

高圧環境曝露後のラットの繁殖機能 (第2報)

他谷 康^{*1} 中野正美^{*1} 榎木暢雄^{*1}
設楽文朗^{*1} 水嶋康男^{*1} 毛利元彦^{*1}

高圧環境に曝露された生体の繁殖機能への影響についての報告は非常に少ない。特に、飽和潜水においては、ダイバーが長期間にわたって高圧環境下に居住することから、その繁殖機能への影響の有無についての研究が重要である。本実験では、成熟雌雄ラットを31-21ATAのNitrox及び31ATAのHeliox環境に6日間曝露し、減圧後の交配実験より曝露の繁殖機能に及ぼす影響について検討した。その結果、各実験で雌ラットの約90%に発情周期の乱れが認められ、予定した発情期の発現が1～3日遅延した。しかし、発情周期の回復により、高圧曝露雌雄ラットの交配でも正常な繁殖機能が認められ、産仔数、雌雄出現率ともにコントロール群と有意な差は認められなかった。

以上の結果より性周期の乱れは、圧力だけでなく使用したガスによる一過性の影響と考えられ、高圧曝露によって重大な繁殖機能への影響はないものと推測された。

キーワード：高圧環境、繁殖機能、妊娠、ニトロックス、ヘリオックス、発情周期、ラット

Reproductive Function of Rats after Exposure to Hyperbaric Environments (Part-2)

Yasushi TAYA^{*2} Masami NAKANO^{*2} Nobuo NARAKI^{*2}
Fumiro SHIDARA^{*2} Yasuo MIZUSHIMA^{*2} Motohiko MOHRI^{*2}

There is very little information on the effects of exposure to high pressure on both male and female fertility. In particular, there is a need for more research about fertility after saturation diving because of the prolonged periods of time that are involved.

Both male and female adult Wister Imamichi rats were exposed to 31-21 ATA of Nitrox and 31 ATA of Heliox pressure for 6 days to study whether the functional fertility was affected. After exposure, the male rats were mated with untreated and treated females, and the female rats were mated with untreated and treated males.

The results indicated that in both treated groups after 6 days exposure,

*1 潜水技術部

*2 Diving Science and Technology Department

about ninety percent of the female rats experienced changes in the duration of their estrous cycle. Thereafter, the normal estrous cycle was restored and females could be fertilized normally. The body weight of the exposed rats decreased significantly. The offspring of exposed parents had a normal sex ratio and litter size. The reproductive ability of the offspring of exposed rats was normal.

The changes of the estrous cycle after exposure to a hyperbaric environment were due not only to high pressure per se but also to the gases used. These results suggest that exposure to a hyperbaric environment causes a change of the estrous cycle in females, but these effects are not prolonged.

Key word: hyperbaric environment, reproductive function, fertility, Nitrox, Heliox, estrous cycle, rat

1. はじめに

He-O₂ (Heliox) 環境下に長期間居住することを余儀なくされる飽和潜水ダイバーにとって、高圧環境曝露による生殖機能への影響の有無については、基本的に重要な問題である。この問題を明らかにするために、我々はラットを用いた動物実験を実施し、減圧直後の交配実験の結果から繁殖機能に対して著しい影響が認められなかった事実を、本試験研究報告(1982)¹⁾において既に報告している。しかしながら前報の報告のごとく、減圧直後に雌ラットの発情周期が一時的ではあるが乱れ、また妊娠率が25%~50%と低下しており視床下部-下垂体-性腺系に何等かの影響を誘起したことが示唆された。この事実は、Baden et al. (1982)¹⁾が報告した雄マウスを50 ATA, He-O₂ 環境に24時間、週2回、5週間にわたって曝露を繰り返した実験においても、雌マウスとの交配によって、対照群に比べ妊娠率及び産仔数が低下した結果と類似している。しかしながら、視床下部-下垂体-性腺系への影響、すなわち繁殖機能への影響が、圧力や使用した不活性ガスによるものかについてはまだ明らかにされていない。本実験では、不活性ガスとしてヘリウムと窒素を用い、前報と同様に雌雄ラットを300m相当深度の高圧環境(31 ATA)に曝露し、雌ラットにおける発情周期への影響、また減圧後の雌雄ラットの交配実験から、妊娠率、産仔数について検討した。また、これらの高圧曝露経験を両親に持つ雑種第1代(F1)における繁殖機能についても性

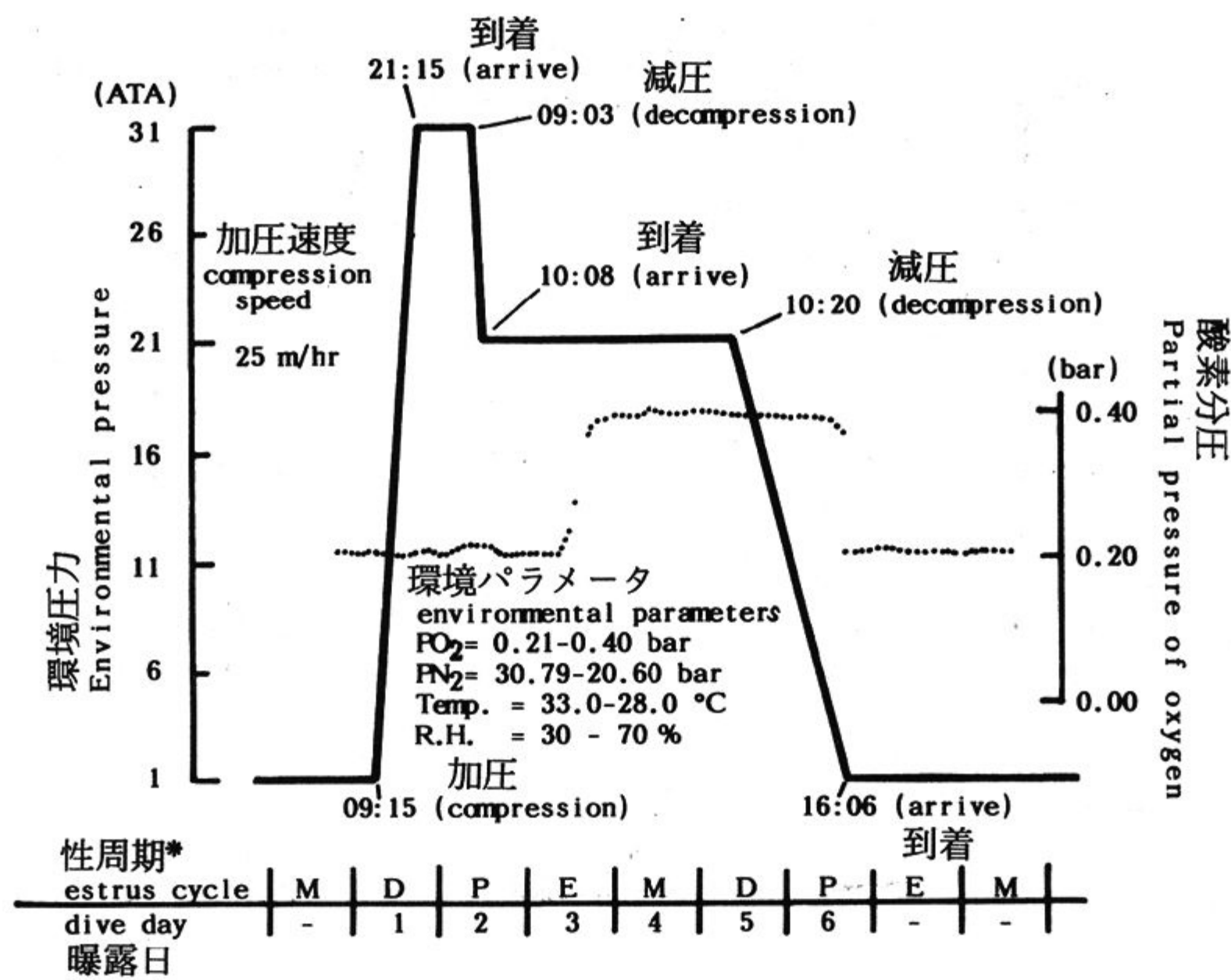
成熟を待って交配実験を実施し、高圧環境がラットの次世代までの繁殖機能に及ぼす影響について検討した。

