

# 「登山の生理学的研究」

## 凍死の研究 II

石 黒 国 雄

1. 序
2. 実験方法
3. 実験Ⅰ 四季の変化と凍死の関係について
4. 実験Ⅱ 適温飼育(20℃)マウスの飼育日数の経過と凍死の関係について。
5. 実験Ⅲ 寒冷飼育マウスの脱順化について
  - 5.1. 寒冷(10℃)に1日間飼育したマウスの脱順化について。
  - 5.2. 寒冷(10℃)に3日間飼育したマウスの脱順化について。
  - 5.3. 寒冷(10℃)に5日間飼育したマウスの脱順化について。
  - 5.4. 寒冷(10℃)に7日間飼育したマウスの脱順化について。
  - 5.5. 寒冷(10℃)に10日間飼育したマウスの脱順化について。
  - 5.6. 寒冷(10℃)に14日間飼育したマウスの脱順化について。
6. 実験Ⅳ 身体トレーニングが凍死に与える影響について。
7. 総 括

### 1 序

凍死という現象を生理学的な一面から考察してみると、通常においては寒冷などのストレス(ストレス作因)に対して、我々の体内でそれに対抗する変化、すなわち各種のストレス反応(防衛反応または適応反応)がおこり、我々の体を防衛し、恒常性が保持されているものと考えられる。そしてこのような体内の変化の総体、すなわちストレス症状群は神経系と内分泌系(ホルモン系)が特別に重要な役割を演じ

ストレス中での抵抗を保持するものと推察される。

もしこのような寒冷のストレスが強度な場合は、内的な防衛反応の機序がくずれ、恒常性が保たれなくなり凍死という現象がおこるものと考えられる。

従って本研究では寒冷に対するストレス反応として、生体内部では間脳、脳下垂体、副腎皮質が連絡をとりながら一連の役割を果たしているものと推察されるので、その中でも中心の働きをなす副腎をとりあげ、寒冷ストレスに対する内部変化を究明し、凍死を防止する一助とする目的で本研究をおこなった。

現在までに紀要第1号、凍死の研究Ⅰにおいて、一つは凍死を防止するための寒冷に対する抵抗性について、温度差飼育(10℃, 20℃, 30℃)が凍死に与える影響、低温飼育(10℃, 5℃)における飼育日数の経過と凍死の関係、温度差飼育(20℃, 10℃)における身体トレーニングの影響などについて検討すると同時に、今一つは凍死を促進させる条件の研究として、低温下(零下20℃)における風の影響や水ぬれの影響、身体運動負荷の影響、体表の1部の毛を除去した場合の影響などについて、マウスをもちいて実際に凍死させ、そのときの凍死時間や副腎の重量、副腎のプレパラートの作製による組織の比較をおこなってきた。

今回は更に引続いて主として凍死の予防法である、寒冷に対する抵抗性について、基本的な問題である四季の変化や、飼育日数の経過が凍死に与える影響や、寒冷飼育によってできた抵抗性がどのように脱順化してゆくかについて、マウスをもちいて実際に凍死させ、凍死時間や副腎重を計測して比較検討した。

## 2 実験方法

### 2.1. 実験に使用したマウス及び飼料

40日飼育及び20日飼育の実験用 d d 系，雄マウスをもちい，飼育状態を統一するために1週間，20℃で飼育したのち実験をおこなった。

飼料は日本クレア株式会社製，マウス飼育用固型完全配合飼料をもちいた。

### 2.2. 実験年月日

1967年1月10日より1968年1月10日まで

### 2.3. 実験器具及び装置

#### 2.3.1. バタリー育雛器

温度差飼育をするためにゼンケイ園製のバタリー育雛器をもちいた。バタリー育雛器は外気温より高い20℃，30℃の恒温状態が得られるために実験にもちいた。

#### 2.3.2. 低温恒温室

10℃，5℃などの低温飼育をするために，実験室に三菱製冷凍装置と電熱器を取付け，サーミスターによって一定の温度が得られる部屋を試作して実験にもちいた。

#### 2.3.3. 冷凍ショーケース

マウスを凍死させるために，三菱性冷凍ショーケースをもちい，庫内温度を零下20℃にして使用した。

#### 2.3.4. マウス個別飼育箱

マウスを個別に飼育するために鉄製の個別飼

育箱を試作して使用した。

#### 2.3.5. マウストレーニング用トレッドミル

マウスをトレーニングさせる目的でトレッドミルを試作して使用した。走行スピードは，20m/min，24m/min，28m/min の3段階が得られるようにプーリーで調整できるようにした。

#### 2.3.6. トーションバランス

副腎の重量を計測するためにトーションバランスをもちいた。

## 3 実験 I

### 四季の変化と凍死の関係について

四季による気候（気温，湿度など）の変動に伴い，我々の生体内でもそれからの環境の変化に適応するために，その季節，季節で様々な変化，すなわちストレス反応がおこり恒常性が保持されているものと推測されるので，四季の変化と凍死の関係について実験をおこなった。

実験には40日飼育の d d 系，雄マウスをもちい，条件を統一するためにマウスの適温飼育としての20℃に1週間飼育した後，零下20℃の冷凍ショーケースに入れて凍死させ，そのときの凍死時間，副腎の重量を計測して比較した。

結果は表1，図1のとおりである。

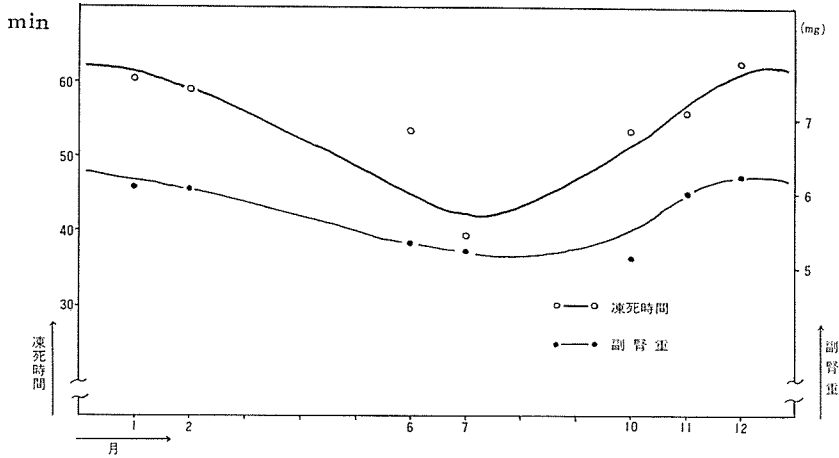
表1 四季の変化と凍死の関係

| 月   |           | 1      | 2      | 6      | 7      | 10     | 11     | 12     |
|-----|-----------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 項目  | N         | 34     | 28     | 42     | 42     | 28     | 21     | 28     |
|     | $\bar{X}$ | 60'22" | 59'12" | 53'42" | 39'16" | 53'16" | 55'40" | 62'27" |
|     | $\sigma$  | 11.09' | 9.54'  | 4.30'  | 6.40'  | 3.36'  | 2.26'  | 4.80'  |
|     | (min)     |        |        |        |        |        |        |        |
| 副腎重 | N         | 34     | 28     | 42     | 42     | 28     | 21     | 28     |
|     | $\bar{X}$ | 6.12   | 6.10   | 5.32   | 5.24   | 5.10   | 6.00   | 6.25   |
|     | $\sigma$  | 0.63   | 0.45   | 0.43   | 0.32   | 0.48   | 0.36   | 0.47   |
|     | (mg)      |        |        |        |        |        |        |        |

