

# 酸素不足ノ呼吸機轉ニ及ボス影響

## 第3編 低壓ノ肝臟ニ於ケル酸素擴散速度ニ及ボス影響

金澤醫科大學谷野内科教室(主任谷野教授)

高 橋 實

(昭和11年8月13日受附 特別掲載)

### 目 次

第1章 緒 言	第5項 實驗値 $Q_{O_2}$ ヲ理論値 $Q_{O_2}$ ニ換算スルコト
第2章 實驗方法	1. 實驗式ヲ求ムルコト
第1節 實驗理論	2. 換酸係數ヲ求ムルコト
第1項 組織切片ノ厚サト呼吸係數 トノ關係(兩者ノ函數的關係)	第6項 計 算 法
第2項 呼吸ノ大イサガ酸素分壓ニ 殆ソド無關係ナルコト	1. 公 式
第3項 限界切片ノ厚サ( $Gsd$ )ト組 織内酸素擴散恒數トノ關係	2. 「プロトコール」ノ1例
第2節 實驗ノ方針	第7項 測定値信用度ノ吟味
第3節 實驗ノ實施	第8項 實驗方法考按
第1項 $Q_{O_2}$ 及ビ $Q_{O_2}$ ヲ求ムルコ ト	第3章 實驗材料
第2項 切片ノ厚サ $d$ ヲ求ムルコト	第4章 實驗成績
1. 組織ノ比重ノ求メ方	第1節 對 照 値
2. 乾燥重量ト濕重量トノ比ヲ求 ムルコト	第2節 1000米ノ高サニ相當スル低壓 ノ作用セル場合
3. 組織呼吸ニ使用スル切片ノ作 リ方	第3節 2000米ノ高サニ相當スル低壓 ノ作用セル場合
4. 切片ノ面積ヲ計ルコト	第4節 4000米ノ高サニ相當スル低壓 ノ作用セル場合
5. 切片ノ厚サ $d$ ノ算出	第5章 實驗成績總括
第3項 組織1立方厘米ノ酸素消費量 Aノ値ヲ求ムルコト	第1節 酸素擴散恒數ノ成績總括
第4項 酸素ノ分壓 $Co$ ノ値ヲ求ム ルコト	第2節 比重乾燥重量ト濕重量トノ比 及ビ酸素消費量ノ成績總括
	第6章 考 按
	第7章 結 論
	文 獻

### 第1章 緒 言

余ハ第2編ニ於テ白色廿日鼠ヲ使用シテ低壓作用後ニ於ケル組織呼吸ノ變化ハ臟器ニヨツテ特異ナルモノナルコトヲ證明記載シタ。低壓即チ酸素分壓ノ低下ニ遭遇セル場合ニ動物ハ之ニ適應スル生活反應ヲ招致スルト一般ニ考ヘラレルノデアルガ組織中ノ酸素擴散速度ハ此ノ場合如何ナル役割ヲナスモノデアルカラ検索スルハ必要ニシテ興味ヲ感ズル所デアル。何

ントナレバ組織細胞ニ對スル酸素ノ供給狀態ヲ論ズルニ當ツテハ其ノ組織ニ對スル酸素擴散速度ヲ考慮セナケレバナラヌカラデアル。

氣體ノ擴散ニ關スル文獻ヲ見ルニ、1875年<sup>(1)</sup> Exner ニヨツテ各瓦斯體ガ同一液體內ニ滲透スル割合ハ其ノ瓦斯體ノ吸收係數ニ比例シ、瓦斯體ノ分子量ノ平方根ニ逆比ノ關係ニフルコトガ認めラレタ。次デ1878年<sup>(2)</sup> Stefan ガ直接ニ炭酸瓦斯ニ就テ擴散ノ割合ヲ測定シタ。然シテ1897年<sup>(3)</sup> Hüfner ハ水ヲ通シテ擴散スル種々瓦斯體ノ擴散ノ割合ヲ直接測定シテ瓦斯壓一氣壓ノ時1cmノ厚サヲ有スル1cm平方ノ廣サカラ24時間ニ滲透通過スル瓦斯體ノ量ヲ擴散恒數トシタ。其ノ他滲透ニ關スル研究ハ近時盛ントナレル様デアルガ動物組織ニ對シテノ擴散恒數ノ測定セラレタルモノ少ク只1919年<sup>(4)</sup> Krogh ニ依ツテ1, 2組織ニ於ケル $O_2$ 及 $CO_2$ ノ擴散ノ割合ガ研索セラレタニ過ギナイ。氏ハ特別ナル裝置ヲ創案シテ組織膜ヲ隔テ10數時間内ニ瓦斯體ノ移動セル量ヲ測定シ1分間ニ1cm平方ノ廣サニ於テ厚サ $1\mu$ ヲ通シテ移動シタ瓦斯量ヲ組織膜ヲ隔テタル兩側ノ瓦斯壓ノ差ガ一氣壓トシテ換算シ之ヲ擴散恒數トシテ組織ノ瓦斯體通過ノ割合ヲ比較シ殊ニ酸素ニ就テ詳述シタ。彼ハ筋肉、結締織、ゲラチン Chitin 及ビ indiarubber ニ就テ酸素通過ノ速度ヲ測定シ夫々ノ酸素擴散恒數ヲ次ノ如ク示シタ(第1

第 1 表

物 質	$O_2$ 擴散恒數 ( $cc \times 10^{-1}$ )	研 究 者
水	3.4	Hüfner
ゲラチン	2.8	Krogh
筋 肉	1.4	"
結 締 織	1.15	"
肝 臟	0.95	高 橋
indiarubber	0.77	Krogh
chitine	0.13	"

\* 余ハ後述スル方法ニヨツテ肝臟組織ノ酸素擴散恒數ヲ求メタルニ略0.95ナルヲ知リタルニヨリ此ノ表中ニ添記シタ。

表參照)。

Krogh ハ表中ニ見ルヤウニ彼ノ要約ニ於テハ筋肉組織ノ酸素擴散恒數ハ大略 $1.4 \times 10^{-1}$ ナルコトヲ記載シテキルカラ<sup>(5)</sup> Warburg 一派ハ之ヲ限界切片厚ノ理論的誘致ニ使用シテオル。

動物組織中ノ酸素ノ擴散速度ヲ研究スルコトハ殊ニ酸素ヲ一營養素ト見做シ得ル礎地ニ於テ生理學的及ビ病理學的ニ必要ナルニ拘ラズ今日マデノ研究ハ多クナイ。生體組織ノ酸素擴散速度ヲ論ズル爲メニハ組織ガ充分保中ニ之ヲ測定スルコトガ必要デアル。然ルニ Krogh ノ方法ニ據ツテハ此ノ目的ヲ達シ難イ。故ニ余ハ Warburg ノ組織呼吸測定法ノ舊法ヲ應用シテ保命組織ニ就テ組織中ノ酸素擴散恒數ヲ測定スル方法ヲ考案シタ。本編ニ於テハ之ヲ應用シテ低壓作用後ノ動物ノ肝臟組織内ニ於ケル酸素擴散恒數ノ變化狀態ヲ研究シタル成績ヲ記載スル。

## 第2章 實 驗 方 法

### 第1節 實 驗 理 論

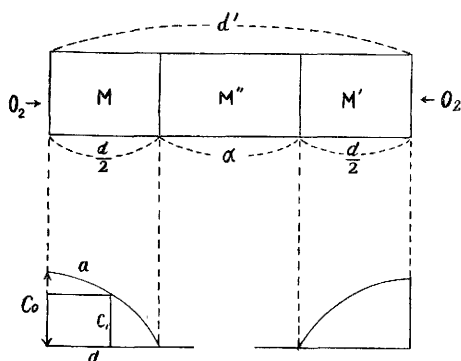
#### 第1項 組織切片ノ厚サト呼吸係數トノ關係(兩者ノ函數的關係)

保命組織切片ヲ「リンゲル氏液或ハ其ノ他ノ浮游液内ニ於テ呼吸セシムル時酸素ノ濃度ガ切片ノ表面ヨリ内部ニ向ツテ次第ニ減少シ其ノ濃度ガ零ニナル點ガ存在スル筈デアル。充分ニ薄キ組織切片ハ浮游液内ニ於テ主トシテ2表面ヨリ酸素ノ侵入ヲ蒙ルノデアルカラ、組織切片ノ表面ヨリ組織内ノ酸素濃度ガ初メ

テ零トナツタ點マデノ距離ノ2倍ヲ Warburg 一派ガ限界切片厚ト云ツテアル。

今切片ノ厚サガ限界切片厚 (Grenzschichtdicke 以下 Gsd ト略稱ス) ヲ越シタ厚サヲ有スル場合ヲ考察スルニ今假ニ或ル切片ガアツテ其ノ Gsd ガ dmm デアツタトスルナラバ、此ノ切片ニ於テ表面ヨリ  $\frac{d}{2}$  mm ノ距離ノ點ヨリ内部ニ於テハ酸素ノ濃度ガ零デアルカラ此ノ點ヲ越シタ組織部分ハ呼吸ヲ營ミ得ナイノデアアル。今 Gsd ヲ越ユル適當ニ厚キ切片ヲ假定シ其ノ厚サヲ  $d+\alpha=d'$  mm トスル、カ、ル切片ノ場合デモ表面ヨリ  $\frac{d}{2}$  mm 以内ノ距離ニアル組織部分ノ單位體積ガ消費スル酸素量ハ切片ノ厚サガ Gsd 以内デアルト等シクナクテハナラナイ。此ノ關係ハ第1圖ニ示スガ如ク M 及ビ M' ノ部分ガ夫々2表面ヨリ  $\frac{1}{2}$  Gsd  $= \frac{d}{2}$  mm ノ距離マデノ部分トスルナラバ此ノ M 及ビ M' ノ部分ノミガ酸素ヲ消費シテ M'' ノ部分ハ酸素

