

ヒメネズミ (*Apodemus argenteus*) の心室重量における季節変動

酒 井 秋 男

390 松本市 信州大学医学部順応医学研究施設

1976年1月26日 受 領

Seasonal Changes in Heart Weights of the Wood Mouse, *Apodemus argenteus*. AKIO SAKAI (Institute of Adaptation Medicine, Shinshu University, Matsumoto 390)

**ABSTRACT** The wood mouse, *Apodemus argenteus*, is distributed widely in Japan. The author studied the seasonal variation in heart weights of wood mice in central Honshu, Japan. A total of 664 wood mice were collected with snap traps in the period from November, 1968 to October, 1974. The hearts were removed and carefully separated into two parts of right and left ventricular walls, the later including interventricular septum. Then, they were dried and weighed. By applying the allometric equation  $Y=BX^\alpha$  or  $\log Y = \log B + \alpha \log X$ , the author analyzed allometric growth of the total ventricular weight (TVW), left ventricular weight (LVW) and right ventricular weight (RVW) against the body weight. And then, each ventricular weight at 15 g body weight was calculated from these allometric equations for studying the seasonal variation. Seasonal variation of the ratio of the right ventricular weight to the total one (RVW/TVW) was also calculated. The results are shown in Fig. 1~3 and Table 1.

As shown here, TVW, LVW, RVW and RVW/TVW of the wood mice collected in late autumn and winter were significantly larger than those collected in summer. These tendencies were observed from all the collected regions. These seasonal changes are considered to be an aspect of metabolic acclimation to seasonal temperature changes, especially to decreasing temperatures in late autumn and winter. (*Zool. Mag.* 85: 118-125, 1976)

野生の小哺乳類を対象に、生息環境のちがいによる心臓への影響について研究を進めてきたが、なかでも生息地の標高と心臓の大きさとの関係においては、より高所に生息しているもの程心室重量は大きく、しかも右心室肥大を示していることが明らかとなった。このことは過去のヒトおよび数種の家畜などにおけるいくつかの報告とも一致し、ほぼ定説と見做すことができる。一方、心臓重量の季節変動に関しては野生ヒメネズミについて富士山および長野県扉峠での調査結果があるが、いずれも夏季のものより冬季のものの方が心肥大であり、しかも右心室肥大である(酒井, 1972; 酒井, 1976)。しかし、このような野生哺乳動物の心臓重量の季節変動に関しては、その他の報告がなく、より多角的に検討する必要がある。そこで今回は最近4年間に中部山岳地帯を中心に捕獲したヒメネズミ (*Apodemus*

*argenteus*) について、総合的に心室重量の季節変動を検討したので報告する。

## 材料および方法

1968年11月から1974年10月までの4年間に本州中部山岳地帯を中心に野生小哺乳類の捕獲調査を行った。この期間中にヒメネズミの捕獲は、地域別、時期別に延べ105回におよび総数1162頭を得ることができた。ここではこれらの中から心室重量の季節変動を検討するために、同一地域でしかも季節的に2回以上の捕獲を行っているところについて比較検討した。調査地域は表1にも示すように、笹平(海拔850~950 m) 5回、扉峠(海拔1,000 m) 10回、富士山(海拔1,000 m) 3回、菅平高原(海拔1,300 m) 2回、上高地(海拔1,500 m) 3回、乗鞍高原(海拔1,500 m) 3回、乗鞍高原(海拔1,600 m) 4

