

自然科學叢書

# 體溫生理學

胡步蟾編譯

正中書局印行

自然科學叢書

體溫生理學

胡步蟾譯

正中書局印行

版權所有



翻印必究

中華民國二十六年六月初版  
中華民國五十八年六月臺二版

體溫生理學

全一冊 基本定價壹元壹角柒分

(外埠酌加運費匯費)

著	者	小	泉	清	明
譯	者	胡		步	蟾
發	行	李			潔
發	所	正	中	書	局
印	所	正	中	書	局

(台灣台北市衡陽路二十號)

海外總經銷 集成圖書公司

(香港九龍亞皆老街一一一號)

海風書店

日本東京都千代田區神田神保町一丁目五六番地

內政部登記證 內版台業字第〇六七八號(634)興

## 原 序

著者以爲體溫生理學，是研究生物體內熱能的轉換（Wärmeumsatz）及其經濟（Wärmehaushalt）之現象與機制的學問。就是討論生物體內熱能之物理，與有機體特有之自主的經理。換言之，體溫生理學，爲關於有機體之溫熱之能力論（Wärmeenergetik）與其經濟學（Wärmeökonomie）。然或因著者寡聞之故，將此種見解，使科學化系統化而後按步敘述之體溫生理學，國內外均未之見。許多生理學教科書或叢書之類，雖有若干頁，關於體溫的記載；但記述簡單，大都不過表面現象之體溫與其調節作用之敘述。就此等現象所由起之熱代謝，或熱經濟之原理等一貫的敘述者實無。尤爲遺憾者，此等記載，主限於人或一部分之溫血動物；其他之溫血動物，尤其是冷血動物，一般皆省略。一切生命現象，就各種生物比較對照而考究之，實爲現象之本質研究上，非常有力之方法。殊於體溫現象，由各點推察，溫血動物所有之所謂溫血恆溫性，乃由冷血動物之冷血變溫性，變化進展者甚明；故體溫現象，亦不可不以比較生理學的觀察，爲最有意義之方法。又從前之著述，對於體溫及熱經濟有關聯之生態學的事實，皆遺漏，殊爲缺憾。嚴格說，生態非生理學之範圍，亦未可知；但於體溫現象，加以有密接關係之生態學的事實，則體溫生理，當更得完全了解。

著者抱上述的見解，想爲體溫生理學立一標準的學問體系，而

冀其具體化，今次參加養賢堂之實驗生物學集成，乃得實現之機會而執筆。然仍不能如所懷抱，儘量寫出。第一著者學力之不足，固爲其原因，但此類叢書之性質，頁數有限制，篇幅不多。能力論之概要，體溫、比熱、熱量等各種實驗方法，及關係於體溫之生態等之詳細記述，舍割愛外無他法。殊於各種之測定方法，爲着手研究者之必要事項，但僅此亦須占 100 頁以上，故祇列參考書而止，實爲抱歉。凡此種種，祇得期待他日之機會，以求完成。

最後欲舉關於體溫生理之參考書，但如前所述者實無。單一事項之詳細智識，唯有參考各腳註所誌之原著。概略者則可參考下列叢書之類之相當記述。

- (1) Handbuch der vergleichenden Physiologie. Hrg. von H. Winte stein.
- (2) Handbuch der Biochemie. Hrg. von C. Oppenheimer.
- (3) Handbuch der Ernährung und des Stoffwechsels der landwirtschaftlichen Nutztiere. Hrg. von E. Mangold.
- (4) Handbuch der normalen und pathologischen Physiologie. Hrg. von A. Bethe, G. v. Bergmann, G. Embden und A. Eliinger.

本書中之溫度，未特別書明者，概用攝氏；故雖無 C 字，可知爲攝氏溫度。

熱量之單位，以 Cal (C 大寫) 表大卡路里；cal (c 小寫) 表小卡路里。

昭和十年五月，著者識。

# 目次

第一編 熱之生產授受	1
第一章 溫熱之發生	1
一 決定體溫之條件	1
二 生命與火焰	1
三 攝取食物	2
四 生活物質之合成	4
五 生活物質之分解	5
六 物質代謝熱之測定法	11
第二章 發熱器官	13
一 各器官之發熱之比例	13
二 肌肉之熱生產	16
三 肌肉以外之各器官之產熱	21
第三章 對於發生溫熱之影響	23
一 標準物質代謝與基礎物質代謝	26
二 與體重及體表面積之關係	28
三 攝取食物之影響	35
四 肌運動之影響	38
五 溫度之影響	41
第四章 溫熱之喪失	44
一 放熱之三大形式	44
二 由於傳導之失熱	44
三 由於輻射之失熱	49
四 水分發散作用	52
五 其他之放熱方法	70
六 各種喪熱方法之比例	72

七 及於喪熱比例之影響	76
第五章 溫熱之攝取	80
一 冷血動物之攝取溫熱	80
二 溫血動物之攝取溫熱	83
第六章 體溫與比熱	87
一 體溫之意義與其測定法	87
二 比熱	90
第二編 溫血動物之體溫	93
第一章 溫血動物之體溫與及於體溫之影響	93
一 溫血動物與冷血動物之區別	93
二 標準體溫	94
三 體溫之每日變化	96
四 體溫之季節的變化	105
五 種屬之影響	106
六 年齡之影響	107
七 性之影響	107
八 攝取食物之影響	109
九 體運動之影響	111
十 精神興奮之影響	112
第二章 身體各部之溫度	114
一 血液之溫度	114
二 心臟與肺之溫度	115
三 肝與消化器之溫度	115
四 肌肉之溫度	117
五 鳥之體內器官之溫度	117
六 皮膚溫	118
七 鳥之皮膚溫	120
八 外溫對於皮膚溫之影響	122
第三章 溫血之理由(體溫調節作用其一)	126
一 體溫調節作用之意義	126

二	溫血動物與冷血動物之產熱量之比較	137
三	防止喪熱裝置之發達	137
第四章 恆溫之理由(體溫調節作用其二)		140
一	體溫與外溫之關係	140
二	化學的體溫調節作用	142
三	物理學的體溫調節作用	150
四	溫熱中樞	171
五	內分泌與體溫調節作用	175
六	調節機能之破壞與其溫度限界	180
七	死後體溫上昇	186
第五章 溫血動物之冷血變溫性		188
一	下等哺乳動物之體溫	188
二	冬眠中之體溫	192
三	胚胎及新生兒之體溫	198
第六章 由進化論及目的論所觀之體溫調節作用		205
一	進化論的體溫調節作用	205
二	目的論的體溫調節作用	206
第三編 冷血動物之體溫		209
第一章 冷血動物之體溫與及於體溫之影響		209
一	測定冷血動物體溫之注意	209
二	體溫與外溫之關係	212
三	異常高溫及異常低溫時之體溫	212
四	溼氣之影響	214
五	空氣動搖之影響	216
六	輻射線之影響	217
七	攝取食物之影響	220
八	運動之影響	220
第二章 身體各器官之溫度		223
一	體內器官之溫度	223
二	皮膚溫度	224



第三章 冷血之理由	225
一 冷血之理由	225
二 體溫近似於外溫之理由	225
第四章 變溫之理由	229
一 外溫之變化與體溫	229
二 體溫變動之機轉	231
三 對於體溫變動之影響	235
第五章 冷血動物之溫血恆溫性	237
一 異常溫度時之體溫調節作用	237
二 抱卵中之蛇之體溫	240
三 社會的溫度調節作用	242

# 第一編 熱之生產授受

## 第一章 溫熱之發生

### 一 決定體溫之條件

生物體之體溫，由二個條件而決定：一爲內的條件（Intrinsic factor），就是體內生產熱的過程；他爲圍繞生物體之環境的關係，就是外的條件（Extrinsic factor）；此又可分爲將體熱喪失於環境的作用，與反之而由環境攝取熱的作用二種。換言之，體溫是由於使溫熱增加之溫熱的生產（Wärmeproduktion）及攝取（Wärmeaufnahme），與使溫熱減少之溫熱的喪失（Wärmeabgabe），之三條件而決定。生物體所發現的所謂體溫（Körpertemperatur），不外乎此三條件的作用之相關的結果。

### 二 生命與火焰

生命（Leben）嘗譬諸火焰（Feuer），誠爲適切的比喩。燃燒爲物質與氧相化合而發生熱之現象。火之燃燒物質爲燃料例如石炭，在生物體則爲固有之體物質（Körpersubstanz）。前者直接利用空氣中之氧，後者其關係亦爲同樣，不過介以特別之作用（呼吸作用）。欲使燃燒繼續，必須常補給以石炭，在生體則相當於此者爲食物。又燃燒之結果，發生燃燒氣體，在生物亦同樣，必產生碳酐。而燃燒殘餘之炭灰，在生物卽爲排泄物。

燃料燃燒時，其中所含之化學的位置能，變化為運動能。猶如發生熱之蒸汽機關，一部分成為機械能而行工作。同樣於生物體亦由於體物質之燃燒，發生熱與機械能，而為體溫之根源及肌肉等運動之能。即生物體要亦為不斷的能的轉換之一物體系。

### 三 攝取食物

欲使火焰繼續燃燒，不可不時時供給燃料；同樣，生物體之體物質，亦由於燃燒而消耗，故有時時由體外補充原料的必要。

據能學之第一法則所說，熱機關之能量變化的總量，毫無增減，此法則亦適用於生物體。為食物而攝取之能的總量，與遊離於體外之能的總量，常相等。關於此自古已有許多實驗，犬 (Rubner<sup>①</sup>) 與

第 1 表

食 物	實 驗 數	攝 熱 量 Cal.	失 熱 量 Cal.	差 %
肉及脂肪	8	2492.4	2488.0	- 0.17
肉及脂肪	12	3958.4	3985.4	- 0.68
肉	6	2249.8	2276.9	+ 1.20
肉	7	4780.8	4769.3	- 0.24

第 2 表

人 名	實 驗 數	每日之攝熱量 Cal.	每日之失熱量 Cal.	差 %
E. O.	25	2268	2259	- 0.4
A. W. S.	3	2304	2279	- 1.1
J. F. S.	9	2118	2136	+ 0.8
J. C. W.	4	2357	2397	+ 1.7
平 均		2246	2246	—

① Rubner, M.: Zs. Biol. 30, 73 (1893).

人 (Atwater 及 Benedict<sup>①</sup>) 之例，示如第1表(犬)及第2表(人)。出入熱量之差，大體在1%以下，顯示在實驗誤差之範圍以內。由此事實推之，生物之體溫或各種活動之根源，乃全部仰給於食物所有之能力者，甚明。而熱機關之動力源為燃料之化學的位置能；則在生體內構成熱源或活動源者，亦必同樣，不可不為食物中之化學的位置能。此結論，根本上可謂正當，固不待言，唯於生體之場合，稍異其趣。

生物由外界所攝取之食物，大別為水，鹽類，醣類，脂肪，及蛋白質五類。但其中水與鹽類，對於能的變化無關，故對於溫熱發生，可置勿論。

生物體內生成有機物的始源，是植物的碳素同化作用。植物亦與動物同樣，給與種種活動的原動力者，為化學的能，但因植物無如動物之直接攝取有機物之能力，故欲造成此種化學的能，不可不借助於他種的能，即植物得由環境直接利用者為碳酐與水；此等分子之原子親和力非常強大，成為分子者沒有能的價值；欲分解而利用之，必需他種能的幫助。植物此際所利用者，為太陽光線的運動能。即植物由此方法，可造成糖類澱粉等醣類，由此可變成脂肪，或與由根所吸收之氮，合成蛋白質。如斯植物能由不含熱價值的無機物質，造成富有能的有機物質。故此等關係，與熱機關之燃料的直接利用者有異。反之，在動物則作為食物而攝取者，乃如斯合成之植物的有機物質(直接或間接)，故與熱機關之原理全為同一。

① Atwater, W. O. & Benedict, F. G.: *Erg. Physiol.* 3, 497 (1904).

#### 四 生活物質之合成

將構成生物體之所謂生活物質或體物質，分析而觀之，乃知其由許多之元素所成。其種類與見於無機物界者無異。然元素之結合，非常複雜，與在無機界者，全異其趣。此類雜物質，由於化學的構造，得分為醣類，脂肪，蛋白三種，作為食物而攝取時，其構造非必同一。故生物有將由外界攝入的食物，變化為自體的物質之合成作用之必要。

合成作用 (Aufbau od. Synthese)，為生物之物質代謝之一種過程，特稱同化作用 (Assimilation od. Anabolismus)。由能論之見地說，同化作用，是能之攝取；同時使成為化學的位置能而貯藏 (Aufspeicherung) 之，昔時同化作用之語，狹義的解釋，僅指植物之澱粉的合成 (有機物之第一次的合成)。在今日則廣指生體內有機物的合成。但於茲宜注意者，同化作用雖通稱合成作用，但其經過中，非必僅行純粹的合成；常伴有分解反應，結局乃為一種綜合的概念，指由簡單物質，新生複雜的生活物質之全過程而言。

同化作用之準備工程，必須將所攝取的食物，先取入於體細胞內。某種之物質，例如水，鹽類，葡萄糖等，雖得通過細胞壁；但食物之大多數為固體，或有大分子者，不可不分解為便於合成反應之形態之水溶性或小分子之物質。此過程，即消化作用 (Verdauung)，終了後，乃起吸收 (Resorption)；於是同化作用的過程方開始。

就合成作用之最初出發點觀察時，在植物其經過比動物遙長。何則，植物不可不由  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{N}$ ,  $\text{O}$ , 等之無機物出發；反之動物

則其食物爲既已完成之有機物也。在動物，醣類，由於酵素之作用，分解爲單醣類而吸收；再合成複多醣類。動物體內之醣類最顯著者，爲肝糖；在高等動物的肝臟肌肉等，下等動物的腸壁等處，多量存在。醣類亦有由蛋白或脂肪合成者。脂肪之合成，是食物脂肪先分解爲脂肪酸，與甘油而吸入；再由之而合成者。由於下等動物的腸壁，高等動物的乳糜管等處，得檢出脂肪的粒片而知之。又可知由醣類亦能生成脂肪。豚不特別攝取多量的脂肪，而仍富有脂肪者，卽爲此故。由蛋白之轉化，尙不明瞭。倘若可能，恐先分解爲醣類，而後轉化成者。脂肪於體細胞中成所謂體物質而存在之外，特成貯藏脂肪（Reservefett, cd. Depotfett）而存在者多。蛋白質之合成，亦多不明之點，食物蛋白以氨基酸之形吸收，而再合成云。

作爲食物而被攝入的化學物質，在生體內變化爲固有之物質之化學的機構，今日尙未完全明瞭。若以能的變化觀察之，則合成作用大體爲吸熱反應。唯在生體內特別適宜，消化合成作用，其大部分皆由於特別酵素的作用，既巧妙且迅速；而酵素反應並不伴生能的變化。因而在合成作用，熱之消費非常少。若比之異化作用之熱之發生，爲不成問題的微量。倘合成過程的消費熱量，較之異化過程的生成熱量爲大時，則生物固然不能工作，卽體溫亦不能保持矣。

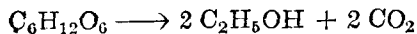
## 五 生活物質之分解

生物體之一切現象，皆由於運動能而表現。此能卽由來於循環反復之生活物質所有之化學能，當體物質分解爲簡單物質時所

遊離者。此過程在物質代謝中，稱爲異化作用 (Dissimilation od. Katabolismus)。同化作用要不外爲異化作用之準備工程。而異化作用對同化作用之能的吸收或貯藏之意相反，乃爲熱的發生或對於外部喪失之意。

生活物質之分解，有需氧的氧化分解與不需氧的非氧化分解。但非氧化分解，爲僅行於特殊之生物或特殊之場合之例外者。與遊離氧化合所行之所謂氧化分解，除蛋白質外，全部分解以迄於最終之分解物，即若不得特別能之援助，不能再使分解爲更低級物之物質。在無氧供給所行之非氧化分解，常分解至中途之階級而止。因而同量的體物質，分解時所發生之熱能，後者極少；換言之，體物質或營養物之利用率，較前者頗不完全。

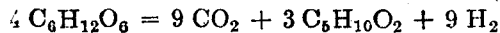
A. 非氧化分解 不利用空氣中之遊離氧的生活法，稱無氧或無氣的生活 (Anoxybiose od. Anaerobiose)。但在無氣生活，亦非與氧全然無關係者。乃生活之能力，爲利用體物質自身之分子中所含的氧者；特稱此分解，爲分子間呼吸，或分子間燃燒 (Intramolekuläre Atmung od. Intram. Verbrennung)。於植物如酵母，嫌氣性細菌，或果實等，得見此現象。酵母之生活的熱源，爲醣類。將醣類在無氣狀態之下分解之，而生碳酐與酒精。例如葡萄糖之分解爲：



由 180 g 的葡萄糖，分解爲 92 g 的酒精與 88 g 的碳酐。今將此變化作爲熱量的變化而觀之，若完全燃燒，應有 666 Cal 之葡萄糖，僅分解爲尚有 653.2 Cal 燃燒熱的酒精 (CO<sub>2</sub> 無燃燒熱)。故於

此反應所遊離的熱量，僅不過 12.8 Cal ①。故此際由於酵母所利用的熱量，僅不過 2%。然如普通時所見，葡萄糖若完全氧化分解為 CO<sub>2</sub> 與 H<sub>2</sub>O，則應有 666 Cal 之熱量發生。故由於分子間燃燒之能的利用，不可不謂為頗不完全者。

動物亦有不需自由氧而得生活者，與植物同樣，有為正常獲得能的手段者，與暫時的營此生活者。棲於泥土或腐植土等之動物，一般行此生活法。營寄生生活者，為其好例。蛔蟲為生活於動物之腸中即氧不存在之場所者，氧卻為毒物作用。據 Bunge ② 將寄生於犬貓等腸內之 *Ascaris mystax* 及人腸之 *A. lumbricoides* 置於 1% 之食鹽水，或 0.1% 之碳酸鈉溶液中，雖無氧，前者得生活 4—5 日，後者生活 5—7 日。Weinland ③ 實驗將人腸內的蛔蟲，在煮沸後之水中，得生活 4—6 日。給以空氣，則生活 3—5 日。入氫則生活 4—6 日。供給 CO<sub>2</sub>，生活 7—9 日。故在腸內發生之碳酐中，為最適於其生活者。據 Weinland 氏之分析，*Ascaris* 之身體，約由 5.4% 之肝糖，1.6% 之糖，1.5% 之脂肪，1.8% 之氮所成。使絕食，脂肪不甚減少而肝糖之消耗則甚著，此時之分解物為 CO<sub>2</sub> 與戊酸 (Valerianic acid)。Weinland 氏將此際之分解，想像為如次 (以肝糖看做葡萄糖)：



但此時之氫，實際並非遊離，殆與他物化合者。此反應亦與酒精發酵同樣，為不經濟之能的利用法。即 720 g 之葡萄糖有 2664

① 葡萄糖 1 g 之燃燒熱計為 3.7 Cal，酒精 1 g 為 7.1 Cal。

② Bunge, B. v.: Zs. Physiol. Chem. 8, 48 (1883) & 14, 318 (1890).

③ Weinland, E.: Zs. Biol. 42, 55 (1901).



Cal, 戊酸有 2020 Cal (以 1 g 爲 6.6 Cal 計算) 之燃燒價, 而發生熱僅爲 644 Cal 利用率不過 24 %。如斯非氧化分解, 將尚可利用之物質盡量放棄, 此外尚有種種之實例。寄生於牛, 馬, 羊等肝臟內之肝蛭 (*Fasciola hepatica*) 亦遊離脂肪酸 (Weinland 及 Brand<sup>①</sup>)。此事即得證明其暫時的營無氣生活。將蚯蚓 (*Lumbricus*) 置於無氧之空氣中則肝糖的分解旺行, 而生 CO<sub>2</sub> 與脂肪酸 (多爲戊酸) 云 (Lesser<sup>②</sup>)。然給以氧, 則物質代謝恢復如常, 而產生 CO<sub>2</sub> 與 H<sub>2</sub>O 等分解產物。有興味者即一定時間之無氣生活之後, 若與以氧, 則蓄積之脂肪酸一時分解, 而氧之消費量急激增加。此種無氣生活在蚯蚓亦有自然的行於冬期蟄伏地下的時候者。

由分子間之呼吸所利用之體物質, 浪費甚多, 實際以熱量計測其發熱量, 亦可證明。Lesser<sup>③</sup> 將通常之空氣與氮送於冰熱量計, 實驗蛙之產熱量與 CO<sub>2</sub> 之發生量。據其結果, 若換算爲體重 100 g, 1 小時, 則在空氣中產熱量爲 1—5 cal, CO<sub>2</sub> 爲 0.27—0.47 mg, 反之在氮中則產熱量爲 0.42—1.85 cal, CO<sub>2</sub> 爲 0.26—1.06 mg。故得分解爲 CO<sub>2</sub> 的物質之溫熱發生的比率 (利用率), 在前者爲 3.6—5.0 cal, 在後者爲 1.25—1.94 cal, 尙不及前者之  $\frac{1}{2}$  乃至  $\frac{1}{3}$ 。

如上述, 無氣生活的物質利用法爲頗不經濟者。故營此種生活之動物, 一般皆住於營養豐富之場所, 由於分解多量的物質, 而營與氧化生活者同樣的生活。

#### B. 氧化分解 產熱分量少, 即所謂浪費的生活法之非氧化

① Weinland, E. & Brand, Fr. v: Zs. vergl. Physiol. 2 (1924).

② Lesser, E. J.: Zs. Biol. 53, 523 (1910).

③ Lesser, E. J.: Zs. Biol. 51, 287 (1908).

分解，並非一般生物之正常生活法，可毋待言。許多生物，在無空氣或無氧之處，立即窒息而死者，即顯示此等生物之生活能力，不可不仰給於氧化分解也。

於異化作用，體物質在氧供給之下，果經如何過程而分解耶？此與合成作用同樣，其詳細尚未明瞭。然異化作用之最終產物，得由於生體之排泄物而知之。唯此處所謂排泄物，不含消化管之排泄物。何則？因消化管之排泄物乃合成作用之殘餘物，對於異化作用無關係也。然於實際隨動物之種類，每有兩者混合而排出者，故宜注意。異化作用之最終產物，有含氮者，有不含氮者。前者為由來於體物質中蛋白之分解者，隨動物之種類而無一定，以尿酸或脲為主要成分，此外有馬脲酸，黃花色精，亞黃花色精，腺鹼，肌肉素，及氨等。此等物質除氨外，皆為有機物，如得氧尚可燃燒。斯故蛋白非完全氧化分解，乃在中途放棄於體外。故在體中之蛋白之燃燒熱，較之在體外熱量計中得完全氧化者，必低減最終產物中所含燃燒熱之量。排泄物中之非氮物為碳酐與水。一般生於有機物完全燃燒之時。脂肪與醣類示此經過，換言之，此兩者在生體內得完全利用。食品或排泄物中所含之物質 1 g，完全氧化分解時所發生之熱量有如第 3 表(單位大卡路里)①。

如表所示，各物質之含有熱量，脂肪最多，蛋白次之，醣類為最小；平均脂肪之燃燒熱約 9.4，蛋白為 5.5，醣類為 4.1。於茲不可不注意者，此等之值為熱量計中所求得之值，並非儘能利用於生物體者。即攝取熱量與利用熱量非為同一。此有種種原因，第一之理由，

① Landolt-Börnstein.: Physik. chem. Tab. 集錄

第 3 表

物	質	燃 燒 熱	物	質	燃 燒 熱
葡 萄	糖	3.743	肌 肉	素	2.532
果 糖	糖	3.755	黃 花 色 精		4.275
蔗 糖	糖	3.949	尿 素	酸	3.395
乳 麥	芽 糖	3.948	鳥 尿 素		2.750
澱 粉	粉	3.949	馬 尿 素	酸	3.892
糊 精	精	4.183	—	—	5.658
纖 維	維 素	4.112	血 纖 維 素		5.637
肝 糖	糖	4.185	血 色 素		5.885
—	—	4.133	蛋 白		5.672
—	—	—	蛋 黃		5.745
棕 櫚	酸	9.353	消 化 蛋 白	質	5.299
脂 蠟	酸	9.532	豆 類	素	5.793
種 油	油	9.489	乾 酪	素	5.867
助 物 性 脂 肪	油	9.500	犢 肉		5.663
牛 油	油	9.231	牛 肉		5.641

爲食物之一部分，不消化而排棄於體外，例如形成野菜之細胞膜之纖維素，大部分爲糞便之主成分而遺棄；其燃燒熱雖爲 4.185 Cal，但可利用部分極少。第二之制限，即上述物質之中，蛋白質爲中途之分解物而被排棄，隨其分解物之種類而示其相當熱量之減少之利用率。在人類，蛋白之生理的燃燒熱約爲 4.1 Cal。又此外如患糖尿病，腎臟炎等病時，糖或蛋白以不燃燒之形多量排泄，故利用量極少。

食品或排泄物之熱量，用 Berthelot 之爆炸熱量計 (Bombekalorimeter) 測之。原理爲在熱之出入盡量減少之斷熱容器之中，燃燒可檢物質 (在 Berthelot 氏之裝置，將物質入於鋼鐵製之 Bombe 中，由電熱之力使燃燒)，測定容器中之水或空氣之溫度

上昇，而觀察其因此而消費若干量之熱，詳細可參考下舉之參考書①。

## 六 物質代謝熱之測定法

測定生物體內因物質變化而發生的熱量，即生物的溫熱發生量 (Wärmeproduktion od. Wärmebildung) 之方法，稱為生物熱測定法 (Biokalorimetrie)。於此有用熱量計而直接測定的直接法 (Direkte Kalorimetrie)，與由呼吸氣體之交換量計算的間接法 (Indirekte K.) 之二種。用於直接法之熱量計，由於動物之種類而有種種製法；要之，於斷熱容器中，收容生物，而測定其由於傳導與輻射給熱於容器中之水或空氣之熱者為主部分；為測定水分發散潛熱而計量水分發散量之裝置，與實驗中供給空氣之換氣裝置；不過為附屬於此者。

欲略述產熱量測定之原理，因為篇幅所不許，僅舉示參考書如次。

直接法: Bohr C. & Hasselbalch, K. A.: Skand Arch. Physiol. 14, 398 (1903).

Hári, P.: Abderhalden's Handb. biol. Arbeitsmeth. 4 (4), (1925).

Hirsch, J.: Petérffy's Meth. wiss Biol. 2 (1928).

Krummacher, O.: Zs. Biol. 69, 293 (1919).

---

① 鷗島實三: 物理化學實驗法 (1927)

Roth, W. A.: Houben-Weyl's Meth. org. Chem. 1 (1924).

Lesser E. J. : Abderhalden's Handb. biol. Arbeitsmeth. 4 (19), (1925).

Meyerhof O. : ibid 4 (10), (1925).

Rubner, M. : Tiegerstedt's Handb. physiol. Meth. 1, 150 (1911).

間接法: Benedict, F. G. : Abderhalden's Handb. biol. Arbeitsmeth. 4 (1924).

Hammarsten, O. : Lehrb. physiol. Chem. (1926).

Krause, E. : Lehrb. Stoffwechsellmeth. 1 (1928).

## 第二章 發熱器官\*

### 一 各器官之發熱之比例

生物體內營物質變化的場所為細胞；故產熱場所之單位為細胞。但各個細胞所生成的熱量極微，且各個之熱變化，立即波及於他細胞，故單獨測定，實不可能。故普通以組織或器官論產熱之場所。

單獨測定種種器官或組織因物質代謝所生成之熱量，可用熱量計直接測之；或測呼吸量，即被檢器官因新陳代謝所消費之氧或生產之碳酐之量，由計算求得之。其實施法有次述三種：

(1) 預先測定生體全體之代謝量，即呼吸量，後乃切除目的之器官，再測身體全體之呼吸量，由前者減去後者，即得被檢器官之物質代謝量。此方法為最原始的方法。因對動物須加手術，以後之物質代謝受此攪亂，且有出血之影響，故難得正確之結果。

(2) 將動物剖腹，於存在於生體之位置，測定目的臟器之氣體代謝；即觀察流入於目的器官之血液，與由此流出之血液之氧或碳酐之含量差。既知器官於一定時間消費若干  $O_2$  或生產若干  $CO_2$ ，則由此計算，可求得產熱量。

(3) 將目的之器官，由生體摘出，以血液或與其同性質之生理的溶液灌注之，可能的使置於存在於生體內同樣狀態之下，而測

\* 關於本章之事項請與第二編第二章身體各部之溫度變遷。

定氣體交換量。若條件適宜，此方法可得最正確之結果。

以上(1)與(3)亦能用熱量計直接測定，但實驗操作，概極煩雜，有許多困難。故尚簡單之時，應利用物體之總熱量與其熱容量及質量之相乘積相等之原理，單測定器官之溫度與重量及比熱，將三者相乘而得總發熱量亦可。欲知比熱之確值，實際亦非常困難，若測水分之含量可得近似值（參考第一編第六章二）。此際器官之溫度，可用深部溫度計，就切開者測之。比熱與重量，則就摘出者測之。

生體之組織中，有關於物質代謝即產熱作用之組織，主為肌肉與腺。腺以外之上皮，骨，軟骨，及結締組織等，為產熱緩慢之組織。神經系據近來之研究，在活動時亦行旺盛之物質變化，由氣體代謝之研究而得判然。表皮之變形或附屬物之羽，毛，鱗，其他貝殼，幾丁質，爪等，殆全無關係云。由上述關係，器官產熱之強弱，由於器官之腺或肌肉之多寡而定。即以此等組織為主組織之器官，乃為旺盛之溫熱生成器官。

Barcroft<sup>①</sup>就體重 7.5 Kg 之犬，於種種器官完全休息時（但心臟仍在活動中），實驗消費若干量之氧，1 分鐘間之值，得如次之結果（第 4 表）。

表中不能實驗之器官，3578 g 之中，包含脂肪組織 600 g，髓 100 g，皮膚及毛 794 g，骨 1320 g，中樞神經系 90 g，及脾臟 16.5 g。將氧之消費量作為產熱量而觀此表，產熱絕對量以骨骼肌為最多，肝及腸管約為其半，居次位；其餘器官非常少。脂肪，骨，及皮膚等，

① Barcroft, J.: *Ergeb. Physiol.* 7, 699 (1904).

之器官全部相合，其重量勝於骨骼肌，而氣體代謝不及其半。

第 4 表

器 官	器官重量 g	氧 消 費 量 cc	
		絕 對 量	對器官 1 仟克
骨 骼 肌	3235	12.9	4
心 臟	68	2.0	30
唾 腺	14	0.4	25
胰 腺	18	0.7	40
腸 管	279	7.0	25
肝	264	7.9	30
腎	44	1.6	35
殘餘器官全部	3578	7.5	—
總 量	7500	40.0	—

此結果舉一實驗之例，如前述各組織或器官之物質代謝量之測定，有種種方法，且各方法，易有種種之誤差。器官之產熱量之強弱隨實驗者而異，未必一致。Lehmann<sup>①</sup>取許多測定者之平均，而謂各種動物各器官所生溫熱之比例，大體為骨骼肌 24—50%，肝 12%，胃及腸 7%，腎 5—8%，心臟 5%，腦 3% 云。

骨骼肌為最重要的產熱器官，於任何實驗，皆為一致。此果由於如何之理由耶？因肌肉較其他器官之新陳代謝特別旺盛耶？抑因生體器官之中，肌為最多之故耶？此原因，蓋全在於後者。即肌肉的單位重量之發熱量，決非特大，卻為極少，由計算的結果可知。此關係就 Barcroft 之表，比較器官之重量與換算為 1 Kg 之氧消費量而觀之，即可了然。Winterstein<sup>②</sup>綜合犬貓及兔等種種研究，各

① Lehmann, G.: Oppenheimer's Handb. Biochem. 6 (1926).

② Winterstein, H.: Handb. norm. path. Physiol. 9, 515 (1929).



器官正常受血液之供給時，其 100 g 1 分鐘所消費的氧量，如下表所示：

第 5 表

器 官	氧 消 費 量 cc.	比 例
骨 骼 肌	0.45	1
心 臟	1.1	2.4
肝	1.1	2.4
腸 管	1.8	4
腎	2.6	5.8
唾 腺	2.8	6
腎 上 腺	4.4	9.8
脾	5.0	10.1
胰	5.3	11.8
腦 (兔)	9.4	20.1
腦 (犬)	9.95	22.1

由此表得知骨骼肌的發熱作用，原來並非特別者；而脾，胰，腦等器官之物質代謝反更旺盛，甚為明瞭。故對於溫熱生成，其量之如何，較實更有重要之關係。

## 二 肌肉之熱生產

肌肉分布於生體之各器官，對於溫熱發生，如前述，隨意肌的骨骼肌乃為最重要者。心臟肌約為 5%，次之，呼吸肌不過全代謝之 1—3% (Liljestrand ①)。附屬於消化管的肌肉，於食物攝取後之產熱作用，有重大關係(第三章三)。因無論動物在運動中，即在休息中，對於保持體溫為最重要之作用者，是骨骼肌。故就骨骼肌之熱發生之機轉，有特別討論的必要。

① Liljestrand, G.: Skand. Arch. Physiol. 35, 199 (1907).

肌肉發熱之現象，由前世紀之初期，既為已知事實。1805年 Bunzen ① 發見已死之犢及仔羊的肌肉之溫度，因刺激而上昇之事。Helmholz ② 氏亦報告已陷於強直 2—3 分鐘之蛙之摘出肌，其溫度較強直前高 0.14—0.18° 之事。此等皆為證明肌肉興奮或運動時之發熱者。唯肌在靜止中亦常行熱之生產。肌在休息中亦營氣體代謝，即其證據。例據 Sczelkow ③ 之實驗，由犬之某靜止肌流出之血液，較流入時平均 CO<sub>2</sub> 增加 6.71%，而 O<sub>2</sub> 則減少 9.02% 云。於靜止肌懸重錘而肌延長時，溫度亦上昇。斯故肌雖在休息中，亦營物質代謝而能繼續發熱。唯此際之發熱量不甚大。

肌發生熱最顯著者當然為其興奮之時。肌單行一回攣縮時，亦有可認之熱變化。最初實驗之者，為 Heidenhain ④，曾記錄由蛙之腓腸肌之單一攣縮，溫度約昇 0.001—0.005°。Smith ⑤ 報告測定由運動的肌肉流出之靜脈血之溫度，在活動激烈時，有較流入之動脈血高 0.6° 之例(蛙肌)。連續的與以刺激，使肌陷於強直狀態，則熱之生產更激。據上述 Heidenhain 氏用蛙之腓腸肌，溫度有昇 0.1° 云。肌強直為主症之破傷風病患者之體溫甚高，又死後尚持續高熱(第二編第四章七)，即為此故。肌疲勞時則熱之生產減少。

肌運動時發熱之過程，近據英國 Hill 及德國 Meyerhof 等研究，可以詳知，試稍加說明。當肌工作時，必消費多量之氧而遊離碳

① Bunzen : Beitrag zu einr kunftigen Physiologie(1805).

② Helmholtz. H. : Arch.(Anat.) Physiol. 1848 (144).

③ Sczelkow : Zs. rat. Med. 17, 106 (1863).

④ Heidenhain. R.: Mechanische Leistung und S offumsatz bei der Muskelarbeit (1854).

⑤ Smith, R. A.: Arch. (Anat.) Physiol. 1884, 261.

酐。故肌運動，顯然是由來於物質之燃燒。爲其能源者主爲醣類，尤其是肝糖。肌運動之際所起之物質變化，得分爲二段考之，第一段爲肝糖分解而生乳酸之過程。此際無須氧之消費，卽爲物質分解非必需遊離氧之無氧分解，與前述發酵同樣之現象，在肌肉內亦有之。此無氧變化之進行，在肌之作業時，卽攣縮之經過中，稱肌之作業反應 (Arbeitsreaktion)。第二段爲起於肌之運動後者，卽於作業反應所生之乳酸之約  $\frac{1}{3}$ ，攝氧而分解爲  $\text{CO}_2$  與  $\text{H}_2\text{O}$ ，所殘餘之約  $\frac{2}{3}$  利用此時所生之燃燒熱，再合成肝糖之過程。故第二段之反應爲普通之氧化反應，特稱恢復反應 (Erholungsreaktion)。

肌肉運動之熱變化，適相應於其物質之變化者，亦可分爲二段考之。作業時卽在生成乳酸之無氧反應時所遊離之熱，稱原發熱 (Initiale Wärme)。恢復時卽於消費氧之反應時所附隨之熱，稱恢復熱 (Restitutions Wärme)。此等熱變化，可於攣縮而肌長不變，唯張力變化之所謂同長攣縮 (Isometrische Zuckung) 研究之。此乃因於此種攣縮，肌不行工作，化學能，全部由於運動而變化爲熱。在肌長變化之同張攣縮 (Isotonische Z.)，則除熱外，又有機械能之發生，調查此種關係，頗爲困難也。更將原發熱詳細分析而觀之，得區別爲肌肉收縮之初期，收縮之持續間，以及弛緩時之三種之發熱。恢復熱卽起於弛緩後之發熱。原發熱因爲是由來於無氧反應之發熱，故將肌放在氧中使興奮，及在無氧之處，例在氮中使運動。其量不生變化。肌肉內之物質變化與發熱作用之量的關係，有如次：Peters<sup>①</sup> 氏測定斷絕氧之供給，使蛙肌完全陷於強直時之發熱量

① Peters, R. A.: J. Physiol. 47, 242 (1913).

每肌 1 g 記錄為 0.9 cal。以此值為基礎而計算原發熱之量，每乳酸 1 g 所生之熱為 450 cal，但 Meyerhof ① 氏將此值改為 296 cal。而恢復熱之量，據 Hartree 及 Hill ② 氏約為原發熱之 1.5 倍，即為 444 cal。云。由此等數字，於有氧或無氧之時，蛙肌由於攣縮而發生溫熱之計算表（Hartree & Hill ③）舉如次：

## 生成乳酸 1 g 之發熱量 cal

氧不存在時	總發熱量	370	
	內含	原發熱	296
		殘餘熱*	74
<hr/>			
氧存在時	總發熱量	740	
	內含	原發熱	
		{ 收縮期 178 }	} 296
		{ 弛緩期 118 }	
		恢復熱	444

如上表，原發熱之量，不論遊離氧之存在與否，皆為一定。由此可知肌作業時之物質變化，乃為非必需自由氧的分子間反應。有氧之供給時，原發熱之後，顯然有多量之熱發生，由此可知恢復熱之發生，必須氧的供給。

① Meyerhof, O.: Pflügers Arch. 195, 22 (1922).

② Hartree, W. & Hill, A. V.: J. Physiol. 56, 367 (1922).

③ Hartree, W. & Hill, A. V.: ibid, 58, 127 (1923).

\* 據 Hartree & Hill, 於肌之無氣攣縮，弛緩後又有原發熱之約 0.25 倍之原因不明之發熱云。

將以上之反應，以熱化學方程式表之如次：

肌作業時  $1\text{ g 肝糖} \longrightarrow 1\text{ g 乳酸} + 296\text{ cal (發熱反應)}$

肌恢  
復時  $\left\{ \begin{array}{l} 0.19\text{ g 乳酸(約}\frac{1}{5}\text{量)} \longrightarrow \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} + 684\text{ cal(發熱反應)} \\ 0.81\text{ g 乳酸(約}\frac{4}{5}\text{量)} \longrightarrow \text{肝糖} - 240\text{ cal (吸熱反應)} \end{array} \right.$

肌收縮所生成的乳酸之約 $\frac{1}{5}$ 量，因再成爲肝糖，故所殘餘之 $\frac{4}{5}$ 量乳酸，消費於氧化分解時之燃燒熱的一部，因而恢復熱之除淨數，爲444 cal。將肌在純氮中或氰酸鉀中使運動，則熱發生少者，即因不生恢復熱故也。

肌肉興奮時，其所含之化學能，大部分變化爲熱與工作（此外略有成爲電氣能者）。但於上述之同長攣縮，則此變化全部爲熱變化。然於肌之張力爲同一而長度有變化之同張攣縮，則隨運動能的變化，而同時發生工作的發展，故稍複雜。於同張攣縮使刺激增強而增加工作時，則熱之發生量亦見增加。欲使增加工作，實驗上以增加懸於肌肉之重錘之量爲便。因工作之量，乃等於重錘之重量與由於興奮之肌之短縮度之相乘積。欲明在同張攣縮之工作與熱生產之關係，可閱 Fick ① 之測定成績，實驗材料用蛙之上腿部之肌肉，所發生之熱量以 Mikrocalorie（使1 mg 之水上昇1° 所需之熱量）示之。

負重的工作量增加，則熱之發生量亦增加；閱下表甚明。負重增加達於某程度，使工作達於極大後，再減之，則熱之發生量對於同一錘重較前爲少，此爲肌之疲勞之影響。

---

① Fick, A.: Mechanische Arbeit und Wärmeentwicklung bei der Muskelarbeit (1882).

第 6 表

重 錘 g	短 縮 度 mm	工 作 gmm	發 熱 量 mc (W)	工 作 之 熱 當 量 mc(A)	效 率 A/W × 100
0	0	0	14.6	0	∞
20	23.25	465	18.3	1.09	6.0
40	20.05	802	19.7	1.88	6
80	17.75	1420	23.9	3.34	14.1
120	15.95	1914	24.2	4.50	18.6
160	15.00	2402	25.8	5.64	21.7
200	14.52	2905	25.6	6.83	27.0
160	15.00	2402	26.2	5.64	21.7
120	15.95	1914	23.3	4.50	19.2
80	17.75	1420	21.9	3.34	15.2
40	20.05	819	19.5	1.92	9.8
20	23.25	465	18.0	1.09	6.0
0	0	0	13.4	0	∞

## 三 肌肉以外各器官之產熱

肝 肝臟為體中最大的腺器官，略相當於腸管之重量，除營膽汁之分泌外，由腸管所吸收的物質，一旦在肝細胞內，大起變化；因而肝為次於骨骼肌之重要產熱器官。Lehmann (15 頁) 計算為占身體全體之產熱量之 12%，Lefèvre ① 計算為 30%。

曾將種種器官之溫度作比較研究之 Claude Bernard ②，亦就肝臟行最初之實驗。曾觀察流於犬之肝門脈 (Pfortader od. Vena portalis 由腸管流入肝臟之靜脈) 之血液之溫度為 39.7°，入於通過肝之肝靜脈 (Lebervene, Vena hepatica)，則上昇至 41.5°。其後以種種方法，詳細研究肝之溫熱生成者，為 Cavazzani ③。彼用

① Lefèvre, J.: Chaleur animale et bioénergétique (1912)。

② Bernard, C.: Leçons sur la chaleur animale (1877)。

定犬之大動脈血與肝之溫度，發見肝之溫度較前者約高  $0.1 - 0.5^{\circ}$  之事 (1894)<sup>①</sup>。更結縛肝門脈而測肝溫，其溫度較結紮前昇  $0.05 - 0.07^{\circ}$ 。反之縛肝靜脈使由肝之血液不流出於外時，亦見肝溫上昇  $0.1 - 0.5^{\circ}$  又彼 (1898)<sup>②</sup> 摘出肝而行人工灌流，確定由肝靜脈血液移行後大靜脈溫度常較肝門脈高。肝之溫度如斯較其他器官為高者，由於其活動性；又器官之位置占體內部之溫熱喪失非常少之場所，亦可目為原因之一。Lefèvre 氏 (前出) 將犬，兔，豚等之身體，於  $6 - 10^{\circ}$  之冷水浸漬 25 - 150 分鐘。皮膚固不待言，直腸肌肉等之溫度均非常低下，但肝之溫度不甚低；而由水浴回復於普通之空氣中時，亦以肝溫復原最速。

由肝之溫度測定，有謂彼對於體溫調節作用，非有重要關係之研究。Magne<sup>③</sup> 氏與 Lefèvre 氏同樣使動物 (犬兔) 冷水浴而測各種器官之溫度，發見由於身體之冷卻，而肌肉之溫度較動脈血之溫度尚未低下之間肝及腸壁之溫度與動脈血相同或較低。寒冷時，與體溫調節有關者主為肌肉，肝及腸管無關係云。

上述之研究，僅測肝的溫度而謂為發熱作用者，並非為肝實際生成若干之熱之研究。若欲測溫度以知之，則此外有測定比熱與質量之必要。次述之研究，皆為由呼吸量以討論此問題者。Massing<sup>④</sup> 氏剖開胸部以調查肝之氣體代謝，據其結果，家兔肝之氧消費量，

① Cavazzani, E.: Zentralbl. Physiol. 8, 73 (1894).

② Cavazzani, E.: Arch. ital de Biol. 30, 190 (1898).

③ Magne, H.: J. Physiol. et Pathol. gen. 16, 337 (1914) & 17, 912 (1918).

④ Massing, E.: Arch. exp. Path. u. Pharmak. 69, 431 (1912).

換算爲臟器重量 1 Kg 每分鐘爲 12—24 cc 云 (於 38—39°)。此結果相當 Barcroft (犬, 15 頁) 及 Winterstein 氏 (犬, 貓, 兔, 16 頁) 所示之值之 1.5—2 倍。Verzár ① 氏記錄大之摘出肝, 流出血之氧量, 較流入時減少 12%。但摘出臟器之產熱量, 一般較存在於體中時少云 (Grafe 及 Denecke ② 氏)。最近 Kosaka ③ 氏用嗎啡, 醚, 酒精等將犬麻醉而測定生體之肝門脈及肝靜脈血之溫度差, 與循環之血液量, 而決定肝之產熱量。據此兩靜脈血之溫度差平均爲 0.25°, 血液之循環量每分鐘爲 6.5—11 c (平均 8.9 cc), 產熱量達於全體之 20% 云。

消化器 消化管並非晝夜工作絕無間斷的器官, 活潑之運動限於食事之後, 但通觀 1 日, 則爲相當於肝, 腎等之重要產熱器官。消化器之發熱, 由於消化肌的運動及消化液的分泌, 而管內食物之化學的變化亦有關係。又攝取食物後, 除此等關係外, 因食物之特別作用, 身體全體之溫熱發生, 一時大爲促進 (參照第一編第三章三)。消化作用旺行之時, 由腸管至肝之門脈血之溫度, 已證實較空腹時上昇。又由肝流出之靜脈血之溫度亦高, 亦已實證 (Paechtner ④ 氏)。欲知消化系全體 1 日有若干之發熱量, 因此系由種種之器官所成, 占內臟器官之大部分, 廣布於身體; 欲得正確之值, 頗爲困難。但測各部分之溫度, 能得大體之推定 (第 4 及第 5 表)。

腎 Grijns ⑤ 氏由近於腎之輸尿管之部分, 使犬之尿流下於保

① Verzár, F.: Biochem. Zs. 34, 52 (1911).

② Grafe, E. & Denecke, G.: Deut. Arch. klin. Med. 118, 249 (1916).

③ Kosaka, T.: J. orient. Med. 12, 19 (1930).

④ Paechtner, J.: Ellénberger's Lehrb. vergl. Physiol (1925).

⑤ Grijns, G.: Arch. (Anat.) Physiol. 1893, 78.



溫瓶而測其溫度，發見較同時在頸動脈所測之血溫，平均高 $0.45^{\circ}$ 。直接測腎之溫度時，其差更大，可以想像。

心臟 心臟由不隨意肌之橫紋肌所成。因不絕行活潑運動，發熱量似甚大者。但實際因容積小，總量並不甚大。即氧之消費量在前舉之 Barcroft (第4表) 之犬，不過為全消費量之5%；在馬亦適得同一之值(Zuntz 及 Hagemann ①氏)。斯皆為兩者休息中之值。動物運動時骨骼肌之產熱異常增加，關於心臟之熱生成之比例更低。馬作普通運動時，僅為3.77%(Zuntz 及 Hagemann 氏)，然以運動及其他原因，而脈搏及呼吸數增大時，其絕對量之增加，可不待言。

上述各種器官之外，大腦亦為產熱器官，人類之腦比其他動物為大，故可推定相當之發熱。又生體中，此等以外，尚有種種司外分泌及內分泌的腺器官，換算為單位質量之產熱量，有較肌肉等為大者。但因小形，對於身體全體之產熱量，殆不顧及。又雖實測其溫度，但因小形，大抵不能辨認其直接影響於他部，引起活動而使溫度上昇。茲舉一例介紹關於唾液腺之發熱之議論如次；昔時研究，認為唾液腺之活動中，腺自身或分泌液之溫度變高。例如有謂由犬之領下唾液腺所分泌之唾液的溫度，較頸動脈血高 $1-1.5^{\circ}$ 之學者(Ludwig 及 Spiess ②氏)。又 Claude Bernard ③氏亦認分泌作業中，唾腺(犬)的溫度較高，由彼流出之靜脈血之溫度，亦較流

① Zuntz, N. & Hagemann, O.: Landw. Jahrb. 17 (1898)

② Ludwig, C. & Spiess, A.: Zs. rat. Med. 2, 361 (1858).

③ Bernard, C.: Lecons sur la chaleur animale (1847).

入時爲高溫。然 Bayliss 及 Hill<sup>①</sup>氏等，確定唾液決非較唾液腺或包圍導管周圍之組織爲高溫，而反駁 Ludwig 等之結果，乃因插入頸動脈之溫度計，非浸漬於真流於其處之血液中，以致觀察得較實際爲低溫之結果。

要之，生體內之主要產熱器官，爲物質代謝之旺盛而質量大之器官或組織。小形或物質變化緩慢之器官，殆可謂爲無甚關係。

---

① Bayliss, W. M. & Hill, L.: J. Physiol. 16, 351 (1894).

### 第三章 對於發生溫熱之影響

#### 一 標準物質代謝與基礎物質代謝

生物體內所行之物質變化或燃燒作用，由於體內或體外的種種條件而大變化。就中肌肉的運動，食物的攝取，環境的溫度等，為對於生物之熱發生，影響最大的條件。故由於此等影響之有無或強弱等，生物之物質代謝及基因於此之溫熱生產之程度甚異。因而欲就各種生物，或同一生物之種種時期，比較溫熱生產之強弱時，有先規定某種普遍的標準量之必要。

生物體在於完全不動之安靜狀態，即骨骼肌不運動，又消化器官不營消化及吸收等作用之時，所行之物質代謝，稱為安靜時代謝（*Ruhestoffwechsel*）。此時之物質代謝，為表示生命維持所必要之最小量者。欲保持生命，至少必需此物質代謝之量。因此，安靜時代謝亦可稱為維持代謝（*Erhaltungstoffwechsel*）。安靜時物質代謝之測定，在人類由於自由意志，比較的容易得此狀態。在動物如欲置之於不動狀態，多有用人力固定之必要。然因此而動物或跳或跑，表現苦悶或興奮狀態者多。故此時必須使其麻醉。在自然狀態，以熟睡中為最善。又在卵或蛹之狀態行此測定，為最理想的。

嚴格的說，欲求生物之安靜時物質代謝，非常困難。何則？肌肉之完全弛緩或休止之狀態，不過保持極短時間，故雖一見似為理想之夜間寢中，於長時間之間，有轉輾等之肌運動，又於肌亦保持

一定的緊張狀態。日中靜坐時，亦為同樣。周圍之光明對於物質代謝，為一種刺激。例如據 Johansson ①氏以自身測定之成績，以碳酞之呼出量代表安靜時代謝。在臥床中，於1小時為 20.7 g。室內在椅上休息時，為 33.1 g。據細心注意此等點之 Benedict 及 Cathcart ②氏之測定的結果，人類之安靜時物質代謝之大，1分鐘，換算體重為 1 Kg，則  $O_2$  之攝取量為 3.28—4.09 cc，而  $CO_2$  之排出量為 2.86—3.49 cc 云。

Krough ③由於以安靜時之物質代謝，為表示各種生物之物質代謝之標準之見地，因命名為標準物質代謝 (Standard metabolism)。更進而考之，可由此區別基礎物質代謝 (Basal metabolism) 之概念。此為嚴格意義之絕對的休息時之物質代謝。即假定在標準物質代謝時尚有之心臟的搏動，呼吸運動，腺活動，肌的緊張等，為物質變化的原因之作用，完全休止時的代謝。此種代謝遠較安靜時物質代謝為小，不能實測，不過是一種理論的定義。有時兩者往往混用。德語教科書中所見之 Grundumsatz 之語，多與 Ruhestoffwechsel 同義使用。但由字義說，寧以 Krough 氏之 Basal metabolism 之意解之，而與 Ruhestoffwechsel 有區別，似為更妥。

生物之標準物質代謝，如上述，一般為限定的或理論的。其行於實際者，為時極短。即物質代謝由於體內體外之種種事情，而常有變化。因而與物質代謝殆得同意義解釋之燃燒作用，即為體溫的源泉之溫熱生成作用，亦由於此等條件而不一樣。

① Johansson, J. E.: Skand. Arch. Physiol. 9, 143 (1898).

② Benedict, F. G. & Cathcart, E. P.: Carnegie Inst. Publ. 187 (1913).

③ Krough, A.: The respiratory exchange of animals and man (1916).

對於物質代謝之內的條件，即生物體之形態學的或生理學的狀態之謂。在本項，專討論其中影響較顯著之體重與表面積，攝取食物，及肌肉的運動之三條件。外的條件以環境之溫度為最大條件，此外環境之化學的性質，即氧，碳酐，及水等之有無多少，光線狀態等亦為重要因子。在此處僅述溫度之影響。因此等各因子之獨立或聯合作用，生物之物質代謝，隨晝夜，四季，發育時期，棲息場所等而異。因而體溫亦由此等關係而不一樣。

## 二 與體重及體表面積之關係

物質代謝之原理，一切動物皆為同一，故就單一之細胞或同量之原形質，在同一之外的條件之下所行之基礎代謝之大，各種動物，殆不可不大體相同。但實際則不但由於生物的種類，亦由於各個體，而各有特殊之代謝量 (Spezifische Stoffwechselintensität)。又為此等細胞及原形質之集合體之生物體的大小，隨種類個體而決不一樣；從而身體全體之物質代謝或能之交換量，種類不同，固不待言，即於同種異個體間，亦相互著異，乃當然之結果。如斯相異之種類或個體之代謝量相互比較時，用如何之方法為宜耶？換言之，換算為如何單位而可判斷相互之強弱耶？關於此點，自古有許多議論，迄今尚無滿足之標準。次稍詳述此問題。

比較代謝量之最理論的尺度 (Massstab)，為於物質代謝實際有關之原形質的容積 (Volumen)。由此意義，在密度同一之原形質間，以重量 (Gewicht od. Masse) 為比較單位，自屬正當。但一方物質變化，必須一切關係物質通過原形質境界之細胞的表面為

前提。故不僅容積成問題，而活動細胞之表面 (Oberfläche)，亦受限制云。對於單一細胞，兩說究以何者為當，因實驗困難，不能驟決。故對於身體全體以重量為單位，抑或以表面積為單位之問題，尚有議論。例如測 1 頭動物之體重，其中骨骼，毛髮，爪等實際無關於物質代謝，又含雖有關係而程度極微之組織，更含對於燃燒作用無關係之水，鹽類等。尤其是生體之含水量，占體重之大部分，若合以骨骼等，則體重之大部分，乃由與物質代謝無關係之重量所成立者。故此等無關係體物質之量，若非彼此相同時，則體重換算法，大有誤差。若欲除此缺點，須換算為同一的有機物質量，如不要求若斯嚴密之值時，則因動物之蛋白質占此種有機物之大部分，故用含有氮量為比較單位亦宜。但欲施諸實際，則因不可不於實驗後，殺死供試驗之動物而求其定量，故多不便。於體表面積亦然。例如以呼吸量代替物質代謝量時，就營肺呼吸之動物，漠然測定其皮膚全體之面積，非為理論上有關係之表面積。因上述理由，雖以個體之代謝量換算體重或體表面積，皆不能得滿足之結果。故此等不過為比較的標準，欲求理想的標準，有如上所述許多困難。惟通常體重與體表面二者，為一般所用。次論此二性質對於物質代謝有如何關係：

屬於同一屬或同一種的動物，換言之，即形態學的及生態學的近緣之動物間，身體大因而體重亦大之動物，其物質代謝之絕對量 (Absolute Grösse)，較身體小即體重小之動物常大，因營代謝組織之容積大也。然換算為 1 Kg 或 1 g 之單位體重之比較量 (Relative G.)，則小形 (體重小) 者較大形 (體重大) 者大時為多。此事實距今

約100年前已惹 Sarrus 及 Rameaux ①氏 (1838), Robiquet 及 Thillaye 氏 ②(1839), 及 Bergmann 氏 ③(1848) 等之注意。尤其是 Bergmann 氏留意於小動物之食物攝取量較大動物為多, 因而認為動物之生熱, 並非比例於其體重乃比例於其體表面者, 以此為支配動物分布之重要條件。動物地理學上所謂 Bergmann 法則(參考第二編第四章三) 即發軔於此論文。然將此表面積的關係, 與以實驗的而又精確之基礎者, 為 Rubner ④氏之 1883 年之論文。表面積之法則 (Oberflächengesetz) 別稱為 Rubner 法則 (Rubner'sches Gesetz) 者, 即因此。Rubner 氏測有種種體重之犬之發熱量, 換算為一定體重 (1 Kg) 及一定體表面積 (1 sq. m) 得如左表的結果。

第 7 表

體 重 Kg	產 熱 量 Cal	
	對 體 重	對體表面
31.20	34.7	1036
24.00	49.0	1112
19.80	45.9	1207
18.20	46.2	1097
9.61	65.2	1183
6.50	66.1	1153
3.19	88.1	1212

換算為單位體重之發熱

量, 體重小者愈多, 體重大者愈少。然對於單位皮膚面積之值, 不論體重之大小, 殆為一定。氏考此原因以為如次: 動物愈小, 則其體表面積較體重或體容積為大。動物之形若假定為球形,

直徑 2 cm 之球之表面積為 12.56 sq. cm, 容積為 4.19 cc.。但直徑為 4 cm 則表面積為 50.24 sq. cm, 容積為 33.49 cc.。小球之容積為

- ① Sarrus & Rameaux: Compt. rend. Acad. Sci. 6, 338 (1838).  
 ② Robiquet & Thillaye: Bull. Acad. roy. de méd. 3, 1094 (1839).  
 ③ Bergmann, C.: Über die Verhältnisse der Wärmeökonomie der Tiere zu ihrer Grösse (1848).  
 ④ Rubner, M.: Über den Einfluss der Körpergrösse auf Stoff- und Kraft-wechsel. Zs. Biol. 19, 536 (1883).

大球之約  $\frac{1}{8}$ ，但其表面積爲其  $\frac{1}{4}$ 。故對於容積 1 cc 之表面積，在小球爲 3 sq.cm，大球則爲其一半之 1.59 sq.cm。如斯小動物之體表面，對於同一容積(同一體重)，較大動物爲大。然一方動物之溫熱之喪失，大部分由於皮膚面(溫血動物約 80%)。故皮膚面若比較的大，則喪熱量之比例亦大。然溫血動物須保持體溫於一定，必須不絕的補其所失之熱。故物質代謝或燃燒作用，並非比例於其體重，乃全受體表面之制限者。

Rubner 法則之物理學的基礎，見於 Newton 氏物體冷卻之法則(第一編第四章七)。Newton 氏之法則爲規定物體在單位時間內所失之熱量之比率。不但物體與周圍之溫度差，體表面之關係，亦顯然包於其中。即體表面若爲 S，則冷卻速度 Q 爲

$$Q = A \cdot S (\theta - \theta') t$$

此事實，當論表面積之法則時，爲從來生理學者所遺忘。但溫熱喪失之三大型式之傳導，輻射，及水分發散，若皆以爲是體表面現象，則表面積之法則，亦基礎於 Newton 氏之法則，自易肯定。

自 Rubner 氏之研究發表以來，表面積之關係，對於物質代謝之量的生理，爲一種刺激，隨研究之進展，而有贊成與反對之兩說。據贊成論者，此法則不僅於近緣種，即遠緣之動物間，亦能適用云(參照第 70 第 71 表)。例如據 Volt ① 氏由 2 Kg 之雞以至 441 Kg 之馬，對於各種動物 1 sq.m 之體表面之產熱量每小時平均爲 0.97 Cal 云。又 Rubner ② 自身亦發表次述之結果。表之數字爲換算爲

① Volt, E.: Zs. Biol. 41, 113 (1901).

② Rubner, M.: Die Gesetze des Energieverbrauches b.i der Ernährung (1902)



體表面 1 sq.m 及 24 小時之值。

表面積之法則對於物質代謝或發熱作用之關係，非必如 Berg-

第 8 表

種 類	產熱量 Cal
人	1042
豚	1078
犬	1039
兔(耳除外)	917
天竺鼠	1246
鼠	1183
鵝	967
雞	943

mann 氏或 Rubner 氏等所唱置，論據於體溫調節作用。何則，同法則因外氣之高溫，或麻醉等，而溫血動物之熱中樞的機能減退或缺損時，及日常與之有同樣關係之冷血動物，亦得適用之場合甚多故也。Putter<sup>①</sup> 氏就魚之測定值示如次：

將體表面積作正確之測定，頗不容易。大多由體重或體長等所計算者。Rubner 法則可適用時，將物質代謝，雖換算為體重單位，相比較的動物之體重，彼此相差不甚大時無大誤差。何則？體表面積之大者，體重亦大故也。假定生物為球，則其體積為  $\frac{4}{3} \pi R^3$  ( $R$  半徑)，表面積為  $4 \pi R^2$ 。若為圓柱體，則體積為  $\pi r^2 h$  ( $r$  底圓半徑，

第 9 表

種 類	體 重 或 體 長	O <sub>2</sub> 消費量 1 小時 mg	比		
			體 重	體 表面	氧
Scorpaena	18 g	7.05	1	1	1
	570	64	32.2	10.1	9.1
Heliast.s	18 mm	0.12	1	1	1
	39	0.6	10.1	4.68	5.0
	74	2.6	70	17	21.6

① Putter, A.: Vergleichende Physiologie (1911).

h 高), 表面積為  $2\pi r(h+r)$ 。兩者體積或表面積皆半徑愈大而愈增。而於密度或比重同一之生物間, 因體積能代表重量(∵容積一重量), 故體重亦與表面積同樣, 隨身體之大愈增而愈增加。因而體表面大者, 體重亦大。由上式得知體表面及體重之對於身體之大之

第 10 表

體 重 g	3 日同 水分發散量 mg	對 1 仟克 1 小 時水分發散量 g
1.4867	5.3	1.1883
1.5110	5.1	1.1251
1.5826	3.7	0.7293
1.6456	5.7	1.1483
1.7163	5.5	1.0682
1.7276	6.0	1.1576
1.7563	4.1	0.7782
1.7568	3.4	0.6451
1.7639	5.2	0.9326
1.7909	7.1	1.3214
1.8205	5.4	0.9387
1.8827	3.8	0.6728
1.9372	9.3	1.6002
1.9599	4.9	0.8334
1.9679	4.7	0.7963
1.9921	8.3	1.3888
2.0033	4.2	0.6988
2.0256	5.7	0.9379
2.0483	4.6	0.7485
2.1324	6.6	1.0317
2.1615	7.9	1.2183
2.2497	5.5	0.8149
2.2893	6.7	0.9755
2.3185	6.0	0.8626
2.3331	8.3	1.1858

增減之比例有異。其程度前者較後者為大。故體重相差不甚大之種類, 或個體間, 體重亦得認為稍近於真之代謝強弱之標準。然甚大時, 則不可, 固毋待言。

如上與體重成比例者, 因其隨體表面之擴大而增大故也; 換言之, 體重換算法之原理, 存於表面積之法則; 但是亦有顯然與體表面無關而與體重成比例者。著者<sup>①</sup>曾以冷血動物為材料, 調查殆可代表其全部溫熱發散之水分發散作用與體重之關係, 而

① 小泉精明: Mem. Fac. Sci. Agri. Taihoku Imp. Univ. 12, III Mitt. (1934).

