

実験動物の致死高度について

東京女子医科大学法医学教室 (主任: 吉成京子教授)

藤 原 弘
フジ ワラ ヒロシ

(受 付 昭 和 35 年 6 月 10 日)

緒 言

酸素欠乏は高々度では重大な危険であつて、これによつてひきおこされる障害はいろいろである。これらの障害は、倦怠、嗜眠、ついで頭痛、全身異和感で始まるが、時には正反対に恍惚感ではじまることもあるといわれている。

結局、気圧の低下は呼吸体制が徐々に過換気に移行し、ついには無呼吸期があらわれ、呼吸停止という決定的なものとなる。

これらは、航空生理、病理より幾多の研究がなされているが、実験動物の純粋品種別の致死高度については追求されていない。

酸素分圧の減少によつて起る過程を精細に分析するについても、現在われわれが使用している実験動物の致死

高度を知る必要がある。

また致死高度は季節によつても異なるものであり、今回は主として夏期の致死高度について報告する。

実験材料および実験方法

実験材料：マウス (d d N系およびC₅₇ black 系)、ラット (Wistar 系)、ウサギ (日本白色種系)、モルモット (雑系) イエネズミ、ネコなどである。

マウス、ラット、モルモット、ウサギはいずれも購入後、オリエンタルの固型飼料だけで飼育し、給水は充分にした。

尙実験には雌雄のいずれも使用し、これらはまた年令差の影響をみるため、成熟したもの、幼令のもの、あるいは初生仔の3段階を選んだ。

実験方法：航空医学実験隊に設置されている医学用低

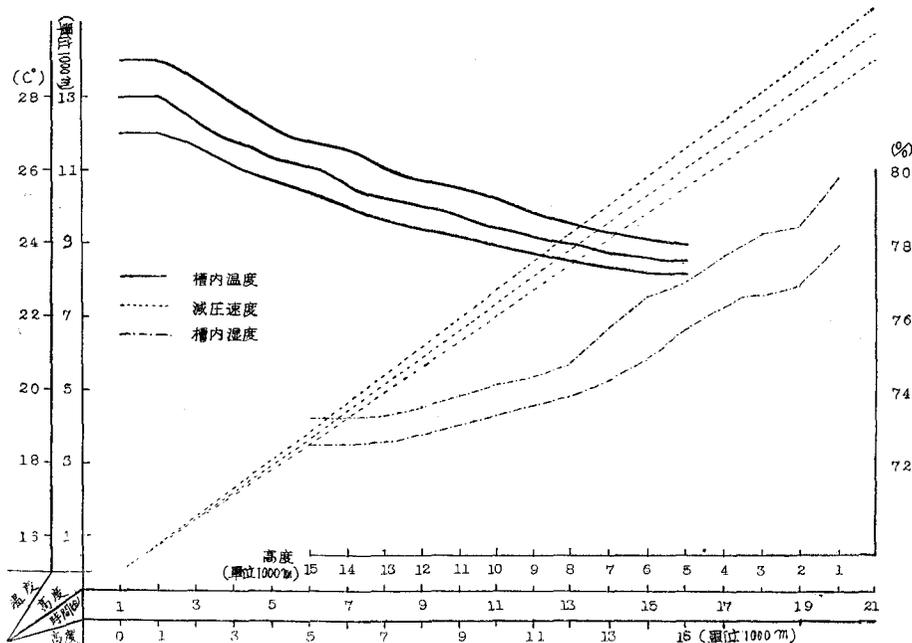


図1 実験条件

Hiroshi, FUJIWARA (Department of Legal Medicine, Tokyo Women's Medical College) : On the lethal altitude of some experimental animals.

