



Title	死體（兎）の冷却曲線
Author(s)	多田, 典正; TADA, Norimasa; 村形, 友治 他
Citation	低温科学, 7, 117-126
Issue Date	1951-09-05
Doc URL	<a href="https://hdl.handle.net/2115/17504">https://hdl.handle.net/2115/17504</a>
Type	departmental bulletin paper
File Information	7_p117-126.pdf



## 死體(兎)の冷却曲線\*

多田 典正 村形 友治

(低温科學研究所 醫學部門)

(昭和24年9月受理)

### I. 緒 言

物體の冷却様式に關して Newton (1701) は近似法則として次のような冷却法則を與えた。即ち、物體の冷却速度はその時の物體と外界との溫度差に比例すると。

今、物體と外界との溫度差を  $\theta$ 、時間を  $t$  とすると上記の法則は次のようになる。

$$\frac{d\theta}{dt} = -k\theta$$

ここに  $k > 0$  で且つこの比例恆數は物體の表面の性質、比熱、熱傳導率によつて決る恆數で、冷却速度恆數とも呼ばれる。上式を積分して積分常數を  $\theta_0$  とすると、上式は次のようになる。

$$\theta = \theta_0 e^{-kt}$$

$e$  は自然對數の底である。即ち最初の物體と外界との溫度差を  $\theta_0$  とすると、溫度差は時間の経過につれ指數曲線をなして、即ち物體の溫度は指數函數的に減少して行く。

この Newton の法則は物體が空氣中に於て對流と輻射により熱量を失う時の冷却様式を示す近似法則であり、しかも物體と外界との溫度差小さく數度内外の時に成立するとなし<sup>1)</sup>、また Dulout u. Petit によれば 45~50°C 以上の溫度差の時には最早成立せずとするも、P. Jensen<sup>2)</sup> (1913) は蛙の筋肉組織の冷却實驗に於いてその實驗方法よろしきを得れば、溫度差 60~80°C の時に於いても、この法則は極めて満足なる妥當性を與えることを報告している。また魚肉、牛肉等食品の冷凍實驗に於いてもその冷却様式は上記法則にしたがう事實が一般に知られている。

當研究部門に於ける主要研究題目は生體の凍死現象であるが、その凍死過程に於ける生體の冷却様式と比較考究する目的で、最早體内よりは溫熱の產生なしと考へてよい死亡直後の兎體(この際、心臟搏動は停止しており血液は諸器管に對して溫熱の運搬者としてまた酸素の供給者としての役目を最早なしていないと考へてよい)を用い、それが外界との溫度平衡に達する迄の冷却様式を次に述べるように生體の凍死實驗と全く同じ條件、全く同じ實驗方法で檢べてみた。<sup>3)</sup>

\* 北海道大學低温科學研究所業績 第127號、故中村弘教授指導

## II. 實驗方法

2~3 kg 程度の健常家兎を固定臺上に背位固定する。胸壁誘導により心電圖を電磁オッシログラフに描寫する。こうした後、空氣約 5 cc を耳靜脈より注射する時は兎は大體 10 分くらいで栓塞死する。死亡はオッシログラフに於いては心搏動の完全消失するをもつて確める。こうして死亡確認後<sup>4)</sup>生體實驗に於けると全く同様の方法で Cu-Constantan 組合わせによる熱電對を腦皮質（ほぼ 2 mm 深さ）及び腹腔内に刺入する。また全長 33 cm の「アルコール」寒暖計を約 8 cm 肛門内に挿入する。但し、腹腔溫用熱電對は腹壁より腹腔中に熱電對熔接點より 6 cm 迄埋没して後その熔接點頭の位置を一定せず故意に第 1 表に見るように、その時により肝臓と胃との間に、或は腸蹄係（Schlinge）内に、或は腹膜直下にといろいろその位置を變えて測定を行つてみた。なおこの熔接點頭の位置は實驗終了後剖檢により更に確めてある。

上の如く腹腔溫は種々の位置に於いて測定を行つた理由は、生體の凍死實驗に於て可及的その刺入熱電對頭の位置を一定ならしむるよう意を用いても、實驗中の兎のあばれその他種々の理由のため熱電對接合點はかなりの範圍に移動して一定していないことが剖檢により分つていたからである。