2. 材料及び方法

実験に使用した動物は、温度23±1°C、湿度55±5%、12L:12D(07:00~19:00点灯)の条件下で飼育した10~11週齢のウイスター系今道ラット雌65匹、雄45匹である。また、雌ラットについては実験に先立ち、毎朝9時~10時に膈垢を採取し、正常な4日の発情周期を2回以上繰り返したラットだけを実験に使用した。なお、実験期間を通じ、餌(CE-2:日本クレア製)及び水はad libに与えた。

実験は2つのシリーズに分けて実施した。

実験1では、雌雄ラット(雌20匹、雄10匹)を各々5匹ずつPCケージに収容し、25m/hrの加圧速度で、窒素ガスにより31 ATA(300m相当深度圧力)まで加圧、5日間の保圧を予定した。しかし、保圧12時間後に雄ラットの半数に低酸素症と思われる症状が認められ21 ATAまで減圧、この深度において4日間保圧した。なお、この間の環境条件は酸素分圧:0.21~0.40 ATA、窒素分圧:30.79~20.60 ATA、温度:30.0~28.0°C、湿度:30~70%、照明条件は飼育環境と同じ12L:12D(07:00~19:00点灯)とした。(図1参照)。実験IIでは、31 ATA, He-O₂(PO₂=0.21 ATA)の圧力条件下に5~6日間曝露した。なお、実験手順、加圧速度、照明条



事前観察期間 (8日間) Pre-dive period (8days) 膣垢像の検査 ; checked of vaginal smear.	高圧曝露期間 (31-21ATA, N ₂ -O ₂) (6日間) Exposure period (31-21ATA, N ₂ -O ₂) (6days) 雌ラット 5匹/ケージ × 4 ケージ 雄ラット 5匹/ケージ × 2 ケージ ; 5 female rats / cage × 4 ; 5 male rats / cage × 2	事後観察期間 (15日間) ; Post-dive period (15days) 膣垢検査法により交尾の確認 ; checked of coitus by vaginal smear method. 交配実験時の組合せ 1. 雌雄高圧曝露群 2. 雌高圧曝露群 3. 雄高圧曝露群 4. 対照群 Exp. groups of mating were as follow. 1 ; exposure group of male and female rat. 2 ; exposure group of female rat. 3 ; exposur group of male rat 4 ; control group
--	---	--

図1 31-21 ATA, N₂-O₂実験時のダイブプロファイルと実験手順 (実験I)
性周期* P: 発情前期, E: 発情期, M: 発情後期, D: 発情休止期
Fig. 1 Dive profile and experimental procedure (PROTEUS-VIII ; 31-21 ATA, N₂-O₂)

件等は実験Iと同じ方法とし、高圧下での環境条件を図2に示した。また、減圧後の交配実験は、各実験とも下記の交配群に分けて実施し、高圧曝露群で産まれたF1についても性成熟(10週齢)を待って交配実験を実施し、繁殖能力を検討した。
〔減圧後の交配実験組合せ〕

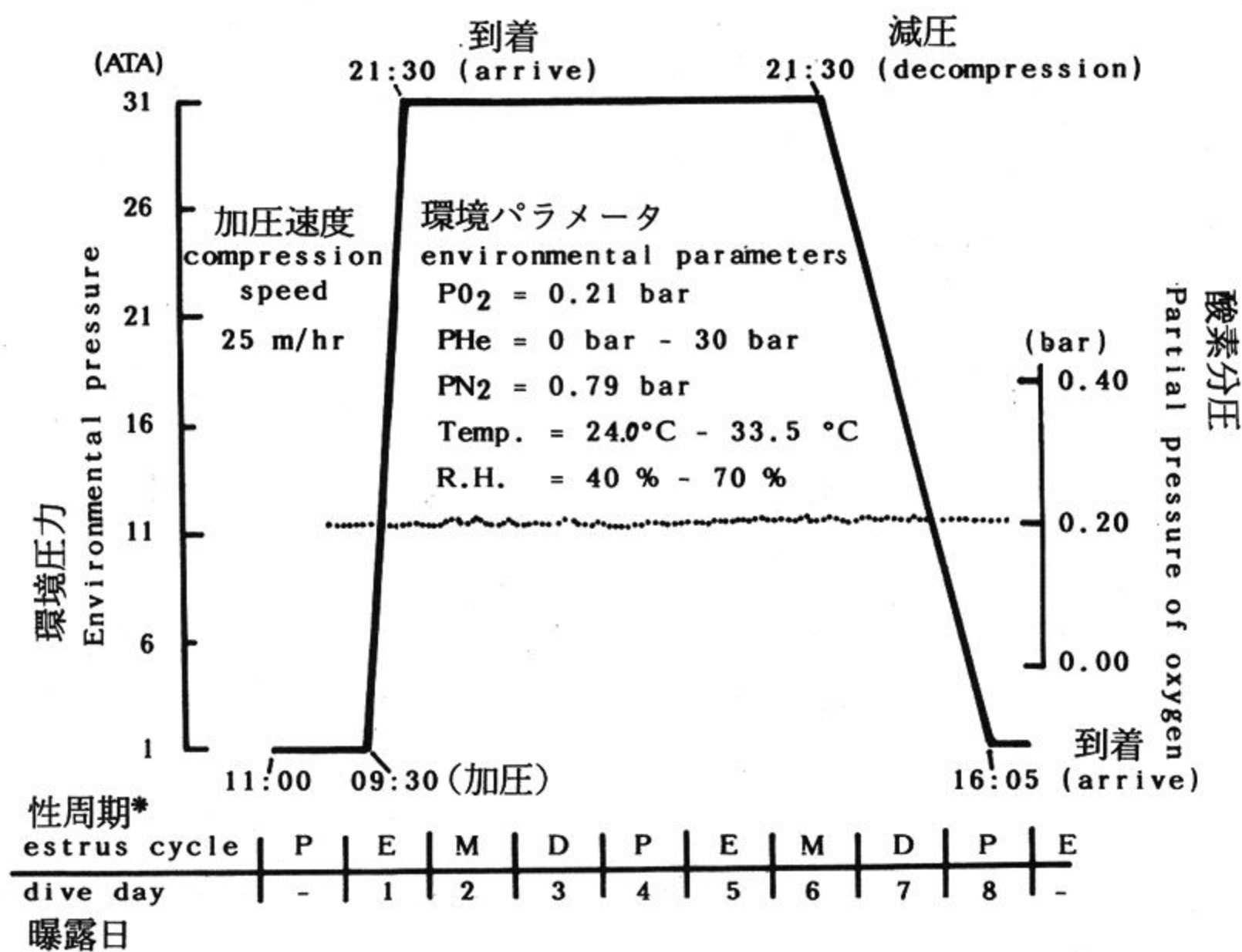
- ①: (雌雄高圧曝露群)
高圧曝露(♀) × 高圧曝露(♂)
- ②: (雌高圧曝露群)
高圧曝露(♀) × 大気圧飼育(♂)
- ③: (雄高圧曝露群)