第 1 圖



曲線 a ハ組織内ノ酸素壓ノ大略ヲ示ス

$C_1 = C_0 - K \cdot d_2$  ナル關係ニアリ。

(q) ヲ算出スル時ハ

$$\frac{S}{F \cdot d'} = \frac{S}{F(d+\alpha)} = q$$

ナル關係トナリ q ハ凡テノ單位體積ニ於ケル平均ノ酸素消費量ヲ示ス。

而シテ  $S = F \cdot d \cdot P = F \cdot (d+\alpha) \cdot q \dots \dots \dots (1)$

デアルカラ  $\alpha$  ノ値ガ大ナレバ大ナル程 q ノ値ガ小トナル。即チ切片ノ厚サガ Gsd ヲ越ユルコト大ナレバ大ナル程 q ノ値ガ小トナルコトガ判ル。

然シテ一方 M 及ビ M' ノ部分及ビ  $M+M'+M''$  即チ限界切片厚以内ノ切片部分及ビ切片全體ノ乾燥重量ヲ夫々 m 及ビ m' トナス時ハ  $\frac{S}{m}$  及ビ  $\frac{S}{m'}$  ハ夫々 Warburg ノ呼吸係數ヲ表ス (但シ S ハ mm<sup>3</sup> ヲ單位トスル) 其ノ絶對値ヲ夫々  $|Q_{O_2}|$  及ビ  $|Q_{O_2}|_2$  ニテ表ストキハ

$$m |Q_{O_2}| = S$$

$$m' |Q_{O_2}|_2 = S$$

$$\therefore \frac{m}{m'} = \frac{|Q_{O_2}|_2}{|Q_{O_2}|} \dots \dots \dots (2)$$

又  $d (=Gsd)$  及ビ  $d'$  ガ m 及ビ m' ニ對スル關係ハ次ノ通りデアアル。

$$d = \frac{m \cdot K}{F \cdot S}$$

$$d' = \frac{m' \cdot K}{F \cdot S}$$

$$\therefore \frac{d}{d'} = \frac{m}{m'} \dots \dots \dots (3)$$

消費ガ不可能デアアル。

此ノ M 及ビ M' ノ部分ニ於テ單位時間内ニ消費シタ酸素ノ量ヲ S トシ又此ノ切片ノ廣サヲ F トスル時ハ此ノ兩部分ノミノ體積ハ  $F \cdot d$  ナルガ故ニ

$$\frac{S}{F \cdot d} = P$$

ト置ク時 P ハ此ノ切片ガ Gsd 以内デアツタ場合ノ組織單位容積ノ酸素消費量ニ等シイ。

然ルニ組織切片ガ Gsd ヲ越シタ厚サヲ有スル場合ニハ必ず M'' ノ部分即チ呼吸不可能ナル組織部分ヲ伴フノデアアル、從ツテ此ノ切片ニ於ケル酸素消費量モ亦 S デアル、此ノ場合ノ切片全體ノ體積ハ  $F \cdot d'$  デアルカラ是ノ如キ切片デ單位體積ノ酸素消費量

但シKハ組織ノ濕重量ト乾燥重量トノ比

s ハ組織ノ比重

F ハ組織切片ノ廣サ

(3)式ヲ2式ニ代入シテ

$$\frac{d}{d'} = \frac{[Q_{O_2}]_2}{[Q_{O_2}]}$$

$$d = \frac{[Q_{O_2}]_2 \cdot d'}{[Q_{O_2}]} \dots \dots \dots (4)$$

トナル、

實驗ニ依ツテ  $d'$ ,  $[Q_{O_2}]$  及ビ  $[Q_{O_2}]_2$  ハ夫々求メ得ル可能性ガ充分アル、之等ノ値ヲ求メ得ルナラバ  $d$  即チ Gsd ヲ算出シ得ル、

$$\text{又 } [Q_{O_2}] = \frac{[Q_{O_2}]_2 \cdot \text{Gsd}}{d'} \dots \dots \dots (5)$$

トナルカラ  $d'$  ガ大ナレバ大ナル程  $[Q_{O_2}]_2$  ガ小トナルコトガ判ル、

$[Q_{O_2}] \cdot \text{Gsd}$  ハ一定ノ酸素壓中ニ於テハ組織ガ同一デアリ擴散恒數ガ同一デアツタナラバ不變デアル、故ニ  $[Q_{O_2}] = y$

$d' = x$  ト置ク時ハ此ノ條件ノ下ニ於テハ

$$y = [Q_{O_2}] \cdot \text{Gsd} \cdot \frac{1}{x} \dots \dots \dots (6)$$

但シ  $x > d$

トナリ、 $y = F(x)$  ノ「グラフ」ハ一ツノ双曲線トナルコトガ判ル、

## 第2項 呼吸ノ大イサガ酸素分壓ニ殆ンド無關係ナルコト

先キニ第1項ニ於テ述べタルガ如キ理論ノ成立スルニハ酸素分壓ニヨツテ呼吸ノ大イサガ變化セザルモノデアルト見做シ得ル必要ガアル、一般ニハ酸素壓ガ殆ンド零ニナルマデ呼吸ノ大イサガ變化セナイモノト見做サレ得ルノデアル、之ハ文獻ニモ見ル所デアツテ其ノ理論ハ次ノ通りデアル、

(藤田秋治、醫學生物學研究領域ニ於ケル檢壓法ト其ノ應用参照)

次ノ符合ハ夫々次ノ意味ヲ有スルモノトス、

CFe = 酵素鐵還元型ノ濃度

CFeO<sub>2</sub> = 酵素鐵酸化型ノ濃度

CΣFe = 以上兩者ノ和 (CFe + CFeO<sub>2</sub>)

Po<sub>2</sub> = 酸素壓

B = Fe ノ酸化ノ速度恒數

B' = FeO<sub>2</sub> ノ自發性分解ニヨル還元速度恒數

B'' = FeO<sub>2</sub> 呼吸ニヨル還元速度恒數

A = 呼吸量

t = 時間

若シ組織細胞ガ充分燃焼物質ヲ含ンデ居ルトスレバ平衡狀態ニ於テ

$$\frac{dCFeO_2}{dt} = 0$$

然シテ酸化セラル、又還元セラル、ノデアルカラ

$$Po_2 \cdot B \cdot CFe - (B' + B'') CFeO_2 = 0 \dots \dots \dots (1)$$

又平衡状態ニ於テハ  $\text{FeO}_2$  ノ生成セラル、丈ヲ呼吸ニヨツテ分解スルノデアルカラ

$$\text{Po}_2 \cdot \text{B} \cdot \text{CFe} = (\text{B}' + \text{B}'') \text{CFeO}_2 = \text{A} \dots \dots \dots (2)$$

$\text{B}'$  ハ  $\text{B}''$  ニ比シテ小ニシテ無視出來ルカラ

$$\text{Po}_2 \cdot \text{B} \cdot \text{CFe} = \text{B}'' \cdot \text{CFeO}_2 = \text{A} \dots \dots \dots (3)$$

$$\text{又 } \text{CFeO}_2 = \text{C}\Sigma\text{Fe} - \text{CFe} \dots \dots \dots (4)$$

(4) 式ヲ (3) 式ニ代入シテ

$$\text{A} = \text{B}'' (\text{C}\Sigma\text{Fe} - \text{CFe}) \dots \dots \dots (5)$$

$\text{CFe}$  ハ普通  $\text{C}\Sigma\text{Fe}$  ニ比シテ小ニシテ無視スルコトガ出來ルカラ

$$\text{A} = \text{B}'' \cdot \text{C}\Sigma\text{Fe} \dots \dots \dots (6)$$

即チ  $\frac{d\text{CFeO}_2}{dt} = 0$  ナル條件ニ於テ呼吸量ハ  $\text{Po}_2$  ニ無關係デアル。

又  $\frac{\text{B}}{\text{B}''}$  ノ値ハ Warburg u. Kubowitz ノ *Micrococcus candidans* ニ就テノ測定ニヨレバ  $10^\circ\text{C}$  ニ於テ

$$\frac{\text{B}}{\text{B}''} \leq 100,000 \dots \dots \dots (7)$$

デアルコトガ知ラレテ居ル。即チ  $10^\circ\text{C}$  ニ於テ酸素壓一氣壓ノ場合ニハ  $\text{CFeO}_2$  ハ少クモ  $\text{CFe}$  ノ 10 萬倍デアルカラ呼吸ニヨツテ還元セラル、丈酸化セラル、モノナルコトガ判ル。故ニ  $\text{Po}_2$  ガ 10 萬分ノ 1 氣壓ニナルマデ、 $\frac{d\text{CFeO}_2}{dt} = 0$  デアリ得ル。換言スレバ此ノ範圍内ニ  $\text{Po}_2$  ノ大イサガアル場合ニハ呼吸ノ大イサガ不變デアリ得ル。實際的ニハ酸素壓ガ殆ンド零ニナルマデ呼吸ノ大イサガ不變デアルト見做シ得ルコトガ判ル。

### 第3項 限界切片ノ厚サ (Gsd) ト組織内酸素擴散恒數トノ關係

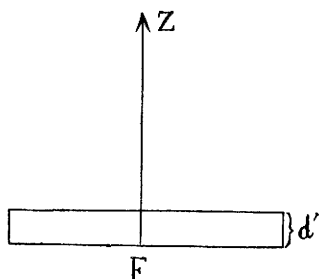
先キニ第1項及ビ第2項ニ於テ  $[\text{QO}_2]_2$ ,  $[\text{QO}_2]$  及ビ  $d'$  ノ關係カラ Gsd 即チ限界切片厚ノ値ヲ求め得ルコトガ明カトナツタ。

更ニ Gsd ト組織内酸素擴散恒數トノ關係ハ次ノ様デアル。

組織内ノ一定點ニ於ケル酸素ノ濃度ハ組織ニ對スル酸素ノ擴散恒數、組織内ノ酸素消費量及ビ外界ノ酸素壓ニヨツテ定マル。

今底面 F ナル面サヲ有スル組織切片ヲ假定シ其ノ底面ヨリ z ノ方向ニ z ノ距離ニ於ケル dz ノ厚サヲ有スル微細切片ヲ假定スルニ z ノ位置ニ於テ dt 時間内ニ通過スル酸素量ハ