所得結果如第 10 表所示，顯與體重成比例。材料是用天蠶之蛹 (♂)，體重換算為 1 Kg 之水分量，大體一定。此時表面積律若可適用，則體重愈大，相當單位體重之值，有不可不減少之理。

又此實驗因體重之變異，僅在 1g 以內，故表面積之關係不能顯現，但示於第 11 表之軟動物之實驗，則顯不如此 (Liebsch ①)。

如斯不符合於 Rubner 法則之實例甚多，考其原因，例如蝸牛等體表有特別之被覆物，致代謝受其限制；或如昆蟲以 10 對以下之氣孔，交換氣體而皮膚由密厚之幾丁質所成，故其體表面實非代表代謝活動之表面，或生體之種種內的條件，例如肌肉之運動，食物之攝取等恐皆與之有關。故適用此法則者，至少可供比較之動物須有形態學的及生理學的近緣關係，且內外狀態亦呈同樣之時。於遠緣之動物，若可適用者，則因上舉之條件，為比較的近似者。

第 11 表

種類	體重 g	體重 之比	表面積 之比	O <sub>2</sub> 消費量 cc	同左 比	備考
<i>Chilotrema laticida</i>	0.621	1	1	33	1	} 於體重 含殼
<i>Helix hortensis</i>	1.864	3	2.05	94	2.4	
<i>Helix pomatia</i>	21.215	34	10.5	1188	31	
<i>Chilotrema laticida</i>	0.5	1	1	63	1	} 不 含
<i>Helix hortensis</i>	1.75	3.5	2.3	197	3.3	
<i>Helix pomatia</i>	20.65	41.3	11.9	2230	36.6	

要之，物質代謝之比較單位，求之於體全體之重量或表面積，皆可謂為無理。欲求正確比較時，宜考慮及實際有關之所謂活動細胞之容積(重量)或其表面積。

① Liebsch, W.: Zool. Jahrb. Physiol. 46, 161 (1928).

## 三 攝取食物之影響

同化作用的結果轉成體物質之食物，由於呼吸所得的  $O_2$  或含於分子中的  $O_2$ ，而燃燒，其結果乃發生溫熱，已如前述。此種異化作用之發熱，由於食物之攝取 (Nahrungsaufnahme) 作用而增加，為已知之事。即食物亦為對於產熱之一種刺激。

食物攝取之促進燃燒，與二事有關，一為食物之量，他為其質。量多時較少時，物質代謝為旺；故當食後，呼吸作用旺盛。據 Magnus-Levy ① 氏攝取燃燒價 2400—2500 Cal 之混合食物後，則氧之消費量，比空腹時 (217.4 cc) 增加如表所示 (第 12 表)。Rubner ② 氏就犬與以種種量之肉而測定之結果，於氣溫  $20.2^\circ$  有如第 13 表 (對體重 1 Kg, 24 小時, 單位 Cal)。

第 12 表

食後之時間	1	2	3	4
朝 食	27	27	16	6
晝 食	40	35	27	19
夕 食	33	23	12	6

食物之種類亦可影響異化作用之大小。作用之最大者為蛋白質，醣類次之，脂肪為最少 (參考 Rubner ③ 氏；Lusk ④ 氏)。例據 Magnus-Levy 氏 (前出)，吾人攝 210 g 之豚油時，於食後 8 小時間

① Magnus-Levy, A.: Pflügers Arch. 55, 1 (1894).

② Rubner, M.: Arch. Hyg. 11, 137 (1890).

③ Rubner, M.: Die Gesetze des Energieverbrauches bei der Ernährung (1902).

④ Lusk, G.: The elements of the science of nutrition (1928).

所吸之氧量，比食前增加 6—8%。若爲澱粉 140—160 g，則增加 8%。牛肉 250—310 g，實增加 16—22% 云。如斯由食物之種類而特別增進燃燒作用之現象，Bubner 氏命名爲食物之比動的作用 (Spezifische dynamische Wirkung der Nahrungsstoffe)。

第 13 表

食餌量 g	饑餓時	100	200	350	390
產熱量	53.5	55.9	57.9	74.2	75.8

攝取食物而能促進體中燃燒作用之原因，Zuntz & Merin<sup>①</sup>，Magnus-Levy, Cohnheim<sup>②</sup> 等推考爲消化器官之活動。因攝取食物而營消化，分解，及吸收等之工作；即唾液，胃液，胰液等之消化液之分泌，咀嚼，腸胃蠕動等之肌肉運動；遂使物質代謝較之空腹時爲促進。故雖直接注射種種之物質於血液內，代謝並不增高。反之，自口內的攝入時，雖無營養價值之物質，亦使代謝亢進云。對於 Zuntz 派學說，Rubner 氏謂攝食未必常能增進燃燒作用，食物少量時，或氣溫低時，則無影響云。比動的作用之原因，乃已消化之食物被吸收，而隨血液循環於體內；此對於物質燃燒乃爲一種之刺激 (Rubner 氏)。據 Lusk<sup>③</sup> 氏此刺激效果，由於氨基酸及葡萄糖，尤以前者爲著，蛋白之作用所以爲最大者，即此故也。

對於冷血動物，食物的攝取得增進物質代謝之事，亦可實驗。如蛭爲吸收蛋白質(血液)的動物，其比動的作用，非常顯著。Jolyet

① Zuntz, N. & Mering, J. v.: Pflügers Arch. 32, 173 (1883).

② Cohnheim, O.: Arch. (Anat.) Physiol. 1906, 427.

③ Lusk, G.: J. biol. Chem. 30, 8 (1915).

& Regnard ① 氏之實驗結果，空腹時氧之消費量每小時為 22.9 cc (對體重 1 Kg 水溫 13.5°) 者，因吸血關係約增 75 % 而為 39.7 cc。Knauth ② 氏於鯉與以種種之人工食餌，而詳察食後之呼吸量。據云蛋白質則增 30%，纖維素多而蛋白少之食餌，增 50%，攝取如水蚤之由蛋白與幾丁質所成之動物時，代謝量約增加食前之 2 倍云。

動物長期間不攝食物，使陷於飢餓之狀態時，能犧牲自體物質以維持其生命。故物質代謝之速度，除非飢餓極度進行，並非如一般所想像之甚減退。因而呼吸量，循環，肌肉，神經等之機能，亦與普通時無多異。概觀從來之研究，於斷食之初期，見其急激減少，以後長時間保持原狀，至死之直前，始再急減。據 Rubner ③ 氏人類飢餓時之代謝量，較普通時減 7—8 %。據 Magnus-Levy ④ 氏，不會

第 14 表

條 件	對 體 重 1 Kg 產 熱 量 Cal
普通食後之日	39.9
絕食第 1 日	33.2
絕食第 2 日	32.6
絕食第 3 日	31.2
絕食第 4 日	31.1
絕食第 5 日	31.2
攝食第 1 日	38.1
攝食第 2 日	36.8

減少至 15% 以上。左表示 Tiegerstedt ⑤ 氏及其共同研究者之測定例。

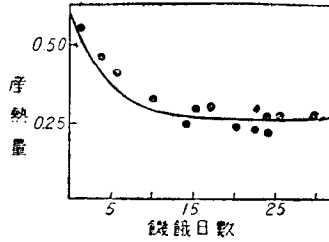
冷血動物對於飢餓之抵抗力，比溫血動物著強。若條件適宜，有得維持年餘者。此因冷血動物所消費之能量遙少故也。然物

- ① Jo'yet, F. & Regnard, P.: Arch. de Physiol. II. 4, 44 (1887).
- ② Knauth, K.: Pflügers Arch. 73, 490 (1898).
- ③ Rubner, M.: Die Gesetze u. s. w. (1902).
- ④ Magnus-Levy, A.: Pflügers Arch. 55, 1 (1894).
- ⑤ Johansson, J. E. Landergren, E., Sonden, K. & Tiegerstedt, R.: Skand Arch. Physiol. 7, 29 (1896).

質代謝於飢餓時之經過，與溫血動物全為同樣。試舉 2,3 之例。  
第 15 表為蚯蚓 (*Lumbricus terrestris*) 15 頭之氧消費量 (mg) 於  
溫度 15° (朝 — 23° (日中) 之空氣中，為 Lesser ① 氏所測定者。

第 15 表

飢餓日數	O <sub>2</sub> 消費量	飢餓日數	O <sub>2</sub> 消費量
1	79.5	20	—
2	81.2	21	47.0
3	70.2	22	54.6
4	92.8	23	46.3
5	86.9	24	64.7
6	82.9	25	40.2
7	63.7	26	53.2
8	58.1	27	45.6
9	56.2	28	62.4



第 1 圖

蛙之產熱量亦與蚯蚓同樣。初期減退，但其後長期間止於略一定量。(Hill ②，參照第 1 圖產熱量換算為體重 1 Kg, 1 小時者，單位 Cal。)

#### 四 肌運動之影響

肌運動時，發生多量之熱，前已述及。茲就其對於個體全體之產熱量，有如何之影響述之。為脊椎動物骨骼肌之橫紋肌活動時，燃燒盛旺，固毋待言。即為內臟肌之平滑肌，營特殊的運動時，亦為重要的熱源。由於前述食物攝取後，因消化器官的活動，而代謝變旺之事實可知。此事就全體皆由平滑肌所成的下等動物，亦得實

① Lesser, E. J.: Zs. Biol. 50, 419 (1908).

② Hill, A. V.: J. Physiol. 43, 379 (1911).

證。例如蠕蟲類之肌，大部分為平滑肌。但其機能，實類似於橫紋肌。運動之時，發生多量之熱。又此動物之肌肉，與高等動物之骨骼肌同樣，能行同張，同長兩種攣縮。Cohnheim及Uexküll<sup>①</sup>氏報告蛭營特別之運動(旋體運動)後物質代謝，較靜止時約增加4倍。又兩氏於蛭之吸盤懸以種種重錘，使全體收縮，而測定其時之物質代謝量，得如次表之結果。

第 16 表

負 錘 g	O <sub>2</sub> 消費量 1 小時 mg
13	6.4
21	6.8
24	7.6
40	7.7
42	7.9
46	11.2
72	12.0

軟體動物之肌肉，同為平滑肌，但與蠕形動物或高等動物之同種肌肉全異；由於運動而燃燒作用殆無增加。據Weinland<sup>②</sup>氏之計算，蚌(nodonta)之貝殼開閉運動，若1小時反復8回，則發生2 Cal之熱，實須八個月云。又Parnas<sup>③</sup>氏就簾蛤(Venus)，海扇(Pecten)，文蛤(Cytherea)等海產貝

類之貝殼，使負1Kg之重錘，而實驗閉殼肌所消費之能，乃知因運動之有無，消費之氧量殆無可認之差異云。此關係就蝸牛等之腹足類亦為同樣。此種由於運動而物質代謝殆無變化的肌肉，稱為緊張肌(Tonusmuskel)。

節足動物之肌肉，全部為橫紋肌，且富於活動性。故由於跳躍飛翔等之運動，而熱之發生激增，不難想像得之，但實驗不多。

① Cohnheim, O. & Uexküll, J. v.: Zs. physiol. Chem, 76, 314 (1912).  
 ② Weinland, E.: Zs. Biol. 69, 1 (1919).  
 ③ Parnas, J.: Pflügers Arch. 134, 141 (1910).



Buddenbrock ① 謂昆蟲之物質代謝飛翔時較靜止時增加 40%。著者② 雖未直接測定產熱量，但間接就代表產熱量之水分發散量，而比較觀之，乃知稱為 *Danais plexippus* 之蝶，飛翔較靜止時約增 2 倍云。

在溫血動物，肌肉之運動雖極微弱之際，體全體之燃燒量亦增加，而呼吸氣體之交換量變大。故雖同為休息，臥躺與起立時產熱量不同。如犬貓橫臥而休息者，與如馬之直立而休息者，亦呈此關係。運動若激烈，則發熱量激增，固不待言，即散步於平坦之道路，發熱量亦倍加。勞動激烈時，得見 6—7 倍或其以上之增加 (Magnus-Levy 及 Falk ③ 氏)。第 17 表為示體重約 70 Kg 之人，於 1 分鐘內所呼吸之氧量，因運動之種類而異者。

第 17 表

運動之種類	O <sub>2</sub> 消費量 l	觀 察 者
腳 踏 車	3.0	Benedict & Cathcart
腳 踏 車	2.8	Campbell, Douglas & Hobson
腳 踏 車	3.2	Lindhard
游 泳	2.8	Liljestrand & Stenstrom
滑 冰	3.1	” ”
滑 雪	3.8	” ”
跑 步	3.5	” ”
跑 步	4.2	Hill, Long & Lupton

職工從事其職業之工作時，能之代謝量，依工作之種類而異。其比例，據 Wolpert ④ 氏，手縫裁縫婦 13，寫字生 17，石板匠 20，機

① Buddenbrock, W. v.: Grundr. vergl. Physiol. (1923).

② 小泉清明: Mem. Fac. Sci. Agri. Taihoku Imp. Univ. 12, III, Mitt. (1934).

③ Magnus-Levy, A. & Falk, E.: Arch. (Anat.) Physiol. 1899, 314.

④ Wolpert, H.: Arch. Hyg. 26, 32 & 68 (1896).

器裁縫 37, 機械職工 44, 靴匠 47。

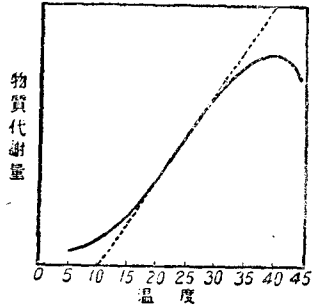
鳥於飛翔跳躍時其呼吸量亦見激增。Groebbels<sup>①</sup>氏測定金絲雀之代謝量因跳躍而增加 36 (氣溫 22—23°)—38% (14—15°)。鳥類及昆蟲等必能於飛翔之時發生極大之熱。但因實驗困難, 報告甚少, 殊為遺憾。鳥鳴啼時與乳兒哭泣時皆能增加產熱量。

如上述, 由於肌肉之活動而增加熱之發生, 為對於體溫調節作用, 有重大之關係者(第二編第四章二)。

## 五 溫度之影響

環境之溫度對於產熱的影響, 溫血動物與冷血動物不同。在後者其物質代謝隨溫度之昇降而增減。在前者由於其種類而有物質代謝之最小之溫度, 外溫較彼下降或上昇時, 代謝量皆增加。

論冷血動物之物質代謝與外溫之關係, 著者<sup>②</sup>當於別書詳為介紹, 茲僅簡單述其要點。冷血動物之物質代謝的速度(單位時間之量)與外溫的關係, 如以模型圖示之, 則在理想的場合, 大抵如第 2 圖所示之曲線。



第 2 圖

在被檢動物之正常棲息環境之溫度的範圍內, 代謝量之增加, 正比例於溫度之上昇, 而為直線。此範圍之溫度稱 *Mittelere Tem-*

① Groebbels, F.: Zs. Biol. 70, 477 (1920).

② 八木誠政, 小泉清明: 函數生物學 (1930).

peratures (Medial temperatures)。此範圍果爲如何界限耶？則依動物之種類而不一定，大體以  $15-25^{\circ}$  之範圍爲最多，如蟲常賴吾人之體溫而得生活，故其範圍達  $30^{\circ}$  以上。此速度曲線之直線範圍，較爲狹隘，大抵稀有在  $20^{\circ}$  以上者。溫度超過此範圍而升高時，則代謝量增加之比例，漸次減少，曲線離開直線而漸漸傾於水平。溫度更昇，曲線結局下降。其次溫度若爲直線範圍以下之低溫，則代謝量之減少率漸次減少，而曲線離直線，斜平行於橫軸，卻示向上的傾向。

以上之傾向，由對於溫度  $10^{\circ}$  之上昇之增加率，即 Van't Hoff 之溫度係數  $Q_{10}$  之值而判斷之。一般於低溫範圍，由於溫度之上昇代謝量之增加之比例大，於高溫範圍則小云。Krough ① 氏對於茶米蛾 (*Tenebrio molitor*) 之研究常引爲此事實之例證，該甲蟲(蛹)之氧消費量(對 1 Kg 1 小時)之  $Q_{10}$  之值，示如右表。

第 18 表

將溫血動物長時間冷卻或加溫或注射克拉克雷，或切斷脊髓，則動物喪失體溫調節能力，而發熱作用之對於外溫之關係，全與冷血動物相同。又冬眠

溫度	O <sub>2</sub> 消費量 cc.	Q <sub>10</sub>
10	43.5	
15	104	5.7
20	185	3.2
25	300	2.6
30	445	2.2
32.5	529	2.2

中之動物，新生兒，一穴類及有袋類等低級溫血動物，於自然狀態之下雖加以人工，其物質代謝之變化亦與冷血動物相似(第二編第五章)。然在一般溫血動物，其體溫調節機能，得保持正常之期間；

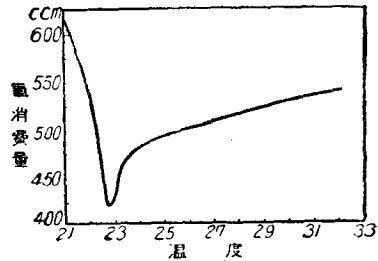
① Krough, A.: Zs. allg. Physiol. 16, 163 (1914).

第 19 表

小形,長毛,體重 4 仟克		小形,短毛,體重 4 仟克		同左,營養良,體重 4.8-5.8 仟克	
氣 溫	產 熱 量	氣 溫	產 熱 量	氣 溫	產 熱 量
7.6	86.4	5.1	121.3	7.3	120.5
15.0	63.0	14.4	103.9	15.5	83.1
20.0	55.9	23.3	70.9	22.0	67.0
25.0	54.2	—	—	—	—
30.0	56.2	30.6	62.0	31.0	64.5
35.0	68.5	—	—	—	—

體中燃燒作用對於外溫之關係,非如冷血動物之完全追隨外溫;於某限界內,對於外溫之昇降,行顯顯之變化,即溫度降,則物質變化變旺而產熱量增加;因此可使體溫不隨外溫之低下而降低。如斯調節物質代謝而保持體溫於一定之作用,稱化學的體溫調節作用 (Chemische Wärmeregulation)。然此調節作用有限界,溫度若超過某範圍而變高,則代謝再行增加。故溫血動物,生存於物質代謝最少而於外溫之變化不甚受影響之溫度範圍。此溫度稱 Neutral-temperatur 或 Indifferente

temperatur。溫血動物之物質代謝,對於溫度之關係,因詳後章化學的體溫調節作用項下,茲不贅述;僅表示或圖示 2,3 實測成績。



第 3 圖

第 19 表為 Rubner ① 氏就犬用熱

量計所測之產熱量(對 1 Kg 24 小時,單位 Cal),第 3 圖示雞之氧消費量(對 1 Kg 1 小時,測定者 Gerhartz ② 氏)。

① Rubner, M.: Die Gesetze u. s. w. (1902).  
 ② Gerhartz, H.: Landw. Jahrb. 46, 797 (1914).

## 第四章 溫熱之喪失

### 一 放熱之三大形式

生物體中，不絕的發熱。此熱若全部保留於體中而毫不失於外部：則體溫昂騰，早晚不免於死。故生物體一方生熱，而他方必將熱放棄於體外。換言之，物質代謝之結果所生之運動能，一部分變為工作，大部分以熱之形，遊離而放散於體外。此現象，稱熱之放散或喪失 (Wärmeabgabe od. Wärmeverlust)。

生物體之放熱，有種種方法；其常行不已者，有次記三法：

1. 熱之傳導 (Wärmeleitung)
2. 熱之輻射 (Wärmestrahlung)
3. 水分發散 (Wasserverdunstung)

### 二 由於傳導之失熱

熱之傳導者，物體接觸於較自體溫度低之空氣，水，或其他物體時，經此等物質之分子，將熱順次傳播之現象也。周圍之物質為空氣或水等之流動體時，則熱之移動不一，而有部分的強弱。即接近於物體之物質分子，變輕而擴散；則冷分子補充其位置而引起熱之對流現象 (Wärmekonvektion)；但在本書則含於廣義的傳導中討論之。

A. 熱之傳導度 熱之傳導，隨周圍物體之熱傳導度 (Wärme-

leitfähigkeit) 之大而大。熱之傳導度以普通有 1 cm 之厚之面積 1 sq.cm 之斷面層，層之兩端有 1° 之溫度差時，1 秒間所通過之熱量為單位而表示之。種種物質之熱傳導度( $\lambda$ )表示如次 (由 Landolt-Rörnstein: Physikalisch-chemische Tabellen):

第 20 表

物 質	溫 度	$\lambda$
金屬		
銀	18	1.005
銅	”	0.918
鐵	”	0.161
鉛	”	0.083
水銀	0	0.0143
液體		
水	0	0.00120
水	11	0.00147
水	9-15	0.00136
水	39	0.00153
石油	13	0.000355
石蠟	17	0.000346
石油精	9-15	0.000333
松節油	13	0.000325
變壓器油	15	0.000290
氣體		
氫	0	0.000378
氫	100	0.000520
氧	0	0.000057
空氣	0	0.000057
空氣	100	0.000072
氮	0	0.000055
氮	100	0.000069

金屬之熱傳導度非常大。液體則比之遙小。在液體之中，水最大，油類約為其五倍之不良導體。氣體除氫外概為不良導體。空氣之熱傳播力較水遙小(約 25 倍)；油類亦小。皆於生物之溫熱經濟上，有重大意義者。讀者可於本書各處，見此關係。

形成動物之體表部之物質，一般為熱之不良導體，此為使體中之熱勿喪失過度之巧妙適應。其例早有測定，據 Klug<sup>①</sup>，人之表皮之熱

傳導度為 0.00028 cal. 真皮為 0.00083，皮下脂肪為 0.00055。以

① Klug, F.: Zs. Biol. 10, 73 (1874).

之比於第 20 表所示之金屬及水等而觀之，則其對於體溫保護，有如何效用，可以瞭然。Lefèvre ① 氏亦測人之皮膚之熱傳導度得 0.00060 cal 之值。比諸同時所測之銀板為 1.369 cal 者，實劣 2289 倍。溫血動物之皮下脂肪，亦與皮膚同樣具有較小之傳導度。Klug 氏謂皮下脂肪雖僅有數 mm 厚，然熱之傳導喪失，較缺乏該脂肪之時，減少  $\frac{1}{2}$ — $\frac{1}{3}$  云。皮下脂肪防止喪熱之效果，容詳後章。吾人日常所經驗之簡單事實，亦能示此關係，肥胖之人適於寒而不適於暑，即其證據。Breuer ② 氏就馬、犬、豚等之動物性脂肪之熱傳導度，報告 0.000316—0.000366 cal 之值。此與前表所舉油之值頗為一致。彼欲表示此低值得如何防熱之逸出，曾作如次實驗。將溫度計插入於才屠殺之牛之後肢大肉塊 5 cm 及 15 cm 之深，放置於 0—4° 之室內，初則肉塊之溫度為 39—39.8° 在 15 cm 之深所，1 日後，其溫度僅低下 10°。欲與室溫一致，須 2—3 日。

冷血動物無皮下脂肪，熱之喪失遙多。但就皮膚之傳導度，並無研究。冷血動物中，如蚯蚓，蛞蝓，蛙等皮膚溼潤者多，其由於傳導之喪熱，較有乾燥皮膚者著大。

身體之表面為防熱之逸出而傳導度低，固為當然。但內部組織則傳導度遙良。例如 Adamkiewicz ③ 氏就肉示 0.00072 cal，Breuer 氏示 0.00096—0.001 之值。Bordier ④ 氏以肌之傳導度為空氣之 2.48—2.83 倍（由於肌之方向而異）。脂肪為 1.38 倍。

① Lefèvre, J.: Arch. physiol. et pathol. gén. 1901, 1.

② Breuer, H.: Pflügers Arch. 204, 442 (1924).

③ Adamkiewicz, A.: Arch. (Anat.) Physiol. 1875, 255.

④ Bordier, H.: Arch. physiol. norm. path. 1898, 17.

Charrin 及 Guillemonat ① 氏以肌為 1.7 倍，脂肪為 1.52 倍。皆較空氣遙良，或較表皮或皮下脂肪等為良導體無疑。其他組織亦有似此之值。此對於熱之喪失無關係，而對於熱之分配卻有意義。即體內各處發生之局部的溫熱，為欲可能的速布於全體，故體內組織之熱之傳導度大。

第 21 表

土壤構成物質	$\lambda$
石英(垂直於主軸之方向)	0.0042
石英(平行於主軸之方向)	0.0009
石灰岩	0.0090
大理石(白色)	0.0012
大理石(黑色)	0.0018
長石	0.0033
片岩	0.0030
細砂(含空氣)	0.0013
白堊(含空氣)	0.0020
輕石(含空氣)	0.0006
腐植質	0.0003

次思接觸於動物體周圍之熱傳導度，與喪失溫熱之關係。生物常時接觸之環境可大別空氣，水，及土壤三種。由第 20 表，水之熱傳導度  $\lambda$  平均約為 0.0014，空氣約為 0.00006。構成土壤之礦物質之  $\lambda$  則如左表 ②，土壤之熱傳導度如表所示，因構成成分之種類而著異，欲求

平均頗難。大體較水稍大，較空氣遙大。

由上述關係，由於空氣，水，土壤等棲息之場所而生物之喪熱量著異。棲於土中及水中之生物，由傳導而喪失之熱量，較棲於空氣中者大。吾人觸於同一低溫度之土，水，空氣時，其冷感適照上述順序者，即此之故，然實際喪失之熱量，非必為如斯關係，因動物各有特別防禦喪熱之裝置故也。例如水鳥由尾腺分泌油脂，使身體不

① Charrin, A. & Guillemonat, A.: Compt. rend. soc. biol. 1898, 683.

② 大工原銀太郎：土壤學中卷，昭和 4 年 5 版，920 頁。



濡水，多數之水棲哺乳類，於體表貯積多量之脂肪。又放熱之總量不隨棲息環境而有大異，何則？蓋熱之喪失，非僅由於傳導，在空氣中傳導之熱雖少，但尚有輻射及水分發散潛熱等補助之故也。

環境之性質不純粹時，例如空氣中含水蒸氣，土壤中含空氣及水時，則熱之傳導度爲此等含有成分之量所支配。空氣乾燥時傳導熱少；水蒸氣多，則增加。空氣飽和水分，則 $\lambda$ 乃近於純粹水之值。洞窟等潮溼場所，常感寒冷徹骨；而在高山，因空氣乾燥，雖屬低溫，感寒不酷。此等現象即可用以說明此事情。土壤之關係，亦與之同樣，含水愈多，導熱愈良。可參考次表（由大工原銀太郎：土壤學中卷 921 頁）。

次爲熱之對流問題。此爲動物體溫與周圍之溫度和差高時，對於喪熱營非常重要之作用。

第 22 表

鳥之羽，獸之毛，人之衣服等，於保溫有效者，乃由於此等物體所形成之空氣層，停滯而不動搖，因而得防止熱之對流故也。然將對流熱與狹義之傳導區別而測定，則頗困難。

種 類	$\lambda$	
	乾燥狀態	水分飽和
沙(細粒)	0.00046	0.0036
沙(粗粒)	0.00047	0.0041
壤 土	0.00033	0.0021
沙質壤土	0.00045	0.0032
泥 炭 土	0.00027	0.0013

B. 與周圍之溫度差 熱之傳導喪失，受體溫與媒質之溫度差所支配。體溫愈高或周圍愈低溫，則愈大。故體溫較外溫爲高之溫血動物，傳導熱顯然有之。但體溫與空氣或水溫殆同之冷血動物，則完全無之；雖有亦極微量。然雖在溫血動物，外溫高時則傳導

減少；又雖在冷血動物，外溫急降時，則由於傳導之喪熱增而體溫低（76頁）

C. 表面積之關係 生物由於傳導的喪熱，經體表面行之；故所失熱量，體表面積大者，自較小者為多。

### 三 由於輻射之失熱

熱之移動，非必須與他物體接觸。將高溫物體放置於真空中，亦能冷卻。正向赤熱之煖爐則甚暖；但中間隔置板物立即感涼。倘熱僅由於傳導而傳播者，則真空中之物體不會變冷。又煖爐周圍之空氣，因已加溫，途中雖置遮斷物，不會即涼。此等事實皆示物體於傳導之外，又有由輻射而失熱者。輻射與傳導相異，後者順次傳熱於連續之分子，前者則由媒質之物質粒子或電子之振動而傳播者。

A. 與周圍之溫度差之影響 多數物體放射自體之輻射線，同時吸收由他體投射來之輻射線。放射量勝於吸收量時，則物體失熱；反之，則得熱而溫度昇。故由輻射所失之熱，即由放射量減除吸收量即得。物體放散之輻射線與吸收之比，稱比輻射率 (Relative Emissionsvermögen)。吾人能測定者即為此值。純粹之輻射量，即絕對輻射率 (Absolute E. v.)，不能測定。黑物體例如油煙，可完全吸收投射之輻射能。又輻射線若吸入物體，則物體之分子運動旺盛而使其溫度上昇。故於溫度計或其他測定器之表面塗以油煙，若正向於輻射線而測溫度之上昇，則能知輻射線之量。一般利用電氣抵抗隨溫度上昇而增加之性質之抵抗溫度計 (Bolometer) 以測輻射線之量。人體皮膚之輻射熱量，屬同一之原理亦可測定之。

物體之絕對的輻射能，僅與物體自身之溫度有關，對於周圍之溫度並無影響。故環境之溫度，雖較自體為高，仍有輻射。一般物體之溫度愈高，則輻射之絕對量愈多。物體在極度高溫之時，特多放射短波長之輻射線，是即光也(例電燈)。然一方物體吸收由他體射來之輻射線之能，因媒質之溫度而定。周圍之溫度高，則吸收量增加。故可由實驗而觀測之比較輻射率；由於物體與環境之溫度差而決定。物體之溫度較外溫高時，則放射量較吸收量為多。物體之溫度下降，而周圍為高溫時，則吸收量多而體溫上昇。

物體由 1 秒間輻射所失之熱量(比輻射量  $Q$ )，據 Stefan 之輻射率，比例於物體與周圍之絕對溫度之 4 乘之差云；即

$$Q = c (T^4 - T_0^4)$$

$T$  為物體之絕對溫度， $T_0$  為周圍之絕對溫度， $c$  為物體之表面積或其性質特有之常數。故  $cT^4$  為物體由其表面單位時間所放射之熱量， $cT_0^4$  為由周圍所吸收之熱量。據 Newton 之實驗，Stefan 之法則，物體與周圍之溫度差不甚大時，得如次變更。即溫度  $\theta$  之物體，放於溫度  $\theta'$  之環境時，物體由於輻射而失之熱量 ( $Q$ )，直接比例於兩者之溫度差；即

$$Q = A (\theta - \theta')$$

$A$  為相當於 Stefan 式之常數  $c$ 。此稱 Newton 之冷卻法則 (Abkühlungsgesetz)。

生物體由於輻射之傳熱，全從上述之理論。體溫較外溫高時，則由輻射而喪熱，低時卻由彼攝熱。故溫血動物中有輻射熱之喪失而無吸收。在冷血動物，則氣溫一定時，兩者皆不存在。但氣溫有變

化而較體溫爲高時，則攝熱。低時則失熱。又溫血動物在較體溫爲高溫之環境中亦攝熱；唯此時因體溫調節作用，體內溫度並不上昇，唯皮膚溫則上昇（第一編第五章二）。

B. 物體之色之影響 物體之色，對於輻射傳熱，大有關係。黑色之物體，吸收一切波長之輻射線，其放射能亦大。反之，白色之物體吸收較少，自身放射亦少。此等之關係，於生物皮膚之色與外界之溫度之關係，有重大之意義，已有種種之研究。有同一體溫而皮膚黑色或黃色之動物，如外溫同一時，則較白色皮膚之動物，喪熱量大。Stigler<sup>①</sup>氏就白色與黑色證明之。熱帶黑人較白人能耐激烈之勞動者，因由野外之勞動回反於日蔭時，熱之放散，迅速故也。Begusch 及 Wagner<sup>②</sup>氏用天竺鼠實驗。此項關係，謂白色種 1 Kg 1 小時失 6.47 Cal 時，黑色種爲 8.03 Cal。其比對於 100 爲 124 云。類此之比例，Richet<sup>③</sup>氏就白兔與黑兔得 100 : 130。又 Glogner<sup>④</sup>氏就歐洲人與馬來人得 100 : 121。其後<sup>⑤</sup>用各別之熱量計，報告 100 : 119 之值。但就白人與黑人亦有不認喪熱量有差異之人 (Almeida<sup>⑥</sup>氏)。許多實驗結果，皆謂放熱速度，色素豐富之皮膚，較之貧弱者爲大。

C. 皮膚表面之性質 皮膚表面有滑有粗，而輻射熱之關係亦

① Stigler, R.: Wien. klin. Wochens. 19 (1919) & Pflügers Arch. 160, 445 (1915).

② Begusch, O. & Wagner, R.: Zs. Biol. 84, 29 (1926).

③ Richet, C.: Art Chaleur. Dictionnaire de physiol. 3, 81 (1898).

④ Glogner, M.: Virchows Arch. 116, 540 (1889).

⑤ Glogner, M.: ibid, 119, 258 (1890).

⑥ Almeida, O. de: Jour. physiol. et pathol. gén. 18 (1920).

隨之而異。將金屬之表面善為研磨則輻射線之吸收及放射均少。反之表面粗雜時，兩者皆大。與此相同之事實，亦可見於生物。

D. 與表面積之關係 與傳導同樣，熱輻射亦為表面現象，關係於表面積之大小。

#### 四 水分發散作用

A. 蒸發潛熱 物體之體中不含水，或雖有水而不逸出於表面時，則熱之傳播全由於傳導（含對流）與輻射。然物體之體中含水，其水以液體或氣體之形，通過表層時，如表面之水蒸氣張力較外界之張力為大，則起蒸發。水分由與空氣層接觸之面，順次氣化（Verdampfung）之現象，稱蒸發（Verdunstung）。水蒸發時，由物體及接近於物體之空氣層奪去其熱，此熱稱蒸發潛熱（Latente Wärme der Verdunstung od. Verdunstungskälte）。故溼體（本書

第 23 表

溫度	蒸發熱
0	590.06
5	593.20
10	590.86
15	587.70
20	585.58
25	582.20
30	580.21
35	576.71
40	574.76
45	571.21
50	569.20
100	539.10

之所謂溼體，非單指表面溼潤之物體，乃包含內部含有可蒸發之水分之物體的總稱）之失熱，除傳導輻射外，尚有水分蒸散之潛熱。蒸發潛熱之值，由於液體之溫度而不一定。於生物學有關係之溫度範圍，水 1 g 蒸發時所需之潛熱，以小卡路里示之如左表，水 1 Kg 蒸發之時，將表中之數字當做大卡路里即可。例如 5° 之水若蒸發 1 g，主由物體奪去 593.20 cal 之熱。數字是由 International critical

table 及 Physikalisch-chemische Tabellen 換算爲 Calorie 者。

B. 動物體之水分發散與非知覺性體重減少 由生物體排出水於體外時，除特別者(例如出血)外，有次記五方法。1. 含於糞中而排出者，2. 爲尿之主成分而排泄者，3. 成爲汗而分泌者，4. 隨呼氣而排去者，5. 由皮膚面發散者。

以上 1, 2, 3 爲水以液體而排出體外，4 與 5 則爲以氣體之形而排出於外之現象。關於 1—3 詳於後，茲所討論者，爲 4 與 5 之現象。

動物之呼氣除  $\text{CO}_2$  外，尚含多量之水分，此可由吾人對窗玻璃呼氣時，則壁面生曇；冬期人及犬之呼氣得見凝結成白霧而知之。動物之皮膚，亦晝夜不絕放散氣體形之水分。於皮膚之一局部覆玻璃鐘，則玻璃面不久即生曇。若長放置，則水分凝縮而成水滴。又將動物之呼吸以橡皮管使與外界連絡，將體全體收容於呼吸計，例 Haldane 之呼吸室之中；以其空氣導入於盛氯化鈣或硫酸之容器，則其重量增加。

吾人及他動物排散氣體形之水分之現象，自古已知。1614 年 Sanctorius ① 氏發見動物不攝食物，又無何等眼見之排泄物(糞，尿，汗等)時；由其體重不斷的減少之現象，而推想爲此乃動物由呼吸道及皮膚面發散水蒸氣之故。Benedict ② 氏夫妻以此種非動物所能感覺到，即不知不識間所起之體重減少，稱爲非知覺性體重減

① Sanctorius zit. n. Weyrich, V.: Die unmerkliche Wasserverdunstung der menschlichen Haut (1862).

② Benedict, F. G. & Benedict, C. G.: Biochem. Zs. 186, 278 (1927).

少(Unsichtbarer Gewichtsverlust)。

動物不攝食物及無知覺性排泄物之收支時，所起之體重之變化，乃原因於呼吸時吸入空氣中之水分及氧，與呼出空氣中所含之水分碳酐及由皮膚發散水分之重量之相差。若攝取氧與水分，勝過於排泄之碳酐與水之重量時，則體重增加；反之，則減少。故僅水分之出入，不能說明體重變化之原因。然則呼吸氣體之代謝，於此有如何程度之關係耶？著者<sup>①</sup>近根據呼吸係數之值，而計算此關係（第24表）。

呼吸係數0.7272之時，攝取O<sub>2</sub>與排出CO<sub>2</sub>之重量全相等。此時呼吸氣體之交換與體重變化無關。係數較此為大，則CO<sub>2</sub>較O<sub>2</sub>為大，體重減少。係數較此小時，則CO<sub>2</sub>減少而體重則見增加。一般生物觀測最多之係數之值，大約為0.6乃至1之範圍。在此範圍

第24表

呼吸係數	吸入O <sub>2</sub> 為32g時 之呼出CO <sub>2</sub> 量 g	體重變化 (O <sub>2</sub> -CO <sub>2</sub> ) g	對於總呼出CO <sub>2</sub> 為體 重變化原因之CO <sub>2</sub> 重 量之百分率
3	132	- 101	75.8
2	88	- 56	63.6
1	44	- 12	27.3
0.9	39.6	- 7.6	19.2
0.8	35.2	- 3.2	9.1
0.7272	32.0	0	0
0.7	30.8	+ 1.2	3.9
0.6	26.4	+ 5.6	21.2
0.5	22.0	+ 10.0	45.5
0.4	17.6	+ 14.4	81.8

① 小泉清明：Mem. Fac. Sci. Agri. Taihoku Imp. Univ. 12, I. Mitt.(1934)  
& 植物及動物 1, 1713 (1933).

內，體重因氣體交換所生之變化，爲呼出  $\text{CO}_2$  量之約 2 成以內，然水分發散之淨餘之值，多較  $\text{CO}_2$  之值遙大，因而由於呼吸氣體所生體重之變化極小。據著者之研究，常在 5 % 以下。同樣之事在其他昆蟲 (Buxton ① 氏) 及爬蟲類 (Benedict ② 氏) 肺螺類 (Künke ③) 等亦得見之。人類亦同，據 Benedict ④ 夫妻之說，非感覺性體重之減少，1 小時約達於 20—40 g。就中 90 % 原因於純粹之水分發散作用，所餘之 10 % 因呼出  $\text{CO}_2$  較吸入  $\text{O}_2$  之重量爲大之故。由上述關係，可知測定體重之減少，即可看做水分發散量，亦無大誤。不僅如此而已，且實驗簡單而正確，較之煩雜之方法，可信之處反多。但於此時，呼吸係數之值，不可不注意，固毋待言。又關於水分發散量的測定方法，請參考拙著 ⑤。

C. 水分發散部位 動物體之水分發散，全體動物殆由皮膚面與呼吸管營之。由皮膚所營水分發散作用，特稱非知覺性水分發散作用 (Insensible perspiration, Perspiratio Insensibilis od. Unmerkliche Wasserverdunstung)。原語亦有單稱 Perspiration 者。有人將此語包括呼吸管之排散。然嚴密言之，僅指皮膚之發散爲當。爲免除混同計，特用 Perspiratio cutanea 語爲宜。著者以動物體之水分發散作用與植物之同作用，非常類似；擬稱此作用爲 Transpiration。與皮膚之作用，特別區別時，可稱爲 Kutikulare

① Buxton, P. A.: Proc. roy. Soc. London B. 106, 569 (1932).

② Benedict, F. G.: (Carnegie Inst. Publ. 425 (1932).

③ Künkel, K.: Zur Biologie der Lungenschnecken (1916).

④ Benedict, F. G. & Benedict, C. G.: Biochem. Zs. 186, 278 (1927)

⑤ 小泉清明: Mem. Fac. Sci. Agri. Taihoku Imp. Univ. 12, I. Mitt (1934) & 植物及動物 1, 1713 (1933)



## Transpiration.

生物吸入之大氣，經鼻，咽喉，氣管等以入於肺，已攝取黏膜面之水分；故排出之時，殆已飽和水分 (Loewy & Gerhartz ①)。Galeotti ② 氏曾謂吾人呼氣中含 78% 之水分。但此為將呼氣的溫度定為與體溫相等，同為 37° 之推算。因正確溫度實為 32.5—33.5°，故實際水分已飽和矣。此為 Loewy 及 Gerhartz 二氏訂正 Galeotti 氏之結果。次為皮膚之問題，皮膚之細胞，非常緻密，相並而成多層。水棲或棲於溼地之動物，除表皮面皆覆以由細胞分泌或變形之種種厚密物，汗腺脂腺等之外，別無可稱為孔之構造。故透過如斯表層而行水分之通散，殊為不易。Krehl 及 Soetbeer ③ 氏謂 *Lacerta* (蛇舅母之類) 及 *Uromastix* (棲於砂漠之蜥蜴之類) 等具鱗之皮膚，或如 *Testudo* (石龜類) 有厚甲之動物，水分發散殆不可行，雖有亦極微量。但此非事實，Benedict ④ 氏實驗由大蛇，龜，蜥蜴之乾燥皮膚能排出多量之水，Krehl 及 Soetbeer 氏等自身亦謂由有同構造之鱷 (*Alligator*, *Crocodylus*)，蟒 (*Python*) 旺行發散 ⑤ 云。昆蟲等以緻密幾丁質包圍之皮膚，亦透過水分而旺行通散。皮膚潤澤之兩棲類及輕體動物，水分之發散特多，更無論矣。

皮膚生有汗腺或類似之腺孔者，水分由腺的導管，排出體表而蒸發？抑或與此開孔無關而自無孔部分作物理的擴散？Schwen-

① Loewy, A. & Gerhartz, H.: *Biochem. Zs.* 47, 343 (1912).

② Galeotti, G.: *Biochem. Zs.* 46, 173 (1912).

③ Krehl, L. & Soetbeer, F.: *Pflügers Arch.* 77, 611 (1899)

④ Benedict, F. G.: *Carnegie Inst. Publ.* 425 (1932).

⑤ 小泉清明: *Mem. Fac. Sci. Agri. Taihoku Imp. Univ.* 12, II, Mitt. (1934) & *植物及動物* 1, 1713 (1933).

kenbecher ① 氏信前說。但 Loewy ② 氏因無汗腺或開孔閉鎖之動物，亦有皮膚發散，故主張水分對皮膚細胞或其被覆物，有透過性。Richardson ③ 氏謂缺乏汗腺之人之皮膚發散，對肺之 30%，達於 70%；而體溫調節與常人無異。Galeotti 及 Macri ④ 氏比較皮膚局部之發散量（對 1sq. dm 1 小時）與汗腺之數（1 平方吋皮膚面）得第 25 表之結果。

第 25 表

部 位	水 分 發 散 量 g	比	汗 腺 數	比
手 掌	0.601	4.3	2700	5.4
手 背	0.303	2.2	1500	3.0
頸(側部)	0.432	3.1	1300	2.6
胸(中央)	0.251	1.8	1100	2.2
大 腿 部	0.141	1	500	1

如表所示，汗腺之數與水分發散量，大體有平行之關係。故似以 Schwenkenbecher 氏之說為當。但此表之發表者，因兩者之一致非正確，而不以為水分僅由汗腺排出云。要之，有汗腺或有類似之腺者，經其導管排出於體表之量最多，可以確定。但亦有透過其他皮膚面而發散者。尤其是無此等之腺構造者，水分之發散，殆全由於純物理的擴散作用。

次試調查由皮膚與呼吸管所發散之量的關係，人之全皮膚面

- 
- ① Schwenkenbecher, A.: Handb. norm. path. Physiol. 4, 709 (1929).
  - ② Loewy, A.: Biochem. Zs. 67, 243 (1914). & Loewy, A. & Wechselmann, W.: Virchows Arch. 206, 79 (1911).
  - ③ Richardson, H. B.: Jour. biol. Chem. 67, 397 (1926).
  - ④ Galeotti, G. & Macri, N.: Biochem. Zs. 67, 472 (1914).

蒸散之水分量，由

第 26 表

於測定者而異 (第 26 表爲約 70 Kg 體重之人 1 日間發散之值)。欲求平均，頗爲困難。茲示其大略於次，在 10—20° 爲 400—800 g，20—30° 爲 500—1000 g。肺排散之	溫度	水分發散量 g	測定者
	10	322	Viale
	12	252	Willebrand
	15—16	821	Kalman
	16	366	Willebrand
	17	398	Viale
	17	396	Willebrand
	17	748	Osborn
	18	317	Schierbeck
	28	302	Nutall
	29	533	Schierbeck
	32	1207	"
	35	2563	"
	18—20	719—1079	Galeotti & Signorilli

水量，在 Galeotti ① 之測定，由呼出空氣之 1 l 中平均含 0.0342 g 之水分而言，吾人 1 分鐘之呼吸量爲 4 l，則 24 小時爲 197 g；7 l 則爲 345 g。大體上由皮膚所發散者爲多。據 Benedict ② 氏之測定，由皮膚 1 小時約 10 g，由呼吸管爲 7.52 g。前者爲後者之約 1.3 倍。然兩者之關係，以空氣之溼度而著有變化，不能一概言之也。即空氣乾燥時呼吸管之方面少，溼潤時則有相反之傾向。次表爲 70 Kg 之

第 27 表

溫度	乾燥空氣				溼潤空氣			
	比溼	呼吸管	皮膚	全水分量	比溼	呼吸管	皮膚	全水分量
15	8	16.8	9.5	36.3	89	13.3	-4.3	9.0
20	4	17.0	37.1	54.1	78	11.7	3.6	15.3
25	6	18.4	57.0	75.4	71	10.9	13.0	23.9

① Galeotti, G.: Biochem. Zs. 46, 173 (1912).

② Benedict, F. G. & Benedict, C. G.: Biochem. Zs. 186, 278 (1927).

人於1小時內所發散之水量(g) (Rubner及Lewaschew<sup>①</sup>氏)。

第28表

著者<sup>②</sup>實驗冷

實驗時間	3小時之結果	72小時之結果
全發散水分量	1.189	0.840
皮膚發散量	0.443	0.265
氣孔發散量	0.670	0.442

血動物，所得之結果如左(蠶蛹1Kg 1小時之值，實驗時間3及72小時，單位g.)。

第29表

	水分發散量
全發散水分量	27.594
皮膚發散量	7.984
氣孔發散量	19.610

由皮膚所發散之量，相當於

由氣孔之量之約60乃至66%。

又就蝗蟲亦作同樣之實驗，如第

29表，氣孔排散為全皮膚面之約2.5倍量之水分。故至少昆蟲與人類有異，蓋在昆蟲，以呼吸管之方面為旺盛。然在皮膚溼潤之蝸牛及蛞蝓，則與之相反，由呼吸所排散之水分甚少(Künkel<sup>③</sup>氏)。

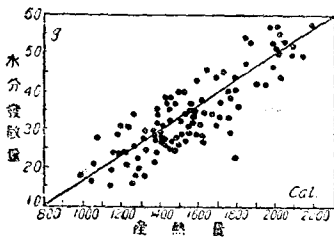
D. 影響水分發散之條件 水分發散作用，由於內外種種之條件而著受影響。體重大者亦大，小者亦小。在體重相差不甚大之個體間，發散量與體重成比例(第10表)。然相差若大，則與體表面有關，皮膚面之發散，與普通水面之水的蒸發同，為一種表面現象，故遵從表面積之法則，但由呼吸管之排出，黏膜面之發散，雖亦為表面現象，惟出於體外之際，因受呼吸孔大小之限制非可遵從此法則者。

① Rubner, M. & Lewaschew, S.: Arch. Hyg. 29, 1 (1897).

② 小泉清明: Mem. Fac. Sci. Agri. Taihoku Imp. Univ. 12, II. Mitt. (1934) & 植物及動物 1, 1713 (1933).

③ Künkel, K.: Zur Biologie der Lungenschnecken (1916).

物質代謝之影響亦大。物質代謝旺盛云者，一方呼吸量及呼吸頻度多，又物質代謝水 (Oxydationswasser, metabolic water) 之生產旺盛之謂也。此際增加排出水分之量若由目的論說，則藉此可以放散物質代謝所發生之多量之熱。故水分發散量亦可謂物質代謝強弱之象徵。第 4 圖為 Benedict & Root<sup>①</sup> 利用健康或病人之



第 4 圖

物質代謝量，即產熱量，有種種不同，而調查其與水分發散量之關係之成績，表示兩者有正比例的關係（圖之水分發散量為 1 小時之值，產熱量為 24 小時之值）。故一般若有增加物質代謝之原因，

則水分發散作用亦變旺盛。

著者<sup>②</sup>實驗使蝶飛翔，較之靜止時其發散量頗為增大。雖如蚯蚓等不活躍者，強使匍匐，亦可得證明水分喪失之量，極為顯著 (Kunkel<sup>③</sup>氏)。溫血動物亦有同樣關係。Wolpert<sup>④</sup>氏用 Ergostat 使體重 58Kg 之人於 1 小時內為 5000 mKg 之工作，又使為 15000 mKg 之工作而測定，1 小時之水分發散量 (g) 如第 30 表所示。

攝取食物，可使物質代謝增加。Rubner<sup>⑤</sup>氏根據產熱量因食物之量與種類而異；與氣溫低時，雖攝食物，發熱量亦不增加之事實，

① Benedict, F. G. & Root, H. G.: Arch. internat. Med. 38, 1 (1926).

② 小泉清明: Mem. Fac. Sci. Agri. Taihoku Imp. Univ. 12, III. Mitt (1934) & 植物及動物 2, 520 (1934).

③ Kunkel, K.: Zur Biologie der Lungenschnecken (1916).

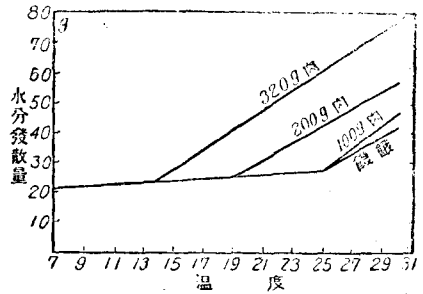
④ Wolpert, H.: Arch. Hyg. 36, 203 (1899).

⑤ Rubner, M.: ibid, 11, 137 (1890).

第 30 表

氣 溫	乾燥空氣(比濕 30% 以下)			濕潤空氣(比濕 70% 以上)		
	休息時	5000 mKg	15000 mKg	休息時	500 mKg	15000 mKg
15	50	55	55	20	25	25
20	60	60	70	25	50	—
25	65	105	150	35	85	—
30	100	145	220	65	110	—
35	160	170	—	—	—	—

而研究此等關係與熱生產相反作用之水分發散作用，究有如何影響？體重 1 Kg 之犬，1 日排出之水量，換算為比溼 0% 之值，圖示如第 5 圖。於低溫範圍，攝種種之量



第 5 圖

之肉時，與斷食時，其發散量

殆為同一；曲線相一致。但於高溫，則其差顯明，攝食後較空腹時，發散多量之水分。圖示食物之量為 1 日之量。Hári<sup>①</sup>氏亦實驗鵝攝食物後，則水分發散顯然增大；而將其原因，歸於食物之比動的作用。

著者<sup>②</sup>亦用肉食性與草食性之昆蟲，研究攝食與其量及於發散作用之影響。螳螂 (*Hierodula saussurei*) 之雌 3 頭，絕食 12 小時後，以蝗為食餌，給以種種之量，而調查食後每小時之水分發散量(氣溫 21°，氣溼 75%)。其結果如 31 表。食餌少量時，發散量殆

① Hári, P.: Biochem. Zs. 78, 313 (1917).

② 小泉清明: Mem. Fac. Sci. Agri. Taihoku Imp. Univ. 12, III. Mitt. (1934) & 植物及動物 2, 520 (1934).

第 31 表

動物號數	1		2		3	
攝食量	0.3448 g		0.8460 g		0.9743 g	
時 間	對1仟克1小時 水分發散量 g	比	對1仟克1小時 水分發散量 g	比	對1仟克1小時 水分發散量 g	比
食直前1小時	1.753	100	1.750	100	1.037	100
食後1小時	1.591	89	1.616	117	1.599	147
2	1.818	104	1.473	10	1.195	110
3	1.432	81	1.226	89	1.340	123
4	1.683	95	1.529	112	1.941	179
食後4小時之發 散量之比之和		370		425		559

無變化可認。多食之後，則顯然增加。由於食物之量而發散量之增加有差異者，觀表之比之總和即知。又著者以同為肉食性昆蟲之 *Achelion trux* 之幼蟲，使吸蝗之體液，而調查其前後之發散量。此時食物後之水分減少，其原因蓋食物為液體，不特別促進消化器之活動，又動物之舉動極不活潑，故不明顯。次於草食性之家蠶與以種種量之桑葉而觀其發散量之經過，結果與螻蛄相同。然有趣者，據櫻井氏<sup>①</sup>之說5齡蠶之消化時間為3小時內外，而食後發散作用之旺盛期間，亦大體一致，為食後3—4小時。饑餓繼之，則發散

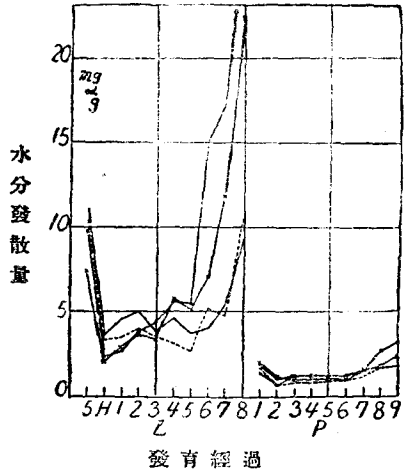
第 32 表

區 分	正 常 區		絕 食 區	
	對1仟克1小時 水分發散量 g	比	對1仟克1小時 水分發散量 g	比
5齡第5日	4.205	100	5.548	100
5齡第6日	5.793	137	2.814	50
5齡第7日	13.519	321	2.328	41
5齡第8日	營 繭		2.095	34

① 櫻井基：日本蠶絲學雜誌 1, 195 (1930)。

量即行減退。上表之正常區，為給蠶以桑葉者，他為使絕食者(30°，55%之空氣中之值)。

關於物質代謝與水分發散之強弱相一致之有趣現象，即為發散量隨動物之發育經過，而有變化之事實。如昆蟲之一生中有變態，因而其間物質代謝之變化甚為顯著，故其關係頗為明瞭。第6圖為由家蠶之4齡第5日，經蛹期以至羽化，調查每日(但除前蛹期間)發散量之結果。圖中未示者，為由幼蟲孵化當時之調查，每頭之發



第6圖 ×——× 雄 ·——· 雌之絕對量(單位 mg)——雄……雌之換算為1 仟克體重之值(單位 g)。

散量，隨發育之進展而增加；但對於單位體重之值則減少。碳酐之生產量亦有同樣之關係。成蛹，則體重驟減為5齡末期之一半以下；水分之喪失量亦減得可驚，為 $\frac{1}{10}$ 以下。蛹期之發散經過，為緩形之U字形。即於初期發散量多，減少較急，而為最小量。暫時保持此最小之狀態，迨漸近羽化，乃漸增加。據 Krough ①氏於蛹期幼蟲器官之解離中，CO<sub>2</sub>之排出量漸次減少，組織化之物質最少時，CC<sub>2</sub>亦少。成蟲器官已造成，乃再旺盛云。與此完全同樣之現象，為許多學者所承認(參考小泉 ②)，但此關係完全與水分發散作用之

① Krough, A.: Zs. allg. Physiol. 16, 178 (1914).

② 小泉清明: Mem. Fac. Sci. Agri. Taihoku Imp. Univ. 12, III. Mitt. (1934). & 植物及動物 2, 520 (1934).



經過相同。又比較動物之種類，於新陳代謝盛旺或富於活動性之動物，其水分之發散量亦多。可知兩者之間有密接之關係。

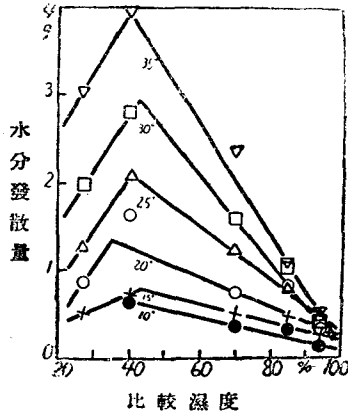
第 33 表

體重 g	氣溫	發散水分量 g				食物之種類 (1日攝取量)
		100%	75%	50%	25%	
4.7	20.2	134	96	58	20	40 g 脂肪 斷食 肉 80 g + 脂肪 30 g
4.35—4.61	20.2	120	82	44	7	
4.7	10.3—11.5	134	102	70	33	

水分發散作用，由於空氣之狀態，較內的條件，更受顯著之影響。尤以溼度，溫度，風等之影響為大。Rubner<sup>①</sup>氏就犬與天竺鼠檢空氣之乾溼度之影響，見空氣愈乾，則發散量愈多，愈溼則愈少，而證明單位時間之發散量，與空氣之比較乾度 (Relative Trockenheit, 將比較溼度之數字由 100 減除者) 為正比例。犬於 1 日間在種種比較乾度之下，所發散之水分絕對量，如上表所示。

Rubner<sup>②</sup>後與 Lewaschew 皆以人類作實驗而得同樣之結果。

著者<sup>③</sup>以稱 Milionia 尺蠖之蛹，實驗此關係，得如第 7 圖之結果。



第 7 圖

- ① Rubner, M.: Arch. Hyg. 11, 137 (1890)
- ② Rubner, M. & Lewaschew, S.: ibid, 29, 1 (1897).
- ③ 小泉清明: Mem. Fac. Sci. Agri. Taihoku Imp. Univ. 12, IV. Mitt. (1934) & 植物及動物 2, 841 (1934).

圖之曲線以式表之，爲

$$V = a \cdot E (100 - H) + c$$

V 爲單位時間之發散量，E 爲空氣之最大水蒸氣張力，H 爲比溼，a 及 c 爲恆數，100 - H 相當於 Rubner 之比乾度，E (100 - H) 相當於水蒸氣飽差 (Sättigungsdefizit)。故上式與 Dalton 之蒸發式相同。然 Dalton 式不適用於乾燥空氣。此因有氣孔之閉鎖或縮小以防禦過剩水分逸出之適應。

第 34 表

氣 溫		水分發散量 (對1仔克1日) g
乾 球	溼 球	
19.3—20.6	8.2—11.6	0.26—0.67
25.3—27.3	14.2—18.3	3.99—5.57
32.0—33.9	17.8—19.3	7.03—8.43

欲理解爲生物

放熱手段之水分發

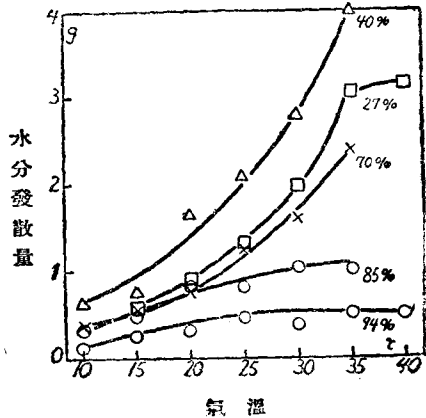
散作用，則闡明其

與氣溫之關係，極

爲重要。在冷血動

物，氣溫增高，則發散量隨之增加，上表爲 Benedict ① 氏試驗錦

蛇之結果。當實驗氣溫之影響而不顧慮溼度，則實驗之意義少。因隨氣溫之變化而左右發散量之水蒸氣飽差亦變化故也。著者留意此點，於種種一定關係溼度之下，變化溫度而實驗 *Milionia* 蝟之發散量。乃知氣溫之影響乾燥空氣與多溼空氣，大不

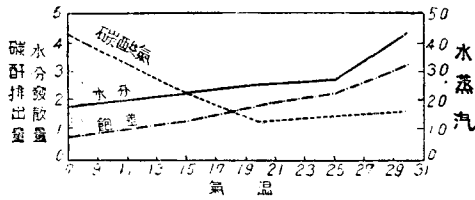


第 8 圖

① Benedict, F. G. : Carnegie Inst. Publ. 425 (1932).

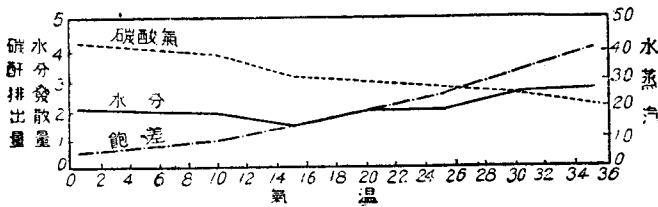
相同。第 8 圖示 1 Kg 1 小時之值，對於氣溫之關係，圖中之 % 示比溼。

溫度對於溫血動物水分發散之影響，與此稍異其趣。即如冷血動物之由於物理學的機制之影響不甚大，而與溫血動物所特有之體溫調節作用，有密接聯絡之變化。Rubner ①氏用犬與天竺鼠，而實驗物質代謝量（碳酐之排出量），空氣之水蒸氣飽差，及水分發散之三作用對於氣溫之關係，而得如第 9 圖（犬）



第 9 圖

及第 10 圖（天竺鼠）之結果。圖之縱軸之單位，皆為 g，水分發散為 3 小時之值。



第 10 圖

在犬，氣溫若昇，大體上發散量增加，但氣溫達 25°，則增加之比例，比冷血動物著小，此際與水蒸氣飽差的增加略有平行之關係，但氣溫達 25° 以上，則增加忽甚。試將此狀態與物質代謝之變化作比較，則約 20° 之低溫範圍，溫度之增加，反使代謝量激減，

① 小泉清明：Mem. Fac. Sci. Agri. Taihoku Imp. Univ. 12, V. Mitt. (1934) & 植物及動物 2, 841 (1934).

② Rubner, M.: Arch. Hyg. 11, 137 (1890).