回および富士山(海拔 2,500 m) 5 回の合計 8 地域、総数 664 頭についてである。

捕獲されたヒメネズミは体重を測定後直ちに心臓を摘出し、リンガー液で心室内の血液を洗い流した。この心室部分については従来の方法(酒井・本山, 1968)に従い、眼科用の小さいハサミを用いて左心室と心室中隔を 1 単位とし、それと右心室遊離壁とに分離した。分離後標本は 10% フォルマリン液で 2~3 日間固定し、その後孵卵器に入れ 80°C, 24 時間以上の乾燥標本にして各心室重量を測定した。得られた測定値は相対成長の立場から次の推計学的処理のもとに季節変動の検討に供した。すなわち、毎回捕獲された個々の標本について、体重( $x$ )に対する各心室重量( $y$ )の回帰式、 $y = b x^a$ を求め、かつこの回帰式から体重 15 g 時(ヒメネズミの成体重量)における各心室重量およびその母集団平均の信頼限界(危険率 5%)を算出し比較した。したがってここでは地域別ならびに季節別に同体重(15 g)のものの各心室重量を比較していることになる。また右心室の重量比(右心室重量/全心室重量)については体重 13 g 以上の個体について集計し比較した。なお季節変動を検討する際には雌雄間の差は極わずかであるためここでは雌雄一括して扱った。

## 結 果

### 1) 全心室重量

笹平, 扉峠, 富士山, 菅平高原, 上高地, および乗鞍高原の各地域で捕獲されたヒメネズミの体重 15 g 時の全心室重量について、捕獲時期の違いによる差を検討すると表 1 の如くなる。また横軸に捕獲時期、縦軸にその全心室重量をプロットすると図 1 の如くなる。図 1 から明らかなように、全心室重量は捕獲地の海拔高度などの違いにより地域の差はあるにせよ、季節変動に関しては各地域共通して冬に高い値を示し、その値が夏に向って減少して 7・8 月に最低値を示している。そしてこの値は晩秋から冬に向って再び大きくなっている。すなわち、全心室重量は季節的外気温の変動とは全く対照的に冬から夏に向って減少し、再び晩秋から冬に向って増加している。試みに扉峠での結果についてみれば、12月13日に全心室重量は 26.5 mg であったのが夏に向って漸減し、7月25日では 19.1 mg と最低値を示し、以後増加し10月30日には 26.2 mg となっている。冬と夏との間には実質 6 mg 以上の差があり、冬ものは夏のものに対して 30% 以上の肥大を示している。そしてこの差は推計学的にも有意で

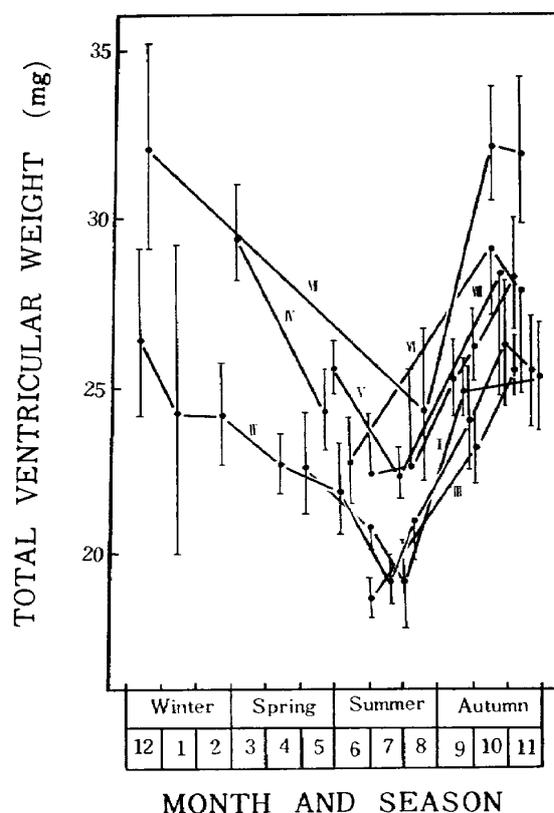


Fig. 1. Seasonal changes in total ventricular weights of wood mice, *Apodemus argenteus*, seasonally collected in the following regions. I: Sasadaira (850~950 m alt.). II: Tobira Pass (1,000 m alt.). III: Mt. Fuji (1,000 m alt.). IV: Sugadaira Heights (1,300 m alt.). V: Kamikochi (1,500 m alt.). VI: Norikura Heights (1,500 m alt.). VII: Norikura Heights (1,600 m alt.). VIII: Mt. Fuji (2,500 m alt.). Horizontal bars represent 95% confidential limits of the population means.

