

高圧環境下におけるネコの睡眠相と生理機能に 対する高 P_iCO_2 の影響

他谷 康*¹ 関 邦博*¹ 中野正美*¹
水嶋康男*¹ 設楽文朗*¹ 河野敬熙*¹
桑原信之*² 岩崎麻理子*³ 中山英明*⁴

環境圧力と不活性ガスの異なる環境条件において炭酸ガスを 0.08 bar ~ 0.16 bar まで添加し、その時のネコの睡眠相 (SP), 心拍数 (fH), 呼吸数 (fR), 脳内温度 (TB) を測定した。 $P_iCO_2 \leq 0.08$ bar では環境圧力 (1.02 ATA, 11 ATA) や使用した不活性ガス (N_2-O_2 , $He-O_2$) の異なるいずれの条件においても SP に変動はなく, fH にも異常は認められなかった。しかし fR は僅かに増加した。また TB は一過性に低下するが数時間後に回復した症例も認められた。 $P_iCO_2 \leq 0.16$ bar では各々の条件下でも曝露時間の経過とともに fH は低下した。 fR については, 1.02 ATA での $He-O_2$, N_2-O_2 及び 11ATA, $He-O_2$ 環境下で顕著な増加を示したが, 11 ATA, N_2-O_2 環境下ではその増加は認められなかった。 SP における逆説睡眠の出現は 1.02 ATA, N_2-O_2 で 2/4 例, 11ATA, $He-O_2$ で 1/4 例認められた。しかし TB の低下や昏酔状態から死亡するものもあった。以上の結果より, 高圧環境下における不活性ガス (He , N_2) と CO_2 に何らかの相互作用のある事が示唆された。

Effects of High P_iCO_2 on the Sleep Profile and Physiological Function in Cats during Prolonged Hyperbaric Environment

Yasushi Taya*⁵ Kunihiro Seki*⁵ Masami Nakano*⁵
Fumiro Shidara*⁵ Yasuo Mizushima*⁵ Takahiro Kohno*⁵
Nobuyuki Kuwabara*⁶ Mariko Iwasaki*⁷ Hideaki Nakayama*⁸

This study discusses the effects of high $P_iCO_2 \leq 0.08-0.16$ bar on the heart frequency (fH), respiratory frequency (fR), brain temperature (TB) and sleep profile (SP) in cats, including changes in both ambient pressure (1.02 ATA, 11 ATA) and inert gases ($He-O_2$, N_2-O_2).

*1 潜水技術部

*2 上智大学生命科学研究所

*3 岐阜大学医学部

*4 産業医科大学

*5 Manned Undersea Science and Technology Department

*6 Sophia University, Life Science Institute

*7 Gifu University, School of Medicine

*8 University of Occupational and Environmental Health

$PiCO_2 \leq 0.08$ bar during 24 hours did not produce any alteration in fH at both ambient pressure and inert gases, respectively. SP remained normal throughout the experiments, but fR increased slightly. As for TB, it dropped temporarily but after several hours, it returned to the normal level. With $PiCO_2 \leq 0.16$ bar, the difference in ambient pressure and breathing gas did not produce any change in fH, but as exposure time to high $PiCO_2$ increased, fH tended to decrease. As for fR, it increased noticeably when the cats were breathing either He-O₂ or N₂-O₂ at 1.02 ATA, or when they were breathing He-O₂ at 11 ATA. However, no remarkable increase was observed in N₂-O₂ at 11 ATA. Regarding the appearance of paradoxical sleep in SP, it was observed in two out of four cats in N₂-O₂ at 1.02 ATA, and in one out of four in He-O₂ at 11 ATA. In many cases, the cats died in a state of θ and σ comas with TB of 32-33°C. These results suggest a correlation between inert gas (N₂, He) and CO₂ in a hyperbaric environment.

1. はじめに

炭酸ガス (CO₂) の呼吸促進作用については良く知られており, 吸気中の CO₂ 濃度が 5% ($PiCO_2 = 0.05$ bar) を越えると, 換気高進が起こり呼吸困難を感じる。また血中の CO₂ 量が多くなると呼吸中枢の興奮性はかえって低下し, 吸気中の CO₂ 濃度が 7% 以上になると, 換気高進にもかかわらず肺胞気中の CO₂ 濃度上昇を抑制することができなくなり, 高炭酸症となる。この場合, 呼吸中枢だけでなく, 中枢系全体の機能が低下し, 頭痛, 意識混迷を訴え, はなはだしいときはこん酔に陥り CO₂ 麻酔となる¹⁾²⁾。しかしながら, Morrison, et al. (1981)³⁾ は, 4 ATA の圧力環境下において N₂-O₂ ($P_{O_2} = 0.42$ bar) を 5 名のダイバーに呼吸させ, 1 名のダイバーの終末呼気 CO₂ 分圧が 76 mmHg ($P_{ETCO_2} = 0.10$ bar) であり, 他のダイバーは 55 mmHg ($P_{ETCO_2} = 0.07$ bar) が限界であったと報告している。また Hesser, et al. (1971)⁴⁾ は 6 ATA の空気環境下において炭酸ガス分圧 ($PiCO_2$) を最大 43 mmHg ($PiCO_2 = 0.06$ bar) とし, N₂ 麻酔における CO₂ の役割について検討している。その結果, 肺胞気 CO₂ (PA_{CO_2}) が 40 mmHg ($PA_{CO_2} = 0.05$ bar) 以下では CO₂ 組成を無視できるが, PA_{N_2} と PA_{CO_2} が高い場合, パフォーマンスに影響があり, また PiN_2

