

## ●原 著

飽和潜水実験中のPolysomnographと  
Actigraph活動量の変化永嶋秀敏<sup>1)</sup> 松本一弥<sup>2)</sup> 毛利元彦<sup>3)</sup>  
楢木暢雄<sup>3)</sup>

本研究は、飽和潜水実験中における手首装着型行動量計(Actigraph)による睡眠・覚醒判定の有効性と限界性を明確にするために、同時に測定したPolysomnograph(PSG)から判定した睡眠パラメータとの関連性を検討した。その結果、ActigraphおよびPSGから判定した全睡眠時間の短縮、睡眠効率の減少、入眠潜時の延長がそれぞれ減圧期と事後観察期で認められ、各潜水水位相の変化について両測定法で極めて類似していた。ActigraphとPSGから判定した全睡眠時間、睡眠効率、入眠潜時の間には強い相関関係が認められたが、中途覚醒時間には中等度の、中途覚醒回数については低い相関関係にあった。1分毎の記録経過時間にしたがって、PSGとActigraphの両者が、いずれも「睡眠」または「覚醒」と一致して判定した合計の時間(分)を就床時間(480分)で割り、百分率で表した睡眠・覚醒一致率は、減圧期(90.1%)と事後観察期(90.7%)でやや低下するが、事前観察期や保圧期にあつては93%以上の一致率が認められた。以上の結果から、短時間の夜間覚醒についてはActigraphでは過小評価する傾向がみられるとはいえ、飽和潜水環境下にあつても、夜間中に眠っていたか、覚醒していたかについてはかなりの確率で識別できるものと考えられる。

キーワード：窒素・酸素飽和潜水実験、睡眠脳波、手首装着型行動量計、睡眠・覚醒判定

**The change in N<sub>2</sub>-O<sub>2</sub> simulated saturation diving experiments of Polysomnographic and Actigraphic measures**

Hidetoshi Nagashima\*<sup>1)</sup>, Kazuya Matsumoto\*<sup>1)</sup>,  
Motohiko Mohri\*<sup>2)</sup>, Nobuo Naraki\*<sup>2)</sup>

\*1) Graduate school, University of East Asia

\*2) Japan Marine Science and Technology Center

We compared wrist actigraph with polysomnograph to evaluate actigraphic monitored under the nitrogen-oxygen saturation dives environment.

Eleven divers were monitored by traditional polysomnograph and wrist actigraph during the experimental nights (total 168 nights). As the results, following fact clarified. The nocturnal sleep from the latter part of the bottom period to post dive period in the both measuring methods showed significantly a reduction in total sleep time, a decrease in sleep efficiency and an increase in sleep latency. Two measuring methods showed the similar changes. The correlation coefficient between the actigraph and polysomnograph should significantly high

1) 国士舘大学体育研究所

〒206-8515 東京都多摩市永山7-3-1

2) 東亜大学大学院

3) 海洋科学技術センター

受付日 2002年5月23日

採択日 2002年7月15日

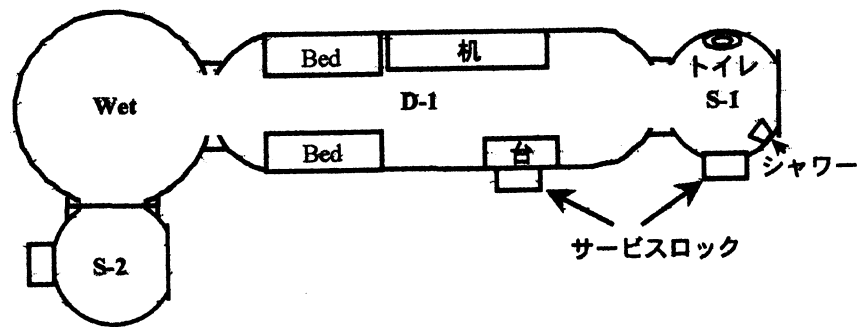


Fig. 1 Diving simulator of JAMSTEC

regarding the total sleep time ( $r=.81$   $p<.01$ ), sleep efficiency ( $r=.81$   $p<.01$ ) and sleep latency ( $r=.91$   $p<.01$ ). However, relatively low correlation coefficients were seen regarding the wake after sleep onset ( $r=.52$   $p<.01$ ) and the number of awakenings ( $r=.20$   $p<.05$ ). The rate of agreement of the sleep/wake periods identified by using both actigraph and polysomnograph was over 93%. From the above results, it was suggested that wrist actigraph could identify sleep/wake periods with certain accuracy. It will be useful to saturation diving environment.