而於 20° 以上，則增加極微。在天竺鼠於 0—15° 之範圍為極微，但溫度上昇則減少發散量。15° 以上，顯示增加傾向。以此與飽差的變化作對比，在低溫範圍則相反，在高溫範圍則傾向相同，但非為平行。物質代謝曲線，在 15° 以下為平行關係，在以上則相反。通觀上述，可知溫度對於溫血動物之水分發散量之影響，大抵造因於同時起變化之水蒸氣飽差的變化，但此關係非如冷血動物之完全，且對於物質代謝量之變化，大體為相反之關係；又對於溫度，一般於低溫範圍，溫度雖上昇，發散量一定不變或僅極微增加。如在高溫範圍，則隨溫度上昇而增加忽大，此關係，顯示水分發散作用，於溫血動物之體溫調節作用，有密接關係者。觀次示人類之現象，(Rubner 及 Lewaschew ① 氏) 亦可知高溫較低溫時，發散量急增，而增加其放熱量。Rubner ② 由此等之關係主張溫血動物之水分發散作用，非單支配於物理學的條件。若不考慮動物體之生理的狀態，尤其是體溫調節作用之關係，則其本質不能闡明。表之數字為 58 Kg 之人，將 1 小時排出之量，以 g 表之者。

第 35 表

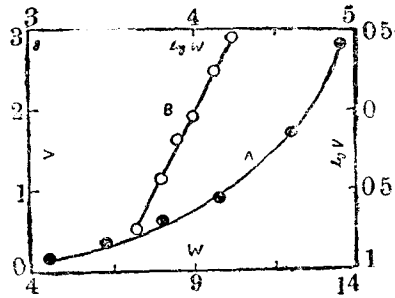
溫度	乾 燥 空 氣			溼 潤 空 氣		
	比 溼	CO <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> O	比 溼	CO <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> O
15	8	32.34	36.28	89	34.00	8.99
20.4	5	30.00	54.08	82	28.30	15.30
23	7	27.9	72.82	84	28.61	18.70
25.4	6	31.7	75.45	81	31.40	23.90
28.9	6	32.4	105.03			

① Rubner, M. &amp; Lewaschew, S.: Arch. Hyg. 29, 1 (1897):

② Rubner, M.: ibid 11, 137 (1890).

空氣之動搖即風，亦於水分發散有大影響。在全不動搖之空氣中，由體表面蒸發之水分粒子，由於擴散而他運。但擴散之速度，有制限。近接於體表面之空氣層，在密閉之空間，固不待言，即在開放之空氣中，亦多為高溼度之狀態。故於靜穩之空氣中，水分之發散受有抑制。然空氣有動搖時，停滯於體表之水分粒子，活潑運搬於外部。水分之發散，乃為促進。此關係適似熱之傳導與對流之關係。電扇之風，並不降低溫度，而感涼爽；有風之日，溫度雖高，而覺快適者，皆由於水分發散量之增加故也。

著者<sup>①</sup>以 Freeman<sup>②</sup>氏之用於植物之水分通散作用之裝置（似 Haldane 之呼吸計之裝置）研究空氣之流動速度及於昆蟲（*Milionia* 蛹）之水分發散量之影響。第 11 圖之曲線 A，為對 1 仟克 1 小時換算之發散量 (V)，W 為 1 小時通過全裝置之空氣量。



第 11 圖

由此圖，可知空氣之動搖可以促進發散。由此曲線發散速度 V，從次式

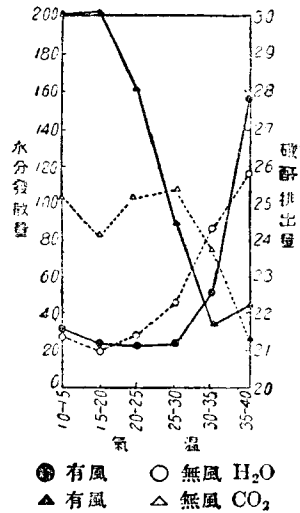
$$V = W^k + V_0$$

可知  $\log V$  對  $\log W$  之曲線為直線 B。上式  $V_0$  為在靜穩空氣之發散量。 $k$  為常數，此時其值適為 2。因而至少可說此蛹之發散

① 小泉清明: Mem. Fac. Sci. Agri. Taihoku Imp. Univ. 12, VI. Mitt. (1934) & 植物及動物 2, 841 (1934).

② Freeman, G. F.: Bot. Gaz. 46, 118 (1908).

速度，比例於空氣之動搖速度之自乘。即在溫血動物，空氣之動搖亦增加水分之發散量。據 Schierbeck ① 氏吾人皮膚之發散量，比例於風速之 4 乘而增加云。然據 Wolpert ② 氏說，兩者之關係由於溫度而異。於 20° 以下之氣溫，有風空氣（風速每秒 8 米）較無風約多 5—10% 之發散量。20—35° 時，減少無風時之  $\frac{1}{2}$ — $\frac{1}{3}$ ，但氣溫在 35° 以上，則發汗多而發散量增加。此現象顯與產熱作用有關。產熱作用在 20° 以下時增多，20—35° 時急減，雖有風，水分潛熱並不增加。35° 以上，因產熱作用增加，發散量亦隨之增加，而與節頗。右圖為 57 Kg 之人 1 小時所排出之 CO<sub>2</sub> 與水 (g)，有風與無風時相比較之 Wolpert 之研究。



第 12 圖

氣壓低，水分之發散量多。Nothwang ③ 氏曾以實驗確定之。據氏之說，氣壓 760 mm 時，水分發散量為 1.47 g (對 1 Kg 1 小時) 之天竺鼠，於 377 mm 之時，則為 1.57 g，即約增加 7%。在自然界，此關係可於登山時證明之 (Galeotti & Signorelli ④)。

光除熱線外，不成其為物理學的蒸發作用之條件。但生物之水

① Schierbeck, N. P.: Arch. Hyg. 25, 196 (1895).  
 ② Wolpert, H.: ibid, 33, 206 (1898).  
 ③ Nothwang, Fr.: ibid, 14, 337 (1892).  
 ④ Galeotti, G. & Signorelli, E.: Biochem. Zs. 16, 268 (1912).

分發散，則受光之影響。在植物此關係頗多研究（參考 Burgerstein ① 氏 Maximov ② 氏之論文），在動物則研究之成績殆無；即有，亦為關於熱線之作用者。僅 Rubner 及 Cramer ③ 氏研究犬之發散量在太陽光下較同一溫度之日蔭下為多。著者 ④ 就冷血動物詳細調查此關係，證明光不僅日光即種種之人工光線，雖完全除去熱線之影響，尚有促進水分發散之力。

### 五 其他之放熱方法

溫血動物於傳導輻射及水分發散作用之三大形式外，臨時或起於特別情況之喪熱法，尚有次列四方法。即吸氣加溫所需之熱量，食物加溫所需之熱量，隨糞尿排泄之熱量，由於發汗所失之熱量。

A. 因吸氣加溫所消費之熱量 空氣之溫度非較體溫為高，溫血動物由於呼吸作用而由氣管排出之空氣，較吸入時為高溫。人呼出空氣之溫度，不論氣溫之如何，口呼吸之時，平均為 32—32.25°，鼻呼吸時為 32° (Loewy 及 Gerhartz ⑤ 氏)。故吸入冷空氣愈甚，則所失之熱量愈大。若知空氣之比熱，呼吸量，及溫度，則此熱量即可計算。例如體重 80 Kg 之人，1 日呼吸之空氣量若為 11.6 Kg，

① Burgerstein, A.: Die Transpiration der Pflanzen. I, II, III. (1904, '20 & '25).

② Maximov, N. A.: The plant in relation to water (1929).

③ Rubner, N. & Cramer, C.: Arch. Hyg. 20, 345 (1894).

④ 小泉清明: Mem. Fac. Sci. Agri, Taihoku Imp. Univ. 12, VI. Mitt (1934) & 植物及動物 2, 841 (1934).

⑤ Loewy, A. & Gerhartz, H.: Pflügers Arch. 155, 231 (1914).

氣溫  $17.5^{\circ}$  (相當於吸氣之溫度) 之時, 呼出空氣之溫度為  $30^{\circ}$ , 則呼氣加溫  $12.5^{\circ}$ , 若空氣之比熱為 0.238, 則由於呼吸所失之熱量, 當為  $11.6 \times 0.238 \times 12.5 = 34.8 \text{ Cal}$  (Rubner ① 計算例)。

B. 食物加溫所需之熱量 煮燒食物, 乘熱食時, 卻由外部受熱之供給。但攝食與氣溫同溫之食物及冷飲料時, 則經過食管以至停留於胃, 由此等器官之內壁攝熱而變為與體溫同溫。故攝食低溫之物, 隨所食低溫程度或其量之多寡, 而組織熱被食物所奪。此熱量之計算方法, 與前述情形全同。例如 Tereg ② 氏之計算, 牛及馬之體重為 500 Kg, 平均 1 日攝食物 11 Kg, 攝水 20 Kg, 若氣溫為  $15^{\circ}$  體溫為  $38^{\circ}$ , 飼料 (燕麥與乾草) 之比熱為 0.75, 則因水之比熱為 1, 故

$$\text{食物} \quad 11 \times 0.75 \times (38 - 15) = 190 \text{ Cal}$$

$$\text{水} \quad 20 \times 1 \times (38 - 15) = 460 \text{ Cal}$$

共 650 Cal 之熱, 因飲食物而喪失矣。又因此際之全喪失熱量為 19000 Cal, 故相當全喪失熱量之約 3.4 %。

C. 隨糞尿排出之熱量 糞與尿因與體溫有同一之溫度, 故其排泄於體外, 則失去關係於其比熱與量之熱量。關於量可參考次節。

D. 由於發汗所失之熱量 此現象將述於體溫調節項下 (第二編第四章三)。

① Rubner, M. : Arch. Hyg. 27, 68 (1896).

② Tereg, J. : Ellenbergers Vergleichende Physiol. d. Haustiere. II, 79 (1892).



## 六 各種喪熱方法之比例

上述各種之放熱方法，對於全喪熱量為如何之比例耶？Rubner<sup>①</sup> 將氣溫 17.5° 之時，體重 80 Kg，有體表面 22430 sq.cm，1

第 36 表

方 法	Calorie	%
吸氣加溫	35	1.29
工 作	51	1.88
食物加溫	42	1.55
水分發散	558	20.65
傳 導	833	30.85
輻 射	1181	43.74
總 和	2709	74.59

日之全放熱量為 2700 Cal

(但此中包含為工作之機械能與遊離之熱量)之人；

而計算其放熱方法之內容如左。於此表 Rubner 氏以隨糞尿排出之熱為量極

微，而不顧慮。如表，溫血動物之放熱方法，由於傳導與輻射為最多。次之為水分發散潛熱。即傳導輻射合計約為 75%，過半之熱量由此方法所喪失。再

第 37 表

方 法	Calorie	%
傳 導 輻 射	1440	74.6
吸 氣 加 溫	44	2.3
糞 尿 喪 熱	22	1.1
氣管水分喪失	185	9.6
皮膚水分發散	239	12.4

加以水分發散作用，則殆全部之熱，由此三大形式而喪失矣。其餘之方法，殆為不成問題的微量。又第 37 表為 Benedict 及 Milner<sup>②</sup> 氏就人類饑餓時試驗所得之結果，亦相一致。此時因不攝食物，故並不喪熱。數字為 1 日之量。

如斯於常溫空氣中，人之放熱，大部分為傳導輻射，與水分發

① Rubner, M.: Arch. Hyg. 27, 69 (1895).

② Benedict, F. G. & Milner, R. D.: U. S. Dept. Agri. Bull. 175 (1907).

散。兩者之比約為 75 : 25。據最近之研究,此比例仍得維持 (Aldrich ①氏, Levine 及 Wilson ②氏)。據研究報告,其他哺乳類(參考第 39 表)或鳥類,亦有類似之比。觀 Hari ③之鵝之研究,傳導輻射對水分潛熱之比,饑餓時大約為 65 : 35 (氣溫 27° 或 80 : 20 (氣溫 16°)。每日給與 100 g 之玉蜀黍時,為 50 : 50 (27°) 或 80 : 20 (16°)。攝食 27° 之時兩者之比為同一者,因食物之比動的作用,水分發散被促進故也。

冷血動物在氣溫為一定而無變化之時,體溫一般與氣溫為同一,或極近似。故熱之放散,主賴水分之發散潛熱;傳導輻射殆不見行。然冷血動物之體溫,往往有高於外溫之時,尤以昆蟲等富有活動性者為著,其差有達於 3—5° 者。此際傳導輻射為可能;但因其量極微,能證明其量者尚無其人,又欲求能測定之人亦不多見。以此,著者 ④就種種之氣溫氣溼,實驗昆蟲之濕熱放散之方法而觀之。換算為體重 1 Kg, 1 小時之各放熱量以 Cal 示之,如第 38 表。括弧內之數字,為對全放熱量之比率。

如表,氣溫不變之時,昆蟲之放熱作用,大部分由於呼吸孔及皮膚表面之水分發散。外氣低溫或多溼時,則由於傳導及輻射。此際體溫必較外溫為高之時。反之體溫較外溫低時,放熱全部,由於水分發散。如上,於普通之溫溼度之空氣中,如昆蟲等活動性動物

① Aldrich, L. B.: *Smithonian misc. coll.* 81, 1 (1928).

② Levine, S. Z. & Wilson, J. R.: *Amer. Jour. Dis. Child.* 35, 54 (1928).

③ Hári, P.: *Biochem. Zs.* 78, 313 (1917).

④ 小泉清明: *Mem. Fac. Sci. Agri. Taihoku Imp. Univ.* 12, X, Mitt. (1935) & *科學* 4, 99 (1934).

之放熱作用,其大部分即全放熱量之大約 80—100%,由於水分發散作用;所餘僅 0—20% 乃由於傳導輻射者。

第 38 表

溫度 C	比溫 %	金龜子		結草蟲		螻	
		傳導 輻射	水潛 分熱	傳導 輻射	水潛 分熱	傳導 輻射	水潛 分熱
10	30	0.13 (10)	1.17 (90)	0.20 (9)	1.92 (91)	無 (0)	3.09 (100)
	60	0.12 (14)	0.76 (86)	0.18 (11)	1.42 (89)	0.17 (7)	2.41 (93)
	90	0.17 (26)	0.48 (74)	0.26 (23)	0.82 (77)	0.40 (17)	2.00 (83)
20	30	0.12 (5)	2.33 (95)	無 (0)	4.49 (100)	無 (0)	8.70 (100)
	60	0.21 (9)	2.07 (91)	0.15 (5)	3.07 (95)	無 (0)	7.50 (100)
	90	0.25 (21)	0.95 (79)	0.23 (10)	2.02 (90)	0.18 (3)	4.29 (95)
30	30	無 (0)	2.95 (100)	無 (0)	8.79 (100)	無 (0)	17.22 (100)
	60	無 (0)	1.94 (100)	無 (0)	6.61 (100)	無 (0)	14.52 (100)
	90	0.22 (15)	1.30 (85)	0.19 (5)	3.61 (95)	0.15 (3)	9.46 (97)

其他種類之動物何如耶? 據 Krehl 及 Soetbeer ①氏, Rubner ②氏, Benedict ③氏等之研究,爬蟲類及兩棲類之放熱,殆全部由於水分發散。傳導輻射亦偶存在,但其量極微,不過用普通熱量計細檢之則可以質的檢出而已。且此等動物之水分發散潛熱,往往較熱之

① Krehl, L. & Soetbeer, F.: Pflügers Arch. 77, 611 (1899).

② Rubner, M.: Biochem. Zs. 148, 258 (1924).

③ Benedict, F. G.: Carnegie Inst. Publ. 425 (1932).

生產量多。換言之，較產熱量多量之熱，由於水分發散而被奪。因此體溫較氣溫爲著低云。爲補償此過剩水分發散之一部起見，得證明此等動物，卻於此際由周圍攝取溫熱。例據上述 Krehl 及 Soetbeer 氏，蛙 (*Rana mugiens*) (體重 750 g)，1 Kg 1 小時於 30 l 容積之熱量計，將 25.3°，6—70% 之空氣以 1 小時 544 l 之比例換氣，則由熱量計奪 1.6 Cal。又換氣量 165 l 之時，在同溫同溼之狀態中奪 1.4 Cal 之熱。唯限於飽和水分之空氣時，始失熱於熱量計 (在同溫 0.5 Cal)。鱷 (*Crocodylus*) 亦同樣，於溫度 25.3°，比溼 50—55% 隨換氣量而各由熱量計奪 0.6 (換氣量 632 l)，0.5 (206 l)，0.4 Cal (173 l) 之熱，而爲水分發散潛熱之一部云。但鱷於水分飽和之時，亦放出 0.3 Cal 之熱。此等動物產熱量之 200—300% 由水分發散而喪失。故除溼潤空氣外，體溫常較外溫爲低。

空氣多溼之時，水分發散減少，而放熱方法，主由於傳導。此關係由前舉著者之表，亦可明白。從來將冷血動物之產熱量，直接用熱量計所測之成績，概爲限於計內之空氣飽和水分時，而由傳導輻射熱所換算者。例 Krehl 及 Soetbeer，及 Rubner 氏用 Rubner 之熱量計，又 Hill ① 用彼自身加工之熱量計，均爲將兩棲類及爬蟲類之產熱量，由傳導熱測定之。故水中動物之放熱，主由於傳導者，可不待言。Rubner ② 氏以自己之用於酵母及細菌之微熱量計，測金魚及棘魚等之產熱量。Krummacher ③ 亦在食鹽水中測蛔蟲之產熱量。此等皆利用動物熱由於傳導使周圍之水變溫之事實者。魚

① Hill, A. V.: Jour. Physiol. 43, 379 (1911).

② Rubner, M.: Biochem. Zs. 148, 222 (1924).

③ Krummacher, O.: Zs. Biol. 69, 304 (1919).

由鰓呼吸所出之水之溫度，較入時為高之事實（Winterstein ①），亦可用以說明此事。

## 七 及於喪熱比例之影響

溫熱之喪失量，用普通熱量計法測定時，即在計內空氣中測動物由傳導與輻射而放散之熱量時，則見傳導熱與輻射熱相合併，不能將兩者區別。欲區別之，通常單測輻射量再由熱量計所得之合併值減除之。欲測輻射量普通以金屬箔之表面塗有油煙者正向於皮膚而用 Bolometer 測其溫度之上升。此法可測一定皮膚面積之量，但測全體表面之量則甚難。Masje ②氏及 Stewart ③氏等之人體輻射量之測定，皆據此原理。Rubner ④之計算例，裸體之人由 1 sq. cm 之皮膚面之輻射，於 1 小時為 0.001 cal；由 200000 sq. cm 之體表面，1 日放散 1728 Cal 之輻射熱。故將此量從以熱量計所得之合併量減之，則得傳導量。然一般此兩者並不如此區別，而以合併為傳導輻射熱之測定方法為普通。

A. 溫度之影響 溫度為  $\theta$  之物體，在溫度為  $\theta'$  之環境，由於傳導所失之熱量，為  $Q = \lambda S (\theta - \theta') t$ 。

又據 Newton 之冷卻法則， $\theta$  物於  $\theta'$  之環境，由於輻射所失之熱量用次式表之：

$$Q = AS (\theta - \theta') t.$$

$\lambda$  表示周圍之熱傳導度之常數， $A$  為物體之表面並關於媒質之常

① Winterstein, H.: Pflügers Arch. 125, 73 (1908).

② Masje, A.: Virchows Arch. 107, 267 (1887).

③ Stewart, G. N.: Stud. physiol. Lab. Owens Coll. Manchester I. 102 (1891). Ref. Centralbl. Physiol. 1891, 275.

④ Rubner M.: Arch. Hyg. 27, 69 (1896).

數。S 爲物體之表面積，t 爲時間，故兩式對於物體之表面積，物體與周圍之溫度差，及時間，有完全同一之構造者，若以 K 恆數代用 λ 及 A，則爲

$$Q = KS(\theta - \theta')t.$$

故稱 Newton 之冷卻式者，對於由傳導及輻射喪熱速度亦可適用。上式，生物由於傳導與輻射失於周圍之熱量，乃關係於生物體與周圍之溫度差。其差若大，則喪熱量亦大。從而體溫較外溫低時，固可勿論，即爲同一之時，由傳導輻射之放熱，亦不存在。溫血動物之放熱法，大部分用此方法，而於冷血動物，殆不存在，或極微量者，即由此理。又雖溫血動物，傳導輻射量由於外溫而異。低時多，高則減

第 39 表

溫 度	水分潛熱	傳導輻射	比
7.6	11.8	71.7	14.2 : 85.8
15.0	14.0	49.0	22.2 : 77.8
20.0	16.2	37.3	30.3 : 69.7
25.0	16.9	37.3	31.2 : 68.8
30.0	26.2	30.0	46.6 : 53.4

第 40 表

動物號數	比乾度	溫 度	水分潛熱	傳導輻射
I	66	20.2	45.0	213.4
„	31	„	11.9	244.7
II	52	„	54.6	227.4
„	30	„	33.2	246.9
III	54	10.5	45.8	287.9
„	18	„	18.3	314.8
IV	87	20.2	40.0	205.7
„	67	„	34.2	217.3
„	44	„	27.2	230.8

動物號數主由於食量之相異

少。反之，水分發散量則隨溫度之上升而增加，以補償因傳導輻射減退而減少之放熱量。茲舉 Rubner ① 氏就犬所行之實驗結果（第 39 表），以說明此事情（表之數字為 1 Kg 1 日之量，單位 Cal）。

冷血動物於外溫低時，體溫稍高，故傳導輻射微有存在；但於高溫時，則水分發散量顯然增大，而體溫降低，不見有傳導輻射（參考第 38 表）。

B. 溼度之影響 空氣中溼氣多，則水分發散衰減，但傳導變旺。輻射量對於媒質之溼度無關係（Warburg ② 氏，Gerlach ③ 氏）。Aldrich ④ 氏就人之輻射熱證明之。由 Rubner 之犬之實驗結果（第 40 表），將比乾度與放熱量之比例，以比乾度 100%（比較溼度 0%）時之量，各為 100 計算，則如第 41 表。

第 41 表

比 乾 度	100%	75%	50%	25%
水分潛熱	100	74.3	48.3	22.7
傳導輻射	100	107.6	116.5	125.4

C. 住居之影響 在水分飽和之空氣中，或水中，放熱主由於傳導。在土壤中，土壤粒子密着於生物體時，傳導熱最多。

D. 羽毛或着衣之影響 由於傳導輻射之放熱，因體表面之羽毛或衣服等之有無或厚薄而著異。即如後述（第二編第三章三），此等被覆物，對於放熱量大加制限。在人着衣部之放熱量，不及裸

① Rubner, M.: Arch. Hyg. 11, 255 (1890).

② & ③ 參照 Landolt-Bornstein: Physik. Chem. Tab. Bd. 2, S. 805.

④ Aldrich, L. B.: Smithsonian misc. coll. 81, 1 (1928).

出部之一半 (Paechtner ①氏)。

動物亦同樣，剪毛則傳導輻射  
量增加。Rubner ②氏就犬實  
驗，記錄因此而有 33.3 % 之增  
加。然水分發散量 (對 1 Kg 1  
日) 則因此而稍減少。

第 42 表

溫 度	剪毛前	剪毛後
15	23.0	—
20	27.7	23.0
25	28.1	28.0
30	42.9	27.2

① Paechtner, J.: Ellenbergers Lehrb. vergl. Physiol. (1925).

② Rubner, M.: Arch. Hyg. 11, 127 (1890).



## 第五章 溫熱之攝取

### 一 冷血動物之攝取溫熱

生物攝取食物，將其化學之能變化為熱，故可謂為間接的溫熱攝取。但茲所謂溫熱攝取 (Wärmeaufnahme) 者，是指生物體直接由於傳導及輻射而吸收熱之現象。如前所述，熱不能由低溫度之物體傳導於高溫度之物體；又低溫度物體，對於高媒質，依輻射而失熱之事亦無。因而在普通之環境，溫血動物並不傳導輻射而得熱。然對於冷血動物，外溫較其體溫常高若干，又動物有移居於高溫之場所者，如斯場合，由外界攝熱而體溫迅即一致於新溫度。

由於傳導與輻射而攝熱之比例，與喪熱時同樣，因種種之條件而不一定。一般棲於空氣中之動物，由於傳導之攝熱，比由於輻射之吸收為困難。其理由即生體之熱容量較空氣之熱容量為大之故。反之，棲於水中或類似之場所者，其熱主由傳導而傳播。並非此類環境，易於傳熱；乃因水自身吸收輻射熱之力頗大之故。

冷血動物無特別輻射熱源即無太陽光線或人工的赤外線時之攝熱現象，因詳述於後熱平衡項下 (第三編第四章)，本章僅就輻射線之吸收述之。

輻射線投射於物體之量，與其被吸收之量之比，稱物體之輻射吸收率 (Absorptionsvermögen)。完全黑色之物體，投射於自體之光，殆全部吸收。故此值近於 1。一般將遮斷吸收熱線之物質稱不

透熱體 (Adiathermaner Körper)。不吸收而全部通過之物體，稱透熱體 (Diathermaner K.)。此區別非絕對的，兩者之間，並無絕對界限。水、玻璃等吸收率大，油煙、明礬、冰等為近於完全之不透熱體。將明礬之水溶液置於光線通路，可用為濾熱器者，即此理由。

冷血動物之皮膚，對於此種輻射熱，示何關係耶？從來殆無研究之者，故不明其詳。最近由德國 Krüger<sup>①</sup> 之教室報告甚多，此關係可明。冷血動物吸收日光或赤外線，其體溫所以變高者（第三編第一章六），因此等動物之皮膚，對於熱線為透熱體之故也。據 Krüger 氏 (1929) 對於蛇舅母 (*Lacerta agilis*) 之皮膚，赤外線能透 5.5  $\mu$ ，蛙 (*Rana fusca*) 之皮膚能透過 3  $\mu$  云。又對於熱之吸

第 43 表

水層之厚 mm	透過率	吸收率
3	48.7	51.3
1	61.3	38.7
0.01	93.2	6.8

收，組織之水分含量實有重大效用。Franz 氏欲知此關係，以有 3 種厚之水層當於 Osram 燈 (250 瓦特) 之光線，而調查水層之厚與熱之吸收透過率有何

關係，結果如上表，當水層為 3 mm 厚，則輻射線之一半被吸收。Franz 氏因欲闡明熱線之透過率隨皮膚或皮下之水分之有無而異，乃剝取 *Lacerta viridis* 之背皮，於其裏面使密着 3 mm 之水層，而調查輻射線之透過率，僅不過 6.1%。因僅為皮膚之場合為 12.9%，由於 3 mm 之水層，熱之吸收乃加倍。又用 *Lacerta agilis*

① Krüger, P. & Kern, H.: Pflügers Arch. 202, 119 (1926).

Krüger, P.: Biol. Ztbl. 49, 65 (1929).

Franz, H.: ibid, 50, 158 (1930).

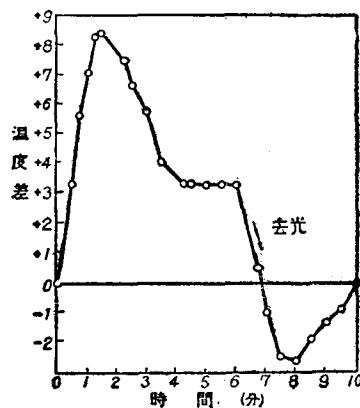
Krüger, P.: Zs. Morph.-Ökol. 22, 759 (1931).

之背皮，以測透過率，則方剝取之新鮮者為 6.9%，而稍乾燥者增為 7.5%，以火焰使其完全乾燥者增為 12.2%。

皮膚或皮下組織所吸收之熱，由於傳導而移行於內部，使體溫上昇。Franz 氏於 *Lacerta agilis* 之背皮，照以電燈之光（距離 40 厘米）而測其皮下組織與腹腔之溫度。第 13 圖為示兩者之溫度差者。+ 示皮下較腹腔高溫，- 示低溫。照以電燈光，則皮膚之溫度急昇，因不能立達於內部，故兩者之溫度差，急增如圖。然此差於 3 分鐘後即行急減，因皮膚之熱，速傳於內部之故。然光之吸收持續之間，兩處非為同溫，以一定之差而保持平衡狀態。若停止照光，則因皮膚之放熱急增，而皮膚之溫度逐漸下降，遂較腹腔為低。

皮膚之色，對於熱的吸收率，著有影響。黑皮膚之吸收度較白色皮膚為大之研究，已有種種。許多動物背皮之色素較腹皮為多，而呈黑褐色。據 Franz 氏實驗，前者之吸熱較後者為大云。*Lacerta vivipara* 有體色黑者，與淺明者，將兩者置於同一之基物上，在直射日光之下而測其體溫。則如第 44 表所示，黑色者體溫常高。

Buxton ① 氏以蝗蟲證明同樣之事。名 *Calliptamus coelestis* 之蝗蟲，有 2 型。正常型具淺黃色，翅為淡桃色。他型呈巧克力狀之褐色。將此兩種（同性同



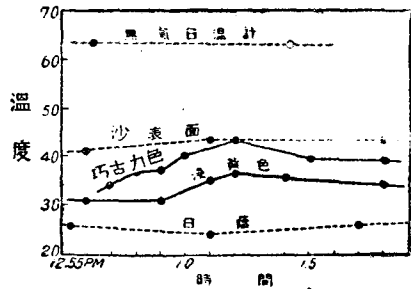
第 13 圖

① Buxton, P. A.: Proc. roy. Soc. London, B, 96, 123 (1924).

大者) 曝於沙漠 (Palestina 之直射日光而測定體溫, 如次圖, 黑褐色之個體, 較淺黃色者, 其體溫常高 4—5°。

第 44 表

時間	明色個體	暗色個體
PM 1.46	—	17.9
47	23.3	25.2
48.5	23.9	27.8
50	25.0	29.0
51.5	25.6	29.9
53	27.3	32.0
53.5	27.8	32.6
55	28.1	32.2
55	28.2	33.7
57.5	29.1	33.4
58.5	29.6	33.7
59	30.3	34.0
2.01.5	29.9	34.0
02.5	29.8	33.6
05	29.6	33.4
05	29.6	23.5



第 14 圖

黑色皮膚之吸熱力較淡色皮膚大者, 因所含色素細胞 (Chromophoren) 前者為多故也。尤有興味者, 即因外溫之高低, 而此細胞之形生有變化。即外氣為高溫時, 細胞收縮而熱之吸收力減退, 外氣為低溫

時則顯為膨大, 而增加吸收力。Fuchs<sup>①</sup> 視為色素細胞之物理學的溫度調節作用, 并介紹許多研究之例, 惟據 Bauer<sup>②</sup> 在水棲動物, 無此現象云。

## 二 溫血動物之攝取溫熱

周圍的溫度較體溫高時, 或外部有特別之輻射熱源存在時, 於溫血動物亦得見溫熱攝取之現象。唯此際與冷血動物有異。蓋

① Fuchs, R. F.: Winterstein's Handb. vergl. Physiol. 3 (1), 1189 (1914).

② Bauer, V.: Zs. allg. Physiol 15 363 (1913) & 16, 191 (1914).

溫血動物因有調節體溫之能力，能使放熱之機能旺盛，故體內溫度殆不上昇。雖昇亦極微量，且瞬即恢復原狀。

人體皮膚吸收或透過之輻射線之量，由於波長與皮膚之厚而異。Bachem 氏及 Reed<sup>①</sup> 以 Kromayer 燈、白熱電燈、或赤外線發生裝置等之光用濾過器濾之，而得種種波長之輻射線。比較其對於種種厚薄之皮膚，示如何透過率，而得如次之結果。表之波長之單位為  $m\mu$ ，皮膚之厚以 mm 表之，透過量及吸收量為將照於皮膚表面之量，作為 100 而計算者。

第 45 表

皮膚層	厚	波長	極端紫外線	遠紫外線			近紫外線		可視光線		近赤外線		
			200	250	280	300	400	550	750	1000	1400		
			100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	照射量
角質層	0.3		100	81	85	66	20	13	22	29	56	吸收或反射量	
			0	19	15	34	80	87	78	71	44	透過量	
+馬爾比鈞氏層	0.5		0	8	6	18	23	10	13	6	16	吸收量	
			0	11	9	16	57	77	65	65	28	透過量	
+真皮	2.0		0	11	9	16	56	72	44	48	20	吸收量	
			0	0	0	0	1	5	21	17	8	透過量	
+皮下組織	25		0	0	0	0	1	5	20	17	8	吸收量	
			0	0	0	0	0	0	1	0	0	透過量	

波長 200  $m\mu$  之紫外線，即近於休曼線之短波光線。殆全部為皮膚最表面之角質層所吸收或反射，無由此達於內部者。波長漸大，則通過角質層之光量漸多，550  $m\mu$  適為可視光線之綠色部之

① Bachem, A. & Reed, C. I.: Amer. Jour. Physiol, 97, 86 (1931).

光；最多通過此層，吸收量少。然逐漸向赤色部，則透過率逐漸隨之減少。一般的說，角質層善吸收短波長之光線，長者則大部分不吸收而使透過。故紫外線比之可視光線、赤外線等，在表層被吸收之率遙多。馬爾比鈎氏層，即黏液層；最善吸收者為 300—400  $m\mu$  之近紫外線。次為可視部。此層吸收之量，比較的少，通過角質層之光，大部分亦通過此處。真皮對於可視長波長光線之吸收力，非常大。達於此處之光大部分被其吸收。於皮下組織距皮膚表面厚 25 mm 者殆無光線能達於較此更深之部，總括上述，可謂短波長之光線，於皮膚之表層被吸收，而無達於內部；長波長之光，有可多量滲透而達於內部之能力。

紫外線富於化學作用，能促進物質代謝（參考 Laurens ①），溫血動物之體溫，似因之而上昇，但其影響輕微。例 Hasselbalch ② 氏由於碳素弧光燈之照射而得人之肛門溫度昇 0.4—0.6°，皮膚溫昇 0.5—1.5° 之結果。但 Bering ③ 氏以人工的紫外線，使皮膚溫度上昇，體內溫度卻反變低。又 Loewenhardt ④ 及 Koenigsfeld ⑤ 氏等，若照射以水銀石英燈，則皮膚及體內之溫度或上或下，無一定云。故以為短波之光線，對於體溫無甚影響。

長波之可視光線或赤外線，是熱作用之旺盛光線，故溫血動物之體溫，似因此而上昇者，但與冷血動物相異，體內溫度不甚升高，

① Laurens, H.: The Physiological effects of radiant energy (1933).

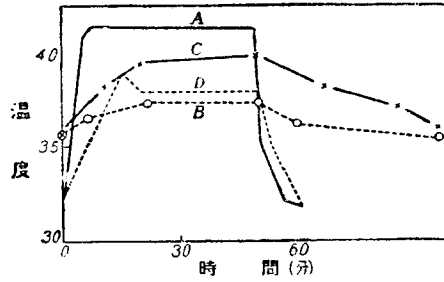
② Hasselbalch, K. A.: Skand. Arch. Physiol. 17, 431 (1905).

③ Bering, F.: Med. naturw. Arch. 1, 131 (1907).

④ Loewenhardt, F.: Dissertation Greifswald (1919).

⑤ Koenigsfeld, H.: Zs. klin. Med. 91, 159 (1921).

例據 Loewy 及 Dorno<sup>①</sup> 氏之研究，人體皮膚吸收赤外線，而溫度由 32° 急激昇至 41—44°，但在距表面 10—25 mm 之處，較正常之體溫昇 1° 以上者絕無。又皮膚如斯所生之高溫，因照射停止，即急激恢復。但在 25 mm 之深部，則上昇及下降的極緩慢。若以日光與赤外線相較，則照射於日光之部分之溫度降下較遲。上圖為圖示兩氏之結果者。



第 15 圖

- A. 由於赤外線照射之皮膚溫度
- B. 同上 25 mm 深部溫度
- C. 由於日光照射之皮膚溫度
- D. 同上 25 mm 深部溫度

① Loewy, A. & Dorno, C. : Strahlentherapie 20, 411 (1925).

## 第六章 體溫與比熱

### 一 體溫之意義與其測定法

概念的說，物體之溫度 (Temperatur)，表示其構成分子之運動之強。熱量 (Wärmequantität) 表示各分子之運動能之總量。故某物體毫不含熱時，即為其物體分子完全靜止之時，而其溫度為絕對零。據計算，分子運動於  $-273^{\circ}\text{C}$  時為零。

熱量以卡路里表之，溫度以度表之，溫度之概念，原來由吾人之感覺即寒熱之感而生者。但主觀的感覺，隨個人而異。有以某種普遍的性質表之之必要。將物體之體積，電氣抵抗，熱電動力等之溫度函數，分割為適當之尺度，而表現者，即現行之所謂溫度。

溫度對於熱量之關係，由於熱容量 (Wärmekapazität) 而定。熱容量者，物體之溫度昇於  $\Delta\theta$  時所費之熱量  $Q$  以  $\Delta\theta$  除之，即  $\frac{Q}{\theta}$  云。單位以  $\Delta\theta$  為  $1^{\circ}\text{C}$ ，熱容量即指定該物體溫度上昇  $1^{\circ}\text{C}$  所要之熱量，物體  $1\text{g}$  之熱容量，稱比熱 (Spezifische Wärme)。故有  $G$  重量之物體之熱容量，比熱若為  $S$ ，則為  $GS$ 。因此，物體之溫度對於比熱有次式之關係：

$$\text{溫度} = \frac{\text{物體之總熱量}}{\text{物體之重量} \times \text{比熱}}$$

生物體之溫度即體溫 (Körpertemperatur)，固然為從上述之關係者，但以由身體全體測得之比熱之值所計算之體溫，未必表示生物之真溫度。何則？生物體之溫度，決非全體一樣者。因局部而有



種種之高低，由上式算出之值，不過表示平均之體溫耳。關於由身體之局部而溫度有高低之事，詳於後方（第二編第二章）。但何故有此現象乎？蓋熱之生產授受，由於部分而不一樣為其主因，此外因生物之形，非為球形，體表距體之中心或產熱部位，距離各異；又關於熱之分配甚重要之熱傳導度，及血液之循環，隨組織器官而不一樣等。

如上所述，所謂生物之體溫，果宜以何部分之溫度為其代表？殊不明瞭。即能盡測許多部分之溫度，而求其平均，似可得近於真之體溫，但各部分之溫度，又隨時間而無一定，難以認為理想之值。唯實際上，行之維艱，且亦非必要。單論體溫為幾度或高或低之問題時，以最適宜代表各部平均溫度之部分，即依於體內外之種種條件而無甚變動之場所之溫度，以代表體溫，即可。故以產熱特旺之肝及腎，直接曝露於外界之皮膚，或攝食後溫度升高之胃腸等之溫度，不得為體溫之標準；固不待言。由此意義，生物之體溫以口腔（Mundtemperatur）及直腸（Rektaltemperatur）之溫度代表為普通。然此等部分，在離外部甚淺之處亦無意義。例據成澤①之測定，鼠之肛門溫度在1 cm之深為 $32^{\circ}$ ，2 cm為 $36.2^{\circ}$ ，3 cm為 $37.5^{\circ}$ ，4 cm為 $37.6^{\circ}$ ，5 cm及6 cm皆為 $37.7^{\circ}$ ，（氣溫 $12.5^{\circ}$ ）。於3 cm以上之深處，殆為固有之溫度。由於動物之大小，將溫度計插入若何深度為宜，各不一樣。至少若為口，不可不近於咽頭，若為肛門，須為溫度計之刻度全部埋沒之處之溫度。又雖稱口之溫度，如鳥類有突出之喙者，不能認為身體之本體，故其溫度非常低（參考第64

① 成澤淺水：國民衛生 1, 1 (1924).

表),不可採爲測定部位;有時須將溫度計插入於食管之內。在吾人爲測定之便宜計,則測腋窩 (Achselhöhlentemperatur) 之溫度。此溫度,雖使腕與胸體密著,普通尙比較口及肛門低  $0.5-1^{\circ}$ ,要之體溫宜以熱之生產、喪失、攝取等,較一定而無特別強弱之部分之溫度爲代表。

體溫之測定方法,與物理學上之方法及原理,並無何等異點。惟因對象爲生物,且有其他之種種事情,故須有特別之設計。最簡單之測定器爲普通之棒狀水銀溫度計,插入於測定部而視其刻度。惟此器尙有不便。故多採用根據取出後水銀不下降之最高溫度計之原理而製成之特別體溫計。水銀溫度計,隨利用之目的而有種種之大小及形狀,可以定製。例如測深部之溫度,則有深部溫度計 (Tiefenthermometer)。水銀部與最低刻度之間,有極細長者。又有以水銀球部之直徑僅 1 mm 長 7 cm 之小形溫度計測蜚蠊等小形動物之肛門溫度者 (Necheles<sup>①</sup>氏)。然水銀溫度計之細小度有限,又玻璃之熱容量大,又刻度最精以  $\frac{1^{\circ}}{10}$  而止,因此多不能求得精確之溫度。欲測  $36^{\circ}$  抑或  $37^{\circ}$  等之小範圍之體溫時,倘若用 Beckmann 之溫度計,  $\frac{1^{\circ}}{100}$  可正確求得,但形太大。可補上述缺點,而求更正確溫度者,爲應用熱電動力之方法 (Thermoelektrische Temperaturmessung)。此用融着 2 種金針之熱電偶 (Thermosäule od. Thermoadel) 之 1 方之先端 (Lötstelle),使接觸於目的部位,將他端置於一定溫度 (例如冰) 使生熱電流,然後用毫伏特計或電位計測之再換算爲溫度之法。若將電導路之抵抗,置於一定,則測電流可

① Necheles, H. : Pflügers Arch. 204, 72 (1924).

用電流計。插入於目的部之接合部，不過爲細金針(較 30 號更細者)之熔接者，故雖任何小區域之溫度，亦可測得。又因金針小形且熱容量小所以能得迅速而正確之溫度。倘先端雖稍大，亦無關係。則可作接有數對金針之熱電偶，祇須計器精密，任何細刻度之溫度，亦可測得。著者曾作具有 30 對接合點之熱電偶，而得測較 0.0001° 更小之溫度。然於實用上，如此正確溫度，非爲必要。應用金屬之電氣抵抗，由於溫度而異之原理之抵抗溫度計(Widerstandsthermometer od. Bolometer)亦有使用之者，然此因收容抵抗之金屬(白金)之玻璃管爲大形，雖可求正確溫度，但不適用於狹小部位。詳細之體溫實測方法，請觀物理學書，或醫學病理學等之實驗書。

## 二 比 熱

討論生物之熱關係 (Wärmeverhältnisse)，有顧及比熱或熱容量之必要。欲求生物體(活者)之比熱，非常困難。以與無生物同樣之方法求比熱，即預將生物體熱於一定之高溫，再急激以之投入於低溫之熱量計，而調查其溫度上昇之方法，在溫血動物，殆不可能。何則？溫血動物之體溫，不能如上述預使變高，又入於熱量計亦不能使冷卻故也。又有困難者，因生物在體中生產熱，雖爲冷血動物，在熱量計中冷卻時，真正給與計器之熱不能求得。故比熱用屍體測定。或改良 Liebermeister<sup>①</sup> 氏所用之舊法而計算外，別無他法。即將動物體之水分含量，若看做體重之約  $\frac{2}{3}$ ，則因水之比熱爲 1，故生體之  $\frac{2}{3}$  部分有 1 之比熱。所餘之  $\frac{1}{3}$  爲水以外之物質，其比熱

① Liebermeister, C. : Handb. Pathol. Therapie Fiebers (1875).

當然比 1 爲小。故全體之比熱，必比 1 小甚明。因此，彼漠然採 1 與  $\frac{2}{3}$  之算術平均 即  $\frac{5}{6}$  (=0.83 之值，爲動物體之最確之比熱。此方法，非爲真確方法可不待言。若用此原理，則測體全體之化學的組成，即至少須決定比熱相差懸殊而含量甚多之水分、脂肪、及非脂肪等之含量，而計算之，始得正確之值。即水之比熱爲 1，脂肪約 0.45<sup>①</sup>，非脂肪約 0.26，而計算。此外又有預先決定水分量，再測無水分狀態者之比熱，而計算之方法。然各個之組織器官之比熱，若摘出之，用前述熱量計法，亦能得正確之值。

第 46 表

物 質	比 熱
牛 肉	0.740
牛皮(含毛)	0.737
羊 肺	0.769
牛 乳	0.999
緻 密 骨	0.300
海綿狀骨	0.710
脂肪組織	0.712
骨 骼 肌	0.825
動 脈 血	0.906
靜 脈 血	0.873
脫纖維素血	0.920
血 清	0.932

用上述種種方法，就動物體之全體，

或器官及組織之比熱，自古之 Crawford

① 氏之時代已有觀測。依據 Crawford,

Liebermeister<sup>②</sup>, Rosenthal<sup>③</sup>, Bordier

④, Fleischmann<sup>⑤</sup>, Chanoz & Vaillant

⑥ 及 Atzler & Richter<sup>⑦</sup> 諸氏之研究，

人類或溫血動物之身體，全體之比熱，以

0.83 爲最可信賴之值。此值爲現在一般

所用之值。又綜合諸人之測定，種種組織

① 成組織之脂肪因含水故比熱較之更大(參照第 46 表)

② Crawford, A.: Experiments and observations on animal heat (1788).

③ Liebermeister: 前出。

④ Rosenthal, J.: Arch. (Anat.) Physiol. 1878, 215.

⑤ Bordier, H.: Compt. rend. acad. sci. 130, 799 (1900).

⑥ Fleischmann: Jour. Landwirtschaft. 50, 33 (1902).

⑦ Chanoz, M. & Vaillant, P.: Jour. physiol. pathol. gén. 8, 413 (1905).

⑧ Atzler, E. & Richter, F.: Biochem. Zs. 100, 193 (1919) & 112, 310 (1920).

或體物質之比熱，有如左表所示。組織含水多者比熱大，含水少者比熱小。若以血液或乳汁與骨組織相比，則此關係甚明。

關於冷血動物之比熱，有 Bachmetjew<sup>①</sup> 氏之研究。彼以上述之熱量計法，測昆蟲之比熱，據此而補正因產熱量之誤差之值，在稱 *Deilephila euphorbiae* 及 *Saturnia spini* 之蛾之蛹，兩者皆平均為 0.83，與溫血動物為同一。又殺蛹使其乾固者之值，為 0.4 至 0.5。

總之，比熱由於其體之化學的構成而著異。故計算不可不注意於此點。例如昆蟲之蛹時代，因在體內行複雜之化學變化，故其比熱，蛹之初期與終期，亦不一定。在 *Deilephila* 之蛹期間中，有 0.73 至 0.94，在 *Saturnia* 有 0.80—0.86 等之變動。

動物體之比熱(或熱容量)，如上所述為近於水之高值。此於生理上有重大意義。倘比熱小如金屬時，則體溫隨外溫之變化而時刻變化，瞬息不定。如斯狀態，對於生活不適合，可不待言。就比熱之實測方法，於上舉諸氏之文獻外，可參考 Bürker<sup>②</sup> 氏之記述。

① Bachmetjew, P.: Zs. wiss. Zool. 71, 550 (1902).

② Bürker, K.: Tiegerstedt's Handb. physiol. Methodik. 2 (3), (1908).

## 第二編 溫血動物之體溫

### 第一章 溫血動物之體溫與及於體溫之影響

#### 一 溫血動物與冷血動物之區別

關於體溫之高低，動物界得分爲溫血動物 (Warmblüter) 與冷血動物 (Kaltblüter) 之二大羣。前者之體溫，常較棲息之環境高；後者具任何時皆類似環境溫度之體溫。溫血動物，限於鳥類與哺乳類，此外全部爲冷血動物。非爲動物，此外植物，亦全部入於冷血(?)生物之範圍。如上定義，冷血動物之體溫，常近似於外溫。故外溫高時，體溫高，低時體溫低。生物棲所之溫度，大抵爲  $35^{\circ}$  以下，至高超過  $36-37^{\circ}$  者甚少。從而冷血動物之體溫爲  $35^{\circ}$  或  $36-37^{\circ}$  以上之高溫者絕無。故溫血動物一如字義可視爲有較冷血動物常高之體溫者。何則？如後述，溫血動物之體溫除例外者，大抵爲  $36-37^{\circ}$  以上故也。

以上爲就體溫之高低而分類者。根據體溫常爲一定，抑或變動，又可將動物界分爲二羣。常有一定體溫之動物，稱恆溫動物 (Gleichwarme Tiere od. Homoiothermen)。體溫隨環境之溫度而變動之動物，稱變溫動物 (Wechselwarme T. od. Poikilothermen)。而此等之現象或性質，各稱爲恆溫性 (Homoiothermie od. Homoiothermismus)，變溫性 (Poikilothermie od. Poikilothermismus)。前分類之溫血動物，大抵爲恆溫性；冷血動物爲變溫性。

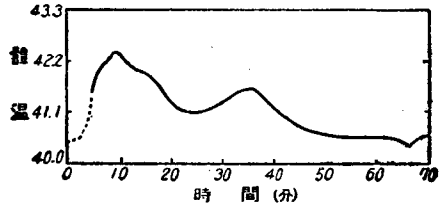
## 二 標準體溫

溫血動物之體溫常為一定，乃一般所認之事實。但此語並非絕對的。在狹範圍內，常有多少之變動。即由於體內外之種種事情，恆溫動物之體溫常不一定。不過其變化，比較冷血動物為極微耳。例如由於一日中之各時刻、晝夜、發育之時期、食事之前後、勞動或運動及疾病等之內的條件而異；又由於環境之溫度、溼氣、風、輻射線等之外的條件之影響而有多少之變化。故通常所謂溫血動物之體溫，自嚴格論之，不知究指何時之體溫，故最理論的體溫，究宜選定如何條件之時之問題乃起。以此標準之體溫為一般溫血動物之體溫，藉以比較種種動物之體溫或種種條件之影響等，頗為便利。關於此，最近發表鳥類之體溫詳細研究之美國 Baldwin 及 Kendeigh 兩氏<sup>①</sup>，發表標準體溫 (Standard temperature) 概念。兩氏提議，如上述可為基準之體溫，為 Krough 氏之所謂標準物質代謝 (Standard metabolism, 參照 27 頁) 時，即消化器、骨骼肌等特別之活動停止，動物休息時之體溫，此體溫稱為標準體溫；為上述溫血動物之代表的體溫。德語之模範溫度 (Normaltemperatur) 一語，大體與之同意。

次為供參考計，介紹兩氏就 Eastern house wren (*Troglodytes aedon aedon* Vieillot, 鶉類之一種) 所行之標準體溫測定法。由巢捕鳥至實驗室，入於一小暗箱，鳥在箱中因黑暗而靜止。箱中當然不放食物。捕時胃內所有之食物，約 2 小時半而完全消化。故預測完全消化之時，由箱取出，以左手握持，將熱電偶之一端，由口插入，達於食管之上

① Baldwin, S. P. & Kendeigh, S. C.: Sci. Publ. Cleveland Mus. Nat. Hist. 3 (1932).

端。鳥之握法宜自然，過強過弱，均不宜。吾人以手握之，除感情起興奮外，又有手之溫度之影響。但因有羽毛，後者之影響殆無。插入溫度計，將鳥再放入暗箱，待其鎮靜。其間約須 1 小時半。實驗時間須避箱外一切之騷擾。將鳥由暗箱取出，至亮處，而插入熱電偶，則體溫一時急激上昇。然在暗箱內，靜止約 50 分鐘則體溫略保一定之高。如斯經一定過程時之體溫，為標準



第 16 圖

體溫。此關係如第 16 圖所示。又由上述之方法所計之標準體溫，就 3, 4 種鳥類示如次。

第 47 表

種 類	性	標準體溫
Eastern house wren	♂	40.2
„	♀	40.6
Eastern chipping sparrow	♂	40.5
„	♀	40.5
Eastern robin	♂	40.3
„	♀	40.3
Northern downy woodpecker	♂	40.2
Eastern hairy woodpecker	♀	40.6

溫血動物之體

溫，古昔已多觀測。但如上述意義之標準體溫之報告，則不多見。然不作嚴格意義之解釋，若單以動物休息時之體溫，作為標準溫

度，則種種之溫血動物，平均有如何之體溫耶？得如第 48 表(鳥類)及第 49 表(哺乳類)之一覽表。

體溫固由於種類而不相同；在鳥類 40° 以下或 43° 以上者少。平均大體為 41—42°。在哺乳類為 37—39°，40° 以上或 36° 以下者甚少。故哺乳動物之體溫，比於鳥類約低 3—5°。此因鳥類之活動性旺盛，即物質代謝活潑；及羽毛之熱隔離度較哺乳類之毛為大故也。



第 48 表

種類	標準體溫	測定者	種類	標準體溫	測定者
燕雀目			鷄雞目		
鶉	41.5	Desprez	雄	41.5	Hilden & Stenback
烏鴉	42.8	„	鷄	42.0	Richet
烏鴉♂	41.69	Simpson & Galbraith	孔雀	41.75	Davy
烏鴉♀	42.04		吐綾鷄	42.7	„
白頭翁 I	41.49	„	吐綾鷄	41.5	Lefevre
白頭翁 II	41.39		雞	40.0	„
雀	42.1	Davy	雞(Dorking) ♂	41.39	Simpson & Galbraith
鶯	41.6	Hilden & Stenback	雞(Dorking) ♀	41.49	
鶯	42.0	Pallas	雞(Bantam) ♂	41.35	
鶉 I	40.90	Simpson & Galbraith	雞(Bantam) ♀	41.61	
鶉 II	41.10		雞♂	41.5	Hilden & Stenback
佛法僧目			雞♀	40.8	
鴉 II	39.30	Simpson & Galbraith	蒼鷹 III		
鴉 VI	40.45		蒼鷹 I	41.08	Simpson & Galbraith
鴉鵂	41.0	Desprez	蒼鷹 III	41.81	
杜鵑目			隼	40.5	Davy
鸚鵡	41.1	Davy	雁鴨目		
鸚鵡目			鴨♂	41.35	Simpson & Galbraith
鵲	41.9	Chossat	鴨♀	41.69	
鵲♂	40.89	Simpson & Galbraith	鴨	42.09	Martins Hilden & Stenback
鵲♀	41.31		鴨	40.7	
鵲♂ I	41.9	Hilden & Stenback	鴨	41.3	Martins
鵲♂ II	43.0		鵲型目		
鵲♀ I	40.6		蒼鷺	41.9	Prevot & Dumas
鵲♀ II	41.8				
鸚 I	40.33	Simpson & Galbraith			
鸚 II	40.99				

三 體溫之每日變化

於 1 日中,每隔 1 小時或一定之時間,試測定其體溫,則知隨時

第 49 表

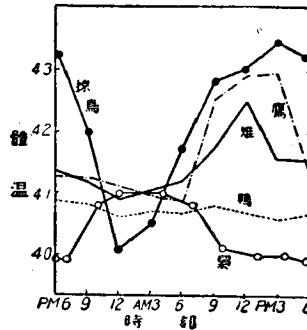
種類	標準體溫	測定者	種類	標準體溫	測定者
奇蹄目			犬	39.28	Richet
馬	37.4	Colin	犬	39.00	Dujardin-Beaumutz & Audige
馬	37.57	Woodhead	犬	38.31	Simpson & Galbraith
馬	37.8	Palat	犬	39.4	Aurep.
馬	37.71	Richet	犬		
馬	37.9	Strecker	齧齒目	39.55	Simpson & Galbraith
馬	37.9	Fohringer	兔	39.5	Lefevre
二角	37.4	Benedict & Baker	兔	39.55	Richet
偶蹄目			兔	38.7	Pembrey
豚	39.47	Lefevre	兔	39.9	Forthingham & Minot
豚	39.7	Gley & Randeau	兔	38.53	Simpson & Galbraith
駱駝, 朝	34.95	} Cleland	豚鼠	39.2	Richet
駱駝, 晚	37.85		豚鼠	37.1	Colasanti
山羊, 朝	39.75	} Damant	豚鼠, 朝	38.58	} Eyre
山羊, 晚	40.00		豚鼠, 晚	38.66	
綿羊, 朝	39.68	} Metschnikoff	白鼠	37.9	Macleod
綿羊, 晚	39.9		靈長目		
綿羊	39.06	Clawson	Macacus rhesus	38.5	Simpson & Galbraith
長鼻目			M. sinicus	38.5	„
印度象	36.45	Benedict & Baker	M. rhesus, 朝	38.22	} Eyre & Kennedy
Elephas oxytus	35.9	„	M. rhesus, 晚	38.62	
鯨目					
逆戟鯨	36.7	Portier			
食肉目					
貓	39.23	Lee & Scott			

刻而不一定；但大體循一定之變化而反復。此變化，由於動物之種類而有一定之經過，於 1 日大體有 1 回最高與最低之時。1 晝夜即 24 小時中之體溫之變化，稱體溫之一日變化 (Tagesschwankung der Körpertemperatur od. Nykthemerale Temperaturschwankung)。

第 0 表

種類	最高體溫	最低體溫	差	最高時刻	最低時刻
雞(Dorking) ♂	41.94	40.87	1.07	PM 3	AM. 3
♀	41.87	40.80	1.05	,,	,,
雞(Bantam) ♂	41.43	40.73	1.10	PM. 6	夜 12
♀	42.13	40.8	1.25	,,	AM. 3
鴨	41.80	40.88	0.92	AM. 9	,,
♀	42.03	41.10	0.98	正午	,,
鵝	41.53	39.95	1.58	PM. 6	夜 12
♀	41.93	40.62	1.31	正午	夜 12 及 AM. 3
鵝 I	41.31	39.37	1.94	PM. 3	夜 12
II	41.73	40.32	1.41	正午	AM. 3
鳥 ♂	42.46	40.66	1.0	PM. 1	AM 1
♀	42.70	41.21	1.49	,,	,,
鷹 I	41.85	39.75	2.10	PM. 4	,,
III	42.40	40.76	1.64	,,	,,
鵝 I	42.70	38.47	4.27	正午	夜 12
II	42.37	38.63	3.74	PM. 1	AM. 1
掠鳥 I	42.85	38.85	4.00	PM. 3	夜 12
III	42.60	38.70	2.90	PM. 6	AM. 3
梟 II	39.70	38.89	0.81	AM. 3	AM. 9
VI	41.13	39.98	1.17	AM. 4	PM. 1

鳥類 鳥之一日變化之曲線，晝間活動者與夜間活動者其經過大抵相反。第 17 圖示 Simpson 及 Galbraith<sup>①</sup> 兩氏於一週間每日每隔 3 小時，所測定之體溫之各時刻平均值之經過者。但是同圖中之雉之曲線，為 Hilden 及 Stenbäck<sup>②</sup> 氏所測之結果。由圖示



第 17 圖

① Simpson, S. & Galbraith, J. J.: Jour. Physiol. 33, 225 (1905).  
 ② Hilden, A. & Stenbäck, K. S.: Skand. Arch. Physiol. 34, 382 (1916).

掠鳥與梟之曲線可爲晝行性與夜行性鳥之模範例者加以比較而觀之。掠鳥之體溫，以夜 12 時爲最低，午後 3 時爲最高。天將微明，鳥開始活動，體溫乃急激上昇。朝晨 9 時頃，殆近於最高。以後持續此狀態至晚始稍降，由日沒以至黑暗，適與天曉時之上昇相反，乃急激下降，遂達於夜中之最低值。反之，在夜間活動之梟，體溫之高爲由夜 12 時至天明前之 4 時爲最。天明則急低下，由日中 10 時至晚 6 時，殆無變化，長保最低之體溫。第 50 表爲表示 Simpson 及 Galbraith 兩氏就 10 種鳥類所觀測之每日之最高及最低體溫之平均及其時刻。平均體溫因與第 48 表之值相同，故從略。此研究行於夏季。

由此表，可知鳥溫之每日變化，一般小形之鳥較大形之鳥，又富於活動性者較不然者爲大。例如小形之鶉及掠鳥，1 日之變化達 3—4°，而雞及梟僅爲 1°。又飛翔力旺盛之鶉、掠鳥、鷗、鷹等較飛翔

第 51 表

種	類	最高體溫	最低體溫	差
Eastern house wren	I	43.0	39.2	3.9
„	II	43.1	40.0	3.1
„	III	42.2	39.2	3.1
Eastern robin	I	43.1	40.2	3.0
„	II	42.6	39.3	3.2
Wood thrush		42.1	39.2	3.0
Cedar waxwing		42.1	39.6	2.6
Catbird	I	42.5	40.1	2.4
„	II	42.1	39.9	2.2
Eastern song sparrow		43.0	40.2	2.8
Eastern chipping sparrow		42.9	39.8	3.1
Eastern wood pewee		43.0	39.6	3.4

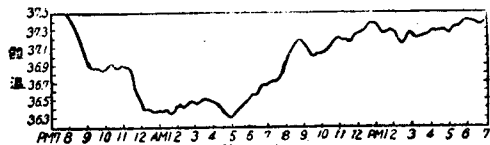
力或不甚發達之雞鴨等爲大(參考第17圖)。第51表所示此類小形或活動旺盛之鳥之體溫變化如何之大,爲Baldwin及Kenleigh氏之研究。表中之鳥全部屬於燕雀目。

哺乳類 哺乳類亦與鳥類同樣,晝間活動者日中之體溫較夜間爲高。又在日中,午後尤其是傍晚時之溫度,較午前,尤其是早晨之溫度爲高(參照第49表駱駝、山羊、羊、天竺鼠、猿等之體溫)。

第52表

時 刻	觀 測 回 數	平 均 體 溫	最 高 體 溫	最 低 體 溫	變 異
午前7時半	14	36.63	36.94	35.44	0.50
” 8 ”	15	36.92	37.44	36.28	1.16
” 9 ”	13	36.94	37.61	36.50	1.11
” 10 ”	12	37.1	38.00	36.44	1.56
” 11 ”	12	36.93	37.11	36.61	0.50
” 12 ”	13	36.90	37.33	36.50	0.83
午後1 ”	14	37.17	38.11	36.56	1.55
” 2 ”	17	37.11	37.94	36.72	1.22
” 3 ”	12	37.03	37.39	36.61	0.78
” 4 ”	15	37.05	37.39	36.72	0.67
” 5 ”	17	37.11	37.44	36.78	0.66
” 6 ”	30	37.35	38.06	37.09	1.06
” 7 ”	17	37.18	37.50	36.94	0.55
” 8 ”	16	37.05	37.56	36.73	0.78
” 9 ”	9	36.92	37.11	36.72	0.39
” 10 ”	15	36.81	37.39	36.44	0.95
” 11 ”	19	36.61	37.00	36.39	0.61
” 12 ”	8	36.51	36.56	36.00	0.56
午前1 ”	8	36.0	36.44	36.22	0.22
” 2 ”	10	36.12	36.28	36.00	0.28
” 3 ”	12	36.27	36.44	36.11	0.33
” 4 ”	11	36.31	36.56	36.11	0.45
” 5 ”	14	36.37	36.67	36.22	0.45
” 6 ”	16	36.50	36.83	35.33	0.50

吾人亦然，普通傍晚 4—3 時頃最高，朝晨之 2—6 時頃為最低（參照第 52 表）。哺乳動物之體溫，1 日中如何變化，除人外，不甚明瞭。關於鳥類亦同樣，體溫之觀察，每於偶然之機會或於朝晚之任何時刻所測之研究為多。長時間繼續調查之成績，則極少故也。然一般說，哺乳動物之變化之幅，即最高最低之差，若比於鳥類則遙小。試舉 3, 4 種成績，兔為  $0.2^{\circ}$ ，天竺鼠及犬為  $0.93^{\circ}$  (Simpson 及 Galbraith ①氏)。猿稍大，在 *Macacus rhesus* 公為  $1.63^{\circ}$ ，♀為  $1.73^{\circ}$ ，*M. cyanomolgus* 公為  $1.84^{\circ}$ ，*Papio hamadrias* ♀為  $1.47^{\circ}$ ，*Cercopithecus patas* ♀為  $1.11^{\circ}$  (以上為 Simpson 及 Galbraith ②氏之結果)。又 Nicol 氏就自身之直腸以 9 個月長期所測定之平均之差為  $1.24^{\circ}$ 。無論何者，其值皆較鳥類為小。第 52 表為 Nicol 氏之結果 (Pembrey & Nicol ③氏)。由此表，求每時刻之體溫之平均為  $36.79^{\circ}$ 。最高為  $37.36^{\circ}$ ，最低為  $36.12^{\circ}$ 。又 Benedict 及 Snell ④氏所測之曲線(人)如第 18 圖所示。



第 18 圖

## 關於體溫隨時變

化之原因，有種種學說。首先浮於腦海者，為氣溫之變化；但此未必為決定之原因。於溫度一定不變之空氣中，得見與平常無甚變異之

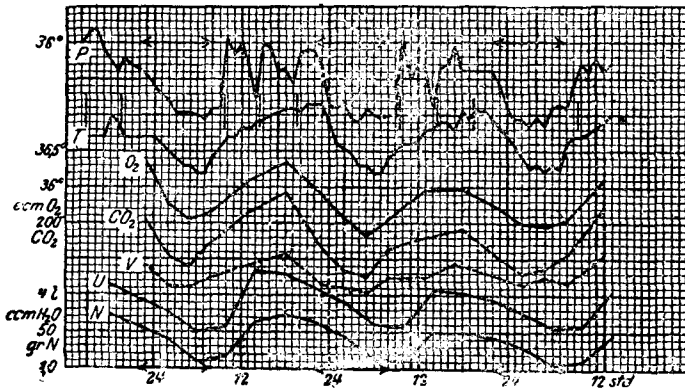
① Simpson, S. & Galbraith, J. J.: Jour. Physiol. 73, 225 (1905).