ある。同様な傾向は他の 7 地域についても共通して言える。

### 2) 左心室重量および右心室重量

全心室を左心室(中隔を含む)および右心室とに分離し、各心室重量について季節変動を検討すると表 1 および図 2 のごとくなる。図 2 から明らかなように、左心室重量および右心室重量は両形質とも全心室重量の場合と同様な季節変動を示している。すなわち、両形質とも冬の高い値は夏に向って減少し、7・8 月に最低値を示し、以後晩秋から冬に向って再び増加している。このことは全心室重量にみられた季節変動が両心室重量の共通した平行的増減

Table 1. Seasonal changes in weights of the total ventricle, the left ventricle and the wood mice, *Apodemus argenteus*, seasonally collected from different regions. The weight. n: No. of individuals  $\bar{x}$ : mean values  $\Delta$ : 95% confidential limits of the

Regions	Date			n	TVW (mg)	
					$\bar{x}$	$\Delta$
(I) Sasadaira (850~950 m alt.)	May	5	(1972)	16	22.6	(21.2—24.2)
	July	1	( " )	36	20.7	(20.2—21.2)
	July	31	( " )	11	19.0	(17.8—20.4)
	Sept.	23	( " )	17	24.9	(24.0—25.8)
	Nov.	26	( " )	12	25.3	(23.7—26.9)
(II) Tobira Pass (1000 m alt.)	Dec.	13	(1972)	10	26.5	(24.2—29.1)
	Jan.	14	(1973)	5	24.1	(20.0—29.2)
	Feb.	25	( " )	6	24.4	(22.6—25.7)
	Apr.	16	( " )	21	22.6	(21.8—23.6)
	June	11	( " )	14	21.8	(20.5—23.2)
	July	25	( " )	8	19.1	(18.4—19.9)
	Aug.	11	( " )	18	21.0	(19.8—22.3)
	Sept.	29	( " )	7	24.0	(22.4—25.6)
	Oct.	30	( " )	9	26.2	(24.4—28.1)
(III) Mt. Fuji (1000 m alt.)	July	2	(1969)	26	18.7	(18.1—19.3)
	Oct.	2	(1970)	12	23.2	(22.1—24.3)
	Nov.	7	(1968)	31	25.5	(24.6—26.4)
(IV) Sugadaira Heights (1300 m alt.)	Mar.	13	(1973)	12	29.6	(28.3—31.0)
	May	26	( " )	17	24.2	(23.1—25.5)
(V) Kamikochi (1500 m alt.)	June	1	(1972)	100	25.5	(24.8—26.3)
	Aug.	2	( " )	52	22.3	(21.6—23.1)
	Oct.	30	(1974)	13	28.2	(24.6—32.2)
(VI) Norikura Heights (1500 m alt.)	June	17	(1972)	16	22.7	(21.5—24.1)
	Oct.	25	( " )	12	19.0	(27.1—31.1)
	Nov.	15	( " )	8	27.9	(24.8—31.4)
(VII) Norikura Heights (1600 m alt.)	Dec.	18	(1972)	21	32.0	(29.2—35.1)
	Aug.	22	(1973)	6	24.3	(22.2—26.7)
	Oct.	25	(1972)	32	32.2	(30.5—33.9)
	Nov.	15	( " )	31	31.9	(29.7—34.2)
(VIII) Mt. Fuji (2500 m alt.)	July	2	(1969)	10	22.3	(20.6—24.2)
	Aug.	9	(1974)	5	22.6	(20.1—25.4)
	Sept.	16	(1972)	32	25.2	(24.0—26.4)
	Oct.	2	(1970)	14	26.2	(25.1—27.3)
	Nov.	7	(1968)	14	28.2	(26.6—29.8)

right ventricle and in the ratio of the right ventricular weight to the total one in figures in mg show the dry weights which were calculated for an adult of 15 g body population means.