**Keywords :**

$N_2$ - $O_2$  simulated saturation dives, Polysomnograph, Wrist Actigraph, Sleep/Wake identification

**はじめに**

睡眠・覚醒研究の多くは、従来からPolysomnograph (PSG)によるものか、睡眠日誌を用いて行われてきた<sup>1,2)</sup>。また、睡眠日誌による判定では、被験者の主観的判断に頼らざるを得ないため、信頼性にかけるという問題点が残る。そのため、飽和潜水環境下における睡眠研究は、PSGを用いたものがほとんどである<sup>3-9)</sup>。PSGの測定では、電極の装着技術と多数の電極を取り付けて睡眠をとらなければならないダイバー自身への負担やそれが睡眠に影響を及ぼすなどの問題が生じる可能性がある。特に、飽和潜水中においては被験者であるダイバー自らが電極を装着しなければならず、そのための事前トレーニングによる装着技術の修得が不可欠である。

経験の浅いダイバーでは装着の精度に問題があることも多く、装着したが記録は不十分で判定できなくなることも少なくない。脳波測定者が対象者となるダイバーと一緒にチェンバーに入って生活をともにすれば、上述した問題も解決されるが、多くの飽和潜水実験では健康なダイバーのみをチェンバー内に入れ、脳波測定者を参加させることが困難である。また、飽和潜水環境下でPSGを記録する場合、夜間睡眠だけが記録の対象となることが多く、日中の活動や居眠りの状態などを捉えている研究は皆無といえる。これを捉えるためには、飽和潜水実験中の夜間期だけでなく昼間期にも連続してPSGを記録しなければならず、ダイバーへの負担は極めて大きなものとならざるを得ない。

そこで近年、手首に装着する活動量計を用い、カウントされた活動数から睡眠・覚醒判定を行うことができる計測システムが開発され、睡眠研究にも応用されるようになってきた<sup>10,11)</sup>。取り扱いが非常に簡便で非利き腕に装着するだけで被験者による操作はほとんど必要がなく、最大で約16日間の連続的なデータ収集ができる。各種の研究分野、健康者や各種の睡眠障害者、交代勤務者、妊産褥婦などの睡眠・覚醒リズムの研究等<sup>11,12,13)</sup>に、この計測システム、Mini-Motionlogger-Actigraph (Ambulatory Monitoring, Inc. Arelsey, U.S.A.:以下Actigraph)が用いられてきているが、飽和潜水の研究にはまだ応用されていない。この装置を用いた研究では、手首Actigraph活動量に基づいて「睡眠」と「覚醒」を判定できるアルゴリズムが開発され<sup>10)</sup>、PSGとの間での睡眠・覚醒の一致率が検討されている。そ

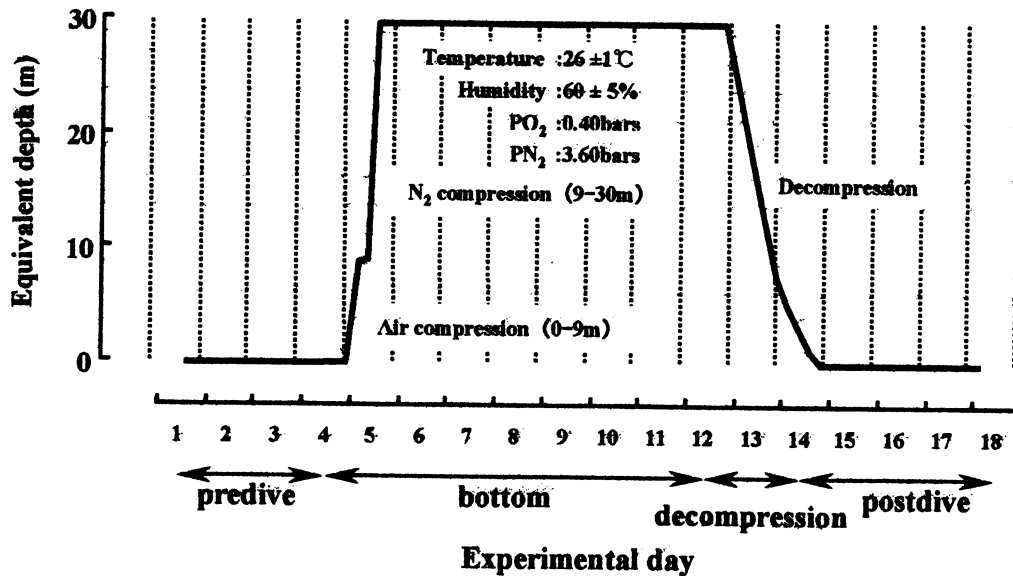


Fig.2 Profile of simulated dives to 30-m depth with nitrogen - oxygen.

の結果，両者の測定法の間でかなり高い一致率を示すことが幾つかの研究で確かめられている<sup>13,14,15)</sup>。

本研究では，30m深度相当圧における窒素・酸素飽和潜水実験中にActigraphとPSGを同時に連続して記録することにより，夜間時における両者の睡眠・覚醒の一致率や，両測定法の間における睡眠パラメータの相関関係を検討することによって，飽和潜水環境でのActigraph測定の有効性と限界性を明らかにすることを目的とした。

#### 実験時期

30m深度相当圧における窒素・酸素飽和潜水実験は，海洋科学技術センター内に設置されている潜水シミュレータのうちS<sub>1</sub>チェンバー（内容積9m<sup>3</sup>，内径2.4m），D<sub>1</sub>チェンバー（内容積28.82m<sup>3</sup>，内径2.4m）およびWチェンバー（内容積8.0m<sup>3</sup>，内径2.4m）を用いて，97年7月，97年11月，98年7月，99年11月の異なる時期に，計4回行った（Fig.1）。D<sub>1</sub>チェンバー内の両側には，縦75cm，横180cmの2段式ベッドが設置され，各実験期間中いずれも4名の被験者はこれらのベッドで就寝した。S<sub>1</sub>チェンバーはダイバーのトイレ，洗面，シャワーなどに，Wチェンバーは生理・心理学学的検査に各々使用した。