圧温槽（以下低圧タンクと略す）を使用した。

実験は春夏秋冬の各季節別におこなったが、致死高度は、低圧タンク内の温度、湿度、減圧速度により変化するように思われるので、本報告の夏期実験は図1に示すようにそれぞれ異なつた日に3回にわたり行った。

すなわち、図1に示すように、一番下側の横軸に高度をとり、同じくつぎの中間の横軸に減圧経過の時間をとると、減圧速度（上昇速度）は3つの点線に示したようにおよそ毎分900~1,000mである。

またタンク内の温度変化は、一番下側の横軸に高度、左側縦軸に温度をとると、0m時には27.0~29.0°Cのものが高度上昇にともない下降に傾くことがわかる。なお湿度の経過は、一番上側横軸に高度を、右側縦軸に湿度を目盛ると、高度上昇にしたがい湿度の下降することがわかる。

低圧タンクに入れる動物は、観察に便利のように小分してケージに入れ、あらかじめ体軀に色彩の印をつけ、低圧タンクの各観察窓から注視しながら死亡をみとける方法をとつた。この際、オハレーターは500mもしくは1,000m毎に高度読みし、それを各観察者に伝達しながら各観察者は死に至るまでの症状を記録した。

減圧してゆくといろいろな症状を呈するが、動物が苦悶状態から転倒、跳躍、Cheyne-Stockes型呼吸からさらに完全に無呼吸様相で動かなくなり、体および四肢に痙攣が起り、その後、四肢を開張し、強直状態となる。

死亡判定基準は、呼吸停止後全身が動かなくなる時期をもつてした。

家 験 成 績

1) 成熟マウス（d d N系）の致死高度

健康成熟、体重11.0~13.0gのもの28頭を用いた夏期の実験では、図2に示すように致死高度範囲約11,600~14,000m（154.~105.8mmHg）であつた。

度数分布で12,600~13,000m（131.9~123.8mmHg）が一番多く、ついで13,600~14,000m（112.2~105.8mmHg）、11,600~12,000m（154.4~144.9mmHg）、13,100~13,500m（121.9~114.4mmHg）の順であつた。これらの平均致死高度を求めると約12,800m（127.8mmHg）である。