LVW (mg)		RVW (mg)		n	RVW/TVW	
$\bar{x}$	$\Delta$	$\bar{x}$	$\Delta$		$\bar{x}$	$\Delta$
17.0	(15.4—18.8)	6.07	(5.74—6.42)	15	0.261	(0.252—0.270)
15.4	(15.0—15.8)	5.32	(5.08—5.39)	32	0.253	(0.248—0.258)
14.3	(13.4—15.4)	4.70	(4.33—5.11)	9	0.246	(0.237—0.255)
18.7	(18.0—19.4)	6.20	(5.94—6.48)	17	0.248	(0.242—0.254)
18.8	(17.6—20.2)	6.39	(5.78—7.06)	10	0.258	(0.239—0.277)
19.3	(17.8—20.9)	7.18	(6.19—8.33)	10	0.271	(0.252—0.291)
17.5	(14.7—21.0)	6.60	(5.23—8.32)	5	0.269	(0.262—0.276)
17.4	(16.3—18.6)	6.67	(5.95—7.48)	6	0.275	(0.255—0.295)
16.8	(16.1—17.5)	5.82	(5.58—6.07)	17	0.256	(0.249—0.263)
16.3	(15.2—17.4)	5.54	(5.21—5.89)	12	0.251	(0.242—0.259)
14.4	(13.7—15.2)	4.73	(4.49—4.98)	8	0.246	(0.235—0.257)
15.8	(14.8—16.9)	5.22	(4.91—5.55)	18	0.241	(0.235—0.247)
17.9	(16.6—19.3)	6.03	(5.57—6.52)	7	0.249	(0.234—0.264)
19.2	(17.6—20.9)	6.93	(6.28—7.66)	9	0.265	(0.245—0.285)
18.6	(17.4—19.8)	6.79	(6.26—7.37)	10	0.267	(0.257—0.277)
14.3	(13.8—14.8)	4.37	(4.17—4.59)	24	0.231	(0.222—0.240)
17.4	(16.5—18.2)	5.80	(5.52—6.09)	10	0.247	(0.240—0.254)
18.8	(18.1—19.6)	6.68	(6.41—6.95)	26	0.260	(0.253—0.267)
21.9	(21.0—22.8)	7.69	(7.06—8.37)	12	0.260	(0.247—0.273)
18.0	(17.0—19.0)	6.25	(5.96—6.55)	16	0.250	(0.242—0.258)
18.7	(18.2—19.3)	6.75	(6.51—7.01)	85	0.258	(0.255—0.261)
16.4	(15.8—17.0)	5.90	(5.67—6.13)	45	0.264	(0.258—0.270)
21.7	(19.9—23.7)	7.82	(7.21—8.48)	6	0.257	(0.241—0.273)
17.0	(16.0—18.0)	5.73	(5.36—6.12)	9	0.244	(0.233—0.255)
21.2	(19.7—22.8)	7.81	(7.29—8.38)	10	0.268	(0.259—0.277)
20.2	(17.2—22.9)	7.70	(6.86—8.66)	8	0.277	(0.266—0.288)
23.0	(20.8—25.4)	8.91	(7.66—10.35)	6	0.279	(0.241—0.317)
17.9	(16.6—19.3)	6.40	(5.39—7.61)	6	0.262	(0.242—0.282)
23.3	(22.0—24.7)	8.82	(8.32—9.35)	15	0.278	(0.268—0.288)
23.1	(21.7—24.6)	8.70	(7.75—9.76)	11	0.273	(0.258—0.288)
16.2	(14.8—17.7)	6.10	(5.75—6.47)	32	0.268	(0.260—0.276)
16.7	(14.7—19.0)	5.89	(4.99—6.94)	4	0.245	(0.216—0.274)
17.8	(16.9—18.8)	7.18	(6.79—7.59)	28	0.281	(0.275—0.287)
18.6	(17.7—19.5)	7.56	(7.28—7.86)	12	0.287	(0.275—0.299)
19.1	(18.0—20.4)	8.99	(8.36—9.67)	14	0.314	(0.300—0.328)