#### 第 2 圖



$$-D \cdot F \cdot \frac{dc}{dz} \cdot dt$$

$D$  = 酸素ノ組織ニ對スル擴散恒數

$\frac{dc}{dz}$  = 擴散距離ニ於ケル濃度ノ變化即チ擴散勾配デアル。

又同一時間内ニ厚サ dz ノ微細切片ノ他面ヲ通過スル酸素量ハ

$$-D \cdot F \cdot \left( \frac{dc}{dz} + \frac{d^2c}{dz^2} \cdot dz \right) dt$$

デアル。而シテ之等ノ關係ガ平衡状態ニアル故ニ微細切片中ニ於ケル酸素濃度ハ一定デアル。從ツテ z ノ面ニ於テ微細切片中ニ侵入スル酸素量ト z + dz ノ面ヨリ逃レ出ル酸素量トノ差ハ組織片ノ酸素消費量ニ等シクナクテハナラナイ。

故ニ

$$-D \cdot F \cdot \frac{dc}{dz} \cdot dt + D \cdot F \cdot \frac{dc}{dz} \cdot dt + D \cdot F \cdot \frac{d^2c}{dz^2} \cdot dz \cdot dt = A \cdot F \cdot dz \cdot dt.$$

但シ  $A =$  單位體積單位時間內ニ組織ガ消費スル酸素ノ量デアル。

從ツテ

$$\frac{d^2c}{dz^2} = \frac{A}{D} \dots \dots \dots (1)$$

此ノ式ニヨツテ  $z$  ノ方向ニ於テ組織内ノ酸素濃度勾配ノ變化ノ度合ガ一定デアルコトガ判ル。

(1) 式ヲ積分シテ

$$\frac{dc}{dz} = \frac{A}{D}z + C_1 \dots \dots \dots (2)$$

$$C = \frac{A}{2D}z^2 + C_1z + C_2 \dots \dots \dots (3)$$

(3) 式ニ於テ積分常數  $C_2$  ハ  $z=0$  ナル時ニ於テ浮游液内ノ酸素壓ト等シク之ヲ  $C_0$  ト置クコトガ出來ル。

又切片ノ厚サ  $d'$  ガ零及ビ 限界切片厚ノ間ニアルコトノ條件ニ於テ  $z = \frac{d'}{2}$  ナル點ニ於テ  $\frac{dc}{dz} = 0$  トナルカラ之等ヲ (2) 式ニ代入シテ

$$\begin{aligned} \frac{A}{D} \cdot \frac{d'}{2} + C_1 &= 0 \\ C_1 &= -\frac{Ad'}{2D} \dots \dots \dots (4) \end{aligned}$$

(4) 式ヲ (3) 式ニ代入シテ

$$C = \frac{A}{2D}z^2 - \frac{Ad'}{2D}z + C_0$$

若シ  $z = \frac{d'}{2}$  ト置ケバ切片ノ中心部ニ於ケル酸素ノ濃度ガ得ラレルカラ之ヲ置キ換ヘル時ハ

$$C = \frac{A}{2D} \cdot \frac{d'^2}{4} - \frac{Ad'}{2D} \cdot \frac{d'}{2} + C_0 = C_0 - \frac{Ad'^2}{8D} \dots \dots \dots (5)$$

若シ  $d'$  ガ小サケレバ  $C$  ハ殆ンド  $C_0$  ニ等シク  $d'$  ガ増加スルニツレテ  $C$  ハ次第ニ小トナリ 零トナツタ時ノ  $d'$  ハ限界切片厚  $d$  デアルカラ

$$C_0 = \frac{Ad^2}{8D} \dots \dots \dots (6)$$

$$D = \frac{Ad^2}{8C_0} \dots \dots \dots (7)$$

Warburg; Über den Stoffwechsel der Tumoren. Berlin, 1926 S. 70 参照

第7式ニヨリ限界切片厚ハ組織ノ酸素消費量ガ大ナレバ大ナル程小トナリ 擴散恒數ガ大ナレバ大ナル程大トナルコト及ビ浮游液内ノ酸素分壓ガ一定ナル時ニハ限界切片厚ガ大ナル爲メニハ酸素擴散恒數ガ大デナクテハナラナイコトガ判ル。又實驗的ニ  $C_0$ ,  $A$  及ビ  $d$  ノ値ヲ求メ得ル時ハ  $D$  ノ値ヲ算出スルコトガ出來ルコトガ明カトナツタ。

## 第2節 實驗方法ノ方針

第2章第1節ニ於テ記述セシ所ニヨリ  $|Q_{O_2}|$ ,  $|Q_{O_2}|_2$  及ビ  $d'$  ヲ知ルコトニヨリ  $Gsd=d$  ノ値ヲ算出スルコトノ出來ルコトヲ知り、又前節ニヨリ  $C_0$ ,  $A$  及ビ  $d$  ガ既知ナル場合ニハ  $D$  (擴散恒數) ヲ求メ得ルコトヲ知ツタノデアルカラ實驗ニヨリ次ニ列記スル諸項ヲ測定セバ  $D$  ヲ求メルコトガ出來ル。

1.  $|Q_{O_2}|$     2.  $|Q_{O_2}|_2$     3.  $d'$     4.  $A$     5.  $C_0$

次ニ順ヲ追フテ上記5項ノ値ヲ求ムルコトヲ記載スル。

## 第3節 實驗實施

### 第1項 $|Q_{O_2}|$ 及ビ $|Q_{O_2}|_2$ ヲ求ムルコト

Warburg (5) 舊法ヲ應用ス.

呼吸槽ハ錐狀器

浮游液ハ次ノ處方ニヨル.

0.9 g/dl NaCl	1.15 g/dl KCl
1.3 g/dl NaHCO <sub>3</sub>	1.22 g/dl CaCl <sub>2</sub>

以上ノ如キ各原液ヲ

NaCl 液 100cc	KCl 液 2cc
CaCl <sub>2</sub> 液 2cc	NaHCO <sub>3</sub> 液 2cc

ノ割合ニ混シタルモノヲ使用シ組織片ヲ該液 2cc 中ニ浮游セシム.

副室ニハ 7% NaOH 溶液 0.1cc ヲ入ル.

恒温槽温度 37.5°C

實驗時間 30 分

振盪數ハ毎分 60 回振幅約 10cm

瓦斯腔ハ [QO<sub>2</sub>] ヲ求ムルモノニハ 90—97% O<sub>2</sub> ヲ苛性曹達溶液 (30%) ヲ通過セシメタルモノヲ使用シ [QO<sub>2</sub>]<sub>2</sub> ヲ求ムルモノハ空氣ヲ使用シタ. 而シテ法ノ如ク組織ノ乾燥重量ヲ求メ Warburg ノ呼吸係數ヲ算出シタ.

## 第 2 項 切片ノ厚サ d' ヲ求ムルコト

呼吸係數測定ニ使用シタ組織切片ノ乾燥重量ヲ求メ (之ハ呼吸係數ヲ求ムル爲メニモ必要ナリ) 更ニ同一組織ノ比重, 乾濕重量ノ比及ビ切片ノ廣サヲ求メテ算出スル.

1) 比重 s' ヲ求メ方

室溫 18°C ニテ調製シタル 0.9% 食鹽水ハ比重  $\left(\frac{180}{40}\right) = 1.00863$  デアル.

組織ノ空氣中ニ於ケル重サヲ a トシテ該食鹽水中デノ重サヲ b トスル時ハ其ノ組織體積 V ハ 18°C ニ於テ次ノ如クデアル.

$$V = \frac{a-b}{1.00863}$$

從ツテ今組織ノ膨脹率ヲ水ノ夫ト略同様ト見做ス時ハ 37.5°C ニ於ケル該組織ノ體積 V' ハ次ノ式ニテ現サレル.

$$V' = V \frac{37.5^\circ\text{C} \text{ニ於ケル水 } 1\text{grノ容積}}{18^\circ\text{C} \text{ニ於ケル水 } 1\text{grノ容積}} = \frac{a-b}{1.00863} \times \frac{1.00865}{1.00138} = (a-b) 0.09686 \div a-b$$

故ニ  $s\left(\frac{37.5^\circ\text{C}}{40^\circ\text{C}}\right) = \frac{a}{a-b}$  ト見做スコトガ出來ル.

故ニ比重ハ次ノ如クシテ測定シタ. 組織呼吸測定用切片ヲ切り取りタル殘リノ組織ヲ可及的薄ク切り實驗(呼吸測定)ノ濟ムマデ組織浮游液ト同様ナル液中ニ浸シ置キ後豫メ濕シ置キタル吸墨紙上ニテ水分ヲ取リテ 500mg マデノ Tornswage ニテ重サヲ測定シ後之ヲ風袋共ニ上述セル食鹽水中ニテ測定セリ. 此ノ際組織ノ重量ハ空氣中ニテ 300—400mg ヲ使用セリ. 風袋ノ吊下ノ部分ガ 20cm ニシテ重量 62.5mg 食鹽水中ニテ 61.0mg ノモノデアル. 水中ノ重量ヲ測定スルニハ内容約 300cc ノ「ベツヘル」ニ充分食鹽水ヲ入レ, 組織片ガ風袋共ニ其ノ中央ニ位スル様ニナス時ハ表面張力ノ障礙殆ンド無ク測定スルコトヲ得.

2) 乾燥重量(m)ハ濕重量(a)トノ比(K)ヲ求ムルコト上述ノ如ク比重ヲ測定セシ後ニ之ヲ 100°C ノ乾燥器ニテ乾燥セシメ後室溫トナシ Tornswage ニテ測定セリ. 乾燥ニ際シテハ組織切片ヲ豫メ重量ヲ測定セシ 2×2cm 位ノ吸墨紙(充分乾燥セリ)ノ上ニ載セタ.