なお、春秋の実験は、致死範囲がせまくなるが、平均致死高度は同様な値である。冬期は約500m程度増高しているように思われる。

2) 成熟マウス（C₅₇ black系）の致死高度

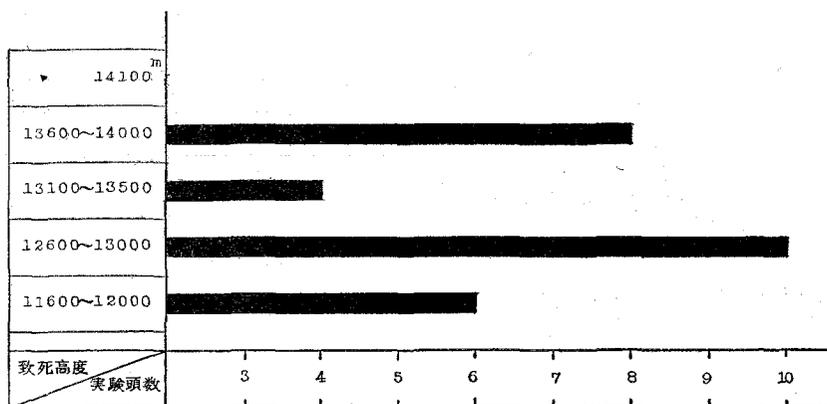


図2 マウス（d d N系）の致死高度 体重11.0g~13.0g群

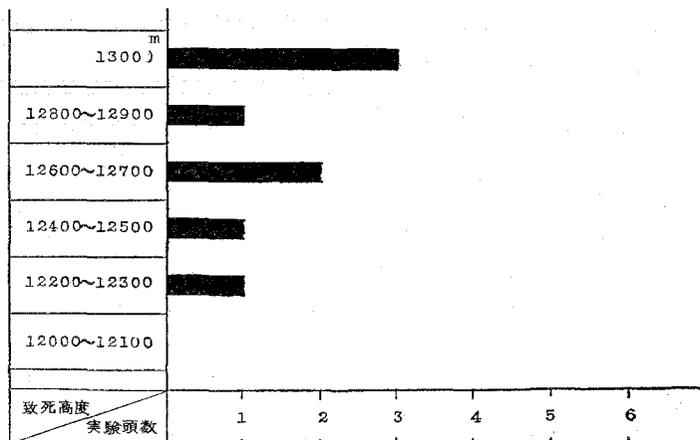


図3 マウス（C₅₇ black系）の致死高度 体重9.0~11.0g群

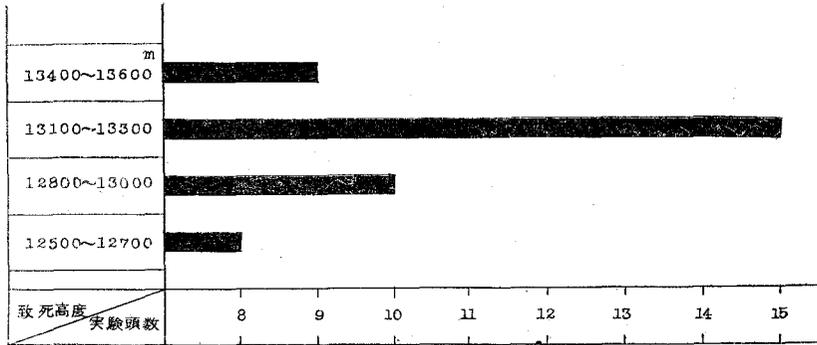


図4 成熟ラットの致死高度 体重150~250g群

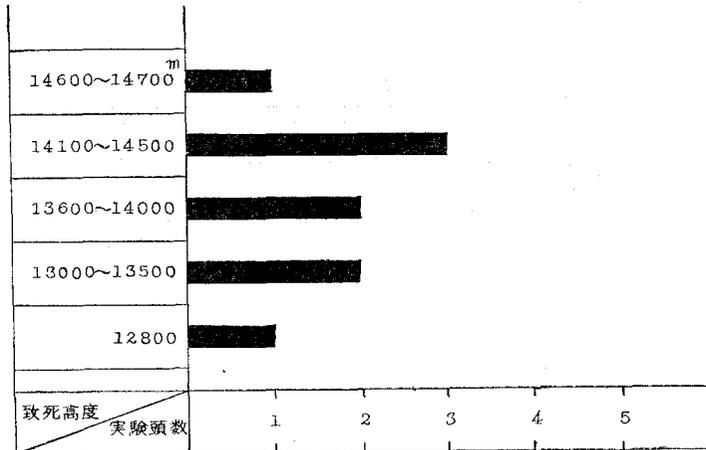


図5 成熟モルモットの致死高度 体重350~450g群

これは例数が少く、正確なことを推定できないが、図3に示すとおりである。

この種のマウスはd d N系のもよりも低圧負荷中にさらされたが、平均致死高度はd d N系と同様12,800m (127.8 mmHg) であつた。

3) 成熟ラット (Wistar 系) の致死高度

成熟したラット体重150~250gの♂42頭を使用した。この成績は図4に示すように13,100~13,300m (121.9~118.1 mmHg) が一番多く、最高致死高度は13,600m (112.6 mmHg) であつた。

平均致死高度を求めると12,600m (131.9 mmHg) である。

4) 成熟モルモットの致死高度

今回の夏期実験では実験例が少なく、正確な高度をつかめないが、体重350~450gの9頭の成績は図5に示すように14,100~14,500m (104.1~97.7 mmHg) が3例、13,600~14,000m (112.6~105.8 mmHg)、13,000~13,500m (123.8~114.4 mmHg) が各2例、14,600~14,700m (96.2~94.7 mmHg)、12,800m (127.8 mmHg) が各1例であつた。平均致死高度を求めると、13,900m (107.4 mmHg) である。