この熱電對挿入等の小手術操作のために死亡確認後凡そ 10 分を要した。この間に於ける兎體の體溫は背位固定時直腸溫は平均 36.5°C、死亡確認時 33°C 程度で、更に死亡後熱電對刺入等の操作を行つても低温室誘導直前迄の體溫降下は 0.2°C~0.5°C 程度で極めて小であつた。

こうして死體を背位固定の儘固定臺とともに低温室（-40°C、無風）中に誘導、實驗臺上に放置し、その溫度降下を時間的（10 分ごと）に測定記録した。低温室溫は可及的 -40°C に一定ならしむるようその變動範圍を 1°C 以内にすよう調節した、實驗第 1 群は腦、腹溫用電流計の感度を同一にして測定を行つた。それで冷却速度の早い腦溫は測定開始後、表及びグラフに示すように 2 時間くらいで未だ結氷點迄溫度降下しない中に Scale の読みは Scale 外に逸出（scale out）した。實驗第 2 群は腦溫用電流計感度を適宜落して結氷點附近の溫度變化をも追求記録してみた。

なお Scale の読みは實驗前後に於いて標準水銀寒暖計により較正曲線（この實驗溫度範圍内では直線）を得、それより實溫に換算してある。したがつて水銀溫度である。直腸溫は前に述べたように全長 30 cm の「アルコール」寒暖計を肛門内に 8 cm 挿入測定したものである。

## III. 實驗成績

第 1 表、第 2 表及び第 1 圖、第 2 圖に示した。

「アルコール」と水銀そのものの物理的性質の相違よりして、兩寒暖計の示度は同一物體の溫度測定に當つてもかなりの相違を示し、この實驗溫度範圍内に於ては「アルコール」寒暖計の示度がいつも低い値を示す。また「アルコール」寒暖計の體內挿入部分に比し體外の露出部

第 1 表 實驗第 1 群

(低温室温 -40°C)

時間 (分)	No. 1 2.3kg, 白, ♀, 室温 18°C			No. 2 2.5kg, 白, ♂, 室温 15.4°C			No. 3 2.4kg, 褐, ♂, 室温 14.5°C		
	腹 温 (°C)	直 温 (°C)	膈 温 (°C)	腹 温 (°C)	直 温 (°C)	膈 温 (°C)	腹 温 (°C)	直 温 (°C)	膈 温 (°C)
0	34.9	33.0	31.1	32.8	32.5	27.7	34.5	33.2	30.8
10	34.4	31.0	27.8	31.7	31.7	25.7	34.0	31.0	27.4
20	33.5	30.9	23.5	29.8	30.4	22.8	33.2	30.1	24.0
30	32.3	30.0	20.0	28.3	29.4	20.1	32.2	29.1	20.8
40	31.2	29.0	16.9	27.0	27.9	17.6	31.3	28.3	17.8
50	30.0	28.1	13.8	26.0	26.5	15.4	30.4	27.1	14.8
60	29.2	27.0	11.6	24.9	25.2	13.0	29.6	25.9	12.3
70	28.0	26.0	9.3	24.0	24.0	10.8	28.3	24.8	10.2
80	27.0	24.9	7.0	23.0	21.8	8.7	27.4	23.4	8.4
90	26.0	24.0	5.0	22.0	21.0	6.6	26.1	22.4	6.0
100	24.8	22.7	2.8	21.2	19.8	5.1	25.3	21.6	4.4
110	24.1	21.7	1.4	20.4	18.8	3.7	24.1	20.2	—
120	23.4	20.3	—	19.6	17.4	2.4	22.9	19.0	—
130	21.7	19.2	—	18.8	16.1	—	21.4	18.0	—
140	20.8	18.0	—	17.9	14.9	—	20.8	16.8	—
150	19.8	17.0	—	17.0	13.7	—	20.0	16.0	—
160	18.5	15.9	—	16.0	12.5	—	19.0	15.0	—
170	17.8	14.8	—	15.2	11.2	—	18.0	13.9	—
180	16.8	13.9	—	14.5	10.2	—	17.0	12.8	—
190	15.8	13.0	—	13.6	9.0	—	16.0	11.8	—
200	14.9	11.6	—	12.8	7.9	—	15.1	10.8	—
210	11.2	10.0	—	12.1	7.0	—	14.2	9.8	—
220	13.0	9.5	—	11.3	5.9	—	13.1	8.8	—
230	12.3	8.6	—	10.7	5.0	—	12.2	7.9	—
240	11.6	8.0	—	10.0	4.0	—	11.4	6.8	—