第 2 表

空氣中ノ 重量 amg	水中ノ重 量 bmg	乾燥重量 mmg	比 重 s	$K = \frac{a}{m}$
364.5	15.3	70.0	1.0438	5.207
328.5	14.0	61.8	1.0445	5.316
377.0	16.0	71.0	1.0443	5.310
平 均			1.0442	5.278

次ニ實驗ノ「プロトコール」ノ 1 例ヲ示セバ第 2 表  
ノ通りデアル。

表ハ同一組織ニ就イテ同様ナ測定ヲ 3 回試シ其ノ  
平均ヲ求メタモノデアル。

3) 組織呼吸測定ニ使用スル切片ノ作り方鋭利ナ  
洋型剃刀ニテ可及的廣ク切片ヲ作り(熟練ヲ要ス)  
之ヲ濾紙上ニ浮游液中ニテ載セ靜カニ液外ニ出シ直

徑 6mm ヲ有スル鋭利ナル穿孔器ニテ 血管其ノ他ノ穿孔ヲ有セザル厚サ一様ナル部分ヲ切り取ル時ハ圓形  
ノ切片ヲ得ル。此ノ際液中ヨリ靜カニ又水平ニ取り出サザレバ切り取りタル後橢圓形トナルコトガアル。

4) 切片ノ面積(F)ヲ計ルコト

呼吸測定ノ實驗終了後壁ノ薄キ小ナル「シヤーレ」ニ浮游液ヲ入レ此ノ内ニ切片ヲ沈メ 1mm ノ方眼紙上  
ニテ直徑ヲ計レバヨイ。擴大レンズニテ 0.1mm マデ目測スルノデアル。直徑 6mm ノ穿孔器ニテ切り取  
レルモノナルモ「リングル液」中ニテ必シモ 6mm ノ直徑ヲ有セル組織切片ヲ得ラレナイ。

5) 切片ノ厚サ(d')ノ算出

以上ノ如クシテ組織比重乾燥重量ト濕重量トノ比切片ノ面積、乾燥重量ヲ求ムルコトガ出來ルノデアル  
カラ之ヨリ切片ノ厚サヲ算出スルコトガ出來ル。

$$d' = \frac{m \cdot K}{s \cdot F}$$

### 第 3 項 組織 1 立方糎ノ酸素消費量 A ノ値ヲ求ムルコト

$|Q_{O_2}|$  ハ組織ノ乾燥重量 1mg ガ 1 時間ニ消費スル酸素ノ量 (mg) デアルカラ組織 1cm<sup>3</sup> ガ 1 分間ニ消費ス  
ル酸素ノ量ハ次ノ式ニテ求ムルコトヲ得ル。

$$A = \frac{Q_{O_2} \cdot S}{60K}$$

A = 組織 1cm<sup>3</sup> ガ 1 分間ニ消費スル酸素量(cc)

$$s = \text{組織ノ比重} \left( \frac{37.5^\circ}{4^\circ} \right)$$

$$K = \frac{\text{濕重量}}{\text{乾燥重量}}$$

### 第 4 項 酸素ノ分壓 Co ノ値ヲ求ムルコト

空氣ガ「リングル液」ニ接シテ 37.5°C ニ閉鎖サレ平衡セル 場合ニ於ケル酸素分壓ハ空氣中ノ酸素ノ %ヲ 21  
%ト見做スコトガ出來ルカラ次ノ式ニヨツテ算出スルコトガ出來ル。

$$Co = \frac{(Br - 48.4) \cdot 21 \cdot \frac{1}{100}}{760}$$

Co ハ酸素壓(單位, 氣壓)

Br ハ實驗時ノ大氣壓 mmHg

48.4 ハ 37.5°C ニ於ケル水蒸氣壓 mmHg

### 第 5 項 實驗値ノ $|Q_{O_2}|$ ヲ理論値ニ換算スルコト

以上述べ來レル所ニヨリテ D ヲ求ムルニ必要ナル 諸因子ヲ求得タルモ、前述ノ如クナシテ求メタル  
 $|Q_{O_2}|$  卽チ限界切片厚ヲ越ヘタル場合ノ呼吸係數ガ理論的數値ヲ示セルヤ否ヤヲ檢討スル必要ガアル、何  
トナレバ理論ノ部ニ於テハ切片ノ測面ヨリ浸入スル酸素ノ量ヲ無視セシタメデアル。

1) 實驗式ニヨリ平均ノ Gsd ヲ求ムルコト



余ガ正常白鼠肝膜ニ就イテ行ヒタル成績ニ就テ實驗的  $|Q_{O_2}|_2 = y$  ト切片ノ厚サ  $d' = x$  トノ間ノ函數關係ヲ示ス「グラフ」ハ双曲線樣曲線ヲナス。實驗ニヨリテ得タル數値ハ第3表ニ示スガ如シ。

第3表 正常「白鼠」ノ實驗成績

切片ノ厚 サ mm x	呼吸係數 $ Q_{O_2} _2$ y	切片ノ厚 サ mm x	呼吸係數 $ Q_{O_2} _2$ y
0.373	7.07	0.258	7.80
0.341	7.26	0.380	5.78
0.398	6.32	0.413	5.59
0.437	5.39	0.510	3.96
0.465	6.07	0.418	4.87
0.538	5.15	0.510	3.73
0.623	3.70	0.534	3.45
0.604	3.79	0.403	5.98
0.446	6.17	0.455	5.17
0.470	5.44	0.500	4.54
0.471	4.82	0.531	3.85
0.384	5.30	0.507	3.66
0.267	6.07	0.575	3.02
0.512	5.12		
n=27			
$\log y = -0.9053 \cdot \log x + 0.3703 \dots$ 實驗式(1)			

第4表 正常「白鼠」

ノ呼吸係數 ( $Q_{O_2}$ )  
(Warburg's alte Method)

動物番號	$Q_{O_2}$
1	— 11.80
2	— 12.60
3	— 9.48
4	— 9.83
5	— 10.58
6	— 8.69
7	— 8.95
8	— 9.81
平均	— 10.14

上記實驗式 (1) =

$y = 10.14$  ヲ入レルトキ

$x = 0.198$  トナル

即チ表記セル實驗ノ

Gsd ハ  $0.198$  トナルコト

ガ判ル。

上表ニ於ケル  $y = F(x)$  ノ關係方程式ハ次ノ如シ。

$$\log y = -0.9053 \cdot \log x + 0.3703 \dots \dots \dots (1)$$

但シ  $\log x$ ,  $\log y$  ニ就イテ次ノ最小自剩法公式ニヨリ Constant ヲ求メタ。

$$a = \frac{\Sigma(x) \Sigma(y) - n \Sigma(xy)}{\{\Sigma(x)\}^2 - n \Sigma(x^2)}$$

$$b = \frac{\Sigma(x) \Sigma(xy) - \Sigma(x^2) \Sigma(y)}{\{\Sigma(x)\}^2 - n \Sigma(x^2)}$$

$n$  = 實測方程式ノ個數

## 2) 換算係數ヲ求ムルコト

上記第3表ニ示ス實驗ニ於テ使用シタ8匹ノ正常白鼠肝臟ニ就テ測定シタ組織呼吸係數 (Warburg 氏法ニヨル) ハ第4表ニ示スガ如ク平均  $10.14$  デアル。

故ニ實驗式 (1) =  $10.14$  ト代入スル時ノ  $x$  ノ値ハ平均 Gsd ノ値デナクテハナラナイ。即チ  $x = 0.198$  トナル。之ニヨツテ此ノ實驗群ニ於ケル空氣ヲ以テナセシ限界切片厚ノ平均値ハ  $0.198 \text{ mm}$  テアルコトガ判ツタ。 $(x$  ガ Gsd ヨリ小ナル場合ハ  $y$  ハ常ニ  $|Q_{O_2}|$  デアルカラ上ノ式ハ  $x \geq 0.198 \text{ mm}$  以上ノ場合ノミ適用セラル)

之ノ如クシテ既ニ平均ノ Gsd 及ビ  $|Q_{O_2}|$  ノ値ヲ得タカラ、既ニ述べタ理論式

$$Q_{O_2} = \frac{|Q_{O_2}| \cdot \text{Gsd}}{\text{實驗ニ使用シタ切片ノ厚サ}(d')}$$

ナル方程式ヨリ任意ノ厚サヲ有スル切片ニ於ケル  $|Q_{O_2}|_2$  ノ理論値ヲ算出シ得ラレル。(第5表第2列)

又實驗式カラ任意ノ厚サヲ有スル切片ニ於ケル  $|Q_{O_2}|_2$  ノ値ヲ算出スルコトモ出來ル(第5表第3列)。

第 5 表

	理論式ヨリ求メタル $Q_{O_2/2}$	實驗式(1)ヨリ求メタル $Q_{O_2/2}$			
Warbung呼吸係數 $Q_{O_2}$	10.14		0.39	5.15	5.50
限界切片厚 (空氣中)	0.198 (mm)		0.40	5.02	5.38
切片ノ厚サ (mm)	y	y'	0.41	4.90	5.26
0.25	8.03	8.23	0.42	4.78	5.14
0.26	7.72	7.94	0.43	4.67	5.04
0.27	7.44	7.68	0.44	4.56	4.93
0.28	7.17	7.43	0.45	4.46	4.83
0.29	6.92	7.19	0.46	4.36	4.74
0.30	6.69	6.98	0.47	4.27	4.65
0.31	6.48	6.77	0.48	4.18	4.56
0.32	6.27	6.58	0.49	4.11	4.47
0.33	6.08	6.40	0.50	4.02	4.39
0.34	5.91	6.23	0.51	3.94	4.32
0.35	5.74	6.07	0.52	3.85	4.24
0.36	5.58	5.92	0.53	3.79	4.17
0.37	5.43	5.37	0.54	3.72	4.00
0.38	5.28	5.63	0.55	3.65	4.03
			0.56	3.59	3.96
			0.57	3.52	3.90
			0.58	3.46	3.84
			0.59	3.40	3.78
			0.60	3.35	3.73

第6表 Gsd ノ小ナル場合ノ實驗  
(低壓ノ作用セル場合ノモノ)