- 大気圧飼育(♀) × 高圧曝露(♂)
- ④: (対照群)
大気圧飼育(♀) × 大気圧飼育(♂)

3 結 果

3.1 発情周期の結果

31-21ATA, N₂-O₂ (実験I) 実験期間中における雌雄高圧曝露交配群の雌ラットにおける発情周期並びに交配の有無を図3に、雄高圧曝露交配群の結果を図4に示した。また31ATA, He-O₂の雌雄高圧曝露交配群並びに雄高圧曝露交配群の雌



事前観察期間 (8日間) Pre-dive period (8days) 膣垢検査実施 ; checked of vaginal amear.	高圧曝露期間 (31ATA, He-O ₂) (8日間) Exposure period (31ATA, He-O ₂) (8days) 雌ラット5匹/ケージ×4ケージ 雄ラット5匹/ケージ×2ケージ ; 5 female rats / cage ×4 ; 5 male rats /cage × 2	事後観察期間 (15日間) Post-dive period (15days) 膣垢検査法により交尾の確認 ; checked of coitus by vaginal smear method. 交配実験時の組合せ 1. 雌雄高圧曝露群 2. 雌高圧曝露群 3. 雄高圧曝露群 4. 対照群 Exp. groups of mating were as follow. 1 : exposure group of male and female rat. 2 : exposure group of female rat. 3 : exposure group of male rat. 4 : control group (no exposure rat)
--	---	--

図2. 31ATA, He-O₂実験時のダイブプロファイルと実験手順(実験Ⅱ)
性周期* P; 発情前期, E: 発情期, M: 発情後期, D: 発情休止期
Fig. 2. Dive profile and experimental procedure (PROTEUS-IX; 31 ATA, He-O₂)

ラットにおける発情周期並びに交配の結果を図5, 図6に各々示した。図3, 図5の高圧曝露期間においては, 膣垢検査が実施できず空白となっているが, 使用したラットは系統的に4日の発情周期を示すものであり, 膣垢検査において2周期にわたり確認していた。したがって, 減圧後の発情周期も図の下段に示した大気圧空気環境で飼育した対照群並びに図5, 図6の雌ラットと同じ発情周期を示すことが予測された。しかしながら, 両実験とも減圧直後に発現する予定の発情期の膣垢像が1~3日遅れて認められ, この発情周期の乱れは,

実験Ⅰでは20例中19例(95%), 実験Ⅱでは20例中18例(90%)と高い割合で認められた(表1, 表2参照)。この発情周期において雌は発情前期から発情期にかけての短時間のみ雄を許容し, 妊娠, 分娩に至るが, 図からも分かるとおり最初の発情期で交配したラットはわずかであり, 多くは複数回の発情期において交配し, 妊娠, 分娩に至る例が多く見られた。