および $PiCO_2$ の増加によるパフォーマンスの変化は, おおのこのガス自体による変化の算術的和よりも大きくなると報告している。このような背景にあって今日の飽和潜水では従来の He-O₂ 混合ガス中に N₂ を 10~25% となるようにした 3 種混合ガス使用の試みがなされており⁵⁾⁶⁾, このことは, 圧力の増大に伴う呼吸ガス密度の増加となり, 高圧環境下での作業においては正常な換気が行えず, 換気障害や高炭酸症になる可能性を考慮する必要がある⁴⁾。しかしながら Seki, et al.⁷⁾ の 101 ATA および 51 ATA (ガス密度 64 g/l. BTPS, 27 g/l. BTPS) 高圧高密度ガス環境下におけるネコでの実験では, 換気障害や高炭酸症の兆候は認められなかったとの報告もある。以上のことから本実験では, 環境圧力 (1.02 ATA, 11 ATA) と不活性ガス (He, N₂) を変えた 4 条件において CO₂ を 0.08 bar ~ 0.16 bar まで増加させ, ネコにおける生理学的機能への影響について心拍数, 呼吸数, 脳内温度および睡眠・覚醒の出現相を指標に検討を行った。

2. 方 法

2.1 実験動物

使用した実験動物は, 体重 3.1 kg ~ 5.8 kg (平均 4.6 kg) の健康な成猫オスである。これらのネ

コは、当センターの動物棟内飼育室にて3～4カ月間、温度 $25 \pm 1^\circ\text{C}$ 、湿度 $55 \pm 5\%$ 、LD 12:12 (07:00～19:00 明期)の照明条件下において、固型飼料(CE-2; 日本クレア製)とネコ用缶詰(MiMi; 日本クレア製)で飼育したものである。

2.2 各種慢性電極の埋め込み

実験の約1カ月前に塩酸ケタミン(25mg/kg)の麻酔下において、大脳皮質表面電極、皮質下電極、左右の眼球運動記録用電極、抗重力筋の筋電図記録用電極、心拍数記録用電極および大脳皮質下温度測定用サーミスタの埋め込み手術を行った。脳波の導出部位は、左右両側のFrontal(係蹄溝上の前頭骨)、Central(外側溝上の頭頂骨)、Occi Petal(後外側溝上の頭頂骨)の頭骨上と、PS時に特徴的に出現する海馬 θ 波を導出するため左右両側の背側海馬(fromtio Hippocampalis dorsalis)に深部電極を挿入した。また眼球運動記録電極は左右の眼窩上弓より導出し、筋電図の導出は頸皮筋

(M. Platisma)より双極の銀球電極を用いて行った。心拍数、呼吸数については、左広背筋(M. Latissimus. dorsi)に銀球電極を埋め込み測定を行った。脳内温度については、膨大溝終末部の大脳縦裂(fissuralogitudinalis cerbri)部に $500\mu\phi$ のサーミスタ(PXK-67; 宝工業KK製)を挿入し固定した。上述した電極およびステンレス製リード線は皮下を經由してすべて頭蓋上に導出し、これらを15～25Pのメスコネクタにハンダ付けしたのちコネクター基部を頭蓋骨上に歯科用セメントで固定し、術後の回復をみて実験に供した。

2.3 計測記録および睡眠解析

ポリグラフの連続記録と睡眠解析は、図1に示したシステムにより行った。まずチェンバー内のステンレス製ケージに収容されたネコから各種の生体情報をコネクターおよびスリッピング(Air flyte 製)を介してチェンバー外のコネクターボックスまで導出し、このコネクターボックスから20