5) 成熟ウサギ (日本白色種系) の致死高度

2kg 前後の成熟ウサギ25頭の致死高度は、14,100~14,500m (104.1~97.7 mmHg) が8例で一番多く、ついで12,600~13,000m (131.9~123.8 mmHg) が5例、13,100~13,500m (121.9~114.4 mmHg) が4例、13,600~14,000m (112.6~105.8 mmHg)、12,100~12,500m (142.7~133.9 mmHg) が各3例、11,600~12,500m (142.7~133.9 mmHg) が各3例、11,600~12,000m (154.4~144.9 mmHg) が2例であつた。これの平均致死高度は13,700m (110.9 mmHg) である。

春秋の致死高度決定の実験においては14,000m (105.8) が一番多かつたが平均すると本成績と同様な高度であつた。

6) 幼若イエネズミの致死高度

われわれが通常実験に供しているマウスあるいはラットと比較して致死高度が相違するかなんかを検討しようと考え、捕獲し得た体重11.0~12.5g 6頭について実験してみると、ほとんどが致死高度は12,600~13,000m (131.9~123.8 mmHg) であつた。この成績は図7に示す通りである。

8) 幼若マウス (d d N系) の致死高度

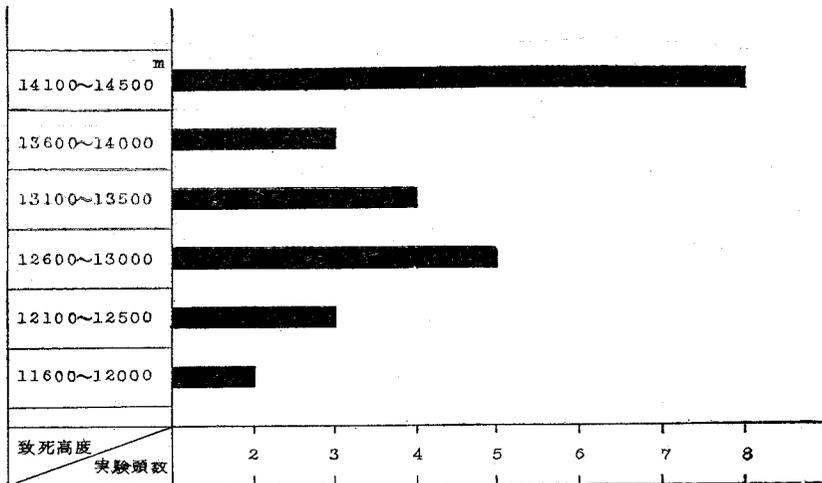


図6 成熟ウサギ (日本白色種系) の致死高度 体重1900~2300 g 群

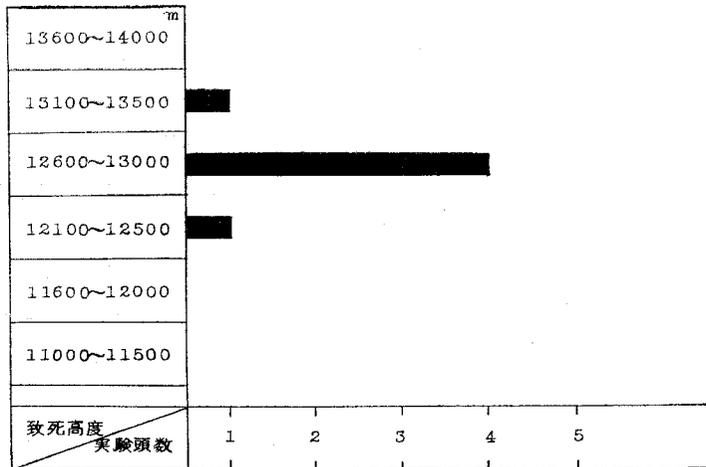


図7 幼若イエネズミの致死高度 体重11.0~12.5 g 群

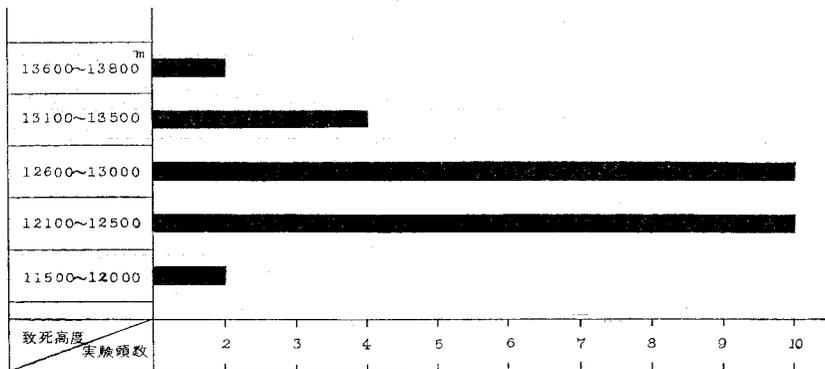


図8 幼若マウス (d d N系) の致死高度 体重5.0~8.0 g