#### 対象者

本実験の対象者は，4回の実験とも種々の医学的・心理学的検査によって選抜された健康な成人ダイバー各4名の計16名である。このうち98年7-8月に実施した実験では，女性2名（21才と23才）が含まれているが，その他14名は男性であった。女性2名のデータを検討したが，男性と大きな変化がみられなかったため，本データの中に含めた。その内，Actigraphの測定上にトラブルがあった5名を除いた11名を本研究の対象者とした。女性2名を含めた11名の対象者の平均年齢は，26.6(5.7)才であった。

#### 実験プロフィール

Fig.2には，本実験の潜水プロフィールを示した。4回の実験は，いずれも実験時期が異なるだけで，加圧・減圧条件などを含めて環境条件は全て同じ条件で実施した。全ての実験とも，約4日間（96時間）の大気圧下における事前観察を行った。実験5日目の10時に初期加圧として9m深度相当圧まで1m/minの速度で空気加圧を行い，引き続き9m深度相当圧から窒素ガスにより20m/hrの加圧速度で再加圧し，同日11時18分に30m深度相当圧に到達した。30m深度相当圧下での滞在保圧時

間は、いずれも172時間32分であった。保圧期間中の環境ガス圧は、 $PO_2$ がほぼ0.40 atmを、 $PN_2$ が3.60 atmに保持した。引き続き、実験12日目の15時50分より減圧を開始し、52時間50分後（14日目の20時）に大気圧に戻った。減圧期における各時点での減圧速度は次の通りである。30mから13.7 m深度相当圧までが0.7 m/h、13.7~7.7 mが深度相当圧まで0.6 m/h、7.7~5.2 m深度相当圧までが0.5 m/h、5.2~1.2 m深度相当圧までが0.4 m/h、1.2~0 mが0.3m/hであった。減圧終了後約4日間（92時間）の事後観察を行った。

チェンバー内の温度条件については、事前観察日と事後観察日の温度は $24 \pm 1^\circ C$ 、保圧期と減圧期の温度が $26 \pm 1^\circ C$ 、相対湿度は全実験期間中 $60 \pm 5\%$ を維持した。全実験期間中、チェンバー内の照明条件は16時間点灯（07:00~23:00）、8時間消灯（23:00~7:00）とした。食事は朝・昼・夕食とも栄養の質および量を考慮した上で、一定時刻にD<sub>1</sub>チェンバーのサービブロックを通じて与えた。

#### 測定項目

PSGは、30m深度相当圧飽和潜水の実験期間中の全夜を通して23:00から翌朝7:00までの間に連続して記録した。電極類は、表面電極を用い、脳波の接着部位はC<sub>3</sub>とC<sub>4</sub>とし、耳朶を不感電極に、前額部を接地にした。眼球運動の電極は左右眼球の水平方向に、心電図の電極は左右胸側部にそれぞれ装着した。各人に装着した電極類は、入力箱を介してチェンバー外に導出し、日本電気三栄測器製の万能型脳波計で同時記録すると共に磁気記録も行った。

本研究で使用したActigraph (Ambulatory Monitoring, Inc. Arelsey, U.S.A) は、サイズが35×45×13mm、重量は70gである。構造は、カンティレバーで支えられたピエゾ・エレクトリックアクセルメータの圧センサーとアナログ回路、A/Dコンバーター、ICメモリー、マイクロプロセッサー、定電圧スイッチ・モード電源などを内蔵し、単位時間毎のカウント数を測定し記録する方式となっている。

このActigraphを睡眠・覚醒モード (Mode: zero crossing mode, Epoch time: 1min, Amplifier setting: 18) で初期化を行い、30m飽和潜水実験の

全実験期間中ダイバーの非利き腕に装着してもらい活動量を測定した。同時に生活行動日誌の記入を入室ダイバーに依頼し、10分単位の行動記録、また入浴等によるActigraph非装着期間を記録してもらった。記録されたActigraph活動量データは外部専用インターフェイスを介しPC-AT互換のコンピュータに取り込んだ。

#### 解析

PSGとActigraphが同時に測定することができたのは、延べ187夜であり、これを本研究の分析対象とした。

PSGによる各夜の記録は、RechtschaffenとKalesの基準<sup>16)</sup> によって20秒区画毎に視覚判定した。なお、PSGにより段階1~4睡眠と段階REM睡眠 (Rapid eyes movement sleep) と判定した場合は、全て「睡眠」と判定した。Actigraphデータは、Coleらのアルゴリズム<sup>10)</sup> を用い1分区画で睡眠・覚醒判定を行った。人工的な動き (機械の振動) やシャワーなどの時には、Actigraphデータから除外し、“Bad data” とし処理した。Actigraphの活動・休息リズムから導き出された睡眠・覚醒パラメータについては、解析ソフトの‘Action W2’を用いて、正確に夜間期 (“Down interval”, 23:00~7:00) と昼間期 (“Up interval”, 7:00~23:00) に区分した。“Down interval”中の睡眠パラメータは、解析ソフト‘Action W2’の中で次のようなものを用いた。すなわち、① “Duration” (就寝から消灯までの所要時間: 以下、就床時間Time in bed), ② “Sleep minutes” (「睡眠」として判定された合計の分数: 全睡眠時間Total sleep time), ③ “%Sleep” (“Duration”に対する“Sleep minutes”の割合: 睡眠効率Sleep efficiency index), ④ “Sleep Latency” (就寝時刻より20分間連続して「睡眠」と判定された最初のブロックまでの時間: 入眠潜時Sleep latency), ⑤ “Wk after Slp Onset” (就寝時から最初に「睡眠」と判定してから翌朝の最後の「睡眠」と判定された期間中に「覚醒」と判定された合計時間: 中途覚醒時間Wake after sleep onset) および⑥ “Wake Epochs” (⑤の期間中において「覚醒」と判定された合計回数: 中途覚醒回数Number of awakenings) である。