凍死時間について考察すると12月の平均62分27秒，1月の60分22秒，2月の59分12秒と冬が最も延長し，7月の平均39分16秒と夏が最も短縮する結果を得た。

副腎重について考察すると，12月の平均6.25mg，1月の6.12mg，2月の6.10mgと冬の季節が最も増加の傾向を示し，6月の平均5.32mg，7月の5.24mg，10月の5.10mgと春から夏，秋にか

図1. 四季の変化と凍死の関係



けて軽減する傾向を示し、凍死時間と同様の結果を得た。従って生体内では季節の変動に対して、年間の周期が形成されて適応しているものと推測される。

#### 4 実験 II

##### 適温飼育 (20 °C) マウスの飼育日数の経過と凍死の関係について

生体の成育過程において、形態的な身長や体重などについても、その発育は日とともに一樣に増加するものではないことは明らかなことである。ことに機能的な面である各種の能力や抵抗性などについても勿論、同様に発達するもの

ではないと推察される。そこで今度はその一つである寒冷刺激に対する抵抗性がどのようにで、どのように変化してゆくかについて飼育日数の経過との関係をみるために実験をおこなった。

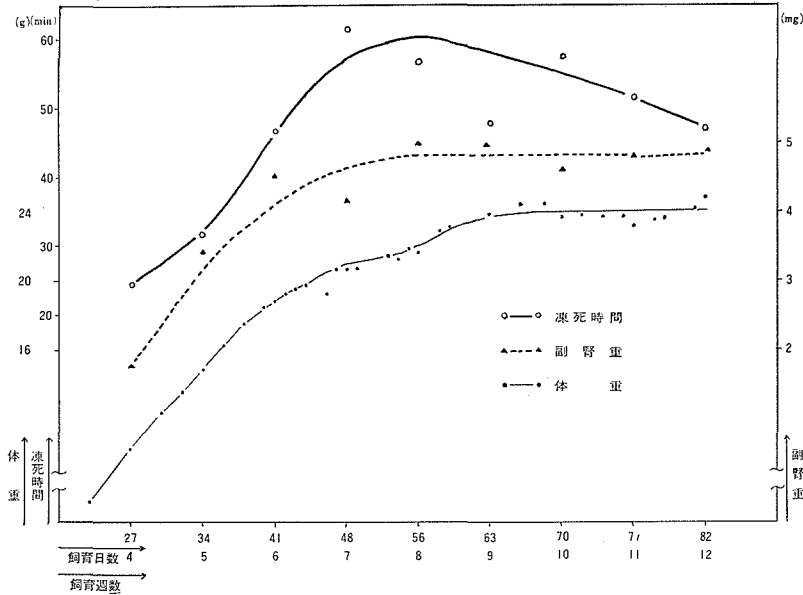
実験は20日飼育のd d系、雄マウスをもちい庫内温度をマウスの適温飼育での20℃に保持したバタリー育雛器で飼育し、1週間毎に5～6匹づつ取り出し零下20℃の冷凍ショーケースに入れて凍死させ、そのときの凍死時間、副腎の重量を計測して比較した。また、生体重は午前10時に、飼料を与える前に計測した。

結果は表2、図2のとおりである。

表2 適温飼育 (20℃) マウスの飼育日数の経過と凍死の関係

| 飼育週数<br>飼育日数  |           | 4      | 5      | 6      | 7      | 8      | 9      | 10     | 11     | 12     |
|---------------|-----------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 項目            |           | 27     | 34     | 41     | 48     | 56     | 63     | 70     | 77     | 82     |
| 凍死時間<br>(min) | N         | 8      | 5      | 5      | 6      | 5      | 5      | 5      | 5      | 6      |
|               | $\bar{X}$ | 24'45" | 31'44" | 46'08" | 61'30" | 56'54" | 47'56" | 57'54" | 51'26" | 47'03' |
|               | $\sigma$  | 4.7'   | 3.5'   | 7.2'   | 8.2'   | 7.6'   | 9.3'   | 7.6"   | 11.3'  | 9.7'   |
| 副腎重<br>(mg)   | N         | 8      | 5      | 5      | 6      | 5      | 5      | 5      | 5      | 6      |
|               | $\bar{X}$ | 2.81   | 3.92   | 5.02   | 4.68   | 5.50   | 5.74   | 5.14   | 5.30   | 5.40   |
|               | $\sigma$  | 0.46   | 1.02   | 0.63   | 0.70   | 0.53   | 0.62   | 0.62   | 0.36   | 1.10   |

図2. 適温飼育(20℃)マウスの飼育日数の経過と凍死の関係



形態発育の1つである体重の増減について考察すると、生後6週までは(4週と5週では平均4.47g, 5週と6週では4.01gの増加)直線的に急激な増加を示し、6週から7週にかけて平均1.69gとゆるやかな増加を示し、7週から8週にかけては平均1.02gと一次的にほとんど発育が停止し、8週から9週にかけて平均2.32gと再びやや急激な増加を示し、10週以降は発育が停止し成熟する結果を得た。

凍死時間について考察すると生後4週から5週にかけて体重(形態的な面)の急激な発育を示す時期の凍死時間の延長は平均7分とやや緩慢な延長を示すのに対し、体重の増加のゆるやかになる5週から7週にかけて平均30分の急激な凍死時間の延長を示し、7週目をピークに以後減少する結果を得た。

副腎重について考察すると4週から5週にかけては1.11mgとややゆるやかな増加を示し、5週から6週にかけては2.00mgと急激な増加を示し以後ステージ状態を保つ結果を得た。

従って形態的な発育の盛んな4週~5週にかけての成長期には寒冷に対する抵抗性(ストレス反応)は緩慢な発達を示し、形態的な発育のゆるやかな6週~7週にかけての充実期に急激

に増加するものと推測される。

## 5 実験 III

### 寒冷飼育マウスの脱順化について

紀要Iにおいて寒冷飼育をしたマウスが飼育日数の経過につれて、寒冷に対する抵抗性ができる結果を報告したが、今回はその寒冷飼育によってできた抵抗性がどのように脱順化してゆくかについて、特に寒冷飼育日数と脱順化の関係を明らかにするために実験をおこなった。

実験は40日飼育d d系、雄マウスをもちい、飼育状態を統一するために1週間、20℃の適温で飼育した後、実験群として半数のマウスを低温飼育としての10℃に、1日、3日、5日、7日、10日、14日間飼育した後、再び適温飼育としての20℃に返して、0日目より順次5~7匹ずつを取り出し、零下20℃の冷凍ショーケースに入れて凍死させ、そのときの凍死時間、副腎の重量などを対象群である、20℃適温飼育マウスと比較した。

