間の覚醒を極力減少させ, 総睡眠時間やREM睡眠時間を増加させるための, 寝具や環境制御についてさらに研究する必要がある。

文 献

- 1) Rechtschaffen, A. and Kales, A. et. "A Manual of Standardized Terminology, Techniques and Scoring System for Sleep Stage of Human Subjects", (1968), U.S.GPO.
- 2) Rostain, J.C. et al. 1973, "Study of the Organization of Sleep of Divers at 300 meters Depth in Oxy-Helium Atmosphere", *Electroenceph. Clin. Neurophysiol.* 34, 788
- 3) 関 邦博, 中山英明, 1979, "21 ATA He-O₂ 環境下のヒトの終夜睡眠周期", *JAMSTECTER* (3), 160-168
- 4) 関 邦博, 中山英明, 1979, "31ATA (He-N₂-O₂, 34日間, テストダイバー3名) のヒトの終夜睡眠相の変動について", *日本高気圧環境医学会誌*, 14(1), 9-13
- 5) 大熊輝雄, "睡眠の臨床", (1977), 11-14, 医学書院