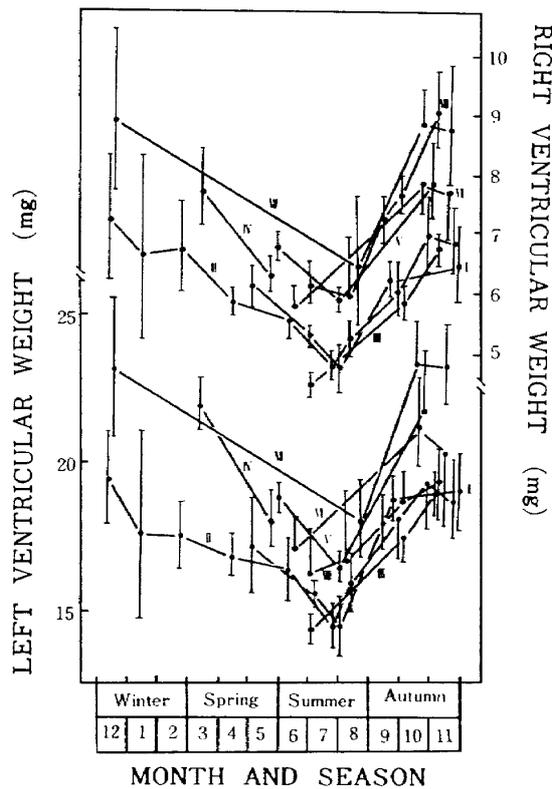


Fig. 2. Seasonal changes in left ventricular weights and right ventricular weights of wood mice, *Apodemus argenteus*, seasonally collected from different regions. The Roman figures and horizontal bars are the same as in Fig. 1.

の結果であることを意味している。試みに扉峠での結果についてみれば、12月13日左心室重量および右心室重量がそれぞれ 19.3 mg, 7.1 mg であったのが、夏に向って漸減し、7月25日にはそれぞれ 14.4 mg, 4.7 mg と最低値を示し、以後増加し10月30日にはそれぞれ 19.2 mg, 6.9 mg となっている。冬と夏の間には左心室重量で実質約 5 mg, 右心室重量で実質 2 mg 以上の差があり、いずれも推計学的に有意差を示している。同様な傾向は他の 7 地域についても共通して言える。

### 3) 右心室の重量比

右心室の重量比について、その季節的変動を検討すると表 1 および図 3 のごとくなる。図 3 から明らかに、この重量比は冬に大きく、夏に向って漸減し、7・8月を最低に以後晩秋から冬に向って増加している。このことは夏のものより晩秋から冬のもので、より右心室肥大であることを意味している。左・右の各心室重量の季節変動は記述したご

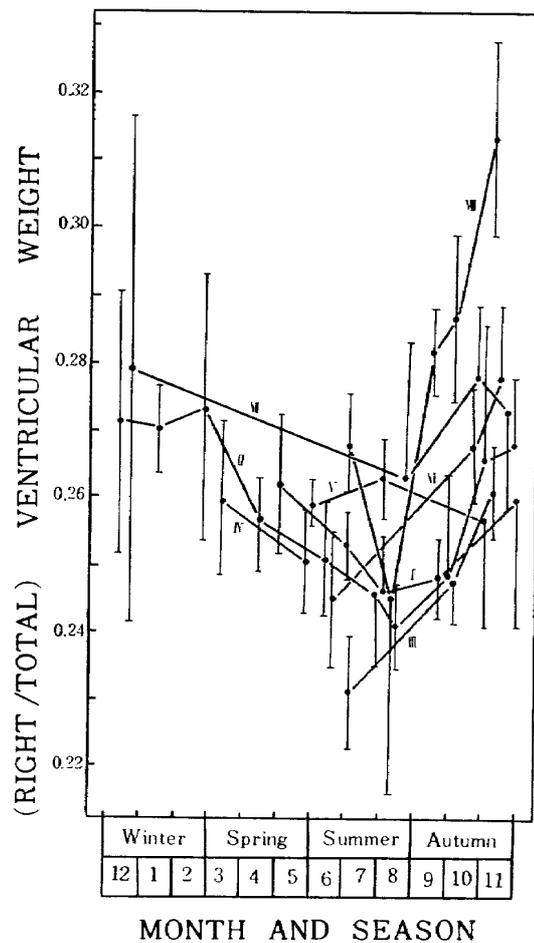


Fig. 3. Seasonal changes in the ratio of the right ventricular weight to the total one in wood mice, *Apodemus argenteus*, seasonally collected from different regions. The Roman figures and horizontal bars are the same as in Fig. 1.