3.2 繁殖結果

実験Ⅰでは, 300m相当圧力に保圧後12時間で

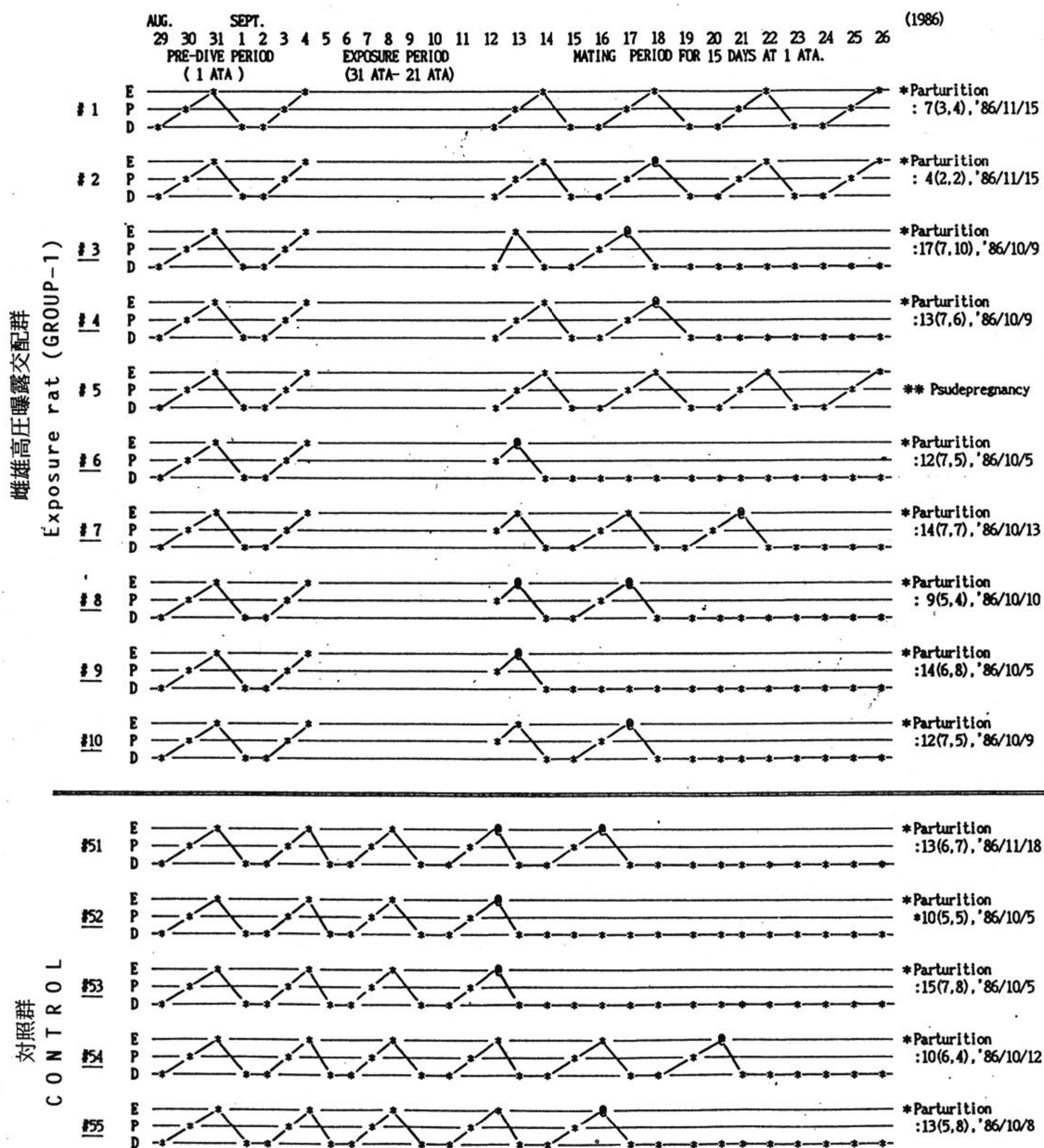


図3. 31-21ATA, N₂-O₂実験時の雌雄高圧曝露交配群における雌ラットの発情周期並びに交配結果

* 分娩；産仔数（雄，雌），分娩日，**偽妊娠

E：発情期，P：発情前期，D：発情後期及び発情休止期，@：交尾

Fig. 3. Cyclic change of vaginal smear in hyperbaric exposure rats.

(Mating group-1 ; Exp. name ; PROTEUS-VIII)

* : Parturition; litter size (male, female), Day of parturition.

** : Psudepregnancy

E : estrous stage, P : proestrous stage, D : metestrous and diestrous stage. @ : mating.

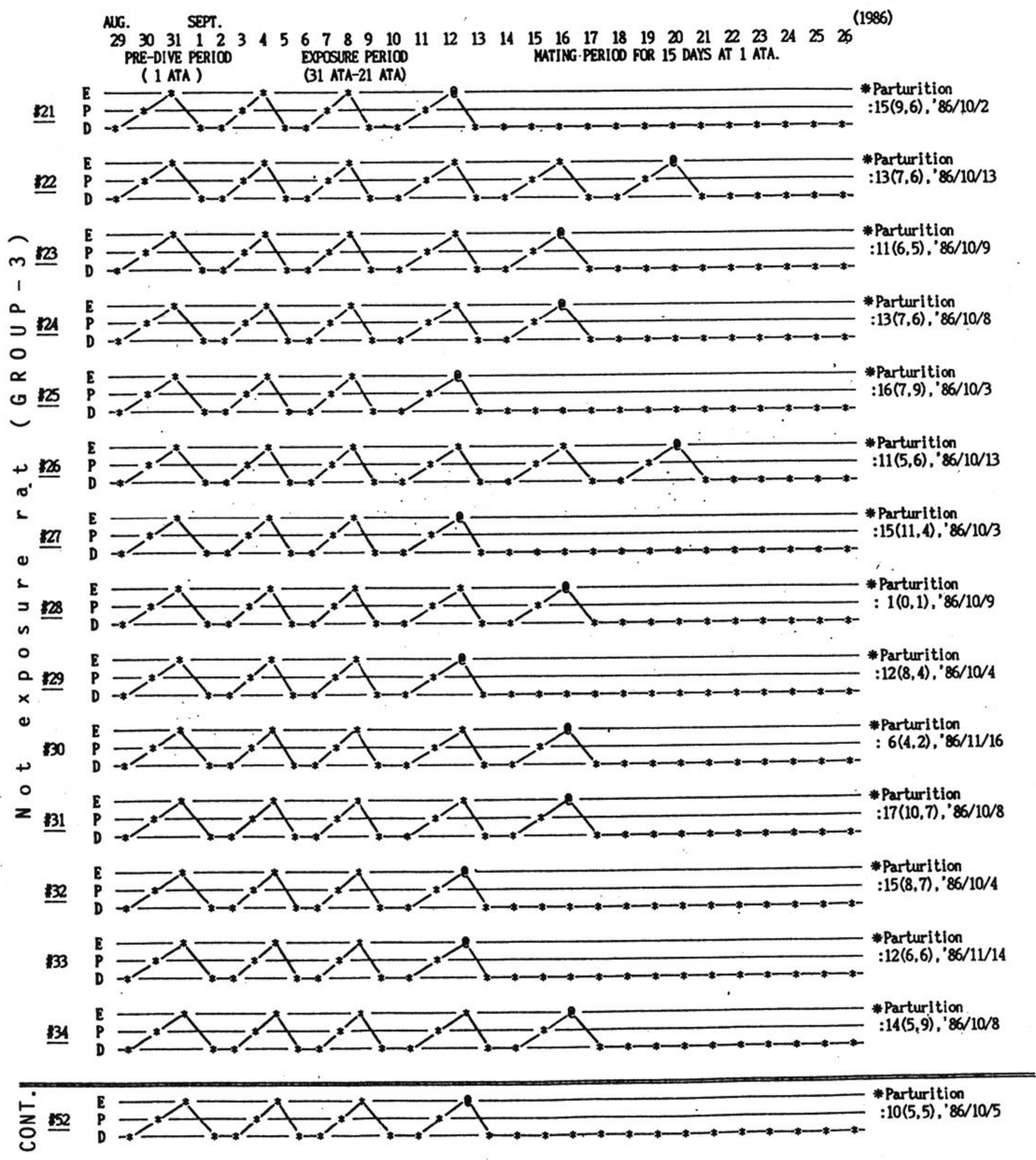


図4. 31-21ATA, N₂-O₂実験時の雄高圧曝露交配群における雌ラットの発情周期並びに交配結果

* 分娩；産仔数 (雄, 雌), 分娩日

E：発情期, P：発情前期, D：発情後期及び発情休止期, @：交尾

Fig. 4. Cyclic change of vaginal smear in not hyperbaric exposure rats. (Mating group-3 ; Exp. name : PROTEUS-VIII)

*: Parturition ;litter size (male, female), Day of parturition.

E:: estrous stage, P:: proestrous stage, D : metestrous and diestrous stage. @ : mating.