日令40日程度の体重5.0~8.0gのマウス28頭を実験に供した。図8に示すように大半は12,100~12,500m (142.7~133.9 mmHg) と12,600~13,000m (131.9

~123.8 mmHg) に集まり、平均して約10,800m (175.1 mmHg) であつた。

この成績は成熟マウスより2,000m致死高度が低い

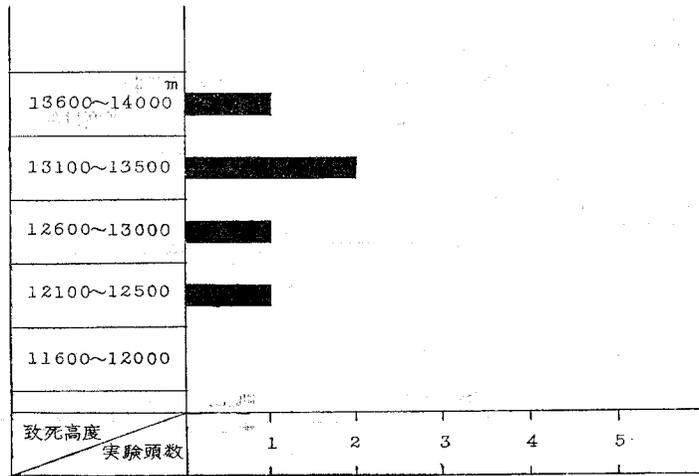


図9 幼若ウサギ（日本白色種系の致死高度 日令45~50日，体重900~1000g群

が，季節別にはまだ実験成績を得ていないので今後検討を加えたい。

8) 幼若ウサギ（同腹仔）の致死高度

2頭の母兔より生まれた合計5頭（自家繁殖），月令45~50日，体重950g前後の幼若ウサギの致死高度は，13,100~13,500m (121.9~114.4 mmHg) が2例，12,100~12,500m (142.7~133.9 mmHg)，12,600~13,000m (131.9~123.8 mmHg)，13,600~14,000m (112.6~105.8 mmHg) が各1例であつた。平均すると11,300m (161.9 mmHg) であつた。

この平均致死高度は成熟ウサギのそれより2,400m低い高度であつた。

9) ネコの初生仔の致死高度

生後8日目，まだ陰裂がひらかない初生仔8頭の夏期実験では，15,000m (90.3 mmHg) に30分滞留しても死亡しなかつた。そこで15,000mから0mに下降し，かなりの時間が経過し，再び15,000mに上昇，滞留すること5分で死亡した。また同様に生後4日目の同腹仔3頭では15,000m滞留50~55分で死亡した。したがってネコの初生仔の致死高度は15,000m以上で，しかも15,000m高度に50分前後の生存は可能と思われる。

10) ウサギの初生仔の致死高度

生後3日目の嬰仔3頭の致死高度もネコの初生仔同様15,000m以上であることにまちがいなく，15,000mに30分滞留させても死亡しなかつた。しかし15,000m高度では体動不活発であり，腹部膨大の状態が明瞭であつた。