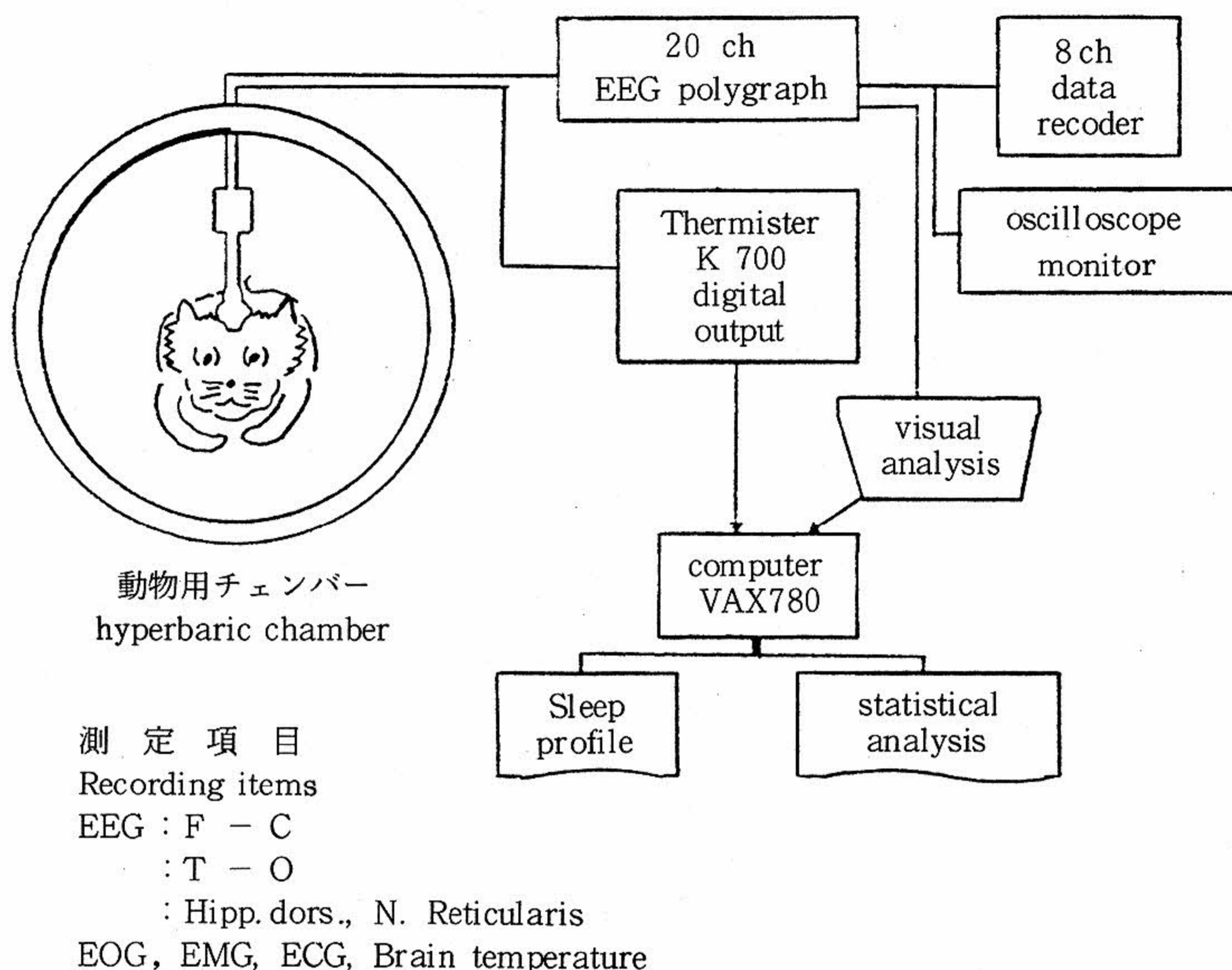


図1 計測、記録及び解析のブロック図

Block diagram of sleep-waking recording and analysing system

chの脳波計(三栄測機製:1A58sp)と温度出力装置(宝工業製:K-700)に導出し連続記録した。また脳波,筋電図,心電図等については必要に応じて8chのデータレコーダに収録した。睡眠解析については1分ごとの視察評定とし, Serman, et al⁸⁾, Ruckebush, et al.⁹⁾の方法をもとに覚醒, 軽睡眠, 深睡眠, 逆説睡眠の4段階に分類した。

2.4 曝露条件

実験は下記の四つの曝露条件において実施し, おのおの実験には2匹のネコを用いた。

- (1) 1.02 ATA, N₂-O₂
(PiCO₂ ≥ 0.08 ~ 0.16 bar)
- (2) 1.02 ATA, He-O₂
(PiCO₂ ≥ 0.08 ~ 0.16 bar)
- (3) 11 ATA, N₂-O₂
(PiCO₂ ≥ 0.08 ~ 0.16 bar)
- (4) 11 ATA, He-O₂
(PiCO₂ ≥ 0.08 ~ 0.16 bar)

なお, 吸気酸素分圧(PiO₂)は0.21 barで一定とした。また, チェンバー内での餌, 水については自由摂取とし, 2日に1回のチェンバー内清掃時に餌, 水を補給した。照明は飼育室と同様LD12:12の条件とし, 湿度は55%を基準とした。しかし温度制御については, 1.02 ATA, N₂-O₂は25°C, He-O₂は29°Cとし, また11 ATA, N₂-O₂は29°C, He-O₂では30°Cに制御した。

3. 結果

3.1 実験1:(PiCO₂ ≥ 0.08 ~ 0.16 bar)

1.02 ATA, N₂-O₂

PiCO₂ ≥ 0.08 barでの24時間曝露では, 呼吸数に換気高進(40~50回/分)が認められた。しかし心拍数に顕著な変化は認められず, 正常値(130~210拍/分)範囲の変動であった。睡眠相においては, 覚醒, 軽睡眠, 深睡眠および逆説睡眠の4相が認められ, また逆説睡眠はPiCO₂ = 0.08 bar到達後, 1時間~4時間でその出現が認められた。脳波所見においては覚醒時に一過性のθ波の波群の出現も観察されたがこん酔状態には至らなかった。脳温については, PiCO₂の増加に伴い0.5~1.5°C近く低下し, 再び回復した。行動観察からは, 摂水, 摂食および毛繕いも認められ, また姿勢保持

も正常であった。

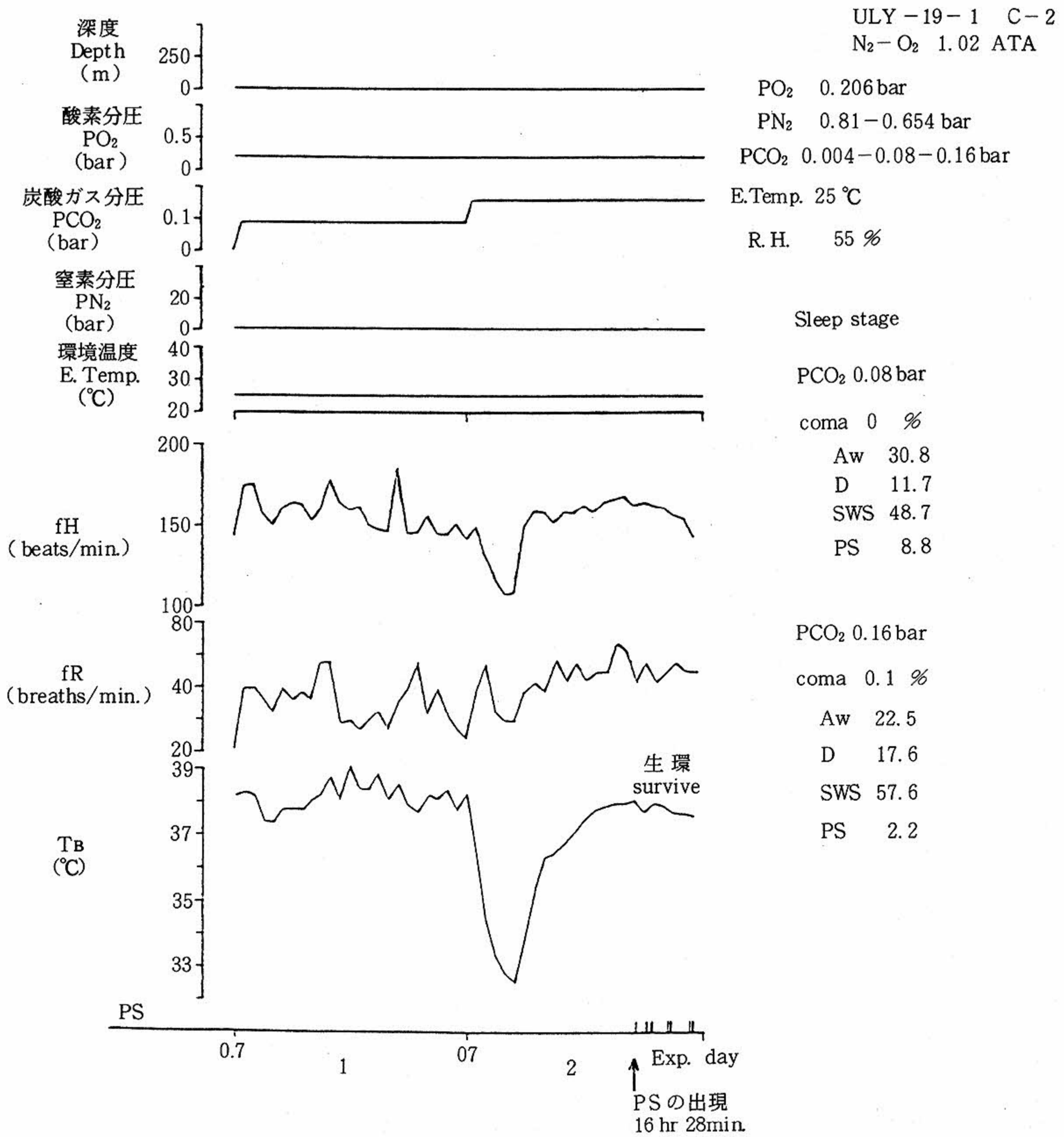
PiCO₂ ≥ 0.16 barでは, 呼吸数に顕著な増加(50~60回/分)が認められ, その呼吸パターンは胸部, 腹部の凹凸の激しい深く大きなものであった。反面, 心拍数ではこの条件への曝露直後から低下する傾向が認められた。しかし1例ではあるが回復も認められた(図2)。脳内温度についてはいずれのネコも急激な低下を示し, 2例は3~5°Cの低下, また他の2例では7°C近く低下し, 後者の2例はPiCO₂ = 0.16 bar曝露後33時間で死亡した。また, この時の脳波所見は, θ波(4~8 Hz)およびα波(1~3 Hz)の周期的な波群が認められ, 睡眠相においても覚醒, 軽睡眠, こん酔が散発的に認められた。しかし前者の2例には, 本条件下への曝露後にも覚醒, 軽睡眠, 深睡眠, 逆説睡眠が認められ, 図2に示した1例ではPiCO₂ = 0.16 bar曝露後16時間28分から減圧終了後(24時間)までに7回にわたり逆説睡眠の出現もあり, PiCO₂ = 0.16 barでの24時間曝露後, 2例とも平圧空気環境下へ生還した。