分が(この實驗に於いては体内 8 cm, 体外 22 cm) かなり大きく, この部分に對する外氣温 (-40°C) の冷却作用の影響により直腸温は眞値より低い値を示しているはずである. これら二つの測定値の誤差に對する補正は何れも理論的に可能であるが, 今の場合その必要がないので實驗による測定値をその儘あげることにした.)

#### IV. 考 察

今, 前表及び圖により腹腔温, 直腸温及び膈温の冷却曲線を比較する時は, 明らかに腹腔温が最も高位を, 膈温がもつとも低く, 直腸温がその中間をそれぞれ經過する. もつとも直腸温が前記に於いて述べたように「アルコール」寒暖計そのものの物理的性質と露出部分に對する冷外氣温の影響を考えれば眞の直腸温の冷却曲線は, この「グラフ」中に於ける位置よりもつと高位を, 即ち腹腔温のそれを凌駕することはないにしても, それと大差なく經過するもので

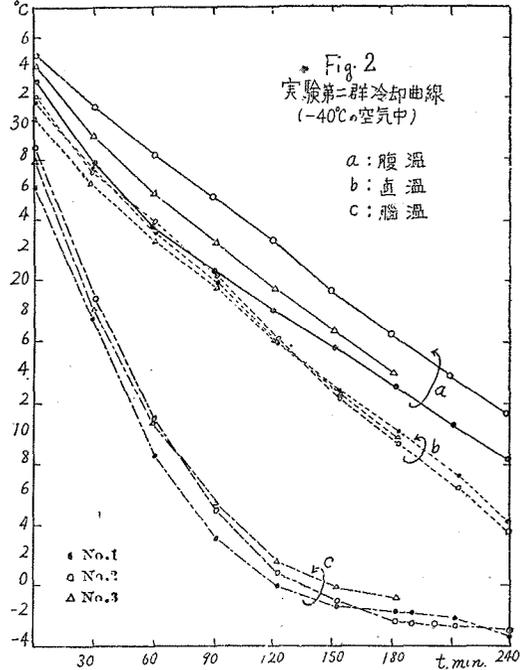
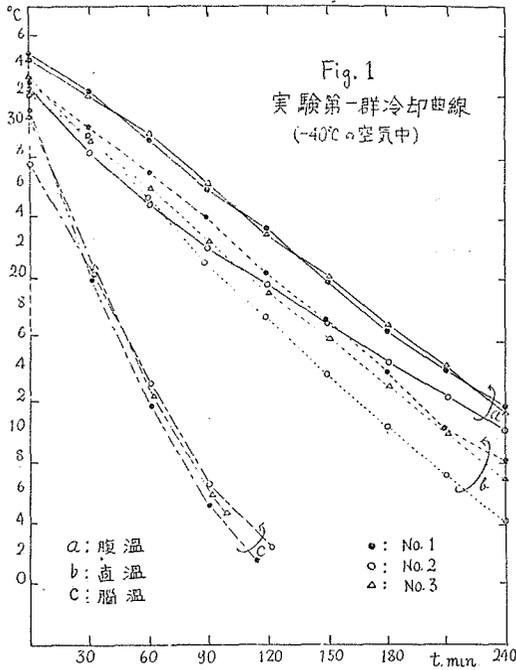
第 2 表 実験第 2 群

(低温室温  $-40^{\circ}\text{C}$ )