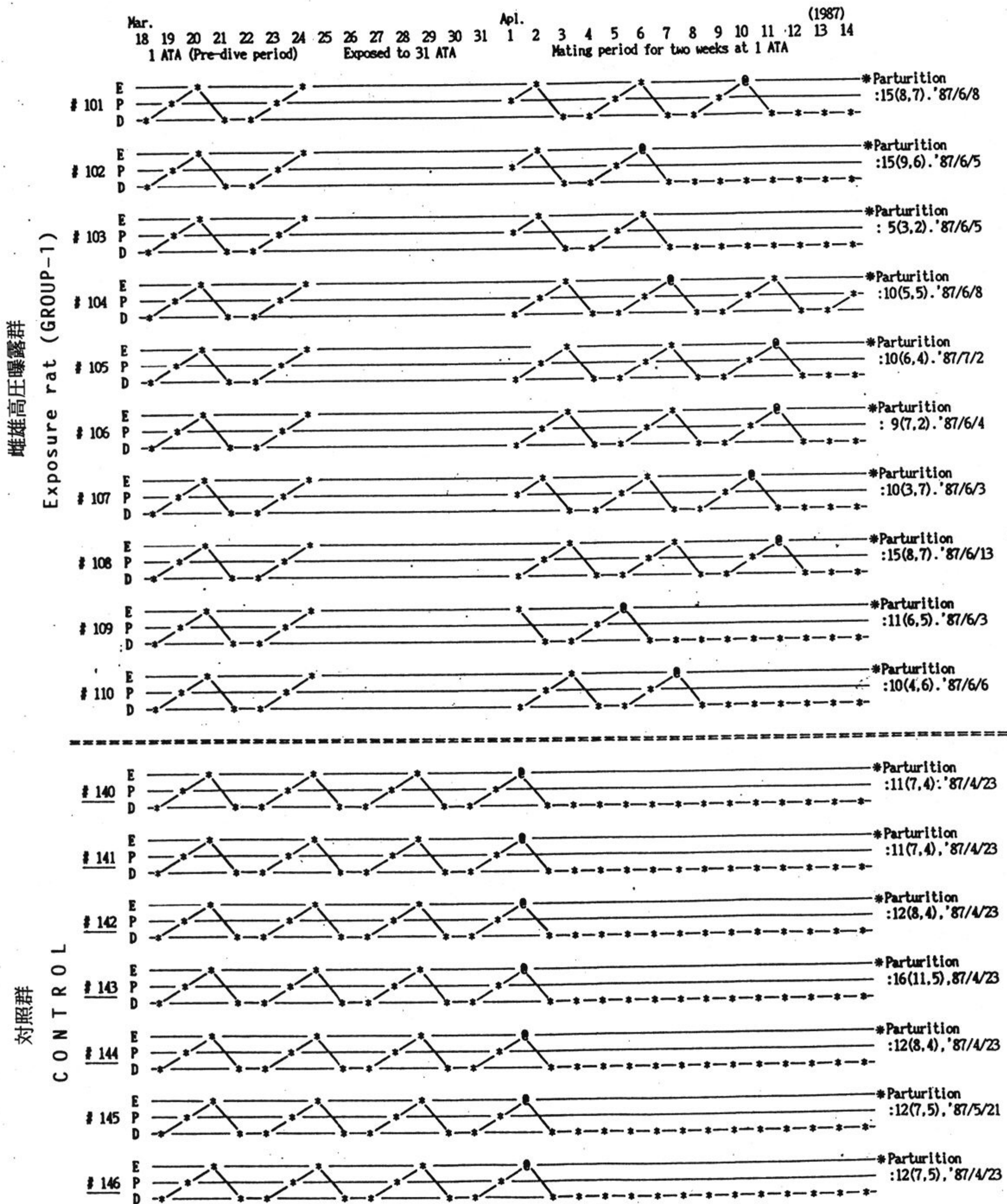


図5. 31ATA, He-O₂実験時の雌雄高圧曝露交配群における雌ラットの発情周期並びに交配結果

* 分娩；産仔数（雄，雌），分娩日

E：発情期，P：発情前期，D：発情後期及び発情休止期，@交尾

Fig. 5. Cyclic change of vaginal smear in hyperbaric exposure rats.

(Mating group-1 ; Exp. name : PROTEUS-IX)

*: Parturition ; litter size (male, female), Day of parturition.

E : estrous stage, P : proestrous stage, D : metestrous and diestrous stage. @ : mating.

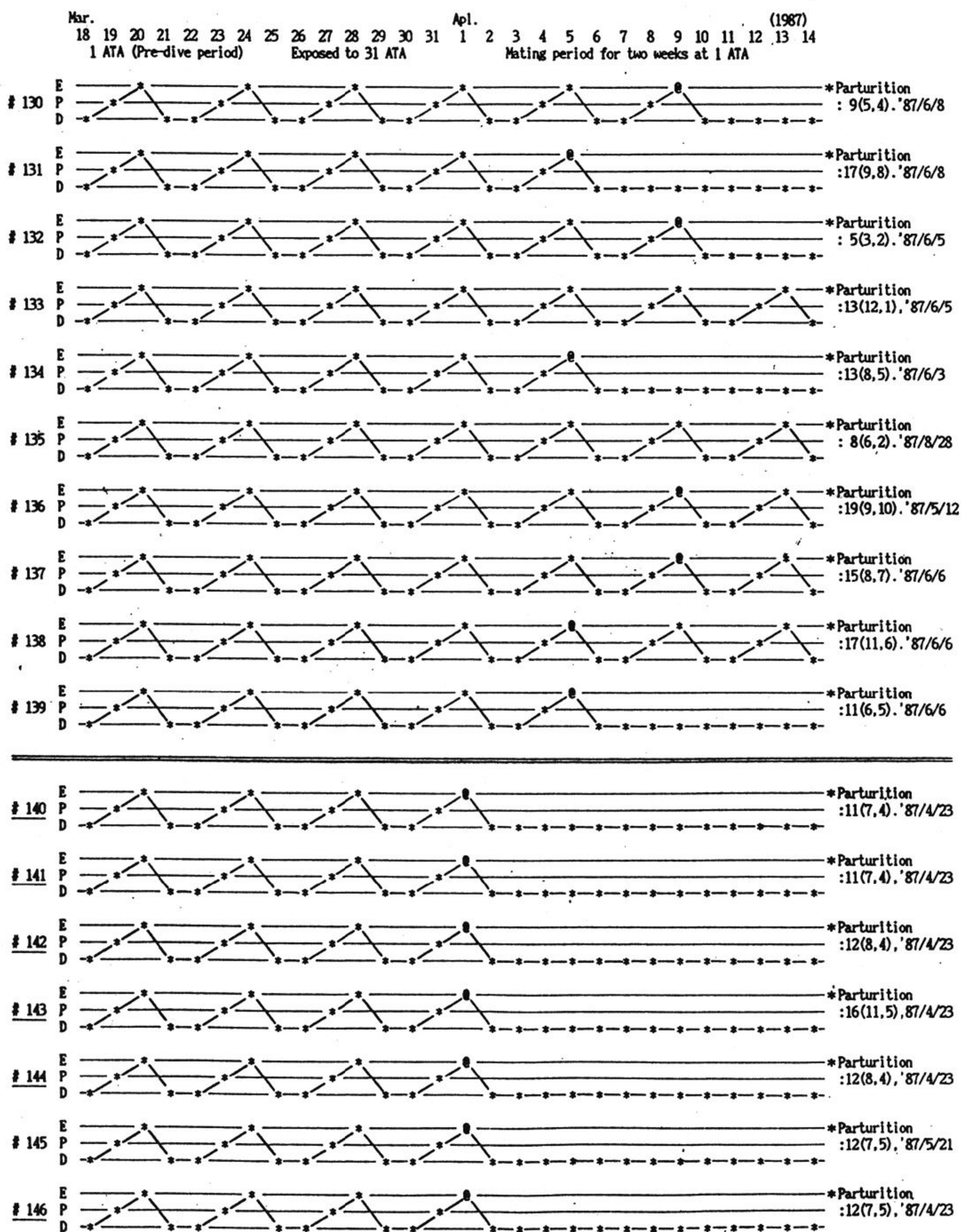


図6. 31ATA, He-O₂実験時の雄高圧曝露交配群における雌ラットの発情周期並びに交配結果

* 分娩：産仔数 (雄, 雌), 分娩日

E : 発情期, P : 発情前期, 発情後期及び発情休止期, @ : 交尾

Fig. 6. Cyclic change of vaginal smear in not hyperbaric exposure rats.