3.2 実験2:(PiCO₂ ≥ 0.08 ~ 0.16 bar)

1.02 ATA, He-O₂

PiCO₂ ≥ 0.08 barでの24時間曝露では, 呼吸数の増加(40~50回/分)が認められたが, 心拍数については顕著な変化はなかった。また脳内温度については, 曝露時間の経過とともに低下し, その低下は24時間で1.0~1.5°Cであった。睡眠相については, 覚醒, 軽睡眠, 深睡眠, 逆説睡眠の4相が認められたが, 脳波所見において時おり, θ波やα波の波群の出現が認められた。また行動観察からは2例に摂水, 摂食がみられ, 4例すべてに糞尿の排泄も認められた。

PiCO₂ ≥ 0.16 barでは, 呼吸数に著しい増加(図3)が認められた。反面, 心拍数についてはいずれも低下し, その低下は50~80拍であった。睡眠相では, いずれも本条件下への曝露後4~12時間で深睡眠の出現が認められたが, 逆説睡眠の出現はなく, 曝露時間の経過とともにθおよびα波の波群の出現頻度が増加し, こん酔から4例中3例は脳死を招いた。脳内温度については, いずれもPiCO₂の増加とともに急激な低下(6~7°C)を示し, 行動観察によっても, 全例に摂食, 摂水また排便, 排尿は認められなかった。



心拍数 呼吸数 脳温
fH: heart frequency, fR: respiratory frequency, TB: brain temperature

睡眠相 覚醒 深睡眠
Sleep stage: Aw (awake), SWS (slow wave sleep),

逆説睡眠 軽睡眠 昏酔
PS (paradoxical sleep), D (drowsy) and coma.

図2 Cat-2におけるCO₂吸入期間中のダイブ・プロファイルと生理学的データ
Dive-profile and physiological data during CO₂ innaiation in cat-2
(実験名: ULYSEE-19-1) (Experiment: ULYSEE-19-1)