時間 (分)	No. 4 2.7kg, 牝, 室温 $13^{\circ}\text{C}$			No. 5 2.7kg, 牝, 室温 $17^{\circ}\text{C}$			No. 6 2.6kg, 牝, 室温 $12^{\circ}\text{C}$		
	腹温 ( $^{\circ}\text{C}$ )	直温 ( $^{\circ}\text{C}$ )	脳温 ( $^{\circ}\text{C}$ )	腹温 ( $^{\circ}\text{C}$ )	直温 ( $^{\circ}\text{C}$ )	脳温 ( $^{\circ}\text{C}$ )	腹温 ( $^{\circ}\text{C}$ )	直温 ( $^{\circ}\text{C}$ )	脳温 ( $^{\circ}\text{C}$ )
0	33.2	32.0	26.1	34.9	32.1	28.9	34.0	30.8	28.0
10	31.3	29.9	23.8	34.0	29.5	25.3	32.5	28.0	24.0
20	29.3	28.8	20.8	33.2	28.4	22.8	30.9	27.0	20.9
30	27.7	27.7	17.7	31.7	27.5	18.8	29.5	26.3	18.2
40	26.6	26.7	15.0	30.5	26.1	15.6	28.2	25.2	15.5
50	25.3	25.0	12.8	29.4	25.0	13.4	26.9	24.0	12.8
60	23.6	23.2	8.6	28.3	23.9	11.0	25.8	22.8	11.1
70	22.4	22.0	6.6	27.8	22.8	9.0	24.6	22.0	8.9
80	21.7	20.9	4.5	26.8	21.5	7.1	23.8	21.0	7.4
90	20.7	19.8	3.2	25.7	20.4	5.1	22.6	19.8	5.6
100	19.8	18.3	1.5	24.5	18.7	3.3	21.5	18.3	4.0
110	18.8	17.3	0.8	23.6	17.4	2.0	20.6	17.0	2.8
120	18.0	16.0	0.0	22.6	16.2	0.9	19.6	16.1	1.7
130	17.2	15.0	-0.4	21.5	15.0	0.0	18.6	15.0	0.7
140	16.4	14.0	-0.8	20.2	13.8	-0.7	17.7	13.9	0.1
150	15.6	12.9	-1.2	19.4	12.4	-1.2	16.6	12.8	-0.2
160	14.7	12.0	-1.4	18.3	11.2	-1.6	15.6	11.8	-0.4
170	13.8	10.9	-1.7	17.6	10.3	-2.1	14.9	10.8	-0.7
180	13.1	10.0	-1.7	16.6	9.3	-2.4	14.0	9.7	-0.7
190	12.4	9.0	-1.7	15.6	8.2	-2.5	—	—	—
200	11.4	7.9	-2.0	14.7	7.1	-2.5	—	—	—
210	10.7	7.1	-2.1	14.0	6.3	-2.6	—	—	—
220	9.8	6.0	-2.4	13.1	5.2	-2.8	—	—	—
230	9.0	5.0	-2.9	12.4	4.2	-2.8	—	—	—
240	8.4	4.0	-3.2	11.4	3.5	-2.9	—	—	—

あろうことが考えられる。冷却の速度から考えれば脳温のそれがもつとも早く、直腸温がこれに次ぎ腹温の冷却速度がもつとも遅い。即ち、これら三者は三様のそれぞれの冷却速度をもつて氷結点迄温度降下する。曲線の形より言えば腹温、直温は殆ど直線状に、脳温はある曲線を描いて温度降下し結氷点に近づく。結氷点は実験第 2 群の脳温の冷却曲線 (第 2 圖) に於ける水平部分に相当し、温度にして  $-1.0^{\circ}\text{C}$  ~  $-3.0^{\circ}\text{C}$  の間にある。この部分で脳組織では結氷と同時に組織中より放出遊離せられる潜熱と外界よりする喪熱とが丁度釣り合うため温度は降下せず、ために曲線は水平に走る。しかし組織がその有する潜熱を全部遊離し終ると再び温度は降下し始め、それは外界との温度平衡に達する迄続く。またこの測定条件によれば細胞組織の冷却に際しよく見られる過冷却の現象が認められない。

Newton の冷却法則によれば、物体の温度は外界と温度平衡に達する迄指数曲線をなして降下する。今、上の「グラフ」より腹、直、脳温に於て結氷点迄の冷却曲線の形を考えると、腹、