結果は表3、表4、表5、表6、表7、表8、図3、図4、図5、図6、図7、図8のとおりである。

表3 寒冷(10℃)に1日間飼育したマウスの脱順化について

| 項目<br>経過<br>日数 | 実 験 群         |           |          |            |           |          | 対 象 群         |           |          |            |           |          |
|----------------|---------------|-----------|----------|------------|-----------|----------|---------------|-----------|----------|------------|-----------|----------|
|                | 凍 死 時 間 (min) |           |          | 副 腎 重 (mg) |           |          | 凍 死 時 間 (min) |           |          | 副 腎 重 (mg) |           |          |
|                | N             | $\bar{X}$ | $\sigma$ | N          | $\bar{X}$ | $\sigma$ | N             | $\bar{X}$ | $\sigma$ | N          | $\bar{X}$ | $\sigma$ |
| 0日目            | 5             | 68'14"    | 5.1'     | 5          | 5.40      | 0.40     | 5             | 52'48"    | 8.8'     | 5          | 4.46      | 0.84     |
| 1日目            | 5             | 53'02"    | 5.3'     | 5          | 4.84      | 0.77     | 5             | 56'12"    | 5.1'     | 5          | 4.66      | 1.01     |
| 2日目            | 5             | 54'40"    | 6.1'     | 5          | 5.00      | 0.92     | 5             | 59'52"    | 11.0'    | 5          | 4.74      | 0.61     |

図3 寒冷(10℃)に1日間飼育したマウスの脱順化について

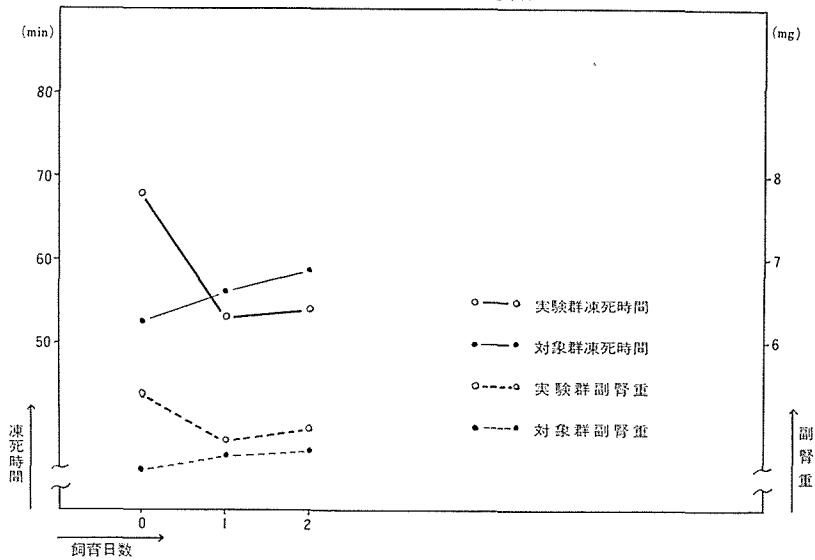


表4 寒冷(10℃)に3日間飼育したマウスの脱順化について

| 項目<br>経過<br>日数 | 実 験 群         |           |          |            |           |          | 対 象 群         |           |          |            |           |          |
|----------------|---------------|-----------|----------|------------|-----------|----------|---------------|-----------|----------|------------|-----------|----------|
|                | 凍 死 時 間 (min) |           |          | 副 腎 重 (mg) |           |          | 凍 死 時 間 (min) |           |          | 副 腎 重 (mg) |           |          |
|                | N             | $\bar{X}$ | $\sigma$ | N          | $\bar{X}$ | $\sigma$ | N             | $\bar{X}$ | $\sigma$ | N          | $\bar{X}$ | $\sigma$ |
| 0日目            | 5             | 73'48"    | 13.3'    | 5          | 5.21      | 0.27     | 5             | 54'45"    | 9.1'     | 5          | 4.64      | 0.65     |
| 1日目            | 5             | 55'48"    | 9.1'     | 5          | 4.63      | 0.80     | 5             | 53'26"    | 7.2'     | 5          | 4.80      | 0.60     |
| 2日目            | 5             | 62'10"    | 7.9'     | 5          | 5.48      | 0.53     | 5             | 56'59"    | 6.3'     | 5          | 4.96      | 0.29     |
| 3日目            | 5             | 56'15"    | 8.4'     | 5          | 5.13      | 0.48     | 5             | 58'36"    | 7.2'     | 5          | 5.00      | 0.43     |
| 4日目            | 5             | 60'05"    | 9.6'     | 5          | 5.12      | 0.58     | 5             | 58'11"    | 8.6'     | 5          | 5.03      | 0.63     |