切片ノ厚サ mm x	呼吸係數 $Q_{O_2/2}$ y	切片ノ厚サ mm x	呼吸係數 $Q_{O_2/2}$ y
0.303	5.94	0.402	3.45
0.319	5.85	0.308	7.16
0.258	6.80	0.314	7.09
0.248	6.95	0.377	7.04
0.213	4.21	0.430	4.60
0.384	4.91	0.377	4.67
0.340	4.39	0.350	4.16
0.395	4.65	0.265	6.23
0.282	5.47	0.271	6.44
0.200	5.67	0.364	4.09
0.271	5.41	0.396	4.81
0.262	6.43	0.368	4.17
0.397	3.28	0.471	2.96
n=26			
$\log y = -0.7963 \log x + 0.3141$ .....實驗式(2)			

第7表 Gsd ノ小ナル  
場合ノ呼吸係數

番 號	$Q_{O_2}$
1	— 9.79
2	— 9.82
3	— 10.21
4	— 9.87
5	— 9.00
6	— 10.60
7	— 8.54
8	— 13.42
9	— 9.56
10	— 10.69
11	— 8.56
12	— 10.70
13	— 9.00
平 均	— 9.958

上記實驗式 (2) =  
 $y=9.96$ ヲ代入スル時ハ  
 $x=0.138$ トナル  
 表ニ示セル實驗ノ平均ノ  
 限界切片厚ハ0.138mmナル  
 コトヲ知ル

第8表 Gsd ノ大イ  
ナル場合  
(アドレナリンノ直接  
及ビ間接作用場合)

切片ノ厚サ (mm) x	呼吸係數 $Q_{O_2/2}$ y
0.502	5.16
0.476	5.00
0.552	4.08
0.371	5.86
0.656	4.40
0.568	5.91
0.555	4.80
0.438	6.25
0.556	4.31
0.364	6.43
0.406	7.39
0.385	7.89
0.601	4.61
0.727	3.51
0.508	5.28
0.357	6.91
0.517	4.73
0.480	4.63
0.486	6.20
0.521	5.08
n=20	
$\log y = -0.8869 \log x + 0.4519$ .....實驗式(3)	

第10表 實驗値ヨリ理論値

へノ換算係數 (k)

第9表 Gsd ノ大ナル  
場合ノ呼吸係數  
(「アドルナリン」ノ直接  
及ビ間接作用セル場合)

番 號	$Q_{O_2}$
1	— 8.74
2	— 8.87
3	— 11.68
4	— 9.29
5	— 7.47
6	— 10.49
7	— 9.26
8	— 9.15
9	— 9.24
10	— 8.72
平 均	— 9.30

上記實驗式 (3) =

$y=9.30$  ヲ代入スル時

$x=0.262$  トナル

表ニ示セル實驗ノ平均ノ

限界切片厚ハ0.262mmナ

ルコトヲ知り得ル。

	I	II	III
$ Q_{O_2} $	9.96	10.14	9.30
限界切片ノ厚サ	0.138	0.198	0.262
切片ノ厚サ			
0.25	0.884	0.976	—
0.26	0.877	0.972	—
0.27	0.871	0.969	0.998
0.28	0.864	0.966	0.994
0.29	0.858	0.962	0.990
0.30	0.852	0.959	0.986
0.31	0.847	0.956	0.983
0.32	0.841	0.953	0.979
0.33	0.836	0.931	0.975
0.34	0.831	0.948	0.972
0.35	0.826	0.945	0.969
0.36	0.821	0.943	0.966
0.37	0.817	0.940	0.963
0.38	0.812	0.938	0.960
0.39	0.808	0.936	0.958
0.40	0.802	0.933	0.955
0.41	0.800	0.931	0.932
0.42	0.796	0.929	0.949
0.43	0.792	0.927	0.947
0.44	0.788	0.925	0.945
0.45	0.784	0.923	0.942
0.46	0.781	0.921	0.940
0.47	0.778	0.919	0.937
0.48	0.774	0.918	0.935
0.49	0.771	0.916	0.933
0.50	0.768	0.914	0.931
0.51	0.764	0.912	0.929
0.52	0.762	0.911	0.927
0.53	0.759	0.909	0.925
0.54	0.756	0.907	0.923
0.55	0.753	0.906	0.921
0.56	0.750	0.904	0.919
0.57	0.748	0.903	0.917
0.58	0.745	0.901	0.915
0.59	0.743	0.900	0.914
0.60	0.740	0.898	0.912

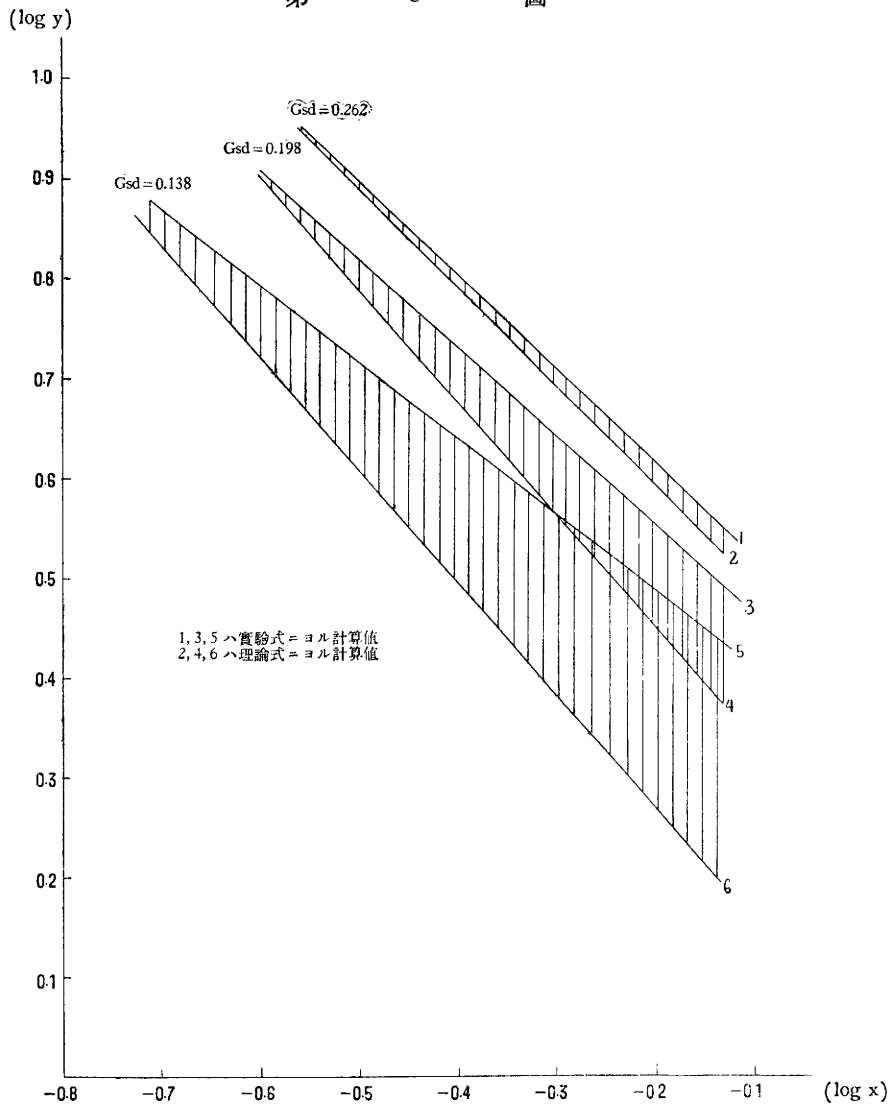
第5表ニ見ルガ如ク實驗式ヨリ得タル  $|Q_{O_2}|_2$  ノ値ト理論式ニヨリテ得タル  $|Q_{O_2}|_2$  ノ値トノ間ニ多少ノ開キガ存在スルノデアル。之ノ開キヲ生ズル原因ハ主トシテ切片ノ側面ヨリ酸素ノ擴散ニヨルモノナラント考ヘラル。

故ニ實驗式ニ據ツテ得タル  $|Q_{O_2}|_2 = y'$  ハ理論式ニヨツテ得タル  $|Q_{O_2}|_2 = y$  ヨリ大デアル (第5表参照)。

此ノ兩者ノ比  $\frac{y}{y'} = k$  ハ又切片ノ厚サ  $x$  並ニ Gsd ニ關係スル。

此ノ關係ハ第10表ニ明カニ示サレテアル。即チ第10表II列ハ第3, 4, 5表ニ示シタル正常白鼠ノ肝臟ノ  $\frac{y}{y'}$  ニシテI列ハGsdガ正常以下ナル場合 (第6, 7表参照) ノ  $\frac{y}{y'}$  ノIII列ハ正常以上ノGsdヲ示セル場合 (第8, 9表参照) ノ  $\frac{y}{y'}$  ヲ  $x$  ノ大イサノ順ニ列記シタモノデアル。第3圖ハ此等ノ關係ヲ圖示シタモノデアル。

第 3 圖



斯クシテ實驗的ニ求メタ  $[QO_2]_2$  ハ理論値デハナイコトガ判ツタカラ實驗の經驗ヨリ得タ係數  $k$  ニヨツテ  
補正シテ理論的  $[QO_2]_2$ ヲ求メネバナラナイ。即チ

$$y'k = y = \frac{[QO_2]Gsd}{d'}$$

$$Gsd = \frac{y' \cdot k \cdot d'}{[QO_2]}$$

トナル。

### 第6項 計 算 法

今マデ理論的ニ亦實驗的ニ擴散恒數ヲ誘導スルコトヲ記述シタノデアアルガ此處ニ計算法ノミヲ抄記スレ  
バ次ノ如クナル。

#### 1. 公 式

a) 切片ノ厚サ(d')

$$d' = \frac{m \cdot K}{F \cdot s} \dots \dots \dots (1) \quad m \text{ ハ乾燥重量} \quad F \text{ ハ切片ノ廣サ} \quad s \text{ ハ比重} \quad K = \frac{\text{濕重量}}{\text{乾燥重量}}$$

b)  $|Q_{O_2}|_2$  ノ理論値 y

$$y = y' \cdot k \dots \dots \dots (2) \quad y' \text{ ハ } |Q_{O_2}|_2 \text{ ノ實測値}$$

c) 比重 s  $\left( \frac{37.5^\circ}{4^\circ} \right)$ 

$$s = \frac{a}{a-b} \dots \dots \dots (3) \quad a \text{ ハ室溫約 } 18^\circ\text{C} \text{ ニ於ケル組織ノ空氣中ノ重サ} \\ b \text{ ハ室溫約 } 18^\circ\text{C} \text{ ニ於ケル組織ノ } 0.9\% \text{ NaCl 液中ノ重サ}$$

d) 組織 1cm<sup>3</sup> 1 分間ノ酸素消費量(A)cm<sup>3</sup>

$$A = \frac{Q_{O_2} \cdot s}{60 \cdot K} \dots \dots \dots (4)$$

e) 限界切片厚 (Gsd=d)

$$Gsd = \frac{y' \cdot d'}{|Q_{O_2}|} \dots \dots \dots (5)$$

f) 素分酸壓(Co)單位氣壓

$$Co = \frac{(Br - 48.4) \cdot 21 \cdot \frac{1}{100}}{760} \dots \dots \dots (6) \quad Br \text{ ハ實驗時ノ大氣壓 mmHg}$$

g) 擴散恒數(D)ノ誘導式

$$D = \frac{Ad^2}{8Co} \dots \dots \dots (7)$$

但シ k ハ前掲ノ表ヲ使用ス, F.s.K ハ毎實驗測定ス.