(Mating group-3 ; Exp. name : PROTEUS-IX)

*: Parturition ; litter size (male, female), Day of parturition.

E : estrous stage, P : proestrous stage, D : metestrous and diestrous stage, @ : mating.

表 1. 31-21ATA, N₂-O₂曝露後の交配実験における繁殖実績

Table 1. Results of reproductive function and mating trials in Rats after exposed to 31-21 ATA, N₂-O₂.

実験群 Experimental Group	母数 No. of dam	妊娠までの発情期発現回数と妊娠率(%) ¹⁾ mating trials during estrus cycle and pregnancy rate (%)				産仔数 ³⁾ litter size 雄 male rats 雌 female rats (分娩仔の性比; ♂:♀) (sex ratio; ♂:♀)	偽妊娠母数 No. of dam in pseudopregnancy	最初の発情期発現日 ²⁾ Day of 1st proestrous 0 -1 -2 -3
		1回 1	2回 2	3回 3	最終結果 final			
雌雄高圧曝露群 Group; 1 exposed ♀ × exposed ♂	10	2/10 (20%)	4/10 (40%)	1/10 (10%)	9/10 (90%)	11.33 ± 4.00 5.67 ± 1.94 5.67 ± 2.40 (1.000 : 1.000)	0	0 6 4 0
雌高圧曝露群 Group; 2 exposed ♀ × no exposed ♂	10	2/10 (20%)	4/10 (40%)	1/10 (10%)	10/10 (100%)	10.80 ± 3.05 5.90 ± 2.69 4.90 ± 1.90 (1.204 : 1.000)	0	1 4 4 1
雄高圧曝露群 Group; 3 no exposed ♀ × exposed ♂	14	5/14 (36%)	5/14 (36%)	2/14 (14%)	14/14 (100%)	12.21 ± 4.23 6.64 ± 2.73 5.57 ± 2.28 (1.192 : 1.000)	2	14 0 0 0
対照群 Group; 4 no exposed ♀ × no exposed ♂	5	2/5 (40%)	1/5 (20%)	1/5 (20%)	5/5 (100%)	12.20 ± 2.17 5.80 ± 0.84 6.40 ± 1.82 (0.920 : 1.000)	1	5 0 0 0

♂: male rat, ♀: female rat.

1) 妊娠母数/母数

2) 最初の初情期が減圧終了日に認められた場合を0, 翌日を-1, 以後-2, -3とした。

3) 値は平均±標準偏差

1): Number of pregnant dams / examined.

2): Number of rat which was appeared the first proestrous stage after exposed to 31-21 ATA, N₂-O₂.

3): Values were Mean ± standard deviation.

チェンバー端部扉側に配置した雄ラットの10例中5例が死亡し、環境圧力を21ATAに、酸素分圧を0.4ATAに変更して実験を継続した。しかし、減圧後の繁殖成績では各々の交配群で妊娠率、産仔数及び産まれた仔の雌雄出現率に対照群と差はなく、正常な繁殖機能が認められた(表1参照)。

このことは、実験Ⅱの結果でも同様であり、妊娠率については各交配群とも最終的には100%を示した。なお、本実験では実験Ⅰに比較して高圧曝露雄ラットとの交配群では、雌ラットに偽妊娠が多く認められ、また分娩仔も雄が多く産まれる傾向にあり、この傾向は対照群でも認められた(表2参照)。

3.3 雑種第1代における繁殖結果

高圧曝露が子孫に及ぼす影響を検討する目的から、実験Ⅰ及びⅡの交配実験で産まれたF1を10週齢まで飼育し、表3に示した交配群において繁

殖機能を検討した。その結果、実験Ⅰで産まれた雌雄高圧曝露交配群の雄と対照群の雌との交配群でのみ、F2の雌雄出現率で雌が多く産まれる傾向にあった。しかし、産仔数は各群で差がなく、奇形も認められなかった。

4. 考 察

高圧環境が生体に何等かの影響を及ぼすことは周知の事実であり、その要因として圧力や使用するガスだけでなく、加圧速度や減圧速度、温度、湿度等、様々な要因が複雑に関与していることが考えられる^{2), 7)}。当センターでこれまで実施してきた有人飽和潜水実験(31 ATA, He-O₂)でも、加圧時の自覚症状調査による筋肉痛や関節痛の発現¹²⁾、夜間の総睡眠時間並びに深い睡眠相の減少¹⁰⁾、夜間利尿の増加¹⁵⁾、抗利尿ホルモンの分泌低下並びに日内リズムの消失が認められている⁵⁾。しかしながら、このような現象や症状の発現にもかかわら

表 2. 31ATA, He-O₂曝露後の交配実験における繁殖成績

Table 2 Results of reproductive function and mating trials in Rats after exposed to 31 ATA, He-O₂

実験群 Experimental Group	母数 No. of dam	妊娠までの発情期発現回数と妊娠率(%) ¹⁾ mating trials during estrus cycle and pregnancy rate (%)				産仔数 ³⁾ litter size 雄 male rats 雌 female rats (分娩仔の性比; ♂:♀) (sex ratio; ♂:♀)	偽妊娠母数 No. of dam in pseudopregnancy	最初の発情期発現日 ²⁾ Day of 1st proestrous 0 -1 -2 -3
		1回 1	2回 2	3回 3	最終結果 final			
雌雄高圧曝露群 Group; 1 exposed ♀ × exposed ♂	10	---	4/10 (40%)	5/10 (50%)	10/10 (100%)	11.00 ± 3.20 5.90 ± 2.13 5.10 ± 1.91 (1.157 : 1.000)	9	1 4 5 0
雌高圧曝露群 Group; 2 exposed ♀ × no exposed ♂	10	8/10 (80%)	2/10 (20%)	---	10/10 (100%)	11.10 ± 2.77 5.30 ± 1.77 5.80 ± 2.25 (0.914 : 1.000)	0	1 6 2 1
雄高圧曝露群 Group; 3 no exposed ♀ × exposed ♂	10	---	3/10 (30%)	2/10 (20%)	10/10 (100%)	12.70 ± 4.47 7.70 ± 2.75 5.00 ± 2.87 (1.540 : 1.000)*	5	10 0 0 0
対照群 Group; 4 no exposed ♀ × no exposed ♂	7	7/7 100%)	---	---	7/7 (100%)	12.29 ± 1.70 7.86 ± 1.46 4.43 ± 0.53 (1.774 : 1.000)**	1	7 0 0 0

♂: male rat, ♀: female rat.