図4. 寒冷(10℃)に3日間飼育したマウスの脱順化について

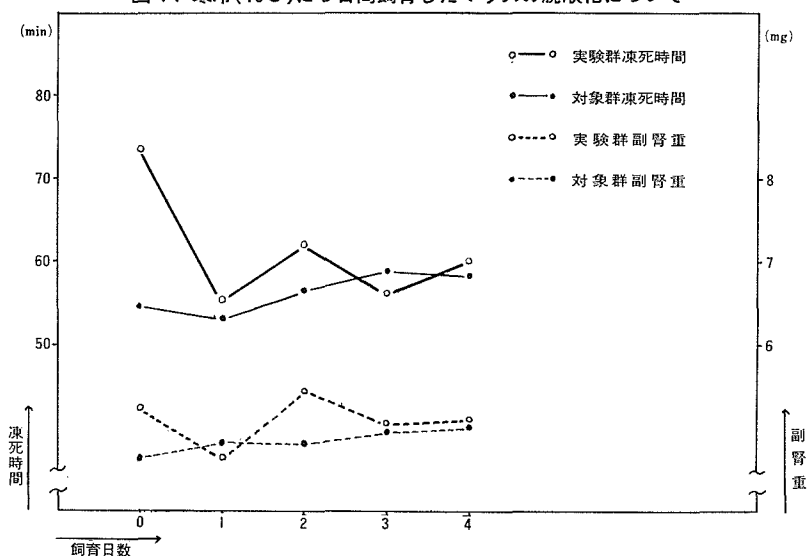


表5 寒冷(10℃)に5日間飼育したマウスの脱順化について

| 項目<br>経過日数 | 実験群        |           |          |          |           |          | 対象群        |           |          |          |           |          |
|------------|------------|-----------|----------|----------|-----------|----------|------------|-----------|----------|----------|-----------|----------|
|            | 凍死時間 (min) |           |          | 副腎重 (mg) |           |          | 凍死時間 (min) |           |          | 副腎重 (mg) |           |          |
|            | N          | $\bar{X}$ | $\sigma$ | N        | $\bar{X}$ | $\sigma$ | N          | $\bar{X}$ | $\sigma$ | N        | $\bar{X}$ | $\sigma$ |
| 0日目        | 5          | 79'14"    | 13.5'    | 5        | 5.64      | 0.49     | 5          | 59'06"    | 10.7'    | 5        | 5.04      | 0.91     |
| 2日目        | 5          | 79'30"    | 18.1'    | 5        | 6.24      | 0.44     | 6          | 62'20"    | 9.5'     | 6        | 5.52      | 0.67     |
| 3日目        | 5          | 67'10"    | 9.4'     | 5        | 5.70      | 0.46     | 6          | 58'34"    | 11'3'    | 6        | 5.50      | 0.57     |
| 4日目        | 5          | 67'08"    | 11.8'    | 5        | 5.68      | 0.41     | 5          | 63'23"    | 9.8'     | 5        | 5.52      | 0.54     |
| 5日目        | 5          | 67'12"    | 12.6'    | 5        | 5.61      | 0.42     | 5          | 61'04"    | 8.6'     | 5        | 5.82      | 0.48     |

図5. 寒冷(10℃)に5日間飼育したマウスの脱順化について

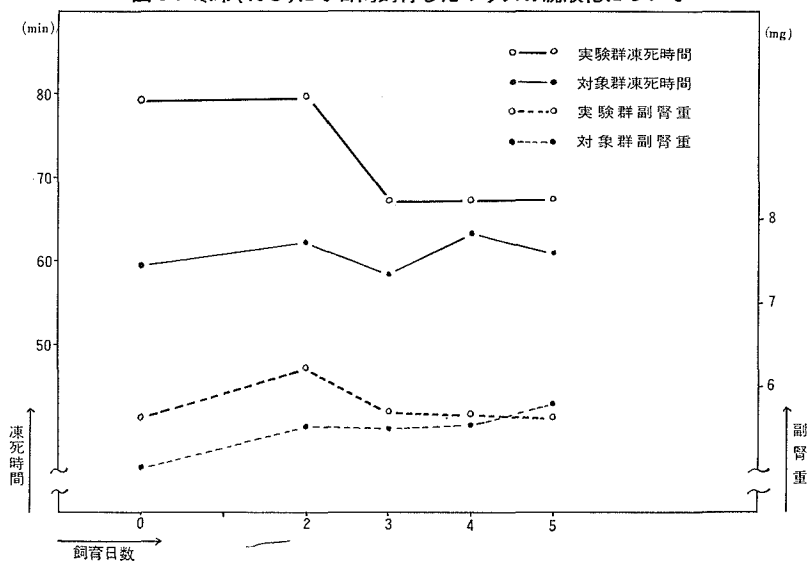


表6 寒冷(10℃)に7日間飼育したマウスの脱順化について

| 項目<br>経過<br>日数 | 実 験 群         |           |          |            |           |          | 対 象 群         |           |          |            |           |          |
|----------------|---------------|-----------|----------|------------|-----------|----------|---------------|-----------|----------|------------|-----------|----------|
|                | 凍 死 時 間 (min) |           |          | 副 腎 重 (mg) |           |          | 凍 死 時 間 (min) |           |          | 副 腎 重 (mg) |           |          |
|                | N             | $\bar{X}$ | $\sigma$ | N          | $\bar{X}$ | $\sigma$ | N             | $\bar{X}$ | $\sigma$ | N          | $\bar{X}$ | $\sigma$ |
| 0日目            | 5             | 93'00"    | 12.7'    | 5          | 5.68      | 1.37     | 7             | 59'25"    | 9.2'     | 7          | 4.80      | 0.45     |
| 1日目            | 5             | 102'25"   | 17.8'    | 5          | 5.55      | 0.95     | 5             | 62'12"    | 10.1'    | 5          | 4.94      | 0.62     |
| 3日目            | 5             | 105'45"   | 19.4'    | 5          | 6.40      | 0.70     | 5             | 63'12"    | 5.8'     | 5          | 5.26      | 0.41     |
| 5日目            | 5             | 101'20"   | 21.7'    | 5          | 5.44      | 0.22     | 6             | 60'40"    | 6.5'     | 6          | 4.83      | 0.69     |
| 7日目            | 5             | 66'24"    | 12.2'    | 5          | 5.35      | 0.27     | 5             | 65'18"    | 9.7'     | 5          | 5.28      | 0.27     |
| 9日目            | 5             | 66'10"    | 9.8'     | 5          | 5.12      | 0.32     | 6             | 64'48"    | 8.6'     | 6          | 5.13      | 0.35     |