また、消灯時刻 (23:00) から起床時刻 (7:00)

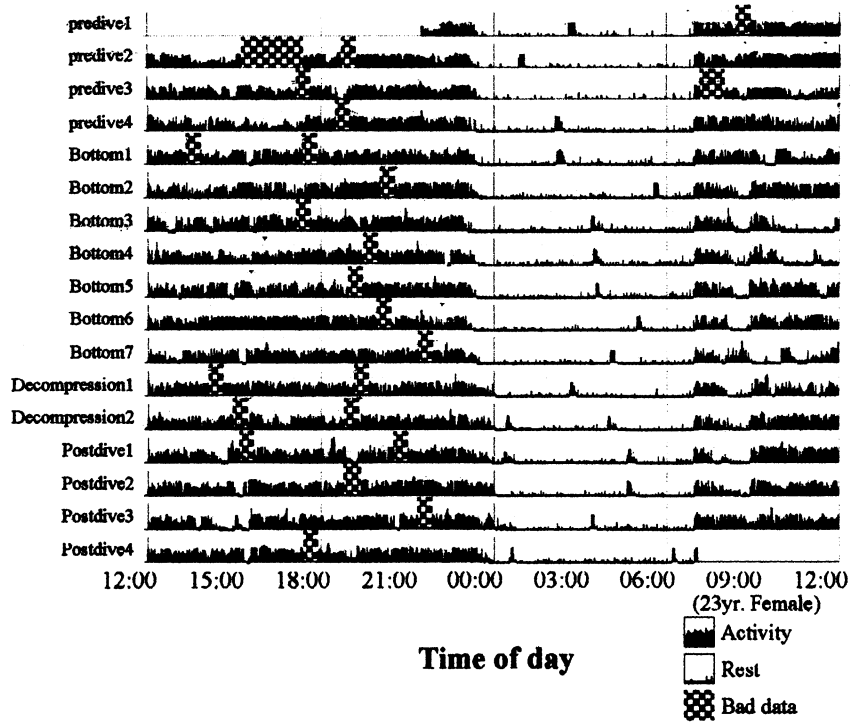


Fig.3 Example of low actigraphic data during simulated dives to 30-m depth with nitrogen - oxygen from pre dive 1st day to post dive 4th day.

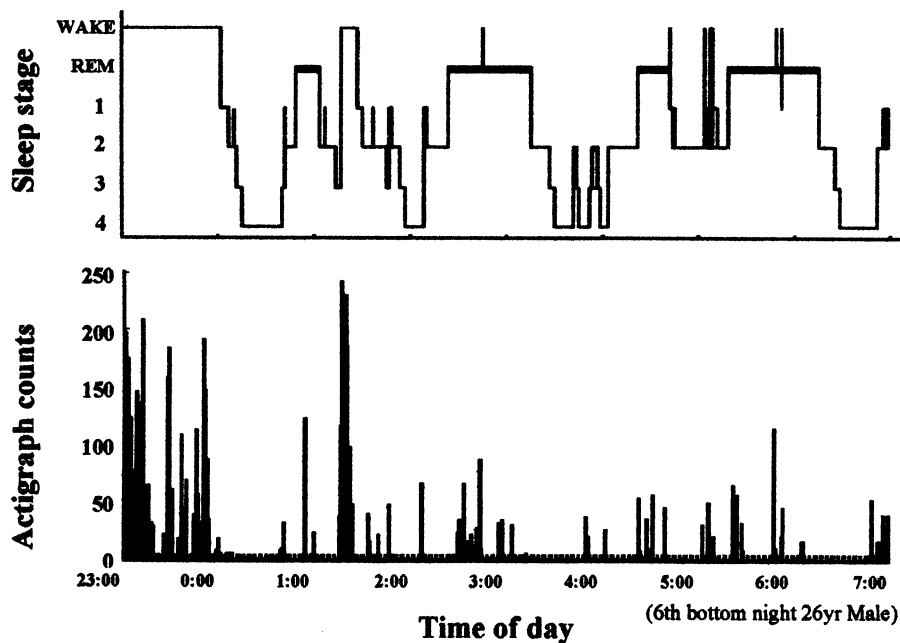


Fig.4 Sleep stage based on the results from a polysomnograph (upper diagram) and activity data from wrist actigraph (lower diagram) of a diver.

