

高圧高密度ガス環境下における高 P_{CO_2} に対する ネコの心拍数、呼吸数の変動

他谷 康* 関 邦博* 設楽文朗* 水嶋康男*
中野正美* 河野敬熙* 桑原信之** 田辺正人***
岩崎麻理子**** 中山英明*****

目 的

呼吸循環機能に対する CO_2 の作用については、数多くの報告があり、通常、1気圧空気環境下においては、 $P_{iCO_2}=0.02\text{bar}$ で心拍数、呼吸数の増大、 0.05bar 以上では、換気亢進が起こり呼吸困難を感じる。さらに $P_{iCO_2}=0.07\text{bar}$ 以上になると、換気亢進にもかかわらず、肺胞気中の CO_2 濃度上昇を抑制することができなくなり、高炭酸血症になる。この場合には呼吸中枢だけでなく、中枢神経系全体の機能が低下し、はなはだしいときは昏睡に陥る(CO_2 麻酔)ことはよく知られている。このような CO_2 における効果を背景として、高圧環境下での高密度ガス呼吸では換気障害によって、しばしば体内に CO_2 貯留をひき起し危険を誘発するとの報告もなされている。しかしながら、本学会での関等の報告では、51ATA(呼吸ガス密度 27g/l/BTPS)および101ATA(54g/l/BTPS)の $He-N_2-O_2$ 混合ガス環境下に曝露されたネコにおいては、 CO_2 の貯留並びに低酸素症の徴候は認められなかったとの報告もある。

したがって、本実験では、51ATA、 $He-N_2-O_2$ 混合ガス環境下(呼吸ガス密度: 27.8g/l/BTPS)において P_{CO_2} を $0.004\text{bar}\sim 0.12\text{bar}$ まで増加させ、成猫オス2匹における高圧高密度ガス環境下での高 P_{CO_2} に対する影響について、心拍

数、呼吸数を睡眠相別に求め若干の検討を行った。

方 法

実験動物は、体重 $3900\text{g}\sim 4200\text{g}$ の成猫オス2匹を用いて行った。これらのネコには、実験開始の1カ月前にケタール(三共)の麻酔下において外科的手術を施し、脳波、電気眼球図、筋電図、心拍数ならびに呼吸数等の各種記録用電極を生体に留置した。実験期間中におけるネコの餌および水は自由摂取とし、照明条件は、飼育室と同様、LD12:12(07:00~19:00点灯)とした。また実験期間中における潜水相ならびに環境条件は図1に示した。平圧の空気環境下で7時間、 $P_{CO_2}=0.08\text{bar}$ の条件下で事前観察を行った後、 He ならびに N_2 ガスを交互に用い、 30m/hr の加圧速度で 500m に加圧し、51ATA保圧後の24時間は $P_{CO_2}\leq 0.004\text{bar}$ とした。その後、 $P_{CO_2}=0.08\text{bar}$ で24時間、さらに $P_{CO_2}=0.12\text{bar}$ に2時間の曝露を行った。なお実験期間を通じて P_{CO_2} は 0.21bar とした。

結 果

平圧の空気環境下での高 P_{CO_2} に対する呼吸数(f_R)と心拍数(f_H)の変動を図2に示した。 $P_{CO_2}=0.05\text{bar}$ 時から f_R の増加が認められ、 $P_{CO_2}=0.08\text{bar}$ では、平均 $46\pm 8\text{breaths/min}$ と増加し、観察においても深くて速い呼吸パターンが両ネコに認められた。しかしながら f_H には顕著な増加は認められなかった。また、この期間中におけるネコの姿勢保持においては、両ネコに頭部のふらつきが認められ、脳波上からは、ネコの開眼時にも θ 律動が認められた。しかし、 CO_2 除去後の結果で