図6. 寒冷(10℃)に7日間飼育マウスの脱順化について

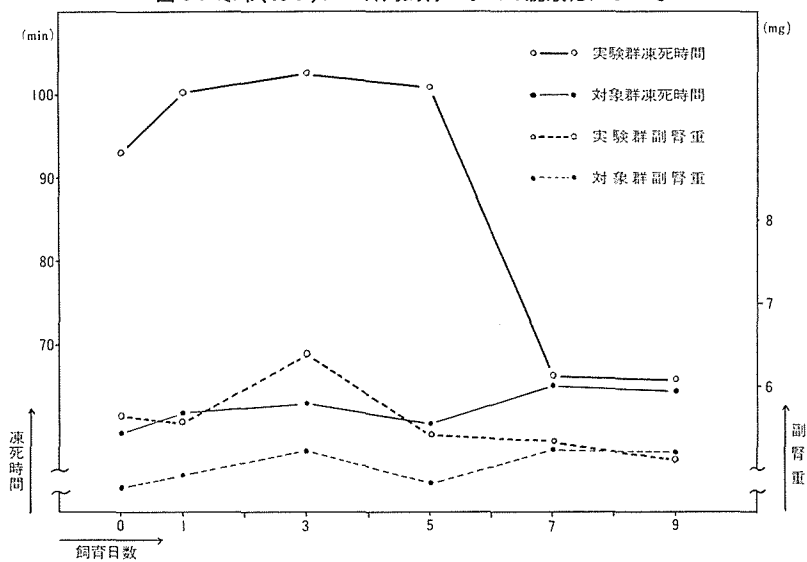


表7 寒冷(10℃)に10日間飼育したマウスの脱順化について

| 項目<br>経過<br>日数 | 実 験 群         |           |          |            |           |          | 対 象 群         |           |          |            |           |          |
|----------------|---------------|-----------|----------|------------|-----------|----------|---------------|-----------|----------|------------|-----------|----------|
|                | 凍 死 時 間 (min) |           |          | 副 腎 重 (mg) |           |          | 凍 死 時 間 (min) |           |          | 副 腎 重 (mg) |           |          |
|                | N             | $\bar{X}$ | $\sigma$ | N          | $\bar{X}$ | $\sigma$ | N             | $\bar{X}$ | $\sigma$ | N          | $\bar{X}$ | $\sigma$ |
| 0日目            | 7             | 83'20"    | 26.6'    | 7          | 7.29      | 1.29     | 5             | 54'52"    | 10.1'    | 5          | 5.50      | 0.68     |
| 2日目            | 5             | 82'52"    | 17.3'    | 5          | 7.71      | 0.56     | 5             | 57'18"    | 13.4'    | 5          | 5.92      | 0.53     |
| 5日目            | 6             | 80'16"    | 18.6'    | 6          | 7.23      | 0.79     | 6             | 60'56"    | 13.5'    | 6          | 6.53      | 0.41     |
| 7日目            | 6             | 75'40"    | 12.3'    | 6          | 7.30      | 0.63     | 6             | 62'40"    | 11.3'    | 6          | 6.51      | 0.46     |
| 8日目            | 6             | 84'53"    | 23.0'    | 6          | 6.62      | 0.56     | 6             | 63'50"    | 18.7'    | 6          | 6.43      | 1.07     |
| 9日目            | 5             | 65'44"    | 14.9'    | 5          | 6.75      | 0.48     | 6             | 64'55"    | 13.4'    | 6          | 6.63      | 0.48     |
| 10日目           | 6             | 66'13"    | 16.3'    | 6          | 6.82      | 0.23     | 6             | 65'04"    | 12.7'    | 6          | 6.61      | 0.72     |

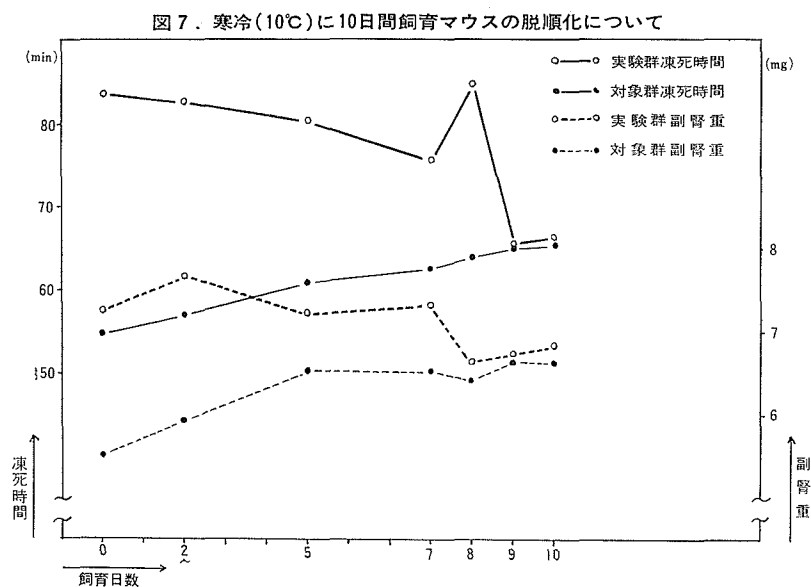
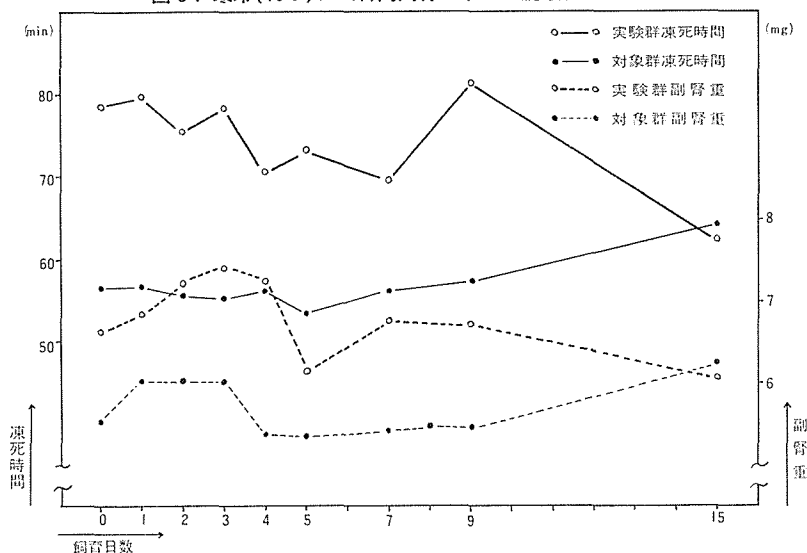


表 8 寒冷(10℃)に14日間飼育したマウスの脱順化について

| 項目<br>経過日数 | 実 験 群         |           |          |            |           |          | 対 象 群         |           |          |            |           |          |
|------------|---------------|-----------|----------|------------|-----------|----------|---------------|-----------|----------|------------|-----------|----------|
|            | 凍 死 時 間 (min) |           |          | 副 腎 重 (mg) |           |          | 凍 死 時 間 (min) |           |          | 副 腎 重 (mg) |           |          |
|            | N             | $\bar{X}$ | $\sigma$ | N          | $\bar{X}$ | $\sigma$ | N             | $\bar{X}$ | $\sigma$ | N          | $\bar{X}$ | $\sigma$ |
| 0日目        | 5             | 78'40"    | 5.6'     | 5          | 6.64      | 0.31     | 5             | 54'46"    | 5.4'     | 5          | 5.56      | 0.43     |
| 1日目        | 5             | 79'38"    | 5.6'     | 5          | 6.88      | 0.62     | 5             | 56'51"    | 2.3'     | 5          | 6.04      | 0.63     |
| 2日目        | 5             | 75'32"    | 7.1'     | 5          | 7.28      | 1.09     | 6             | 55'40"    | 4.1'     | 6          | 6.03      | 0.68     |
| 3日目        | 5             | 78'35"    | 6.8'     | 5          | 7.40      | 0.97     | 5             | 55'05"    | 4.3'     | 5          | 6.02      | 0.50     |
| 4日目        | 5             | 70'59"    | 4.5'     | 5          | 7.20      | 0.80     | 5             | 56'21"    | 4.4'     | 5          | 5.38      | 0.87     |
| 5日目        | 5             | 73'10"    | 12.8'    | 5          | 6.16      | 0.66     | 5             | 53'52"    | 7.0'     | 5          | 5.32      | 0.92     |
| 7日目        | 5             | 69'16"    | 15.3'    | 6          | 6.76      | 1.03     | 5             | 56'16"    | 7.9'     | 5          | 5.39      | 0.97     |
| 9日目        | 6             | 81'48"    | 16.3'    | 6          | 6.57      | 0.93     | 5             | 57'30"    | 8.1'     | 5          | 5.48      | 0.82     |
| 15日目       | 6             | 60'23"    | 8.5'     | 5          | 6.03      | 0.57     | 6             | 64'45"    | 12.6'    | 6          | 6.23      | 0.77     |

図 8 . 寒冷 (10℃) に 14 日間飼育マウスの脱順化について



#### 5.1. 寒冷 (10℃) に 1 日間飼育したマウスの脱順化について

凍死時間について考察すると、0 日目では実験群が対象群に比し、平均 16 分の凍死時間の延長を示したのに対して、1 日目では 3 分、2 日目では 5 分とその差が著しく短縮する結果を得た。