までの同一記録経過時間（1分間）毎にPSGとActigraphの両者が、いずれも「睡眠」または「覚醒」と一致して判定した合計の分数を就床時間（480分）で割り、百分率で表したものを睡眠・覚

醒一致率とした。なお、睡眠・覚醒一致率を算出する際に、PSGデータは1分毎に「覚醒」と「睡眠」（段階1～4，REM睡眠）に再判定しなおした。

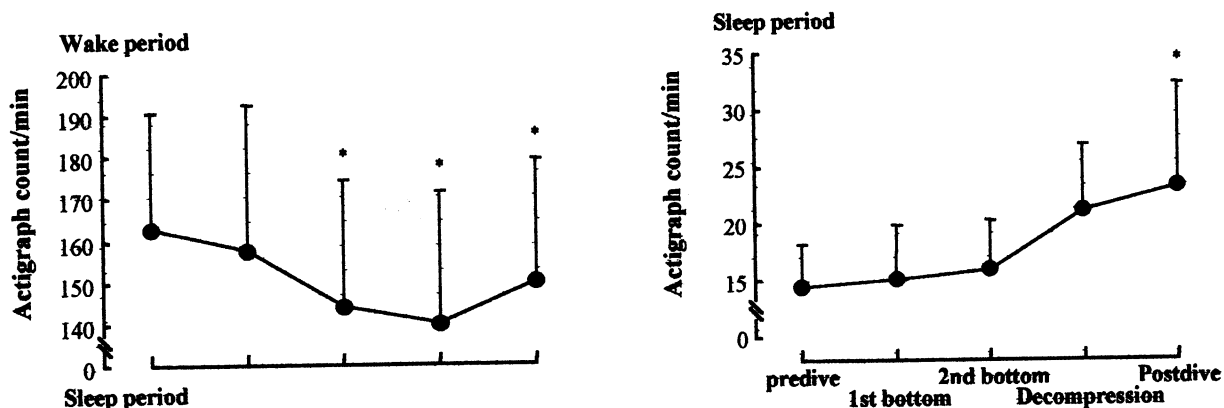


Fig.5 Mean and standard deviation of wrist actigraph activity counts during wake-fulness and sleep periods for 30-m saturation dives. (\*Significant difference from pre-dive by post hoc test  $p < .05$ )

### 統計解析

統計解析は、睡眠環境への適応、すなわち第1夜効果 (First night effect)<sup>17)</sup> を考慮し事前観察期の第1夜目のデータを除外した。各対象者のPSGとActigraphデータとも事前観察第2夜から第4夜目までの3夜の平均を事前観察期 (pre-dive) とし、同様に保圧第1夜から第4夜目までの4夜の平均を保圧前期 (First-bottom), 保圧第5夜目から第7夜目までの3夜の平均を保圧後期 (Second-bottom), 減圧期第1夜から第2夜目までの2夜の平均を減圧期 (Decompression) および事後観察第1夜から第4夜目までの4夜の平均を事後観察期 (Post-dive) とした。これら5期の潜水位相と測定法 (Actigraph-PSG) を独立変数に、各測定結果を従属変数とする2元配置の繰り返し分散分析を行い、Greenhouse-Geisser法<sup>18)</sup> を用いて、調整された自由度により有意確率を求めた。また、分散分析の結果有意な効果が認められた変数については、各潜水位相間およびActigraphとPSG間においてTukey HSDのpost hoc testを行い、危険率5%を有意な差とした。また、PSGとActigraphから算出された各睡眠パラメータについては、Pearsonの相関係数を求めた。

### 結果

代表的な1名のダイバーにおける全実験期間中のActigraphの活動・休息パターンをFig.3に示した。黒の部分は活動量が多い時間帯を、白い部分ほど

活動量が少ないか、もしくは活動量がゼロの時間帯を示している。したがって、Coleらのアルゴリズムでは、活動量が多い時間帯では「覚醒」、逆に活動量が少ない時間帯が連続すると「睡眠」と判定されることになる。このアクトグラムをみると、全体として全実験日の覚醒期間中 (7:00~23:00) には活動数が連続し、睡眠期間中では活動数が低下していることが明らかである。しかし、保圧7日目頃から減圧期と事後観察期にかけての夜間睡眠中では、就寝時点 (23:00) より活動数が比較的長く連続する状態や睡眠中にも時折活動数が多くなる時期などがみられる。

同様に、同一人の代表的な1夜 (保圧6夜目) におけるPSGから判定した睡眠段階経過図とActigraphの活動量の結果を示したのが、Fig.4である。PSGから判定した覚醒のときには、Actigraph活動数が多く、徐波睡眠 (段階3と4) のときには活動数が少ないか、ゼロ・カウントを示している。また、粗体動 (2 mV以上) と細体動 (2 mV以下) の出現が多くなるREM睡眠のときには<sup>19)</sup>、小さなActigraph活動数が群発する傾向もみられている。

11名のダイバーにおける睡眠期中 (23:00~7:00) と覚醒期中 (7:00~23:00) における1分当たりのActigraph活動数の位相別平均と標準偏差をFig.5に示した。

1元配置の分散分析の結果、睡眠期、覚醒期中共に潜水位相に有意な効果が認められた (睡眠期:  $F_{4,40} = 5.73$   $p < .01$   $\epsilon = .48$  覚醒期:  $F_{4,40} = 8.64$   $p < .01$ )