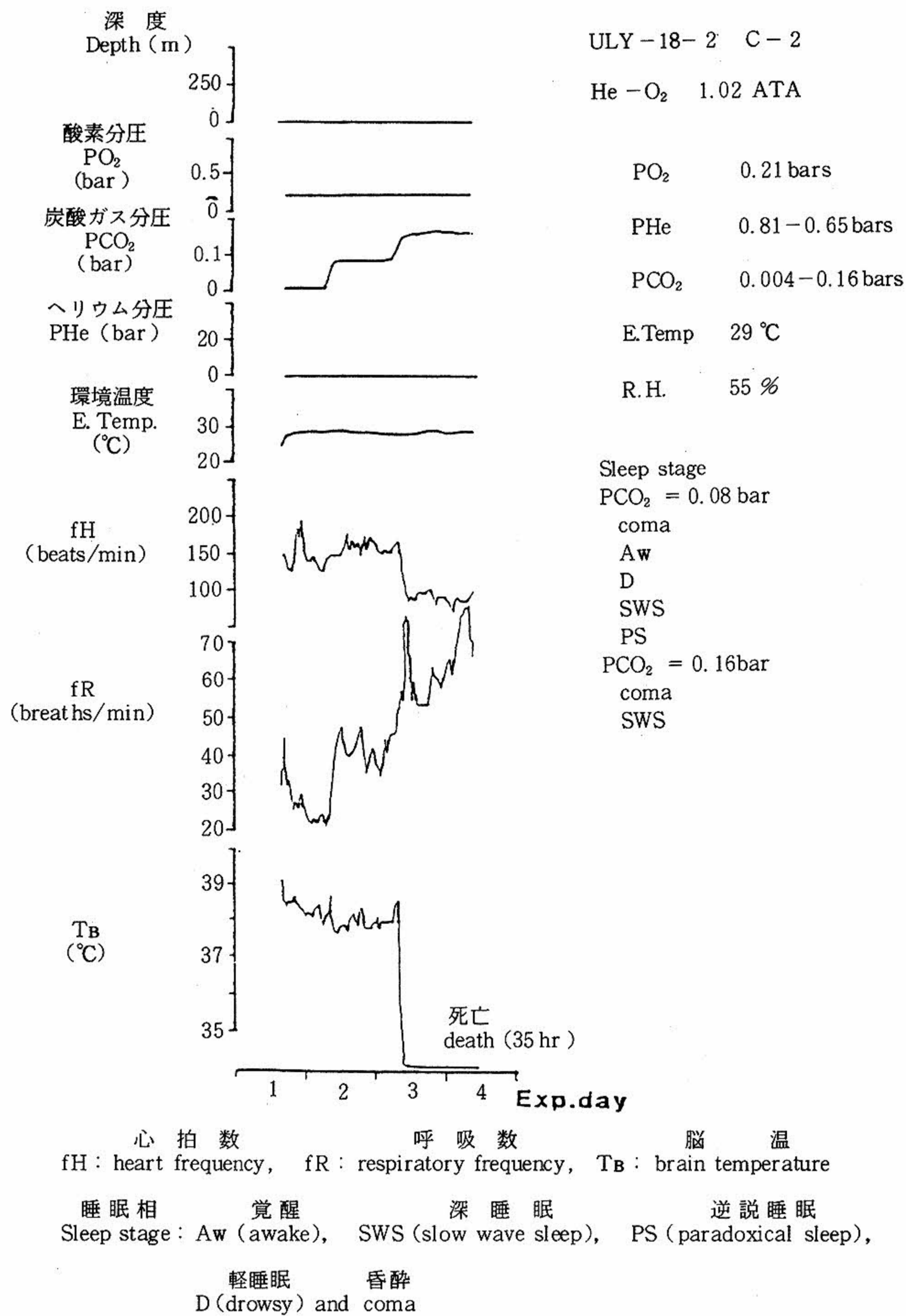


図3 Cat-2 における CO₂ 吸入期間中のダイブ・プロファイルと生理学的データ
 Dive profile and physiological data during CO₂ inhalation in cat-2
 (実験名: ULYSEE-18-2)
 (Experiment: ULYSEE-18-2)

3.3 実験3: ($P_{iCO_2} \geq 0.08 \sim 0.16$ bar)

11 ATA, N_2-O_2

本実験はネコ2例の結果であったが、 $P_{iCO_2} \geq 0.08$ barでは心拍数、呼吸数に顕著な変動はなく、睡眠相においても覚醒、軽睡眠、深睡眠、逆説睡眠が認められた。また逆説睡眠の出現も本条件への曝露後1時間40分で1例に認められた。脳内温度については、2例中1例の測定であったが、図4に示したとおり CO_2 の添加後から徐々に低下し、その低下は $0.7^\circ C$ であった。しかし本条件への曝露後8時間目には再び事前観察時の値まで復帰した。また行動観察においては異常は認められなかった。

$P_{iCO_2} \geq 0.16$ barでは、実験1(1.02 ATA, N_2-O_2)の同一 P_{iCO_2} 条件下での結果とは異なり、呼吸数に顕著な増加は認められなかった。また睡眠相についても覚醒と深睡眠は認められたが、逆説睡眠の出現は2例とも認められなかった。脳波所見においては、本条件への曝露後1時間目から θ 波および α 波の波群が出現し、1例はその後、こん酔状態から脳死となり、 $P_{iCO_2} \geq 0.16$ barでの生存時間は23時間と全実験を通じて最も短いものであった(表1)。しかし他の7例は本条件下での48時間の曝露期間においても生存し、個体差が認められた。脳温については、図4に示した1例の結果であるが、本条件への曝露後、 $35^\circ C$ まで急激に低下し、その後徐々に回復する傾向を示し、24時間後には $36.4^\circ C$ まで復帰した。しかし再び低下し、48時間後には $34.5^\circ C$ 前後と低い値を示し、行動観察においても、摂食、摂水は認められなかった。

3.4 実験4: ($P_{iCO_2} \geq 0.08 \sim 0.16$ bar)

11 ATA, $He-O_2$

$P_{iCO_2} \geq 0.08$ barでは、呼吸数の増大がいずれのネコにおいても認められ、この換気高進は約7時間にわたって観察された。しかし12時間後には僅かではあるが減少傾向を示した。心拍数については正常な変動範囲であり、顕著な増加は認められなかった。睡眠相については、覚醒、軽睡眠、深睡眠、逆説睡眠の4相が認められ、軽睡眠が7%増加傾向を示した以外は正常な出現率であった(図5)。この軽睡眠の増加率については、脳波所見における、覚醒時の θ 波群の出現に起因したも

のであろう。また逆説睡眠の出現は本条件下への曝露後10時間目から認められた。脳内温度については呼吸数の変動と同じく、一過性の低下を示し、12時間後には再び $37^\circ C$ 前後まで復帰する変動が認められた。行動観察においては、いずれも摂食、摂水および排尿が認められた。

$P_{iCO_2} \geq 0.16$ barでは、呼吸数に10~15回/分の増加が認められ、図5からも分るとおり曝露時間の経過とともに徐々に増加した。この増加傾向は他の3例にも認められた。反面、心拍数は本条件への曝露時間の経過とともに低下し、またその変動幅も少なくなった。睡眠相については1例(図5)に本条件への曝露後、約17時間目から逆説睡眠の出現が認められた。しかし、その出現率は通常の $\frac{1}{2}$ 以下であり、反面、軽睡眠の増加による意識レベルの低下が認められた。また48時間後からは、他のネコと同様 θ および α 波の波群が出現し、こん酔状態から60時間後には脳死が脳波所見から認められた。脳内温度については他の実験結果と同様、本実験でも P_{iCO_2} の増加により急激な低下を示し回復は認められなかった。また行動観察においては、曝露時間の経過とともに意識レベルが著しく低下し、摂食、摂水および姿勢保持も困難な状態となった。