11) ラットの初生仔の致死高度

ウサギの初生仔と同様生後3日目のもの5頭を使用した。毎分900~1,000mの減圧速度で15,000mに到達しても死亡しない。15,000m相当高度に30分滞留させると全例腹部膨大し，弱つた様相であつたが，これを0

mに下降させると間もなく活動は活発になつた。

考 按

生体が何等の保護を有せず急速に高々度に達する場合どの程度の高度が致死線であるかは，航空医学上，上空耐性の研究として数多くの研究がなされている。

名取ら¹⁾は上空耐性の練成の研究として，生後30日のマウスの危険圧は，高度をもつてあらずとほぼ13.0~13.1kmであり，これが低圧訓練により14.6kmにまで増高したことを報告している。中村ら²⁾は13.0~15.0gのマウスを1分間300の速度で減圧し，2,000m，5,000m，8,000mの各高度に10分間滞留させ，その上空耐性に及ぼす影響をみているが，そのときの致死気圧は105.8 mmHg (14,000m) であつたと報じている。

これらは私の実験より少し高度が高いが，湿度や季節的な変化は明記していない。九里³⁾はマウス，ラット，ネコ，ウサギの新生仔の上空耐性が極めて強いことを確認している。マウスは10 mmHg，10分で死亡しないし，ラットは15 mmHg，9分30秒でも死亡しない。ネコは20 mmHg，10分では死亡せず，ウサギが6 mmHg，6~10分で死にいたらないと報告している。また体重2kg以上のウサギの場合平均致死高度は12,500mであるという。

これらの報告は，私の実験と条件の差異はあるがおおむね一致するところである。

また九里⁴⁾は低圧環境における温度と上空耐性の問題を研究し，致死高度はマウスの場合，25~27°Cでは161.9 mmHg (11,300m)，15~18°Cでは105.8 mmHg (14,000m)，0°Cの場合は80.6 mmHg (15,300m) であるという。

致死高度の決定には温度という因子が重要なことは論をまたないが，湿度も重要な因子と思われる。中山⁵⁾は低酸素分圧耐性の研究において，耐性は季節に伴つて変

化し、冬季に高く、夏季には低い。しかし冬季にラットを約2ヶ月間高温環境に飼育しても、耐性は夏季型値に移行しないといつている。致死高度決定の研究において私は季節的变化に着目し、春夏秋冬の実験を試み、少数例ではあるが大体の致死高度を見出した。

吉村⁶⁾は各種実験動物の症状発生期の気圧高度および致死期を報告しているが、特に初生動物の致死高度が成熟したものに比較して極めて高いことを強調している。

しかし、飼育条件や実験上の温度並びに湿度との関係、一年を通じての致死高度の動きについては、明確な研究がされていない。私の実験において夏と冬の致死高度の差は顕著であるが春夏の致死高度は夏とほとんど変化がなかった。

結 論

低圧タンクを使用し、夏期における各種実験動物の成熟幼若および新生仔の致死高度を検し次の結果を得た。

1. 成熟マウス、ラット、モルモット、ウサギなどの

平均致死高度は13,000 m前後であった。

2. 幼若マウス、ウサギなどの致死高度は成熟のものより2,000 mほど低いようであった。

3. 新生仔の致死高度は極めて高く、ネコ、ウサギ、ラットなどいずれも15,000 m以上であった。

終りに臨み御校閲をいただいた吉成京子教授に深甚なる謝意を表するとともに、終始御指導と御便宜をいただいた航空医学実験隊長大島正光先生、低圧実験班長渡辺彦憲先生ならびに低圧実験班員に深謝いたします。

文 献

- 1) 名取礼二・島崎 賢・長村不二男・矢作光美：
航空医学 2 51 (1944)
- 2) 中村 弘，九里正一：航空医学 2 57 (1944)
- 3) 九里正一：航空医学 2 59 (1944)
- 4) 九里正一：航空医学 2 61 (1944)
- 5) 中山寿孝：四国医誌 13 71 (1958)
- 6) 吉村玄三：軍医刊誌 331 1513 (1940)