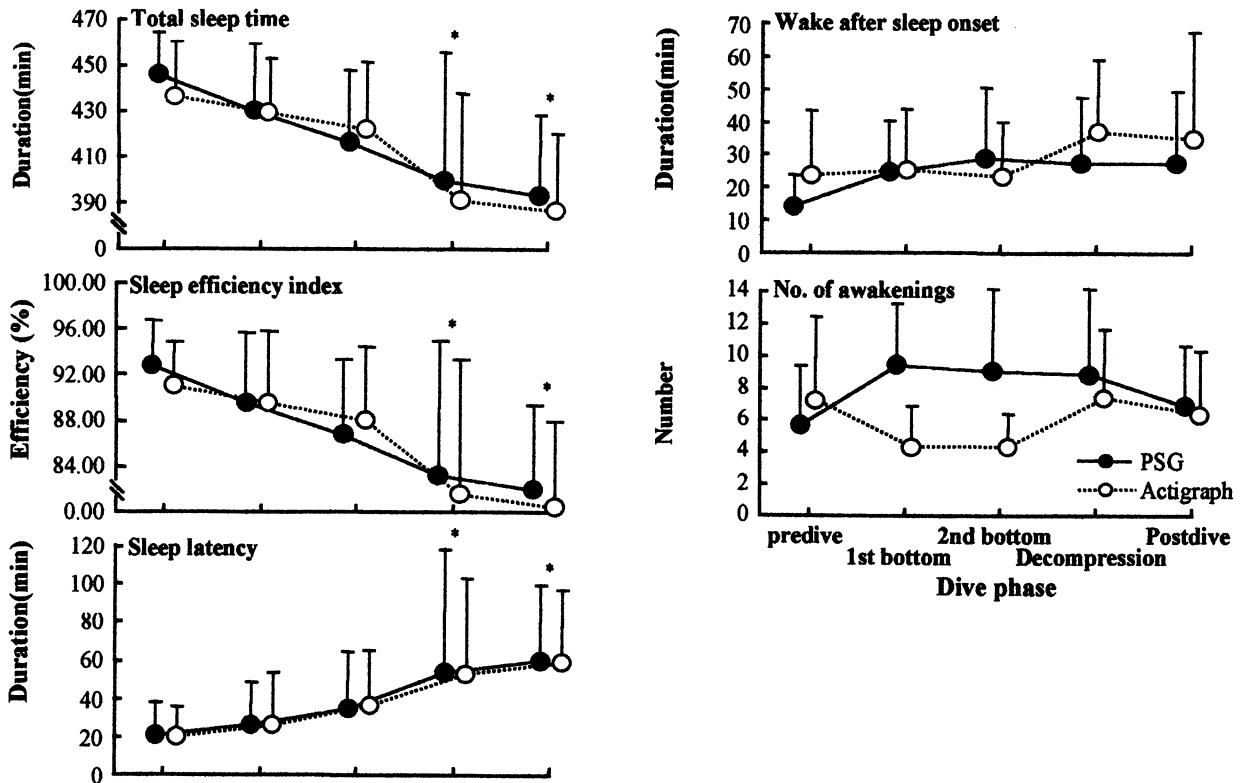


Fig.6 Means and standard deviations of sleep parameters by on identified by using both wrist actigraph counts and poly-somnograph. (\*Significant difference from pre dive by post hoc test  $p < .05$ )

$\epsilon = .63$ ).

覚醒期中の平均活動数は保圧後期から減圧期にかけて減少し、事後観察期でやや増大していた。post hoc testの結果、覚醒期中の平均活動数は、事前観察期に比して保圧後期、減圧期および事後観察期で有意に減少していた。睡眠期中の平均活動数は、減圧期から増加がみられるものの、事前観察期に比して事後観察期のみ有意な増加が認められた。

各潜水位相におけるPSGおよびActigraphより算出した5つの睡眠パラメータの平均と標準偏差をFig.6に示した。

全睡眠時間、睡眠効率、入眠潜時および中途覚醒時間は、潜水位相に有意な効果が認められたが(全睡眠時間:  $F_{4,80} = 14.41$   $p < .001$   $\epsilon = .63$ , 睡眠効率:  $F_{4,80} = 14.41$   $p < .001$   $\epsilon = .63$ , 入眠潜時:  $F_{4,80} = 11.45$   $p < .001$   $\epsilon = .46$  中途覚醒時間:  $F_{4,80} = 2.86$   $p < .05$   $\epsilon = .74$ )、測定法および交互作用にはいずれの睡眠パラメータにも有意な効果は認められな

かった。ActigraphとPSGから判定した全睡眠時間は実験遂行とともに暫時短縮し、睡眠効率は減少していた。post hoc testの結果、この2つの睡眠パラメータは、事前観察期に比して、いずれも減圧期と事後観察期で有意な差が認められた。また、入眠潜時は、事前観察期から事後観察期にかけて暫時増大する傾向にあったが、事前観察期に比して、減圧期および事後観察期で有意な延長が認められた。中途覚醒回数は、交互作用 ( $F_{4,80} = 8.05$   $p < .001$   $\epsilon = .81$ ) のみに有意な効果が認められ、保圧前期と保圧後期にあっては、PSGよりもActigraphから判定した中途覚醒数の方が有意に少なかった。しかし、事後観察期、減圧期および事後観察期では、両測定法による中途覚醒数には殆ど差がみられなかった。

Table.1は、潜水位相毎の夜間睡眠と実験期間中の全ての夜間睡眠(163夜)におけるPSGから判定した睡眠パラメータとActigraph活動数から判定したものの間の相関係数を一括して示した。

Table. 1 Correlation coefficients of corresponding sleep parameters measured by polysomnograph and actigraph.