4. 考 察

本実験は、1.02 ATAならびに11 ATAの圧力環境下において、環境ガス(呼吸ガス)を N_2-O_2 と $He-O_2$ とし、 $P_{iO_2} = 0.21$ barで一定した条件下における不活性ガスの異なる条件下での、高 P_{iCO_2} のネコに対する影響を検討したものである。その結果、1.02 ATAでの N_2-O_2 、 $He-O_2$ と11 ATAでの $He-O_2$ 環境条件下では、高 P_{iCO_2} による換気高進が認められたが、11 ATA、 N_2-O_2 の条件下では呼吸数に顕著な増加は認められなかった。このことは11 ATA、 N_2-O_2 環境条件下における吸気窒素分圧($P_{iN_2} = 10$ bar)が、 CO_2 の呼吸促進作用に対して何らかの影響を及ぼしたものと推察された。しかし関ら¹⁰⁾のネコによる N_2 -Trimix($He-N_2-O_2$:3種混合ガス)を用いた51 ATAの高圧環境での実験では、 N_2 麻酔の発現は $P_{iN_2} = 20$ barから認められたと報告している。またHesser, et al.⁴⁾の6 ATA, airで

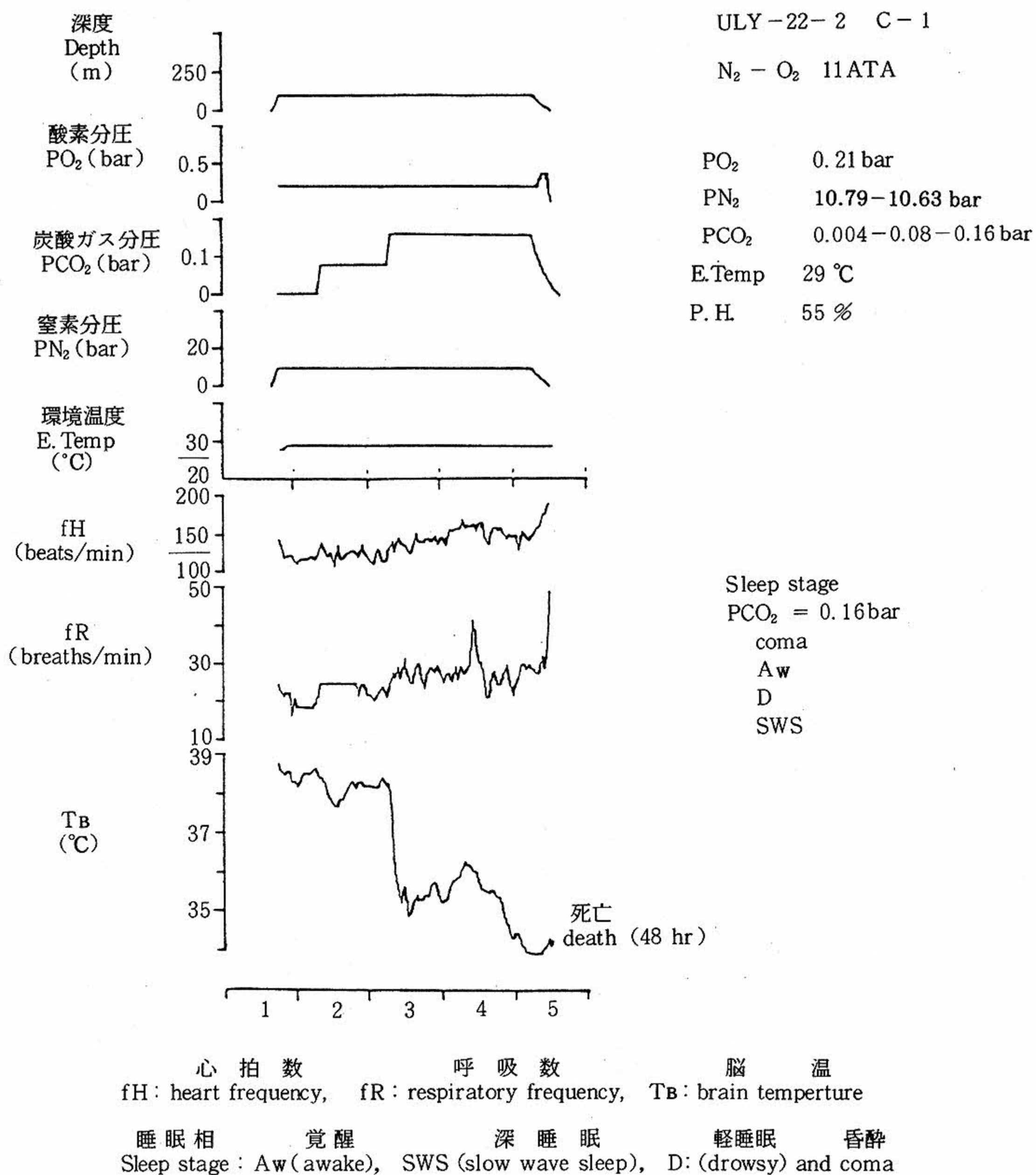
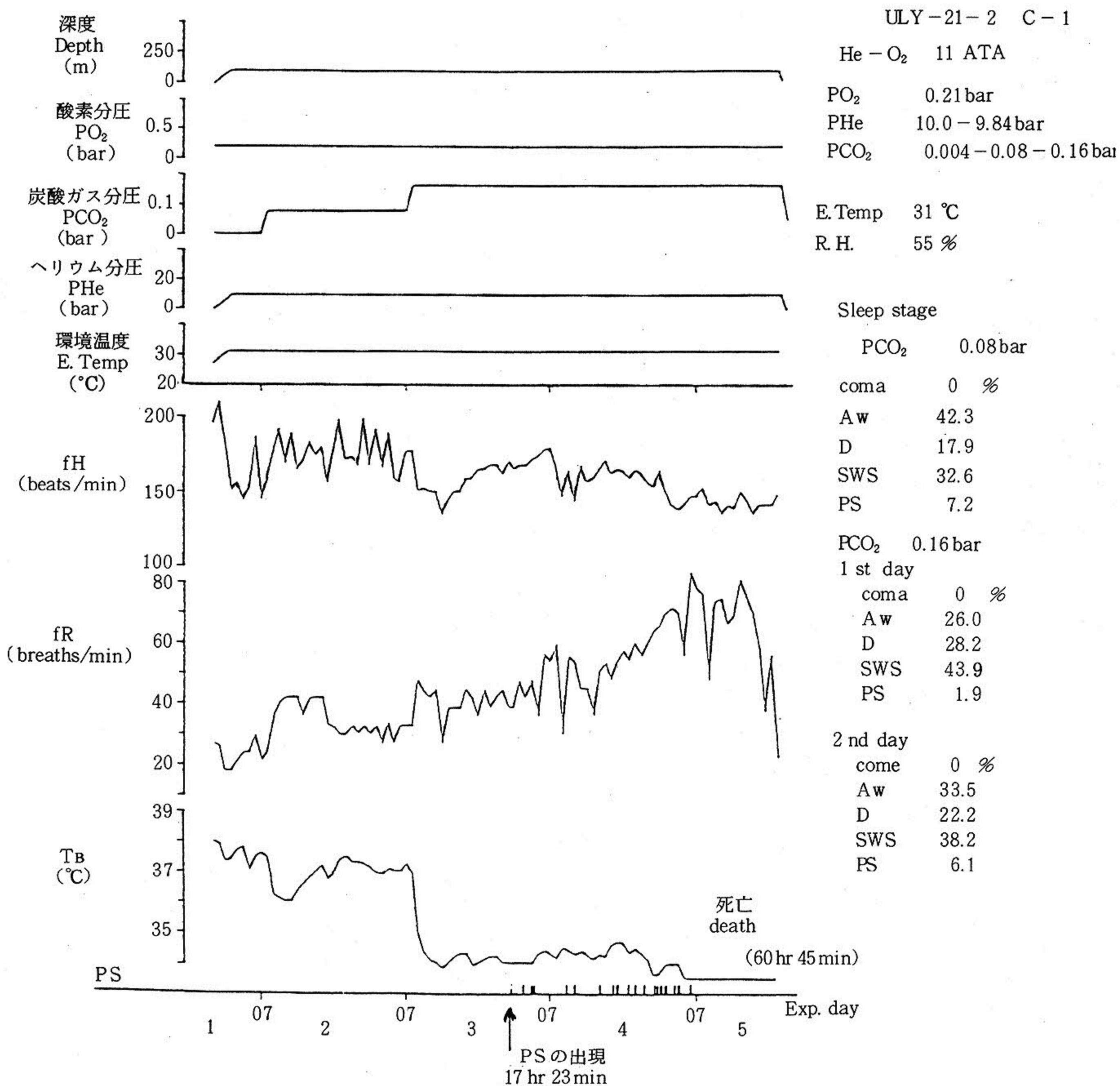