とく、両心室重量ともに夏に小さく冬に大きくなっているにもかかわらず、右心室の重量比についても同様な変動が認められる。このことは左・右両心室の季節変動のなかでも、特に右心室重量の変動の方が著しいことを意味している。試みに扉峠のものについてみると、左心室重量は夏のものに対して冬のものが約30%の増大を示しているのに、右心室重量では約40%の増大である。そのために右心室の重量比は夏と冬でそれぞれ0.246, 0.270となり、冬のものでより右心室肥大を示す結果となっている。この差は推計学的にも有意であり、また同様な傾向は他の 7 地域についてもほぼ共通して認められる。

## 考 察

野生動物に与える外的環境要因としては光、温度、栄養などさまざまな要因が考えられるが、なかでも外気温の変動は著しく、より強く生命活動に影響するものと考えられる。実際に松本測候所の資料をもとに松本の月平均気温をみると、1月の $-1.2^{\circ}\text{C}$ から8月の $24.1^{\circ}\text{C}$ まで、実に $25^{\circ}\text{C}$ 以上の変動を示している。ここで扱った問題も海拔高度は一定の場所で、その心室の大きさの季節変動を検討しているのであるから、とりまなおさず心臓の大きさと環境気温の関係を検討していると言っても過言ではない。

結果はすでに述べたように、ヒメネズミの心室の大きさは外気温の季節的変動とは対照的に変化し、冬季のより気温の低い環境下に生息しているものは夏季のものと比較して全心室重量、左心室重量および右心室重量とも大きくなっていることが明らかとなった(表1および図1, 2)。しかしこの結果は調査の性質上、あくまでも各心室重量の平均値をもとに捕獲時期のちがいによる変動をみているのであって、各個体についての変動を追求したものではない。したがって、各個体の心室重量がはたして個々の生活史の中で同様な季節変動を示すものであるか否かについて詳細に吟味する必要がある。そのためにも先ず第1に、低温環境によってはたして心臓は大きくなるか否かを、第2に、一たん大きくなった心臓は生体を再びもとの環境に戻し場合、心臓ももとの大きさに回復するか否か、の2点に問題を整理して考察してみようと思う。

## 1) 低温環境と心臓の大きさについて

動物を低温環境下で一定期間飼育し、その心臓の大きさを検討したものにラットについては Emery *et al.* (1940), Hale *et al.* (1959) および 酒井 (1975) の報告が、またリスザルについては Chaffee *et al.* (1966) の報告がある。それらによると、動物の種類や低温の条件などにより程度の差はみられるが、いずれも低温環境下で飼育したものは対照群に比して心臓重量が大きくなっている。また野生哺乳動物について、生息地の緯度と心臓の大きさとの関係をみると、より北方の寒い地方に生息するもの程心臓重量は大きくなっている (Quiring, 1946; 酒井, 1974)。しかし例外として Quiring (1951) のハタネズミについての報告ではむしろ南方に生息するものの方が大きな値を示しているが、この報告は標本の捕獲を北のものは8月に、南のものは9・

10月に行っており捕獲時期の違いに問題があるように思われる。以上のように低温環境と心臓の大きさとの関係については、一般に低温により心臓は大きくなると言えよう。そしてこのことは今回の結果とも一致しており、低温環境に対する血液循環を中心とした適応形態として重要な意味を持つものと思われる。