1) 妊娠母数/母数

2) 最初の初情期が減圧終了日に認められた場合を0, 翌日を-1, 以後-2, -3とした。

3) 値は平均±標準偏差

1): Number of pregnant dams / examined.

2): Number of rat which was appeared the first proestrous stage after exposed to 31 ATA, He-O₂.

3): Values were Mean ± standard deviation.

Significantly defferent at p < 0.05 (*), p < 0.01 (**) by student t test.

ず、ダイバーは大気圧環境と同程度の作業能力を示すことも報告されている¹⁷⁾。本実験では、さらにこのような高圧曝露が生体の繁殖機能に対してどのような影響を及ぼすかについて雌雄ラットを用い検討した。その結果、雌ラットでは発情周期が一時的ではあるが高圧曝露によって乱され、減圧後に再び正常な4日の発情周期に回復することが明らかとなった。この発情周期の乱れは、本試験研究報告で以前に発表した結果¹¹⁾と同様であり、高圧環境下での種々の要因が深く関与していることが示唆された。通常、この発情周期の乱れに対しては、照明条件、温度、湿度、騒音等様々なストレス性の要因が知られており¹³⁾、圧力もその要因と考えられる。この圧力の程度については明らかでないが、著者らのラットでの5ATA、空気での20回(1回/日)にわたる繰り返し曝露では、このような発情周期の変化はなく、より高い圧力が

発情周期に影響することが推察された。またこのような物理的な影響だけでなく麻酔による排卵の阻害も発情周期の乱れに関与することが知られている。本実験では不活性ガスとしてヘリウムと窒素を用いたが、Thomas (1976)¹⁴⁾のラットを用いた実験では、窒素分圧は12ATA以上、ヘリウム分圧は36ATA以上から麻酔作用のあることが報告されている。したがって、実験Iでの窒素分圧(20~30ATA)では麻酔の影響が十分に考えられ、実験IIのヘリウム分圧(30ATA)でも麻酔作用の可能性が示唆され、発情周期に影響を与えたものとも考えられた。また、高圧曝露後の雌雄ラットの体重が、曝露前と比較して有意に低下しており(表4, 5参照)、視察における圧力環境下での飲水量や摂食行動の低下による体重の減少も発情周期の変化の1つの引き金になったものと推察された。

表 3. 実験 I 及び II の分娩仔 (F1) における繁殖成績

Table 3 Results of reproductive function in F1 generation rats of PROTEUS-VIII & IX.

交配群 Mating group F 1 (parent)(両親)	産仔数 Litter size	雄 Male	雌 Female	分娩仔の性比 Ratio(♂:♀)
実験 I				
PROTEUS-VIII (31-21 ATA, N ₂ -O ₂)				
♀ (31 ATA; ♀, ♂), (n=10) X	12.80 ± 2.15	6.50 ± 2.80	6.80 ± 1.81	(0.956:1.000)
♂ (1 ATA; ♀, ♂) (n= 5)				
		p<0.05		
♀ (1 ATA; ♀, ♂) (n=10) X	11.00 ± 2.55	3.89 ± 1.90	7.11 ± 2.15	(0.547:1.000)
♂ (31 ATA; ♀, ♂) (n= 5)				
		p<0.05		
実験 II				
PROTEUS-IX (31 ATA, He-02)				
♀ (31 ATA; ♀, ♂) (n=10) X	11.88 ± 3.14	6.13 ± 2.03	5.75 ± 3.06	(1.066:1.000)
♂ (31 ATA; ♀, ♂) (n= 5)				
♀ (1 ATA; ♀, ♂) (n=10) X	12.20 ± 1.81	5.70 ± 2.54	6.50 ± 1.58	(0.877:1.000)
♂ (1 ATA; ♀, ♂) (n= 5)				

値は平均値±標準偏差とし、t検定により有意差を求めた。

Values showed mean ± standard diviation and which were compared using Studen's t test.

表 4. 31-21ATA, N₂-O₂実験時の高圧曝露前後における体重の比較

Table 4 Comarison of the body weight of rats between before and after exposed to 31-21ATA, N₂-O₂ in PROTEUS-VIII.

	体 重 曝露前 (個体数) Body weight predive (n)	(g) 曝露後 (個体数) of Rat (g) postdive (n)	
雄ラット (高圧曝露群) (交配群 1 & 3)			
Male rat (exposure to 31-21 ATA) (Experiment group 1 & 3)	318.04 ± 9.36 (10)	288.34 ± 12.80 (5)	p < 0.01
	p < 0.01		
雄ラット (大気圧飼育) (交配群 2 & 4)			
Male rat (exposure to 1 ATA) (Experiment group 2 & 4)	329.74 ± 8.65 (7)	355.18 ± 11.10 (7)	p < 0.01
	p < 0.01		

雌ラット (高圧曝露群) (交配群 1)			
Female rat (exposure to 31-21 ATA) (Experiment group 1)	289.08 ± 31.51 (10)	265.56 ± 25.42 (10)	p < 0.05
	p < 0.01		
雌ラット (高圧曝露群) (交配群 2)			
Female rat (exposure to 31-21 ATA) (Experiment group 2)	283.40 ± 29.73 (10)	260.76 ± 25.27 (10)	p < 0.05
	p < 0.01		
雌ラット (大気圧飼育) (交配群 3 & 4)			
Female rat (exposure to 1 ATA) (Experiment group 3 & 4)	283.48 ± 28.67 (19)	292.18 ± 26.27 (19)	p < 0.01
	p < 0.01		

• 値は平均値±標準偏差

• t検定により有意差を求めた。

Values : Mean ± standard deviation , (n) : Number of rat

Significantly different from values in predive and each the same sex in postdive

: p<0.01, 0.05 by student t test.

表 5. 31ATA, He-O₂実験時の高圧曝露前後における体重の比較
 Table 5 Comparison of the body weight of rats between before
 and after exposed to 31 ATA, He-O₂ in PROTEUS-IX.