2. 「プロトコール」ノ一例

15/III 1935 動物番號 9 (白鼠)體重 80.0gr

Br=763.0

a=443.9mg

組織ノ乾燥重量=91.7mg

b=21.7mg

$$s = \frac{a}{a-b} = \frac{443.9}{443.9-21.7} = 1.054$$

$$K = \frac{443.9}{91.7} = 4.84$$

 $|Q_{O_2}|$  及ビ  $|Q_{O_2}|_2$  ハ次ノ如ク Warburg 氏舊法ニヨツテ求メル,

$$\text{切片 3 ノ } d' = \frac{m \cdot K}{F \cdot s} = \frac{1.816 \times 4.84}{27.53 \times 1.054} = 0.303 \text{ mm}$$

$$\text{切片 4 ノ } d' = \frac{m \cdot K}{F \cdot s} = \frac{1.842 \times 4.84}{26.51 \times 1.054} = 0.319 \text{ mm}$$

$$\text{切片 1 ニヨル } A = \frac{|Q_{O_2}| \cdot s}{60 \cdot K} = \frac{9.67 \times 1.054}{60 \times 4.84} = 3.509 \text{ cc} \times 10^{-2}$$

$$\text{切片 2 ニヨル } A = \frac{|Q_{O_2}| \cdot s}{60 \cdot K} = \frac{9.91 \times 1.054}{60 \times 4.84} = 3.597 \text{ cc} \times 10^{-2}$$

A, 平均値  $(3.509 + 3.597) \frac{1}{2} = 3.553 \times 10^{-2} \text{ cc}$ 

$$Co = \frac{(Br - 48.4) \cdot 21}{760 \cdot 100} = \frac{763 - 48.4}{760} \times \frac{21}{100} = 0.1975$$

$|Q_{O_2}|_2$  ノ理論値ヲ算出スル爲メニ Gsd ガ何レノ近クニ存スルカラ見ル爲メニ  $|Q_{O_2}|_2$  ノ實測値ニヨツテ次ノ計算ヲスル。 $|Q_{O_2}|$  ノ平均値ヲ使用スル。

第 1 1 表

Gefässノ番號	1	2	3	4	5
瓦斯腔	O <sub>2</sub> 98%	O <sub>2</sub> 98%	O <sub>2</sub> 21%	O <sub>2</sub> 21%	O <sub>2</sub> 21%
切片ノ番號	1	2	3	4	Thermo-barometer
m (mg)	3.010	2.360	1.816	1.842	
直径 (mm)			5.92	5.81	
F ((mm. <sup>2</sup> ))			27.53	26.51	
QO <sub>2</sub>	9.67	9.91			
QO <sub>2</sub>   <sub>2</sub>			5.94	5.85	
d'			0.303 mm	0.319 mm	
A	3.509 cc×10 <sup>-2</sup>	3.597 cc×10 <sup>-2</sup>			
A及dノ平均	3.553×10 <sup>-2</sup> cc		179×10 <sup>-2</sup> cc		

$$\text{切片 3 ハ } \frac{|QO_2|_2 \cdot d'}{|QO_2|} =$$

$$\frac{5.94 \times 0.303}{9.79} = 0.184\text{mm}$$

$$\text{切片 4 ハ } \frac{|QO_2|_2 \cdot d'}{|QO_2|} =$$

$$\frac{5.85 \times 0.319}{9.79} = 0.191\text{mm}$$

之等ニヨツテ切片 3 ニ於テハ切片ノ厚サガ 0.303mm デ Gsd=d ガ 0.184mm ノ近クニアルコトガ判ルカラ |QO<sub>2</sub>|<sub>2</sub> ノ理論値ヲ求メル爲メニ第10表ニ於ケル II 列ノ切片ノ厚サ 0.30 ノ所ノ k 卽チ 0.959 ヲ使用シ、切片 4 ノ場合ニハ同様 II 列ノ切片ノ厚サ 0.32 ノ所ノ k 卽チ 0.9

53ヲ使用スレバヨイ。

故ニ |QO<sub>2</sub>| ノ理論値ハ次ノ如クナル。

$$\text{切片 3 ノ場合 } |QO_2|_2 \cdot k = 5.94 \times 0.959 = 5.696$$

$$\text{切片 4 ノ場合 } |QO_2|_2 \cdot k = 5.85 \times 0.953 = 5.575$$

次ニ各切片ノ d ノ値ヲ |QO<sub>2</sub>|<sub>2</sub> ノ理論値ニテ求メル。

$$\text{切片 3 ノ } d = \frac{y \cdot d'}{|QO_2|} = \frac{5.696 \times 0.303}{9.79} = 0.176\text{mm}$$

$$\text{切片 4 ノ } d = \frac{y \cdot d'}{|QO_2|} = \frac{5.575 \times 0.319}{9.79} = 0.182\text{mm}$$

此ノ實驗ニ於テ同一組織ニテ Co=0.1975 氣壓ノ時ニ限界切片厚ノ値ガ切片 3 ニ於テハ 0.176mm トナリ切片 4 ニ於テハ 0.182mm トナツタ。故ニ平均ノ値ヲ求メテ d ノ値トスル。

$$d = \frac{0.176 + 0.182}{2} = 0.179\text{mm} = 1.79 \times 10^{-2}\text{cm}$$

$$\text{次ニ } D = \frac{A \cdot d^2}{8Co} = \frac{3.553 \times 10^{-2} (1.79 \times 10^{-2})^2}{8 \times 0.1975} = \frac{1.138 \times 10^{-5}}{1.58} = 0.7202 \times 10^{-5}$$

Krogh ノ恒數ト同條件ニスル爲メニ 10<sup>4</sup> ヲ剩ズレバ擴散恒數ガ求メラレル。

$$0.7202 \times 10^{-5} \times 10^4 = 0.72 \times 10^{-1} \text{以下} \times 10^{-1} \text{ヲ略ス}$$

卽チ本實驗ニ於テハ擴散恒數ガ 0.72 デアル。而シテ限界切片ノ値ガ正常値卽チ 0.194mm ノ近クニ存セズ 0.262mm 或ハ 0.138mm ノ近クニアル時ハ其ノ場合ノ係數 k ヲ使用スルハ勿論デアル。余ハ 0.170-0.230mm ノ間ニ限界切片ノ厚サガアル時ニハ第10表ニ於ケル II 列ヲ使用シ、之ヨリ大ナル時ハ III 列、小ナル時ハ I 列ヲ使用シタ。

## 第7項 測定値信用度ノ吟味

前記ノ測定法ニヨル測定誤差ノ大イサヲ窺知スル目的ニテ次ノ實驗ヲ試ミタ。

三頭ノ白鼠肝臟ニ就テ各 |QO<sub>2</sub>| ノ値ヲ 2 個並ニ |QO<sub>2</sub>|<sub>2</sub> ノ値 6 個ヲ求メ其ノ各ニヨツテ D ヲ求メタルニ第12表乃至第14表ニ示ス成績ヲ得タ。動物ハ何レモ健康雄性成熟白鼠デアル。

第12表 測定誤差ノ實驗 第1例

容器符號	K	sp. G	$[QO_2]$	$A$ $cc \times 10^{-2}$	$[QO_2]_2$	$d'$ mm	$[QO_2]_2$ 理論値	d mm	Co	D $\times 10^{-1}$
B	4.711	1.059	8.87	3.320	5.78	0.380	5.549	0.238	0.195	1.20
E	"	"	"	"	5.59	0.413	5.210	0.243	"	1.26
II	"	"	"	"	3.96	0.510	3.679	0.212	"	0.94
D	"	"	"	"	4.87	0.418	4.562	0.215	"	0.98
H	"	"	"	"	3.73	0.510	3.465	0.199	"	0.84
I	"	"	"	"	4.15	0.534	3.839	0.231	"	1.13
B	"	"	8.51	3.188	5.78	0.380	5.549	0.248	"	1.26
E	"	"	"	"	5.59	0.413	5.210	0.253	"	1.31
II	"	"	"	"	3.96	0.510	3.679	0.220	"	1.02
D	"	"	"	"	4.87	0.418	4.562	0.224	"	1.02
H	"	"	"	"	3.73	0.519	3.465	0.208	"	0.88
I	"	"	"	"	4.15	0.534	3.839	0.241	"	1.19
M				3.259				0.228		1.09
$\sigma$										$\pm 0.14$