直温は勾配の緩かな，脳温は勾配の急な指数曲線をなしているように思われる。

このことを理論的に確むるためには次のようにすればよい。即ち Newton の法則を表す式

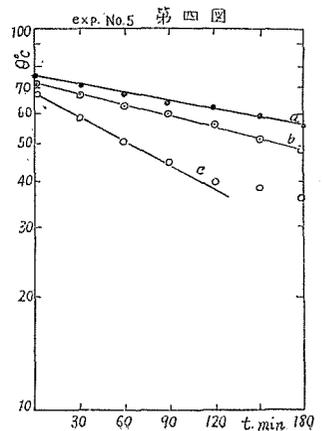
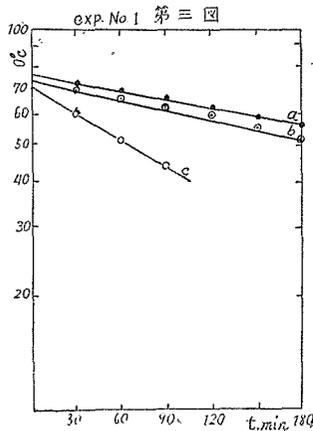
$$\theta = \theta_0 e^{-kt} \tag{1}$$

に於て兩邊の對數をとり常用對數に直せば

$$\log \theta = \log \theta_0 - 0.4343 kt \tag{2}$$

ここに  $\log \theta$ ,  $k$  はともに常數なる故 (2) 式は  $t$ ,  $\log \theta$  に關する一次式となる。したがつて時間 ( $t$ ) に對して溫度差  $\theta$  の對數 ( $\log \theta$ ) を圖示すれば直線を得る。よつて逆に第 1, 2 表より  $t$  及び  $\log \theta$  をとりグラフに圖示して直線が得られたとしたら  $t$ ,  $\theta$  の函數關係は (1) 式により表現され、指數曲線であると考えてよい。

實驗各例につき横軸に時間 ( $t$ , min.) を、縦軸に外界と物體との溫度差  $\theta$ °C (表中の實測値 + 40°C) の對數をとり圖示すると腹、直、腦温とも一樣にほぼ直線狀に配列する。但し腦温に於いては結氷點に近づくにつれ偏差が大きくなる。(第 3, 4 圖参照。但しグラフは半對數方眼紙を使用し exp. No. 1 及び exp.



No. 5 の二つのみを示した.)

以上により腹腔温, 直温, 脳温は何れも結氷點附近迄はその温度は時間の指數函数であり, したがつてこの場合に於いても, これら冷却曲線は Newton の法則と同様に

$$\theta = \theta_0 e^{-kt}$$

なる式により, 表現できると考えてよい. この場合, 常數  $k$  はその個體の測定部位の表面, 即ち喪熱面の性質及び組織の比熱, 熱傳導率によつて決る恆數である. また冷却速度は上式より

$$\frac{d\theta}{dt} = -k\theta$$

となる故  $k$  は次のような意味をも有する. 即ち外界と物體との温度差  $1^\circ\text{C}$  なる時, 物體の毎分の温度降下の度合を表わす. 即ち單位は  $^\circ\text{C} \cdot \text{min}^{-1}$  であり冷却速度恆數ともいう.

今, 實驗各例の個々の曲線を比較するに當つてこの曲線の勾配は言葉を代えて言うなら, その冷却速度はこの恆數  $k$  の大小によつて決る. したがつて個々の曲線を數量的に比較するにはこの  $k$  値を計測比較するとよい.

$k$  は曲線の任意の點に於いてその曲線に切線を引き, 時間軸との切線角  $\varphi$  の正切  $\tan \varphi$  より求めることができるが, この方法は不精確さを免かれぬので次のようにして求める. 本節 (第 4) の最初に述べた (2) 式を變形して

$$k = 2.303 \frac{1}{t} (\log \theta_0 - \log \theta)$$

これより  $k$  を求める.

第 3, 4, 5 表はこのように計算によつて求めた  $k$  の値を比較に便なるように腹, 直, 脳温の三つに分類し, 且つ大きい順に擧げたものである.