副腎重について考察すると、凍死時間と同様に 0 日目では実験群が対象群に比し、平均 0.94 mg とかなり増加しているのに対し、1 日目では 0.81 mg、2 日目では 0.26 mg とその差が短縮している結果を示した。

#### 5.2. 寒冷 (10℃) に 3 日間飼育したマウスの脱順化について。

凍死時間を考察すると 0 日目では実験群が対象群に比し、平均 19 分の凍死時間の延長を示したのに対し、1 日目では 2 分、2 日目では 5 分、3 日目では -2 分、4 日目では 2 分とその差がほとんど認められない結果を得た。

副腎重について考察すると、凍死時間と同様に 0 日目では実験群が対象群に比し、0.75 mg の増加を示したのに対して、1 日目では -0.17 mg、2 日目では 0.52 mg、3 日目では 0.13 mg とほとんど差異が認められない結果を得た。

#### 5.3. 寒冷 (10℃) に 5 日間飼育したマウスの脱順化について。

凍死時間について考察すると 0 日目では実験

群が対象群に比し、平均 20 分、2 日目では 17 分とかなり凍死時間の延長を示したのに対して、3 日目では 9 分、4 日目では 3 分、5 日目では 4 分とその差が短縮される結果を得た。

副腎重について考察すると、0 日目、2 日目とそれぞれ平均 0.60 mg、0.72 mg、とかなり増加しているのに対して、3 日目では 0.2 mg、4 日目では 0.16 mg と急激な減少を示し、凍死時間と全く同じ結果を得た。

#### 5.4. 寒冷 (10℃) に 7 日間飼育したマウスの脱順化について。

凍死時間について考察すると、0 日目、1 日目、3 日目、5 日目と実験群が対象群に比しそれぞれ平均 34 分、40 分、42 分、40 分と著しい凍死時間の延長を示したのに対して、7 日目、9 日目とそれぞれ平均 1 分、2 分とその差が急激に短縮する結果を得た。

副腎重について考察すると凍死時間と同様に 0 日目、1 日目、3 日目、5 日目と実験群が対象群に比し、それぞれ 平均 0.88 mg、0.61 mg、0.60 mg とかなり増加を示したのに対して、7 日目、9 日目にはそれぞれ 0.07 mg、-0.01 mg と著しく減少しその差が認められない結果を得た。

#### 5.5. 寒冷 (10℃) に 10 日間飼育したマウスの脱順化について。

凍死時間について考察すると 0 日目、2 日目、5 日目、7 日目、8 日目と実験群が対象群に比

し、それぞれ平均29分、25分、20分、13分、21分の著しい凍死時間の延長を示したのに対して9日目、10日目とそれぞれ平均1分、1分と著しく短縮しその差が認められない結果を得た。

副腎重について考察すると実験群が対象群に比し、0日目、2日目とそれぞれ平均1.80mg、1.80mgと急激な増加を示したのに対して、5日目、7日目ではそれぞれ平均0.60mg、0.50mg、とかなり減少し、9日目、10日目では0.1mg、0.2mgとその差が短縮する結果を得た。

#### 5.6. 寒冷(10℃)に14日間飼育したマウスの脱順化について。

凍死時間について考察すると、0日目、1日目、2日目、3日目、4日目、5日目、7日目9日目と実験群が対象群に比し平均22分、23分20分、23分、14分、17分、13分、24分と凍死時間の延長を示し、かなりの差異が認められるが15日目では-4分と短縮する結果を得た。

副腎重について考察すると0日目、1日目、2日目、3日目、4日目と実験群が対象群に比し平均1.1mg、0.8mg、1.2mg、1.4mg、1.8mgとかなりの増加を示し、5日目、7日目、9日目とそれぞれ平均0.8mg、0.9mg、1.1mgとその差が減少し、15日目では-0.2mgとその差が認められない結果を得た。

以上の結果より寒冷飼育日数と脱順化の関係をまとめてみると、寒冷というストレッサーに対して、生体内部に各種の変化(ストレス反応)がおこり、ストレッサーが持続されることによって、それらの変化が統制せられ、持続的な抵抗性となって現れるものと推察される。

従って1日間、3日間などの短期間の刺激ではまだストレス反応の末完成期であるために、1日間の持続しか認められず、5日間の寒冷刺激の持続では2~3日間の抵抗性の保持が認められ、7日間の寒冷刺激の持続では、5~7日間、10日間の寒冷刺激の持続では9日間、14日間の寒冷刺激の持続では9日間以上、15日間以内の寒冷に対する抵抗性が持続され脱順化するものと推察される。

従って寒冷に対する持続的な抵抗性をつける場合は、1週間以上なるだけ長期にわたって寒冷に身体をさらすことが必要であると解せられる。

## 6 実験Ⅳ

### 身体トレーニングが凍死に与える影響について

冬山登山の場合、遭難防止の一助として身体トレーニングの必要性が関係者の間で叫ばれているが、こうした身体トレーニングによる体力が、冬山遭難事故の中でも高い位置を占める凍死についても予防できるかどうかについて検討するために実験をおこなった。紀要第1号においてその1部としてトレーニングの効果について報告したが、今回は身体トレーニングの負荷日数の経過と凍死の関係について、実験をおこなった。

実験は40日飼育のdd系、雄マウスをもちい条件を統一するために20℃の適温で1週間飼育したのち、バッテリー育雛器及び低温恒温室をもちい、マウスの1群を適温飼育としての20℃に他の1群を低温飼育としての10℃にそれぞれ飼育し、試作のトレッドミルで各群の半数のマウスを1分間24mのスピードで、1日20分づつ走行させて身体トレーニングを負荷し、0日目のコントロールより1日目、2日目、3日目、4日目、5日目、6日目、7日目、10日目、15日目にそれぞれ5~7匹づつをとりだし、零下20℃の冷凍ショーケースに入れて凍死させ、そのときの凍死時間、副腎の重量を計測し、トレーニングの経過日数との関係を比較検討した。

結果は表9、図9、図10のとおりである。

#### 6.1. 寒冷飼育(10℃)マウスのトレーニングの効果について。

凍死時間について考察すると、トレーニング群、コントロール群とも飼育日数の経過につれて延長する結果を示し、両者間ではトレーニング群がコントロール群に比し、15日目では平均約32分の凍死時間の延長を示す結果を得た。しかし4日目まではトレーニング群がコントロール群に比し、平均2分~5分の凍死時間の短縮を示す結果を得たことは、寒冷のストレッサーと身体トレーニングのストレッサーが同時に負荷されたために、身体が適応できなくなり交絡感作をおこしたものと推察される。