*海洋科学技術センター

**上智大学生命科学研究所

***東海大学海洋学部

****岐阜大学医学部

*****産業医科大学

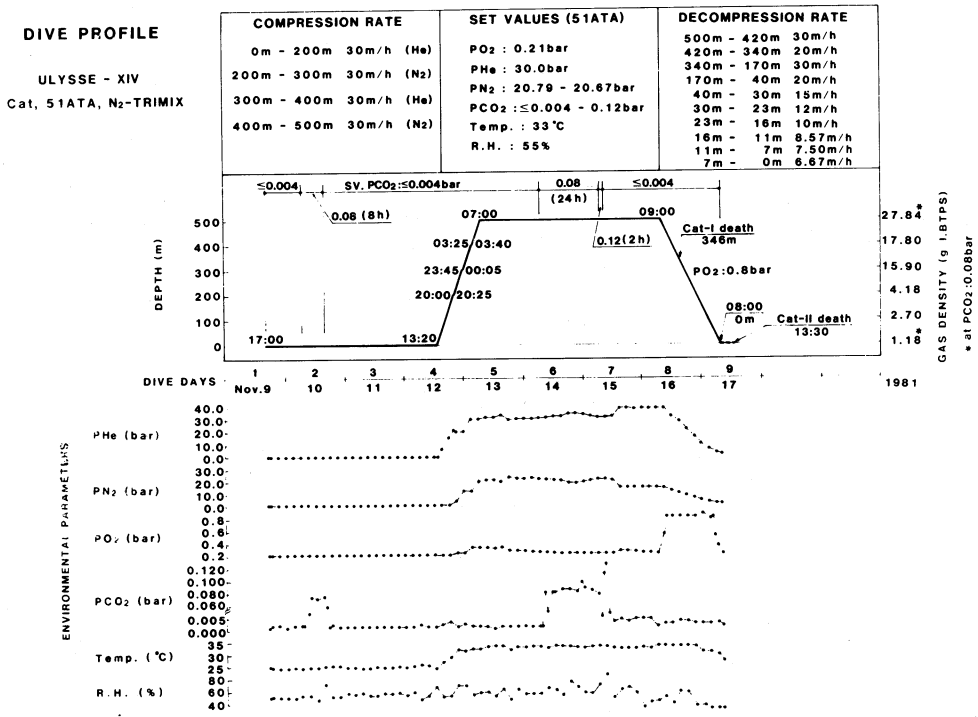


図1 実験期間中の潜水相と環境条件

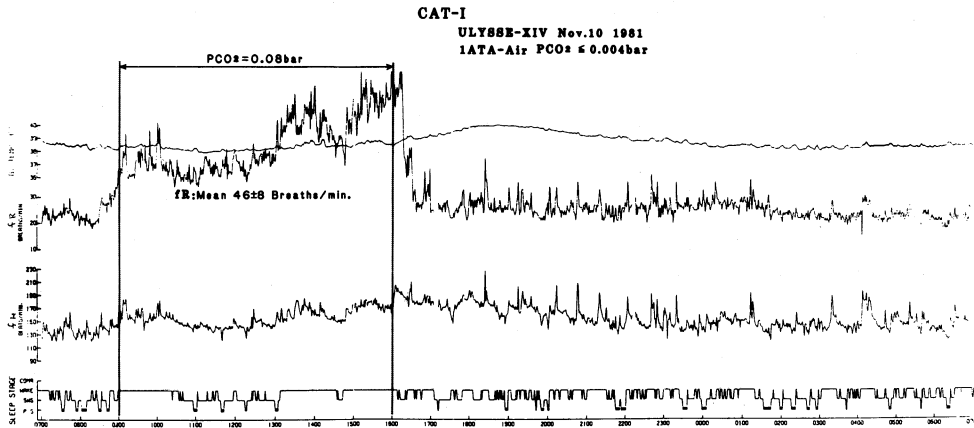


図2 1ATA 空気環境下でのCO₂添加時における (AT-Iの脳内温度 (B. TEMP), 呼吸数 (f_R), 心拍数 (f_H) と睡眠相 (SLEEP STAGE))