但し曲線上の 1 點のみより  $k$  を計算すると誤差が大きいので,  $30', 60', 90', 120', 150', 180'$  (脳温は  $20', 40', 60', 80', 100'$ ) の 6 點で  $k$  を求め, 表にはその平均値を擧げた. 表中  $r$  はこの確率誤差である. 今誤差理論の教える様に平均値を比較するに當つて (二つの平均値を  $m_1, m_2$  とし, その公算誤差を  $r_1, r_2$  とする時)  $\frac{m_1 + m_2}{\sqrt{r_1^2 + r_2^2}} > 3$  なる時のみ significant なるものとして

第 3 表 腹 温

	實驗 番號	性	色	體 重 (kg)	$k(^\circ\text{C} \cdot \text{min}^{-1})$	$r$	測 定 部 位 (熱電對接合點の位置)
I	4	♀	褐	2.7	$1.98 \times 10^{-3}$	$0.0574 \times 10^{-3}$	腹壁直下
	6	♂	褐	2.6	$1.87 \times 10^{-3}$	$0.0414 \times 10^{-3}$	〃
	2	♂	白	2.5	$1.80 \times 10^{-3}$	$0.0551 \times 10^{-3}$	肝臓縁下
II	5	♂	褐	2.7	$1.52 \times 10^{-3}$	$0.0153 \times 10^{-3}$	腸蹄脛内
III	1	♀	白	2.3	$1.42 \times 10^{-3}$	$0.0323 \times 10^{-3}$	胃壁
	3	♂	褐	2.4	$1.25 \times 10^{-3}$	$0.0715 \times 10^{-3}$	胃と肝臓との中間部

第4表 直 温

	実験 番號	性	色	體 重 (kg)	$k(^{\circ}\text{C. min.}^{-1})$	$r$
I	5	♂	褐	2.7	$2.10 \times 10^{-3}$	$0.0196 \times 10^{-3}$
	4	♀	褐	2.7	$2.04 \times 10^{-3}$	$0.0168 \times 10^{-3}$
II	6	♂	褐	2.6	$2.00 \times 10^{-3}$	$0.0207 \times 10^{-3}$
	2	♂	白	2.5	$1.90 \times 10^{-3}$	$0.0756 \times 10^{-3}$
III	3	♂	褐	2.4	$1.78 \times 10^{-3}$	$0.0284 \times 10^{-3}$
IV	1	♀	白	2.3	$1.53 \times 10^{-3}$	$0.0362 \times 10^{-3}$

第5表 膈 温

	実験 番號	性	色	體 重 (kg)	$k(^{\circ}\text{C. min.}^{-1})$	$r$
I	1	♀	白	2.3	$5.38 \times 10^{-3}$	$0.0784 \times 10^{-3}$
II	3	♂	褐	2.4	$4.91 \times 10^{-3}$	$0.0589 \times 10^{-3}$
	5	♂	褐	2.7	$4.86 \times 10^{-3}$	$0.0645 \times 10^{-3}$
	6	♂	褐	2.6	$4.86 \times 10^{-3}$	$0.1640 \times 10^{-3}$
	4	♀	褐	2.7	$4.73 \times 10^{-3}$	$0.1320 \times 10^{-3}$
III	2	♂	白	2.5	$4.04 \times 10^{-3}$	$0.0402 \times 10^{-3}$

個々の $k$ を比較することにする。

i) まず腹腔温について考える。

最初大體の豫想では兎體全體を一つの單位として見做し、兎體の總合比熱が個體により大差なく一定と考える時は、體重の大きいものほど熱容量が大きいからその冷却速度が遅くなり、したがって冷却速度恒數 $k$ の値が小さくなるだろうと考へた。ところが實驗の結果、この表によると體重と $k$ の間にはこんな直接の相關が認められないで、むしろ熱電對接合點の位置、即ち測定部位により冷却速度が異なると考へた方がより正しいようである。即ち實驗の誤差の範圍を越えて明らかに比較して意義あるのは I (腹膜直下、肝臟縁)、II (腸蹄係 Schlinge)、III (胃、肝臟部) の三つの場合であるが、この3部位に於ける $k$ の相違は明らかに測定部位により冷却速度が異なり、腹腔内部に進むほど即ち胃、肝臟のような高温臓器の部位に於いて冷却速度もつとも遅く、腹壁に近いほど即ち表在性になるほど冷却が早く進むものと考えたと説明がつく。もつとも今の場合、兎體よりの喪熱は蒸發によるものは無視し得るにしても(生體に於いても兎に於いては蒸發による失熱は大した役割を持つていない。況んや $-40^{\circ}\text{C}$ のような低外氣温に於いては物理的蒸發は殆ど行われぬものとみてよい) 低温室壁との熱の輻射に