② Simpson, S. & Galbraith, J. J.: Transact. roy. Soc. Edinb. 45, 69 (1906).

③ Pembrey, S. M. & Nicol, B. A.: Jour. Physiol. 23, 386 (1898).

④ Benedict, F. G. & Snell, J. E.: Pflügers Arch. 90, 33 (1902).

變化 (Benedict 及 Snell 氏可以知之)。食後體溫雖有變化，但通觀 1 日，營普通之生活之際，及完全饑餓之時：體溫曲線之形無變化 (Rancken ① 氏)，故不能以消化器官之機能或食物之比動的作用之消長說明之。又雖從事激烈勞動之時及終日在床上久寢之時，其變化之狀態，亦無大異 (Jürgensen ② 氏)。故肌肉活動之盛衰，非為其原因之全部。如上述，體溫變化之原因尚無定說。然細加考察，日中之臥床與夜間之就眠，同為休息狀態，狹義的肌肉運動，即手足等骨骼之運動，雖不行；而廣義的肌活動，例如維持肌之緊張力，循環、呼吸、消化、排泄等之各不隨意器官之活動，或諸種分泌腺之機能，則日中與夜中自有強弱。故雖在臥床中，而體溫應有晝夜之變



第 19 圖

- |                                |                  |
|--------------------------------|------------------|
| P = 脈搏數 (2)                    | U = 尿排泄量 (10 cc) |
| T = 體溫 (0.1°C)                 | N = 尿氮量 (0.2 g)  |
| O <sub>2</sub> = 氧消費量 (5 cc)   | 括弧內之數字示縱軸之 1 度之大 |
| CO <sub>2</sub> = 碳酐排出量 (5 cc) | ←→ 為就眠時間         |
| V = 呼吸空氣量 (0.4 升)              | / 為攝食時間          |

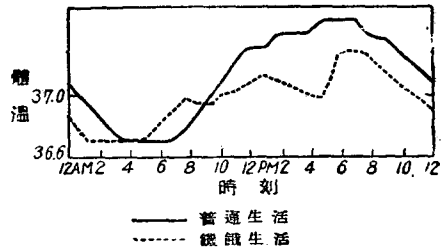
① Rancken, D.: Skand. Arch. Physiol. 21, 161 (1908).

② Jürgensen, T.: Die Körperwärme der gesunden Menschen (1873).

化。除 2.3 之例外，綜合從來所行之許多研究結果，體溫之時間的變化，與體中產熱之週期的變化之間，確有密接之相關關係，即體溫之變化原因於產熱之變化者甚大云。再觀象徵體內燃燒之盛衰之呼吸氣體之出入量，則見其與體溫之變化，呈同樣消長 (Sonden & Tiegerstedt ① 氏)。Völker ② 氏為欲知此關係，而調查代表物質代謝或活動性之強弱之種種生活作用，例如脈搏數、氧消費量、碳酞排出量、呼吸空氣量、尿量、尿中之氮量等隨時間而生之變化，而知如第 19 圖所示，與體溫之變化，全示同樣之經過。

故影響物質代謝之各種條件在 1 日中所生之變化，為引起體溫之時間的週期之大原因。殊如前述肌肉的活動性之強弱，關係最大。吾人日中靜息時，呼吸量之時間的變化小 (Johansson ③)。故此時之體溫變化，較活動時為小。又普通之攝食時與饑餓時相比，則飢餓時之變化為小，如第 20 圖 (參照前舉 Jürgensen 氏之研究)。

如上述，生命活動 (Lebensstätigkeit) 旺盛之日中，較之夜間；又活動激增之午後，較之午前，其體溫為高，似為妥當。可反證此理由之事實，即體溫變



第 20 圖 兩者皆為臥床中之測定

化之逆轉 (Umkehrung der Tageschwankung) 現象，得見於使其生活法相反之時 (Bei umgekehrter Lebensweise)。將晝行性動物

- ① Sonden, K. & Tiegerstedt, R.: Skand. Arch. Physiol. 6, 1 (1895).
- ② Völker, H.: Pflügers Arch. 21, 43 (1926).
- ③ Johansson, J. E.: Skand. Arch. Physiol. 8, 85 (1898).



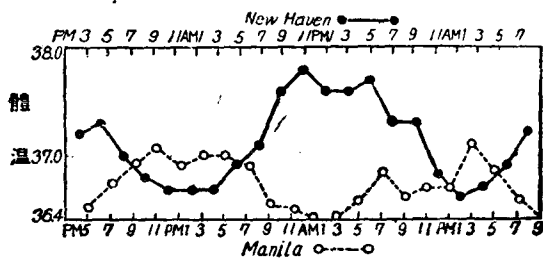
(Tagestiere) 之生活法，即晝活動而夜休息之動物之活動休息之週期 (Tätigkeitsruhehythmus)，採相反之夜活動而晝休息之方法時；則體溫曲線，亦與正常之時，全相反者為多。Toulouse 及 Piéron<sup>①</sup> 氏就獲得夜間勤務而晝間能熟睡之習慣之 16 個看護婦，以作試驗。未成習慣前，最高體溫為下午，最低為朝晨，使行相反之生活，則反對而為最高在於朝晨 (AM 6-9)，最低在下午 (PM 9)。次表示 2 個看護之朝與晚之體溫。附\*者，為最高體溫。又體

第 53 表

人名	夜之狀態	AM 6	AM 9	P. 6	PM 9
Go.	就寢	36.79	—	37.30	37.31*
	勤務	37.38*		36.79	36.65
Br.	就寢	37.10	37.13	37.31	37.43*
	勤務	36.97	37.15*	36.95	36.70

溫變化之逆轉所見之有趣之例，為吾人旅行於時差非常相異之遠隔地方，自然行生活之逆轉時。次圖為 Gibson<sup>②</sup> 氏由美國之 New Haven 旅行菲律賓之馬尼拉，所得之體溫曲線。時差達於 11 小時，殆見曲線完全逆行。

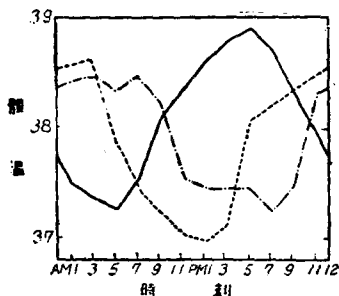
有否定因逆生活而體溫逆轉之人(參照 Benedict & Snell<sup>③</sup>)



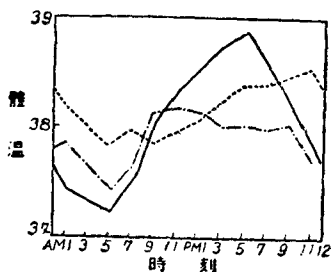
第 21 圖

- ① Toulouse, E. & Piéron, H.: Jour. de Physiol. 1907, 425.
- ② Gibson, R B.: Amer. Jour. med. Sci. (1935).
- ③ Benedict, F. G. & Snell, J. E.: Pflügers Arch. 90, 33 (1902).

及 Polimanti 氏之論文)。然此際宜注意者，供此等試驗之人，果爲完全營反對生活否之問題。長期晝活動而夜休息習慣固定之人，果能晝熟睡而夜充分活動否？不可不成疑問。故上述之否定的結果，若果真爲可信；在吾人大可看做有個性的相異。



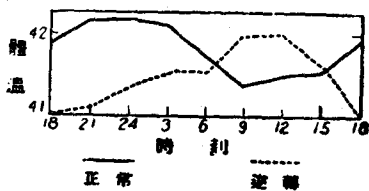
第 22 圖



第 23 圖

人以外之動物，亦能人工的使起體溫曲線之逆變。Simpson 及 Galbraith 氏於菊舍日中使暗，夜則點電燈使明，則得如 22 圖與普通之生活法反對之曲線。從而周圍常明時，或暗時，時間的變化少，曲線無上下（參照 23 圖）。

就鳥類亦爲同樣，第 24 圖爲雞（公及母）之人工的逆轉曲線（Hilden & Stenbäck 氏）。在自然



第 24 圖

然，此現象得見於晝行鳥與夜

行鳥（第 17 圖）。鼠等動物，不屬於晝行，亦不屬於夜行，即活動休

- Polimanti, O.: *Za. allg. Physiol.* 16, 502 (1914).
- Simpson, S. & Galbraith, J. J.: *Transact. roy. Soc. Edinb.* 45, 69 (1906).
- Hilden, A. & Stenbäck, K. S.: *Skand. Arch. Physiol.* 34, 382 (1911).

息無規則，故最高體溫或爲夜之 12 時，或爲晝之 12 時，並無一定 (Bierens de Haan ① 氏)。

#### 四 體溫之季節的變化

Simpson ② 氏於每月同日同時刻，1 年間觀測雞之直腸溫。據云雞之體溫，由 12 月至 2 月爲最低，6 月至 8 月爲最高。彼以爲其原因可歸於夏之高溫，因高溫而雞之物質代謝旺盛之故。Baldwin 及 Kendeigh ③ 氏就種種之野棲小禽類，檢晝夜之平均溫度，夏較冬爲高。然活動旺盛之晝間，夏較冬爲長，故計算平均溫度時，夏較冬多含晝間之溫度；真正夏較冬爲高溫否，不明確。在哺乳類，Simpson ④ 氏就山撥鼠 (*Marmotta monax*) 由 8 月至 12 月之測定，亦與鳥同樣，夏較冬爲高溫。兔亦夏較冬高  $1^{\circ}$  (Richet ⑤)。人類住於溫帶者，亦有與之同樣之關係云。季節的變化最顯著之例，爲冬眠動物之越冬中之體溫。關於此，特述於後(參照第二編第五章)。

#### 五 種屬之影響

屬於同一種之種族 (Rasse)，有無固有之體溫，殆無研究，不能確知。但據 Simpson 氏之實驗，雞 Dorking 與 Bantam 由於

- 
- ① Bierens de Haan, J. A.: Arch. Entw. 50, 1 (1922).
  - ② Simpson, S.: Proc. roy. Soc. Edinb. 32, 110 (1912).
  - ③ Baldwin, S. P. & Kendeigh, S. C.: Sci. Publ. Cleveland Mus. Nat. Hist. 3 (1932).
  - ④ Simpson, S.: Amer. Jour. Physiol. 29, 12 (1912).
  - ⑤ Richet, Ch.: Dict. de Physiol. 3, 81 (1898).

雌雄而結果有別（第 48 表）。人類之體溫有謂黑人黃人較白人稍高，但未確。

## 六 年齡之影響

除動物初生而體溫調節作用未發達時，及生殖時期等外，年齡之影響不大。然一般有幼年期體溫高，老齡則較壯年期為低之傾向（Lefevre 氏）。

第 54 表

學名	年齡日	氣溫	雄	雌	測定者
<i>Homo sapiens</i>	兒童	—	37.11	37.20	Roger
<i>Lepus cuniculus</i>	仔	—	39.6	39.6	Bormann & Brunnow
<i>Cavia cobaya</i>	親	—	36.67	37.33	Steinach
„	„	—	36.7	37.3	Lipschütz
<i>Mus rattus</i>	426—503	25	35.80	36.25	Przibram
„	92—282	5	32.40	33.45	„
„	„	15	34.55	34.75	„
„	„	20	35.10	35.60	„
„	„	25	35.95	36.05	„
„	„	30	36.10	36.50	„
„	„	35	36.60	37.50	„
„	80	25	35.0	35.6	„
„	„	35	37.0	37.2	„
„	38—54	25	26.13	36.87	Bierens de Haan
„	24	10	34.60	34.80	„
„	„	15	35.42	35.55	„
„	52	20	36.15	36.30	„
„	„	25	36.80	36.85	„
„	24	30	37.50	37.50	„
„	23	35	37.80	38.00	„
<i>Mus musculus</i>	親	♂ 21.2 ♀ 28.3	36.39	37.32	Sumner
„	„	♀ -3.3 ♂ -4.0	36.15	36.44	„

① Lefevre, J. : Chaleur animale et bioenergetique (1911).

## 七 性之影響

雌之體溫大抵較雄者為高，就鳥類由第 47 及 48 表觀 Baldwin & Kendeigh 及 Simpson & Galbraith 諸氏之結果，即可知。在哺乳類亦全為同樣（參照第 54 表）。

體溫之性別，最顯著差異時，為生殖及與之有關聯現象之發現期。例如月經之前（Zuntz<sup>①</sup>氏）或妊娠中；較平常之體溫為高。懷妊中之高溫，因胎兒在發育中之發熱量為大故也。實際妊娠中母體之呼吸量，較平時為大（Przibram<sup>②</sup>氏）。此等之關係，在家畜可詳細研究。妊娠之末期，馬及牛之體溫，升至 40.5°。然出產之直前，卻降下，即馬 4 日，牛、豚、羊等 2 日前，下降。故可利用此性質，為出產之預徵。出產後，人、犬、羊等之體溫上昇。牛、馬、山羊等下降。豚無變化。然普通 1 日之中即復原狀。但馬、牛、犬則須 2—4 日云（Marek<sup>③</sup>氏）。

鼠於發情期，體溫著昇（Congdon<sup>④</sup>氏，Sumner<sup>⑤</sup>氏）Lipschütz<sup>⑥</sup>氏曾用天竺鼠研究性之交換及去勢，對於體溫之影響，而說明此原因。據此，於移植卵巢之雄，平均為 37.2°，較正常（有辜丸時）體溫 36.7° 上昇 0.5°。於雌移植辜丸之初 37.3°，下降 0.5° 而為 36.8°。若有卵巢，則體溫高，若無則低，甚明。惟僅此實驗，卵

① Zuntz, L.: Arch. Gynak. 78 (1905).

② Przibram, H.: Arch. Entw. 37, 20 (1917).

③ Marek, J.: Lehrb. klin. Diagnost. inn. Krankh. Haustiere (1922).

④ Congdon, E. D.: Arch. Entw. 33, 733 (1912).

⑤ Sumner, F. B.: Jour. exp. Zool. 15, 315 (1913).

⑥ Lipschütz, A.: Pflügers Arch. 168, 177 (1917).

巢使溫度上昇，或辜丸使之下降，尙難斷定。更觀去勢實驗，卽由雌摘出卵巢，體溫下降爲  $36.9^{\circ}$ 。摘出辜丸之雄，無變化。故體溫之性別之原因，明爲雌之生殖腺。故表示種族特有之體溫時，殆以生殖現象無影響之雄之體溫爲宜。然生殖器官之未發達之幼時，或在衰退之老期，體溫之有性別，不能如上說明。此際一般物質代謝之強弱，爲有關係者（參照上表 Magnus-Levg 及 Falk ① 氏）。

第 55 表

性 別	年 齡	體 重	氧 消 費 量	
			絕 對 量	對 1 分 cc 對 1 仟克
少 女	13	31.0	171.7	5.54
少 年	15	43.7	216.6	4.97
女	39	31.6	156.6	4.96
男	24	43.2	195.8	4.53
老 婦	75	30.3	128.6	4.25
老 男	71	47.8	163.2	3.42

### 八 攝取食物之影響

攝取食物及消化器官之運動，爲特別之動的作用；體中之燃燒作用受促進（第一編第三章三），而體溫一時上昇。然一方因吾人之食物除調理時之外，大體爲較體溫低之溫度，故必奪取變成與體溫同溫時所需之熱。故攝食後之體溫上昇，非如斯大者。人類飽食後，僅昇  $0.2-0.3^{\circ}$ 。羊及山羊昇  $0.2-1^{\circ}$ 。朝食之際此狀態持續  $1.5-2$

① Magnus-Levy, A. & Falk, E.: Arch. (Anat). Physiol. 1899. Suppl. Bd. 314.

小時。晚食後，羊持續 5 小時，山羊持續 1 小時 (Berneburg ① 氏)。據 Baldwin 及 Kendeigh ② 氏，自由給與食餌之雀，與使其絕食者相比，平均高  $2^{\circ}$ 。多量攝冷食物或飲料時，體溫下降。馬吞飲多量之水後，較平常降  $0.8-1^{\circ}$  云 (Stigler ③ 氏)。Greene 及 Rowntree ④ 氏有使犬吞體重之 5 % 之冷水而體溫降  $1.4-3.6^{\circ}$  之報告。

將動物置於長時饑餓之狀態，體溫可不降，而能長時間保持一定，將死之直前，則急降。據 Rubner ⑤ 氏對於家兔之研究，斷食 1—9 日為  $39.9^{\circ}$ ，第 10 日為  $39.85^{\circ}$ ，11—17 日為  $39.55-38.82^{\circ}$ ，第 18 日為  $37.55^{\circ}$ ，死之前日即第 19 日降為  $36.9^{\circ}$ ，其關係全與飢餓中之物質代謝之消長相一致 (參照第 14 表)。鳥類尤其是小形活潑之鳥，飢餓之影響較哺乳類早現，且其症狀顯著。據 Baldwin 及 Kendeigh 氏下列小禽類，僅 7 小時其飢餓之症狀，已見深刻。即舉動為不活潑，眼閉，頭下垂，對於一切外部刺激無感應。呈此狀態，則體溫下降  $5-6^{\circ}$ ，甚或達  $10^{\circ}$ 。例如：

Eastern house wren No. I.  $34.4^{\circ}$ , II.  $30.8^{\circ}$ .

Eastern chipping sparrow No. I.  $37.0^{\circ}$ , II.  $35.9^{\circ}$ , III.  $30.8^{\circ}$ .

English sparrow No. I.  $31.2^{\circ}$ , II.  $29.3^{\circ}$ .

- 
- ① Berneburg, O. P.: Inaug-Dissert. Bern (1908).
  - ② Baldwin, S. P. & Kendeigh, S. C.: Sci. Publ. Cleveland Mus. Nat. Hist. 3 (1932).
  - ③ Stigler, R.: Mangold's Handb. Ernähr. Stoffw. landw. Nutztiere 4, 1 (1932).
  - ④ Greene, C. H. & Rowntree, L. G.: Amer. Jour. Physiol. 80, 231 (1927).
  - ⑤ Rubner, M.: Die Gesetze des Energieverbrauches bei der Ernährung (1902).

Chossat 氏以爲溫血動物之餓死，是因體溫調節作用亡失之結果而爲低溫之故。此確爲一因。但  $30^{\circ}$  以下，有不死之例，不能一概論之。

就營養狀態說，一般肥滿而營養良好之人，較瘦人，體溫爲高。憔悴之瘦馬，較普通馬，體溫有低  $0.5-1^{\circ}$  云 (Marek 氏 (前出))。

### 九 體運動之影響

骨骼肌收縮而行體運動時，則物質變化增進，發生多量之熱，因而動物運動時，有體溫不得不昂騰之理。但因放熱速度亦隨之增加，實際並非若斯之騰高，即稍昇亦非永續。

運動激烈時較緩慢時，體溫高昇。馬走時較立時約高 7.5 倍，疾走時爲  $40^{\circ}$  云 (Marek 氏)。由於運動種類，人之體溫之上昇，示如次。

第 56 表

運動之種類	最高體溫	上昇度	測定者
35 分鐘散步 (氣溫 $11.2^{\circ}$ )	38.0	1.0)	Obernier
4 小時鋸木	38.5	1.10	Jürgensen
登山 (600 米)	37.6	0.93	Liebermeister
„	37.8	1.08	Hoffmann
登山 (780 米)	37.85	1.03	Liebermeister
„	37.95	1.45	Hoffmann
下山 (600 米)	37.28	0.60	Liebermeister
„ (780 米)	37.60	1.00	„
„	37.25	0.85	Hoffmann
鬥拳	38.8	1.1	Lennhoff & Levy-Dorn

① Chossat, C.: Ann. sci. nat. zool. II, 20 (1843).



運動持久時之體溫，較之短時為高。Hengl (由 Marek 引用) 於 35 Km (約 9 里) 遠騎(疾走)之後，測馬之體溫升至  $42^{\circ}$  云。雖為同一種之運動，已成為習慣之時，則體溫之上昇度低。

體溫由於運動而上昇，乃因喪熱作用，不能解消產熱增加之故。氣溫低時，昇高之體溫較高時容易復原。據 Berneburg<sup>①</sup> 氏之實驗，氣溫  $20^{\circ}$  之時，因 45 分鐘之疾走，羊昇  $0.1-0.8^{\circ}$ ，山羊昇  $0.3-1.4^{\circ}$  之體溫，須 1.5—2 小時始復原狀。但氣溫  $10^{\circ}$  之時，由於 30 分鐘之疾走，羊昇  $0.55-0.9^{\circ}$ ，山羊昇  $0.65-1.1^{\circ}$  之體溫，則不須半小時便復原狀云。反之，如妨害熱之放散，則體溫不容易下降，而上昇則激。鳥類等有厚羽毛者，體溫特高。Riche<sup>②</sup> 氏紀錄於 300 g 之鴿，縛以 30 g 之錘而使飛翔，僅數分鐘後，由  $42.2^{\circ}$  昇  $43.1^{\circ}$ 。Féré<sup>③</sup> 氏指摘如雞等笨重者，使走，則由  $41^{\circ}$  昇至  $42.5^{\circ}$ 。吾人在礦山及汽罐之前動作時，因換氣不良，放熱大受妨害，體溫激昇(參照第 92 表)。

## 十 精神興奮之影響

如吾人感痛苦時，牛馬等被蟲刺傷而煩悶時，鳥被人捕而欲逃時等，興奮之時；則體溫上昇。Baldwin 及 Kendeigh<sup>④</sup> 將鳥由巢或陷阱捕出持之於手，直計體溫，而知較平常高  $3-4^{\circ}$ 。兩氏就種種之鳥類測定之溫度，如下表所示。又興奮長久而動物疲勞時，則

- 
- ① Berneburg, O. P.: Inaug.-Discert. Bern (1908).
  - ② Riche, Ch.: Dict. de physiol. 3, 81 (1398).
  - ③ Féré, M.: Jour. de l'Anat. Physiol. 1899, 808.
  - ④ Baldwin, S. P. & Kendeigh, S. C.: Sci. Publ. Cleveland Mus. Nat. Hist. 3 (1932).

體溫脈搏皆下降 (Gellhorn<sup>①</sup> 氏)。

以上皆就對於體溫之內的條件之影響所述者，環境之種種條件之影響亦大，述於第四章。

第 57 表

種 類	性	體 溫
Eastern house wren	♂	43.8
"    "	♀	43.6—44.3
Eastern chipping sparrow	♂	44.1
"    "	♀	44.8
Eastern song sparrow	♀	44.3
English sparrow	♂	44.0
"    "	♀	44.5
Eastern robin	♂	44.0
"    "	♀	44.3
Eastern bluebird	♀	44.1
Eastern yellow warbler	♀	44.2
Eastern martin	♀	43.6
Eastern phoebe	♀	43.8
Northern crested flycatcher	♀	44.8
Northern downy woodpecker	♀	43.3
Northern flicker	♂	44.0

① Gellhorn, E.: Pflügers, Arch. 189, 174 (1921).

## 第二章 身體各部之溫度\*

### 一 血液之溫度

體中各部分所生成之熱，由於傳導與血液之循環，而速傳播於全體。各器官或組織之溫度，似為同一，但實際上熱之傳導度及血流之速度等，對於全體必非同一。又一方喪失於體外之熱量，亦由於部分而異。故體溫隨場所而有高低。器官或組織之溫度，由於其部分所生產之熱量，喪失，或搬運之熱量等三因子而定。故各器官之活動性之強弱，位置，及血液供給之多少等，均成問題。在最離外部之位置，血液之循環甚暢，活動性旺盛之器官，有最高之溫度。

血液循環，對於熱之分配 (Wärmeverteilung)，有重大之關係；為吾人日常所經驗。緊紮手足之關節，則先端立即變冷，是其例證。

體內部之血液，較外部為高溫，皮膚血液最低。又在深部靜脈血較動脈血為高。據 Bernard<sup>①</sup> 氏，犬之右心室之溫度為 38.8°，左心室 38.6°，大動脈 38.7°，肝靜脈 39.7°。近於表面之部分之靜脈血較動脈血血流緩慢，被組織攝取之熱多，故較動脈血為低溫。據 Becquerel 及 Brechet<sup>②</sup> 氏頸靜脈之血液，較頸動脈低 0.5 - 2°，股靜脈較股動脈低 0.75 - 1°。

\* 關於本章事項，參考第一編第二章發熱器官之記述。

① Claude Bernard: Lecons sur la chaleur animale (1875).

② Becquerel & Brechet: Ann. sci. nat. (2) 3, 257 (1839) & 4, 243 (1839).

## 二 心臟與肺之溫度

如前述動脈血之溫度，較肌肉常低。肝門脈之溫度，較肝靜脈為低溫。因而右心房右心室之溫度，較左心房左心之室溫度為高，可以想像。Liebig ①，Heidenhain & Körner ②，Bernard ③ 氏等實驗的證明此事實。而以其原因，為心臟右部 近接於特別之產熱器官之肝臟及腸管之故。例 Heidenhain 及 Körner 氏將實驗動物置於 36—40° 之水蒸汽飽和之空氣中，斯則血液不因肺而冷卻，測其溫度，右較左為高溫；可以想像因右心臟之位置近於肝臟之故。然有以此種想像為不當之研究者。即將心臟取出於胸廓外，雖斷絕由肝臟來之血液，亦見同樣之現象（Hering ④）。然反之，所謂右較左常為高溫否，亦有疑問；Colin ⑤，Jacobson 及 Bernhardt ⑥ 氏等之舊研究，得反對之結果。

上述 Hering 氏之心臟之左較右為低溫者，謂非原因於由腸或肝臟之流入血液之結果，乃想像為血液在肺循環之途中，受冷卻，而入於左心臟之故。關於肺為血液之放熱器官，有許多實驗的證明。據 Heidenhain 及 Körner 氏肺近於肺動脈之部分與動脈血溫度相似，愈遠則愈為低溫，差達 0.1—0.2°（犬羊）。據吉村氏 ⑦，肺之

① Liebig, G.: Inaug-Dissert. Giesen (1853).

② Heidenhain, R. & Körner, H.: Pflügers Arch. 4, 558 (1871).

③ Claude Bernard: 上出

④ Hering, H. E.: Pflügers Arch. 99, 249 (1903).

⑤ Colin, G.: Ann. Sci. nat. Zool. 7, 83 (1857).

⑥ Jacobson, H. & Bernhardt, M.: Ztbl. med. Wiss. 1868, 643.

⑦ 吉村氏: Pflügers Arch. 126, 239 (1909).

溫度，雖較右低，而較左心室壁之溫度更低。剖開胸部而觀察左心室壁之溫度較流入於其處之血液為高溫。在犬平均達  $2.0^{\circ}$ ，在貓達  $3.0^{\circ}$ 。據氏之計算，心臟所生熱，至少  $\frac{1}{10}$ ，多時  $\frac{1}{2}$ ，由於肺循環而消失云。因此哺乳動物之心臟，能免因活動而生之熱鬱積之害 (Exner ① 氏)，激烈運動之際，開口行多量之換氣，即為此故。

鳥之氣囊 (Luftsäcke) 亦營與肺同樣之功用。鳥為活動旺盛之動物，尤其是飛翔時，心臟之運動非常激烈，發生多量之熱。然因體表面包以甚厚之防熱羽毛，若無何種特別之喪熱之代償器官，則必甚有妨礙。但肺為小形，不足為用。頗適合者，即為對大形之氣囊，與肺同樣營氣體交換，而為活動時之體熱放散之作用。Exner 氏亦證明此事實。Victorow ② 氏曾刺激除去氣囊之鴿之飛翔肌，使陷於強直，則體溫比氣囊存在時昇騰。

### 三 肝與消化器之溫度

關於肝，已詳述於 21 頁，茲再附述 2, 3 實驗之結果。Krehl 及 Kratzsch ③ 氏報告家兔之肝溫較大動脈血高  $0.4-0.8^{\circ}$ 。Kosaka ④ 氏報告肝靜脈血較門脈血高  $0.25^{\circ}$ 。Zondek ⑤ 氏用自己所製之深部溫度計插入於因手

第 58 表

部 位	溫 度
外側股肌	36.6
斜走腹部肌	36.1
腸骨肌	37.2
上腿外側肌	34.9
下腿肌	32.0
前腓肌	34.5
直腸	37.8

① Exner, S.: Wien. klin. Wochens. 22 (17) (1909).

② Victorow, C.: Pilägers Arch. 126, 300 (1909).

③ Krehl, L. & Kratzsch: Arch. exp. Path.-Pharmak. 41, 185 (1898).

④ Kosaka, T.: Jour. orient. Med. 12, 19 (1930).

⑤ Zondek. B.: München klin. Wochens. 1919, 1315.

術而開腹之人之肝深達 9 cm, 得 36.4°; 較手術前之肛門溫 36.8° 爲低溫。伊藤<sup>①</sup>氏謂家兔之最高溫度非爲肝, 而爲十二指腸, 卽其溫度較肛門約高 0.7°, 肛門與肝爲同溫云。又有以胃活動時溫度爲高, 卽在平常, 亦較直腸爲高溫, 而以其原因爲近於肝之故者 (Rancken 及 Tiegerstedt<sup>②</sup> 氏)。

#### 四 肌肉之溫度

Zondek 氏用深部溫度計, 測吾人種種部分之肌肉溫度, 結果如表(第 58 表)。

#### 五 鳥之體內器官之溫度

鳥類之深部溫度, 向無測定。最近 Kallir<sup>③</sup> 氏發表就數種鳥類

第 59 表

器 官	烏 鴉	雀 I	雀 II	鴿	鴿	鵝
肝	40.8	42.0	41.9	40.5	41.0	—
胰	40.5	41.8	41.9	40.3	40.5	—
腎	40.4	41.8	42.5	40.5	41.0	—
肺	39.8	41.0	41.3	40.1	40.4	—
心 臟	40.5	41.5	42.2	40.4	40.5	—
大 腦	—	—	—	—	39.0	—
小 腦	—	—	—	—	38.7	—
胸部肌	—	—	—	—	—	41.3
下腿肌	—	—	—	—	—	40.0

① 伊藤氏: Zs. Biol. 35, 63 (1899).

② Rancken, D. & Tiegerstedt, R.: Biochem. Zs. 11, 36 (1908)

③ Kallir, E.: Zs. vergl. Physiol. 13, 231 (1930).

作稍詳細之研究。氏以熱電偶插入用醚麻醉之鳥之體內而測生體種種器官之溫度。第 59 表為其結果。鳥之溫度分布，亦頗似哺乳動物，例如肝、胰、腎、心臟等屬高溫器官；肺較心臟為低溫。

## 六 皮膚溫

皮膚為身體之溫度分布 (Temperaturtopographie) 上最特別之場所，有詳加討論之必要。

第 60 表

部 分	平均溫度
直 腸	37.0
膀 窩	36.4
額	34.6
右 頰	34.7
左 頰	34.5
胸	34.5
腹	35.3
右 上 膊	34.2
左 上 膊	34.0
右 前 腕	33.9
左 前 腕	33.9
右 手 背	34.1
左 手 背	34.1
右 上 腿	34.3
左 上 腿	34.2
右 下 腿	34.3
左 下 腿	34.0
右 足 背	34.8
左 足 背	23.9
平 均	34.4

皮膚之溫度，任何部分皆較體內為低，極為明顯。但由於羽毛等被覆物之有無，疎密，外氣之狀態，血液循環之多少等，有部分的變異。人之手、足、顏面等曝露於外氣之部分，較包於衣服之皮膚為低溫。然此等部分，亦並非與外溫為同樣之低溫度。又對於着衣部亦無極大之差。蓋雖為曝露部分，亦常由於皮下血管而供給體內之溫熱之故。左表為 Oehler<sup>①</sup> 氏於氣溫 20—21° 時，就着衣之人之皮膚溫，比較其種種部位之結果。

於吾人略感快適之室溫即 20° 內外之氣溫，皮膚之溫度，着衣部與裸出部，

平均約可認為 33—34°，較體內低 3—4°。皮膚溫超 35°，則吾人即感不快。動物之皮膚溫度比吾人之着衣部著低。人之着衣部氣溫

① Oehler, J.: Deut. Arch. klin. Med. 80, 244 (1904).

10° 時，在 30° 以下者甚少。在動物雖說包有體毛，但對於外氣之接觸程度仍大，保持 30° 以上之皮膚溫者甚少。下表為大動物之皮膚溫。鼠等小形者之結果亦與之相同①。

第 61 表 ●

種類	學名	部位	皮膚溫
象	Elephas indicus	左側胸部	25.5
	„	右側胸部	24.1
	„	左耳翼先端	31.5
	„	(直腸)	(36.2—36.7)
象	Elephas oxytis	胸兩側平均	25.5
	„	左耳翼先端	31.5
	„	右耳翼先端	21.4
	„	(直腸)	(35.9)
犀	Rhinoceros bicornis	左側胸部	26.2
	„	(直腸)	37.4
河馬	Hippopotamus. amphibius	胸兩側平均	25
	„	背部	22
	„	腹部	29

皮膚之溫度，突出部較身體之本體為低。又外側之部分，較內側部低，即四肢、尾、鼻、耳等之溫度，較胴體為低（但象則耳之溫度為高）。雖在胴體，背側較腹側；在四肢，外側較內側，為低。例如馬之最高皮膚溫為肢之內側，最低為鼻之先端（Colin<sup>②</sup>氏）皮膚之裸出部或毛疎之部分為冷，可不待言。又皮下脂肪多之部分，體熱被隔離因而皮膚溫低。人之耳殼、鼻端、臀部等，即為此例。女子之

① 成澤淺水：國民衛生 1, 1 (1924).

② Benedict, F. G., Fox, E. C. & Baker, M. L.: Amer. Jour. Physiol. 56, 454 (1921).

③ Colin, G.: Traite de physiol. comp. d. animaux (1888).



手足較男子爲涼，肥胖人之皮膚，較瘦瘠人涼者，即因此故。黏液或

第 62 表

深	溫度
1 cm	33.7
2	34.8
3	37.0
4	39.0
直腸溫	39.9

水分潤溼之所，由於水分發散而熱被奪，故溫度低。牛、馬、豚、犬等之家畜之鼻端，乾燥而感溫，即爲疾病之徵候云。皮膚之溫度，表面最低，愈內部愈高。Henrique 及 Hansen<sup>①</sup> 氏於豚之皮膚插以熱電偶測種種深之溫度，得左之結果。在

豚，此際得見皮下脂肪之溫度，距表面 4 cm 深處，適爲等於固有之體溫之溫度，甚明。

### 七 鳥之皮膚溫

關於此，有 Kallir 之詳細研究。鳥之皮膚因以厚羽被覆，若比於短毛皮之哺乳類，其溫度與體內溫度無大差異，僅低 1--2°。通觀斑鳩 (*Turtur turtur*)、鴉 (*Corvus cornix*)、鴉 (*Colaeus monedula*)、雀 (*Passer domesticus*)、金絲雀 (*Serinus canaria*)、鶇 (*Merula merula*)、雲雀 (*Alauda arvensis*)、鷹 (*Tinnunculus tinnunculus*)、鵲 (*Gallinula chloropus*)、及鵝 (*Anser domesticus*) 等 10 種鳥類之皮膚溫，示最高溫度之部分，爲翼之下部 (1，—第 63 表之皮膚部位之數字)，鎖骨突出之胸部 (2)，及胴體之側方 (6)。背側兩翼之中間部 (8) 及胸部腹側喉囊存在之部分 (14) 次之。胸峯之部分 (3, 4, 5) 較之稍低。頸較腹側 (12) 背側 (13) 爲高溫。體之前方愈爲低溫。後頭部 (11)、肉冠 (10)、尾之基部即尾腺開口之部分 (9) 及包有

① Henrique, V. & Hansen, C.: Skand. Arch. Physiol. 11, 151 (1901).

第 63 表

皮膚部分	平均溫度
7	41.70
1	40.91
6	40.63
14	40.6
2	40.10
8	40.07
3	39.90
4	39.87
5	39.85
12	39.45
13	39.20
11	38.55
9	38.37
10	37.07
15	32.20
16	31.1

羽毛之部分爲最低溫。肢之裸出部之溫度，爲皮膚中最低，先端尤低。即趾(16)較踝關節(15)更低。嘴之溫度(第 64 表)亦甚低，與氣溫幾無異，且隨氣溫之變動而變化。上述之平均結果，表示如左。(原著無外溫之記載，但包於羽毛之部分之溫度，對於氣溫無甚關係。7 爲肛門之溫度。)

Baldwin 及 Kendeigh<sup>①</sup>氏測鷦鷯(Eastern house wren)之皮膚溫，體之胸、腹、側、背部皆較口中之溫度低 1—2°。兩氏之觀察，最有興趣者，爲雌之胸

腹之羽，於抱卵期脫落之現象，因此卵得適於直接感受母體之體溫。鷦鷯之胸毛初脫前之體溫爲 42.9°(氣溫 15.6°)時，其羽之表面溫度爲 36.1°。羽與皮膚之中間部爲 38.4°。近於皮膚之部分，爲 42.1°。故有羽時，卵感受 36.1°之羽之溫度。因脫落而直接受 42.1°之高溫。

Kallir 氏又測頭部之先端，即眼及嘴之種種部分之溫

第 64 表

部 分	鷦	鷯
角 膜	35.6	33.4
瞬 膜	36.0	33.4
上 眼 臉	36.3	—
下 眼 臉	36.0	—
外 鼻 孔	32.0	—
上 嘴	25.0	22.4
下 嘴	27.0	29.0
口 腔	37.8	40.0
舌之下面	—	35.0
外 聽 道	—	37.0
鼓 膜	—	37.4

① Baldwin & Kendeigh. 前出

度。眼瞼、瞬膜、角膜等之溫度比被覆部之溫度低 4—5°。在嘴更低，與被覆部之差達於 10°。僅較外溫為稍高。鼻孔為空氣之通路，溫度亦低，茲舉鴿與鷓之結果(第 64 表)。

### 八 外溫對於皮膚溫之影響

皮膚之溫度，受外溫之影響甚敏銳。Bubner ①氏之測定例(人類；N, R 被檢者名)，表示於次：

第 65 表

外 溫	鼻 根		眼 瞼		手		着 衣 部	
	N	R	N	R	N	R	N	R
10	25.9	29.9	30.3	31.1	28.0	28.8	32.0	32.1
12	26.3	29.0	28.7	30.0	—	—	—	—
14.5	26.7	28.9	30.6	30.9	27.0	28.9	31.1	31.7
17.5	29.3	29.0	30.8	30.8	29.7	30.0	32.0	30.8
25.6	31.0	31.3	32.0	33.1	31.0	32.0	33.0	33.0

在寒冷時，着衣部之溫度不下降，但露出部，則低。在戶外，曝於寒氣而運動時，因產熱量增加，血液之循環迅速，着衣部之溫度上昇，但裸出部不高。例

第 66 表

據 Benedict 及 Parmenter ②氏在 -5° 之戶外 15 分鐘步行，背頭等之被覆衣服或毛髮之部

氣 溫	體溫與背皮之溫度差	體溫與胸皮之溫度差
22.8	- 0.7	- 0.7
30.6	- 0.6	- 0.6

分，前者保 35°，後者保 30° 之溫度。手足等之溫度，則降至 25° 內

① Rubner, M.: Arch. Hyg. 23, 13 (1895).

② Benedict, F. G. & Parmenter, H. S.: Amer. Jour. Physiol. 87, 633 (1929).

外。有風時更低。皆因由皮膚之傳導輻射熱，增加之故<sup>①</sup>。

鳥類因包有隔熱度高之羽毛，故其皮膚溫受外氣之影響較哺乳動物為少。茲示 Baldwin 及 Kendeigh 氏(前出)之鸕鶿之觀測(第 66 表)。

Kallir 氏(前出)為欲知沼禽之鸕，涉走湖沼時，肢之溫度有如何變化，將肢浸於冷水 10 分鐘後，拿出直測蹠膜之溫度，得次之結

第 67 表

水浴前之蹠膜溫度	水 溫	水浴直後之蹠膜溫度
17.8	6.7	10
14	7	10
23.6	7	12
16	8	10.5
17	8	12.5
20	9	11
22.8	9	15
23	9	15
19	10.5	13

果。如表，於冷水，肢之溫度下降，而其他部分之皮膚溫無變化(第 68 表)。惟浸漬較久，則大抵因靜止而稍下降。

Kallir 氏又於鴿之全身送以冷空氣，注意其與皮膚之溫度特別注意眼之溫度之關係。據

第 68 表

部 分	9.2° 之水浴 15 分鐘	9° 之水浴 1 小時	10° 之水浴 2 小時
胸部翼之被覆部	40.2	39.9	39.4
鎖骨存在之部分	40.0	39.8	38.5
胸之側方	40.3	40.0	39.5
胸峯之中央部	39.6	—	38.8
後 頭 部	37.8	37.4	37.5

① Kisskalt, K.: Arch. Hyg. 70, 17 (1909).

川上勝恭: 國民衛生 7, 389 (1930).

其結果，圍有羽毛之部分雖有寒風，亦無變化。嘴及肢之溫度，則甚下降。

在此實驗，有興味之發見，爲眼之溫度由於寒氣，全然無變化。Kajikawa<sup>①</sup>氏曾主張突出於鳥之眼房底部玻璃液內之櫛膜(Pecten)，有多量之血液循環，能護眼，防寒。於此乃得證實。人及獸類之眼，亦強於寒氣，但比於鳥類爲弱。Kallir氏之結果，示於第69表。

皮膚溫之特別情形，爲炎症時之上昇。炎症之際，溫度升高，自昔卽認爲與發赤、腫脹、痛覺等共爲其特徵之一，此因其部之燃燒作用之增大？抑或因血液之供給之增加？自昔爭論。現今均以後者

第 69 表

場 所	實 驗 前 度 之 溫 度	冷 氣 之 溫 度	冷 氣 接 觸 時 期 (分)	接 觸 後 之 皮 膚 溫 度
趾	25	3	10	21
„	18	-1	5	13.7
„	21	6	10	19.2
踝關節	26	3	10	22.9
„	21	-1	6	16
覆蓋部之胸部	41.2	-1	10	37.5
頭 部	35.3	3	10	33.2
„	34.1	2	3	33.8
嘴	26.2	6	5	34.8
„	21.7	3	4	18.9
角 膜	31	2	3	31
„	33.4	5	10	33.4
„	33.8	6	8	33
„	33.5	6	3	33.5
„	34	7	10	34
„	33.4	3	12	33.4

① Kajikawa, I.: Arch. Ophthalm. 112 (1923).

較前者更爲主要之原因。

關於皮膚溫之測定方法，請參照下記 ① 之論文。

- 
- ① Benedict, F. G. & Parmenter, H. S.: Amer. Jour. Physiol. 64 (1928).  
Waser, F. B.: Abderhalden's Handb. biol. Arbeitsmeth. 5 (1), 453  
(1930).  
川畑愛義: 國民衛生 11 (2), (1934).

### 第三章 溫血之理由(體溫調節作用其一)

#### 一 體溫調節作用之意義

以溫血動物之體溫，比較於冷血動物之體溫，有二種性質得區別，一爲溫血，二爲恆溫。體溫調節作用 (Temperaturregulation od. wärmeregulation) 爲此二種性質即對於外溫保持某樣高之溫度 (Absolute Höhe der Körpertemperatur) 與常保此溫度於一定 (Konstanter Verlauf auf dieser Höhe) 之生物學的作用。狹義的解釋，體溫調節作用之目的，似單爲維持一定不變之體溫，但此性質與常保體溫較外溫爲高之性質不分離而存在。即除特別之情形外，調節機能向較氣溫低之溫度作用者，實無其例。必以所謂 37° 或 40° 之高溫爲目的。Gessler<sup>①</sup> 氏以體溫調節作用爲自體之中常保持一定量之熱之作用 (Das Vermögen, einen bestimmten gleichmässigen Warmebestand im Körper festzuhalten) 爲定義。然解釋此機制，有區別爲二種性質而討論之必要。何則？兩者之性質，雖聯絡而存在，但機制則各別存在故也。

本章所論者，溫血動物之體溫，常較氣溫或冷血動物之體溫高者，果爲如何之原因？溫血之理由有次二種：

1. 溫血動物有比冷血動物更爲旺盛之物質代謝，即產熱作用。
2. 溫血動物之體表，爲羽、毛、衣服、皮下脂肪等防止喪熱之隔

---

① Gessler, H.: *Ergeb. Physiol.* 26, 185 (1928).

熱層所包圍。

## 二 溫血動物與冷血動物之產熱量之比較

以電熱器浸漬於貯水之廣口瓶中，通以電流，則水之溫度隨電流之大，換言之，即隨電熱器之發熱量之大而上昇。溫血動物之體溫，較外溫或冷血動物之體溫高之理由之一，即在於此。即溫血動物之體內所行之物質代謝或產熱作用，較冷血動物遙大。

比較兩羣動物之物質代謝有二種方法。一為溫血動物於保有固有之體溫之正常生活與同一氣溫之下之冷血動物之物質代謝量相比較。例如外溫  $20^{\circ}$  之時，鳥為  $40-42^{\circ}$ ，哺乳類為  $37-39^{\circ}$  之體溫，而冷血動物之體溫大體近於  $20^{\circ}$ 。不願如斯體溫，而單於同一之外溫比較之之法，為接近事實之比較。然因直接影響於物質代謝者非為外溫，而為體溫，故今不論外溫之如何，有知體溫同一時之強弱之必要。此乃根本的比較方法，固不待言。

第一之方法，即於溫血動物保有正常體溫之自然狀態，每日(24小時)在體內生產幾何之熱，與冷血動物比較而觀之。第70表主由 Krauss ① 氏之書採錄，第71表為 Tiegerstedt ②，Rubner ③ Benedict ④，及 Krauss 諸氏所編輯者。皆舉其平均值。

---

① Krauss, E.: Lehrb. der Stoffwechsellmethodik. I (1928).

② Tiegerstedt, R.: Winterstein's Handb. vergl. Physiol. 3 (2) (1910-1914).

③ Rubner, M.: Biochem. Zs. 148, 222 & 268 (1924).

④ Benedict, F. G.: Carnegie Inst. Publ. 425 (1932).



第 70 表

種類	氣溫	體重 Kg	24小時產熱量 Cal		測定者
			對體重 1 Kg	對體表 1 sq.m	
馬	5.2	70	18.1	1381	Zuntz-Hagemann
鼠	7.0	80.5	278.1	1350	Pott
鼯鼠	7.0	13.0	713.2		„
馬	18.6—18.9	293.3 — 43.9	209	1482	Zuntz-Hagemann
犬	15.9—17.2	5.05 — 11.0	59.2	1000	Grafe
„	14.6—18.0	6.24 — 25.5	47.6	1037	Rabner
„	13.8—19.7	6.41 — 20.3	65.8	1282	Nakayama
„	19.6	1.51	56.8	1276	Freund-Grafe
„	16.5—17.7	30.05 — 32.87	36.1	979	Pettenker-Voit
天竺鼠	15.8—17.5	0.524 — 0.672	149.4	1503	Rabner
鼠	13.8—19.5	0.078 — 0.172	295.8	1599	Pembrey-Spriggs
„	11.5—17.5	0.115 — 0.1	180.8	1052	Da off
鼯鼠	11.0—16.3	0.025	534.1	1371	Pembrey
鼯鼠	18.3—18.5	0.014	413.1	934	Aszödi
豚	20.0—20.2	113.5 — 144.0	19.0	1097	Meissl
„	20.2—20.9	9.65 — 14.7	66.1	1679	Grafe
犬	20.9—29.8	4.2 — 24.0	56.5	1023	Rabner
„	20.3	9.4	52.2	1116	Grafe
„	22 — 25	13.5 — 17.1	47.0	1054	Geisle
家兔	19 — 21.3	1.15 — 1.87	68.4	728	Krehl-Mathes
„	27 — 29.5	1.692 — 2.628	58.3	872	Isenschmid
„	19.5 — 28.7	2.33 — 3.82	56.3	751	Freund-Grafe
天竺鼠	19 — 21.3	0.28 — 0.524	118.0	1032	Krehl-Mathes
鼠	27 — 28	1.108	176.8	923	Danoff
„	27 — 28	0.131 — 0.164	150.4	868	Miyazakaki-Abel
„	18 — 23	0.133 — 0.195	216.4	1304	Nakayama
„	28 — 29	0.144 — 0.152	153.5	839	Abel
„	20 — 28	0.171 — 0.219	137.0	878	Goto
鼯鼠	29 — 29.5	0.016 — 0.018	198.2	556	Aszödi
„	20.6 —	0.015	640.0	1400	Groebbels
犬	30.0—32.5	3.9 — 5.32	55.9	896	Rabner
家兔	37.6 — 37.7	1.25 — 1.47	55.9	621	Zuntz-Mering
„	37.4—37.5	1.63 — 2.10	53.6	610	Pottast
天竺鼠	30	0.2 — 0.617	131.7	981	Rabner
鼠	29 — 30	0.126 — 0.135	156.1	870	Abel

種類	氣溫	體重 Kg	42小時產熱量 Cal		測定者
			對體重 1 Kg	對體表 1 sq.m	
鼯鼠	31.5	0.025	335.1	859	Pembrey
”	30.9-31.8	0.015- 0.016	238.8	525	Aszódi
”	30.0	0.015	446.0	970	Groebbels
鵝	9.1-14.2	3.64 - 6.6	120.5	1975	Bleibtreu
”	14 -15.5	3.685- 3.849	63.2	1005	Lehmann-Voit
”	13.2- 15.3	0.305- 3.553	62.9	892	”
”	15.8	0.274	58.7	736	H ri
家雞	23	1.513	66.6	805	Regnau t-Reiset
”	28.7-29.9	1.966- 2.053	66.6	801	Gerhartz
鴨	21.2-22.1	0.87- 1.034	89.6	835	Hari-Kriwuscha
”	21.5	1.025	89.1	860	Gerhartz
鵝	21	0.36	106	730	”
鴿	20	0.33	127	840	”
掠鳥	22.5	0.074	270	1100	”
鸞	22	0.023	940		”
金絲雀	22.5	0.017	1060	2600	”
雞	30.3-32.3	2.185- 2.251	59.3	782	”

第 71 表

種類	氣溫	體重 g	24小時產熱量 Cal		測定者
			對體重 1 Kg	對體表 1 sq.m	
石龍子	16	21	5.3	11.6	Benedict
龜	”	3000-4000	1.0	17.0	”
Drymarcon	”	2000	1.14	11.0	”
響尾蛇	”	2000-5000	0.77	9.6	”
Boa	”	7000-8000	0.55	9.8	”
Python	”	15000	0.70	13.2	”
Alligator	”	53000	0.85	25.4	”
Lacerta agilis	17-20	0.8	216.4	183.4	Pott
龜(無甲)	20	135	8.52	95.6	Rubner
Lacerta viridis	25.3	110	19.63	74.7	Krehl-Soetbeer
Alligator	”	1380	7.0	70.1	”
Uromastix	”	5150	6.2	42.7	”
Bufo cineraria	19	1.25	94.3	207.5	Pott

種類	氣溫	體重 g	24小時產熱量 Cal		測定者
			對體重 1 Kg	對體表 1 sq.m	
<i>B. variabilis</i>	15-20	3.6	104.6	327.4?	Pott
<i>Rana temporaria</i>	19-0	1.26	88.1	194.0	„
„	19-20	1.39	25.4	124.3	„
<i>B. variabilis</i>	19-21	16.0	30.0	151.6	„
<i>R. esculenta</i>	20	46-50	14.92	111.6	Rubner
<i>Hyla arborea</i>	21	11.7	25.8	119.5	ott
<i>R. mugiens</i>	25.3	600	12.0	220.2	Krehl-Soetbeer
金魚	16.6	3.0-4.5	12.52	22.4	Rubner
棘魚	18	1.75-2.75	35.04	50.1	Knauthe
鯉	18	335-800	17.26	153.1	Rubner
金魚	21.8	3.0-4.5	20.63	36.0	„
棘魚	23.5	1.75-2.75	49.83	70.9	„

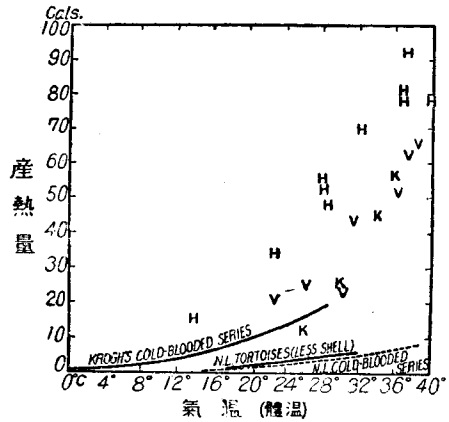
溫血冷血之兩羣，其換算為一定體重之發熱量，則小形之動物愈大，大形者愈小，欲求平均，概極困難。但換算為一定體表面積之值，雖有差異，而偏差不若對體重之甚。殊於溫血動物，Rubner法則頗為適用，不論重量之大小，略示一定之產熱量。概觀此表，得求極大略之平均量。對體重 1 Kg 之值，在溫血動物少者 1 日大約為 50-100 Cal，多者為 200-400 Cal，在冷血動物少者 50 Cal 以下，超 100 Cal 者可謂甚少。又對體表 1 sq.m 之值，前者少則約 600-800 Cal，多則 1200-1400 Cal，平均 1000 Cal；後者著少，多為 100-200 Cal，少則 20 Cal 以下，平均大約得視為 100 Cal。故對於體重及對於體表面，溫血動物之產熱量較冷血動物遙大，大約為 10-20 倍。

次考察第二之體溫相同時之比較。此方法又有二種。一為溫血動物之體溫，由於何種方法而降下；或利用自然下降時之狀態行

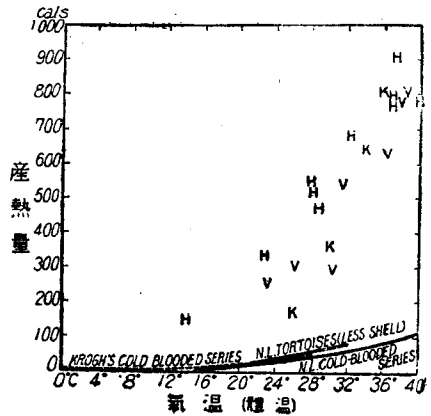
與冷血動物同體溫時相比較之方法。他為將外溫上昇,使冷血動物

之體溫,與溫血動物相等,而比較之方法。人為的使溫血動物之體溫下降,有注射克拉雷,或切斷脊髓以斷絕溫熱中樞作用之方法。Benedict ① 氏以注射克拉雷及切斷脊髓,而任意使體溫下降之溫血動物為材料,於種種氣溫之下

測其每日之產熱量以與冷血動物相比較,結果如右圖。第 25 圖示換算為體重 1 Kg,第 26 圖示換算為體表面 1 sq.m 之值者。兩圖中之符號 H,為 Krough ② 氏以克拉雷麻醉之犬, V 為 Velten ③ 氏用克拉雷注射之家兔, K 為 Krarup ④



第 25 圖



第 26 圖

- ① Benedict, F. G.: Carnegie Inst. Publ. 425 (1932).
- ② Krough, A.: Intern. Zs. physik.-chem. Biol. 1, 491 (1914).
- ③ Velten, W.: Pflügers Arch. 21, 361 (1880).
- ④ Krarup, J. C.: Dissert. Copenhagen (1902).

氏切斷脊髓之家兔之實驗成績。又 Krough's cold-blooded series 是 Krough ① 氏及 Krough & Ege ② 氏所測定之金魚、蛙、蟾蜍 (體重 9—35 g) 等三者之平均值。N. L. Tortoise (Less shell) 爲 Benedict ③ 氏在 Carnegie 之營養研究所 (Nutrition Laboratory) 所測之龜之值 (除甲殼計算)。N. L. cold-blooded series 亦爲在營養研究所所測之種種蛇類之值。

由二圖可知,溫血動物之物質代謝於任何溫度,皆較冷血動物遙大。Krough 氏所實驗之小動物, Benedict 氏所實驗之大動物,其代謝曲線,雖於外溫 (= 體溫) 40°, 皆爲 20 Cal 以下,但在溫血動物則爲 70 Cal 以上。

次冬眠中體溫低下之溫血動物之產熱量,爲何如耶?據永井潛博士 ④ 由山撥鼠之越冬中所測定之氣體代謝之值,計算產熱量,對於 1 Kg 1 日, 10° 時,爲 4.75 (Rubner ⑤ 之計算) 乃至 57.5 Cal (Benedict ⑥ 氏之計算),對於體表 1 sq.m 爲 47.5 Cal,將此值比於前圖之冷血動物之值,仍爲遙大。又 16° 時,就 1 sq.m 1 日爲 29 Cal,在 37° 爲 1160 Cal 有同樣之關係。又據 Mares ⑦ 之山撥鼠之結果, 1 sq.m 1 日之值,在 16° 爲 330 Cal。

- 
- ① Krough, A.: Intern. Zs. physik.-chem. Biol. 1, 491 (1914).
  - ② Krough, A. & Ege, R.: Intern. Rev. Hydrobiol. 6, 48 (1914).
  - ③ Benedict, F. G.: Carnegie Inst. Publ. 425 (1932).
  - ④ Nagai, H.: Zs. allg. Physiol. 9, 243 (1909).
  - ⑤ Rubner, M.: Biochem. Zs. 148, 268 (1924).
  - ⑥ Benedict, F. G.: Carnegie Inst. Publ. 425 (1932).
  - ⑦ Mares, M.: Bohemian Arch. med. Jour. Advancement Med. Sci. Prague 1889, 453.

將冷血動物之體溫，上昇至溫血動物之體溫，如 37°，而測其產熱量，為不自然之方法。但棲於熱帶者，37° 之溫度，並非日常不經見之溫度。第 72 表示此結果，皆較同溫之溫血動物產熱量遙少。

如上述溫血動物有較冷血動物遙為強盛之物質代謝甚明。更顯明者，試以體重略同，而有同一之體表面之人，與冷血動物間之產熱量比較而觀之。第 73 表人之結果，為 Harris 及 Benedict<sup>①</sup> 氏

第 72 表

種類	產熱量(1日) Cal		測定者
	對 1 Kg	對 1 sq.m	
魚	26.31	194.9	Rubner
Lacerta agilis	36	137.4	Krehl & Soetbeer
Rana m. gies	22.8	418.9	”
Alligator lucius	11.3	99.6	”
Uromastix	9.6	82.1	”
響尾蛇	7.7	91	Benedict
Boa	6.4	104	”
Python	5.9	91	”

第 73 表

動物	體重 Kg	產熱量	比率
人	33.2	997	5
Python	32	189	1
人	53.4—53.9	1470	4
Alligator	53	408	1
人	108.9	2559	3
龜	132	876	1
犬	11.5	389	7
Boa	10	55	1

① Harris, J. A. & Benedict, F. G.: Carnegie Inst. Publ. 279 (1919).

之觀測。冷血動物爲 Benedict ① 氏之觀測。(唯犬爲 Lusk ② 氏之測定值,皆爲氣溫 37° 之產熱絕對量,以 Cal 示之。)

溫血動物之物質代謝,如上述較冷血動物遙爲強盛者,根據如何之理由耶?次介紹 Benedict ③ 氏之考察。

Krehl 及 Soetbeer ④ 氏以爲兩羣動物之原形質,特別之活動性有相異者。彼等留意棲於溫帶之 Lacerta 及 Rana,與棲於熱帶之 Alligator 及 Uromastix 由氣溫 25° 昇至 37°,有 12° 之上昇,

第 74 表

種 類	增加率 (1 仟克 1 小時)
Lacerta	0.6 Cal
Rana	0.5 ,,
Alligator	0.18 ,,
Uromastix	0.14 ,,

而產熱量之增加,有如左表之相異。此現象爲由於構成各動物身體之原形質,有生理的差異之故。溫血動物與冷血動物之關係,亦如是。

然此事實,就單一細胞或組織相比較,殆不可能。而由全體爲對象之觀測,以得如斯之結論,亦欠妥當。蓋如前述(29 頁),身體之中,實含有多數與物質代謝無關之組織,故以包含如斯部分之體重之相當換算量,不得判定真正原形質活動力之強弱故也。然則活動或不活動組織,在溫血動物與冷血動物究有如何差異耶?先就化學方面觀察之。

水與鹽類自廣義觀之,固爲有關係於物質代謝之物質,但對於

① Benedict, F. G.: *ibid*, 425 (1932).

② Lusk, G.: *Science of Nutrition* (1928).

③ Benedict, F. G.: *Carnegie Inst. Publ.* 425, (1932).

④ Krehl, L. & Soetbeer, F.: *Pflüger's Arch.* 77, 611 (1899).

第 75 表

溫 血		動 物		冷 血		動 物	
種 類	水 分	灰 分	測 定 者	種 類	水 分	灰 分	測 定 者
人類	65.7	4.7	Volkmann	蛇屬母	74.0	—	Inaba
成人	67.6	—	Moleschott	蛙	76.7	—	''
小孩	71.8	2.7	Cramer	蛙	75.6	—	''
人類	58.5	—	Bischoff	蛙	55.1	0.90	''
人類	66.4	—	''	長吻魚	65.5	1.36	''
牛	51.5	4.66	Wolf	鱈	80.2	1.07	''
牛	45.5	3.92	''	Lumbricus complanatus	81.6	1.23	''
滿	63.0	3.80	''	Arioa emp rior um	87.8	2.44	Krackenberg
滿	57.3	3.16	''	Limax maximus	82.1	3.07	Bezold
滿	50.2	3.17	''	Helix pomatia	86.5	1.53	''
滿	43.4	2.81	''	Astacus fluviatilis	80.5	—	Voit & Weinland
滿	35.2	2.90	''	Oniscus murarius	77.1	9.05	Balland
滿	47.8	2.94	''	Mytilus edulis	68.2	10.62	Bezold
滿	55.1	2.67	''	Cardium	92.0	—	Drost
滿	41.3	1.65	Rubner	Ostrea	80.5	—	Balland
滿	67.0	4.22	De Bohtin, k	Pecten	78.0	—	''
滿	67.2	3.04	''	蟹	71.8	1.33	Farkas
				蟹	79.1	—	''
				蠶蛾	62.8	—	''
				蠶蛾	79.0	—	''
				蠶蛾	80-85	—	小泉清明
				蠶蛾	73-86	—	''
				天蠶蟲	67-73	—	''
				蠶蛾	69-73	—	''
				蠶蛾	52.7	—	''
				蠶蛾	54-55	—	德田統



熱之生產殆無關係。比較水之含量而觀之，冷血動物除特別之情形外，顯然較溫血動物為多。第75表由Fürth<sup>①</sup>，Botazzi<sup>②</sup>，及Rubner<sup>③</sup>氏等所集錄，為示水及鹽類對於體重之百分率之數字。

溫血動物之含水量，平均約為體重之50—60%。冷血動物為70—80%，較前者多10—20%。故與物質代謝有關之固形物，以溫血動物為多。次為灰分之含量，何者為多，表中不能判定，若視對於固形物之比例，在Rubner氏(前出)之計算，魚15%，蛙7.6%，龜18%，據Benedict<sup>④</sup>氏之計算，Python為24%，若以之比於Armstrong<sup>⑤</sup>氏所示之種種家畜(溫血)之平均7%，亦以冷血動物為多。身體中含水及鹽類若多，則含此等之體重或體表所換算之產熱量愈少，自為易明之理。

體內外之種種支持組織或皮膚附屬物之多寡亦有不同。溫血動物之毛髮、羽、爪、角、骨骼，冷血動物之鱗甲、幾丁質皮膚、貝壳等皆為對於物質代謝關係甚微之組織。然此等物體對於體重之比例，有如何相異，不能明確判定。

其次須加考慮者，即為兩羣之動物，其生理作用有無強弱之問題。物質代謝旺時，體溫高，心臟之運動亦活潑。反之，心臟之活動旺，則體溫高，因而物質代謝活潑。無論何者，血液之流動，不但有關於體溫之分布，且司養分、氧化物、氧、碳酸等之運搬。故心臟之

① Fürth, O. v.: *Vergl. chem. Physiol. nied. Tiere* (1903).

