

N₂-TRIMIX下の51ATA(27g/ℓ, BTPS)と101ATA (54g/ℓ, BTPS)におけるネコの意識相について

関 邦博* 河野敬熙* 設楽文朗*
水嶋康男* 竹内久美* 他谷 康*
浅沼市男* 中野正美* 桑原信之**
中山英明*** G. Imbert**** N. Naraki****
M. Hugon****

序 文

1981年現在ヒトによる環境圧潜水の潜水作業深度は、アメリカのデューク大学の Bennett 教授のグループによって実施された深度 686m である。この時、3名のダイバーをその深度に24時間曝露し、しかも 240W の筋作業ができることを実証した。ちなみにこの時使用した混合ガス密度は、18.31g/ℓ. BTPS (PN₂ = 6.96 bar PO₂ = 0.5 bar PHe = 62.14bar) であった。

Maio & Farhi (1967) は、最大換気量と呼吸ガス密度の関係について調べた結果 (Air) 8.99g/ℓ. BTPS のところに呼吸限界が存在することを示した。従来からヒトが高圧環境下で作業できる呼吸ガス密度の限界とされてきた 9g/ℓ. BTPS よりも Bennett et al のグループは明らかに 2 倍もの高密度の呼吸ガスを用いても呼吸限界を示さなかった。そのため、今後更に深い深度への潜水の可能性を示唆する実験結果である。

そこで本実験では高圧高密度ガス環境下にネコを曝露しこの適応性について検証した。

方 法

雄成猫 (3 ~ 4 kg) を用いて N₂-Trimix (He をベースとした環境下に能動的に N₂ を添加した 3 種混合ガス環境をいう) の 51ATA (27g/ℓ.

BTPS) と 101ATA (54g/ℓ. BTPS) に曝露し、その時の生理的適応性について把握する実験を計 3 回にわたって実施した (図 1, 2, 3)。51ATA の実験においては、ネコの意識状態を把握するために脳波 (EEG) 電気眼球図 (EOG) 筋電図 (EMG) 心電図 (ECG) 呼吸数 (RR) 脳内温度 (BT) 等のセンサーを生体内に留置し実験期間ポリグラフを用いて連続記録した。実験期間中のポリグラフによる意識相は、Awake (覚醒)・SWS (徐脈睡眠)・PS (逆説睡眠) の 3 段階に Ruckebush et al (1976) の手法を用いて (視察評定) 行い評定単位は 1 min とした。

また 101ATA の実験においては、呼吸機能を計測するためにネコの呼吸機能計測用箱に固定し呼吸数、一回換気量、換気量、酸素消費量を実験期間中連続記録した。

結果と考案

(1) 昭和56年6月23日～7月3日まで51ATAの実験を実施した。本実験の特徴は、1ATAから51ATAへ10ATA間隔でHeとN₂を用いて交互に加圧を行った。それぞれ11, 21, 31, 41, 51ATAの環境下において24時間の加圧中の停留を行った。31ATA (PN₂ = 20bar, PHe = 10.4bar) では、2匹のネコともN₂-Narcosisに陥り行動性は消失した。そのため、31ATAからHeによって41ATAまで加圧を行ったところ、Cat-IにN₂-Narcosisの消退傾向がみられた。しかしCat-IIにおいては、相変わらずN₂-Narcosisが残存し