	体 重 (g)	
	曝露前 (個体数)	曝露後 (個体数)
	Body weight of Rats (g)	
	predive (n)	postdive (n)
雄ラット (高圧曝露群)		
(交配群 1 & 3)		
Male rat (exposure to 31 ATA)	318.79 ± 11.03 (10)	252.15 ± 12.43 (4)
(Experiment group 1 & 3)		p < 0.01
雄ラット (大気圧飼育)		
(交配群 2 & 4)		
Male rat (exposure to 1 ATA)	325.85 ± 8.14 (10)	370.69 ± 10.77 (10)
(Experiment group 2 & 4)		p < 0.01

雌ラット (高圧曝露群)		
(交配群 1)		
Female rat (exposure to 31 ATA)	257.76 ± 16.42 (10)	232.45 ± 16.15 (10)
(Experiment group 1)		p < 0.01
雌ラット (高圧曝露群)		
(交配群 2)		
Female rat (exposure to 31 ATA)	262.68 ± 25.84 (10)	236.89 ± 16.56 (10)
(Experiment group 2)		p < 0.01
雌ラット (大気圧飼育)		
(交配群 3 & 4)		
Female rat (exposure to 1 ATA)	264.95 ± 20.67 (17)	272.97 ± 20.93 (17)
(Experiment group 3 & 4)		p < 0.01

・ 値は平均値±標準偏差
 ・ t検定により有意差を求めた。
 Values : Mean ± standard deviation. (n) : Number of rat.
 Significantly different from values in predive and each the same sex in postdive
 : p<0.01 by student t test.

このように高圧環境に曝露された場合、雌ラットで発情周期に影響があることが示唆されたが、減圧後の繁殖成績に見られる産仔数や産まれた子供の性出現率に差は認められず、雑種第1代(F1)についても生殖機能に対して顕著な影響は認められなかった。このことは、Kennedy et al. (1975)⁸⁾の雄ラットによる2週齢から12週齢までの長期間に亘る21 ATA, He-O₂環境での曝露でも、体重の減少、副生殖腺の重量低下が認められたが下垂体や副腎の重量には対照群と有意差はなく、組織学的にも明らかな異常は認められなかったとの報告を示唆する結果となった。しかし、Brennan et al. (1973³⁾, 1974⁴⁾)のマウスでの実験では、4 ATAと7 ATAの空気環境で28日間飼育した場合、産仔数の低下並びに雌が多く産まれたとの報告や、Baden et al. (1982)¹⁾の雄のマウスを50 ATA, He-O₂環境に24時間、週2回、5週間にわたって繰り返し曝露した場合には、対照群に比べて妊娠率及び産仔数が低下したとの報告もある。また、Værnes et al. (1985)¹⁶⁾は飽和潜水間隔によって

は中枢神経系への障害の可能性も示唆している。このことに対してCurley (1988)⁶⁾は否定的な見解を示しているが、減圧後数日間にわたって視力ならびに活動量に影響が見られると報告している。また、航空宇宙の分野では、高重力に曝露されるパイロットやアストロノートの家族には男の子が少なく、繁殖機能に影響があるとの報告もある⁹⁾。このように、大気圧環境から異常環境への曝露では、環境変化の程度、また曝露条件によって精子や卵子への影響だけでなく、性ホルモンの内分泌調節機構への影響から生殖機能に対しての影響も考えられ、今後は圧力並びに各種ガス分圧の影響だけでなく、曝露期間や曝露間隔、方法についても更に検討する必要性があるものと考えられる。

参 考 文 献

1) Baden J. M., Dore C. J., Green C. J., Monk S., Halsey M. J. and Bridget Wardley-Smith: Reduction in fertility of male mice after exposure to high environ-

- mental pressure, J. Appl. Physiol.: Environ Exercise Physiol, Vol. 53 No. 5, pp.1207-1212, (1982)
- 2) Bennett P. B. and Elliott D. H., The physiology and Medicine of diving (3rd Ed.), Balliere Tindall, London, 570 P, (1982)
 - 3) Brennan D.M.A. and Brumleve S. J., Alteration of offspring sex ratios in mice after air dives to an equivalent of 198 feet seawater. Proc. N. Dakota Acad. Sci. Vol. 27 No. 1, 5. (1973)
 - 4) Brennan D.M.A. and Brumleve S. J., Sex ratios of laboratory rodents exposed to hyperbaric N₂-O₂. Aerospace medical association. Preprints, 1974 annual scientific meeting. pp.199-200. (1974)
 - 5) Claybaugh J. R., Matsui N., Hong S.K., Park Y. S., Nakayama H. and Shiraki K.: Seadragon N: a 7-day dry saturation dive at 31 ATA III Alteration in basal and circadian endocrinology. Undersea Biomed. Res. Vol. 14 No. 5, pp. 401-411, (1987)
 - 6) Curley M. D.: U. S. Navy saturation diving and diver neuropsychologic status. Undersea Biomed. Res. Vol. 15 No. 1, pp. 39-50, (1988)
 - 7) Edmonds C., Lowry C. and Pennefather J., Diving and Subaquatic Medicine (2nd Ed.), Diving Medical Centre, Australia, 571 P, (1981)
 - 8) Kennedy C. J., Boelkins J. N. and Matthies D. L. 1975. Effect of long-term hyperbaric He-O₂ exposure on endocrine function of rats. Aerospace medical association. Preprints, 1975 annual scientific meeting. pp.117-118. (1975)
 - 9) Little B. B., Rigsby C. H. and Little L. R., Pilot and astronaut offspring: Possible G-force effects on human sex ratio. Aviat. Space Environ. Med. Vol.58, pp. 707-709. (1987)
 - 10) Seki K.: Polygraphic study of divers' sleep in a hyperbaric environment (11-31 ATA, He-O₂). Hyperbaric Medicine and Underwater Physlg, pp.141-163, Shiraki K, and S. Matsuoka (Eds.), Program Committee of III UOEH Symposium, (1983)
 - 11) 他谷 康・中野正美・水嶋康男・設楽文朗・関邦博・中山英明：高圧環境 (31 ATA, He-O₂) 曝露後のラットの繁殖機能。JAMSTECTR, 8, 103-111, 1982.
 - 12) 他谷 康・設楽文朗・中野正美・関 邦博・中山英明：300 m (31 ATA) への He-O₂ での加圧時におけるダイバーの自覚症状, Annals Physiol. Anthropol. Vol.4, No. 2, pp.169-174, (1985)
 - 13) 田嶋嘉雄：実験動物学-総論-, 朝倉書店, 366 p, (1970)
 - 14) Thomas J. R.: Reversal of nitrogen narcosis in rats by helium pressure. Undersea Biomed. Res. Vol. 3 No. 3, pp.249-259, (1976)
 - 15) 富安和徳・竹内久美・設楽文朗・中山英明：高圧He-O₂環境滞在者の夜間多尿と水について, Annals Physiol. Anthropol. Vol. 4 No. 2, pp.163-167, 1985.
 - 16) Vaernes R. J., Tønjum S. and Kløve H.: After-effects of heliox dive to 350 msw. Supplement, Undersea Biomed. Res. Vol. 12 No.1, pp. 59. (1985)
 - 17) 山口仁士, 菊地秀治・榎原正実・設楽文朗・榎木暢雄・毛利元彦：ダイバーのフィンキックによる常用推進力について(第2報)。JAMSTECTR, No.19, pp.157-163. (1988)

(原稿受理 1988年5月11日)