よる熱の放散，兎體を圍繞する空氣の對流による喪熱及び固定壺を介して傳導による失熱とこの三つの機轉により行われるわけであり，このことを考慮に入れ兎體の冷却を考えれば，傳導にあずかる接觸面或は對流，輻射に關與する表面の面積とか或はその性質，即ち發毛の狀況，毛色，皮下脂肪の沈著の度合または筋肉組織の發育の程度，また内部發育組織の狀況といつたような熱傳導率乃至は外界への熱傳達を左右する要素が各個體により嚴密には異なつてはらずであり，これが兎體個々の場合の速度恒數 $k$ の値を決定する條件でもあるが，しかしこれらの要素による影響は個體により左程大きな相違はなく，各個體につき殆ど等しく同一であると考へてもよかるべく，表中に見られる $k$ の値の相違は結局，その組成均質な物體を物理的に冷却する時その表面ほど早く冷却が進むと同じように，測定部位そのものの體表よりの深淺により決ると推論して誤りないであろう。

ii) 次に直溫の場合に移る。

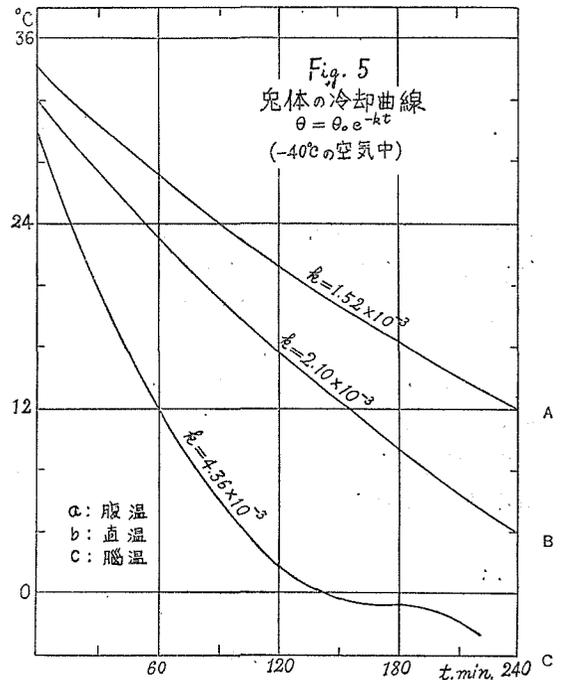
No. 5 と No. 4 及び No. 6 と No. 2 は誤差範囲内にあつて比較にならない。誤差を考慮に入れて分けると表のように I, II, III, IV の四つとなる。これら四つの場合の $k$ の値の相違は偶然では起り得ないことで，それには何か意味がなければならぬ。表より直に氣付くことは $k$ と體重とが逆の關係にあることである。即ち，體重の大きいものほど冷却が早いことになる。このことは次のように説明されないだろうか。即ちこの測定は各例とも常に同一「アルコール」寒暖計を用い，常に同じ長さ（8 cm）だけ肛門内に挿入測定した。したがつて體重の大きいものほど直腸部の長さが長いとすれば，寒暖計の「アルコール」溜頭の直腸内に於ける相對的位置は體重の大なる場合ほど淺在性で體表に近くなる。i) に於いて述べたと同じように體表に近いほど冷却が早いと考へれば速度恒數は直腸部に於いては體重の大きい場合ほど大きな値を示すはずである。