*海洋科学技術センター

**上智大学生命科学研究所

***産業医科大学

****Aix-MARSEILLE-I 大学

DIVE PROFILE

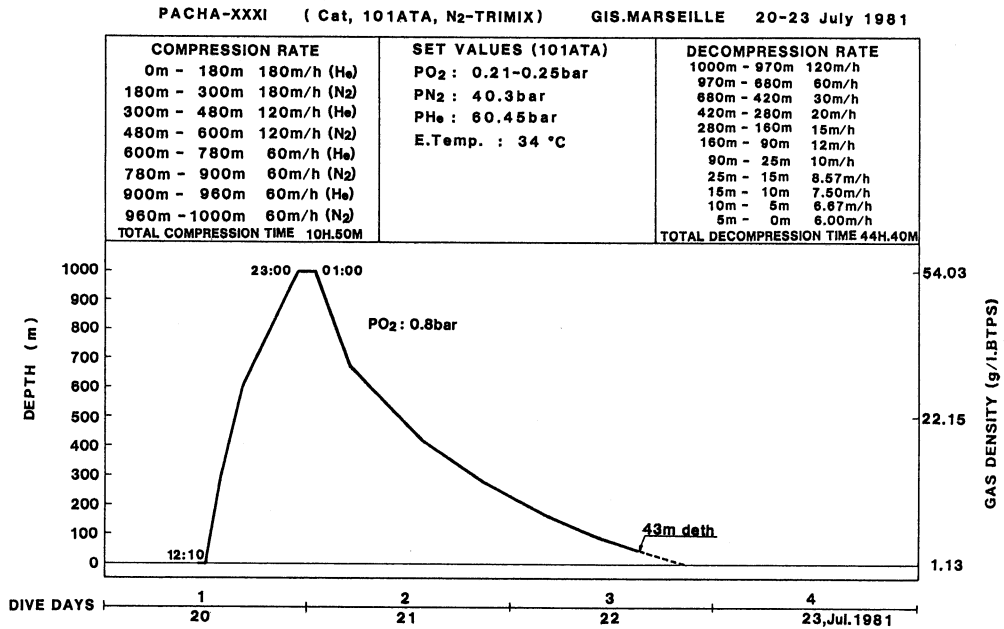


図3 101ATAのN₂-Trimix 54g/ℓ . BTPSの高圧曝露相 (PO₂=0.21bar)

た。そしてさらにHeによって41ATAから51ATAまで加圧を行った。両者のネコとも著しく運動性(摂食, 摂水, 排尿, 排便, 正常な姿勢保持, 毛づくろい等々)が改善され平圧時の活動性を示すまでになった。またHR, RRにおいても図4のように各意識相においても変化はみられなかった。

(2) 昭和56年8月19日から29日にかけて51ATAの実験を実施した。本実験の特徴は, Heで1ATAから31ATAまで加圧し, 31ATAから51ATAまでは, N₂によって加圧を行った。この実験期間中PO₂=0.21barを保持した。その結果, 加圧直後51ATAの第1日目は, Cat-I&IIの行動の抑制がみられたが, 翌朝には排便, 排尿, 毛づくろいがみられた。睡眠相は周期性を示し, 3相(Awake, SWS, PS)が出現した。HRとRRはPS期以外には, 顕著な変化はみられなかった(図5)。

以上2回の実験結果から次のような知見を得た。

- 51ATAのN₂-Trimix, 27g/ℓ, BTPS下に72時間にわたって曝露したがその間の意識相は3相がみられ顕著な変化はみられなかった。
- PO₂=0.21barを用いたが生体にとって低酸素

表 Pulmonary Function in Hyperbaric Environment (PACHA-XXXI Cat-♂ 101ATA N₂-TRIMIX) GIS. MALSEILLE

DEPTH (m)	RR (B/min)	\dot{V}_T (ml/BTPS)	\dot{V}_g (l/BTPS/min)	\dot{M}_{O_2} (m mol/min)
0 (AIR)	24.6	38.4 ± 4.34	0.943	2.052
300	20.6	41.2 ± 4.10	0.847	0.595
600	29.5	40.7 ± 7.74	1.201	0.813
900	30.4	45.9 ± 4.94	1.395	1.744
1000	29.8	48.6 ± 5.83	1.450	2.230

RR : respiratory rate
 \dot{V}_T : tidal volume, average ± S.D.
 \dot{V}_g : minute respiratory volume
 \dot{M}_{O_2} : oxygen consumption