sleep parameter	Dive phase					
	Pre-dive (n=32)	First bottom (n=44)	Second bottom (n=33)	Decompression (n=22)	Post-dive (n=32)	Total (n=163)
	r	r	r	r	r	r
Total sleep time	0.36*	0.75**	0.85**	0.84**	0.76**	0.81**
Sleep efficiency	0.36*	0.75**	0.85**	0.84**	0.76**	0.81**
Sleep latency	0.81**	0.95**	0.92**	0.88**	0.93**	0.91**
Wake after sleep onset	0.31	0.50**	0.73**	0.43*	0.54**	0.52**
No. of awakenings	0.21	0.05	0.30	0.20	0.59**	0.20*

\*p<.05 \*\*p<.01

実験期間中の全ての夜間睡眠における2つの測定法の間で強い相関関係がみられたのは、全睡眠時間、睡眠効率、入眠潜時であったが中途覚醒時間には中等度の相関関係が、また中途覚醒回数には比較的低い相関関係が認められた。潜水位相別に相関関係をみると、全睡眠時間、睡眠効率および入眠潜時は、全ての潜水位相で2つの測定間に有意な相関関係がみられたが、事前観察夜の全睡眠時間と睡眠効率でその相関関係がやや低かった。中途覚醒時間では事前観察期の夜間睡眠を除いた全ての潜水位相の夜間睡眠で、また中途覚醒数については事後観察期の夜間睡眠のみに、それぞれ2つの測定法で有意な相関関係が認められた。

1分毎の記録経過時間にしたがって、PSGとActigraphの両者が、いずれも「睡眠」または「覚醒」と一致して判定した合計の時間(分)を就床時間(480分)で割り、百分率で表した睡眠・覚醒一致率の位相別平均と標準偏差をFig.7に示した。

PSGおよびActigraphによる睡眠・覚醒判定の一致率は、事前観察期(93.7%)や保圧前、後期ともに(93.2%)であった。減圧期(90.1%)と事後観察期(90.7%)でやや低下するものの全潜水位相で90%以上の一致率が認められた。

## 考 察

Actigraph活動数より睡眠と覚醒を判定した先行研究は、これまでも幾つかみられる。Mullaneyら<sup>14)</sup>は、ActigraphとPSGから判定した睡眠・覚醒の一致率は健康な成人で96.3%に達し、全睡眠時

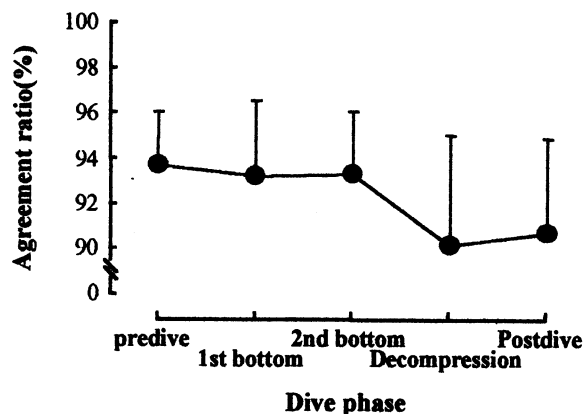
間、中途覚醒時間、中途覚醒回数も両測定間で有意に高い相関がみられることを報告していた。健康な大学生を対象としたWebster<sup>15)</sup>の報告では、両測定法の一致率は96.02%であったとしている。新小田ら<sup>19)</sup>の報告でも、その睡眠・覚醒判定の一致率は97.9%であった。

PSGから判定した結果では全睡眠時間の短縮、睡眠効率の減少、入眠潜時の延長がそれぞれ減圧期と事後観察期で認められたが、Actigraphから判定したそれらの結果も極めて類似した変化を示していた。また、2つの測定法における睡眠変数間には、中途覚醒数を除いてかなり高い相関関係がみられ、しかも実験期間中の全ての夜間睡眠では両測定法間で92.2%の高い睡眠・覚醒一致率をみた。その一致率は、減圧期(90.1%)と事後観察期(90.7%)でやや低下するが、事前観察期や保圧期では93%以上の高い一致率が認められた。このPSGとActigraphにおける睡眠・覚醒判定の一致率は、上述した先行研究<sup>14,15,19)</sup>ともほぼ類似した結果であった。

しかし、事後観察期以外の潜水位相の夜間睡眠における中途覚醒数については、2つの測定法の間で有意な相関がみられなかった。

これは、Actigraph活動数を基にしたColeらの睡眠・覚醒判定アルゴリズムの特性に関連しているのかもしれない。彼等のアルゴリズムでは、ある時点(1分間)の判定を行う際にその前後を含めた7分間(ある時点前の2分間と、ある時点後の5分間)のActigraphカウント数を独立変数とした一次判別式によって判定している。このために、PSG





**Fig.7 Mean and standard deviation from the rate of agreement of the sleep/wakefulness periods identified by using both wrist actigraph counts and polysomnograph during 30m saturation dives.**