図4 Cat - 1 における CO₂ 吸入期間中のダイブ・プロファイルと生理学的データ

Dive profile and physiological data during CO₂ inhalation in cat - 1

(実験名: ULYSEE-22-2)

(Experiment: ULYSEE-22-2)



心拍数 呼吸数 脳波
 fH: heart frequency, fR: respiratory frequency, TB: brain temperature

睡眠相 覚醒 深睡眠 逆説睡眠 軽睡眠 昏酔
 Sleep stage: Aw (awake), SWS (slow wave sleep), PS (paradoxical sleep), D (drowsy) and coma

図5 Cat - 1 における CO₂ 吸入期間中のダイブ・プロファイルと生理学的データ
 Dive profile and physiological data during CO₂ inhalation in cat - 1
 (Experiment: ULYSEE - 21 - 2) (実験名: ULYSEE - 21 - 2)

表1 CO₂ 吸入期間におけるネコの生存時間と睡眠相
Survival time and sleep profile during CO₂ inhalation in cats

個体番号 No. of animal	圧力 pressure (ATA)	使用ガス GASES	生存時間(時間) Survival Time (hr)		睡眠相 Sleep Profile
11	1.02	He - O ₂ (PiCO ₂ ≤ 0.16)	35	Death	Aw, D, SWS, COMA
12			48	Survive	Aw, D, SWS, COMA
13			38	D	SWS, COMA
14			35	D	SWS, COMA
15	1.02	N ₂ - O ₂ (PiCO ₂ ≤ 0.16)	33	D	Aw, D, SWS, COMA
16			33	D	Aw, D, SWS, COMA
17			24	S	Aw, D, SWS, PS, COMA
18			24	S	Aw, D, SWS, PS, COMA
19	11	He - O ₂ (PiCO ₂ ≤ 0.16)	72	D	Aw, D, SWS, COMA
20			58	D	SWS, COMA
21			61	D	Aw, D, SWS, PS, COMA
22			42	D	Aw, D, SWS, COMA
23	11	N ₂ - O ₂ (PiCO ₂ ≤ 0.16)	48	D	Aw, D, SWS, COMA
24			23	D	Aw, D, SWS, COMA

睡眠相 覚醒 軽睡眠 深睡眠 逆説睡眠 昏酔
Sleep profile: Aw (awake), D (drowsy), SWS (slow wave sleep), PS (paradoxical sleep) and COMA

のヒトによる実験では、PiN₂ および PiCO₂ の増加によるパフォーマンスの低下は、おのおののガス自体によって生じる影響の算術的和よりもさらに大きなパフォーマンスの低下を引き起こすとの報告もある。これらのことから推察して、本実験での PiN₂ = 10 bar においても、PiCO₂ の増加により両者に何らかの相互作用が生じたものと考えられた。脳温については、いずれの実験条件においても低下が認められ、特に PiCO₂ ≥ 0.16 bar では著しい脳温の低下 (5~6°C) とともに θ および δ coma の状態から死亡する例が多く認められた。この脳温低下については、Schaefer¹¹⁾ の報告でも高 CO₂ 濃度では熱産生の阻害および熱喪失の増加が生じ、CO₂ の蓄積は体温調節に対しても大きな作用があることを示唆しており、本実験での PiCO₂ ≥ 0.16 bar はネコの体温調節に対して大きな作用を及ぼしたものと推察された。しかし、