## 2) 肥大した心臓の回復について

一たん肥大した心臓は生体を再びもとの環境に戻した場合、その心臓の大きさも回復するか否かであるが、この問題に関連する報告を整理してみると次のごとくなる。Van Liere and Sizemore (1971) はラットを用いて甲状腺ホルモンを投与することにより心肥大を確認し、その後ホルモン投与を止めてから肥大した心臓は経日的に対照値に戻ることを明らかにした。そしてこの時間的経過は13日目で対照値となり、以後は対照群と同じ変化を示している。また, Sizemore *et al.* (1973) はラットを用いて低圧曝露により心肥大および右心室肥大を起こさせ、その後曝露を中止すると、肥大した心臓は経日的に対照値に近づき、回復の half time 6.7日であると述べている。また, Hall *et al.* (1953) はラットを用いて人工的高血圧により心肥大を起こさせ、以後この高血圧を解除すると完全または部分的に心肥大の回復が見られることを述べている。また Arutyunov (1966) はウサギの動脈を狭窄することにより心肥大を起こさせ、その肥大と回復過程を組織化学的に検討している。それによると、心肥大は筋線維核の大きさ、核の含量および DNA 量の増加などによっており、動脈の狭窄を中止するとこれらの変化が回復することを述べている。また Bloor and Papadopoulos (1969) はラットを用いて運動負荷により心肥大を起こさせ、その回復過程を組織化学的に検討している。それによると心肥大により増加した筋線維数は運動負荷を中止すると対照値に戻ることを述べている。またマウスを低温環境下で飽育し、心肥大の起きていることを確認してから、再び対照群と同一環境下で飼育したところ、心室の大きさは対照群との間に差がなくなった (酒井, 未発表)。以上のように何らかの方法により心臓に負担をかけると心臓は肥大し、その負担を解除すると再びもとの値に戻ることはこの方面の多くの報告で一致したことである。そして今回の心室重量の季節変動に関しても同様に夏から冬に向っての外気温の減少とともに心室は肥大し、翌春再び外気温が高くなるのに伴いその心室も小さくなる変化を繰返して

いるものと解釈される。しかし、沢崎 (1973) の報告によると、マウスの高海拔環境曝露により生じた心肥大は平地に回収後も永久的な変化として残留するという。このように心肥大の回復については必ずしもすべての報告で一致した結論ではなく、肥大を起こす原因や肥大の程度および動物の種類など種々の条件のちがいにによりその回復過程も違って来るものと思われる。今回のヒメネズミの場合、心室重量は外気温と密接に関係しており、気温の季節変動に対応してその心室重量も変化していると解釈して間違ひなからう。試みに扉峠のものについて外気温と各心室重量との相関を検討してみると、全心室重量、左心室重量および右心室重量の相関係数はそれぞれ  $-0.76$ ,  $-0.69$ ,  $-0.86$  であり明らかに気温との間に高い相関を示している。

最後に興味ある問題は右心室の重量比の季節変動である。図3でも示しているようにこの重量比は各心室重量の場合と全く同様な変動を示している。このことは夏季のものより冬季のものでより右心室肥大であると言える。一般に高所環境下に生息するヒトおよび動物の心臓についての報告はいくつかあるが、それらの報告によると高所環境に生息するもので例外なく心肥大を示し、しかも右心室肥大を示すことで一致している。さらに、低酸素環境下での実験的研究においても全く同様な傾向を示しているのである。すなわち、低酸素環境下においては酸素分圧の低下にともない、その適応現象として心肥大および右心室肥大といった肺循環器系を中心とした生理学的、形態的变化が特徴である。しかし、今回のヒメネズミの場合、海拔高度は一定の場所で季節的に右心室の重量比の変動を検討しているのであるから、ここでは低酸素の影響は考えられず、外気温の影響ということになる。では低温の影響によりはたして右心室肥大が認められるか否かという問題である。この問題はいまだ未解決といってよい。今回のヒメネズミでは明らかに冬季のもので右心室肥大を示しているにもかかわらず、比較的近縁種であるアカネズミでは——心室重量には同様な変動が認められるが——全くこのような変動が見られない (酒井, 未発表)。また実験的にラットとマウスを低温環境で飼育し比較したところ、ラットは低温飼育で心肥大を示したが、右心室の重量比について対照値との間に差が見られなかった (酒井, 1975)。しかし、マウスにおいては低温飼育で心肥大を示し、しかも右心室肥大を示す傾向にある (酒井, 未発表)。このように低温が右心室の重量比におよぼす影響に