ではある時点での睡眠段階（睡眠・覚醒）を判定するのに対し、Actigraphではある時点前後の活動数に依存するために、この間に浅い睡眠中の体動等によって覚醒と判定したり、あるいは覚醒中の短い睡眠を「睡眠」と判定できないこともある。また、PSGの記録上で筋活動の放電が全くなくとも、脳波でみるならば $\alpha$ 波や $\beta$ 波が一定の区画以上を占めていれば当然「覚醒」と判定されるが、このような場合にはActigraphでは、「睡眠」と判定することが多い。こうした理由などによって、保圧期におけるActigraphの中途覚醒回数が、PSGから判定したものよりも過小に評価していたのではないかと推測される。Sadehら<sup>11)</sup>も、平常人に比べ睡眠中に頻回の中途覚醒が生じるような睡眠時無呼吸症候群を伴った患者、不眠症患者、子供などではActigraph活動数を基礎とした睡眠・覚醒の識別機能がやや低下することを指摘していた。

以上の結果よりActigraphによる睡眠・覚醒判定は、短時間の夜間覚醒数をActigraphでは過小に評価する傾向がみられるとはいえ、飽和潜水環境下であっても、夜間中に眠っていたか、覚醒していたかは、かなりの確率で識別できると結論できる。Actigraphは、取り扱いも容易なことから飽和潜水環境下において簡便に睡眠・覚醒状態を把握する手段として有効であることが示唆された。

### 〔参考文献〕

- 1) Tune G.S.: Sleep and wakefulness in 509 normal human adults. *British J. Medicine Psychology*, 42: 75-80, 1969
- 2) Roffwarg H.P., Muzio J.N., Dement W.C.: Ontogenetic development of the human sleep-dream cycle; The prime role of dreaming sleep in early life may be in the development of central nervous system. *Science*, 152: 604-619, 1966
- 3) Townsend R.E., Hall D.A.: Sleep, mood and fatigue during a 14-day He-O<sub>2</sub> open-sea saturation dive to 850fsw with excursions to 950fsw. *Undersea Biomedical Research*, 5: 109-117, 1978
- 4) Rostain J.C., Gardette-Chauffour M.C., Gourret P.J., Naquet R.: Sleep disturbances in man during different compression profiles up to 62 bars in helium-oxygen mixture. *EEG Clin. Neurophysiol.*, 69: 127-135, 1988
- 5) Rostain J.C., Regesta G., Gardette-Chauffour M.C., Naquet R.: Sleep organization in man during long stays at 30 and 40 bar in a helium-oxygen mixture. *Undersea Biomedical Research* 18: 21-36, 1991
- 6) Ozawa K., Hashimoto A., Oiwa H.: Psychophysiological changes in sleep during simulated 200-m heliox saturation dives. *Underwater Bio-medical Research* 18: 397-412, 1991
- 7) Naitoh P., Johnson L.C., Austin M.: Aquanaut sleep patterns during tektite 1: a 60-day habitation under hyperbaric nitrogen saturation. *Aerospace Medicine* 42: 69-77, 1971
- 8) Seo Y.J., Matsumoto K., Park Y.M., Mohri M., Matsuoka S.: Sleep patterns during 30m nitrox saturation dives. *Psychiatry and Clinical Neurosciences*, 53: 127-127, 1999
- 9) 永嶋秀敏, 松本一弥, 徐有振, 毛利元彦, 榎木暢夫, 松岡成明: 30m深度相当圧の飽和潜水が睡眠に及ぼす影響, *日本高圧医誌*35(3): 147-157, 2000
- 10) Cole R.J., Kripke D.F., Gruen W., Mullaney D.J., Gillin J.C.: Automatic sleep/wake identification from wrist activity. *Sleep*, 15: 491-469, 1992
- 11) Sadeh A., Hauri P.J., Kripke D.F., & Lavie P.: The role of actigraphy in the evaluation of sleep disorders. *Sleep*, 18 (4) : 288-302, 1995
- 12) Park Y.M., Matsumoto K., Seo Y.J., Cho Y.R., Noh T.J.: Sleep-wake behavior of shift workers using wrist actigraph. *Psychiatry and Clinical Neurosciences*, 54 (3) : 359-360, 2000
- 13) Shinkoda H., Matsumoto K., Park Y.M.: Changes in sleep-wake cycle during the period from late

- pregnancy to puerperium identified through the wrist actigraphy. *Psychiatry and Clinical Neurosciences*, 53 (2) : 133-135, 2000
- 14) Mullaney D.J., Kripke D.F., Messin S.: Wristactigraphic estimation of sleep time. *Sleep* 3: 83-92, 1980
  - 15) Webster J.B., Kripke D.F., Messin S., Mullaney D.J., Wyborny V.G.: An activity-based sleep monitor system for ambulatory use. *Sleep* 5:389-399, 1982
  - 16) Rechtschaffen A, Kales A, eds. A manual of standardized terminology, techniques, and scoring system for sleep stages of human subjects. Washington, DC: Public Health Service, U.S. Government Printing Office, 1968
  - 17) Agnew, H.W. Jr., Webb W.B., Williams R.L.: The first night effect: EEG study of sleep. *Psychophysiology* 2: 263-266, 1966
  - 18) Greenhouse S.W., Geisser S.: On methods in analysis profile data. *Psychometrika* 24: 95-112, 1959
  - 19) 白川修一郎, 角園敏洋, 阿住一雄: 正常成人における体動について—その定量的解析. *臨床脳波*20: 386-397, 1978
  - 20) 新小田春美, 朴 盈満, 松本一弥: 手首アクチグラフからみた人の動作と睡眠・覚醒判定に関する基礎的研究. *労働科学*74 (7) : 255-265, 1998