② Botazzi, F.: *Winterstein's Handb. vergl. Physiol* 1 (1) (1925).

③ Rubner, M.: *Biochem. Zs*, 143, 268 (1924)

④ Benedict, F. G.: *Carnegie Inst. Publ.* 425 (1932).

⑤ Armstrong, H. P.: *The nutrition of farm animals* (1917).

活動力愈大，則物質代謝之運行愈爲促進。於單位時間環流於組織之血液量，與心臟之鼓動數、血量、毛細管之分布密度等有關。就溫血、冷血之動物，比較此三種關係，甚難。但解剖動物而觀之，則可知大體之模樣。解剖蛇、蛙、魚等時，比於溫血動物例如雞兔等，流血量著少。又血液分布少之白肉 (Weisser Muskel)，確以冷血動物爲多。溫血動物之肌肉則多爲赤肉 (Roter M)。

如上所述，溫血動物之產熱量所以多者，除其體內含水分量較少之外，無甚明瞭之差異。總之其體溫之高之一因，確爲產熱之旺盛。譬如燃燒較冷血動物爲旺盛之一種火塊，爲此現象之機制之一。

### 三 防止喪熱裝置之發達

與熱水瓶內盛湯不冷相同之現象，爲溫血動物之高溫之第二理由。即溫血動物之體表面，有減少失熱之特別裝置 (Wärmeisolerungsapparat)，爲冷血動物所無。因此，體內常貯有一定之熱 (Wärmespeicherung)。此裝置有位於皮膚外部之羽毛、衣服，與位於內部之皮下脂肪組織等二類。

構成毛羽之物質 (Keratin)，傳熱遲鈍，確能妨害熱之喪失，斷熱裝置之作用較此更要者，爲其組織間含有不動搖之空氣層，能防止對流熱。又此空氣層之間無風吹入，爲可注意之點。溫血動物之身體，皆有此等隔離熱之包被 (Hülle)。人類無毛羽，着衣服以代之。此等物質，於喪熱之防止，究有如何作用？若拔去毛羽，而實驗體溫有如何變化？或因此耐寒力有如何變異？即確知也。剃去馬

毛則體溫降  $0.3-0.6^{\circ}$  云 (Siedamgrotzky ①氏)。剪除羊毛最初之日，體溫降  $0.3-1.05^{\circ}$  (Marek ②氏)。Baldwin 及 Kendeigh ③氏報告，拔雀 (English sparrow) 之羽，於 1 小時半後其體溫由  $41.5^{\circ}$  (室溫  $21.1^{\circ}$ ) 降為  $40.0^{\circ}$ ，終降至  $31.6^{\circ}$ 。剃去兔毛於  $20^{\circ}$  之氣溫中，不能維持正常之體溫 (Walbaum ④氏)。Baldwin 及 Kendeigh 氏就雀 (English sparrow) 3 頭，1 頭不拔羽而置於  $4.4^{\circ}$  之冰箱 (A)，1 頭拔羽置於同溫之冰箱 (B)，所餘 1 頭拔羽入於  $37.2^{\circ}$  之孵卵器 (C)。A 及 C 能生活 12 小時 (絕食試驗)。B 則 4.5 小時已死。吾人若脫衣服，即感寒冷，皆為同樣之關係，毋須詳加說明。棲於水中者羽毛塗脂，使體表不濡水等，亦為使熱之喪失低減。據 Rubner ⑤氏之計算。毛之實質占  $1.2-2.7\%$  之容積，反之充於其間之空氣之量，實占  $97.3-98.8\%$  之容積。故由此可知水棲動物等，如何防熱之喪失。

溫血動物之真皮直下，脂肪成結締組織而存在 (Hautfettbindegewebe od Speckschicht)。脂肪為熱之不良導體，已述於前 (第一編第四章二)。其被覆於皮下之一面時，則熱之喪失顯然減少，可不待言。不具毛羽或雖有而甚少之動物，皮下脂肪特厚，以補

- 
- ① Siedamgrotzky 1873. zit. n. Stigler, R: Mangold's Handb. Ernähr. Stoffw. landw. Nutztiere. 4 (1932).
  - ② Marek, J.: Lehrb. klin. Diagnost. inn. Krankh. Haustiere (1922).
  - ③ Baldwin, S. P. & Kendeigh S. C.: Sci. Publ. Cleveland mus. Nat. Hist. 3 (1932).
  - ④ Walbaum, H.: Arch. exp. Path.-Pharmak. 72, 153 (1913).
  - ⑤ Rubner, M.: Die Gesetze des Energieverbrauches bei der Ernährung (1902).

其作用。鯨無體毛，雖棲於北部寒海，而仍有  $35.5^{\circ}$  (Doflein 及 Hesse ①氏)之體溫者，因有厚達 40 cm 之脂肪層故也 (Schmeil ②氏)。海豚等亦同樣，全部脂肪殆蓄積於皮下，呈 4-5 cm 之厚 (Henrique 及 Hansen ③氏)。鳥類因有善於保溫之羽，故皮下脂肪不甚發達。但棲於極地者，亦有厚脂肪層，企鵝即其例。

是故溫血動物所以有甚高體溫者，因發熱作用之旺盛，與防止喪熱作用之發達故也。此二作用，於動物之保持體溫，究有如何作用？可由極地動物雖在極寒之地而能保持與他動物同樣之高溫，得推察之。下表係從前 Parry & Lyon ④ 及 Back ⑤ 諸氏 (皆由 Tiegerstedt ⑥氏) 所測定者。

第 76 表

動物	外 溫	體 溫	差
北 極 狐	-35.6	38.3	73.9
，，	- ，，	41.1	76.7
，，	-32.8	39.4	72.7
，，	- ，，	40.5	73.3
白 化 兔	-29.4	38.3	67.7
雷 鳥	-19.7	42.4	62.1
，，	-33.8	43.3	82.1
，，	-35.8	43.3	79.1

① Doflein E. & Hesse R.: Tierbau und Tierleben. 2 (1914).

② Schmeil O.: Lehrb. d. Zool. (1927).

③ Henrique V. & Hansen, C.: Sk. nd. Arch. Physiol. 11, 151 (1901).

④ Parry & Lyon: Ann. chim. et. phys. 28 (1825) & 34 (1827).

⑤ Back: Compt. rend. Acad. Sci. 2, 621 (1836).

⑥ Tiegerstedt R.: Winterstein's Handb. vergl. Physiol. 3 (2) (1910-1914).

## 第四章 恆溫之理由(體溫調節作用其二)

### 一 體溫與外溫之關係

溫血動物之體溫，完全獨立，而與外溫之變化無關。故地球上任何地方，任何季節，種類若同，體溫大體相等。即於赤道直下或極地，在盛夏或嚴寒之候，體溫皆不變。此事實，自古已知。但實際之觀察結果，為何如耶？試示若干之成績如 77 表。於廣溫度範圍，測

第 77 表

氣 溫	雀 <sup>①</sup>	兔 <sup>②</sup>	天竺鼠 <sup>③</sup>	Mus rattus <sup>④</sup>	Mus decumanus <sup>⑤</sup>
0	—	—	37.0	—	—
5	—	37.5	—	32.10	32.40
9.8	40.5	—	—	—	—
10	—	38.0	37.2	33.10	33.90
15	—	—	—	33.15	34.55
15.5	39.9	—	—	—	—
20	—	33.7	37.4	33.80	35.10
20.2	40.0	—	—	—	—
25	—	—	37.0	35.80	35.95
26.5	41.6	—	—	—	—
27.3	41.8	—	—	—	—
30	—	40.5	37.7	35.40	36.10
32.6	40.0	—	—	—	—
35	—	—	33.2	37.45	36.60
35.9	40.6	—	—	—	—
40	—	41.6	39.5	36.5	—

① Leichtentritt, B.: Zs. Biol. 69, 545 (1919).

② Martin, C. J.: Philos. Transact. 195, 1 (1902).

③ Rubner, M.: Biologische Gesetze (1887).

④ & ⑤ Przibram, H.: Arch. Entw.-Mech. 43, 41 (1917).

定一切溫血動物之體溫之研究較少。表中所介紹之範圍，雀之體溫變化最少，在  $10-36^{\circ}$  之間殆無甚差。反之，兔及鼠約在  $35^{\circ}$  之範圍，偏差為  $4^{\circ}$ 。天竺鼠在  $40^{\circ}$  之間，差  $2.5^{\circ}$ ，為最少。嚙齒類為哺乳動物中調節作用程度之低者，但於如斯廣氣溫範圍，僅不過  $2-1^{\circ}$  之變動，若此諸冷血動物之體溫，殆隨外溫變化而作同樣之變化者，則目之為一定，固亦無誤。

溫血動物之體溫恆常不變之性質，乃由於此羣生物所特有之體溫調節作用之機能。如前章開端所述，體溫調節作用，含有保持體溫較外溫為高之機能。但在普通，則此作用之本來意義，寧為維持恆溫。何則？外溫亦偶有較體溫高者。此際體溫較外溫為低，而亦保持一定故也。

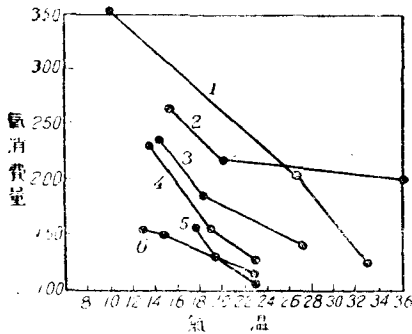
體溫由於熱之生產、攝取、及喪失等三條件之相互關係而決定。熱之生產、攝取，勝過喪失時，則上昇。反之，則下降。然於外部無特別之熱源，或外溫非較體溫為高之範圍，則決定體溫者為熱之生產與喪失之二條件。體溫能保持不變者，即賴此二作用之適宜調節，常使存在於體內之熱量為一定故也。就中調節熱之生產之作用，稱發熱的體溫調節作用(Thermogenetische Regulation)。調節熱之放散之作用，稱放熱的體溫調節作用(Thermolytische R.)。又前者由於化學的方法，Rubner<sup>①</sup> 稱之為化學的體溫調節作用(Chemische Wärmeregulation)。後者為物理學的方法，稱物理學的體溫調節作用(Physikalische Wärmeregulation)。現已成為慣用

① Rubner. M.: Die Gesetze des Energieverbrauches bei der Ernährung (1902).

之語。以上二機能，更由於爲溫熱中樞之中樞神經系之作用，巧妙統制，結果體溫得保持不變。

## 二 化學的體溫調節作用

環境之溫度低下，則新陳代謝增加，熱之生產昇高，而防止體



第 27 圖 1.雀 2.雀(2頭),  
3.鴿 4.掠鳥 5.鴿 6.金絲雀  
(除雀外,概爲1頭之價.)

溫之下降；反之，外溫上昇，則物質代謝減少，發熱量低下，以抑制體溫上昇之適應；爲化學的調節作用。關於外溫與物質代謝量之關係，已舉有第一編三章五節雞與犬之例。茲再加補若干成績。第 27 圖爲將種種鳥類之代謝量，以 30 分鐘所消費之氧之

絕對量 (mg) 表之者。鴉據 Groebbels ① 氏，其餘皆爲 Leichtentritt ② 氏之實驗。又第 78 表爲天竺鼠 (Rubner ③ 氏) 第 79 表爲人 (Wolpert ④ 氏) 之結果。

氣溫下降，則產熱量急激增加。在鼯鼠將氣溫由 30° 降至 18° 則於 2 分鐘間，碳氫之排出量增 74% 云。然反之，溫度上昇時，產

① Groebbels, F.: Zs. Biol. 70, 477 (1920).

② Leichtentritt, B.: ibid. 69, 545 (1919).

③ Rubner, M.: Die Gesetze d. Energieverb. u. s. w (1902).

④ Wolpert, H.: Arch. Hyg. 33, 205. (8198).

第 78 表

氣 溫	碳 酐 排 出 量 (對 1 仔 克 1 小 時)	
	No. I	No. II
0	4.500	4.244
10	3.433	3.800
15	—	3.076
20	2.283	2.772
25	—	2.552
30	1.778	2.028
35	2.266	2.087

第 79 表

氣 溫	碳 酐 排 出 量 (對 1 仔 克 1 小 時)
2	29.8
10—15	25.1
15—20	24.1
20—25	25.0
25—30	25.3
30—35	23.7
35—40	21.2

熱量之減少則緩慢。即氣溫由 18° 昇至 34.5°，則 2 分鐘間減少之量，僅為 18% (Pembrey ①氏)。

氣溫下降，則新陳代謝增進，氣溫上昇，則減退之現象，於廣溫度範圍，非為一方面的。若為一方面的，則外溫為 40° 及 50°，熱之生成益為減少，似頗適合。但事實則不然。外溫高至某程度以上，則與低下之時同樣，產熱量亦增加。故在溫血動物，有為物質代謝最少限度之外溫。Lefèvre ② 氏稱此時之溫度，為中性溫度 (Neutralité thermique; Neutraltemperatur)。又此溫度範圍，為體內之產熱作用對於外溫之上昇及下降無影響之範圍，故又稱為無為溫度 (Indifferente Temperaturzone)。中性溫度，隨動物之種類，環境之性質，即左右放熱之性質，例如水與空氣之差，空氣之水分含量，動物之大小，溫熱隔離度，即皮下脂肪之多少，羽毛之疎密或營養狀態之良否等，而不一樣。綜合從來實驗之結果，如次表所示(由

① Pembrey, M. S.: Jour. Physiol 17, 401 (1894).

② Lefèvre, J.: Chaleur animale et bioénergétique (1911).



Steuber ① 及 Krauss ② 氏)。

第 80 表

種 類	中性溫度範圍	種 類	中性溫度範圍
人(著衣)	15—22	鼯鼠	30—33
犬	27—30	雞	23
豚	20—23	鵝	28—30
羊	0—29	鵪	28—30
兔	28—30	伯勞	28—30
山羊	12—21	鶯	28—30
天竺鼠	30—33	金翅雀	28—30
鼠	28—30		

化學的體溫調節作用，即於中性溫度以下之低溫所起之燃燒之增進之謂。化學的調節作用，由於二種方法。一由於肌肉之運動而促進發熱，Stigler ③ 氏稱之為發熱的肌運動 (Calorische Muskelkontraktion)。他為無肌肉活動而增加產熱之方法。Stigler 氏稱為發熱的器官反應 (Calorische Organreaktion)，以與前者區別。肌以外之器官之化學的調節作用，Kestner & Plaut ④ 氏稱為狹義之化學的調節作用 (Chemische Wärmeregulation im engeren Sinne)。Isenschmid ⑤ 氏襲用之。

A. 發熱的肌運動 茲所謂肌，主為骨骼肌。其方法有二：一

① Steuber, M.: Mangold's Handb. Ernähr. Stoffw. landw. Nutztiere. 4 (1932).

② Krauss, E.: Lehrb. Stoffwechsellath. I (1928).

③ Stigler, R.: Mangold's Handb. Ernähr. Stoffw. landw. Nutztiere. 4 (1932).

④ Kestner, O. & Plaut, R.: Winterstein's [Handb, vergl. Physiol., 2. (1924).

⑤ Isenschmid, R.: Handb. norm. path. Physiol. 17 (1926).

爲肌之隨意運動，他爲反射運動。氣溫低下而感寒氣時，則賴肌之意志運動促進發熱以爲抵抗，此肌之意志運動，於人類最易理解。跑步，踏足，其他體操，摩擦顏面及手等，皆爲寒時運動或工作則生溫之觀念下，故意行之之發熱運動。冬山之遭難者，互毆或鼓舞，以冀免於凍死。斯樣現象，人以外之動物，亦見之，唯不易觀察。但許多動物，寒時劇飛狂跳，似爲一般之現象。

低溫時所起之肌運動，不俟意志之反射運動，較上述之隨意運動，更爲顯著，身體之撲撲戰慄之現象(Zittern)，與齒之格格震動(Zähneklappern)之現象卽是。此二種現象爲冬期吾人所常經驗。坐於冷室或在戶外曝露寒風時，自然齒合身震者，爲不俟意志之力之現象之證據。然此等現象，亦能稍由意志所制禦。哺乳動物之多數，有寒冷戰慄。但在鳥類，則有肯定與否定之人。戰慄起於體內之血液及組織未感冷卻之前。此因及於皮膚之寒冷刺激，而直接所惹起者。此由體溫雖下降，若皮膚無冷感，則不起戰慄，可以知之。例如摩擦皮膚而冷水浴則不起此現象(Strasser<sup>①</sup>氏)，又在寒冷碳酞浴，若皮膚血管擴大，則不起戰慄(Liljestrand及Magnus<sup>②</sup>氏)。事實上體內溫度下降所起之現象，意義少，以寒氣未傳達於體內之間所起者，爲有意義。寒冷戰慄之發生，與溫熱中樞之作用有關。故在切斷分離知覺性脊髓神經之犬，將四肢浸漬於冰水，亦不起戰慄。又切斷脊髓則麻痺部亦不感應(Sherrington<sup>③</sup>氏)。

如上述肌之隨意的或反射的運動，對於低溫時之增加產熱，果

① Strasser, L. A.: Wien. Arch. inner. Med. 6, 215 (1923).

② Liljestrand, G. & Magnus, R.: Pflügers Arch. 193, 527 (1922).

③ Sherrington, C. S.: Jour. Physiol. 30, 39. (1903).

有幾何功用耶？就此等機能不存在之動物，與存在之動物或人為

第 81 表<sup>①</sup>

氣 溫	CO <sub>2</sub> 生產量 30 分 g	動 靜
40	0.449	靜止, 呼吸頻繁
30	0.383	呼吸頻繁
20	0.456	靜止, 暫時運動
10	0.519	靜止, 戰慄
5	0.713	運動, 身體縮小, 戰慄

的使亡失者與不然者相比較，自可明瞭。關於此，述於次項。現就由於氣溫而動物之身體動靜有如何變化，又

因之而熱之生產受如何影響？以家兔(體重 750 g) 為例表示之(第 81 表)。

B. 發熱的器官反應 動物於寒冷時有不行如上述之隨意肌運動或戰慄之現象者。天竺鼠即其適例。雖遇 6—8° 之寒空氣，僅蹲身而不戰慄(Colasanti<sup>②</sup> 及 Rubner<sup>③</sup> 氏)。又其他動物，雖甚寒冷若運動激烈，則疲勞而不能持久。如此之時，熱之生產亦有增加者(參照第 78 表)。此顯然為肌肉不起收縮而燃燒亦增加之證據。此為發熱的器官反應，但對此議論有否定之者。據否定論者，無肌肉之運動而物質代謝增加者，限於食物之比動的作用，與特別可使體溫上昇之藥物之攝取，及腦穿刺，或熱病之時云。如欲確定無肌作業即收縮作用而寒冷之時，果否增加發熱，可利用動物之完全休息時，或由於克拉雷及其他作用使運動神經麻痺或切斷之，以作實驗。由此實驗，而肯定器官反應之人，除前述 Colasanti 氏 Rubner

① Martin, C. J.: Philos. Transact. 195, 1 (1902).

② Colasanti, G.: Pflügers. Arch. 14, 121 (1877).

③ Rubner, M.: Die Gesetze des Energieverb. u. s. w. (1902).

氏(兩氏皆用天竺鼠)外有 Hári ① (蝙蝠), Plaut ② Giaja ③ (兩氏皆用鳥類)諸氏。在動物休息時之觀測,不可不注意者,即肌肉在外觀(Sichtbar)雖無運動,但不知果真為無運動否。欲確定之,若將動物之運動,以 Aktograph 記錄之,可無錯誤。Morgulis ④ 氏在呼吸室內用此機械記錄犬之運動。據云於真正休息時,不認燃燒之增加云。故至少在犬,若無肌作業,則不起化學的調節作用。然 Kayser ⑤ 氏將同一方法施行於鴿,報告氣溫降於 30° 以下,則氧之消費量及碳酸之排出量皆增加,實驗中 Aktograph 亦曾證明並無肌運動。故鳥可推想為有器官反應者。此研究如吾人由於意志而肌運動(戰慄齒震等)得受抑制者為最宜施行。然在人類亦同樣有贊否兩派。Loewy ⑥, Johansson ⑦, Sjöstroem ⑧ 諸氏以細心之注意,實驗得否定之結果。Hill ⑨, 及 Franke ⑩ 氏得肯定之結果。Kestner ⑪ 氏亦謂皮膚受有強烈之寒冷刺激時,雖無肌運動,亦能增加燃燒。

① Hári P.: Pflügers Arch. 130, 112 (1909).

② Plaut, R.: *ibid*, 205, 51 (1924).

③ Giaja, A.: Thèse a la faculté des sciences de l'Université des Strassburg (1921).

④ Morgulis, S.: Amer. Jour. Physiol. 71, 49 (1924)

⑤ Kayser, C.: Ann de Physiol. 5 (1) (1929).

⑥ Loewy, A.: Pflügers Arch. 46, 189 (1890).

⑦ Johansson, J. E.: Skand. Arch. Physiol. 7, 123 (1897).

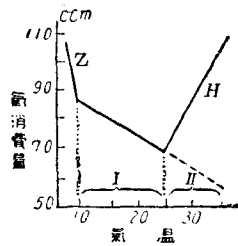
⑧ Sjöstroem, L.: *ibid*, 30, 1 (1913).

⑨ Hill, L. & Champbell, J. A.: Observations on the metabolism during rest and work with special reference to atmospheric cooling power, Medical research Council. special report. No. 73 (1923).

⑩ Franke, C. & Gessler, H.: Pflügers Arch. 207, 370 (1925).

⑪ Kestner, O.: Handb. norm. path. Physiol. 17 (1925).

若發熱的器官作用存在者，則此起於何處耶？起於肌肉？抑起於其他產熱器官，例如肝或其他腺器官耶？此關係雖肯定論者之間，亦不全明。若起於肌肉，則其緊張度（Muskeltonus）由於寒冷刺激而增加外，不能推想。果有斯樣事否，尚不明也。Kestner 及 Plaut ①氏以爲肝有機能，稱之爲肝反應（Leberreaktion）。兩氏就肝反應與肌運動之關係所抱之思想如次。兩氏學說之根據，爲犬 ②與天竺鼠 ③之研究。以犬爲例證述之。犬之狹義的化學的調節作用，即無肌運動時之物質代謝，以曲線示之，如第 28 圖。在氣溫約 10—25° 之範圍，爲直線的。愈低溫，則產熱量（氧消費量）愈增加。然氣溫降於 10—15° 以下，或昇於 27—30° 以上，則引起肌肉之運動而器官反應之曲線彼此影響所覆蔽，而不顯現，因新增加之代謝而曲線上昇。於低溫範圍所增加產熱量由於戰慄及齒鳴等；於高溫範圍，則由於引起所謂熱性呼吸增加（Wärmepolypnoe）而呼吸肌之運動頻繁。然一方於如斯高溫時，肝之產熱確爲減少。即高溫狀態持久，而呼吸運動減退時，僅有肝反應，而發熱量減少。換言之，高溫時發熱有制限。兩氏名此際之反應爲第二次化學的體溫調節作用



第 28 圖

Z = 戰慄 (Zittern)  
 H = 呼吸頻繁 (F'at'chen)  
 I = 第一次調節作用  
 II = 第二次調節作用

① Kestner, O. & Plaut, R.: Winters' einb. Handb. vergl. Physiol. 2 (2) (1924).

Kestner: Handb. norm. path. Physiol. 17 (1926).

Plaut, R.: Zs. Biol. 76, 133 (1922).

② Plaut, R.: Zs. Biol. 7, 83 (1922).

③ Plaut, R. & Wibrand, E.: ibid, 74, 191 (1922).

(Zweite chem. Wärmeregulation)。而以低溫時之器官反應為第一次的(Erste c. W.)。此關係如第 82 表所示 (Plaut ①氏)。表為

第 82 表

示體重 7 Kg 之犬

氣溫與犬之態度	體 溫	O <sub>2</sub> (1分鐘) cc	之絕對量者。身體
1. 冷水浴, 戰慄	39.5	91.2	之震動 (1, 2, 5)
2. 戰慄之直後	40.7	88.2	及呼吸逼迫 (8),
3. 16°	40.2	76.0	所增加之產熱量
4. 17°	39.2	78.0	由第一次調節作
5. 19° 戰慄	39.9	83.0	用減少之 (3, 4,
6. 23°	40.5	75.0	6, 7); 及久置於近
7. 25°	40.1	70.0	
8. 26° 呼吸增加	40.1	109	
9. 由 39.8° 加溫至 40.1°	38.3	55.0	

40° 之高溫則停止, 增加呼吸由於第二次調節作用而產熱量激減, 甚為明顯。Plaut 又與 Wilbrand ② 氏以天竺鼠實驗第二次調節作用。第 83 表為先測定氧消費量, 後於高溫曝 1 小時以上, 再行測定之結果。

第 83 表

動物號數 與體重	體 溫		O <sub>2</sub> (1分鐘) cc	
	加溫前	加溫後	加溫前	加溫後
I. 345 g	38.0	38.0	9.3	8.1
II. 360 g	38.9	37.1	8.5	6.7
III. 370 g	37.6	37.2	7.3	5.6

在其他動物, 第二次調節作用之存在, 未有實驗。發熱的器官反應, 由於皮膚刺激而起? 抑由血液之溫度而起? 全為不明。

① Plaut, R.: Zs. Biol. 76, 183 (1922).

② Plaut, K. & Wilbrand, E.: ib d 74, 191 (1922).

### 三 物理學的體溫調節作用

調節喪熱之作用，傳導、輻射、及水分發散之放熱三大形式，固勿論，即其他方法，皆由種種手段而變化，與化學的調節作用相合而為保持體溫於一定之方法。茲分為次記三種論之。

形態學的調節作用 Anatomische Wärmerregulation,

隨意的（本能的）調節作用 Willkürliche (Instinktive) W.

r.

不隨意的（反射的）調節作用 Unwillkürliche (Reflektori-  
sche) W. r.

欲理解此三種之物理學的調節作用，對於發散溫熱有如何關係？以種種動物比較此等作用，由於季節或氣候地帶而有如何差異為最適宜之方法。蓋熱之喪失，依環境之溫度而受影響最強。然其他之物理學的狀態，不可不加考慮，固毋待言。

A. 形態學的調節作用 此即動物由於自己之形態學的性質，即皮下脂肪之多寡，羽毛之疏密，體表面之大小等之性質，而調節放熱之方法。

(a) 皮下脂肪之多寡 脂肪比其他組織，傳熱特難；已述於前（第一編第四章二）。故脂肪厚積於皮下時，放熱著受限止，可不待言。在皮下以外時，對於保存體溫，無何效用。冷血動物無皮下脂肪，棲於寒地之動物，其皮下脂肪，較棲於暖地者厚。鹿、馴鹿、熊、貉、野豬等含有多量之脂肪，尤以寒帶之水棲動物為著。海豹、臘納獸、海馬、鯨、海豚等即為其例，此等動物有若何多之脂肪蓄積於皮

下,前已述及(第二編第三章三)。海馬死後 12 小時,尚維持與生前同一之體溫,海豹 1 小時以上立於冰上,蹠下之冰不融;概爲表示皮下脂肪之有偉大效力之例。在熱帶動物,完全相反,在台灣,犬、貓、雀等日常觸目之動物,較內地爲瘦,人亦同樣,肥滿型之人,愈內地愈少。象一見似非常肥滿,但皮下脂肪殆不發達云(Christy ①氏)。季節之變化,亦示與此同樣之關係,人及家畜之身體,在冬季肥滿而在夏季呈所謂夏瘦之現象。

(b) 羽毛之疏密 溫帶動物之羽毛,夏季脫落而粗疏,冬則密生。鳥於春秋之候有所謂入疇之現象,與人之換衣爲同一目的。雞等在夏季脫羽,甚者殆近於裸體。秋末生有光澤之羽,包被身體。獸類之夏毛短而粗,冬毛密而長。依同樣理由,住於寒帶或溫帶之動物較住於熱帶或亞熱帶之動物,有緻密之羽毛。寒地之水獸,此關係尤爲顯著。水獺、海獺、海狗、海狸等所以視爲珍貴之毛皮獸,卽爲此故。熊、鵝、白熊、鼬鼠、狐等,皆爲寒地之產,毛皮之養殖,宜避暖地。在歐洲,狐之毛皮以瑞典、普魯士產者爲貴,愈南部,愈賤。棲於寒地之獸,蹠或趾尖皆生有毛(北極熊、北極兔、狼);棲於暖地者不啻羽毛粗雜,首及顏等不具毛者爲多。猿多爲熱帶產之種類,大抵顏面臀部等裸出。象、水牛、河馬、犀等之全身,殆近似裸體而無毛。駝鳥、食火雞、珠雞、禿鷹等頭部及頸部無毛,翼著小。飛翔上空之鳥類,因曝於低溫,比陸上鳥之羽毛爲密,亦爲同一之理由。據 Magnan ② 氏鷹、鷲、鴉、雀等之羽,占體重之 10—13.6%,雞、

① Christy, C.: Big game and pygmies (1924).

② Magnan, A.: Bull. Mus. d'Hist. nat. Paris. 19:1, 491.



鴿、水鳥等爲 7—9%。

上述現象，皆關係於外溫者。羽毛之脫換 (Kleidungswechsel) 時期，隨溫度而有遲速甚明。秋季常暖則遲起，春來早暖則早起，此事人爲的亦可證明。Meyer<sup>①</sup> 氏報告於 5 月既落冬毛而夏毛始生之兔，入於 -5° 之冰箱內，15 日後，即復原狀長而且密。出之於外，在 18—20° 之氣溫之處，8 日之後，冬毛再行脫落。

羽毛能防禦喪熱，前已述及 (137 頁)。如人之特定部分不具毛者，此關係甚明。例如冬季散髮後頭，頸部固不感寒，夏季反覺涼爽。老人較壯年人，帽或包頭布等更爲必要者，因頭髮稀少或禿頭之故也。此等事由於中性溫度之位置而明。據 Rubner<sup>②</sup> 氏小形長毛之犬之中性溫度爲 25°，小形短毛者爲 31° (參照第 19 表)，其理由因短毛較長毛易於喪熱，溫度未降之間，不可不增加產熱量故也。如剪其毛則此溫度更高。據 Rubner 氏就犬之研究，在氣溫 30° 時，燃燒作用不因截毛而生變化。25°，20° 則著促進。Morgulis<sup>③</sup> 氏亦指出同樣之現象。

吾人因無相當於動物之羽毛之物，以人爲的衣服代用之。據 Rubner 氏，氣溫 33° 以上時，宜裸體。由此至 25°，宜夏衣；12° 以下，須著用冬衣或毛皮。

羽毛又因熱之吸收，於體溫調節有重大關係。即將輻射線尤其是日光之照射，在其表面反射，得防侵入於體內 (Basler<sup>④</sup> 氏)。故羽

① Meyer, A. & Nichita, G.: Ann. de Physiol. 5, 621 (1929).

② Rubner, M.: Die Gesetze des Energieverb. u. s. w. (1902).

③ Morgulis, S.: Amer. Jour. Physiol. 71, 49 (1924).

④ Basler A.: Münch. med. Wochens. 1925, 1019.

毛與野外動物之活動性，有密接關係。Baldwin 及 Kendeigh<sup>①</sup> 氏報告將鷓鴣之當日朝晨孵化之雛，與生後 4 日與 14 日者，於天氣晴朗之午後 2 時 2 分，曬於直射日光之下。幼雛 2 隻，皆於 2 時 17 分即死。第 14 日之雛，在實驗時間(3 小時半)得生存。此現象，羽毛之色亦多關係。頭髮之黑色，得免太陽之灼熱，而保護頭部；與黑人之膚色，為同樣原理。禿頭而色素多者，即以補償毛髮之機能者也。

(c) 體表面之大小 支配動物之地理的分布與身體之大小之關係者，有 Bergmann 法則(Bergmann'sche Regel)。據此法則，棲於暖地之動物，較棲於寒地者，身體為小云。此事實，係 1848 年 Bergmann<sup>②</sup> 氏所提倡，認為動物地理學上重要之現象(第一編第三章二)。

傳導、輻射、及水分發散為溫血動物之放熱方法，皆為體表面所行之現象，其速度與體表面之大小有關，而不受體容積及體重之支配。如斯為體溫調節之一方面條件之熱之喪失，若與體表面有關；則棲於暖地者有大體表面，寒地者有小體表面，為有利。然則產於暖地之動物其體自小，產於寒地者自大。何則？愈小形之動物，比較於身體，其體表面愈大；而放熱之比例，亦愈大故也。為此例證之研究，由 Hesse<sup>③</sup> 氏之著介紹若干實例。企鵝鳥，種類有十數種，

① Baldwin, S. P. & Kendeigh, S. C.: Sci. Publ. Cleveland Mus. Nat. Hist. 3. (1932).

② Bergmann, C.: *Über die Verhältnisse der Wärmeökonomie der Tiere zu ihrer Grösse* (1846).

③ Hesse, R.: *Tiergeographie* (1924).

第 84 表

種 類	體長 m	分 布 及 備 考
<i>Apteodectes forsteri</i>	1.0—1.2	南極大陸，爲企鵝中分布最南之最大種，有企鵝王之稱偶有達南緯 61° 者。
<i>A. patagonica</i>	0.9—1.0	達南緯 55° (Macquarie 島)
<i>Pygosce is pupua</i>	0.75—0.80	達 63° 30' (Paulet 島, Dundee 島) 多在 47—45° 之間
<i>P. adeliae</i>	0.7—0.75	達 66° (Adelieland)
<i>P. antarctica</i>	0.7—0.75	達 64° 30' (Seymour 島)，北達 52°
<i>Catarrhactes Chrysolophus</i>	0.70	61° (南 Orkney 島) 北達 46° 30'
<i>C. chrysome</i>	0.5—0.65	55° (Feuerland) 北達 37°
<i>Spheniscus demersus</i>	0.55	34° 30' (Kap) 北達 17°
<i>Eudyptes minor</i>	0.48	46° (Neu-Seeland) 南澳大利 38°
<i>Spheniscus mendiculus</i>	0.415	赤道 (Galapagos 島)

由南極分布而至赤道。比較分布地之緯度與體長有如上表。愈北上則體長愈小，南極者，達於 1 米，赤道地方者僅及其半。又以頭蓋骨之大 表體形之大小，則其基底之長，與分布地之關係，據 Barrett-Hamilton ① 氏有如第 85 表 (北極兔 *Lepus timidus*)。True ② 氏亦測美國產土龍 (*Scalops aquaticus*) 之頭蓋之全長，亦與前者同樣，愈北上愈大，愈南下愈小 (第 86 表)。以翼長象徵鳥之大小，則 Hartert ③ 氏就鶉 (*Turdus merula*) 之測定，瑞典爲 1.6，德國爲 130—132，英國爲 129—133，加拿林島爲 128—129，北摩洛哥爲 125 mm。Laubmann ④ 氏就鵲 (*Gallinura chloropus*) 之測定，在歐洲爲 175—188，錫蘭及印度爲 156—176，西里伯斯爲 145—167

① Barrett-Hamilton, G. E. H.: Proc. zool. Soc. 1900, 87.

② True, F. W.: Proc. U. S. Nat. Mus. 19, 1.

③ Hartert: Wanderjahre S. 94.

④ Laubmann, A.: Zool. Jahrb. Syst. 39, 74.

mm,皆與哺乳類有同樣關係。

第 85 表

產 地	長 mm
蘇 格 蘭	70
愛 爾 蘭	73
斯坎第那維亞	73.2
北斯坎第那維亞	77.8
北 海 道	80
格 林 蘭	86.8
北西比利亞	87.5
北西阿拉斯加	87.5

第 86 表

產 地	長 mm
弗 羅 力 達	30.8
北 加 羅 利 那	31.8
巴 畿 尼 亞	33.4
梅 利 蘭 特	34.1
哥 倫 比 亞	34.1
本 薛 爾 維 亞	34.9
紐 約	35.3
可 納 卻 加 脫	35.3

此等現象,亦可以實驗證明之。將動物由一地方移於他處,亦引起同樣之事。由英國移狐於澳洲,則身體變為瘦小,毛短而粗云(Brass ①)。Sumner ②氏將白鼠在  $6.1^{\circ}$  之低溫飼育之,則較標準身體為大,在  $26.3^{\circ}$  為小。

關於分布,一見似與 Bergmann 氏及 Rubner 氏之法則相反,但於本質,則為一致而有興味之事實。即寒地之動物,耳、尾、頸、肢等不足為身體本體之部分甚小,暖地者反之而大。此等部位,因由身體突出,而觸於外氣之面積大,故為體溫放散之旺盛場所。但在一般之機能上,其重要不若具有內臟之本體。故胴部之大小,不受制限,而此等部分之形狀善為變化,以調節熱之出入,實為最宜。即寒帶之動物,突出部小而減少放熱;熱帶動物,則有擴大而增加放熱之必要。兔之耳富有血管,裸露而善於放熱,愈至北地,耳形愈越後兔甚短。非洲之兔雖瘠,而耳非常大云。非洲之長尾猿,南

① Brass: Reich der Pelz. S. 459.

② Sumner, F. B.: Amer. Nat. 45, 90 (1911).

美之蜘蛛猿 (Ateles) 之尾；長頸鹿、沃卡關 (Okapi)、駝鳥、食火雞、鸚鵡、伽儼鳥、珠雞等之頸；皆利於熱帶生活。熊尾之短，有相反之意義。在羚羊 (Antilope) 之類，棲於西藏之高原者，與棲於非洲之東南索瑪利蘭者，相比較；前者肥滿，頸、耳、肢、尾等著短，體形似牛；反之，後者瘠而細長，全體呈所謂長頸鹿型。蝙蝠本產於熱帶，故其前肢變為利於放熱之翼，大蝙蝠 (Macrochiroptera) 之類，全部棲於熱帶地方，在日本限於台灣、琉球、小笠原島。據 Miller ① 氏，小翼手目 (Microchiroptera) 16 科之中，13 科產於熱帶，或亞熱帶云。蝙蝠在溫帶地方，須冬眠；翼之放熱量，實為一因。

對於以上之事實，有實驗的證明。Mahlich ② 氏將兔飼育於 15° 之室，耳漸長大。移於夏或高溫之室，則見其縮小。又飼育於高溫之白鼠，其尾及陰囊較普通者延長擴大云 (Sundstrom ③ 氏)。一般鼯鼠及鼠，飼育於高溫，則身體短而尾長；因而尾長對體長之比例，愈為高溫其值愈小。Przibram ④ 氏詳細研究此關係，尾之長可為對於外溫或體溫 (鼠之體溫若外溫高則稍高，參照第 77 表) 之溫度計之用云。第 87 表為稱 *Mus (Epimys) decumanus* 之白鼠，以飼育於種種溫度，第 2 世代之體長與尾長，K/S (Körperschwanzrelation) 相比較者。但 5° 與 40° 為第 1 代之結果。此關係由氣溫一次的影響於體溫者，由第 88 表之 K/S 可知。

① Miller, G. S.: *Smithonian Bull.* 57.

② Mahlich, P.: *Unsere Kaninchen* (1909).

③ Sundström, E. S.: *Amer. Jour. Physiol.* 60, 327, & 416 (1922).

④ Przibram, H.: *Temperatur und Temperaturen im Tierreiche* (1925).

第 87 表

氣溫	生後 2 週	生後 8—9 週
5	1.83	1.33
10	1.73	1.31
15	1.68	1.28
20	1.67	1.26
25	1.65	1.22
30	1.57	1.16
35	1.55	1.14
40	1.38	1.10

第 88 表

氣溫 及 處理		體溫	K/S
15°	正 常	35.5	1.367
	安替必林注射	34.16	1.377
25°	正 常	35.8	1.300
	安替必林注射	36.46	1.327

將體溫調節之形態學的補助作

用,各個分別觀察,未必遵從所述之

關係者。例如鯨、鯨、海馬等,原為寒帶產之動物,殆不被毛。象、河馬、水牛、駝鳥、食火雞等棲於熱帶,皆為大形。大形之大蝙蝠,棲於熱帶;小蝙蝠多棲於溫帶。探究斯樣事實,雖有一見似違背於放熱難易之關係者。然如斯推想,實為不當。何則?如另有有力之放熱手段,則全部性質不必均如此也。鯨、海豚等有極厚之皮下脂肪層,得防熱之喪失。象、河馬、水牛等,雖為大形,但被毛頗粗,且皮下脂肪少。象之長鼻,適於放熱。駝鳥、食火雞,有長而裸之頸,且羽毛頗稀少。且此等鳥類,因不飛翔,故產熱較少。在蝙蝠其翼為主要放熱部位,因晝間靜止,大形種棲於熱帶,並非不可思議。由於自由意志(或本能)而交換適當生活環境之候鳥,及棲於氣溫變化甚少之洞穴中之動物,其身體之變化亦少,皆適於說明此等之關係。

B. 隨意的(本能的)調節作用 形態學的體溫調節法,多為先天的,過程自然徐緩,為不能應急之作用。又與後節所述之作用,共為非從屬於動物之意志之作用。此處所討論之方法,為依於動物之意志,或成為習慣,遂發達為本能之自動的所行之作用。可分為次述三種論之。

(a) 人爲的方法 Rubner<sup>①</sup>氏以吾人之體溫調節作用中，如發汗，或由於物質代謝之變化等生理學的方法而起者，稱自然的調節作用 (Natürliche Wärmeregulation)。由於文化的設備而行之方法，稱爲人爲的調節作用 (Künstliche W. r.) 以相區別。以住居、衣服等隨寒暑而任意變更，冬燃火爐，夏用電扇等，爲屬於後者。此方法，原爲吾人所行之方法，亦有施之於動物者。例如厩舍、犬舍、雞埕等之補溫或防暑裝置是。

(b) 生態學的方法 穴居或地下生活等，由體溫現象觀之，確爲免外溫急激變化之保身方法。冬眠中動物隱於溫度少變化而較高溫之場所甚爲適宜。候鳥之遷徙之原因，雖無定說；但調節體溫，可目爲動機之一，殆可無誤。日中靜止而夜間活動之性質，亦爲防止體溫昂騰之本能。暑則避於樹蔭或跳入水中等，亦爲行於同樣目的之下者。樹木之綠葉，善吸收或反射赤外線而使透過者少。熱帶之樹木，於防暑上頗多意義云(上妻<sup>②</sup>氏)。熱帶獸特嗜水浴(水牛、河馬)。澳洲有夏季棲於水邊之穴內而頭舉於水上之兔云。水浴爲高溫時增加熱之傳導者，適於動物之發育。山根、蒔田<sup>③</sup>兩氏，於豚舍作水槽，由6月至10月，使白克夏(Berkshire)種仔豚，有任意水浴之所，報告130日後，普通者比原體重增加158%之體重，水浴者則增加169%。此研究頗有趣味，由此可知水浴對於皮下脂肪豐富而夏季苦於體溫昂騰之動物有如何效果。台灣飼育之水牛，夏必每日洗以1回以上之水浴，或於身體塗以泥土。象香水，

① Rubner, M.: Die Gesetze des Energieverb. u. s. w. (1902).

② 上妻秀雄：國民衛生 6, 275 (1932).

③ 山根甚信，蒔田德義：熱帶農學會誌 5, 408 (1933).

再由鼻噴出，爲有趣之現象。鼠於高溫時，非住巢內，其仔亦有巡迴地上之性質云 (Frzibram ① 氏)。

(c) 身體之膨縮 夏季或寒時運動後，投手展足而伸身體，以增大體表面，而增加放熱量之適應，爲人及動物所共通之現象。冬則呈反對之現象，即縮首及手足，使體熱不易放散。Rubner ② 氏實驗身體之膨縮，於放熱量，實際有如何影響而觀之。犬之失熱量在寒冷之呼吸室中縮一日時，與翌日在吊床 (Hammock) 上防其身體縮時，並不相等，前者之失熱量比後者減少 1/3 云。羊等於寒時羣集而身體互相擠合者，雖與身體之膨縮相異，亦有與此同樣之意義云 (Benedict 及 Ritzman ③ 氏)。

C. 不隨意的(反射的)調節作用 此作用全非動物之意志所能爲力之調節作用，爲發現於皮膚及呼吸器之現象。此作用可區別爲次記四種：

- a. 皮膚血量之調節 Vasomotorische Regulation,
- b. 汗之分泌 Schweisssekretion,
- c. 粟肌 Gänsehaut,
- d. 熱性呼吸增加 Wärmepolypnoe.

(a) 皮膚血量之調節 關於此現象，特有參考 Krough ④ 氏之書之必要。血液由體內深部或產熱器官，以熱運至身體各部分。

① Przibram, H.: *Experimentalzoologie* 6 (1929).

② Rubner, M.: *Die Gesetze des Energieverbr. u. s. w.* (1902).

③ Benedict, F. G. & Ritzman, E. G.: *Arch. Tierenähr. u. Tierzucht*, 5, 1 (1931).

④ Krough, A.: *The Anatomy and Physiology of the Capillaries* (1922).



血液流於體表面，則皮膚生溫。於此處，由傳導輻射而喪熱。故多量之血液流於皮膚，則皮膚之溫加大，而放熱亦增。

循環於皮下之血液量，與皮下血管之粗細及由心臟送出之血量有關。遇寒氣則皮膚呈蒼白者，皮膚血管收縮而流血量減少故也。在高溫時血管擴大而皮膚之血液加多，入浴或正向火熱時，皮膚呈紅潮者，即此現象。皮膚血管之伸縮，由於流血量而能調節體溫，但體表面隨之而起膨縮，亦有重要之意義。然無中樞神經之連絡，或血管之運動，而皮膚自身亦由寒暑而有多少之伸縮性，為有興味之現象（成澤，富井<sup>①</sup>）。血管收縮則抵抗增而流血量少。然因身體之血液全量有一定，故皮膚血管收縮時，其他部分不可不有多量之血液。血液流於何處耶？當為內臟。此種血液分布之調節，概為分布於臟器之內臟神經（Nervus splanchnicus）所支配。骨骼肌運動時，或食後胃之動作旺盛時，則休息組織之血管收縮，反之，則擴大活動部之血管而流送多量之血液。體表部與內臟血管之代償機能，即皮膚循環增加時則內臟減；皮膚循環少時，則內臟多之事實，得由次述實驗證明之（Rein<sup>②</sup>）。以高周波之電流加熱於血管之一部，以熱電偶計算流入於此部分之血液與流出之血液之溫度差，兩血液之溫度差，若加於其點之熱為同一時，則與通於其處之血液量有關，其量若多，則流出血之溫度低，量少則高。以此方法行之於犬，由 $37-39^{\circ}$ 之高溫使急遇寒氣，即增頸動脈之流血量。稍後，則腎及腸血管亦見增加。外溫較體溫低 $22-23^{\circ}$ 時，在冷卻後2分鐘，

① 成澤淺水，富井滿治：國民衛生 1, 13 (1924)。

② Rein, H.: Zs. Biol. 87, 394 (1923), *ibid*, 89, 195 (1930) & *Frg. Physiol.* 32, 28 (1931)。

頸動脈較冷卻前增加 23%，腎靜脈增 23%，腸間膜靜脈增 400%。實驗後，將犬復歸於 30—33° 之氣溫時，則此現象再行復舊。據此研究，可知寒時則內臟增加血量；尤以腸或頭部為甚，因而流於皮膚之量減少。

血管之運動，受二種神經之支配。一為縮小其直徑之血管收縮神經，或單稱血管運動神經 (Vasoconstrictoren od. Vasomotoren)；他為增加直徑之血管擴張神經 (Vasodilatoren)。此等神經，概屬於支配不隨意運動之自律或植物性神經系 (Autonomes od. Vegetatives Nervensystem)。其中樞存於延髓及脊髓，刺激延髓則收縮神經起作用，而血管收縮。破壞中樞或絕其下部，例如頸髓之連絡，則血管擴大，而血壓降低。然此狀態，經過某時間之後，再行復元。此乃隸屬於延髓中樞之第二中樞存在於脊髓，使血管收縮之故。更遮斷全中樞之關係，則血管之緊張完全消失，後再復元，此為由於血管壁之肌肉或存於其處之神經之作用之自己機能。

血管反射之刺激，於散在於皮膚之溫點 (Wärmepunkt) 及寒點 (Kältepunkt) 所感受。其感覺細胞所起之興奮，由於溫度神經 (Temperaturnerven) 而運於中樞。如斯溫度刺激之傳達，由於所謂遠達作用 (Fernwirkung) 之現象而知之。例如將兔之下半身浸於湯，則不久耳之血管即擴大。入於冷水，則收縮。又將一方之耳，加溫或冷之，其反對側之耳，立現適應刺激之血管運動 (Zwonitzky ①)。

人將一腕入於冷水，此腕固勿論，他腕之血管亦縮小而腕全體

① Zwonitzky, N.: Arch. (Anat.) Physiol. 1906, 465.

之容積減少(Amitin ①氏)。血管反射,除由於溫度神經之外,亦由血液溫度自身之刺激而起者。此由皮膚之溫度下降,而血液之溫度亦受同樣變化,可以推測,Foged ②氏指摘於人腕之表面靜脈插以熱電偶而知氣溫 16—20°時,其血溫為 34.0°,21—24°時為 34.8°。血管運動又有僅起於受刺激之局部者,於皮膚加以摩擦等之機械的,芥子膏貼附之化學的,及熱等之刺激;則其局部之血管擴大而潮紅。此現象,用兔之耳最易觀察。將切斷之肢入於冷水,雖中樞無連絡,亦起血管之收縮(Lewaschew ③氏)。Lewaschew 氏又於切離之肢之血管,灌流有種種溫度之脫纖維素血,由血流之速度測血管之廣狹,顯然得知通以冷血則血管收縮,通以溫血則擴大。此等皆為與中樞無關之直達的血管運動;而仍有益於調節體溫。然其能力,較之由神經媒介之反射作用為劣。何則?於受刺激之部分以外無作用也。

心臟於單位時間送出之血液量,若有變化,則於皮膚之循環亦起變化。心臟之搏動數之增加,若流回心臟之血液不多,則皮膚之血量不能增加。但環流皮膚之回數(速度)若多,則因溫血頻繁供給,熱之喪失量大。故肌運動之後,或高溫之時,脈搏頻繁者,頗有意義。

由於血管運動之體溫調節,為人人所經驗之事實。在其他動物亦有許多實例報告。兔及天竺鼠之耳翼,為極好之實驗材料。據

① Amitin, S.: Zs. Biol. 35, 13 (1897).

② Foged, J.: Skand. Arch. Physiol. 59, 109 (1930).

③ Lewaschew, S.: Pflügers Arch. 26, 60 (1881).

Hesse<sup>①</sup>氏,象之耳亦得見之,9-10°之時,因耳之血管收縮,故耳翼扁平,暑日則怒張而上豎。就犬雖不甚明,但 Rubner<sup>②</sup>氏於體內插入細導尿管,則高溫時,可以觸知體表部為高溫,然在食肉獸,皮膚血管之調節,一般並不顯著。雖加以機械的或化學的刺激,亦不起潮紅。照射紫外線,亦不發赤。但在毛少之腹部,則稍現(Plaut<sup>③</sup>氏)。於馬牛等實驗少。體溫調節機能之低級之針鼯鼠等,無此機能。Martin<sup>④</sup>氏剷除此獸肢上之毛,浸於40°及0°之水而觀肢色之變化,毫無異狀。

(b) 汗之分泌 由皮膚排出水分,有二種方法。一為前述之非知覺性水分發散(第一編第四章四),永無間斷,在任何溫度均有之。二為汗之分泌,成粒狀而出現於皮膚面。前者滲透皮膚而出於外,後者之排出,必賴汗腺(Schweissdrüsen)。據1914年P. Schiefferdecker之研究,汗腺分為e汗腺(Ekkrine Schweißdrüsen)與a汗腺(Apokrine S.)二種。從來所稱為汗腺者,即指前者;廣布於體表。此汗腺之主要部,為迂曲成絲毬狀之單管之腺毬(Drüsenknäuel),由一層之方形細胞所成,位於真皮之深層或皮下組織之上層;由此出一排泄導管。直貫真皮而開口於表皮。a腺腺毬較e腺為大,管壁之細胞有舌狀突起突出於腺腔中,其導管開口於毛囊,類似皮脂腺。故a腺之分布,與體毛之存在有關,而存於眼瞼、外聽道、腋窩、陰阜、大陰脣、肛門周圍等局部。由此腺所分泌之汗,

① Hesse, R.: Zs. Zool. 13?, 314 (1928).

② Rubner, M.: Die Gesetze des Energieverb. u. s. w. (1902).

③ Plaut, R.: Pflügers Arch. 205, 51 (1921).

④ Martin, C. J.: Philos. Transact. 195, 1 (1901).

爲腺上皮絞出者，且混有皮脂腺之分泌物。故與體溫調節有關者，主爲 e 腺，僅就此腺之汗論述之。

第 89 表

區分	部位	初生女兒	19歲男子	53歲男子
全 體	全體部	1654	244	104
	頭部	1125	499	135
	軀幹	1219	138	86
	四肢	2004	217	105
軀 幹	背側	1387	180	90
	腹側	1651	114	82
上 肢	上臂	2978	245	93
	前臂	1963	298	118
	屈側	2040	25	101
	伸側	1901	237	115
下 肢	大腿	1825	193	83
	小腿	2211	171	128

汗腺開口之數，對於發汗量之多少，有重大關係。其分布已頗有研究之者。就日本人，據谷口氏<sup>①</sup>之研究，皮膚面 1 cm<sup>2</sup> 之汗腺數，示如上表，隨年齡而著異，頭部四肢等爲多。據 Krause<sup>②</sup> 氏 1 平方吋之數，手掌足趾爲 2700，手背爲 1500，額頸爲 1300，胸腹腕爲 1100，足背爲 900，頰腿爲 500—600，背臀爲 400—600，亦以四肢頭部爲多。發汗量與汗腺之密度，未必有嚴密之平行關係。額頸前胸手背等多，四肢少。

汗之成分，據 Cramerer<sup>③</sup> 氏，水分 98，固形物 1.7—2.1，氮

① 谷口虎年：科學 4, 62 (1934)。

② Krause, M.: Zit. n. Galeotti G. & Macri, N. M.: Biochem. Zs. 67, 472 (1914)。

③ Cramerer W.: Zs. Biol. 41, 271 (1901)。

0.137—0.188 (脈 0.05', 氮 0.011—0.012), 無機物 0.866—1.042% (內食鹽 0.66—0.73)。其成分殆皆為水, 故在體表蒸發, 則喪熱甚多。據 Zuntz 及 Schumberg<sup>①</sup> 氏, 行軍 5 小時之後, 就 2 個人之產熱量研究皮膚之水分發散 (汗與非知覺發散作用) 有何放熱效果, 而得結果如第 90 表, 所示發熱量之約 50% 由水分潛熱而散失 (每 3 回之實驗結果)。

第 90 表

人 名	發熱量 Cal	皮膚水 分量 g	同潛熱 Cal	對全熱量 百分率	呼 吸 器 水分量 g	同潛熱 Cal	全水分 潛 熱 Cal
P.	1764	1249	726	41	220	128	854
	2024	1789	1039	51	246	143	1182
	1745	1781	1035	59	195	113	1148
B.	1647	1063	618	38	227	132	750
	1779	1315	764	43	248	144	908
	1871	1567	911	49	237	138	1049

發汗受種種條件之影響。第一為氣溫, 低溫之時, 不出汗。將汗與非知覺水分發散相區別, 則以見珠汗 (Schweissperlen) 之出現為簡單, 但以何度之溫度而始出汗耶? 則隨個人的差異, 及身體的狀況, 而無一定。在休息中之裸體人, 為 33° (Schierbeck<sup>②</sup> 氏)。Kisskalt<sup>③</sup> 氏則謂此時之皮膚溫為 34.6—34.7°。勞動及運動激烈時, 雖在寒時亦出多量之汗。飲多量之水, 則汗多。攝溫熱飲食物時, 尤為顯著。然有謂冷水雖多量飲入, 而汗之分泌不增加者 (La-

① Zuntz, N. & Schumberg: Studien zu einer Physiol. des Marsches. (1901).

② Schierbeck, N. P.: Arch. (Anat.) Physiol. 1893, 116.

③ Kisskalt, K.: Arch. Hyg. 70, 17, (1909).

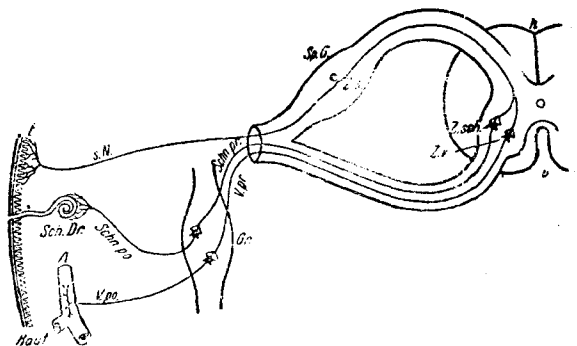
Laschtschenko ①氏)。發汗受皮膚之血量之影響。在切斷之四肢，雖刺激神經，並不發汗，因無血液之循環故也。發汗必要之水，取給於血液或由組織之水補充之。故暑時及工作之後，須多飲水。發汗作用，由於毛果芸香鹼 (Pilocarpin)、番木鱈鹼 (Strychin)、防己鹼 (Ficrorotoxin)、毒菌鹼 (Maskarin)，及菸鹼、樟腦等之發汗劑 (Diaphoretica) 而促進。由顛茄鹼、嗎啡等之止汗劑 (Anidrotica) 而抑制。

發汗為從屬於神經機能之反射作用，如血管運動，腺之直接刺激不能引起發汗。將動物(例貓)之後肢，使接觸於高溫，則其處發汗。但切斷坐骨神經，則同側之肢之發汗停止 (Dieden ②)。在移植之皮膚，自生感覺後而汗之分泌開始 (Müller ③)。於汗腺有交感神經分布，其分泌中樞，殆在於延髓或脊髓。Luchsinger ④氏切斷幼貓之第 8 及 9 節之胸髓，則後肢之發汗即止。但 2 日後，將動物置於 60—70° 之高溫之處，則見與前肢同樣發汗。此乃延髓之作用受阻止，而脊髓之作用尚殘留故也。將犬之脊髓，在胸之中央切斷，後肢雖加熱不發汗。切第 8 頸節，則前肢亦然。Sherrington ⑤氏將 132 日前切斷胸節之犬，入於 26.5° 之犬舍，則陰道溫為 37.9°。但使遇 61° 之氣溫，則於肢無汗之分泌，體溫昇至 41.6°，顯呈苦腦之狀。又雖非使分布於皮膚面之發汗神經興奮，若直接刺激脊髓

- 
- ① Laschtschenko, P.: Arch. Hyg. 33, 145 (1898).
  - ② Dieden, H.: Deut. Arch. klin. Med. 117, 180 (1915).
  - ③ Müller, L. R.: Lebensnerven und Lebenstrieb (1931).
  - ④ Luchsinger, B.: Pflügers Arch. 14, 369 (1877).
  - ⑤ Sherrington, C. S.: Jour. Physiol. 54, 405 (1924).

或延髓之中樞，亦呈發汗。例於與大腦已斷連絡之脊髓，灌注 45° 之血液，得見脊髓神經所分布之皮膚發汗 (Dieden ①)。又 Karplus 及 Kreidl ② 氏刺激間腦，Kahn ③ 氏刺激頸動脈，證明貓之四肢發汗。

右圖示神經支配發汗及血管反射之徑路。圖為模型圖以中樞位於脊髓者為例。



若從傳導之

第 29 圖

順序說明，則皮膚之溫度刺激，由於分布於溫點寒點之知覺神經之末梢 (E) 所感受。其興奮由知覺神經纖維 S. N. (Sensible Nervenfaser)，運於中樞。即向心性神經合於脊髓神經節 Sp. G. (Spinalganglien) 之後根，由後角 h (Hinterhorn) 達於灰白質部之中樞神經細胞 (Z. sch 發汗, Z. v. 關係於血管反射之細胞)。此等神經細胞之軸索，由脊髓前角 v (Vorderhorn) 與前根同達於目的器官。但植物性神經必在途中一處，交代神經原 (Neurone)。此時以節狀索神經節 Gr. (Grenzstrangganglien) 為媒介。由此出軸索，分布於汗腺 Sch. Dr. 或血管 A. 而司各個之運動。由中樞神經直接發出之細胞前神經纖維 (Präganglionäre Faser) 之中，為汗腺

① Dieden, H.: Deut. Arch. klin. Med. 117, 180 (1915).

② Karplus, J. P. & Kreidl, A.: Pflügers Arch. 129, 138 (1909).

③ Kahn, R. H.: Arch. (Anat.) Physiol. 1904, 81.



徑路者，以 Schn. pr.，對於血管以 V. pr. 示之。又由節狀索神經節所出之細胞後纖維 (Postganglionäre F.) 之中，前者以 Schn. po.，後者以 V. po. 示之。

在人以外之動物，全體表面發汗者，為猿與馬。於猿注射毛果芸香鹼，則發汗顯著 (Luchsinger ①氏)。馬於奔走後全身流汗，可以目擊。鼠蹊部、體側、臂、頸側、耳之基部、眼、鼻、口之周圍等，尤為顯著 (Marek ②氏)。體毛多之動物，汗腺不甚發達，但裸出部，發汗顯著。例如牛、兔的唇邊，犬、貓的足蹠，豚的鼻尖等。然牛及山羊有時由耳的基部、頸側、後肢、體側亦分泌云。犬、貓的後肢之發汗，頗為顯著，犬如激動則全身出汗 (Schindelka ③氏)。此等雖不完全，但為全身有汗腺分布之例。在齧齒類無發汗之證明。類似汗腺之腺雖組織學的可以證明，但分泌汗否？並無實驗，不能斷言。牧羊者所稱之羊汗，主為皮脂 (Talg 氏)，為皮脂腺之分泌物，混入少量之汗者。故放熱效果少，但以防濕之侵入之意義，有關於調節作用。象之皮膚無汗腺。有袋類 (Martin ④氏) 及一穴類 (Kolmer ⑤氏) 雖有汗腺，但機能不發達。鳥類無汗腺，不發汗。然皮脂對水禽有重要之意義。

(c) 粟肌 寒冷時，雞雀等常聳羽靜止。此為擴大含熱空氣之羽毛之容積，故可防禦喪熱。此現象稱粟肌。粟肌亦見於人及

- 
- ① Luchsinger, B.: Hermann's Handb. Physiol. 5, 426 (1883).
  - ② Marek, J.: Lehrb. klin. Diagnost. inn. Krankh. Haustiere (1922).
  - ③ Schindelka, H.: Bayer-Frohner's Handb. tierärzt. Chir. u. Geburtshilfe 6, 18 (1908).
  - ④ Martin, C. J.: Philos. Transact. 195, 1(1902).
  - ⑤ Kolmer, W.: Pflügers Arch. 221, 319 (1928).