1.02 ATA, N₂-O₂ での 4 例中 2 例に、また 11 ATA, N₂-O₂ での 1 例には PiCO₂ ≥ 0.16 bar 曝露後 12 時間目から脳温は 36~37°C まで回復し、24 時間曝露後、平圧空気環境に生還したネコもいた。このことについては他に報告もなく、今後さらに例数を増やして検討する必要がある。睡眠相については PiCO₂ ≥ 0.08 bar では各実験条件ともにネコに若干の意識レベルの低下は認められたが、覚醒、軽睡眠、深睡眠、逆説睡眠の 4 相が出現し、高 PiCO₂ の顕著な影響はなかったものと推察された。また、PiCO₂ ≥ 0.16 bar においても、1.02 ATA, N₂-O₂ で 4 例中 2 例、また 11 ATA, He-O₂ で 4 例中 1 例に逆説睡眠の認められたことについては、通常この逆説睡眠の出現は生活環境に対する生体の適応現象と考えられていることから推察して、本実験条件においてもネコはある程度適応できる可能性を示唆するものであった。Ryan,

et al. (1983)¹²⁾ のカンガルーネズミ (Potoroo : Potorous triductylus apicails) を用いた CO₂ の睡眠相に対する実験では、睡眠相に変動を生じさせる低酸素 (7% O₂) の環境条件から CO₂ を 5% 加えた 7% O₂/15% CO₂ の条件に変更することにより、睡眠相は平圧空気環境に復帰したとの報告もあり、この結果は CO₂ に低酸素の睡眠相に対する影響を緩和させる作用のあることを示唆するものといえる。しかし、これらの結果は有袋類のものであり、より進化したネコにこのような恒常性ともいべき機序があるかどうかは不明であり、今後の研究をまちたい。また今回行った一連の実験における PiCO₂ ≥ 0.16 bar 曝露後の生存時間については、表 1 から分かる通り、11 ATA, He-O₂ 環境下での 1 例が 72 時間と最も長く、また 11 ATA, N₂-O₂ 環境では 23 時間であった。しかしながら、同一環境条件においても、ネコの個体差が認められ、また例数も少なく、十分な考察はできなかった。生体はさまざまな方法で異常環境に対しても適応すべく恒常性を有していることは周知の事実である。今後さらに潜水作業深度の増加や、種々の潜水機器やシステム潜水の開発が行われるうえで、使用される呼吸ガスの生体に対する影響や圧力自体、また生命維持に必要な O₂ や CO₂ の作用等についても十分考慮する必要がある。

5. 結 論

N₂-O₂ と He-O₂ の呼吸用混合ガスを用い、異なる環境圧力 (1.02 ATA, 11 ATA) 下における吸気炭酸ガス分圧 (PiCO₂) の増加に対するネコの睡眠相と生理機能について検討した。その結果下記のこと示唆された。

(1) 11ATA, N₂-O₂ 環境下では、PiCO₂ ≤ 0.08 ~ 0.16 bar において、呼吸数に顕著な増加は認められず、吸気窒素分圧 (PiN₂ = 10 bar) が関与したものと推察された。

(2) いずれの実験条件においても脳内温度の低下が認められ、生体への炭酸ガスの蓄積は体温調節に対して重要な要因であることが示唆された。

(3) 睡眠相については、PiCO₂ ≤ 0.08 bar ですべての実験条件において顕著な変動は認められず、PiCO₂ ≤ 0.16 bar においても逆説睡眠の出現が認

められ、今後の検討課題である。

(4) 高 PiCO₂ 環境下での長時間曝露においては、脳波所見において θ 波や α 波の波群が認められた。

(5) 生存時間については、PiCO₂ ≤ 0.16 bar の条件下において 11ATA, He-O₂ で 1 例に 72 時間、また 11ATA, N₂-O₂ の 1 例は 23 時間と個体差が認められた。

しかしながら本実験では同一環境条件においても個体差が認められ、更に例数を増やし検討する必要がある。

文 献

- 1) Lanphier, E.H. and Camporesi, E.M., "Respiration and Exercise", The Physiology and Medicine of Diving, 3rd ed, Bennett, P.B. and Elliott, D.H. ed. Bailliere Tindall, (1982,) 99 - 156
- 2) 真島英信, "生理学", (1979), 文光堂
- 3) Morrison, J.B. et al., 1974, "Effects of CO₂ Insensitivity and Respiratory Pattern on Respiration in Divers", Undersea Biomed. Res., 8 (4), 209 - 217
- 4) Hesser, C.M. et al., 1971, "Role of CO₂ in Compressed-air Narcosis", Aerospace Med., 42 (2), 163 - 168
- 5) Bennett, P.B. et al., 1974, "Suppression on the High Pressure Nervous Syndrome in Human Deep Dives by He-N₂-O₂", Undersea Biomed. Res., 1 (3), 221 - 237
- 6) Vaernes, R. et al., 1982, "Central Nervous System Reaction during Heliox and Trimix Dives to 31 ATA", Undersea Biomed. Res., 9 (1), 1 - 13
- 7) Seki, K. et al., "Effect of Increased Gas Density (27 & 54g/l BTPS) on Neurophysiological and Pulmonary Function in Cats under Hyperbaric Environment (51 & 101 ATA)", Proc. 29th IUPS, 15, Sydney, 1983 - 8, 411
- 8) Serman, M.B., 1965, "Circadian Sleep and Waking Patterns in the Laboratory Cat", Electroencephal. Clin. Neurophysiol., 19, 509 - 517

- 9) Ruckbusch, Y. and Gaujoux, M., 1976, "Sleep Patterns of the Laboratory Cats", *ibid.*, 41, 483 - 490
- 10) 関 邦博ほか, 1981, "N₂-TRIMIX下の51 ATA (27g/l, BTPS) と 101 ATA (54g/l, BTPS) におけるネコの意識相について", *日本高気圧環境医学会雑誌*, 16 (4), 229-232
- 11) Schaeffer, K. E. "Metabolic Aspects of Adaptation to Carbon Dioxide", *Carbon Dioxide and Metabolic Adaptations*, Nahas, G. and Schaeffer, K.E. ed., Springer, (1974,) 253 - 264,
- 12) Ryan, A. T. et al., 1983, "The Effects of Hypoxia and CO₂ on the Sleep - Waking Pattern of the Potoroo (*Potorous Tridactylus Apicalis*)", *Physiol. Behav.*, 30(2), 237 - 242