第13表 測定誤差ノ實驗 第2例

容器符號	K	sp. G	$[QO_2]$	$A$ $cc \times 10^{-2}$	$[QO_2]_2$	$d'$ mm	$[QO_2]_2$ 理論値	d mm	Co	D $\times 10^{-1}$
B	4.48	1.058	7.34	2.89	5.18	0.403	4.95	0.272	0.196	1.36
E	"	"	"	"	4.91	0.495	4.57	0.308	"	1.74
II	"	"	"	"	4.11	0.500	3.76	0.256	"	1.20
D	"	"	"	"	3.85	0.531	3.56	0.258	"	1.22
H	"	"	"	"	3.66	0.507	3.40	0.235	"	1.06
I	"	"	"	"	3.12	0.575	2.85	0.223	"	0.91
B	"	"	7.92	3.12	5.18	0.403	4.95	0.252	"	1.25
E	"	"	"	"	4.91	0.495	4.57	0.286	"	1.62
II	"	"	"	"	4.11	0.500	3.76	0.239	"	1.13
D	"	"	"	"	3.85	0.531	3.56	0.239	"	1.13
H	"	"	"	"	3.66	0.507	3.40	0.218	"	0.94
I	"	"	"	"	3.12	0.575	2.85	0.207	"	0.85
M				3.01				0.249		1.20
$\sigma$										$\pm 0.24$

第14表 測定誤差ノ實驗 第3例

容器符合	K	sp. G	$[Q_{O_2}]$	$\frac{A}{cc \times 10^{-2}}$	$[Q_{O_2}]_2$	d' mm	$\frac{[Q_{O_2}]_2}{\text{理論値}}$	d mm	Co	D $\times 10^{-1}$
B	5.200	1.042	8.21	2.74	6.32	0.398	6.04	0.293	0.197	1.49
E	"	"	"	"	5.39	0.437	5.09	0.271	"	1.28
II	"	"	"	"	6.07	0.465	5.69	0.322	"	1.80
D	"	"	"	"	5.15	0.532	4.76	0.308	"	1.65
H	"	"	"	"	4.70	0.623	4.27	0.324	"	1.83
I	"	"	"	"	4.78	0.604	4.36	0.321	"	1.79
B	"	"	7.66	2.49	6.32	0.398	6.04	0.314	"	1.56
E	"	"	"	"	5.39	0.437	5.09	0.290	"	1.33
II	"	"	"	"	6.07	0.465	5.69	0.345	"	1.73
D	"	"	"	"	5.15	0.532	4.76	0.331	"	1.73
H	"	"	"	"	4.70	0.623	4.27	0.347	"	1.91
I	"	"	"	"	4.78	0.604	4.36	0.344	"	1.87
M				2.62				0.317		1.66
$\sigma$										$\pm 0.21$

更ニ各  $[Q_{O_2}]$  ニヨツテ求メタ A ノ平均値及ビ  $[Q_{O_2}]_2$  ニヨツテ求メタ d ノ各2個ノ平均値ニヨツテ D ヲ求  
 ムルニ第15表乃至第17表ニ示ス成績ヲ得タ。

第15表 A 及 d ノ平均値ニヨル場合 第1例

組合セ容 器ノ符合	K	sp. G	A 平均値	d 平均値	Co	D × 10 <sup>-1</sup>
B. E	4.711	1.059	3.259	0.240	0.195	1.20
B. II	"	"	"	0.225	"	1.06
B. D	"	"	"	0.226	"	1.07
B. H	"	"	"	0.214	"	0.96
B. I	"	"	"	0.235	"	1.15
E. II	"	"	"	0.228	"	1.09
E. D	"	"	"	0.229	"	1.09
E. H	"	"	"	0.221	"	1.02
E. I	"	"	"	0.237	"	1.18
II. D	"	"	"	0.214	"	0.96
II. H	"	"	"	0.205	"	0.88
II. I	"	"	"	0.221	"	1.01
D. H	"	"	"	0.207	"	0.89
D. I	"	"	"	0.223	"	1.04
H. I	"	"	"	0.215	"	0.96
M						1.09
σ						±0.10
$\frac{\sigma}{M} \times 100 = \pm 9.1$						



第16表 A及dノ平均値ニヨル場合 第2例

組合セ容 器ノ符合	K	sp. G	A 平均値	d 平均値	Co	D ×10 <sup>-1</sup>
B. E	4.48	1.058	3.01	0.290	0.196	1.60
B. II	"	"	"	0.264	"	1.33
B. D	"	"	"	0.265	"	1.34
B. H	"	"	"	0.254	"	1.23
B. I	"	"	"	0.248	"	1.17
E. II	"	"	"	0.282	"	1.52
E. D	"	"	"	0.283	"	1.53
E. H	"	"	"	0.271	"	1.40
E. I	"	"	"	0.265	"	1.34
II. D	"	"	"	0.257	"	1.26
II. H	"	"	"	0.245	"	1.14
II. I	"	"	"	0.239	"	1.09
D. H	"	"	"	0.246	"	1.15
D. I	"	"	"	0.240	"	1.10
H. I	"	"	"	0.229	"	1.00
M						1.28
$\sigma$						±0.17
$\frac{\sigma}{M} \times 100 = \pm 13.5$						

第17表 A及dノ平均値ニヨル場合 第3例

組合セ容 器ノ符合	K	sp. G	A 平均値	d 平均値	Co	D ×10 <sup>-1</sup>
B. E	5.200	1.042	2.62	0.282	0.196	1.32
B. II	"	"	"	0.303	"	1.53
B. D	"	"	"	0.300	"	1.50
B. H	"	"	"	0.281	"	1.31
B. I	"	"	"	0.307	"	1.57
E. II	"	"	"	0.287	"	1.37
E. D	"	"	"	0.289	"	1.39
E. H	"	"	"	0.298	"	1.48
E. I	"	"	"	0.296	"	1.46
II. D	"	"	"	0.315	"	1.65
II. H	"	"	"	0.322	"	1.73
II. I	"	"	"	0.321	"	1.72
D. H	"	"	"	0.311	"	1.61
D. I	"	"	"	0.315	"	1.65
H. I	"	"	"	0.323	"	1.74
M						1.54
$\sigma$						±0.13
$\frac{\sigma}{M} \times 100 = \pm 8.4$						

即チ第15乃至第17表ニ示スモノハ余ノ選ンダ測定順序ニ一致スルモノト認メ得ルモノデアツテ、 $\frac{\sigma}{M} \times 100$ ノ値ハ夫々 $\pm 9.1$ ,  $\pm 13.5$ ,  $\pm 8.4$ デアル。之ニヨツテ見レバ前述セシ方法ニテ測定スル時ハ測定値誤差ヲ平均值ノ10%以下ニ保ツ可能性ノアルコトガ確實デアル。

余ハ經驗上測定誤差ヲ大ナラシムルモノハ實驗時ノ天候ノ惡シキコト殊ニ風ノアルコトデアルト信ズル。

### 第8項 實驗方法考按

上述ノ如ク余ノ求メタル恒數ハ Krogh ノナセルモノト條件ニ於テ次ノ如ク異同ガアル。

第 1 8 表

	Krogh	高 橋
1) 組織ノ厚サ	1 $\mu$	1cm!
2) 時 間	1 分間	1 分間
3) 組織ノ廣サ	1cm <sup>2</sup>	1cm <sup>2</sup>
4) 瓦斯ノ壓差	1 氣壓	1 氣壓

上表ニ見ルガ如ク異ナル所ハ組織ノ厚サニ於テ見ルノミデア。故ニ余ノ恒數ヲ Krogh ノ夫ト比較スル時ハ $\frac{1\text{cm}}{1\mu} = 10^4$ ヲ剩ズレバ良イノデア。即チ余ノ公式ニヨツテ求メタル數値ニ $10^4$ ヲ剩ジタルモノハ Krogh ノ恒數ト同様ナル條件ニ於ケルモノトナル。故ニ余ハ爾後 Krogh ト同一條件ニ於ケルモノヲ記載スルコトトシタ。

以上記載セシ方法ニヨツテ求メタ擴散恒數ハ必シモ眞數デハナイ。何トナレバ實驗的 $[Q_{O_2}]_2$ ヲ理論的 $[Q_{O_2}]_2$ ニ換算スルニ使用セシ係數 $k$ ハ近似値ナルガ故デアル。

然シ絕對數値ヲ論ズルニ非ズシテ比較ノ目的ニ止ル時ハ余ノ方法ニ依ツテナセルモノニテ充分満足スルニ足ルト信ジ得ル。

而シテ本法ハ次ノ長所ヲ有スルモノト思惟セラル。

- 1) 組織ガ保命中且ツ單時間ニ檢スルコトヲ得ルコト。
- 2) 彈性強カラザル組織ニ於テモ檢スルコトヲ得ルコト。
- 3) 組織ニ無理ナ伸展壓迫等ノ外力ノ作用ナクシテ極メテ自然ノ彈力ノ平衡狀態ニ於テ檢シ得ルコト。

本法ハ亦次ノ短所ヲ有スル。

- 1) 酸素ノ場合ニ限ラル。

## 第3章 實 驗 材 料

動物ハ成熟雄性白鼠ヲ使用シタ。動物ニハ第一編及ビ第二編ニ於テ白色廿日鼠ニ使用セシト同様ノ裝置ヲ使用シテ3週間1000, 2000 及ビ4000mノ高所ニ相當スル低壓ヲ作用セシメ各低壓使用後第3日, 第7日及ビ第21日目ニ該動物ノ肝臟組織ニ就テ前述ノ方法ニヨツテ擴散恒數ヲ求メ、之ニヨツテ酸素ノ組織内擴散速度ヲ比較シタノデア。ル。

對照實驗トシテハ低壓ヲ作用セシメザル同様成熟雄性白鼠肝臟ヲ使用シタ。

## 第4章 實 驗 成 績

### 第1節 對 照 値

健康雄性白鼠肝臟ニ就イテ檢シタルニ第19表ニ示シタ成績ヲ得タ。

肝臟組織ノ比重(sp.G)ハ平均1.048ナル値ヲ示シタ。乾燥重量ト濕重量トノ比(K)ハ平均4.68ヲ示シ各3.68倍ノ水分ヲ含有スルモノナルコトヲ知ツタ。組織内酸素擴散恒數ハ平均0.948ナル値ヲ示シタ。酸素消費量(A)ハ組織1cm<sup>3</sup>ニ就テ平均 $3.941 \times 10^{-2}$ ccニシテGsd=d

ハ平均 0.194 ナル値ヲ示シタ.