哺乳類。獸類將與羽相同之毛逆立，與吾人之着厚衣服生同樣之效果。使毛逆立者，原因於毛囊肌 (*M. arrectores pilorum*) 之收縮，人之粟肌，即皮膚粟立之現象，為由於毛肌之收縮而縮小皮膚面之現象。粟肌之現象，亦純然為反射運動。毛囊肌有毛肌神經 (*Nervi pilomotorii*)，中樞在於脊髓。

(d) 熱性呼吸增加 暑時或運動之後，犬、雞常張開其口，犬則舌伸口外，而作激喘呼吸之現象，此稱熱性呼吸增加(或過呼吸)之現象。發汗機能不發達之動物，尤為顯著。故鳥類獸類一般顯著，但吾人及馬，亦為常有之現象。

呼吸增加，以二現象為主徵。一為呼吸頻度之增加，犬每分鐘增平時之5—10倍 (Langlois 及 Garrelon ①氏)。據 Stigler ②氏之觀測，1分鐘呼吸數為30之貓，體溫由38.4°變為39.3° (氣溫40.5°)時，則50分鐘後，增加為120；2小時後，增加450—460 (體溫40°)。又家兔置於同溫之空氣時，則45分鐘後，達480之數。犬及兔1分鐘之呼吸數為130以上之時，可認為過呼吸 (Richet ③氏，Walbaum ④氏)；而人類則須有平常呼吸數之3—4倍 (Athanasiu 及 Carvallo ⑤氏)。呼吸數若多，則單位時間空氣之接觸於呼吸器黏膜之度數亦多。故由此奪去之熱量增加。即由吸氣吸入之

① Langlois, J. P. & Garrelon, L.: Jour. de Physiol. 1906, 236, 1907, 649 & 948.

② Stigler, R.: Arch. exp. Path.-Pharmak. 155, 257 (1930).

③ Richet, Ch.: Handb. norm. path. Physiol. 3, 43 (1925).

④ Walbaum, H.: Arch. exp. Path.-Pharmak. 72, 153 (1913).

⑤ Athanasiu, J. & Carvallo, J.: Arch. physiol. norm. path. 1898, 95

溫熱，及由水分發散之潛熱增大。據 Galeotti<sup>①</sup> 氏吸氣為高溫時，則由 1 回之呼吸所失之水分，亦增加云。

第 91 表

	號數	體溫	呼吸數 1 分鐘	呼吸量 1 仔克 1 小時 g	CO <sub>2</sub> 1 仔克 1 小時 g	CO <sub>2</sub> 之 比例
普通呼吸	A	38.9—39.8	40—63	12.0—22.5	0.38—0.71	1.5—1.6
	B	38.2—39.0	40	16.0—12.5	0.65—0.94	1.9—2.2
	C	33.5—40.5	32—38	11.8—12.2	0.35—0.61	1.5—2.5
逼迫呼吸	A	40.5	228—550	67—70	0.42—0.54	0.3—0.4
	B	41.5	240—372	61—67	0.74	0.4—0.3
	C	41.6	152—330	71—43	0.80	0.6—0.4

第二之特徵為口呼吸 (Mundatmung)，接觸空氣之面積較鼻呼吸 (Nasentat.) 增加，故喪熱量多。即由口腔舌等之黏膜或唾液亦奪去熱與水。據 Sinelnikoff<sup>②</sup> 氏，熱性呼吸發生困難時，則唾液腺及鼻黏膜之分泌機能昂進云。Langlois 及 Garrelon 氏 (前出) 調查由於呼吸增加而犬之呼吸數、呼吸量及 CO<sub>2</sub> 排出量得如第 91 表之結果。但由呼吸運動之促進而減少產熱 (CO<sub>2</sub>) 之比例者，頗有意義，因呼吸肌之運動激烈，產熱量激增，而對於喪熱無意義。將運動後之犬，切斷其氣管，而嵌以口籠；則因體溫昂騰而死 (Zuntz & Loewy<sup>③</sup> 及 Richet<sup>④</sup> 氏)；可以證明呼吸增加之效果。

關於熱性過呼吸之發現之原因，有許多學說。有單以體溫之上

① Galeotti, G.: Biochem. Zs. 46, 173 (1912).

② Sinelnikoff, E. J.: Pflügers Arch. 221, 549 (1929).

③ Zuntz, N. & Loewy, A.: Lehrb. Physiol. (1909).

④ Richet, Ch.: Dict de Physiol. 3, 81 (1833).

昇爲原因者(Richet ①氏);有以由於皮膚之溫熱刺激而反射的生起者(Sihler ②氏,今川③氏)等。而以腦溫之上升,爲決定的原因之說爲多(Goldstein ④氏, Bayer ⑤氏)。例如 Athanasiu 及 Carvallo 氏(前出)將犬之頸動脈血加溫 70—100°, 使灌流於腦,則體溫不變而腦之溫度昇至 41.7°, 卽起呼吸增加。又據但野 ⑥氏,家兔體溫雖爲 43°, 腦表皮之溫度爲 28° 以下時,不現過呼吸;反之體溫雖爲 39.5°, 若腦溫達 41° 以上時,則見強度之過呼吸。故直接之原因爲腦溫之上升,但間接則因高溫之頸動脈血循環於腦,故結紮此動脈,則腦之溫度較體溫低,雖使 40° 以上之溫浴,呼吸並不頻繁(家兔,安井及岡田 ⑦氏)。

熱性過呼吸之中樞,在於頭部甚明。同在一一般呼吸中樞之延髓。然僅延髓之直接刺激,不發現此現象。因其必須線狀體之媒介,始與體溫調節有關(Nicolaides 及 Dostas ⑧氏)。

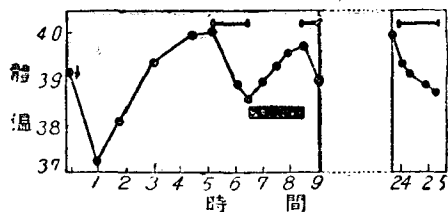
#### 四 溫熱中樞

動物爲保持恆溫,所有之種種調節手段,相互連絡而行於一定之統制之下,決非各個單獨行動者。將熱之生產,喪失之比例,保

- 
- ① Richet, Ch.: Handb. norm. path. Physiol. 3, 43 (1926).
  - ② Sihler, C.: Jour. Physiol. 2, 201 (1879).
  - ③ 今川誠一: 國民衛生 6 (11), (1929).
  - ④ Goldstein, K.: Krehl-Marchand's Handb. allg. Path. 2, 87 (1925).
  - ⑤ Bayer, G.: Handb. norm. path. Physiol. 2, 272 (1925).
  - ⑥ 但野走馬: 國民衛生 10, 923 (1933).
  - ⑦ 安井謙一 & 岡田才一: 國民衛生 11, 943 (1934).
  - ⑧ Nicolaides, R. & Dostas, S.: Arch. (Anat.) Physiol. 1911, 249.

持一定，而謀上述之種種作用之調和統一之場所，謂之溫熱中樞 (Wärmezentrum)。血管膨縮、發汗、呼吸增加、粟肌、及戰慄等之不隨意運動，皆有各個之中樞；而各中樞，皆服從此溫熱中樞之支配而活動。

關於溫熱中樞之所在，自昔已有許多穿鑿。Kahn<sup>①</sup>氏將連絡於腦之頸動脈血加溫，則發現皮膚血管擴張，發汗，呼吸迫促等作用於體溫冷卻之症狀。若相反，使冷卻之，則得認肌肉、內臟之燃燒增加。切斷頸髓，則此等調節作用消失而與冷血動物同樣 (Freund及 Strassmann<sup>②</sup>氏，Schönborn<sup>③</sup>氏)。由此等事實，調節機能之綜合中樞，當可推定為存在於腦髓者。決定溫熱中樞之正確位置之方法，有二種。一為溫熱穿刺 (Wärmestich) 之方法，即用特別之圓鋸 (Trepán)，於頭蓋穿孔，於腦髓與以直接機械的、電氣的、熱的刺激之方法。二為損傷或剔出腦之種種部分而調查調節機能之狀態之方法。Barbour<sup>④</sup>向家兔之頭蓋之孔插入 U 字形曲金屬管，於此通以有種種溫度之水，而測直腸之溫度，其結果，水溫 33° 以下之時，則見其起戰慄與血管收縮，而體溫上昇。在 42°



第 30 圖

- ① Kahn, K. H.: Arch. (Ana.) Physiol. 1904, 81.
- ② Freund, H. & Strassmann, R.: Arch. exp. Path.-Pharmak. 69, 12 (1912).
- ③ Schönborn, E.: Zs. Biol. 56, 209 (1911).
- ④ Barbour, H. G.: Arch. exp. Path.-Pharmak. 70, 1 (1912).

以上,得證明肌之弛緩,與血管之擴大。第 30 圖爲示 Barbour 氏之結果者。一穿刺,則因其機械的刺激,體溫約昇至  $40^{\circ}$ 。管中通以湯(細線),則體溫下降,通以冷水(粗線),則再上昇。由於湯而再下降。中止實驗(夜,點線),則翌日恢復固有體溫。但通以溫水,則又下降。由於穿刺所起之體溫上昇,稱穿刺熱(Stichfieber 氏)。由此溫熱穿刺之方法, Richet ① 氏主張熱中樞在前頭葉(Frontallappen)。Aronsohn 及 Sachs 氏 ②, Gottlieb ③ 氏, Ito ④ 氏等與上述 Barbour 氏同,主張在端腦腹壁之左右膨大之部分,即線狀體(Corpus striatum)。Baginsky 及 Lehmann ⑤ 氏主張在線狀體之一部,即其內腔側腦室(Ventriculus lateralis)之側方之神經細胞之塊 Nucleus caudatus 之部分。Aisenstat ⑥ 氏及 Streerath ⑦ 氏等主張在間腦側壁之視床(Thalamus opticus)。Isenschmid 及 Schnitzler ⑧ 氏主張溫熱中樞在視床之下部,即視床下部(Regio subthalamica)。斯故依穿刺法難明正確之中樞位置,但就第二之剔出法,亦有種種之說。例 Goltz ⑨, Christiani ⑩ 氏等,剔除線狀體及視

① Richet, Ch.: Pflügers Arch. 37, 624 (1885).

② Aronsohn, E. & Sachs, J.: Pflügers Arch. 37, 232 (1885).

③ Gottlieb, R.: Arch. exp. Path.-Pharmak. 26, 420 (1838) & 23, 167 (1839)

④ Ito, H.: Zs. Biol. 38, 63 (1899).

⑤ Baginsky, B. & Lehmann: Arch. pathol. Anat. 106, 270 (1836).

⑥ Aisenstat, M.: Arch. (Anat.) Physiol. 1909, 475.

⑦ Streerath, E.: Arch. (Anat.) Physiol. 1910, 295.

⑧ Isenschmid, R. & Schnitzler, W.: Arch. exp. Path.-Pharmak. 76, 202 (1914).

⑨ Goltz, Fr.: Pflügers Arch. 51, 570 (1892).

⑩ Christiani: Zit. n. Citron, J. & Leschke, E. (1913).

床，White ① 氏破損此等部分，Sawadowski ② 氏切斷此等部位以下之大腦，而實驗體溫之下降。Ott ③ 氏除去線狀體及間腦與中腦之境界部之灰白隆起 (Tuber cinereum)，Isenschmid 及 Krehl ④ 氏報告除去灰白隆起，又 Citron 及 Leschke ⑤ 氏報告除去視床下部，則與冷血動物同樣，體溫隨外溫之變化而變化。

就鳥類，溫熱中樞之探索，尙無。但據 Rogers ⑥ 氏之研究，於視床與以電氣的、機械的、或寒冷刺激，則全體急生戰慄，及不規則痙攣，羽毛逆立，而體溫昂騰。寒冷刺激若長持續，則過呼吸亦現出云。由此觀之，鳥之溫熱中樞，亦在視床附近。在 Rogers 氏之研究，於視床與以高溫刺激，亦見體溫之降下。

綜合以上諸家之研究，溫熱中樞，未有一定部位，決定困難。於大體則在前腦，尤其是間腦附近，爲制御交感神經之中樞，可無疑。Isenschmid 及 Krehl 氏(上出)謂除去前腦(含間腦)之家兔，完全失去調節機能。又據 Freund 及 Strasmann ⑦ 氏切斷頸節則調節消失。但在第 2 胸髓以下斷其連絡，則不全消失。此因交感神經由第 1 胸髓以下所發，切斷頸髓，則中樞與交感神經全斷關係，在第 2 胸髓以下切斷，仍保多少之關係故也。溫熱中樞之作用，如前述，由

- 
- ① White, H.: Jour. Physiol. 2, 1 (189).
  - ② Sawadowski: Zit. n. Citron, & Leschke (1913).
  - ③ Ott, J.: Ott's contr. to physiol. and pathol. of nerv. syst. 12 (1894).
  - ④ Isenschmid, F. & Krehl, L.: Arch. exp. Path.-Pharmak. 70, 199 (1912).
  - ⑤ Citron, J. & Leschke, E.: Zs. exp. Path.-Therap. 14, 379 (1913).
  - ⑥ Rogers, F. T.: Amer. Jour. Physiol. 86, 639 (1923).
  - ⑦ Freund, H. & Strasmann, R.: Arch. exp. Path.-Pharmak. 69, 12 (1912).

於血液溫度而起。但其由於皮膚刺激發現者爲根本的 (Liljestrand 及 Magnus ① 氏 Franke 及 Gessler ② 氏)。

## 五 內分泌與體溫調節作用

內分泌物質對於溫血動物之體溫調節作用，有密接之關係；據近年之研究而甚明。若缺甲狀腺、腦垂體、腎上腺、胰等所分泌之刺激素 (Hormon)，則體溫調節停止，或不完全。

甲狀腺 (Schilddrüse) 爲對於物質代謝之進行有重大關係之腺。其分泌機能減退或缺如，則新陳代謝著緩慢。又反之，分泌過多時，則新陳代謝異常亢進。故此腺之作用，亦影響於體溫。因本腺機能不振而患黏液浮腫 (Myxödem) 時，則體溫降於普通以下。反之，因分泌過多而患甲狀腺病 (Basedowsche Krankheit)，則體溫上昇。因治療甲狀腺病而切除腺之一部，則體溫調節不健全。如斯臨床家之經驗之外，關於甲狀腺對於體溫調節，尤其是化學的調節，有重大意義；由種種方面有實驗的證明。Schenk ③, Cori ④, Korenchevsky ⑤ 諸氏(皆家兔)，Boldyreff ⑥, Dott ⑦ (皆犬)，及 Pfeiffer ⑧ 諸氏(天竺鼠)等，報告剔出甲狀腺則在常溫得見顯著

① Liljestrand, G. & Magnus, R.: Pflügers Arch. 193, 527 (1922).

② Franke, C. & Gessler, H.: Pflügers Arch. 207, 376 (1925).

③ Schenk, P.: Arch. exp. Path.-Pharmak. 92, 1 (1922).

④ Cori, K.: Arch. exp. Path.-Pharmak. 95, 378 (1922).

⑤ Korenchevsky, V.: Jour. Path. Fact. 29, 461 (1926).

⑥ Boldyreff, W. N.: Pflügers Arch. 151, 470 (1913).

⑦ Dott, N. M.: Quart. Jour. exp. Physiol. 13, 241 (1923).

⑧ Pfeiffer, H.: Arch. exp. Path.-Pharmak. 93, 253 (1923)



之體溫低下，尤其是低溫，其程度更激。人爲的使動物溫暖，亦不容易回復。又耐寒性小，雖在健康動物可以耐受之溫度，亦容易死。又 Isenschmid ① 氏記載由胸髓切斷之動物，除去甲狀腺，則體溫調節障害更甚。Asher ②，Mansfeld 及 Ernst ③ 氏等指摘雖用熱穿刺，除去本腺之動物之體溫，非如正常動物之上升。此等現象，起因於失去甲狀腺動物之產熱之減退 (Nyffenegger ④)。故以本腺浸出其浸出液給與斯種動物，則一切症狀即可復元。據 Dvorák ⑤ 氏使貓液水腫患者飲冷水，則體溫降下，而其回復遲。但使攝甲狀腺浸出液則此現象不見。又使飲溫湯時則體溫上升顯著。Korenchevsky 氏使家兔久食多量之浸出液，則體溫昇至  $43.5^{\circ}$ 。尤有興味者，於冬眠動物注射浸出液，則代謝旺盛，體溫上升，遂由冬眠覺醒。Adler ⑥ 氏，及 Schenk ⑦ 氏皆用蝟實驗之。此爲因冬眠中腺體萎縮，而機能減退，間接的證明本腺由於季節或住居之差異，即氣溫之高低，而其大或組織學的構造，有變化之有趣事實 (Barbour ⑧ Cramer ⑨，Mills ⑩，Hart ⑪，Riddle & Fisher ⑫，Cramer & Lud-

① Isenschmid, R.: Handb. norm. path. Physiol. 17, 105 (1926).

② Asher, L.: Biochem. Zs. 121, 41 (1921).

③ Mansfeld, G. & Ernst, Z.: Pflügers Arch. 161, 399 (1915) & 181 (1922).

④ Nyffenegger, W.: Biochem. Zs. 121, 41 (1921).

⑤ Dvorák, A.: Bratislavské Lévarske Listy 3, 4 (1921).

⑥ Adler, L.: Handb. norm. path. Physiol. 17, 3 (1926).

⑦ Schenk, P.: Pflügers Arch. 197, 65 (1922).

⑧ Barbour, H. G.: Physiol. Rev. 1, 925 (1921).

⑨ Cramer, W.: Jour. Physiol. 50, 33 (1915).

⑩ Mills, C. A.: Am. Jour. Physiol. 45, 537 (1917).

⑪ Hart, C.: Pflügers Arch. 193, 127 & 151 (1922).

⑫ Riddle, O. & Fisher, W. S.: Amer. Jour. Physiol. 72, 464 (1925).

ford ①, Bergtold ② 諸氏)。例據 Hart 氏之所見, 將家鼠飼育於 32—40° 之高溫, 則甲狀腺之形著小, 長久放置, 則腺囊中之膠質物消失, 而原形質均一質化。反之, 在 4—7° 時, 則腺為大形, 細胞內之分泌胞增加, 囊中充滿膠質物。Riddle 及 Fisher 氏將鴿分為 3 區, 與以同一食餌, 3 年間每月屠殺而調查甲狀腺之重量變化。則見春季氣溫開始上昇, 則重量減, 夏為最小。秋季氣溫開始低下, 則再膨大, 冬為最大。Sundstroem ③ 氏謂熱帶動物之內分泌較寒地動物為少云。

有謂僅摘除甲狀腺, 於體溫調節, 並無若斯關係者。Grafe ④, Ogawa ⑤ 氏等發表將犬、兔、及鼠等之副甲狀腺 (Nebenschilddrüse) 損傷或剔出, 對於冷卻或加熱之調節, 著為不良 (Korenchevsky 影響無)。不損傷之, 而僅切除甲狀腺時, 則不見可特記之調節障害。又 Hildebrandt ⑥ 氏將正常鼠與剔出鼠放置寒冷中 2 小時, 則兩者體溫皆降 2°, 並無差異。

綜合以上諸研究, 雖有多少異說, 但甲狀腺使體內之燃燒旺盛, 為對於溫熱中樞之興奮之一因子, 則可確定。故本腺對於冷卻時之體溫調節有重大之意義, 唯對於加溫時, 使體溫低下之調節機能, 有關係否? 則有肯定之者 (Horsley & Eiserburg ⑦ Pfeiffer,

① Cramer, W. & Ludford, R. S.: Jour. Physiol. 61, 393 (1926)

② Bergtold, W. H.: The Auk 43, 57 (1926).

③ Sundstroem, E. S.: Amer. Jour. Physiol. 60, 397 (1922)

④ Grafe, E.: Zs. physiol. Chem. 119, 125 (1922).

⑤ Ogawa, S.: Arch. exp. Path.-Pharmak. 109, 300 (1925).

⑥ Hildebrandt, H.: Arch. exp. Path.-Pharmak. 90, 330 (1921).

⑦ Horsley, V. & Eiserburg, A. F.: Wien. klin. Wochens 5, 81 (1892).

Smith ① 氏)，亦有否定之者 (Foldyreff 氏)；大體主張無關係者爲多。卽有關係，其理由未能說明。

除去甲狀腺而欠調之體溫，歷某期間後，又復於正常。此於他腺亦爲同樣。Ffeiffer 氏報告剔出天竺鼠之甲狀腺所生之障害，歷 6-7 週而回復。Marval ② 氏實驗除去腎上腺之鼠之耐寒性之回復，其原因想像爲副腎上腺，或克羅姆嗜好性物質 (Chromaffine substanz) 之機能亢進；或因其他器官之代償者，一般他腺之刺激素，確能補償除去腺之機能，於甲狀腺剔出之犬，與以腦垂體前葉，則體溫現象，復於正常，卽爲此例 (Dott 氏)。

腦垂體 (Hypophyse) 與甲狀腺同樣，支配物質代謝之運行。因其位置近接於間腦及視床下部，得想像對於中樞之作用，有密接關係。該腺萎縮則體溫異常低下 (Falta ③ 氏)，剔出則產熱減少，而體溫降下。對於發熱物質或死傷寒菌等之注射，無反應。卽溫熱中樞之興奮性消失 (Hashimoto ④ 氏, Meyer ⑤ 氏)。然於此種動物注射以浸出液，則一切關係皆可復元。調節機能之障害，亦僅由於腦垂體之前葉 (Vorderlappen) 之切除或破壞而起 (Cushing ⑥ 氏)。據 Cushing 氏摘出前葉之結果，而體溫降下之動物，若注射其浸出液，則復元。後葉浸出液卻使體溫下降，故以爲前葉分泌有發熱作用之刺激素 (Heizhormon)，而後葉則分泌冷卻作用之刺激素

① Smith, J. L.: Jour. Physiol. 12, 379 (1894).

② Marval, L. de: Compt. rend. Soc. Biol. 95, 1037. (1926).

③ Falta, W.: Endocrine diseases (1923).

④ Hashimoto, M.: Arch. exp. Path.-Pharmak. 101, 28 (1924).

⑤ Meyer, H. H.: Verhandl. deut. Kong. inn. Med. 33, 15 (1913).

⑥ Cushing, H.: The pituitary body and its disorders (1912).

(Kühlhormon) 者。在普通之狀態，發熱刺激素之作用爲優。由摘出腦垂體全部，則體溫下降而知之。然 Rogers ① 氏得反對之結果。彼實驗破壞視床而爲冷血性之鳥，注射後葉浸出液，則體溫復舊。本體亦於冬眠中，其形縮小，覺醒則大。然此爲冬眠之原因否？尙爲疑問(Rasmussen ② 氏)。Rowntree ③ 氏謂腦垂體之刺激素，制御體內之水分平衡，因之與體溫調節有關。

腎上腺 (Nebenniere) 所分泌之腎上腺素 (Adrenalin)，注射於動物，則交感神經興奮，而體溫上昇現象，爲人所熟知。摘出腎上腺，則動物因體溫降下而死 (Döblin 及 Fleischmann ④ 氏，Freund 及 Marchand ⑤ 氏)。腎上腺摘出後，不起穿刺熱。若注射腎上腺素，則體溫一時上昇 (Liljestrand 及 Frumerie ⑥ 氏)。據 Cannon ⑦ 氏等之研究，腎上腺素能增高燃燒，他方又能引起粟肌，及皮膚血管之收縮。但此際之增加燃燒，並不伴起戰慄。據前述 Adler 氏之說，蝟亦由於腎上腺素而由冬眠覺醒。又此腺之形狀構造，由於季節而變化 (Cramer, Cramer 及 Ludford, Mills, Riddle 及 Fisher 諸氏，既出)。

胸腺 (Thymus) 剔出，則體溫下降 (Nyffenegger 氏)。又注射

- 
- ① Rogers, F. T.: Proc. Soc. exp. Biol. Med. 19, 125 (1912).
  - ② Rasmussen, A. T.: Endocrinology 5, 32 (1921).
  - ③ Rowntree, L. G.: Physiol. Rev. 2, 116 (1922).
  - ④ Döblin, A. & Fleischmann, P.: Zs. klin. Med. 78, 275 (1913).
  - ⑤ Freund, H. & Marchand, F.: Arch. exp. Path.-Pharmak. 72, 56 (1913).
  - ⑥ Liljestrand, G. & Frumerie, K.: Skand. Arch. Physiol. 31, 321 (1914).
  - ⑦ Cannon, W. B., Querido, A., Britton, S. W. & Bright, E. M.: Amer. Jour. Physiol. 79, 466 (1927).

其浸出液，則冬眠覺醒云（Adler 氏，Schenk 氏）。

胰（Pankrease）之刺激素即胰島素（Insulin），作用於體溫低下，Adler 氏以蟬證明之。又注射之，而使血糖減少，則雖將動物露於寒氣，亦不起戰慄（Cassidy, Dworkin, 及 Finney ① 諸氏）。

由上述之研究，可知刺激素對於體溫調節作用，有重大功用，唯其本態之詳細，有待於今後之研究者甚多。

## 六 調節機能之破壞與其溫度限界

凡調節作用，皆有一定之限界。作用於此之條件異常時，則機能不能維持。體溫調節作用當然亦遵從此規定者。內外條件若與通常大異，且如斯狀態長久持續時，則恆溫動物，亦失恆溫能力，而呈昂騰（Hyperthermie）或異常低下（Hypothermie）之病的症狀。其程度若激烈，則不能復舊。

體溫之異常變化之機構，要在調節機能之減衰或亡失。引起上昇之神經機制，第一為使熱中樞直接興奮。此興奮由於種種刺激而起。僅穿刺而發熱者，為由於對中樞之機械的刺激者。腦腫脹或視床出血之際所見之發熱，殆即由此原因。Aronsohn 及 Sachs ② 氏實驗穿刺熱復原後，以穿刺器為電極，通電流於線狀體，而發熱；此為對於中樞之電氣的刺激。又 Kahn 氏（前出）所使頸動脈血之溫度低下，或直接將冷水灌流於中樞時，所見之發熱，則為溫熱刺激。種種之藥品，如腎上腺素、古柯鹼、咖啡鹼、 $\beta$ -tetra-hydro-naph-

① Cassidy, G. T., Dworkin, S. & Finney, W. H.: Amer. Jour. Physiol. 75 609 (1926).

② Aronsohn, E. & Sachs, J.: Pflügers Arch. 37, 232 (1885).

thylamine (Barbour 及 Wing<sup>①</sup> 氏) 等, 使中樞興奮, 爲體溫昂騰原因。據 Hashimoto<sup>②</sup> 氏使異種之血清作用於線狀體, 亦起同樣現象。體溫上昇, 又由交感神經末梢之興奮而起。Adrenalin,  $\beta$ -tetrahydro-naphthylamine 雖在摘出中樞後, 亦有發熱效果者, 由末梢神經興奮之故也。

體溫之低下亦與上昇之時同樣, 由於中樞之直接刺激, 例如高溫刺激或醋酸水楊酸(阿司匹靈)等之解熱劑而起。對於末梢由於毛果芸香鹼等之副交感神經毒之注射而生。

以上爲由於神經機能變化而體溫變化之根本原因。次觀察實際此等現象果見於如何情形耶? 體溫之昂騰, 爲產熱異常亢進, 而無放散力; 或生產雖爲普通, 而放散異常受限制時, 卽甚多之熱停留(Wärmestauung)於體內時所見之現象。此可區別爲由來於外的原因之外發的昂騰(Exogene Hyperthermie), 與由於內部原因之內發的昂騰(Endogene H.)之二種。

環境之溫度非常高時, 殊於空氣多溼之際, 則體溫上昇。氣溫高則溫血動物之放熱作用, 主由於發汗。但高溼時, 則因妨害蒸發, 遂起熱之停滯。長居於斯樣之空氣中, 則發汗減少, 呼吸困難, 且感疲勞, 遂致溫熱中樞麻痺, 而人事不省。此狀態爲熱射病(Hitzschlag), 症狀一見頗似日射病(Sonnenstich), 但後者因日光透過頭蓋, 大腦受光線之刺激而起炎症(Hirnentzündung)(Stigler<sup>③</sup>氏); 與熱射病全爲各別之現象。將哺乳動物置於與體溫同溫之空氣中

① Barbour, H. G. & Wing, E. S.: Jour. Pharm. exp. Ther. 5, 105, (1913)

② Hashimoto, M.: Arch. exp. Path.-Pharmak. 78, 394 (1915).

③ Stigler, R.: Wien. klin. Wochens. 1915, 19.

時，則見輕度之發熱，但長滯於較體溫高之氣溫，則起熱射病。人於 100—130° 之空氣中，停留 10—15 分以上則危險。更持久，則皮膚潮紅、發汗、激烈、脈搏呼吸頻繁，不久即倦怠、頭痛、暈眩、催眠、知覺消失而陷於昏迷狀態。然雖在此際，體溫不甚上昇。一般鬱熱死之原因，腦溫之上昇，較體溫之昇騰，更為主因。天竺鼠之頭部照射日光，大部分被皮膚及頭蓋骨吸收，約 1 % 由傳導而達於深部，使腦皮質之溫度上昇 (Schmidt ① 氏)。以炭弧光燈照射兔之頭部，直腸溫雖不變，但腦溫為 43° 而起鬱熱死。Vallin ②，今川 ③，但野 ④ 諸氏將家兔之頭部以溫湯加溫，得見同樣之事。但熱射病之第一次原因，推考為由於腦溫上昇而熱中樞及呼吸或循環之中樞之機能障害 (Marchand ⑤，Martineck ⑥，Schade ⑦ 諸氏)。故冷卻頭部，則氣溫雖高，而鬱熱死不起，或遲起 (但野 ⑧)。環境為水或多溼空氣之際，體溫之昂騰及其他症狀，較乾燥之際為顯著，據堀木 ⑨ 氏之實驗，吾人於溫度 48—49°，比溼 30 % 之氣中，歷 2 小時，體溫增加 2.6—3.1°，脈搏 1 分鐘增加 54—65，呼吸數增加 0.4—1.4 回 (1 分鐘)。但於同溫比溼 70 % 僅 55 分鐘後，體溫增加 2.5—2.8°，脈搏增加 57—73，呼吸數增加 1.5 回云。因同樣之理由，故洗浴能

① Schmidt, P.: Arch. Hyg. 47, 262 (1903) & 65, 17 (1903).

② Vallin: Handb. norm. path. Physiol. 1, 49 (1926).

③ 今川誠一: 國民衛生 6 (1929).

④ 但野走馬: 國民衛生 10, 1563 (1933).

⑤ Marchand, F.: Krehl-Marchand's Handb. allg. Pathol. 1, 49 (1908).

⑥ Martineck, O.: Bischoff's Lehrb. Militärhyg. 4, 420 (1912).

⑦ Schade, H.: Handb. norm. path. Physiol. 17, 411 (1926).

⑧ 但野走馬: 國民衛生 10, 47, 1525, 1545, 1561, 1781 (1933).

⑨ 堀木勇治: 國民衛生 7, 885 (1933).

使體溫上昇。據 Hill 及 Flack ① 氏入於 40.56—43.33° 之熱水，15—30 分鐘，則口腔、腋窩、直腸之溫度昇至 39.17—40.33°。脈搏亦 1 分鐘為 160。山本 ② 氏就 9 人之兵士實驗恆體溫浴溫，即浸於浴槽歷 1—2 小時之久，而體溫無變動，無苦痛之溫度知為 34.9° 至 35.2°。體溫果達如何高而溫血動物要死耶？此由於種類或時間而有差異。天竺鼠到氣溫為 36—37° 之時，則直腸溫為 42—45°，歷 5—6 小時後即死亡 (Litten ③ 氏)。犬於 35—40° 之氣溫，直腸為 43—45°，歷數小時而死 (Obernier ④ 氏)。或 42° 之氣溫，44.4 之體溫，74 小時 (Nasaroff ⑤ 氏) 而死。家兔之致死體溫，認為 42—45° (Obernier 氏)，43° (Welch ⑥ 氏)，或 44—45° (但野氏)。鳥類能耐之體溫，較哺乳類稍高，鴿為 48—50° (Bernard ⑦ 氏)，鵪鶉為 46.8° (Baldwin 及 Kendeigh ⑧ 氏)。

激烈運動之後所起之體溫上昇，為內發的之一例。同時放熱隨之增加，不久即復於平溫。然制限放熱，則上昇。觀次舉之表此關係即可了解，內發的體溫上昇之最顯著的現象，為病的發熱 (Fieber 氏)。Fieber 氏謂疾病時體溫昂騰，而病中持續其狀態之謂，非指瞬間而言。發熱時亦有體溫調節作用。唯調節之標準，較健康時為

① Hill, L. & Flack, M.: Jour. Physiol. 38, 57 (1909).

② 山本順市: 國民衛生 9, 771 (1932).

③ Litten, M.: Virchows Arch. 70, 162 (1877).

④ Obernier, F.: Krehl-Marchand's Handb. allg. Pathol. 1, 83 (1908).

⑤ Nasaroff, Virchows Arch. 9, 482 (1832).

⑥ Welch: Kiehl-Marchand's Handb. allg. Pathol. 1, 167 (1908).

⑦ Bernard, C.: Lecons sur la chaleur animale. (1876).

⑧ Baldwin, S. P. & Kendeigh, S. C.: Sci. Publ. Cleveland Mus. Nat. Hist. 3 (1932).



第 92 表

勞 動	氣 溫	體 溫	正常體溫	測定處	測 定 者
錫及錫山勞動	{ 34.4	40.1	36.8—37.1	肛門	Haldane
(水蒸氣飽和空氣)	{ 31.5	39.3	36.8—37.1	,,	,,
Gotthard 隧道中	30.0—30.5	38.5	36.4	口	Stapff
船之火夫 (Hirdus)	56	38.1	37.0	,,	Kurrer
建築工 (普通勞動)	8—13	36.6	36.4	腋窩	Reinbach &
,, (激烈勞動)	8—13	37.8	36.4	,,	Heymann
道旁工夫(激烈勞動)	23—29	37.2	36.5	,,	,,
石炭礦山(多濕空氣	{ 15—22	37.3	—	,,	,,
不搖動)	{ 22—26.6	37.4	—	,,	,,
	{ 20.8	36.8	36.6	,,	,,
石炭礦山(雖多濕	{ 24—25	37.2	36.6	,,	,,
有換氣裝置)	{ 27—28	37.5	36.6	,,	,,
	{ 29	37.6	36.6	,,	,,

高。若吾人平時向  $37^{\circ}$  營調節作用，病時則以  $41^{\circ}$  或  $42^{\circ}$  之高溫為中心。故用解熱劑，則一時的體溫復原。熱之原因，為體溫中樞受刺激而興奮，產熱作用異常增加。發熱之初期，伴惡寒戰慄 (Schüttelfrost 氏) 者，即其證據。此際新陳代謝之亢進，高體溫非其原因，而為結果，由於熱病之時，行冷水浴，體溫雖下降，而代謝量仍見增加，可以判知 (Zuntz<sup>①</sup> 氏, Lilienfeld<sup>②</sup> 氏)。熱之原因主為細菌之毒作用，即生產毒素，或引起組織的變性。此為對於中樞之化學的刺激，注射異種血清，蛋白醣類 (Albumose) 等時，或骨折，內出血等之際，此等物質分解吸收而起發熱，為同樣之現象。熱又由於精神的而起 (例如 Hysteria)。熱之發現及其性質，於疾病診斷治療上，有重大關係，任人皆知。

① Zuntz, N.: Arch. (Anat.) Physiol. 1882, 115.

② Lilienfeld, A.: Pflügers Arch. 32, 293 (1883).

體溫之異常低下，亦有內發的與外發的之原因。前者起於大出血、貧血、中毒(鴉片、磷)、麻痺等時之外，熱症之終末，亦大抵得見體溫之低下。外發的體溫低下之原因，主為環境之低溫。將皮膚稍冷卻之，與加溫時同樣，由於調節作用之發動，而體溫無變化。與酷寒接觸長久，則因放熱增加，而產熱不能代償之，遂見低下。此低下超某程度，則動物死。溫血動物，能耐受低溫，勝於耐受體溫之昂騰。然其限界，比冷血動物遙高。即在冷血動物身體雖凍而不死者多，溫血動物不能耐  $15^{\circ}$  以下之體溫。Winternitz<sup>①</sup> 氏就家兔之體溫低下，與低溫死之狀況觀察如次。將體溫由  $34^{\circ}$  降至  $31^{\circ}$ ，則寒冷戰慄，漸失規則；呼吸及脈搏亦甚減少。至  $29^{\circ}$ ，則呈催眠狀，皮膚之痛覺減退，瞳孔對於強光之反射亦消失。至  $26^{\circ}$ ，則踉蹌突倒，不容易爬起，引伸其肢，無收縮之力，更至  $22^{\circ}$ ，則一切感覺消滅，反射作用亡失，血壓著低。體溫若至  $19^{\circ}$ ，則頭部與四肢，起痙攣，呼吸脈搏停止，遂至於死。如斯冷卻之第一次障害，起於中樞或未梢神經系，最後為窒息狀態，而死亡則為多人所公認(Britton<sup>②</sup> 氏)。據 Simpson<sup>③</sup> 氏之說，猿之體溫若為  $12.5^{\circ}$  則死，在  $16.8^{\circ}$  時心搏既已停止，體溫  $11^{\circ}$  之時，呼吸數，每分鐘為 2。體溫低下至如何程度則動物死耶？在 Simpson 氏所實驗之猿，體溫為  $14^{\circ}$  時，以之反於  $42^{\circ}$  之氣溫，7 小時後，直腸溫回復於  $37.7^{\circ}$ 。若體溫為  $12.5^{\circ}$ ，則不能復元。貓在  $16^{\circ}$  以上，欲其蘇生，必須人工的加溫(Simp-

① Winternitz, R.: Arch. exp. Path.-Pharmak. 33, 286 (1905).

② Britton, S. W.: Quart. Jour. exp. Physiol. 13, 55 (1922).

③ Simpson, S.: Jour. Physiol. 28, 37 (1902).

son 及 Herring ① 氏)。犬之限界體溫爲  $22^{\circ}$  (Pictet ②)。兔則據 Winternitz 氏記錄爲  $19^{\circ}$ ，Walter ③ 氏記錄爲  $9^{\circ}$ ，而尙有蘇生者云。在家鼠則爲  $12.45-14^{\circ}$  (八木與下泉 ④ 氏)。在人有  $22.5^{\circ}$  (Janssen ⑤ 氏)， $24^{\circ}$  (Reincke ⑥ 氏) 或  $24.7^{\circ}$  (Nicolaysen ⑦ 氏) 報等告；由適當處置，尙得回復。鴉則爲  $21.7^{\circ}$  (Baldwin 及 Kendeigh ⑧ 氏)。

### 七 死後體溫上昇

動物之死後，於身體冷卻之前，有一時的體溫較生前甚高之現象 (Postmortale Temperatursteigerung)，自昔已有觀察。例據 Harms ⑨ 氏報告，在因破傷風而死之馬，死後 3 分鐘，體溫爲  $43^{\circ}$ ，12 分後，爲  $48^{\circ}$ ，1 小時半後爲  $45.5^{\circ}$ ，12 小時半後爲  $39.6^{\circ}$ 。Laignet-Lavastine ⑩ 氏亦就因破傷風而死之人，記錄  $59^{\circ}$  之高溫。一般傳染病、慢性病、腦破壞、及破傷風而死之屍體之體溫昂騰甚顯著。

關於屍體高溫之原因，得推想爲次之機轉。第一爲死後體內之

- ① Simpson, S. & Herring, P. Jour.: Physiol. 32, 335 (1905).
- ② Pictet, R.: Arch. des. Sci. phys. et nat. 30, 293 (1893).
- ③ Walter, A.: Virchows Arch. 25, 414 (1862).
- ④ 八木誠政 & 下泉重吉: 植物及動物 1, 1:37 (1933).
- ⑤ Janssen, V.: Deut. Arch. klin. Med. 53, 247 (1894).
- ⑥ Reincke: ib'd, 12 (1875).
- ⑦ Nicolaysen, J.: Norsk. Mag. f. Lægevidensk. 3, 544 (1875).
- ⑧ Baldwin, S. P. & Kendeigh, S. C.: Sci. Publ. Cleveland Mus. Nat. Hist. 3 (1932).
- ⑨ Harms, E.: Deut. tierärztl. Wochens. 27, 388 (1919).
- ⑩ Laignet-Lavastine: Compt. rend. Soc. Biol. 67, 545 (1910).

燃燒尙未停止。心臟呼吸等停止之直後，物質代謝非完全停止，一定時間內尙行繼續。Valentin<sup>①</sup>氏就家兔之屍體，在與生前之體溫同溫之熱量計中，實證尙有溫熱由傳導輻射而喪失。第二爲由肌蛋白或血液之凝固等生前所不見之特別之發熱反應。第三卽屍體放熱作用有制限，卽將溫熱運搬於體表之血液之循環停止，而喪熱緩慢。據Guillemot<sup>②</sup>氏裸屍體之冷卻度，平均1小時爲 $0.6^{\circ}$ ，Bouchut<sup>③</sup>氏夏爲 $0.4^{\circ}$ ，冬爲 $0.8^{\circ}$ 云(人體)。Bernard<sup>④</sup>氏將生體與屍體之家兔，入於 $60-80^{\circ}$ 之高溫器，生體因血液以皮膚之高溫送於內部，故體溫之上昇快，但屍體僅由傳導行之，故加溫遲云。與此適反之關係，起於冷卻之際。

① Valentin, A.: *Deut. Arch. klin. Med.* 6, 200 (1869).

② Guillemot: *Le refroidissement cadaverique* (1878).

③ Bouchut.: *Traité de diagnostic* (1883).

④ Bernard, C.: *Lecons sur la chaleur animale* (1876).

## 第五章 溫血動物之冷血變溫性

### 一 下等哺乳動物之體溫

體溫不變，且常較外溫爲高之溫血動物之所謂恆溫溫血性，爲大部分溫血動物終生所有之普遍的性質。但由於動物之種類、季節、及發育之時期，有不見此性質者。即其體溫亦如冷血動物，隨外溫變化而具與彼無甚差異之體溫，有出現於所謂溫血動物中之一生，或某特別季節，或一生中之某時期者。如斯表示類似冷血動物之體溫現象者，有在系統上可目爲下等哺乳動物之一穴目 (Monotremata)、有袋目 (Marsupialia)、及貧齒目 (Edentata) 之動物之全生涯，又在特定季之節行冬眠之齧齒目 (Rodentia)、食蟲目 (Insectivora)、及翼手目 (Chiroptera) 等動物之冬眠期；及全體溫血動物之由母體或卵產出之當時等三者。於此等時候所見之體溫之性質 皆表示由冷血動物變遷爲溫血動物之過程。由此可以推知，體溫調節之生理機能，爲一種之進化的性質(參考次章)。

一穴類與有袋類，其體制、習性、分布、皆爲哺乳動物中之特殊者。僅分布於澳洲、塔斯馬尼亞、南美，或此等附近之島嶼。得視爲現生哺乳類中最原始者。體溫之性質，亦爲特別。爲自昔有名之種類。注意此等動物之體溫，比其他動物著異，而加以詳細研究者，爲Martin<sup>①</sup>氏，其先亦已有多少之研究。Mikloucho-Maclay<sup>②</sup>氏，指

① Martin, C. J.: Philos. Transact. 195, 1 (1902).

② Mikloucho-Maclay, N.: Proc. Linn. Soc. New South Wales 8, 425 (1833).

摘針鼹 (*Echidna hystrix*) 之體溫, 在氣溫  $20^{\circ}$  之時, 排泄腔為  $28.3^{\circ}$ , 腹腔為  $26.9^{\circ}$ 。Lilienfeld<sup>①</sup> 關心於針鼹之繁殖期之體溫, 報告產卵後體溫上昇, 育囊 (Beutel) 之溫度較他部分為高溫等。Semon<sup>②</sup> 氏亦就針鼹之體溫, 發表如次表之結果。Martin 氏就一穴目中之針鼹 (*Echidna*) 與鴨嘴獸 (*Ornithorhynchus*), 有袋目中之袋熊 (*Dasyurus maculatus*), 大袋鼠 (*Bettongia cuniculus*) 及 *Trichorusus vulpecula* 之體溫、碳酐排出量、熱性呼吸增加、發汗等之有無狀態等, 詳細實驗; 同時與家兔貓等之同作用相比較, 而知此等動物之體溫調節作用之發達之程度。以下所述, 全部為 Martin 氏之研究。

第 93 表

年 齡	氣 溫	肛 門	腹 腔
親 ♀	21.5	26.5	29.0
” ♀	22.0	29.5	31.5
” 公	18.0	30.5	—
” ♀	18.0	31.5	—
乳 兒	24.0	31.0	—
”	22.5	34.2	—
1歲兒♀	31.5	34.0	36.0

第一, 表示其體溫, 以表中結果與同時測定之兔及貓之體溫相比較, 圖示如第 31 圖。

針鼹之體溫, 於氣溫  $4-20^{\circ}$  之時, 為  $25-30^{\circ}$ ;  $20-40^{\circ}$  時為  $30-40^{\circ}$ ; 鴨嘴獸則各為  $32-33^{\circ}$ ;  $34-35^{\circ}$ ; 氣溫  $36^{\circ}$  之差, 體溫之變異, 前者為  $15^{\circ}$ , 後者約  $3^{\circ}$ ; 調節作用, 針鼹遙為低級。鴨嘴獸稍

① Lilienfeld, R. v.: Zool. Anz. 1885. 9.

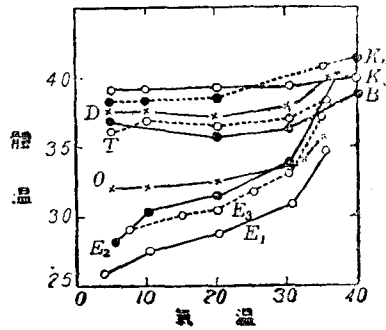
② Semon, F.: Pflügers Arch. 58, 229 (1894).

第 94 表

氣 溫	鴨嘴獸 ♀	針 鼯 ♂ I	同%生長 ♂ II	同%生長 ♂ III	袋 熊	大袋鼠	Trichosurus vulpecula
4-8	31.8	25.5	27.6	29.1	27.1	36.2	36.1
10	32.0	27.3	30.0	—	37.0	—	36.5
15	—	—	—	29.9	—	—	—
20	32.6	28.6	31.4	30.4	36.6	—	36.2
22-25	—	—	—	31.6	—	36.0	—
30-32	33.6	30.9	33.4	33.0	38.0	36.2	36.6
35	35.3	34.8	—	37.1	40.0	—	37.8
37-40	—	—	40.0	—	—	38.6	—

為完全，但於普通氣溫 20° 以下，示 33° 以下之體溫，較其他溫血動物著低。有袋類體溫之高度，及恆溫性，皆較一穴類發達；氣溫在 30° 以下，為 37—38°；因其變動溫度約為 3°，故較普通之溫血動物稍劣。

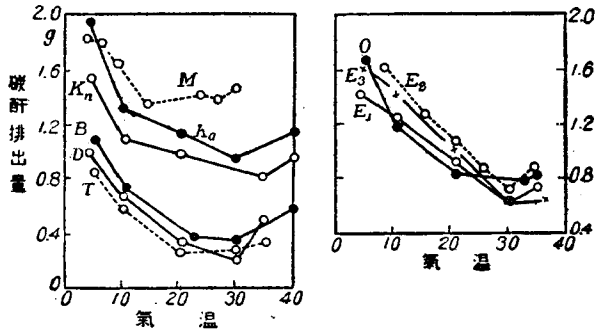
次為欲知化學的調節作用之狀態，第 32 圖示在種種氣溫時 CO<sub>2</sub> 之發生量（對 1000 sq. cm, 1 小時；動物之符號與右圖同，但加入類 M.）。單位體表相當之物質代謝，比於高等溫血動物確少。有袋類約 1/2 人、犬、貓等之半，一穴類在低溫範圍略相同，但 20° 以上，亦為一半。體溫低之原因，即在於此。



第 31 圖

- E. Echidna (1, 2, 3, 動物數號)
- O. Ornithorhynchus
- T. Trichosurus
- D. D. syurus
- B. Bettongia
- Kn. 兔    Ka. 貓

觀其產熱作用對於溫度之關係，殆全部以 30° 為最低量 (Neutral-



第 32 圖

temperatur), 外溫較此降或昇而著增加。故化學的調節作用頗發達。在低溫能見戰慄及意識的運動。故體溫變動之原因, 可推想為物理學的調節作用之不完備者。在高氣溫體溫與氣溫無甚異者, 即為此故。事實, 此等動物如前述之血管膨縮、熱性呼吸增加、發汗等現象, 皆不充分。然有袋類較一穴類稍稍發達云。次表示 1 分鐘之呼吸數, 以供參考。由此種關係, 此等動物於高溫頗弱, 於 35—40° 之氣溫中, 不能耐久云。

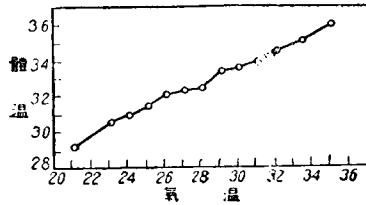
第 95 表

氣溫	鴨嘴獸	針 鼯	袋 熊	大袋鼠	Trichosurus
5	20—29	24—26	70—92	20—32	19—28
10	28—39	23—25	84—106	34—49	20—25
20—22	23—33	20—22	105—120	35—42	20—24
30—32	20—32	20—21	38—76	30—40	20—22
35—37	16—30	18—19	96—134	—	25—29

以上為無胎盤之最原始的哺乳類之體溫。最近在胎盤哺乳類 (Placentalia) 之中, 可目為最下級之動物之貧齒類 (Edentata) 之



中，亦知有表示與此等動物略同樣體溫之動物。Kredel<sup>①</sup>氏於 British Guiana 就樹懶 (*Bradypus cuculliger cuculliger* Wagler) 之直腸溫，作簡單之測定。報告氣溫 24.17—32.22° 之時。體溫變動於 27.67—37.39° 之間。Eisentraut<sup>②</sup> 氏亦於南美旅行中，在波利比亞之渣可地方，得測定樹懶 (*Bradypus tridactylus* L.) 與犰狳 (*Tolypeutes conurus* Js. Geoff) 之體溫之機會。樹懶如其名所示，性頗怠惰，遲鈍。運動甚緩慢，棲於樹上，為南美之特產。據



第 33 圖

Eisentraut 氏之測定，其體溫極易變動。在氣溫 20—38° 之範圍，最低 28.4°，最高 37.6°，變化之振幅，達 9.2°；可與針鼯相當，而較鴨嘴獸、有袋類變化之程度遙大。又體溫與氣溫殆常相等。第 33 圖為示此關係者。犰狳調節作用較樹懶稍完備。在氣溫 16—28° 之間，32° 之體溫常保一定。氣溫超此範圍，則易變動。對於 6—42° 之氣溫，變動度達於 13°。Eisentraut 氏又就柏林動物園所飼養之犰狳三種測定其體溫，在常溫亦持 32° 之溫度。研究此等動物之體溫調節機能可與 Martin 氏相同獲得有趣之結果。

## 二 冬眠中之體溫

冬眠 (Winterchlaf) 為冷血動物普通之現象。但溫血動物中，

① Kredel, F. E.: Jour. Mammal. 9, 48 (1928).

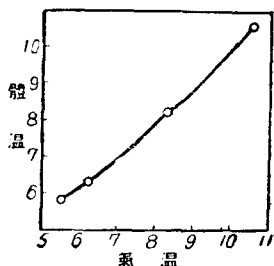
② Eisentraut, M.: Zs. vergl. Physiol. 16, 39 (1932) & 18, 174 (1932)

屬於翼手目 (Chiroptera)、齧齒目 (Rodentia)、及食蟲目 (Insectivora) 之哺乳動物, 亦有冬眠者。冬眠生活之適於研究之種類, 大抵蝙蝠之外, 爲土撥鼠 (Murmeltier; *Arctomys marmota*, *Marmotta monax*)、睡鼠 (Siebenschläfer; *Myoxus glis*)、Haselmaus (*Muscardinus avellanarius*)、Hamster (*Cricetus cricetus*)、Eichhörnchen (*Sciurus vulgaris*)、Ziesel (*Spermophilus citillus* 以上全部屬齧齒目)、及 Igel (*Erinaceus europaeus*, 食蟲目) 等; 皆爲棲於寒地或高山之動物。熊於冬季穴居蟄伏, 有類似冬眠之行動。但由體溫現象說, 非

第 96 表

眞爲冬眠, 卽不見如後述之體溫之低下及變動之現象 (Adler 氏)。冬眠有如字義, 以見於冬季爲普通。其期間, 依種類而異。Arc-

氣溫	體溫
2.75	3.0
10.0	6.1
10.2	8.3
10.9	8.9
11.1	9.7
2.75	6.1
„	4.9
„	3.9



第 34 圖

tomys 之類, 5—6 個月; *Spermophilus*, *Erinaceus* 3—4 個月; *Cricetus*, *Myoxus*, *Muscardinus* 2—3 個月云。一般愈至高山或寒地, 其期間愈長。冬眠中之體溫, 與冷血動物同樣, 常與氣溫略等, 極易變動。第 96 表爲 Pembrey 及 White 氏於自然氣溫之變動之下所測定之 *Muscardinus* 之體溫。第 34 圖爲 Valentin 氏所測 *Arctomys* 之體溫。

- ① Adler, L.: Handb. norm. path. Physiol. 17 (1927).
- ② Pembrey, S. M. & White, W. H.: Jour. Physiol. 18, 35 (1896).
- ③ Valentin, G.: Report. Anat. Physiol. 4, 359 (1839).

第 57 表

動物	狀態	O <sub>2</sub> (1 仟克 1 小時) g	CO <sub>2</sub> (1 仟克 1 小時) g	R Q
蝙蝠	S	0.53	0.78	0.55
	E	1.57	1.63	0.69
	W	0.70	1.20	1.24
鼯 鼯	S	0.057	0.051	0.65
	E	5.9	6.0	0.74
	W	3.854	3.949	0.75
土撥鼠	S	0.043	0.037	0.61
	St	0.369	0.200	0.77
	W	0.867	0.958	0.88
蝟	S	0.053	0.046	0.54
	St	0.426	0.449	0.77
	W	2.186	2.382	0.79

冬眠中之低體溫，因為物質代謝之緩慢。Pembrey ①氏(蝙蝠)、Mares ②氏(地鼠)、Nagai ③氏(土撥鼠、蝟)等將冬眠中(im Schlaf, S)，由冬眠覺醒之途中(im Erwachen, E)，冬眠前後之醱酵期(im Schlaftrunken, St)，及普通之覺醒時(im Wachen, W)所測定之呼吸氣體量表示之。由表可知冬眠中之產熱是較覺醒時或其途中為少；又深睡中，較淺睡中為少。冬眠中體溫如第 34 圖所舉，對氣溫為正比之變化。物質代謝之速度，與冷血動物同樣，對於外溫為正比變化。即愈為高溫，則代謝量愈增；愈為低溫則愈減。然與冷血動物異，往往低氣溫之時，亦有一時代謝量增加之事。次表為 Hári ④氏於 1 月中就蝙蝠所測之成績。附 \* 者，為冬眠中週期

① Pembrey, S. M.: Jour Physiol 27, 65 (1901)

② Marès, M.: Bohemian Med. Jour. Advancement. Med Sci. Prague. 2, 458 (1889).

③ Nagai, H.: Zs. allg. Physiol. 9, 243 (1909).

④ Hári, P.: Pflügers Arch. 130, 111 (1909).

的所起之淺眠時之代謝量。

冬眠生活之能源，主為脂肪；蛋白及醣類，殆無變化。例據永井氏就土撥鼠之實驗，消費物質之 90% 為脂肪云。觀呼吸係數之值，則此關係甚明。昔時研究，謂為 0.4 以下之低值 (Valentin,

第 98 表

月日	氣溫	CO <sub>2</sub> (1 仔克 1 小時) mg	
		N. I.	N. II.
1	2	69.7	31.7
2	2	29.2	43.2
3	2	28.2	29.4
4	4	21.0	20.9
5	3	26.3	34.1
6	2	28.6	25.8
7	3	24.8	38.8
8	2	27.2	32.1
9	4	29.1	30.6
10	3	31.0	769.7 *
11	5-8	31.7	60.9
12	6-8	44.1	32.8
13	3-6	30.3	—
14	4-5	37.2	—
15	6	29.2	—
16	4-5	31.1	34.4
17	5	32.6	760.9 *
18	6	867.1 *	30.7
19	2-3	32.6	26.1
20	2	25.8	27.9
21	2	27.7	15.4
22	1-2	12.9	30.4
23	2-5	29.1	22.1
24	1	45.6	—

Regnault 及 Reiset ① 氏)，

但據近年之正確研究，則 0.55—0.65 之值為最確實者(第 97 表)。因純脂肪燃燒之係數之值為 0.707，此值稍低，殆因脂肪之分解不完全，碳之一部，不氧化而即排泄或轉化為肝糖之故。

冬眠中因代謝量之低，其他生理作用，亦極萎縮；即血液之循環緩慢，皮膚血管收縮，脈搏呼吸數著少；尤以深睡時，心音殆不可聞，呼吸亦近於停止云。末梢神經之機能，亦同樣減退。在蝙蝠皮膚神經

起變性或萎縮，皮膚感覺甚為遲鈍 (Merzbacher ② 氏)。從而對於

① Regnault, V. & Reiset, J.: Ann. Chim. et Phys. (3) 26, 229 (1849).

② Merzbacher, L.: Pflügers Arch. 100, 568 (1903).

體溫調節作用營重大作用之溫度刺激之感受及傳達，亦不完全。又內分泌腺之作用亦減退(參照第二編第四章五)。以上之現象，為冬眠中體溫之低及易於變動之理由。

由冬眠覺醒時，體溫急激上昇。早者1小時，遲亦3小時以內，即恢復常溫。蝟由 $10^{\circ}$  昇至 $30^{\circ}$ ，約須2小時。土撥鼠由 $12^{\circ}$  昇至 $25^{\circ}$  須48分鐘(Pembrey ①氏)。蝙蝠由 $12.25^{\circ}$  昇至 $33.25^{\circ}$ ，僅須14分鐘云(Pembrey 及 White ②氏)。此原因為產熱量之急騰，即冬眠中所保存之容易燃燒之獸臟粉(Glykogen)或脂肪，此際燃燒甚急。Weinland ③氏之實驗，土撥鼠之1頭，獸臟粉之總量9g之中，約相當一半之4.2g，於此際消費云。又觀呼吸係數之值，此中情形即明。Weinland 氏報告此際之值為0.94，但第97表之結果為0.7之值。Henriques ④氏以蝟與天竺鼠同得0.7之值。睡眠期之燃燒物，非為獸臟粉而為脂肪云。然肌運動之激烈時，往往為0.9之值，故此際為醣類之消費甚明。總之皆為燃燒，而燃燒量之急增，確為覺醒之要因(Krough ⑤氏)。燃燒之場所，為肝或肌肉，醒時得見激烈之戰慄。故此際若妨害肌運動，則不能回復固有體溫云(Pembrey ⑥氏)。

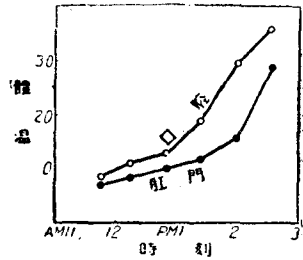
關於醒眠期之體溫上昇，有特異之現象記錄。即口腔與肛門之

- 
- ① Pembrey, S. M.: Jour. Physiol. 29, 194 (1903).
  - ② Pembrey, S. M. & White, W. H.: Jour. Physiol. 19, 477 (1896).
  - ③ Weinland, F. & Riehl, M.: Zs. Biol. 50, 75 (1903)
  - ④ Henriques, V.: Skand. Arch. Physiol. 25, 15 (1911)
  - ⑤ Krough, A.: The resp. exchange of animals and man (1916).
  - ⑥ Pembrey, S. M.: Jour. Physiol. 27, 65 (1901).

溫度異，前者早昇 (Valentin 氏, Quincke ① 氏, Dnbois ② 氏)。次圖爲 Henrique 氏研究土撥鼠之結果。其原因不明，但據 Dubois 氏說明，因體之前部，血管擴大早，故血液之循環亦早。

關於冬眠之原因，迄今尚無定說。

最大之原因，爲冬季低溫。但有未寒而冬眠者。據 Horvath ③ 氏之說，地鼠有與冷血動物之夏眠 (Sommerschlaf) 同樣之夏眠。據 Marès ④ 氏之說，Cricetus 及 Spermophilus 普通皆於秋季氣溫



第 35 圖

約爲 16° 時，入於冬眠，但冬期 0° 時則覺醒。然反之 Muscardinus

第 99 表

種 類	氣 溫	體 溫
Muscardinus	11.5—13.0	32.0—36.0
„	14.0—16.5	31.0—37.3
„	14.0—19.5	36.7—37.9
„	14.2—15.0	33.0—36.0
Erinaceus	9.0—16.0	32.0—35.0
Arctomys	28.0—29.0	36.0—38.0
„	15.0—19.0	34.2—37.0
Picocotes (蝙蝠)	11.5	23.5
Myoxus	11.5	33.5
„	14	35.1
„	25	35.9

置於冬溫之室，亦須冬眠。Berthold ⑤ 氏又用 Marmotta 冬季充分與以食物，則不冬眠 (Simpson ⑥)。縱合此等報告，可知冬眠之原因，必非

- ① Quincke, H.: Arch. exp. Path.-Pharmak. 15, 1 (1882).
- ② Dubois, R.: Physiol. comp. de la Marmotte (1896).
- ③ Horvath, A.: Verh. physik.-med. Ges. Würzburg 15, 187 (1881).
- ④ Marès, M.: Mém. Soc. Biol. 1892, 313.
- ⑤ Berthold, A. A.: Arch. (Anat.) Physiol. 1837, 63.
- ⑥ Simpson, S.: Amer. Jour. Physiol. 29, 12 (1912).

僅爲冬之低溫，遺傳的性質或食物因子，實有密接之關係。總之，體溫調節作用之不完全，爲冬眠之本質的原因之一，則可確定此等動物之體溫雖普通在活動時，亦比一般溫血動物爲低；又易受氣溫之影響（參照上表）。Eisentraut<sup>①</sup>氏曾以蝙蝠詳細調查此關係。

### 三 胚胎及新生兒之體溫

溫血動物之個體發生之初期，即胚胎時代（在母體內或卵內發育途中之謂），固勿論；即孵化或產下後，在一定期間，亦呈類似冷血動物之體溫現象；即比成體之體溫爲低，且易變化；此時期，稱爲溫血動物之冷血變溫時代（Kaltblutiger od. Poikilothermischer Stadium）。

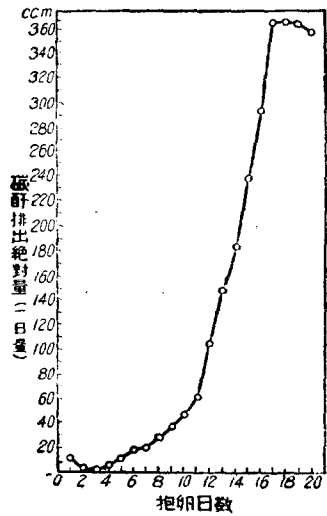
仔獸或雛，其離母體或卵而出世之狀態，有二種。一爲發育甚進步之狀態而出世者。他爲前者在母體或卵中所經過之發育，行於出世之後者。在鳥類此區別甚爲明瞭。食火雞、駝鳥等所屬之走禽亞目（Ratitae），雞族（Galliformes）及雁族（Anseriformes），等之疾走或游泳性之鳥，於孵化之時，即有相當之羽，且有馳走及攝食能力。斯樣之鳥稱早成鳥（Praecoces）。又因其孵化後即離巢，稱離巢鳥（Nestflüchter）。此外之鳥類，大抵成長後有飛翔性，舉動活潑，但初生出時，則爲無羽之裸兒，眼未開，是無運動攝食能力，萬事均賴親鳥保護，始得生活；此稱晚成鳥（Altrices）或留巢鳥（Nesthocker）。哺乳類雖不如鳥類之判然，但亦有產時即具體毛，舉動較活潑者，與爲裸兒而不能久離親之保護者。由於如上述出

① Eisentraut, M.: Zs. Morph.-Ökol. 29, 231 (1934).