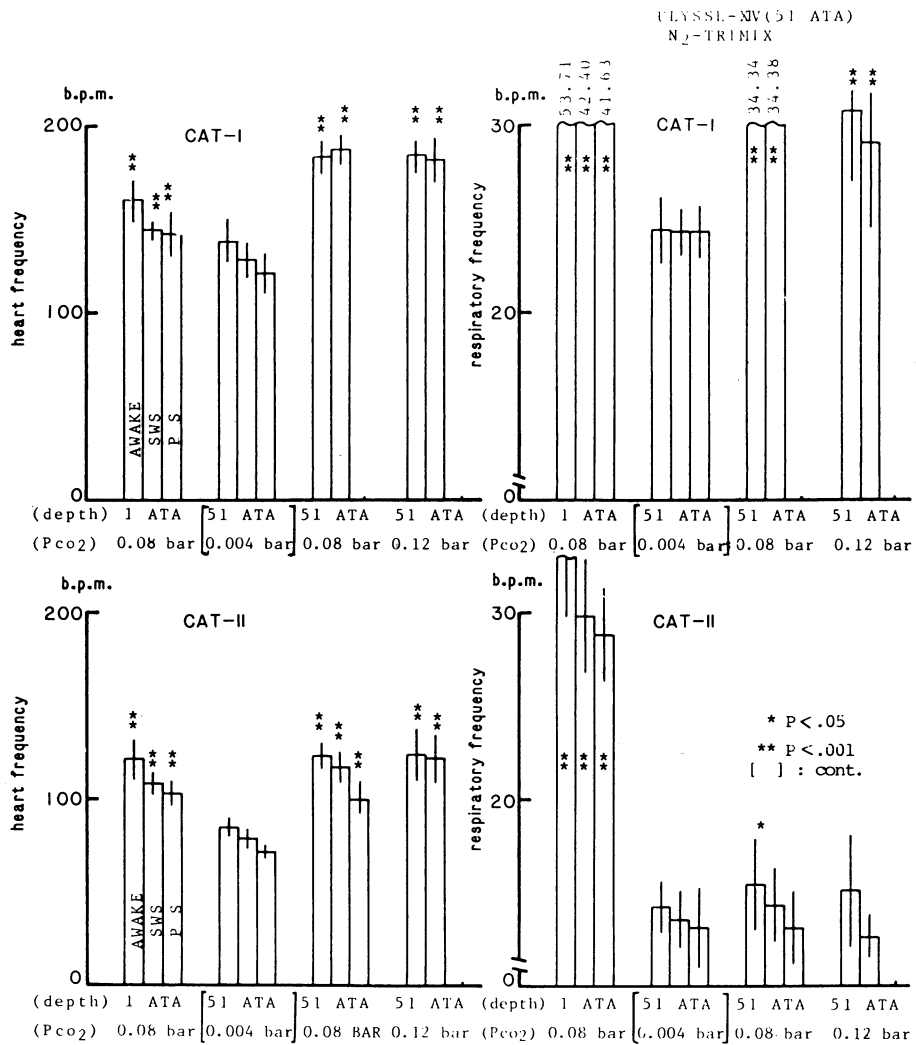


図3 実験期間中における高 Pco₂環境下での、CAT-I, CAY-IIの心拍数(heart frequency) と呼吸数 (respiratory frequency)

は、f_H, f_Rに正常値への復帰が認められ、行動観察(摂食、摂水、姿勢保持、毛繕い等)にも異常は認められなかった。

51ATA保圧時における Pco₂ ≤ 0.004bar, 0.08 bar ならびに 0.12bar 環境下での f_H, f_Rの結果は、図3に示した。51ATA, Pco₂ ≥ 0.004bar での値を対照値とした場合、Pco₂の増加に伴って、f_H, f_Rには有意な増加が認められた。しかしながら、f_Rにおけるこの増加は、平圧下(Pco₂ = 0.08bar)での値に比べて有意に低い値であった。また f_Hについては、平圧下での値と比較して、高い値を示し、CAT-Iでは有意な増加を示した。実験期間中の両

ネコの睡眠相については、図4からも解るとおり、高 Pco₂環境下においては、覚醒期(AWAKE)の増加が認められ、徐波睡眠期(SWS)は減少を示した。さらに逆説睡眠期(PS)ではその出現は認められなかった。また視察による行動観察等においても、51ATA, 高 Pco₂環境下では摂食、摂水行動の消失が認められ、脳波上からはθ律動の出現が顕著となり、CO₂麻酔の徴候がうかがわれた。