iii) 腦 溫

誤差範囲を考慮に入れる時比較し得る限界は表に示すように I, II, III の三つの場合であるが，この三つの場合に於ける $k$ の値の相違は，この表からだけでは説明がつかない。この實驗とは別に後の機會に頭蓋腔内の腦組織の質量を計測してみたが，それによると腦組織の質量とその個體の體重とは必ずしも平行關係にあるものではないようであるから，或は腦組織の質量の相違により，即ち各個體に於いて腦組織の熱容量の相違によつてその冷却の程度が異なるのかも知れない。この際，頭部以外の器管組織よりの熱の移動は考へなくてよい。何故なら動物の組織の熱傳導率は極めて小さく，ために腦組織はそれのみに於いて他の隣接身體各部器管，組織とは殆ど關係なく，局部的に冷却して行くと考へられるからである。また Balakirew<sup>5)</sup> (1929) によれば，腦組織の比熱は動物同一種族に於いてもその年齢，性等によりかなりの個體差があると言われる故に，この實驗例に於いても各個體の腦組織の比熱の相違のためこのような冷却速度恒數の値の相違を示すのかも知れない。またこの實驗に於いては腦溫度測定部位に直接に熱電對そのものを介して外界より冷却が進むのを避けるために，一旦熱電對を豫定され

た測定部位より 6 cm 隔つた點より皮下をくぐらして後、皮下に於いて測定部位腦組織に刺入する方法をとつている故、このような操作自身の術的誤差が各例に於いて異なつた程度にきいてゐるからかも知れない。何れにせよこれらの要因の總合されたものが  $\theta$  の値の決定にあずかつてゐるものであらう。

iv) 次に腹腔温、直腸温及び腦温の三つの場合を全體として總合的に比較すると、大體に於いて肝臓、胃のような熱容量の大きい高温臓器に近い腹腔部の冷却速度恒數の値がもつとも小さく、次いで直腸部で、腦組織のそれがもつとも大きい。これは腹腔中には肝、胃のような高温臓器が存在することの他に、なおその腹壁の構造が熱放散を防ぐに適するようになってゐる、即ち皮下に熱傳導率の悪い脂肪の沈着が比較的厚い。しかるに頭部に於いては腦組織の外側は熱傳導率の大きい薄い骨板であり、その外側に於いては皮下に脂肪層がないといった解剖學的構造上の相違が考えられよう。



今、腦、直、腹温の冷却様式をschematischに圖示すると第5圖のようになる。

### V. 結 論

以上を總括すると、

- 1) 死亡直後の兎體は大體 Newton の冷却法則にしたがつて冷却し、その温度は指數曲線をなして降下し結氷點に近づく。
- 2) 冷却は一般に體表面に近いほど早い。
- 3) 身體部位別に見れば頭部腦組織がもつとも早く、次いで直腸部、そして肝臓、胃のような熱容量の大きい高温臓器近くの腹腔部の冷却がもつともおそい。

終に臨み、終始御懇篤なる御指導御校閲を賜つた恩師中村教授並びに御助言を辱うした應用物理部門吉田教授に滿腔の感謝を捧げるとともに、常に熱誠な御援助御鞭撻をいただいた根井、吉本兩助教授に深謝致します。

### 文 獻

1) 理化學辭典，岩波，(昭 20) p. 1129.

- 2) Jensen, P. 1913 Zur Analyse der Abkühlungskurven des Muskels und einiger anderen Körper. *Z. allg. Physiol.*, **14**, 320.
- 3) 田中正之 1950 凍死に関する實驗的研究, 特に凍死過程の腦波に就て. *低温科學*, **3**, 261.
- 4) 森田貞美 1950 凍死に関する實驗的研究, 特に心臓機能の役割に就て. *低温科學*, **3**, 287.
- 5) Balakirew, p. 1929 Die spezifische Wärme des Zentralnervensystems der Tiere und Menschen. *Biochem. Zeitschr.*, **216**, 313.

---

### Résumé

These experiments were undertaken to compare the cooling process of dead body with that of living body. Immediately after the artificial abrupt death of the rabbit (by intravenous injection of air), dead body was brought into cold room ( $-40^{\circ}\text{C}$ ). Body temperatures (cerebral, abdominal and rectal) were measured by two thermocouples and an alcohol thermometer. Results obtained were as follows.

- 1) Body temperatures declined exponentially, according approximately to Newton's cooling law.
- 2) Constant of cooling rate revealed the highest value in superficial organ (cerebrum) and the lowest in abdomen.