また両者とも7日以降において凍死時間が急上昇して延長する結果を得たが、3日目、7日

表9 10℃, 20℃飼育マウスのトレーニングの効果について

| 飼育日数      |         |               |           | 0      | 1      | 2      | 3      | 4      | 5      | 6      | 7      | 10     | 15      |
|-----------|---------|---------------|-----------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|
| 項目        |         |               |           |        |        |        |        |        |        |        |        |        |         |
| 20℃<br>飼育 | コントロール群 | 凍死時間<br>(min) | N         | 7      | 5      | 5      | 5      | 5      | 5      | 5      | 5      | 5      | 5       |
|           |         |               | $\bar{X}$ | 38'24" | 34'34" | 38'14" | 39'16" | 37'34" | 42'47" | 44'57" | 45'30" | 49'20" | 49'50"  |
|           |         |               | $\sigma$  | 5.1'   | 4.1'   | 1.3'   | 6.4'   | 5.7'   | 5.5'   | 7.5'   | 5.1'   | 3.3'   | 3.2'    |
|           |         | 副腎重<br>(mg)   | N         | 7      | 5      | 5      | 5      | 5      | 5      | 5      | 5      | 5      | 5       |
|           |         |               | $\bar{X}$ | 4.29   | 5.02   | 5.48   | 5.24   | 4.96   | 4.40   | 5.15   | 4.45   | 5.28   | 5.20    |
|           |         |               | $\sigma$  | 0.65   | 0.51   | 0.62   | 0.32   | 0.82   | 0.70   | 0.51   | 0.81   | 0.90   | 1.02    |
|           | トレーニング群 | 凍死時間<br>(min) | N         | 7      | 5      | 5      | 5      | 5      | 5      | 5      | 5      | 5      | 5       |
|           |         |               | $\bar{X}$ | 38'24" | 45'36" | 43'20" | 45'52" | 45'10" | 45'26" | 55'40" | 55'55" | 57'42" | 62'14"  |
|           |         |               | $\sigma$  | 5.1'   | 6.4'   | 8.3'   | 8.0'   | 5.5'   | 6.9'   | 5.0'   | 9.6'   | 5.9'   | 4.7'    |
|           |         | 副腎重<br>(mg)   | N         | 7      | 5      | 5      | 5      | 5      | 5      | 5      | 5      | 5      | 5       |
|           |         |               | $\bar{X}$ | 4.29   | 5.52   | 5.52   | 5.88   | 5.52   | 5.32   | 5.32   | 5.05   | 6.04   | 5.88    |
|           |         |               | $\sigma$  | 0.65   | 0.46   | 0.68   | 0.51   | 0.52   | 0.77   | 0.71   | 0.08   | 0.32   | 0.81    |
| 10℃<br>飼育 | コントロール群 | 凍死時間<br>(min) | N         | 7      | 5      | 5      | 5      | 5      | 5      | 5      | 5      | 5      | 5       |
|           |         |               | $\bar{X}$ | 38'24" | 56'54" | 58'42" | 64'30" | 62'22" | 62'40" | 61'14" | 58'00" | 82'13" | 112'01" |
|           |         |               | $\sigma$  | 5.1'   | 2.3'   | 5.0'   | 10.6'  | 7.8'   | 9.3'   | 8.3'   | 7.3'   | 18.8'  | 18.4'   |
|           |         | 副腎重<br>(mg)   | N         | 7      | 5      | 5      | 5      | 5      | 5      | 5      | 5      | 5      | 5       |
|           |         |               | $\bar{X}$ | 4.29   | 5.56   | 6.00   | 5.96   | 5.32   | 5.40   | 5.88   | 5.17   | 5.90   | 5.87    |
|           |         |               | $\sigma$  | 0.65   | 0.51   | 0.35   | 0.19   | 0.72   | 0.35   | 1.09   | 0.39   | 0.86   | 0.35    |
|           | トレーニング群 | 凍死時間<br>(min) | N         | 7      | 5      | 5      | 5      | 5      | 5      | 5      | 5      | 5      | 5       |
|           |         |               | $\bar{X}$ | 38'24" | 48'32" | 56'20" | 59'00" | 71'26" | 74'24" | 73'00" | 70'58" | 89'30" | 144'30" |
|           |         |               | $\sigma$  | 5.1'   | 4.9'   | 6.1'   | 15.3'  | 14.8'  | 5.8'   | 14.3'  | 8.6'   | 28.4'  | 20.8'   |
|           |         | 副腎重<br>(mg)   | N         | 7      | 5      | 5      | 5      | 5      | 5      | 5      | 5      | 5      | 5       |
|           |         |               | $\bar{X}$ | 4.29   | 5.56   | 5.52   | 5.60   | 5.20   | 5.62   | 6.46   | 6.12   | 6.45   | 6.48    |
|           |         |               | $\sigma$  | 0.65   | 0.86   | 0.66   | 0.69   | 0.37   | 0.37   | 0.81   | 0.37   | 0.47   | 1.16    |

図9. 10℃, 20℃飼育マウスのトレーニングの効果について  
凍死時間の比較

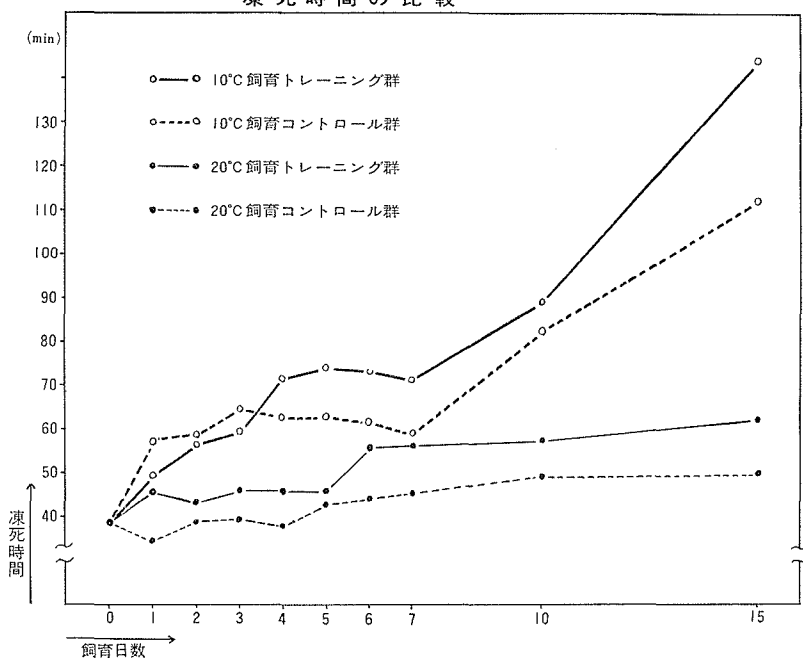
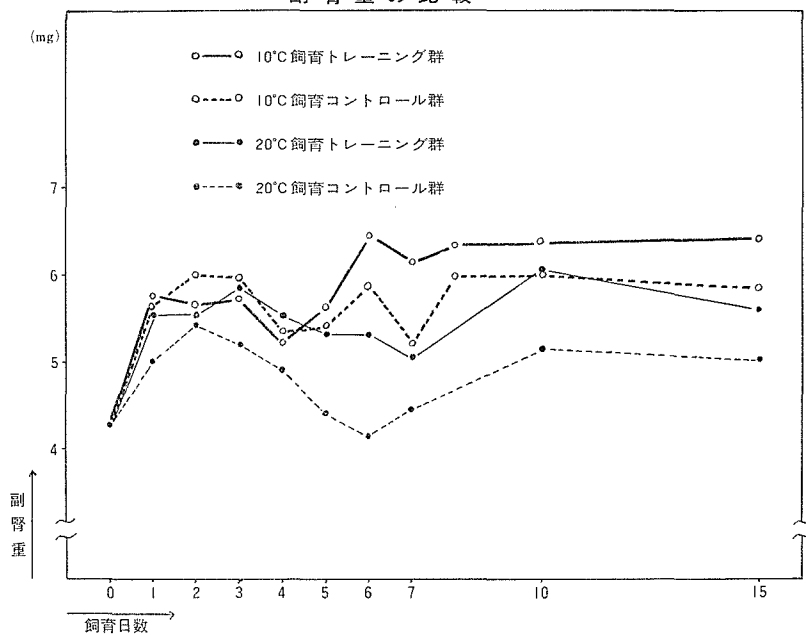