考 察

平圧空気環境下での高 Pco₂に対するネコの感受性については、従来からのヒトでの CO₂感受性

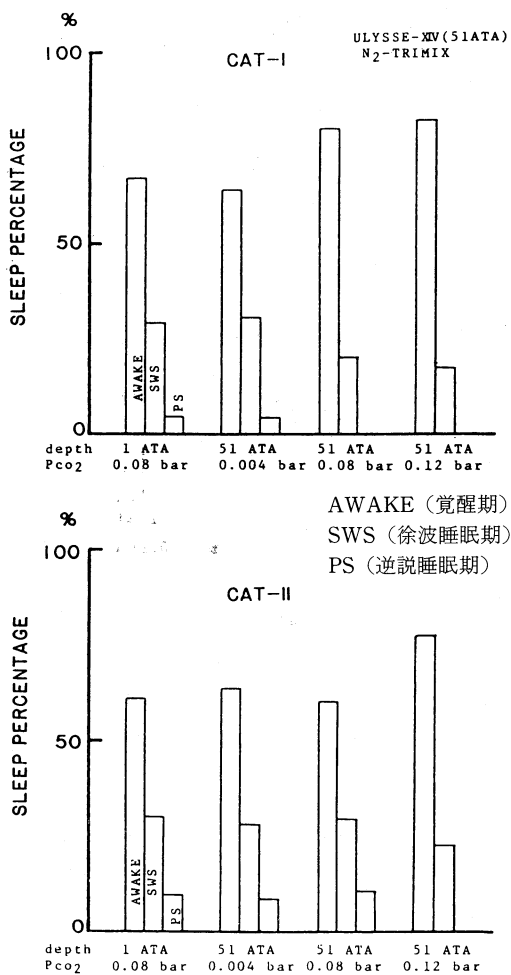


図4 実験期間中におけるCAT-I, CAT-IIの各意識相の出現割合

に関する多様の報告と一致する傾向であった。また高圧高密度ガス環境下においても、1例ではあるが高Pco₂に対する呼吸数の増加が認められた。しかし、その増加率は平圧空気環境下での値に比べて低く、高い呼吸ガス密度(27.8g/l/BTPS)に

起因したものと考えられた。しかしながら、51 ATA下でのPco₂=0.08barとPco₂=0.12bar環境下におけるCO₂感受性には差が認められず、またCAT-IIでは高Pco₂環境下でも呼吸数に増加傾向が認められなかったことから考えて、呼吸中枢のCO₂感受性が低下したものと推察された。このCO₂の感受性低下に起因する要素としては、動脈血のPco₂が長期にわたって高かったことが考えられるが、さらに本実験でのPN₂=20.7barではネコに軽度の麻酔作用が生じ、CO₂がこのN₂の麻酔作用を増強したものと推察された。このCO₂がこのN₂の麻酔作用を増強したものと推察された。このCO₂とN₂の麻酔作用の関係についてはHesser et al (1971)らの報告を裏付けるものであった。以上のことから、本実験での高圧高密度ガス環境下においては、CO₂の貯留ならびに低酸素症の徴候は認められなかったが、CO₂の増加に従って、呼吸数や心拍数の増加が生じ、またN₂分圧が高い場合にはN₂の麻酔作用を増強する作用を生じることが示唆された。しかしながら、本実験では減圧中の深度346mで1例、また減圧終了後にもネコが死亡したことから考えて、高Pco₂への曝露時間に対する生体への影響を考慮した、減圧方法についてもさらに検討する必要がある。

【参考文献】

- 1) 関邦博他：N₂-TRIMIXの51ATA (27g/l/BTPS)と101ATA (54g/l/BTPS)におけるネコの意識相について、第16回日本高気圧環境医学会抄録, pp30, 1981.
- 2) Hesser, CM., Adolfsen, J., and Fagraeus, L: Role of CO₂ in compressed-air narcosis. *Aerospace Med.* 42:163-168, 1971.
- 3) Bennett, p.b., and G.D. Blenkarn: Arterial blood gases in man during inert gas narcosis. *J. Appl. Physiol.* 36:45-48, 1974.