については種の特異性があるようにも考えられる。いずれにしても、この問題に関してはさらに詳細な検討が必要である。今回のヒメネズミについては、この右心室の重量比も外気温の季節変動と密接に対応して変化しているといえる。扉峠のものについて外気温と右心室の重量比との相関を見ると相関係数  $-0.95$  で極めて高い相関を示している。

#### 謝 辞

本研究に用いた標本は信州大学医学部助手柳平坦徳氏、同講師内川公人氏、大阪市立大学医学部助手金森正臣氏、信州哺乳類研究グループの両角徹郎氏および両角源美氏など多くの方々の援助により得られたものであり、御協力いただいた各氏に対し厚く御礼申し上げます。また本研究を進めるにあたり日頃御指導いただいている信州大学医学部教授上田五雨博士、同助教授本山十三生博士および同助教授宮尾嶽雄博士の各氏に対し厚く御礼申し上げます。

なお本報の要旨は第13回日本生気象学会総会 (1974年11月、名古屋) にて報告した。

#### 文 献

- ARUTYUNOV, V. D. (1966) Histochemistry of nucleic acids in experimental myocardial hypertrophy and its regression. *Federation Proc.* 25, Translation Suppl. II: T353-T358.
- BLOOR, C. M. AND M. N. PAPADOPOULOS (1969) Plasma lactic dehydrogenase activity and myocardial cellular changes after cessation of training. *J. Appl. Physiol.* 26 (3): 371-374.
- CHAFFEE, R. R. J., R. J. ALLEN, M. BREWER, M. S. HORVATH, C. MASON AND E. R. SMITH (1966) Cellular physiology of cold and heat-exposed squirrel monkeys (*Saimiri sciurea*). *J. Appl. Physiol.* 21: 151-157.
- EMERY, F. E., L. M. EMERY AND L. E. SCHWABE (1940) The effects of prolonged exposure to low temperature on the body growth and on the weights of organs in the albino rat. *Growth* 4: 17-32.
- HALE, H. B., B. T. MEFFERD, G. VAWTER, E. G. FOERSTER AND D. CRISCUOLO (1959) Influence of long-term exposure to adverse environments on organ weights and histology. *Am. Physiol.* 196: 520-524.
- HALL, O., C. E. HALL AND E. OGDEN (1953) Cardiac hypertrophy in experimental

- hypertension and its regression following re-establishment of normal blood pressure. *Am. J. Physiol.* 174: 175-178.
- QUIRING, D. P. (1946) Brain, heart, adrenals and habitat. *Growth* 10: 15-23.
- (1951) A comparison between *Microtus drumondi* (Acd and Bcch) and *Microtus pennsylvanicus pennsylvanicus*. *Growth* 15: 101-120.
- 酒井秋男 (1972) 心臓重量における高山順応 III 海拔および気温が心臓重量におよぼす影響。成長 11 (1): 12-18.
- (1974) 血液ヘマトクリット値と右心室重量 I ヒメネズミ (*Apodemus argenteus*) の血液ヘマトクリット値と右心室重量の季節並びに緯度に伴う変化。日本生理誌 36 8-16.
- (1975) 低温環境飼育がラットの臓器重量におよぼす影響。成長 14(1.2): 1-9.
- (1976) ヒメネズミ (*Apodemus argenteus*) 心室重量の季節に伴う変化。哺乳動物学雑誌 6 (5): 印刷中
- ・本山十三生 (1968) 心臓重量における高山順応 I 高山に生息するヒメネズミ (*Apodemus argenteus*) の右心室肥大。成長 7 (4): 1-11.
- 沢崎 坦 (1973) 高海拔環境曝露により発生したマウスの心肥大。日本畜産学会報 44 (1): 68-74.
- SIZEMORE, D. A., T. W. MC. INTYER, E. J. VAN LIERE AND M. F. WILSON (1973) Regression of altitude-produced cardiac hypertrophy. *J. Appl. Physiol.* 35 (4): 518-521.
- VAN LIERE, E. J. AND D. A. SIZEMORE (1971) Regression of cardiac hypertrophy following experimental hyperthyroidism in rats. *Proc. Soc. Exp. Biol. Med.* 136: 645-648.