図10. 10℃, 20℃飼育マウスのトレーニングの効果について  
副腎重の比較



目に凍死時間の短縮を示したことは、紀要第1号で報告したとおりで生体が異状環境に適応するために体内で様々な変化(抵抗性)がおり、3日位の周期で異状環境に適応してゆくためにおこる現象であると解せられる。

副腎の重量については凍死時間と全く同じように、飼育日数の経過につれて大体増加する傾向を示したが、4日まではトレーニング群がコントロール群に比し、平均  $0.8\text{mg} \sim 0.36\text{mg}$  の減少を示し、4日目、7日目にも前日に比し減少する結果を示した。

## 6.2. 適温飼育 (20℃) マウスのトレーニングの効果について。

凍死時間について考察すると全体的にトレーニング群がコントロール群に比し10分~20分の凍死時間の延長を示す結果を得た。

副腎重についても凍死時間と同じようにトレーニング群がコントロール群に比し平均約  $0.6\text{mg}$  の増加を示した。

## 6.3. 適温飼育 (20℃) マウス群と寒冷飼育 (10℃) マウス群の比較。

凍死時間について比較すると、全般的に寒冷飼育トレーニング群が他の飼育マウス群に比し著しい凍死時間の延長を示し、次いで寒冷飼育コントロール群、適温飼育トレーニング群、適温飼育コントロール群の順序に凍死時間の短縮がみられた。副腎重についても同様の結果を示した。

以上の結果より寒冷に対する抵抗性をつけるために、身体トレーニングを負荷する場合は、先づ第1に寒冷に身体をさらすことが先決であり、その上身体トレーニングを負荷することにより、更に抵抗性が強まるものと推察される。

しかし20℃の適温飼育のマウス群についてもわずかではあるがトレーニング群に凍死時間の延長がみられたことは、身体トレーニングを負荷することが凍死を防ぐ1つのファクターとなっていることを意味するものであろう。

また身体トレーニングを負荷する場合は、なるだけ長期間少なくとも1週間以上にわたっておこなわないと その効果は 少ないものと推察される。

## 7 総 括

7.1. 四季の変化と凍死の関係については、冬期間(12月, 1月, 2月)が最も凍死時間の延長を示し、夏期(7月)が最も短縮する結果を得た。一方寒冷などの ストレッサー に対して、体内の内部変化の中心である 副腎について、重量の比較をおこなってみても、凍死時間と同様に冬期間が最も増加し、夏期が最も減少する結果を得たことは、春夏秋冬の季節の変化が、我々の生体内で1つの周期を作って適応していることを意味するものであろう。

7.2. 適温飼育 (20℃) マウスの飼育日数の経過と凍死の関係については、形態的な発育をする成長期においては、寒冷に対する抵抗性は緩慢な増加を示し、形態的な発育の低下する充実期において、急激な増加を示し、成熟期に至って徐々に減少するものと推察される。

7.3. 寒冷飼育 (10℃) マウスの飼育日数の経過と脱順化については、短期間である1日間及び3日間の寒冷刺激を与えたマウス群においては、1日間で脱順化し、5日間寒冷刺激を与えたマウス群では、やや抵抗性が持続されて2~3日間で脱順化し、7日間寒冷刺激を与えたマウス群では5日間~7日間と抵抗性が持続されて脱順化し、10日間寒冷刺激を与えたマウス群では9日間の抵抗性が持続され、14日間寒冷刺激を与えたマウス群では、9日間以上、15日間以内抵抗性が持続され脱順化するものと推察される。従って寒冷刺激に対する抵抗性を持続させようとする場合には少なくとも1週間以上、寒冷に体をさらすことが必要であらう。

7.4. 寒冷刺激に対する抵抗性をつけるために身体トレーニングを負荷した場合、第1に必要なことは寒冷に身体をさらすことが必要であり、その上身体トレーニングを負荷することによって、更に抵抗性が強まるものと推測される。然し20℃の適温飼育のマウス群についてもわずかではあるがトレーニング群に凍死時間の延長を認めたことは、身体トレーニングを負荷することが、凍死を防ぐ1つのファクターとなっていることを意味するものであろう。また身体トレーニングを負荷して抵抗性を強めるためには、なるだけ長期間、少なくとも1週間以上持

続しておこなわなければ効果は少いものと推察される。

#### 参 考 文 献

- 吉本寿人他, 凍死に対する抵抗性について  
(凍死の本体に関する研究 第1報)  
日本生理学雑誌 vol23, No 3 March 1961
- 柳 壮一, 寒さと人間 日本叢書 5
- 山本宗平, 寒冷ふるえ時の筋電図にみられる  
周期性放電について  
生理学雑誌 vo l28 No 5 1966
- 今村純男他, 登山の生体負担度について  
体力科学 9巻 3号 35.4
- 木村誠之, 精糖が生体に及ぼす影響の研究  
第5報, 第6報 体力科学第11巻 第2号  
37年9月
- 横堀 栄他, マウス, ラットのトレッドミル  
トレーニング, とくに勾配別強制走行の体力怒  
限度について 体力科学 第15巻 第2号
- Mavrice Herzog; La Montagne 1956
- Hans Selye; The Stress of Life 1956
- 杉 靖三郎, 生理学 1961
- 福田篤郎, 生理学大系 VIII 1966
- Jacquse Gu; Ilmerme; Ln Vie en Haute  
Altitude
- 高木健太郎他, 南米 Aconcagua(標高7035 m)  
学術遠征に関する報告 生理学雑誌 29巻  
11号 1967
- 石黒国雄, 登山の生理学的研究 凍死の研究  
I 山梨県立女子短大紀要 第1号 1967

#### 後 記

本研究の1部は 文部省科学教育研究費によって実験をおこなうことができ、関係当局に心より感謝の意を表するとともに、本研究を御指導いただきました、東京教育大学 杉 靖三郎先生、田中英彦先生に心より感謝の意を表します。