世時之發育程度，而體溫現象，有差異；從而追溯其胚胎時代，亦得發現。

哺乳動物之胎兒，除一穴、有袋類外；皆在母體內以胎盤相連絡，故體溫與母體為同一關係。然以之由母體隔離時，顯示與冷血

動物全為同樣之體溫關係。鳥之卵亦為同樣。抱卵之初，其卵溫，早成鳥與晚成鳥示相異之經過。早成鳥之卵溫，隨胚胎之發育上昇。據 Eycleshymer 氏雞卵溫於抱卵 1 週後為  $38.3^{\circ}$ ，次週為  $38.9^{\circ}$ ，3 週後昇至  $39.4^{\circ}$ ，漸次接近於成體溫。此因胚胎消費卵物質，而增加發熱。右圖為 Bohr 及 Hasselbalch 氏測定抱卵中之雞卵之  $CO_2$  排泄量之結果。如斯早成鳥在卵內昇成高溫而



第 36 圖

生。晚成鳥孵化中，體溫殆不上昇。次表為 Baldwin 及 Kendeigh 氏所觀測之抱卵中之卵溫。此類之鳥卵於親鳥之抱擁中雖保高溫，但是親鳥離巢，即與氣溫相同。第 37 圖為 Baldwin 及 Kendeigh 氏於自然狀態下就鷓鴣之孵卵中之卵溫所測者。親鳥每日離巢數次，卵溫即於其時下降。然因離巢時間短，實際卵溫不低至與氣溫

① Eycleshymer, A. C.: Biol. Bull. 12, 350 (1907).

② Bohr, C. & Hasselbalch, K. A.: Skand. Arch. Physiol, 10, 149(1900)..

③ Baldwin, S. P. & Kendeigh, S. C.: Sci. Publ. Cleveland Mus. Nat. Hist. 3 (1932).

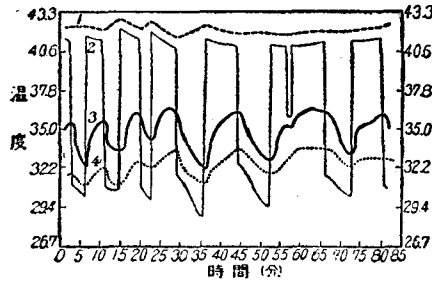


(23.44°)相同。如斯晚成鳥之卵溫所以低者，因產熱量少，又因易受氣溫之影響故也 (Pembrey ①)。

第 100 表

種類	抱卵日數	氣溫	卵溫	氣溫	卵溫
Eastern house wren	0	20.6	-0.1	33.9	-0.1
	2	17.2	-0.2	36.7	-0.1
	3	20.0	0	35.6	-0.2
	5	19.4	-0.3	36.7	-0.3
	7	21.1	-0.1	—	—
	10	20.6	-0.1	36.1	+0.2
	10	19.4	+0.1	37.2	0
Eastern robin	7	21.1	+0.1	36.7	+0.4
	12	17.8	-0.1	37.2	-0.3
Eastern song sparrow	12	18.3	+0.1	37.2	+0.6
	3	18.3	-0.1	36.7	-0.6
9	21.7	-0.1	35.6	-0.1	

離母體或卵之新生兒之體溫調節作用，由出世時之發育狀態而異。充分發育而出產者，比不然者，體溫為高，且變化難。例如晚成鳥之鴿，孵化後 8—9 日殆無調節能力，15 日以後，大抵始克完成 (Pembrey 氏，前出)。雀及鶉等亦然 (Leichtentritt ② 氏)。早成鳥之雞，於孵化時，即甚發達。第 101 表比較兩種鳥溫與外溫之關係而觀之



第 37 圖

- 1. 親鳥之體溫
- 2. 卵直上之氣溫
- 3. 卵溫
- 4. 卵直下之巢溫

① Pembrey, S. M: Jour. Physiol. 18, 563 (1896).

② Leichtentritt, B.: Zs. Biol. 69, 515 (1919).

(Leichtentritt 氏)。哺乳類中鼠等極遲，約 10 日 (Sumner ① 氏)。天竺鼠發達較快 (Edwards ② 氏)，犬、貓、兔位於中間，須 3—4 日 (Leichtentritt, Babak ③ 氏)。人於 1 日內，即為與 36.5—36.7° 之親近似之溫度 (Raudnitz 氏 ④, Mendelssohn ⑤ 氏)。次舉 Sumner 氏之白鼠 (第 102 表) 與 Leichtentritt 氏之貓與兔 (第 103 表) 之體溫表。新生兒之體溫皆低而易受氣溫影響，由諸表可知。特於低溫之際，此影響大。即幼時，對於低外溫之調節力，不甚發達。

第 101 表

	生長狀態	氣溫	體溫
雞	孵化直後	14.0	19.8—20.0
	„	19.6	34.8—36.0
	„	28.2	34.4—35.4
雀	裸兒	10.5	14.0—15.8
	„	17.1	20.5—22.2
	„	30.3	25.8—26.3
	羽毛稍發達	16.9	26—34
	„	29.8	37.2—40.9
	羽毛殆完成	14.4	25.5—31.4
	„	23.8	32.5—39.2
	„	31.8	37.2—40.2
鵝	裸兒	15.5	17.8—18.8
	生後第 1 日	17.6	20.2
	„	32.6	36.0

第 102 表

生後日數	氣溫 9.8° 時之體溫	氣溫 23.5° 時之體溫
1	—	32.4
2	—	32.6
7	24.4	35.0
8	19.9	36.6
9	25.7	34.6
10	24.2	34.6
11	23.9	34.7
12	27.6	36.0
13	—	35.6
14	30.7	35.7
16	36.2	37.5
18	35.3	36.4
19	—	37.2
21	35.5	37.0

新生兒之冷血變溫性，因其物質代謝比成體緩慢，及羽毛等防

- ① Sumner, F. B.: Jour. exp. Zool. 15, 315 (1913).
- ② Edwards, W. F.: De l'influence des agens physiques sur la vie (1824).
- ③ Babak, E.: Pflügers Arch. 89, 154 (1902).
- ④ Raudnitz, R. W.: Zs. Biol. 24, 423 (1838).
- ⑤ Mendelssohn, A.: Zs. Kinderh. 3, 3 (1912).

禦喪熱之裝置,不甚發達。又種種之神經機能,尙未充分發達,亦爲其原因。雞之產熱量(對1 sq.m, 1日),見於Plaut<sup>①</sup>氏之測定,孵化後4日以內極少,約爲10日以內,始達成體之量(第104表)。在

第 103 表

種 類	生後日數	氣 溫	體 溫
雞	直後	15.7	29.0—33.0
	„	18.4	26.5—33.0
	„	29.8	31.0—34.0
	„	33.4	32.0—34.0
	1	17.0	22.2—35.2
	„	23.3	26.6—30.2
	„	30.4	33.4—35.2
	2	17.4	28.2—35.5
	„	23.7	9.8—36.6
	„	25.0	31.2—36.4
	„	32.6	33.0—35.0
	3	15.1	15.1—37.0
	„	24.5	30.1—37.1
	„	29.8	31.5—34.5
4	17.6	27.0	
„	33.9	34.2	
兔	直後	9.8	16—18
	„	22.8	26.1—30.7
	„	30.1	35.2—35.3
	3	15.2	34.1—34.9
	„	28.2	35.0—36.2
	4	13.3	31.4—34.2
	„	22.0	35.5—35.9
	„	35.3	38.0—38.4
	8	16.1	32.7—36.8
	„	22.2	34.0—37.1
„	31.2	34.0—38.3	

① Plaut, R.: Zs. Biol. 73, 141 (1921).

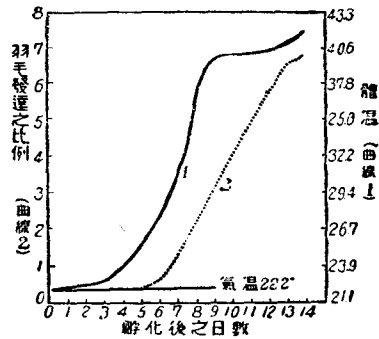
第 104 表

生後 日數	產熱量 Cal
孵化直前	330
1	587
2	489
3	567
4	—
5	799
6	800
7	707
8	833
9	1006
10	824
11	843
40	1474

第 105 表

種類	氣溫	產熱量
雞	14.0	350
„	19.6	770
„	28.2	180
„	35.2	470
雀	16.9	440
„	20.7	530
„	33.2	350
貓	15.1	22
„	17.4	21
„	23.7	19
„	25.0	16
„	32.6	14
兔	9.8	26
„	22.8	26
„	30.1	36

晚成鳥，新生雛之產熱量，較成體反大 (Groebbel's ①)。據 Riddle, Nussmann, 及 Benedict ②氏等之研究，鴿至第 3 日之代謝量，較之成長途中之時期多 20%。第 11 日約為 2 倍。23—25 日以後始與成體相一致云。此乃晚成鳥因羽之發達遲而產熱量增大以代償之故也。次為欲知產熱量對於氣溫之高低之變化，即化學的調節作用之程度，舉



第 38 圖

- ① Groebbel, F.: Zs. Biol. 218, 93 (1928).
- ② Riddle, O., Nussmann, T. C. & Benedict, F. G.: Amer. Jour. Physiol. 101, 251 (1932).

Leichtentritt 氏(前出)之測定值(對 1 Kg 1 日 Cal) (第105表)。新生兒亦有多少之化學的調節作用,但氣溫甚低下時,為不完全。又體溫調節之不完備,原因於羽毛發達之不完全。第 38 圖為 Baldwin 及 Kendeigh 氏就鵝鶉比較雛之體溫上昇,與羽毛發達之關係者。

## 第六章 由進化論及目的論所觀之 體溫調節作用

### 一 進化論的體溫調節作用<sup>①</sup>

據進化論所說，生物之種類非古來一定不變者，乃隨歲月之經過，而起複雜變化，遂成今日所見之多種多樣之生物。爲生物進化之論證者，即生物之形質非固定，而有變異性之事實。許多形態學的，或生理學的性質，作爲進化論之證據，爲人所共知。生物將其體溫離外溫而獨立之性質，即體溫調節作用，亦屬此範疇，可視爲進化論之有力證據之一。換言之，此作用亦與其他之構造機能等相同，於動物進化之途中所發生而爲逐漸發達之作用。

體溫調節作用，非爲生物出現於地球上之瞬間即有之作用甚明。原始生物之本態雖不明，但至少得想像其爲近於現在之原生動物，或如一個細胞之單細胞生物者。此等生物是冷血變溫生物，與非常複雜，且各種機能聯合而行於一定統制下之高等體溫調節機能，決不能想像其存於極簡單之原始生物，可以斷言。又鳥類哺乳類所有之種種形質，若以爲是由冷血動物進化變遷而來，則體溫調節作用，亦由冷血變溫性變化而來，可以想像。有次述之系統及個體發生上之事實，得證明之。

#### A 系統發生上之事實 一穴、有袋、貧齒目等下等哺乳動物

① 小泉清明：植物及動物 3, 799 (1935) 可參考。

一生其低而易變化之體溫，適與蛭蠃魚及海鞘等永保留可象徵脊椎動物之脊柱之原始的脊索者爲同一現象。氣溫低時，或食物等缺乏時，不得維持平常之體溫，而有與冷血動物同樣之冬眠現象者(192頁)，即表示此等動物調節作用之發達爲不完全。如後述大蛇之類，有似鳥之抱卵習性(240頁)，此際顯示似溫血動物之高溫，又蜜蜂、胡蜂、蟻等形成社會之昆蟲，其集團之溫度既高，且保一定(242頁)，與許多冷血動物之體溫，於環境高溫之時爲稍低；低溫之時，卻稍高之現象相同，體溫調節作用之曙光，既於冷血動物發現之矣。

B. 個體發生上之事實 溫血動物之個體發生之初期，即胚胎時代，及由母體或卵出世後之一定期間，經過冷血變溫之時代者(198頁)，爲與一切複細胞動物之個體發生，皆始於單細胞之生殖細胞而經過胚葉時代；顯示此等動物其系統變態之途中，爲經過原生動物或腔腸動物之時代者相同；爲 Haeckel 氏之所謂進化再演說之一事實。

## 二 目的論的體溫調節作用

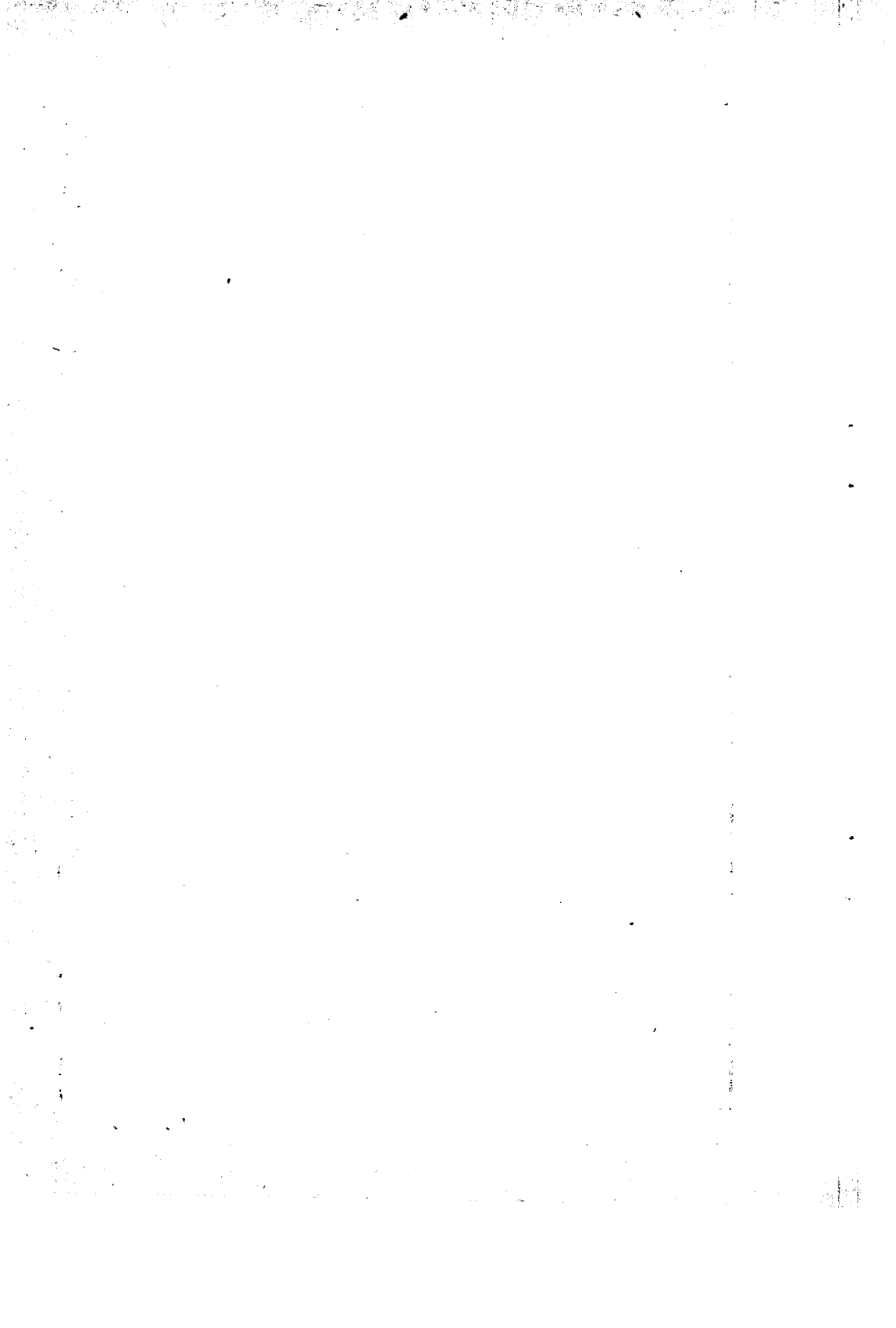
生命現象爲由於生物體內所構成之內的條件，與由環境作用之外的條件所支配。兩者之中，內的條件，因爲是生物體內所組成之條件，故爲第一次的，即直接支配者，爲內的條件。外的條件爲間接，即媒介前者而作用於生物者。故生命現象欲圓滿進行，必先將內的條件保於好適狀態。然一方外的條件，常反復變化，故若即影響於生命之進行，則生命現象常變化而不安定。生物體特有之種種

調節作用，要為將內的條件使外界之影響儘量減低，而生命之進行得安定圓滿之適應。換言之，調節作用之目的，為求內的條件之安定。

體溫調節機能之目的，即在於此。為將身體之溫度，由外溫隔離獨立，而使之安定之機能。溫度之影響生體者，為變化體內之種種反應速度。溫度若昇，反應急速；若降則緩慢。此變化若隨外溫而變化者，則生體之諸反應，常不安定，結果乃使統制調和發生紛亂。又外溫之高低，為極端時，則原形質之狀態引起變化，不免熱死或凍死。因有斯樣障害，故生物之生活大受地理的及季節的限制。比較冷血動物與溫血動物，則此關係甚明。冷血動物之地理的分布，受限制大。棲於熱帶者，不能棲於寒帶，棲於寒帶者，難棲於熱帶。溫血動物，雖亦有此現象，但此乃因體溫調節機能，適於原住地而固定之故。若改此點，則溫血動物於地球上，任何地方，皆能棲息。事實上溫血動物若變更住處，則得漸次變更調節機能，而適應於新住地。在冷血動物，如斯之適應力小。溫血動物四季皆得保持旺盛之生活。在冷血動物，冬則冬眠，夏則陷於夏眠狀態，不可不暫時停止活動。如斯於廣溫度範圍得生活之 *Eurythermie* 性質，較之不得耐狹溫度變化之 *Stenothermie*，對於個體或種族維持，為最適宜，可不待言。

溫血動物之體溫調節之對象，為  $37-44^{\circ}$  之高溫者，乃為促進生活速度之故。反應速度過大，固然不可。若非過大，則速度之大，為有意義。





## 第三編 冷血動物之體溫

### 第一章 冷血動物之體溫與及於體溫之影響

#### 一 測定冷血動物體溫之注意

自溫度計發明以來，冷血動物之體溫，亦為研究之對象。報告之多，不遑枚舉。然比較許多測定成績，其結果隨學者而著異，竟有莫知適從之狀。有以冷血動物之體溫，較外溫為高，有以為低者，其差大相懸殊。觀 Soetbeer<sup>①</sup> 氏之冷血脊椎動物或 Bachmetjew<sup>②</sup> 氏於昆蟲所記錄之體溫表，則此關係可知。考其原因，殆為次列各點。

1. 因冷血動物體溫調節能力殆不發達；溫度、溼度、風、光等之外的條件，若有變化，體溫立即反映此變化而變化。故此等條件若非同一之際，則隨測定者而體溫大有差異，乃當然之事。

2. 測體溫時，使冷血動物達於實驗溫度特有之體溫，必須一定之預備時間。故體溫對外溫若非保完全平衡後，不能求得對於相當外溫之真正體溫。

3. 除脊椎動物外，冷血動物之身體，較溫血動物著小。故溫度計較用於溫血動物者為小形，且不可不為熱容量極小者。尤其是欲求與外溫之正確之差時，溫度計必須用極正確者。故由於測定器或

---

① Soetbeer, F.: Arch. exp. Path.-Pharmak, 40, 53 (1898).

② Bachmetjew, P.: Experimentelle entom. Studien 1 (1901).

第 106 表

種	類	外	溫	體	溫	種	類	外	溫	體	溫
棘皮動物		水	12-13	+0.029		Molva vulgaris ①		水	11.2-11.4	+0.56	
Asterias rubens ①		"	"	±0		Brosimius brosmia ①		"	"	+0.4	
Echinus esculentus ①		"	"			Gadus virens ①		"	"	+0.7	
體節動物		氣	10.00	±0		Pleuronectes flexus ①		"	4.6-6.8	+0.028	
Lumbricus agricola ②		"	11.40	±0		Osmerus eperlanus ①		"	"	±0	
"		"	13.00	±0		Clupea harengas ①		"	"	+0.05	
"		"	17.00	+0.94		Seyllium catulus ①		水	21.6	+0.02	
"		"	21.20-21.30	-0.6		魚 ②		"	22.17	±0	
節足動物		"	"			"		"	25.0	-0.2	-0.1
Carcinus maenus ①		水	12-13	+0.03		爬 蟲 類		氣	16.5	-0.1	
Caner pagurus ①		"	"	+0.12		Crocodilus porosus ⑤		"	19.7	-1.4	
Homarus vulgaris ①		"	"	+0.10		"		"	20.1-20.6	-0.6	-0.3
Vanessa io ⑥		氣	20.5	+0.1-+0.55		"		"	21.0-21.4	±0	+1.8
Musca vomitoria ④		"	20.0	+0.11-+0.98		"		水	16.5-16.9	+0.1	+0.9
Bombus terrestris ③		"	23.3	+0.055-+0.33		"		"	17.0-17.8	+0.1	+0.5
Libellula depressa ③		"	22.8	+0.037-+0.097		Alligator lucius ⑤		水	16.7	+0.1	
Locusta viridissima ③		"	22.8	+0.037-+0.074		Emys europaea ⑤		"	24.05-24.0	+0.11	+0.15
軟體動物		水	17.80	±0		"		"	25.02-25.3	-0.02	±0
Anodonta sp. ④		"	18.80	+0.05		"		"	27.19-27.85	+0.03	+0.05
"		"	20.00	-0.06		E. trijuga ⑥		水	24.05-24.0	+0.3	+1.01
"		"	21.30	-0.03-±0		"		"	25.1-25.32	-0.02	±0
"		"	24.4-24.7	-0.03-+0.8		"		"	27.2-27.85	-0.05	±0
"		"	26.00	+0.03		Chrysemys olivacea ③		水	25.3	-0.78	
魚		水	11.12-11.4	+0.4		"		"	27.2-27.3	-0.05	+0.1
Gadus morhua ①		"	"			"		"	28.6	+0.2	

種	類	外	溫	體	溫	種	類	外	溫	體	溫
C. dorbignei ⑤	爬蟲類	水 25.3		+0.32		Boa constrictor ⑥		氣 20.01-25.09		-0.05	
Hydraspis wagneri ⑤		水 25.3		+0.29		兩棲類		水 25.01-30.06		-0.13	
Calagar picta ⑤		水 28.6		+0.2		Rana temporaria ⑥		水 30.05-35.01		-0.19	
Chelonia midas ⑥		水 28.6		-0.2				氣 20.5-20.95		-4-+0.35	
Tejus teguixin ⑥		水 29.95		+0.65		Amblystoma punctatum ④		水 16.00		-0.7-+0.6	
Ophisaurus apus ⑤		氣 28.0		+2.7				水 27.00		-0.04-+0	
Testudo denticulata ⑤		氣 19.6		+0.1		Diemyctylus viridescens ④		水 14.7		-0.7-+0.6	
水 15.0		氣 15.0		+0.38				水 15.0-15.6		+0	
水 17.27		水 16.65		+1.15				水 16.3-16.7		-0.1-+0.1	
水 22.1-22.9		水 17.27		+1.58				水 17.8		-0.02-+0.1	
水 24.39		水 22.1-22.9		-0.87-+1.6				水 18.4-18.8		-0.01	
水 25.4-25.8		水 24.39		+0.91				水 19.0-19.9		-0.15-+0.02	
水 28.5		水 25.4-25.8		-1.11-+0.1				水 20.3-20.7		-0.02-+0.02	
水 29.2-29.92		水 28.5		-0.12				水 0.1-21.6		-10-+0.1	
水 30.1-30.91		水 29.2-29.92		-1.11-+0.71				水 22.0-22.7		-0.02-+0.01	
水 31.03-31.79		水 30.1-30.91		-0.77-+1.72				水 23.1-23.8		-0.01-+0	
水 32.07-32.68		水 31.03-31.79		-1.03-+1.16				水 25.7		+0	
水 33.01-33.1		水 32.07-32.68		+0.76-+1.67				水 29.7		+0	
水 15.01-20.00		水 33.01-33.1		-0.99-+1.06				水 30.4-35.5		+0	
Boa constrictor ⑥		氣 15.01-20.00		+0.13							

氣為氣溫，水為水溫，+體溫較外溫高，-較外溫低

- ① Simpson, S.; Proc. roy. Soc. Edinb. 28, 66 (1908).
- ② Rogers, C. G. & Lewis E. M.; Biol. Bull. 27, 262 (1914).
- ③ Iserlin, M.; Pflügers Arch. 90, 472 (1902).
- ④ Rogers, C. G. & Lewis, E. M.; Biol. Bull. 31, 1 (1916).
- ⑤ Soetbeer, F.; Arch. exp. Path.-Pharmac. 40, 53 (1898).
- ⑥ Benedict, F. G.; Carnegie Inst. Publ. 425 (1932).

測定方法而體溫有大異。

## 二 體溫與外溫之關係

冷血動物之體溫為環境溫度之傀儡，隨其昇降而昇降，常為與彼近似之高。故冷血動物不若溫血動物具固有之體溫 (Eigentemperatur)。為知此關係，表示外溫約  $10^{\circ}$ — $30^{\circ}$  之範圍，即普通所見之外溫範圍之體溫。第 106 表之體溫，大體為動物休息中之體溫，約  $10^{\circ}$ — $30^{\circ}$  之範圍，不論外溫之如何，與彼殆為同溫，其差超  $\pm 2^{\circ}$  者甚少。

## 三 異常高溫及異常低溫時之體溫

外溫非常低時，或非常高時；冷血動物之體溫，並不常與外溫

第 107 表

氣 溫	體 溫	差	氣 溫	體 溫	差
37.0	36.7	-0.3	12.5	17.6	+5.1
38.4	37.7	-0.7	10.4	14.0	+3.6
39.2	38.4	-0.8	10.3	12.2	+1.9
40.0	33.7	-1.3	10.2	11.8	+1.6
41.5	39.8	-1.7	8.2	9.5	+1.3
45.4	44.1	-1.3	5.8	7.4	+1.6
46.1	44.5	-1.6	3.2	5.0	+1.8
47.0	44.8	-2.2	3.1	4.0	+0.9
47.6	45.1	-2.5	1.8	3.0	+1.2
49.0	47.0	-2.0	0	2.0	+2.0
49.8	48.1	-1.7	-2.4	-0.5	+2.9
50.0	48.6	-1.4			
50.4	49.7	-0.7			
51.2	51.0	-0.2			
51.5	51.4	-0.1			

相等。於低溫之際，體溫較外溫爲高；高溫之際，體溫較外溫爲低。然其差隨外溫之昇降而增加，此關係最易觀察者爲昆蟲。Bachmetjew<sup>①</sup>氏就稱爲 *Deilephila euphorbiae* 之蛾，首先注意此事實（參照上表）。此外，同樣之現象，就蜚蠊（Nehel<sup>②</sup>氏 Kozhantschikov<sup>③</sup>氏）、蜜蜂（Pirsch<sup>④</sup>氏）、黃金蟲、蜻蛉、蝗（小泉<sup>⑤</sup>）等有許

第 108 表

種 類	外 溫	測定部分	體 溫	測 定 者
蛙	氣 35	皮 膚	-9.3	Crawford
„	水 39.9	„	-2.2	„
<i>Pana esculenta</i>	„ 30	不 明	-3.75	Berthold
„	„ 31.25	„	0	„
„	氣 32.5	„	-0.4	Schulz
<i>Kaimin sclerops</i>	„ 30.8	肛 門	+0.3	Soetbeer
龜	„ 32	血 液	-2.6	Davy
<i>Boa constrictor</i>	„ 30	肛 門	0-1	Dum'ril
<i>Python soboe</i>	„ 30	„	0-1	„
<i>P. bivittatus</i>	„ 30	„	0-1	„
蛇	„ 45	不 明	-5.8	„
蛇	„ 47	„	-6.8	„
<i>Rana esculenta</i>	水 6.87	圍 心 腔	+2.03	Czermak
„	氣 12.7	腹 腔	+4.8	„
„	水 7.8	心 臟	+0.6	„
„	氣 8.4	唾 液	+0.5	„
„	„ -5	腹 腔	+6.4	„
„	„ 6.1	„	+0.3	Schulz
„	„ 0	不 明	+1.1	„
„	„ 12.4	„	+1.7	„
„	„ 2	„	+0.8	„
„	„ 0.5	„	+1.0	„

① Bachmetjew, P.: Experimentelle entom. Studien I (1901).

② Nehel, H.: Pflügers Arch. 204, 72 (1924).

③ Kozhantschikov, J.: Zool. Anz. 103, 30 (1933).

④ Pirsch, G. B.: Jour. agri. Res. 24, 275 (1923).

⑤ 小泉清明: Mem. Fac. Sci. Agri. Taihoku Imp. Univ. 12, VI I. & XI Mitt. (1935).

多報告。在昆蟲以外之動物，於如斯異常溫度時之觀測尙少，不知

第 109 表

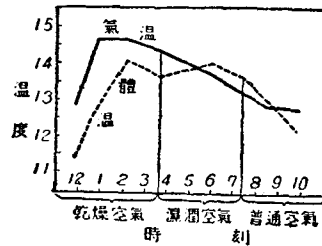
氣 溫	體 溫
5	5.5
9	9.2
15	15.2
20.5	20.4
25	24.5
30	29.3
35	24.8
39	38.5

其詳。但由 Soetbeer 氏 (前出) 所表示之脊椎動物之體溫，可得此實例 (第 108 表)。由表，兩棲爬蟲兩類，似亦有此傾向。唯因概為昔時研究，正確之結果，不甚明瞭。然 Benedict 氏最近研究 Boa 之結果 (第 106 表) 亦稍呈此傾向。又 Martin<sup>①</sup> 氏實驗 *Cyclopus gigas* (蜥蜴)，亦

為同樣之結果 (第 109 表)。就魚之研究，殆未之見，如鰻等脂肪魚，於低溫之水中為高溫。據 Knauthe<sup>②</sup> 氏在 14.8° 之水中為 17.5°，在 12.5° 為 14°，在 5.5° 為 6.5° 之體溫。

#### 四 溼氣之影響

空氣之溼度，及於體溫之影響甚大。多溼空氣，使水分之發散即喪熱量減少。故較之乾燥空氣，體溫為高。Soetbeer 氏 (前出) 於 Rubner 之熱量計，通以溼度為 60—70% 之空氣，測鱷蛇等之體溫，則體溫與氣溫一致。在 40% 之空氣，體溫較氣溫為低 (溫度 23°)。又彼用蛙，得如右圖之結果。Isserlin<sup>③</sup> 氏亦指摘在溼潤空氣中，蛙之胃溫，



第 39 圖

① Martin, C. J.: Philos. Transact. 195, 1 (1903).

② Knauthe, K.: Biol. Ztbl. 4, 410 (1896).

③ Isserlin, M.: Pflügers Arch. 90, 472 (1902).

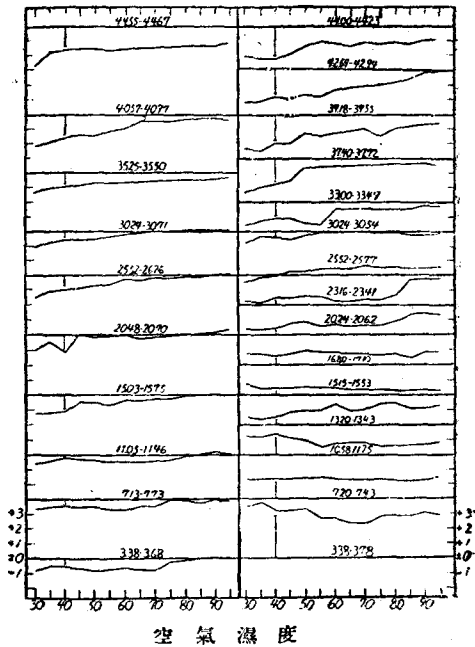
第 110 表

種 類	比 較 溼 度 %				
	7	25	50	75	95-100
Salamander, <i>Plethodon glutinosus</i>	-9.21	-6.34	-4.62	-2.54	-0.29
Frog, <i>Rana pipiens</i>	-8.60	-6.75	-4.68	-3.01	-0.13
Toad, <i>Bufo fowleri</i>	-7.33	-5.31	-3.98	-2.48	-0.74
Lizard, <i>Sceloporus undulatus</i>	-0.70	-0.70	-0.15	+0.30	+0.64
Horned toad, <i>Phrynosoma cornutum</i>	-0.37	+0.02	+0.11	+0.19	+0.38
Land turtle, <i>Terrapene carolina</i>	-0.34	-0.23	-0.11	-0.03	+0.15
Water turtle, <i>Chrysemys marginata</i>	-0.72	-0.57	-0.52	-0.41	-0.12
Alligator, <i>Alligator mississippiensis</i>	-0.39	-0.26	-0.15	-0.03	+0.03

較氣溫高 0.1-0.2°。

在乾燥空氣，則較氣溫低。在生體因有產熱作用，比屍體體溫為高。關於溼氣對於兩棲類爬蟲類之體溫之影響，最近 Hall 及 Root ① 氏發表詳細之研究。前表為氣溫 20° 時之體溫。溼氣若多，則體溫高；少則低。結果甚為明顯。兩棲類在任何溼度，

體  
溫

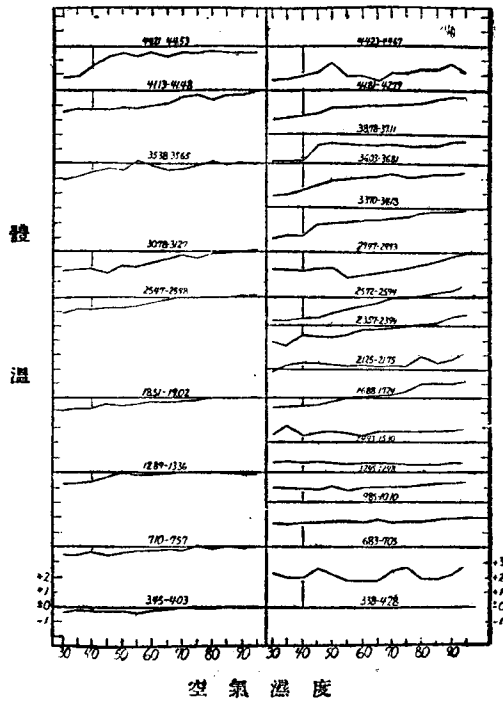


第 40 圖

① Hall, F. G. & Root, R. W.: Biol. Bull. 58, 52 (1930).



體溫較氣溫著低。爬蟲類則在乾燥空氣，較氣溫為低；在溼潤空氣，則反之。此事實，基因於皮膚之水分發散之強弱。兩棲類皮膚溼潤，爬蟲類則相反，皮膚乾燥，而以鱗抑制之。著者就昆蟲行稍詳細之研究。第40圖為黃金蟲 (*Anomala expansa*)，第41圖為蜻蛉 (*Orthetrum sabina*) 之體溫，左為屍體，右為



第41圖

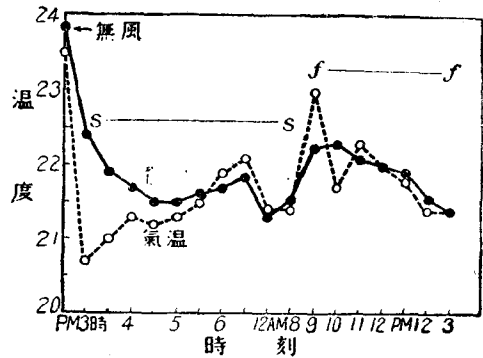
生體之結果。表中之數字，為氣溫。由以上之結果，可知冷血動物之身體，頗似一種之乾溼溫度計。

### 五 空氣動搖之影響

空氣之動搖，因促進水分發散，可使體溫低下。Benedict<sup>●</sup>氏對蛇 (*Boa constrictor*, *Drymarchon corais couperi*) 送電扇之風，而檢直腸溫，速力 Slow (s-s) 之時，於 3—4 小時後，體溫較氣

● Benedict, F. G.: Carnegie Inst. Publ. 425 (1932).

溫稍降。Full (f-f) 之時,不認有差異(第42圖)。此因體形巨大,風之影響不及於體內之故。反之,在昆蟲則顯然因風而體溫低下(小泉<sup>①</sup>)。



第42圖

## 六 輻射線之影響<sup>②</sup>

在野外,於冷血動物之體溫,與以最大之影響者,為太陽之輻射線。日光以自體放出之輻射線,與由於地上之反射,使大氣之溫度上昇。故直射日光下之體溫,較日蔭或夜間之體溫遙高。此雖因氣溫之影響,而動物直接吸收日光中之熱線,為大原因。故曝於直射日光下之動物之體溫,較溫氣著高。

日射能使野外動物之體溫上昇,既如上述(第一編第五章一)。茲再介紹若干成績。Bodenheimer<sup>③</sup>氏將非洲飛蝗(*Schistocera gregaria*)曝於熱帶(Palestina)之直射日光,而記錄其體溫。測太陽之輻射量,用無氣日溫計(Vacuumthermometer)。此為將溫度計密閉於真空玻璃管中者。有將水銀部用油煙塗黑者(黑球),有普通者(白球)。又彼以普通之水銀溫度計,記錄日向與日蔭之氣

① 小泉清明: Mem. Fac. Sci. Agri. Taihoku Imp. Univ. 12, XI. Mitt. (1935).

② 關於本項,參照第一編第五章一。

③ Bodenheimer, F. S.: Zs. angew. Ent. 15, 435 (1929).

溫。其結果表示於次。日出前，體溫較氣溫爲低。隨日出而變爲同溫。以後氣溫漸昇，體溫上昇更甚。日出約 1 小時後，體溫較氣溫高  $10^{\circ}$ ，遂達最高之  $43^{\circ}$ 。昆蟲之熱吸收，較無氣日溫計之吸收爲小，較普通溫度計遙大。據 Bodenheimer 氏，棲於熱帶直光下之昆蟲最適於其活動之氣溫爲  $34.9-43.1^{\circ}$  之範圍云。故直射日光對於此蝗之發育活動等，有適當影響。又彼注意蝗在朝晨，與日光成直角，晝間則於平行之位置而靜止者爲多。此對於受熱量有如何關係耶？實驗而知直角正向時，比於平行之位置時，體溫高  $3-4^{\circ}$ 。故此行動，爲朝晨易受熱，晝間受熱量減少之適應甚明。

第 111 表

時刻 (時·分)	無氣日溫計		空氣溫度計		體溫	日射	風
	白球	黑球	日向	日陰			
6.05	18.7	20.4	20.4	19.8	18.5	陰	無風
20	18.5	20.2	20.9	19.0	16.0	，，	，，
40	20.1	23.2	21.3	19.9	18.5	弱光	，，
7.00	26.8	38.0	23.5	20.9	24.5	，，	，，
20	33.1	44.8	23.0	21.2	27.5	強光	，，
40	37.6	51.1	26.7	22.2	33.6	，，	，，
8.00	39.7	57.9	27.5	23.9	36.2	，，	微風
20	40.3	50.1	28.0	23.0	30.7	一時陰	，，
40	35.5	47.0	26.0	24.0	29.9	弱光	，，
9.00	45.0	63.5	31.0	25.0	41.8	陰	，，
20	46.7	66.0	31.0	25.9	42.8	日射	，，
40	47.5	65.6	32.2	25.0	39.9	，，	弱風

蜥蜴亦有日中曝於直射日光而靜止者，此時體溫昇高。Krüger ① 氏有如次報告。在盛夏屋上，*Lacerta vivipara* 之體溫，當有

① Krüger, P.: Zs. Morph.-Ökol. 22, 754 (1931).

第 112 表

時刻	體溫
午前 10.30	23.35
32	25.25
35	25.7
45	27.3
47	28.5
11.01	27.85
21	34.8*

第 113 表

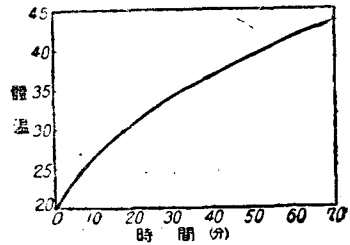
時刻	體溫
午前 11.50	35.2
53	遮光
54	32.5
55	31.5
58	29.2
12.00	28.1
06	25.5
15	23.7

第 114 表

時刻	氣溫	體溫
午後 1.45	24.5	25
2.00	26	25.7
15	26.8	26
30	41.2	33.5
45	44.5	39
3.00	43	37.3
15	40.1	34
30	35	32.5
4.00	26.8	26.8

強風時，觀測所得如第 112 表。表中附\*者，為 1 分鐘前遮風時之體溫。若遮斷直射，則體溫急低(第 113 表)。

將皮膚溼潤之動物，曝於日光，因水分發散熱之方面，較受熱量為大，故體溫較氣溫低 Baldwin<sup>②</sup> 氏以龜 (*Chrysemys marginata*) 證明之(第 114 表)。



第 43 圖

由於人工之紫外線，體溫亦昇騰。Hall<sup>③</sup> 氏於距‘紫外線發生裝置’30 呎之位置置龜，記錄體溫如第 43 圖。

## 七 攝取食物之影響

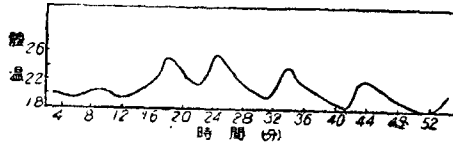
② Baldwin, F. M.: Biol. Bull. 48, 432 (1925).

③ Pearse, A. S. & Hall, F. G.: Homiothermism (1928).

因攝取食物而促進消化管之機能，又因比動的作用，物質代謝一時旺盛之現象，亦存在於冷血動物（第一編第三章三）。此際體溫殆不可不稍昇。但證明之研究少。Knauth<sup>①</sup>氏就魚指摘此事實，而謂春魚之體溫高者，因開始攝食行動之故。據北島氏<sup>②</sup>，蠶亦於食桑之後，因較氣溫低溫之桑（ $0.5-0.6^{\circ}$ ）入胃，體溫較氣溫降 $0.4-0.5^{\circ}$ ，但不久即變高云。又周氏見因飢餓而致體溫低下之事。Benedict<sup>③</sup>氏報告，蟒蛇（Python）當給與食物時，體溫上昇，且頗持久。

## 八 運動之影響

冷血動物之最活潑運動，為昆蟲之飛翔；即翅肌運動之時，此時體溫急昇。關於此，有Bachmetjew<sup>④</sup>氏詳細之研究。稱 *Saturnia pyri* 之蛾之胸肌，插以熱電偶，使翅自由運動，所記錄之體溫，有如右圖（氣溫  $18^{\circ}$ ）。於圖，曲線之上昇時，為運動之時，或運動直後；下降時，為靜止之時。此蛾



第 44 圖

因運動而體溫昇  $4-6^{\circ}$  甚明。又彼<sup>⑤</sup>調查其後翅之運動之種類，與體溫之關係，於稱 *Sphinx pinastri* 之蛾，記錄如次表（氣溫  $18.5^{\circ}$ ）。

- ① Knauth, K.: Biol. Ztbl. (1896). 410.
- ② 北島鐵雄：農學會報 180, 573 (1917).
- ③ Benedict, F. G.: Carnegie Inst. Publ. 425 (1932).
- ④ Bachmetjew, P.: Zs. wiss. Zool. 66, 521 (1889).
- ⑤ Bachmetjew, P.: Exp. entom. Studien 1 (1901).

第 115 表

時 刻	體 溫	運 動	時 刻	體 溫	運 動
午後 3.28	25.2	翅振動	午後 4.15	19.7	靜止
30	28.8	,,	17	21.4	翅振動
32	31.7	,,	18	23.9	,,
34	33.4	,,	20	28.4	,,
36	30.1	靜止	22	31.4	,,
38	30.7	翅振動	24	32.4	翅翻騰
40	32.8	,,	26	28.7	靜止
42	28.7	翅翻騰	28	27.3	翅振動
44	27.2	,,	30	29.7	,,
46	25.6	靜止	32	25.9	靜止
48	22.9	,,	34	23.0	,,
50	21.5	,,	40	20.4	,,
52	20.9	,,	48	19.8	,,
54	20.3	,,	54	19.7	,,
4.00	20.0	,,	5.04	19.7	,,

表中翅振動 (Summen) 指翅之運動回數非常迅速，與蚊蠅之嗡嗡時同樣之狀態。翅翻騰 (Flattern) 為蝶蛾等止於物上時徐緩之翅之上下動之狀態。由表得知翅之振動，胸部之溫度著高。長久持續，則與氣溫之差達  $15^{\circ}$ 。反之，翻騰運動，體溫上昇之效果遙小。故振動之後，起翻騰，體溫不更上昇。運動後靜止，體溫漸漸下降，終一致於氣溫。Bachmetjew 氏又發見翅之振動，每次重複，其體溫之上昇之度為低。例就上表研究，由於第 1 回之振動，最高溫度為  $33.6^{\circ}$  (3 時 25 分，表中省略)，第 2 回為  $33.3^{\circ}$  (3 時 41 分)，第 3 回為  $33.1^{\circ}$  (4 時 25 分)，最後為  $29.7^{\circ}$  (4 時 30 分)。此現象，恐因急激溫度上昇，而翅肌熱麻痺之故。

如蜂之翅運動活潑者，因之而體溫甚上昇。蜜蜂及胡蜂，得藉

此而保持其巢溫(參照 242 頁)。

魚亦由游泳而體溫上昇。鱗由之而較水溫高  $3^{\circ}$  云 (Fibini ① 氏)。

如大蛇等之運動遲鈍者,不能推想其因之而體溫過於高昇。但實測之結果,亦與昆蟲等同樣。Benedict ② 氏以 *Boa constrictor* 入於  $23^{\circ}$  之室,使自由運動之結果,觀察其個體由 10 分鐘之運動,較氣溫高  $2^{\circ}$ ; 30 分鐘約高  $6^{\circ}$ 。又據同氏,將蛇由溫室移於寒室,抑制其運動,則體溫不久即一致於氣溫。若使運動,則能維持原溫度云。

① Fibini, S.: Zs. Fischerei 12, 29 (1905).

② Benedict, F. G.: Carnegie Ins. Publ. 425 (1932).

## 第二章 身體各器官之溫度

### 一 體內器官之溫度

冷血動物，除爬蟲類兩棲類外，因為形小，欲實驗其器官之溫度差，甚為困難。故研究極少。茲介紹昔時之研究，Czermak ①氏證明蛙 (*Rana esculenta*) 之胃，於氣溫 17.5° 之時，為 20.8°；心臟

第 116 表

氣 溫	心 臟	胸 腔	口 腔	胃	腹 腔
21.8	30	26.9			
12.5	18.9		16.5		
23.7	28.9			28.1	
11.5	14.1				12.8

為 20.9° 而稍高。在 -5° 之空氣中，腹腔 1.4°，而心臟為 2.8°，亦以心臟為高溫。棲於歐洲洞穴中水底之盲螺 (*Proteus anguineus*)，亦以心臟為高溫。水溫 12.8—15.3° 時，咽喉溫度為 17.5—19.9°，心臟為 18.4—20.5°。水溫 14.3° 之時，腹腔 19.0°，心臟為 21.3°。又就石龍子 (*Lacerta agilis*) 所得之結果，如第 116 表。Jones ②氏就 *Testudo polyphemus*

第 117 表

口腔溫	直腸溫
22.6	21.9
23.7	23.8
24.4	24.3
25.3	25.9
26.1	25.9
26.4	26.9
29.2	29.0

① & ② Zit. n. Soetbeer, F.: Arch. exp. Path.-Pharmak. 40, 53 (1898).



觀測，氣溫 27.8° 時，肌肉為 26.7°，心臟為 26.9°，肝臟為 26.9°。  
*Chelonura serpentina* 在氣溫 29.4° 時，肌肉為 27.2°，心臟為 27.7°，肝臟為 27.7°。Benedict 氏(前出)比較 Python (體長 5 m) 之口腔與直腸溫，如 117 表，無可認之差異。

## 二 皮膚溫度

冷血動物之放熱，亦以皮膚行之。故皮膚溫較體內溫度為低。但因無皮下脂肪，直由內部受熱供給，故其差不大。第 118 表為 Benedict 就蛇(Boa)，第 119 表為著者<sup>①</sup>就蝗蟲(*Gastrimargus*) 所測定之結果。皮膚溼潤者，為低溫，可毋待言；反之，非直接與外氣接觸之部分之皮膚為高溫。蛇之蜷曲之內側，皮膚溫高(第 120 表—Benedict 氏之 Python 之結果)。

第 113 表

皮膚溫	直腸溫
14.56	14.03
14.81	15.07
15.68	15.53
21.74	22.57
23.09	23.55
25.10	25.42
26.52	28.55
27.54	27.17
28.71	29.55

第 119 表

氣溫	氣溼	胃溫	皮膚溫
10	30%	+0.47	+0.32
	60	+0.63	+0.49
	90	+1.28	+1.17
20	30	-0.38	-0.63
	60	+0.44	+0.36
	90	+0.47	-0.44
30	30	-1.51	-1.80
	60	-0.19	-0.25
	90	+0.87	+0.64

第 120 表

氣溫	蜷曲皮膚溫度
24.95	28.93
,,	29.45
25.35	29.90
25.95	30.35
26.05	30.55
25.95	31.12

① 小泉清明: Mem. Fac. Sci. Agri. Taihoku Imp Univ. 12, VIII. Mitt. (1935).

## 第三章 冷血之理由

### 一 冷血之理由

冷血動物之體溫，何故較溫血動物爲低？想必有與溫血動物之高溫相反對之理由。

其原因之第一，爲熱之生產量少。發鏽的金屬，或腐植的木材等，確爲由於氧化作用之一種燃燒，但其溫度，決非較外溫高者，因燃燒速度極緩慢故也。冷血之理由，亦與之同樣。其體溫之低者，因物質代謝之速度極遲緩故也。就第 70 表與第 71 表所示之溫血與冷血兩動物之每日之產熱量，比較而觀之，則此關係即甚明瞭。

冷血之第二理由，爲冷血動物不若溫血動物具有羽毛、皮下脂肪等防禦喪熱之裝置。冷血動物之體表亦有具被覆物者，但大多對於防熱之逸出無效果。如毛蟲雖有毛，其密度甚薄而無用。在冷血動物，脂肪皆分配於全體，或存於局部，並非蓄積於皮下者。

### 二 體溫近似於外溫之理由

由上述之理由，冷血動物體內所生成之熱，殆全部放棄於體外。冷血動物之體溫，常略等於外溫之理由，即在於此。著者<sup>①</sup>欲確證此關係，曾用蝗於種種之氣溫，實驗其產熱量，與喪熱量。次表爲

---

① 小泉清明：Mem. Fac. Sci. Agri. Taihoku Imp. Univ. 12, VIII, Mitt. (1935).

體重 1 Kg 1 小時相當之值，以大卡路里表示之者。此時之體溫(胃及皮膚)與示於第 119 表同。由表之結果，得判知昆蟲之產熱量與喪熱量大體相等者。此時之體溫與氣溫無甚差異。故熱之生產若與放散相等，則體溫與外溫為同溫云。又比較兩表，可知其中有例外，而熱之生產較其放散多時，則體溫較氣溫為高，少時則低。

第 120 表

氣 溫	氣 溼	產 熱 量	喪 熱 量	差
10	30 %	3.099	3.086	+0.013
	60	3.238	2.537	+0.651
	90	3.839	2.402	+1.437
20	30	7.384	8.502	-1.118
	60	7.491	7.502	-0.011
	90	6.941	4.471	+2.470
30	30	14.081	17.223	-3.142
	60	14.724	14.525	+0.197
	90	14.372	9.712	+4.660

於兩棲類、爬蟲類亦有同樣之研究。Rubner<sup>①</sup> 氏就蛙(*Rana esculenta*) 測產熱量與由水分發散之潛熱(傳導輻射熱不存在)。觀表，兩熱量相似。然在 3° 與 30° 則水分潛熱之方面大，故體溫較氣溫為低。由此表，欲計算體溫較氣溫低若干，因表之兩熱量之差，

第 121 表

氣 溫	對 1 仟克 1 日 Cal	
	產 熱 量	水 分 潛 熱
3	6.27	8.35
20	14.92	12.5
30	15.89	16.80

等於蛙體之熱容量與蛙溫與氣溫之差之相乘積，故此熱若為 0.83 則 3° 時， $2.18 \div 0.83 = 2.7$  (因體重為 1 kg，故熱容量等於比熱)。即較氣溫低 2.7°。又

① Rubner M.: Biochem. Zs. 148, 263 (1924).

就龜所行之結果，如第 122 表，水分發散潛熱非常大。就各氣溫計算，體溫為 0° 或以下。故此結果，因水分發散潛熱之中，包含水以液體狀排出者，亦計算在內，非為真正之喪熱量。

第 122 表

氣 溫	對 1 仔克 1 日 Cal	
	產 熱 量	水 分 潛 熱
20	8.52	19.5
30	21.33	41.8
37	26.31	80.0

蛇之體溫，大抵與氣溫同，或稍低。生產之熱，殆全部由水分發

第 123 表

動物號碼	氣 溫	直 腸 溫	水 分 發 散 量 g	
			計 算 值	觀 測 值
Boa N	35.80	—	9.0	7.78
	36.00	—	9.4	9.01
	36.20	—	9.7	13.60
	34.8	—	9.6	11.02
	34.9	—	8.2	10.67
Boa II	22.62	22.52	2.2	2.07
	17.39	—	2.5	1.33
	17.74	—	1.3	1.41
Boa III	20.98	21.82	1.5	1.26
	24.64	24.92	2.2	1.39
	27.23		3.1	1.95
	29.60		3.8	2.20
	29.96	29.77	4.3	2.57
Boa (小形)	23.79	—	2.8	3.66
	24.79	—	3.0	3.66
Boa IV	24.66	—	2.1	2.03
	25.64	—	2.4	1.93
	24.21	24.51	3.2	2.29

散作用而喪失者。Benedict<sup>①</sup>氏由 CO<sub>2</sub> 之生產量以 3.325 Cal 爲其熱價（產生 CO<sub>2</sub> 1 g 時所生之熱量）而計算產熱量，爲欲以之比較於水分量，將發散潛熱作爲 0.585 Cal，將產熱量換算爲水分發散之重量。以之與由實驗所得之水分發散量相比較。故上表之水分發散量之計算值，相當於產熱量，惟將體溫不於同時測定者爲多，實爲遺憾。但體溫與氣溫及產熱量與喪熱量頗相一致。又在此測定中，體溫與氣溫之關係，雖有與產熱喪熱量之大小非一致者，蓋此等測定極易生誤差故也。

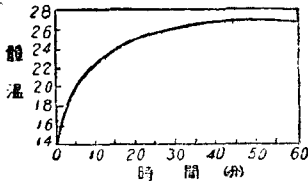
---

① Benedict, F. G. : Carnegie Inst. Publ. 425 (1932).

## 第四章 變溫之理由

### 一 外溫之變化與體溫

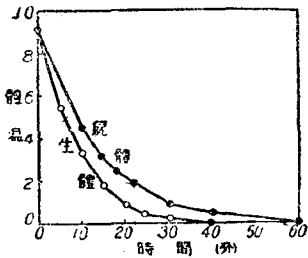
冷血動物常保與周圍同一或與之無甚差異之體溫者，周圍之溫度有變化時，體溫即隨之而一致於變化之溫度故也。此過程，稱對於外溫之體溫之一致或平衡 (Wärmeausgleich)，為無生物中所常見，而不見於溫血動物之現象。體溫既一致，則外溫為同溫，或雖有高低，以後常保一定之關係，如外溫無變化，則體溫亦無變化。



第 45 圖

研究體溫之變動有二方法。一為將動物急移於異溫度之環境，而注意體溫變化之過程；他為使動物保持原狀，僅變化周圍之溫度之方法。

先觀由第一法之研究結果。上圖將蝸牛 (*Helix pomatia*) 由 14° 之水溫急移於 28° 時之體溫上升曲線 (Dillewijn 及 Jacob<sup>①</sup> 氏)。



第 46 圖

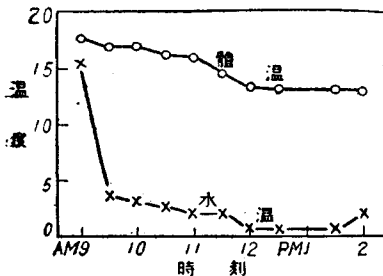
初則上升急激，10 分鐘後，約為 24°，以後漸衰，約 30 分以後，與新水溫保持平衡，殆無變化。此為加溫於動物時之結果。但冷卻時，亦同樣。初急後緩。第 46 圖為龜之下降曲線 (Pearse 及 Hall<sup>②</sup>)

① Dillewijn, C. v. & Jacob, J. C.: Pflügers Arch. 205, 188 (1924)

② Pearse, A. S. & Hall, F. G.: Homiothermism (1928).

氏)。大形動物 (278 g) 之變動速度遲緩,但是亦表示最初 10 分鐘約為  $6^{\circ}$ , 其次 10 分鐘為  $2^{\circ}$ , 最後之 10 分鐘為  $0.5^{\circ}$  之下降比例。亦為初急而後遲緩。於圖, 生體較屍體速度大者, 因受血液之循環所促進故也。

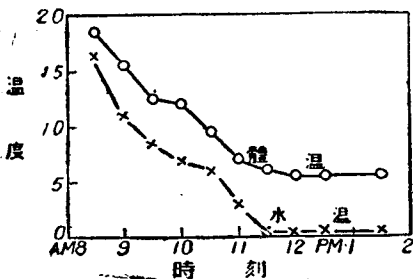
次觀動物照原狀, 僅變化其周圍溫度時之實驗結果。上法於實驗雖便利, 但實際則以變化周圍之溫度為多。Baldwin 氏將龜與



第 47 圖

鼈入於錫製容器, 將此容器入於水浴器, 變水之溫度, 而追求體溫之變化。於水浴器注入大量之冷水, 使水溫急降, 則體溫之變化, 與預期相反而遲緩。就上述之龜 (*Chrysemys marginata*) 之結果觀之。水溫於 30 分鐘由  $15.5^{\circ}$  降至  $3.5^{\circ}$ , 體溫下降不及  $1^{\circ}$ 。又水溫於此後 2 小時間保持  $2-3^{\circ}$ , 體溫最低為  $13^{\circ}$ 。據 Baldwin 氏之說, 以為水溫急激下降,

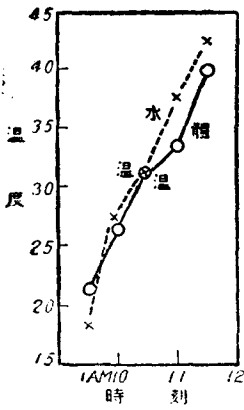
最初 30 分鐘間, 龜行活潑運動, 緩慢之運動, 亦可持續至 10 小時半。故此現象, 乃因外溫急降刺激於龜, 因而代償肌運動變旺盛之故。



第 48 圖

次就同一材料, 將水溫徐徐降下, 則知體溫易於下

① Baldwin, F. M.: Biol. Bull. 48, 432 (1925).



第 49 圖

降，大體與水溫之變化相平行，此際龜於 30 分鐘後，殆即靜止。然於最後，因時時運動，體溫每不一致於水溫（第 48 圖）。鼈（*Chelydra serpentina*）與龜亦略同樣，而變動速度稍大。Baldwin 氏以爲因甲殼不發達，熱易喪失之故。

次爲水溫上昇之際，用酒精燈使水溫上昇，則因徐徐加熱，而體溫與水溫殆同時變化（第 49 圖）。

## 二 體溫變動之機轉

如前節所述，氣溫若變動，則冷血動物之體溫亦隨之變化。論究其果由於如何之機轉，爲本節之目的。體溫之變動，有分爲下降（Abkühlung）與上昇（Erwärmung）而討論之必要。

A. 體溫下降之機轉 與溫血動物同樣，冷血動物之體溫，亦由於使體溫上昇之熱之生產及攝取之過程，與反對而使體溫下降之熱之放散之三條件而決定。體溫之低下，爲起於外溫較體溫低時之現象，故此時無從吸熱，由此可知體溫低下之現象乃定於熱之生產與喪失之二條件，而見於後者較前爲大之時。然測定產熱量與喪熱量，以實驗確定此關係，則頗困難。體溫之低下速度（上昇之際亦然）非常大。熱平衡所需之時間，若爲小動物，在 20 分鐘以內，縱爲大動物，亦稀有超 1 小時者。故實測此短時間之熱量之變化，爲不可能。然則如何而得闡明此關係耶？關於此得直接思考者，爲將



體溫低下之經過，比較於無生物之冷卻過程而觀之。

無生物之冷卻現象之經過，由 Newton 之冷卻法則 (Abkühlungsgesetz) 而知之。由此法則，金屬及岩石等於較自體低溫之媒質中，因傳導與輻射而失熱，結果冷卻之過程，物體之表面積一定時，由次式表之：

$$\frac{d\theta}{dt} = a\theta$$

$\frac{d\theta}{dt}$  爲單位時間之傳導輻射熱量。 $\theta$  爲物體與外圍之溫度差， $a$  爲物體之熱容量由表面之性質及周圍之熱傳導度而定之常數。上式爲物體於單位時間，由傳導輻射所失之熱量，比例於物體與周圍之溫度差之意。故從時間方面觀之，初則喪熱量大，經時間而漸次小。將物體之溫度，於每 1 分短時間分測而觀之，則其曲線初則急降，漸次爲緩，遂爲無溫度差而止。(然上式之曲線，在理論上，非永久一致於周圍之溫度。) 動物之體溫降下經過，若一致於 Newton 之法則，則與無生物同樣，動物亦由於傳導輻射而失熱於外界，結果冷卻。

Newton 式之適用方法如次，假定周圍之溫度爲一定時，則  $\theta$  對於時間之經過，示如何變化耶？上舉之式，變形爲

$$\frac{d\theta}{\theta} = -adt$$

故積分爲

$$\theta = e^{-at} + c$$

$e$  爲自然對數之底， $c$  爲積分常數， $t=0$  之時， $\theta = e^c$ ，即因  $e^c$  等於實驗之初之  $\theta$  之值。故若以之爲  $\theta_0$ ，則上式爲

$$\theta = \theta_0 e^{-at}$$

此爲 Newton 之一般式。如變爲易於明白之形，則如次式；今以動物入於較體溫低溫度之恆溫器，若調查冷卻速度，以最初之動物之體溫（入於恆溫器前之體溫）爲  $v_0$ ，恆溫器之溫度爲  $v_1$ ， $t$  時間後之體溫爲  $v$ ，則此時之體溫與外溫（恆溫器）之差，由於上式爲

$$v - v_1 = (v_0 - v_1)e^{-at}$$

或 
$$v = v_1 + (v_0 - v_1)e^{-at}$$

故此式頗適用於冷血動物之體溫降下。將上式改對數式，

$$\log(v - v_1) = \log(v_0 - v_1) - at \log e$$

因  $\log e$  爲 0.4343，

$$\log(v - v_1) = \log(v_0 - v_1) - 0.4343 at$$

於上式因  $v_1$  爲恆溫器之溫度故一定。 $\log(v_0 - v_1)$  亦爲一定，故上式爲直線之式。是以對於時間  $t$  之變化而圖示  $\log(v - v_1)$  之時，爲直線時，則 Newton 式適用於此際。又依次式算出常數  $a$  而驗算以觀之，可知更確。

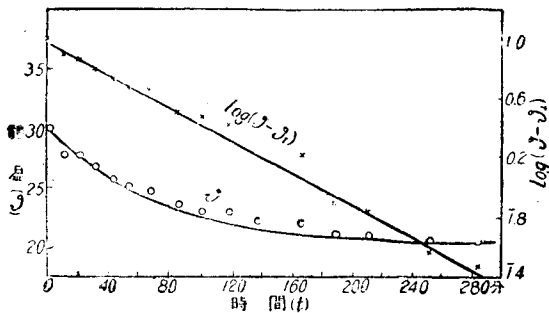
$$a = \frac{\log(v_0 - v_1) - \log(v - v_1)}{0.4343 t}$$

Newton 之法則，適合於冷血動物之體溫曲線否，研究不多。著者<sup>①</sup>用飛蝗詳查此關係，知 Newton 之法則，由於水分之發散或體中之燃燒作用，受多少之影響，但大體上得說明其冷卻經過。第 46 圖所示 Hall 氏實驗龜之結果，亦有與之同樣之現象。Benedict<sup>②</sup>氏以終日包有毛布且置於溫室(30.6°)內之大蛇 (Boa)，除去毛布而

① 小泉清明: Mem. Fac. Sci. Agri. Taihoku Imp. Univ. 12, IX, Mitt. (1935)

② Benedict, F. G.: Carnegie Inst. Publ. 425 (1932).