症を示す徴候は認められなかった。

- 51ATAのN₂-Trimix下でPN₂ ≥ 21barを越えるとN₂-Narcosisが出現する。
- 減圧は3/4の確率で成功した。

(3) 昭和56年7月2日~22日にかけて, 101ATAの実験を実施した。(フランス, マルセイユのCNRS)呼吸ガスの組成は, PN₂=40bar, PHe = 60.79bar PO₂=0.21barで54g/ℓ . BTPSであった。101ATA下で2時間にわたってネコを保圧し, その間の換気量, 一回換気量, 酸素消費量, 呼吸数を求めた。その結果を表に示す。

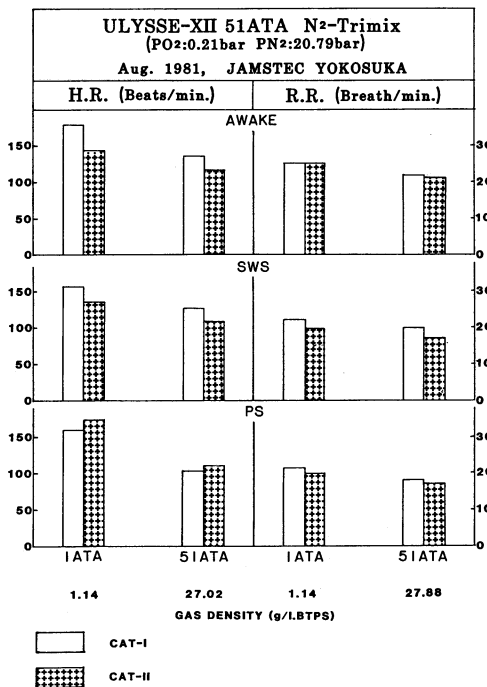


図4 51ATA 下の N₂-Trimix, 27g/ℓ . BTPS PO₂ =0.6bar 下における HR と RR の変動

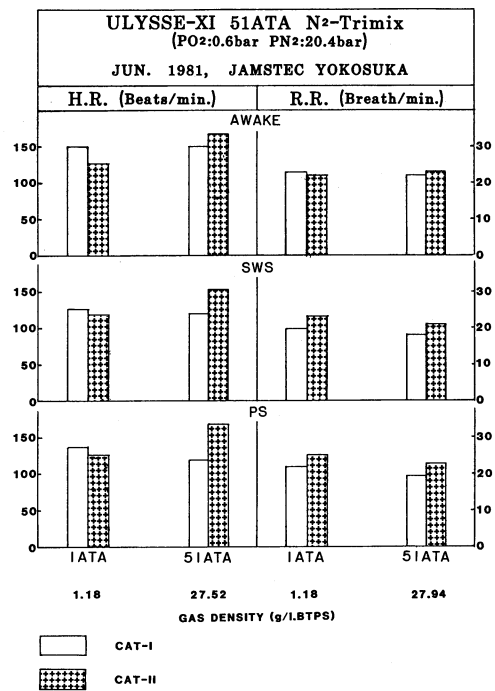


図5 51ATA 下の N₂-Trimix, 27g/ℓ . BTPS PO₂ =0.21bar 下における HR と RR の変動

この表からみられるように IATA (Air) の対照値と比較しても顕著な変化はみられなかった。

以上の3つの実験結果から、高圧高密度 $\geq 20\text{g}/\ell$. BTPS 下においてネコの生存にとって障害となる徴候は何も見出すことはできなかった。しかし、この実験結果は、計3回の実験によって得られたものであるから今後さらに詳細な実験研究を実施しなければならない。

〔参考文献〕

- 1) Bennett, P.B. & Coqgin(1981)
Effect of rate of compression on use of trimix to ameliorate HPNS in man.
Seventh Annual Congress of EUBS, No. 11
- 2) Maio, D.A. & Farhi, L.E.(1967)
Effect of gas density on mechanics of breathing.
J. Appl, physiol. 23, 687-693,
- 3) Ruckebusch, Y. & Gaujoux(1976)
Sleep patterns of the laboratory cat.
EEG & Clinical Neurophysiol.
41, 483-490