測其體溫(30.19°); 急入於冷室, 而調查冷卻之經過, 與 Newton 式之關係, 全無抵觸。著者曾檢討此成績, 下圖爲示此關係者。可知 Newton 之法則頗爲適用。因此際之恆數之值, 約爲 0.015。



第 50 圖

由以上之檢討, 外溫低降時, 或將動物移於冷處時, 其體溫下降, 主爲由動物因傳導輻射而失體溫於外界之故甚明。

B. 體溫上昇之機轉 對於外溫上昇時, 體溫之上昇之經過, Newton 式爲適合之實驗研究甚多, 第 45 圖之 *Helix pomatia* 之結果, 即是。Bodenheimer 氏(前出 1929)就飛蝗, 其翌年與 Samburski 氏<sup>①</sup> 共就甲蟲(*Scarites eurytus*), 肯定此關係。著者<sup>②</sup> 亦就蝗得同樣之結果。由之得知體溫上昇之現象, 主爲動物由傳導與輻射由外部吸收熱而發生者。

C. 體溫上昇與下降速度之差異 動物與外圍之溫度差相等時, 體溫上昇與下降皆迅速。環境爲空氣時, 則下降較易, 此因動物之比熱, 較空氣爲大之故(參照第一編第四章二)。著者就體溫約

① Bodenheimer, F. S. & Samburski, K.: Zool. Anz. 86, 208 (1930).

② 小泉清明: Mem. Fac. Sci. Agri. Taihoku Imp. Univ. 12, IX, Mitt. (1935).

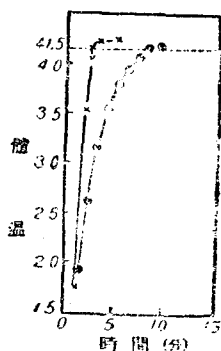
20°之蝗，實驗對於 2.64°，39.52°  
 之氣溫之熱平衡，平均 Newton  
 式之常數  $a$  之值，觀測如次。2.64°  
 之乾燥空氣，比溼約為 30%，溼  
 潤空氣約為 90%， $a$  之值，冷卻  
 之時為大。此值之大，為體溫變動  
 速度之大之證據。

第 124 表

	空氣溼度	生體	屍體
體溫 上昇	比溼 30%	0.12	0.15
	,, 60%	0.20	0.25
	,, 90%	0.34	0.38
同下 降	乾燥空氣	0.20	0.18
	溼潤空氣	0.41	0.39

### 三 對於體溫變動之影響

體溫變動之速度，如上述，動物與外圍之溫度差之支配最大。但此外尚有種種之影響。外的條件之中影響最大者，為環境之熱傳導度，傳導度大時之變動速度較小時為大。故水中較空氣中易於變動，在空氣，則多溼空氣較乾燥空氣為易，觀第 124 表之  $a$  之值，此關係甚明。體溫上昇之時，受影響者因為生體，故空氣之水分含量似無影響，但事實與冷卻之時相同，空氣多溼時，熱由外界易向生體移動，生體之皮膚為多孔質故也。關於後者，E. Steinhilber 及 Samburski 氏（前出）說明如次。生物之體壁，由無數之小孔（Pörschen）所成。體中之水由毛管現象而上昇於此孔中。此水之表面（彎液面 Meniscus），據 Lord Kelvin 之理論，空氣乾燥時，顯增彎曲度，故表面張力而小孔變歪，孔之直徑變狹。故分布於全



● 成蟲 × 幼蟲  
 第 51 圖

體表之水孔之水面總和，乾燥空氣較溼潤空氣時爲小。因水善吸收熱，其對於外界之曝露面積愈大，體溫之上昇當然愈快。

生物體之表面積，對於變動速度，亦大有關係。卽如既述小形動物之表面積，較同一體重而形大者爲大。然因體溫之變化須經過體表而行之，故體表面之比例愈大者，換言之卽愈小形之動物，同一體容積之加溫或冷卻之速度愈大。又雖非如斯說明；因動物之體重小，故熱容量之絕對度小，故將體全體加溫或冷卻，小量之熱量卽有關係。Bodenheimer (1929 前出) 實驗蝗之成體（大形）與幼體（1 齡，小形）之體溫上昇速度，得如第 51 圖之結果。體溫下降，速度亦同樣；第 50 圖大蛇之  $a$  值，約爲 0.015，但比之第 124 表蝗之值而觀之，則前者著小。

## 第五章 冷血動物之溫血恆溫性

### 一 異常溫度時之體溫調節作用

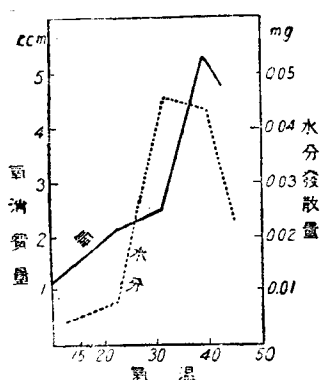
第三編第一章三，已述外溫較普通低時，冷血動物之體溫亦稍較外溫為高；反之，外溫高時，則體溫低；而兩者之差，隨外溫之低或高之程度而增大。著者<sup>①</sup>推想，此現象或為冷血動物之體溫調節作用之表現，而欲於屍體見此關係，乃就黃金蟲與蜻蛉實驗而觀之，結果如前舉第40圖與第41圖所示。圖中之文字，為示實驗時之氣溫。由圖得知次述事實：屍體之溫度常較氣溫為低。溼度有影響，在多溼空氣之差較乾燥空氣為少，亦有殆與氣溫相一致者，但較氣溫高者殆無。與此相對，生體之體溫一致於氣溫之範圍，在黃金蟲約為 $15-30^{\circ}$ ，在蜻蛉為 $12-23^{\circ}$ 之範圍。外氣較此為低溫時，則體溫較氣溫為高，外氣為高溫，則體溫較氣溫為低。故此現象為僅見於生體之現象，必為體溫調節作用之象徵無疑。於高溫範圍，屍體之體溫亦較氣溫為低，但於同溫同溼之時，則平均生體方面較屍體為低。生體雖於如斯高溫範圍，減少熱之生產；但確存在，本應較屍體為高溫，而事實反之，此顯然不可不目為調節作用之結果。

上述之現象就許多冷血動物，均有報告。但就其理由之研究，則不多見。自理論上觀之，低溫範圍之高體溫，原因於熱之生產特

---

① 小泉清明：Mem. Fac. Sci. Agri. Taihoku Imp. Univ. 12, IX, Mitt. (1935).

別增加，或熱之喪失特別減少，高溫範圍之低體溫，想為根據於相反之結果者，然欲正確實驗，甚為困難。殊於低溫範圍 欲見產熱量與喪熱量之差，非常困難。最近 Necheles 氏<sup>①</sup> 與 Kozhantschikov 氏<sup>②</sup> 共就蜚蠊 (*Periplaneta orientalis*) 想闡明此關係，但實驗不充分，殊為遺憾。Necheles 氏測定代表產熱量之氧消費量，及目為放熱量之水分發散量，其結果如圖。約在 25—35° 之高溫範圍，水分



第 52 圖

之通散隨溫度之增加而急增，但氧之攝取量，則無甚變化。故在此範圍，體溫較外溫為低，隨其上昇而增其差。然氣溫在 35° 以上，氧急增，水分減少，故在此範圍，昆蟲陷於熱死。然彼之實測結果，雖於 35° 以上，體溫益較氣溫為低。從來測定呼吸量之成績，在 35° 以上則以漸減為普通，而 Necheles 之結果，適得其反。總之，在

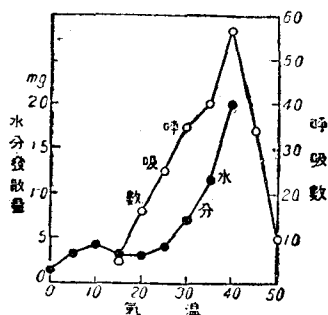
25—35° 之氣溫範圍，體溫較氣溫為低，其差隨溫度之上昇而增加者，水分潛熱較產熱量急增故也。此水分發散旺盛之理由，除因空氣之水蒸氣飽差之增加外，因腹部呼吸運動變旺，由氣孔排出之水量增加，又此蟲因高溫而增泄富有水分之糞；又由口吐出液體云。故由 Necheles 氏之研究，可知在高溫之時，確有物理學的調節作用。

Necheles 氏於 15° 以下之低溫範圍，尙未觀測。故在此範圍之

① Necheles, H.: Pflügers Arch. 204, 72 (1924),

② Kozhantschikov, J.: Zool. Anz. 103, 30 (1933).

高體溫不能說明。但因在屍體無此現象，故於化學的調節作用以外，可謂無從說明。然冷血動物於低溫範圍有無化學的調節作用，實不得不成疑問。蓋冷血動物，無隨氣溫之低下而作意識的體運動及戰慄之現象，大抵靜止而無微動者。故見於溫血動物之發熱的肌收縮殆無。又發熱的器官反應之存在，亦有可疑。何則？冷血動物之體溫，僅肌運動之時為顯著上昇故也。然於事實如第 2 圖所示，外溫降至  $15^{\circ}$  或  $10^{\circ}$  以下時，則冷血動物之物質代謝量之減少之比例非常小，遂至溫度更低而無變化，或反有增加之傾向。故若注意觀察，或有發熱的器官反應，及肌收縮，亦未可知。然又能如次樣推想，即熱之生產，於低溫範圍所以不甚減少者，因體溫不隨外溫（低下，比較的非為上昇之原因，卻為結果。倘此說正當，則此際之體溫，不可不以熱之喪失量之變化而說明之。營放熱作用之水分發散，於  $10^{\circ}$  以下之低溫，示如何之變化，實驗的成績殆無。Kozhantschikov 氏實驗蜚蠊之結果，於低溫範圍，不能見特別顯著之減少（第 53 圖）。故在低溫範圍非水分發散特別減少，則不能說明高體溫。關於此種低氣溫之高體溫之原因，不可不有待於將來之精確之研究。總之此現象不見於屍體，且不論機轉之如何，為一種之體溫調節之表現則甚確。



第 53 圖

又冷血動物於高溫範圍亦有熱性呼吸增加之現象，可以確定。



尤以爬蟲類之現象爲著 (Langlois ① 氏)。其他動物昇爲高溫時亦增加呼吸運動。呼吸數及其量均見增加 (Hazelhoff ②)。第 53 圖爲示蜚蠊 1 分鐘之呼吸數。

## 二 抱卵中之蛇之體溫

蛇類於產卵直後，雌者蜷曲於卵之周圍，示恰與鳥類抱卵同樣之習性者。1835 年 Lamarre-Picquot ③ 氏於錦蛇發見此習性，報告於法國學士院。但因其中附記荒唐無稽之事，故不爲一般所信。其後 Valenciennes ④ 氏於巴黎 Jardin des plantes 飼養之 Python，發見此本能，而行稍詳細之觀察。五月五日此蛇於通溫水之小舍，產

第 125 表

月日	室溫	場所	雄	雌	差
12/II	14.8	外側	21.2	22.8	1.6
„	„	內側	23.8	27.6	3.8
23/II	18.6	外側	22.1	24.1	2.0
„	„	內側	23.3	23.4	5.1
2/III	15.6	外側	22.0	28.9	6.9
„	„	內側	24.4	35.6	11.2
9/II	16.1	外側	22.7	26.4	3.7
„	„	內側	—	30.3	—
16/IV	18.9	外側	22.4	25.3	2.9
„	„	內側	25.3	30.0	4.7

15 卵，即蜷伏於其周圍。彼推想此習性，與雞等溫卵以促進孵化且保護之本能爲同樣者。五月八日，室溫 23 之時，測卵之周圍之氣溫，知爲 41.5° 之高溫。後 Lamarre

① Langlois, J. P.: Compt. rend. Ac. d. Sci. 133, 1017 (1911).

② Hazelhoff, E. H.: Zs. v. rgl. Physiol. 5, 179 (1927).

③ Lamarre-Picquot: L'Institut 3, 70 (1835).

④ Valenciennes, A.: Compt. rend. Soc. B'ol. 13, 126 (1841).

Picquot<sup>①</sup>及 Duméril<sup>②</sup>氏亦有同樣之報告。但對此問題，發表詳細研究者，爲 Sclater<sup>③</sup>氏，氏利用倫敦動物院之 Python (6.5 m)，1月12日之夜約產100個卵，即蜷伏其周圍，測其蜷伏之內側，與外側之皮膚溫，以之與同種類之雄者之體溫相比較，而實驗雌蛇有無發熱狀態。第125表爲示此結果者。雌者常較雄者爲高溫，其差有時達11°之多，特於蜷曲之內側爲高溫。由此可推想蛇於此時營孵卵行動，惟 Sclater 氏所觀察之體溫爲甚高之值。Forbes<sup>④</sup>氏亦就 Indian python (3.65 m) 測抱卵中之體溫，較 Sclater 之值遙低；氣溫 22.4—30.6° 時，皮膚溫雄者平均爲 28.3°，雌者爲 29.1°，高 0.8°。蜷曲之內側，雄者爲 30.0°，雌者爲 31.7°，高 1.7°。最近 Benedict<sup>⑤</sup>氏亦就華盛頓動物園之 Python soboe 觀測，氣溫平均 30.73° 時，皮膚之種種部分之平均溫度，爲 33.68°。顯然爲高溫狀態。

由以上之研究結果，可知錦蛇之類，顯然有似鳥之抱卵之習性，此特別之高溫狀態之原因果何在耶？第一，此際熱之生產似非特別旺盛。蜷曲中，無特別體運動可證，又蜷曲亦非肌之緊張度特別高之姿勢。故若不以爲其他器官有發熱，實爲疑問。第二，以爲放熱量之減少。蜷曲則皮膚接觸外氣之面積，確可減小。據 Benedict 氏之概算，約  $\frac{1}{3}$ ，因此而隱蔽，因此面互相接觸之皮膚間，不行熱之喪失；在與卵之接觸面亦然。故蜷曲中之高溫由於放熱量之

① Lamarre-Picquot: Compt. rend. Soc. Biol. 14, 164 (1842).

② Duméril: Compt. rend. Soc. Biol. 14, 177 (1842).

③ Sclater, P. L.: Proc. zool. Soc. London 1862, 365.

④ Forbes, W. A.: Proc. zool. Soc. London 1881, 950.

⑤ Benedict, F. G.: Carnegie Inst. Publ. 225 (1922).

減少，而能說明。但何故抱卵中之雌較同蟻曲之雄為高溫耶？則不可明。有謂被抱擁之卵，往往有敗發酵，因此而發熱者，但此究非常有者。或行詳細之研究，俾能有特別之發熱作用之存在，亦未可知。現在則此原因，尙未確知。

### 三 社會的溫度調節作用

昆蟲之中有同種個體多數聚集而營社會生活者。成羣之昆蟲中，有集團的溫度調節作用之種者。即多數個體有共同保持集團，或巢之溫度於一定，或較外溫為高之作用。此機能，稱社會的溫度調節作用，或社會的溫熱經濟（Soziale Temperaturregulation od. Sozialer Wärmehaushalt）。調節之對象，僅為集團；有與以個體調節為目的之溫血動物之體溫調節作用頗似之現象。

關於形成社會之昆蟲，此作用之發達，從來所研究者，為蜜蜂科（Apidae, Bienen）、胡蜂科（Vespidae, Wespen）、及蟻科（Formicidae, Ameisen）等之膜翅目昆蟲（Hymenoptera）。白蟻目（Isoptera）亦營社會生活，但關於此之研究文獻，尙未發見。又雖在膜翅目之昆蟲，溫度調節作用，非全部一樣發達。與溫血動物同樣，有種種發達之階級，最發達者為蜜蜂；次為胡蜂之類，蟻類為最低級。

未入於本論之前，先以蜜蜂為例，將文中用到之術語解釋之。

蜂羣 蜜蜂必羣集而生活於蜂巢之中，集於巢之周圍，雖分封時，亦以女王為中心，全體結成一個球形，此羣集或集團稱蜂羣或蜂球。在德語有意義稍異之語稱為 Bienenstaat, Bienenvolk,

Bienenhaufen, Bienenklumpen, Bienenknäuel 等。

巢房、巢脾、巢 蜂兒住宿之各個小室稱蜂房 (Bienenzelle)。蜂房多數相集而成 1 枚之水平或垂直之巢脾 (Waben)。由若干巢脾集合而成者，曰巢 (Nest)。人工的巢，作於巢箱 (Bienenstock) 之中。

蜂兒 在蜂房中由親蜂保護之時代，即卵、幼蟲、及蛹之時期，總稱曰蜂兒 (Bienenbrut)。巢房內有蜂兒之時代，稱為育兒期 (Brutperiode od. Brutpflegezeit)。此時期之蜂羣，稱育期或夏期之蜂羣 (Brutendes od. Sommerliches Volk)。由晚秋經冬至初春之間，為育兒機能完全停止之時。此時代，稱越冬期 (Überwinternde Periode)。

A. 蜜蜂 蜂之開始產卵，隨場所而異。大體為 2—3 月間。育時大體行於 4 月至 10 月頃。此外之時期，為越冬期。

在育兒期與越冬期，蜜蜂之巢溫著異。育兒期之巢溫，比越冬期遙高，且保有一定。就夏期即育兒期之巢溫，自昔測定之成績，極多。總括下列 ① 諸氏之研究，則普通為 34—36°，平均為 35° 內外之溫度，常保一定不變。第 54 圖，為 Himmer 氏 ② 將由 8 月 10 日

① Lammert, E.: Zit. n. Armbruster, L.: Der Wärmehaushalt im Bienenvolk (1923).

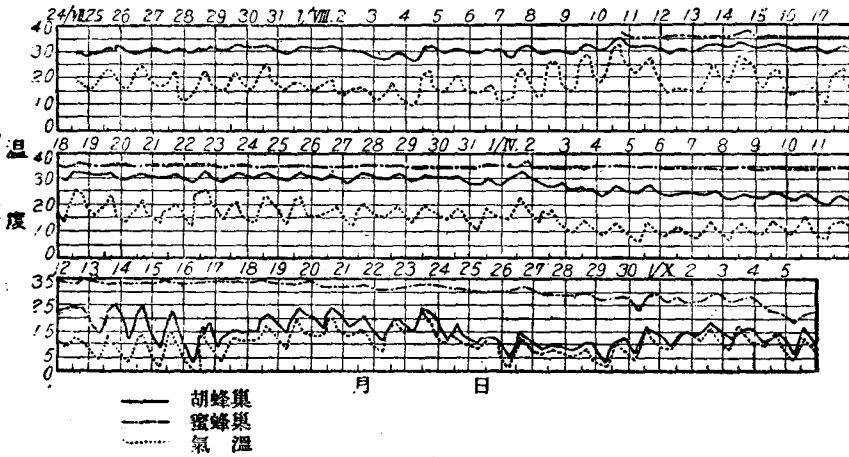
Kulagin, n.: Jour. Landw. 189, 163 (1893).

Gates, B. N.: Bull. Dept Agri. U. S. A. 95 (1914).

Himmer, A.: Erlanger Jahrb. Bienenkunde 4, 1 (1926). & Zs. vergl. Physiol. 5, 375 (1927).

Hess, W. R.: Zs. vergl. Physiol. 4, 465 (1926).

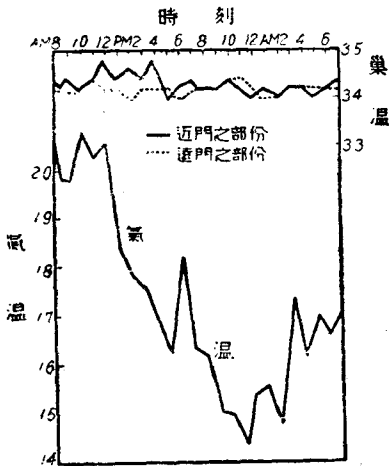
② Himmer, A.: Zs. vergl. Physiol. 5, 375 (1927).



第 54 圖

迄 10 月 5 日 每日 每隔 3 小時 測定 蜜蜂 巢 之 溫度，以 與 胡 蜂 之 巢 及

空 氣 之 溫 度 相 比 較 者，外 溫 雖 甚 變 動，而 蜜 蜂 之 巢，常 保 35° 內 外 之 溫 度。



第 55 圖

一 覽 Gates (前 出) 之 左 圖 即 知 巢 溫 之 調 節 如 何 之 善。

此 測 定 為 行 於 8 月 下 旬 (25 - 26 日 1908) 天 氣 甚 惡 之 日 者。自 25 日 晝 間 降 雨，迄 晚，氣 溫 急 低，夜 12 時 較 午 前 約 降 6°。

然 翌 日 天 明，昇 3-4° 為 全 體

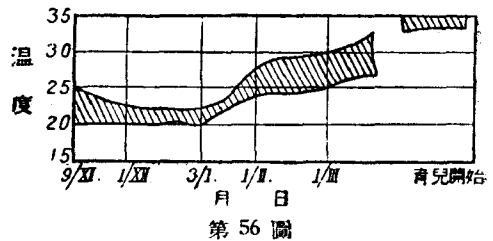
溫 度 之 變 化 甚 激 烈 之 日，變 化 之 最 大，達 於 7°。此 際 巢 之 溫 度，在 24 小 時 中，完 全 維 持 34-35°。尤 以 距 巢 門 最 深 之 部 分，不 現 0.5°

之變化。

以上爲對於蜂之條件良好之際，即野外蜜源豐富，蜂兒得圓滿發育之時之巢溫。若無花，而連日酷熱時，則蜂兒雖存在，但職蜂中止其哺育，蜂不密集於巢面，而於巢箱之中，分布於一面。在如此勢弱之蜂羣，欲保  $35^{\circ}$  內外之溫度，非常困難，多降至  $30^{\circ}$  內外，往往爲  $25^{\circ}$  附近之溫度(德田氏 ①)。

同樣，秋時哺育機能漸衰，隨其漸衰而溫度下降，且易隨氣溫而變動(第 54 圖)。此時之溫度，平均約爲  $15-20^{\circ}$ 。彷徨度約爲  $5^{\circ}$  (Buttel-Reepen ②, Philipps 及 Demuth ③ 諸氏)。

晚秋育兒終了，氣溫低下，而入於所謂越冬期。一般冷血動物固勿論，即溫血動物亦有行冬眠者。於此時期，體溫極端低下，蟄伏於陰處，殆呈假死狀態。但蜜蜂之越冬，則與之稍異其趣。即蜂於此時期，尚較氣溫爲高。然較哺育期，則變動多，惟尚有維持



第 56 圖

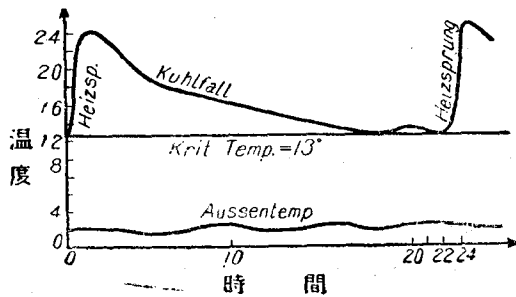
一定巢溫之能力，概觀下列 ④ 諸氏之研究結果，雖由測定者有多少

- ① 德田信義：蜜蜂 I (1923).
- ② Buttel-Reepen, H. v.: *Leben und We en der Bienen* (1915).
- ③ Philipps, E. F. & Demuth, G. S.: *Bull. Dept. Agri. U. S. A.* 93 (1914).
- ④ Philipps & Demuth (上出), Gates (巢出), Armbruster, L.: *Deut. illustr. Bienenkunde* 2 (6), 1925. Brännich, K.: *Erlanger Jahrb. Bienenkunde* 3, 145 (1925). Himmer, A.: *ibid*, 4, 1 (1926).

之相異，但於 11—2 月之嚴寒之候，大體為  $20-25^{\circ}$ ，早春產卵之初，保持  $25-30^{\circ}$  之溫度。第 56 圖為 Gates 氏之結果，由此可知此時期之巢溫變動度。

冬之氣溫，一般為  $10^{\circ}$  以下，故所謂  $20-25^{\circ}$  之溫度，顯然為調節作用之表現，但是氣溫甚低下時，雖在短時期內巢之溫度亦降至  $20^{\circ}$  以下。究降至何度耶？Gates 氏觀測為  $17^{\circ}$ ，Philipps 及 Demuth 氏為  $14^{\circ}$ ，Hess 氏為  $18^{\circ}$ ，隨人而不一定，惟此溫度決不持久，大都數小時後即忽上昇。Lammert 氏由冬 1 月至 2 月每日每 30 分鐘測巢之溫度，而注意其最低溫度之意義。據云此溫度對於蜂為一種之刺激，巢溫下降至此溫度，乃急感溫度調節之必要(?)者。據彼之觀測，此溫度正確為  $13^{\circ}$ 。Lammert 氏將此溫度命名為臨界溫度 (Kritische Temperatur)。故低氣溫之時，詳記巢溫之經過與巢溫

因外溫而徐徐下降之時期，則知降至  $13^{\circ}$ ，乃急反撥上昇而達  $25^{\circ}$  附近。第 57 圖為將此經過模型化者。巢溫之徐徐低下之現象，



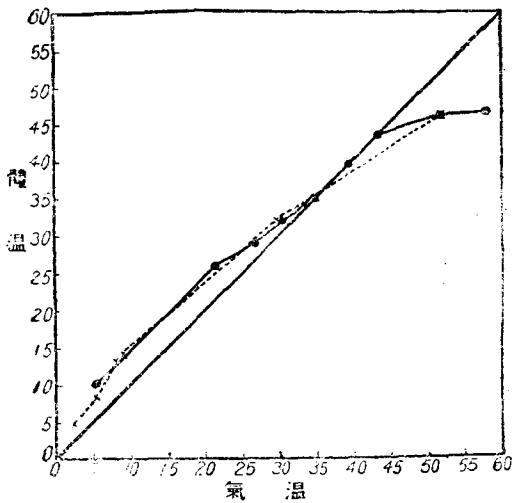
第 57 圖

稱為冷卻下降 (Kühlfall)。急激上昇之現象，稱為反撥上昇 (Heizsprung)。

如上述，蜜蜂之巢或集團之溫度，由於蜂羣之狀態、氣溫、場所等而不一定。大略夏為  $34-36^{\circ}$ ，秋為  $15-20^{\circ}$ ，冬為  $20-25^{\circ}$ ，春為

25—30°之溫度，略保一定。然在 $F_2$ 種種時期之氣溫，大抵較巢溫為低，又變化之程度遙大。故此現象顯然不出蜂之調節作用之結果。

就巢溫之調節作用，最初推想為成集團之蜂之各個體有如溫血動物之個體的體溫調節作用 (Individuale Wärmeregulation)。因此蜂之個體溫之測定，自昔甚多。但因測定方法及蜂之狀態等，不



第 58 圖

能信賴之成績為多。

Pirsch<sup>①</sup> 氏將職蜂每 1 頭由巢取出，為抑制其翅之運動，入於小箱中，於胸部插入熱電偶，於種種之氣溫中，計其體溫(將小箱入於冰箱、普通之室、孵卵器等，調製種種溫度)。意大利蜂 (Italian bee,

圖中用 • 為記號) 與卡尼蘭蜂 (Carniolan bee, × 記號) 之測定結果，示如第 58 圖。

Pirsch 氏記錄蜂之休息時之體溫。據其結果，於氣溫 35° 以下，兩種皆較氣溫為高。氣溫愈低而其差愈大。5° 之時，體溫較之約高 5°，在 35—45° 之範圍，兩者一致。在 45° 以上之高溫，體溫較氣溫為低。此結果乃從以前所示之冷血動物之體溫與外溫之一般關係

① Pirsch, G. B.: Jour. Agri. Res. 24, 275 (1923).



者(第三編第一章三),顯然為個體的體溫調節作用之表現。然將此調節作用之程度,即高氣溫并低氣溫之體溫,與外溫之差異,比較於其他昆蟲而觀之,並非特別大者。Pirsch 氏又觀雄蜂之體溫,個體亦無特別之體溫現象。故蜜蜂之巢溫之高,雖然一定,非可認為此等之個體的調節作用之結果,可不待言。然則由如何之方法而調節耶?乃集團形成之各個體,聯合而共同動作者。

蜂巢之溫度調節分為二方向:一為防止過熱(Überhitzung),他為防止過冷(Unterkühlung)之適應。欲免過熱之害,由於物理的方法;對過冷之害,用化學的方法。此關係,適與溫血動物之個體體溫調節,由於此二種之作用而行者相同。

物理學的調節作用 氣溫較巢溫為高,主為夏季。故此調節作用,主見於夏季,即育兒期。夏季空氣為  $35^{\circ}$  以上之高溫,或巢箱在日射時,蜂起冷卻反應(Kühlreaktion)。其方法,即向來密集於巢脾面之蜂,分離而散亂於巢箱內之一面。如後述,於巢面集積無數之個體,則各個體之體溫蓄積,且妨害熱之逸出。包于內部之巢溫乃上昇。分散則熱源之供給絕,且與吾人脫衣服時相同,可增加熱之喪失,而巢之溫度乃低下。加熱激烈時,則散亂之羣蜂,旺動其翅,而起所謂煽風行動(Fächeln)。即散亂者各振動其翅,飛迴巢箱內,其結果由巢外得聞騷然之音。因此巢箱內之空氣動搖,使巢房內之蜜易於蒸發其水分,又夏季特由水邊集水成滴,而散在於房內,故其蒸發量大。此現象適如撒水之後由風吹之,因此巢內之空氣,乃著冷卻。

化學的調節作用 此與溫血動物於寒時作運動而增加熱之發

生之作用相同，稱發熱反應（Heizreaktion）。此現象夏及冬皆有之。蜜蜂之個體靜止而不動時，在普通氣溫之際，體溫較氣溫微高，運動時則體溫之上昇大。據 Himmer ① 氏於蜂之翅肌插入熱電偶所測溫度之結果，較外溫高 15—20° 者不少，由於運動而蜜蜂得達之最高體溫，據同氏之研究，職蜂為 37.2°，雄蜂為 38.3°，女王為 30.0°。又 Brännich ② 氏捕由巢飛出及由外歸來之蜂而測其體溫，則氣溫在 7—18° 之時，最高體溫職蜂為 39.6°，雄蜂為 48.4°。Brännich 氏之結果，為用熱電偶者，其使用法有缺點，其記錄似過高。總之，運動時體溫昂騰，則甚確。如斯發熱作用，於巢溫上昇，有如何作用耶？氣溫低下，則蜜蜂集於巢脾面。一個巢箱之中，職蜂雄蜂共有數萬以上。將巢面幾重包圍，適與衣服之重疊相似，蜂雖靜止，巢之內部，亦變溫暖。然此密集蜂球之特徵，外部為非常緊密，而內部即近於巢脾之部分，則相疏能自由運動。即外部者互相密着而不運動，內部之蜂則旺行翅之振動，且膨縮腹部，行呼吸運動，因此在內部生多量之熱。各蜂放散之熱量雖微，幾萬密集之羣集所生產之熱相加（Summieren），則成多量之熱。且此熱量，因周圍之蜂羣密着而不散逸，巢之溫度乃自然變高。

停留於巢房內之幼蟲及蛹，如上述無積極的調節能力。前舉 Brännich 氏曾記錄蜂兒有 45.2° 之高溫，但據 Himmer ③ 氏之說，蜂兒並無特有之體溫，置於外氣中測之，常與氣溫為同溫。然巢房內因有無數之蜂兒，全巢之熱容量變大，因而巢溫確少變動。

① Himmer, A.: Erlanger Jah. b. Bienenkunde 3, 144 (1925).

② Brännich, K.: Zs. angew. Entom. 6, 184 (1920).

③ Himmer, A.: Zs. vergl. Physiol. 5, 375 (1927).

蜂之巢溫調節之目的，在夏季即幼兒之哺育期，可得最適於其發育之溫度。蜂由卵而幼蟲而蛹而成成蟲，其最適之溫度，與調節目標之巢溫相一致。Himmer 氏(上出)將孵化後第 8 日之幼蟲(戰蜂與雄蜂)入於孵卵器，調查發育狀態。據其結果，在 26° 時羽化者極少，即羽化亦為翅肢短曲之畸形成蟲。在 23 與 30° 時則全部羽化，但仍生不完全之成蟲。僅於 32°，34°，36° 之範圍，一齊生完全之成蟲。在 37° 亦生完全之成蟲，惟羽化數少。在 33°，39° 時全部在中途死亡，無 1 頭羽化。故蜂兒之發育所許可之溫度之範圍，比其他昆蟲著狹，能正常發育之溫度，僅限於 32—36°。故夏季之巢溫，大體以此溫度為目標而調節者，無疑的為欲得最適於幼生之發育之溫度也。春季產卵之初，巢溫遂由冬之 20—25°，漸次昇為 25—30°，不久昇為夏季特有之溫度。秋季隨育兒機能之衰退，而巢溫急降之現象，顯示巢溫如何關係於幼生之哺育者。冬季巢內平均保有 20—25° 之溫度，於此時代，因無蜂兒，非以育兒溫度為目標甚明，此際乃以保護成蟲自體之生命為目的，據 Lammert 氏(前出)蜜蜂(成蟲)對於低溫之抵抗力，比其他昆蟲著弱。放置於 13° 以下之溫度，不久即寒冷麻痺，長久放置，則死。於 0° 或冰點下之溫度，1 小時以內，尚能耐；更久即凍死。故冬季之巢溫，全為關係於成蟲自體之耐寒性者。

B. 胡蜂類 造巢而營羣集生活之胡蜂科 (Vespidae) 之蜂，曾為巢溫調節作用之研究材料者，有大壺 (Vespa, 屬於 Vespinae 亞科)，與拖足蜂 (Polistes, 屬於 Polistinae 亞科) 之類。

大壺之巢之構造，外有略呈球形或卵圓形之巢圍 (Nesthülle)，

內有數層上下相重之巢脾。巢脾除成蟲出入之巢門外，不直接與外界接觸。此種巢，稱閉鎖巢（Geschlossenes Nest）。反之拖足蜂之巢，遙為簡單。巢脾不過為水平之一層，不具巢圍，直接曝露於外氣，為所謂開放巢（Offenes Nest）。由於如斯構造之相異，兩者之巢溫調節作用之程度，大相逕殊。有分別討論之必要。

*Vespa* 研究此類之巢溫調節者，古有 Janet<sup>①</sup> 氏。近有此方面之權威 Himmer<sup>②</sup> 氏，發表詳細之報告者，介紹於次。Himmer 利用 *Vespa vulgaris* 在蜂巢之空巢中構造直徑達 15 cm 高達 22 cm 共由七層巢脾而成之巢，自 7 月 24 日至 10 月 5 日每日每隔 3 小時測定其巢溫與氣溫。又自 8 月 10 日在同地（Erlangen 養蜂研究所）測蜜蜂之巢溫，以供比較。其結果如前舉第 54 圖所示。此圖所示之 3 種溫度中，變化最大者，為空氣之溫度，可不待言。激時 1 日之最大變化，達於 15°。與氣溫之變化相較，則胡蜂之巢溫變化遙小，而常較氣溫為高。此狀態由 7 月持續至 9 月上旬。此後，巢溫漸次接近於氣溫而自下旬前後殆與氣溫一致，隨其變化而變動。故迄 9 月初旬前，胡蜂亦顯然有巢溫調節作用。迄於 8 月末日之巢溫之總平均為 30.71°，每日變化之平均為 2.51°，若比之同期間之氣溫之平均 18.44°，則巢溫常較外氣高 12.27°。每日觀察之最低巢溫，平均為 29.46°，最高為 31.97°。故胡蜂之巢溫，可看做由 7 月月徬徨於 29.46—31.97° 之間。而此期間，為蜂之育兒機能（Bruttätigkeit）之旺盛時。故與蜜蜂同樣，巢溫調節之目的，

① Janet, Ch.: Hém. Soc. Zool. France 8 (1925) & Compt. rend. Acad. Sci. 120 (1895).

② Himmer, A.: Zs. vergl. Physiol. 5, 375 (1927).

可想像為適於幼生之哺育。然胡蜂幼生之發育適應，非如蜜蜂之範圍之狹。雖超上述之溫度範圍，不能發育如常。

9月以降，則巢房內之幼生，皆成長而成成蟲。集合於巢脾面之蜂（Nestinsassen）減少，遂至集團生活解散（Entvölkerung）；巢溫全與無生物相同。

第 126 表

溫度之種類	蜜蜂巢	胡蜂巢	氣溫
最高溫度記錄	36.0	36.0	
最低溫度記錄	33.2	26.0	
最高與最低之差	2.8	10.0	
平均溫度	34.80	30.71	18.44
最低溫度之平均	34.53	29.46	
最高溫度之平均	35.08	31.97	
最高最低之差之平均	0.55	2.51	
與氣溫之差之最小值	2.0	2.0	
與氣溫之差之最大值	32.5	20.0	
與氣溫之差之平均值	16.36	12.27	

Himmer 氏於此研究，比較胡蜂與蜜蜂之巢溫調節之程度，其結果表示如左表，可知蜜蜂方面，巢溫高而變動度少，調節機能甚為發達。

胡蜂之巢溫，能保持高溫之機制，與蜜蜂

相同，為各個體運動時發生多量之熱。Himmer<sup>①</sup>氏比較運動後蜂之個體溫上昇若干，又其上昇能與巢溫之高低有如何關係。其結果表示如下表。觀表，*Vespa* 之產熱力，可匹敵於蜜蜂。故在密閉

第 127 表

種類	運動後之體溫與氣溫之平均差	育兒期之巢溫		
		平均值	平均變動度	與外溫之平均差
<i>Apis mellifica</i>	12.40	34.8	0.55	16.36
<i>Vespa vulgaris</i>	10.48	30.71	2.51	12.27
<i>Polistes gallicus</i>	3.08	同氣溫	—	0

① Himmer, A.: Erlanger Jahrb. Bienenkunde. 3. 144 (1925).

之巢中，多數之個體運動時，能以多量之熱給與其巢。如拖足蜂 (Polistes) 因不具被覆之巢，不見如斯關係。次氣溫較巢溫高時，以如何方法起冷卻反應？尙不充分明瞭。惟得推想為密集於巢脾

第 123 表

時刻	氣溫	有蜂兒之巢溫	與室溫之差	空巢溫與室溫之差
11.40	20.73	21.00	+0.27	-0.25
50	20.79	21.13	+0.34	-0.18
12.00	20.79	21.13	+0.34	-0.18
10	20.88	21.13	+0.25	-0.16
20	21.02	21.33	+0.31	-0.19
30	21.69	21.75	+0.15	-0.33
45	21.97	22.13	+0.16	-0.78
13.00	22.47	22.67	+0.20	-0.25
15	22.79	23.00	+0.21	-0.25
30	23.10	23.50	+0.40	-0.04
45	23.97	24.25	+0.28	-0.03
14.00	24.97	25.00	+0.03	-0.27
15	25.47	25.50	+0.03	-0.33
30	25.70	26.00	+0.30	±0.00
45	25.88	26.33	+0.45	-0.08
15.00	25.85	26.33	+0.48	-0.06
15	25.85	26.33	+0.48	±0.00
30	25.73	26.13	+0.40	-0.01
45	25.12	25.75	+0.63	-0.07
16.00	24.17	25.00	+0.83	±0.00
15	23.41	24.00	+0.59	±0.00
30	22.82	23.50	+0.68	±0.00
45	22.30	22.87	+0.57	-0.06
17.00	21.81	22.37	+0.56	-0.08
15	21.37	21.75	+0.38	+0.00
30	20.82	21.37	+0.55	±0.00
45	20.58	21.00	+0.42	±0.00
18.00	20.22	20.67	+0.45	±0.00

面者，分離散亂，有

如見於蜜蜂及後述之 Polistes 之水滴

運搬，與煽風本能。

Polistes 茲

介紹 Steiner ① 氏

最近對拖足蜂 (Po-

listes gallicus var.

biglumis L) 之研

究。Steiner 氏為欲

知此蜂之巢溫與氣

溫之關係，於 1 sq.

dm 木箱中所作之

巢，連箱移於自己

之居室，以暖爐焚

火，使室之溫度昇

高，後熄火，使溫度

降低，將如斯所得

之室溫之變化，與

① Steiner, A.: Zs. vergl. Physiol. 11, 461 (1923).

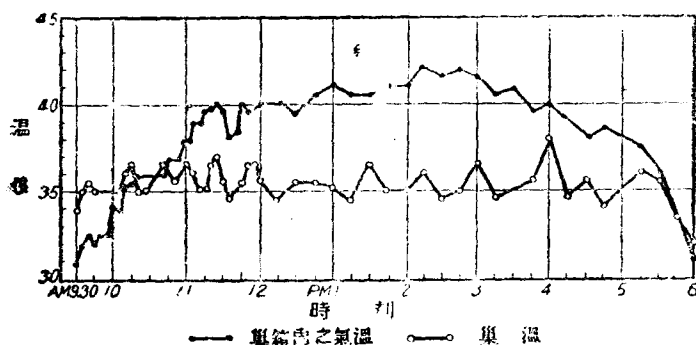
巢溫之變化，以巢房中有蜂兒者，與全部除空之空巢相比較，得第 128 表之結果。又表之有蜂兒巢與空巢，巢溫相異，在空巢僅示與室溫之差。巢溫皆用水銀溫度計插入其中央部而檢得。

閱表，室溫  $20^{\circ}$ — $26^{\circ}$  之範圍，有蜂兒之巢溫，常較室溫高  $0.3^{\circ}$ — $0.7^{\circ}$ ，隨室溫之昇降而其溫度有變化。故見於蜜蜂及大壘之調節作用，實不存在甚明。無蜂兒之巢，常較室溫為低，故蜂兒之熱，可使巢溫微高之事，雖得辨認；但於實際殆無效用。

拖足蜂亦如 Himmer 氏之觀察(第 127 表)，運動時體溫較氣溫高  $3.08^{\circ}$ 。故斯際巢溫不可不稍高，然實際不見此現象者，因巢為開放的，直接曝露於外氣，且成蟲數不如蜜蜂之多。故此蜂並無氣溫低下時所起之所謂發熱反應 (Heizreaktion)。然反之，冷卻反應 (Kühlreaktion) 則存在。Steiner 氏為知其存在與否，於盛夏之日 (23/VII)，將巢箱曝於戶外之直射日光，而觀察其溫度。由朝之 9 時半至夕之 6 時之觀測，則自 10 時至 5 時半，巢箱內之空氣溫度，因受日射而昇至  $35^{\circ}$  以上，自 11 時至 4 時達  $40^{\circ}$  以上，惟巢房內之溫度，在此時間，彷徨於  $34^{\circ}$ — $37.5^{\circ}$  之間，次圖為示此結果者。

冷卻反應，亦與蜜蜂同樣，有煽風行動與水滴之搬入。據 Steiner 氏觀察，氣溫為  $31.5^{\circ}$ — $35.75^{\circ}$  時，蜂在巢面附近，忙振其翅而飛迴。因此空氣起流動，促進房內之水滴之蒸發，而溫度下降。此蜂於巢之周圍之溫度為  $35^{\circ}$  附近，即由巢飛至水邊，將水含於口中，而歸吐於房內。故氣溫若高，往返於巢之蜂數多，而房內之水滴量亦多(參考第 59 圖備考)。然氣溫低下，則多餘之水再含於口而棄於外云。運搬水者，主為雄蜂。1 頭 1 小時所運之量，最高達於 3.

cc, 其蒸發潛熱為 831 cal 云。



第 59 圖

備考：於觀察中由巢箱飛去之成蟲數有如下

時刻	數	時刻	數	
9.34-9.45	3	13.45-14.00	9	
9.45-10.00	1	16.00-16.15	7	巢房內之水滴有無之狀態，最初房內水滴不存在，14時20分頃各房內皆有水滴，16時40分全房內僅有2滴。
10.00-10.15	9	16.45-17.00	5	
10.15-10.30	4	17.00-17.15	4	
10.30-10.45	4	17.15-17.30	3	
10.45-11.00	5	17.30-17.45	2	
11.00-11.15	8	17.45-18.00	0	
11.15-11.30	8			

如以上所述，Folistes 具有關於蜂之本能之物理學的調節作用，其方法雖單純，但其原理與溫血動物之隨意的體溫調節作用（157頁）相同。然此類並無蜜蜂及 Vespa 所有之化學的調節機能。故此蜂僅能避免過熱之害。恐高溫對於幼生之發育及成蟲自身之軀體維持，為不適合者。

C. 蟻類 蟻亦為著名之營羣集生活之昆蟲。蟻之種類甚多。其巢有造於地上或地下者，材料構造等，亦隨種類而各異。因此巢溫之調節作用，有種種發達之階級，每有不及蜜蜂及胡蜂而相當發達者；又有與一般孤獨性昆蟲相同，調節作用全不發達者。關於蟻



之巢溫調節，最近有 Steiner ① 氏之詳細發表。氏於 1924 年發表之論文，研究稱爲 *Formica rufa* 之種類，於 1929 年研究其他許多種類。次以巢之構造爲基礎，介紹此等之研究。

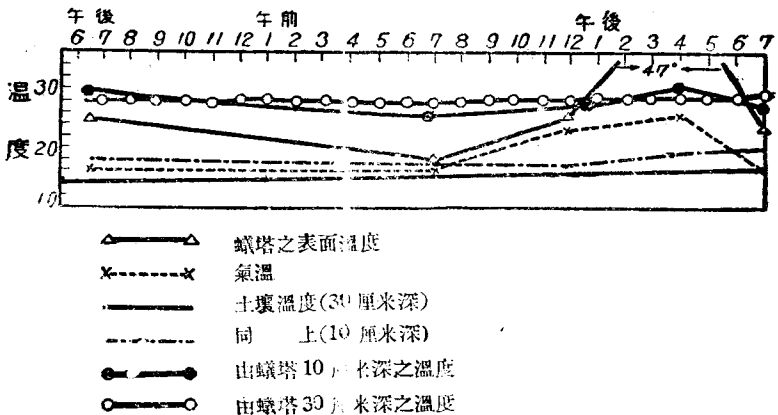
(a) 作纏結巢之種類 纏結巢者，即 Steiner 氏所謂 *Kombiniertes Nest*，就是以種種材料纏結而作之塔巢之謂。Steiner 所實驗者，爲稱 *Formica rufa*，與 *Formica exsecta* 之二種類。*Rufa* 之巢 (Nest)，由存於地下部之地下巢 (Erdnest)，與突出於地上部之塔 (Kuppel) 二部分所成。普通稱蟻塔 (*Ameisenkuppel*, *Antmound*) 者，即爲巢之地上部。此塔以樹木之枯葉、小枝、雜草、朽木等植物質，用土綴合而成，稱 *Kombiniertes Nest*。巢之內部有通地上地下之許多小房 (*Kammern*) 及通路 (*Gängen*)；適如迷路 (*Labyrinth*) 之狀。迷路之各部，有稍膨大之小室。特於地上與地下部之境界，有頗廣之室，在此處保護卵及幼蟲、蛹等發育。塔之表面，有通路及室，構造緻密，爲遮斷內外之用。此表層之部分稱塔皮 (*Kuppeldecke*)。然塔皮之各處穿有小孔，爲蟻向外部之通路。*Exsecta* 作頗相類似之巢，惟塔皮之構造不若 *Rufa* 之緻密，中央且無大室。兩種之蟻，各別論之。

(1) *Formica rufa* 此稱山蟻 (*Waldameise*)，爲普通棲於山地或高原之種類。Steiner 氏 (1924) 在瑞士 *Grauholz* (海拔 700 m) *Saanenmöser* (1260—1450 m) 及 *Hornfluh* (1850 m) 研究之，據 Janet ② 氏之說，此蟻之幼時由於發育時期而受溫度及溼度之相異

① Steiner, A.: *Zs. vergl. Physiol.* 2, 23 (1924). & 9, 1 (1929).

② Janet, Ch.: *Observation sur les Fourmis* (1904).

影響，蛹之發育，在低溫頗為緩慢，但能耐乾燥。然卵與幼蟲，並不需熱，而需溼氣。塔之意義，據 Forel ① 氏之說則為對於風雨外敵之侵入保護外，用為熱之保持者 (Wärmebehälter)，即預為貯熱以備寒時及日蔭時之用。Escherich ② 氏指摘蟻之塔及地下巢之溫度，大抵較氣溫高  $10^{\circ}$ 。Steiner 氏為確定此等關係而測定次記各點：(1) 測塔皮之溫度，以代表日射量；(2) 近於巢之日蔭之氣溫；(3) 土壤溫度距地 10 及 30 cm 之深；(4) 塔之溫度，由表面每 10 cm 之間隔測之。最初觀察蟻之活動最旺盛之夏季溫度。其結果，由 5 月至 9 月之活動季節，於距塔表 15—50 cm 之深所，知巢之溫度，不論日射量或氣溫之如何，常為一定。平均維持  $23-29^{\circ}$ 。殊於 30 cm 之深所，溫度之變化極少；平均示  $25.87^{\circ}$ 。此溫度較 10 cm 深之土壤溫度，平均高  $9.92^{\circ}$ ；較 30 cm 土壤高  $12.92^{\circ}$ 。第 60 圖為示在



第 60 圖

① Forel, A.: Les Fourmis de la Suisse (1923).  
 ② Escherich, K.: Die Ameise (1917).

Saanenmöser 所測定之一例。海拔不同，則日射量及氣溫著異，但塔之溫度，皆略為同一。在種種場所之多數實例之平均值，示如次。

第 129 表

場 所	測定月	巢數	日射	氣 溫	土壤溫度		巢 深 距 塔 表 深 30 厘米
					深 10 厘米	深 30 厘米	
Saanenmöser	8月	3	20.56	12.4	16.61	—	27.00
	7—8月	5	24.18	18.1	16.26	13.00	25.87
Hornfluh	8月	1	21.11	19.3	14.49	12.54	26.58
Grauholz	5—7月	2	19.78	14.3	15.22	12.89	25.27
總 平 均			22.46	17.03	15.95	12.95	25.87

Steiner 氏所觀測之 23—29° 之溫度，推想為適於蟻之幼生之發育之溫度。何則？據 Fielde ① 氏之研究，美國產之蟻 (*Lasius latipes*, *Stenamma fulvum*, *Camponotus pennsylvanicus*) 在 24—27° 之範圍活動最盛，而富於繁殖能力。又據 Herter ② 氏，*Formica rufa* 之選擇溫度 (Vorzugs temperatur, 於種種溫度連續之環境中，放置動物時，於某特定之溫度有最多數相集者，即指此溫度) 為 23—32° 之範圍云。

第 130 表 (秋)

場 所	月	日 射	氣 溫	土 溫	
				10 厘米深處	塔 溫 30 厘米深處
Saanenmöser	10 月	10.39	7.85	11.43	12.90
Grauholz	10 月	8.35	7.51	9.72	11.78

以上為育兒機能旺盛時期之觀察。因無幼生之秋冬及春之巢

① Fielde, A. M.: Biol. Bull. 7, 3 (1914).

② Herter, K.: Biol. Ztbl. 43 (1923).

第 131 表 (冬)

場 所	A	B	C	D
塔表積雪之溫度	—	-1.5	-5.5	-2
塔 表 溫 度	13.5	-0.5	-5	-1
氣 溫	12.5	-2.5	-1.5	±0
土溫 10 厘米深處	11.5	+1.75	-0.5	+0.5
,, 30 厘米 ,,	11.25	+2.5	+1.5	+1
(10 厘米 ,,	15	+0.5	-2.5	-0.5
(塔) 20 厘米 ,,	15	+1.5	+0.5	+0.25
(巢) 30 厘米 ,,	15	+1.5	+1	+0.5
(溫) 40 厘米 ,,	14.5	+2	+1.25	+0.75
(地) 50 厘米 ,,	13.5	+3	+1.5	+1
(下) 60 厘米 ,,	12.5	+3	+2	+1.25
(巢) 70 厘米 ,,	12	+3	+2	+1.25

備考: 全部在 Gr uholz 觀測  
 A. 30/IX. '23. PM 3. 塔表無雪  
 B. 5/I. '23. PM 3. 塔表有 30 厘米之雪  
 C. 1/II. '24. PM 3. 塔表有 20 厘米之雪  
 D. 8/II. '24. PM 3. 塔表有 30 厘米之雪

第 152 表 (春)

場 所	10-11/IV	30/IV-1/V
日射	12.40	21.50
氣溫	10.30	13.20
土溫 10 厘米深處	10.29	11.80
,, 30 厘米 ,,	7.00	9.39
塔溫 30 厘米 ,,	19.02	25.13

備考: 在 Graubolz 觀測  
 示晝夜之平均溫度

溫爲何如耶? 於  
 秋則塔之溫度急  
 下, 僅較土壤溫  
 度微高。此因食  
 物之缺乏, 與氣  
 溫低下, 而蟻之  
 活動性減弱之結  
 果。此關係, 至冬  
 更爲強化。勿論  
 塔內, 即地下深  
 部之溫度, 亦與  
 土溫相同。然此  
 際若比空氣之溫

度, 則常高 3--5°。此時  
 期, 蟻之全部深潛於地  
 下巢, 呈假死冬眠之狀  
 態。春則開始活動, 而巢  
 之溫度再昇, 逐漸移行  
 於夏之狀態。前記三表,  
 爲表示其關係者。

蟻塔之在地上爲圓錐形或圓頂形而突出者, 爲極適於接受日  
 射。以塔表所受之熱, 通入無數之通路及小室, 由於對流而傳播於  
 內部。塔之表面爲緻密者, 可緩和氣溫氣溼之直接影響。故由此等

之點，確能營溫度之調節，但皆為物理的方法，非直接由於生物特有之作用。然與 *Vespa* 之閉鎖巢，對於溫度調節之有效者相同，上述事實，為基於此蟻之造巢性之本能的調節作用。唯僅此作用，不能保持如上述之一定之巢溫。此外巢之居住者之蟻，不可不有何等積極的作用。若巢中無 1 頭之蟻，則蟻塔不過是一物理學的土塊，其溫度晝間受日射而昇騰，夜間則放熱而冷卻。Steiner 氏實驗此關係而觀之。以住巢之溫度與距此 1.5 m 許之空巢相比較，則空巢之溫度全與周圍之土壤溫度為同一，並無特異之點（參照下表）。故塔

第 133 表

日 時	巢	氣溫	溫 度	
			土 10厘米深處	塔 30厘米深處
1/VIII. PM. 6.20	居住巢	16	16	24
„	空 巢	16	15	18
2/VIII. AM. 7.22	居住巢	13	14	23.5
„	空 巢	13	13.5	14

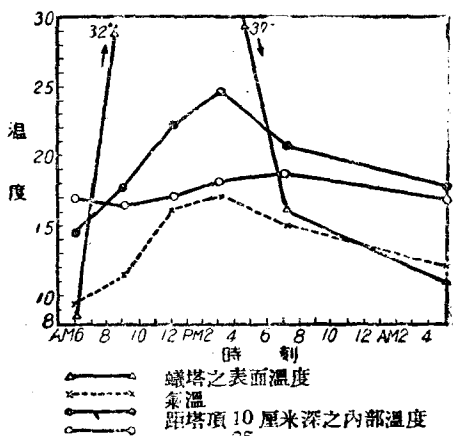
溫之高而一定者，由於蟻之特別行動。關於此，蟻有二種方法。第一為

蟻與外界交通之貫穿塔皮之無數塔孔 (Kuppeltor) 之開閉作用。塔孔能由於蟻之動作，自由持土開閉，觀察此孔之開閉，日中則向太陽之孔開，暫使日光多量射入於巢內。晚則一切之門皆閉，使既入之熱，保持以迄於翌朝，然日射過強烈時，則開面向日蔭之孔以換氣。第二方法，為由於運動之產熱。測朝與晚之巢溫，則朝常較晚為高。此為夜中蟻在巢中運動而產熱之故。蟻之個體溫，雖不明顯；但由於運動而微昇之體溫，因積少成多而發散多量之熱。日中匆匆於地上之職蟻，夜皆歸巢。蟻兒之散在者，亦皆密集。於是閉其塔門，防熱散逸，而在內部運動。Steiner 氏謂此種羣集運動起於 10—

14°時云。

(2) *Formica exsecta* 此蟻造似 *F. rufa* 之巢，但塔之構造粗雜，中無大空室，而散生無數小室。又塔孔之開閉機能，頗不完全。因塔皮之粗疏及塔孔之開閉不完全，本種之巢溫調節作用，比於 *Rufa*，則遙不完全。

第 61 圖為示此關係之一例。由夏(3/VIII)晨 6 時至翌朝 5 時之觀測結果，距塔頂 25 cm 深之巢內溫度，對塔表或氣溫之變化，略示一定之經過。但比之第 60 圖之 *Rufa* 之曲線，則變化之度大，且遙為低溫。



第 61 圖

比較塔溫與土壤溫度之平均值，示如次表，晝夜皆較同深之土溫微高。*Rufa* 於 30 cm 深處保持 23—29° 之溫度於一定。反之，在此種類，則保 16—18° (但 25 cm 深處) 之溫度。故 *F. exsecta* 生成適於幼生或自己之發育或適於活動之溫度為不可能。故其調節機能，

第 134 表

塔的大小 (直徑×高) cm	日 時	氣 溫	塔 內 溫 度				土 壤 溫 度			
			表 面	10厘米 深處	20厘米 深處	25厘米 深處	表 面	10厘米 深處	20厘米 深處	25厘米 深處
(24×40)×16	3/VIII. 晝	14.33	29.10	26.61	18.25	17.38	22.70	18.08	16.92	16.00
..	3—4/VIII. 夜	9.45	13.50	18.50	19.00	18.00	15.00	18.00	17.00	17.00
(95×50)×20	16—17/VII. 夜	18.50	21.25	24.75	21.75	—	20.25	21.50	20.25	—
	17/VII. 晝	23.00	43.80	27.60	23.66	—	33.43	21.98	20.20	—

甚為幼稚。

(b) 具土製蟻塔之種類 *Formica fusca*, *Lasius niger*, *L. flavus* 等之蟻, 亦為造塔之種類。塔之構造與前述之二種相異, 殆全部由土壤所成 (Erdkuppeln), 植物質幾全不用。塔中有通路與小室。塔皮雖有而薄, 因土為主成分, 受風雨之影響而易脆毀, 故此等蟻塔為建於地上之中空, 而呈蜂窩狀之圓錐形土塊。Steiner 氏就塔之直徑及高各 15 cm 以上者, 與 15 cm 以下者, 比較其巢溫與土壤溫及氣溫 (第 135 表)。

第 135 表

種類	塔的大小 (直徑×高) cm	日 時	塔 內 溫 度				土 壤 溫 度				氣 溫
			表面	10厘米 深處	20厘米 深處	30厘米 深處	表面	10厘米 深處	20厘米 深處	30厘米 深處	
<i>F. f.</i>	(10×12)×8	12-13/V. 夜	11.00	13.25	—	—	12.25	14.40	—	—	12.25
..	..	13/V. 晝	25.89	17.62	—	—	20.63	15.95	—	—	18.55
<i>L. n.</i>	(14×14)×3.5	12-13/V. 夜	12.50	12.75	—	—	13.00	14.75	—	—	13.00
..	..	13/V. 晝	23.94	23.34	—	—	22.19	15.79	—	—	18.43
<i>L. f.</i>	(8×11)×6	6-7/VII. 夜	9.75	15.50	16.75	—	11.75	16.00	16.75	—	9.50
..	..	7/VII. 晝	19.00	16.87	16.58	—	17.93	16.27	16.25	—	18.93
<i>L. f.</i>	(50×50)×17	16-17/VII. 夜	10.50	14.25	14.50	14.00	11.50	14.50	14.00	13.50	11.00
..	..	17/VII. 晝	20.40	16.73	14.65	13.87	19.38	15.00	14.00	13.70	15.20
<i>L. f.</i>	(45×90)×27	14-15/VII. 夜	17.50	19.00	18.25	17.25	16.25	17.50	16.50	—	16.75
..	..	15/VII. 晝	26.29	21.03	18.13	16.74	21.32	17.38	16.26	—	19.93

由表得次述事實。日中塔內之溫度, 一般較氣溫為低, 夜則較高。故一見似有調節作用, 但同深之土壤溫度, 殆有相同之經過, 故不可認為特別之調節作用。此等之蟻, 單以持有土製之塔, 為生活上之利點, 日中及夜間保持較發育適溫遙低之溫度, 比於前述各種, 不可不謂為有低級之溫度關係者。

(C) 於石下造巢之種類 於石下造巢之蟻, 種類甚多。前述之 *Lasius niger*, *Formica fusca* 等造塔, 但亦於石下造巢。Myrmica 屬之蟻, 多有此習性, Steiner 氏以此巢之溫度與氣溫並巢之

附近之土壤溫度相比較，其結果如第 136 表。巢溫日中上昇較土溫為高；夜中冷卻，則較低 4--5°。石突出於地上，故與土塔相同，攝熱甚多。尤以石為黑色時，更為高溫。石於表面攝取之熱，能速傳於下面之巢。此因石不含空氣，而易於傳導之故。受日射，則巢溫即昇，隨日沒而急冷卻。此因石不含水，熱容量小之故。要之石下造巢，太陽熱之攝取雖便利，但保持之力則小。

第 136 表

種 類	石之大 (直徑×厚) cm	氣溫	石之表面 溫 度	石之下面 巢之溫度	土壤表面 溫 度	土壤溫度 10 厘米深處
<i>F. fusca</i>	15×4	22.00	40.07	29.08	23.13	18.58
„	12.5×3.5	13.67	36.39	27.55	21.73	19.47
„	22×3	13.67	31.22	28.42	22.75	17.33
„	9.5×5	13.80	32.50	28.71	24.25	20.64
<i>M. rubida</i>	17×6.5	12.88	34.03	28.33	26.13	19.78
<i>M. rug. nodis</i>	14.5×5.5	13.28	35.11	26.50	26.33	20.58
„ *	„	11.00	14.00	17.25	14.50	18.50
<i>L. flavus</i>	15×9	18.38	25.30	21.00	19.40	17.38
„ *	„	9.50	9.00	12.50	11.75	15.00

\* 夜之溫度，其他皆日中。