第 19 表 擴散恒數對照値

	動物 番號	體 重	月 日	sp. G	K	A cc × 10 <sup>-2</sup>	d mm	D × 10 <sup>-1</sup>
1	1	119	2. 20	1.046	4.90	4.732	0.186	1.035
2	2	95	2. 20	1.047	5.17	4.463	0.202	1.100
3	7	100	2. 23	1.049	4.42	3.892	0.184	0.832
4	8	92	3. 23	1.052	4.40	3.921	0.175	0.758
5	9	118	3. 20	1.044	4.49	3.263	0.189	0.943
6	10	128	5. 4	1.051	4.80	3.861	0.199	0.954
7	14	130	7. 1	1.042	4.81	3.482	0.219	1.068
8	15	115	7. 1	1.056	4.45	3.914	0.209	1.092
平 均				1.048	4.68	3.941	0.194	0.948

第 2 節 1000 米ノ高サニ相當スル低壓ノ作用セシ場合

1000 米ノ高サニ相當スル低壓ヲ作用セシメタ場合ノ成績ハ第 20 表乃至第 22 表ニ示シタ.

低壓作用後 3 日目ノ動物ノ肝臟ニ於ケル酸素擴散恒數ハ第 14 表ニ示シタヤウニ最小 0.646, 最大 1.117, 平均 0.927 ナル値ヲ示ス. 7 日目ノ値ハ最小 0.665, 最大 1.198, 平均 0.902 ナル値ヲ示ス(第 21 表參照). 21 日後ニ於テハ最小 0.518, 最大 1.072, 平均 0.771 デアル. スクノ如ク各時期ニ於テ對照値ニ比較シテ稍減少セルヲ認メル(第 22 表參照). A ハ概ネ不變デアツ

第 20 表 1000 米ノ高サニ相當スル低壓作用後第 3 日ノ擴散恒數

	動物 番號	體 重	月 日	sp. G	K	A cc × 10 <sup>-2</sup>	d mm	D cc × 10 <sup>-1</sup>
1	39	82	4. 17	1.042	4.88	3.203	0.224	1.019
2	40	115	4. 18	1.048	5.12	3.746	0.192	0.876
3	41	98	4. 19	1.049	4.50	3.951	0.206	1.067
4	42	130	4. 19	1.052	4.46	3.963	0.182	0.835
5	43	98	4. 20	1.042	4.39	3.786	0.164	0.646
6	44	89	4. 20	1.043	3.99	4.231	0.204	1.117
平 均				1.046	4.56	3.813	0.195	0.927

第 21 表 1000 米ノ高サニ相當スル低壓作用後第 7 日ノ擴散恒數

	動物 番號	體 重	月 日	sp. G	K	A cc × 10 <sup>-2</sup>	d mm	D cc × 10 <sup>-1</sup>
1	45	118	5. 2	1.049	4.33	3.634	0.169	0.665
2	46	114	5. 2	1.045	4.61	3.875	0.156	0.675
3	47	113	5. 3	1.039	4.49	3.918	0.201	1.008
4	48	114	5. 3	1.045	4.89	3.548	0.207	0.967
5	49	123	5. 4	1.054	4.76	3.783	0.208	1.043
6	56	85	5. 8	1.030	4.04	4.151	0.214	1.198
7	57	89	5. 9	1.036	4.52	3.297	0.190	0.757
平 均				1.043	4.52	3.744	0.192	0.902

第22表 1000米ノ高サニ相當スル低壓作用後第21日ノ擴散恒數

	動物 番號	體 重	月 日	sp. G	K	A cc × 10 <sup>-2</sup>	d mm	D cc × 10 <sup>-1</sup>
1	51	125	5. 6	1.046	4.00	3.561	0.151	0.518
2	52	120	5. 6	1.044	4.18	3.364	0.164	0.579
3	53	91	5. 7	1.041	4.83	4.903	0.164	0.840
4	54	100	5. 7	1.045	5.24	3.247	0.220	0.998
5	55	98	5. 8	1.035	4.22	3.270	0.172	0.621
6	58	95	5. 9	1.032	4.28	3.102	0.233	1.072
平 均				1.041	4.46	3.575	0.184	0.771

テ d ハ21日後ニ於テ僅カニ減少ノ傾向ヲ示シテ 0.184 トナル。組織ノ比重(sp.G)及ビ K ハ殆  
ンド變化ヲ認メナイ。

第23表 1000米ノ高サニ相當スル低壓ノ作用後  
ノ sp. G, K, d, A 及ビ D ノ平均值ノ動搖

平均值ニ於ケル動搖ハ第23表ニ示シ  
タ。

	sp. G	K	A	d	D cc × 10 <sup>-1</sup>
對 照	1.048	4.68	3.941	0.194	0.948
3 日後	1.046	4.56	3.813	0.195	0.927
7 日後	1.043	4.52	3.744	0.192	0.902
21 日後	1.041	4.46	3.575	0.184	0.771

## 第3節 2000米ノ高サニ相當

スル低壓ノ作用セシ場合

酸素擴散恒數ハ第3日ニ於テハ第24  
表ニ示シタヤウニ第6例ハ 1.931 ナル  
異常ナル値ヲ示シタルモ他ノ例ニ於テ

ハ最小 0.560, 最大 1.110, 平均 0.836 ナル値ヲ示シタ。即チ大略ニ於テ擴散恒數ガ遞減セシ  
コトヲ認メタ。第7日ニハ第25表ニ示シタヤウニ最小 0.528, 最大 1.250 デアツテ第5例ノミ  
ハ未ダ 0.528 ナル値ニ遞減セルヲ示シタルモ他ハ正常或ハ稍増加セルヲ認メ平均ニ於テハ 0.9  
91 デアツテ正常ト大差ガナイ。第21日ニハ第26表ニ示シタヤウニ最小 0.729, 最大 1.345, 平  
均 1.019 ナル値ヲ示シテ僅カニ増進スルノ傾向アルヲ認メタ。d ハ第3日ニ於テ僅カニ遞減  
シ後稍増加シテオル。

此ノ程度ノ低壓ガ作用シタ場合ニハ sp.G, K 及ビ A ニハ大差ガナイコトヲ認メタ。平均值  
ニ於ケル之等ノ動搖ハ第27表ニ示シタ。

第24表 2000米ノ高サニ相當スル低壓作用後第3日ノ擴散恒數

	動物 番號	體 重	月 日	sp. G	K	A cc × 10 <sup>-2</sup>	d mm	D cc × 10 <sup>-1</sup>
1	33	115	4. 13	1.045	4.83	4.666	0.194	1.110
2	34	100	4. 13	1.049	5.00	3.329	0.187	0.737
3	35	97	4. 14	1.045	5.19	3.446	0.210	0.968
4	36	115	4. 14	1.046	4.80	4.373	0.142	0.560
5	39	109	4. 15	1.040	4.97	3.139	0.199	0.806
6	38	97	4. 15	1.045	5.15	3.571	0.271	1.931(?)
平 均				1.045	4.99	3.754	0.186	0.836

第25表 2000米ノ高サニ相當スル低壓作用後第7日ノ擴散恒數

	動物 番號	體 重	月 日	sp. G	K	A cc×10 <sup>-2</sup>	d mm	D cc×10 <sup>-1</sup>
1	21	101	3. 29	1.044	4.99	3.470	0.195	0.839
2	22	113	3. 29	1.046	5.20	4.050	0.187	0.902
3	23	108	4. 8	1.052	4.99	4.325	0.208	1.184
4	24	102	4. 8	1.049	4.88	4.511	0.136	0.528
5	25	98	4. 9	1.051	4.99	2.854	0.262	1.240
6	26	95	4. 9	1.051	5.00	3.636	0.233	1.250
平 均				1.049	5.03	3.808	0.204	0.991

第26表 2000米ノ高サニ相當スル低壓作用後第21日ノ擴散恒數

	動物 番號	體 重	月 日	sp. G	K	A cc×10 <sup>-2</sup>	d mm	D cc×10 <sup>-1</sup>
1	27	115	4. 10	1.042	5.24	2.983	0.200	0.764
2	28	118	4. 10	1.044	5.05	2.981	0.194	0.729
3	29	90	4. 11	1.055	5.00	3.538	0.237	1.268
4	30	84	4. 11	1.050	5.41	3.245	0.255	1.345
5	31	85	4. 12	1.043	5.00	3.425	0.220	1.055
6	32	103	4. 12	1.052	4.74	4.465	0.183	0.952
平 均				1.048	5.07	3.440	0.215	1.019

第27表 2000米ノ高サニ相當スル低壓ノ作用後

ノsp. G, K, d, A及ビDノ平均值ノ動搖

	sp. G	K	A	d	D cc×10 <sup>-1</sup>
對 照	1.048	4.68	3.941	0.194	0.948
3日後	1.045	4.99	3.754	0.186	0.836
7日後	1.049	5.03	3.808	0.204	0.991
21日後	1.048	5.07	3.440	0.215	1.019

第4節 4000米ノ高サニ相當

スル低壓ノ作用セシ場合

酸素擴散恒數ハ3日後ニハ第28表ニ  
示シタヤウニ最小0.477, 最大1.012ニ  
シテ實驗例6例ノ内3例ハ甚ダ著明ニ  
減少シ1例ハ稍大ナルモ平均值ニ於テ  
著明ニ減少セルヲ認メタ。7日後ニハ

第29表ニ示シタヤウニ最小0.879, 最大1.002, 平均0.931ナル値ヲ示シ對照ニ比シテ大ナル  
差違ヲ認メナイ。第21日ニ於テハ第30表ニ示シタヤウニ最小0.575, 最大1.060, 平均0.808

第28表 4000米ノ高サニ相當スル低壓作用後第3日ノ擴散恒數

	動物 番號	體 重	月 日	sp. G	K	A cc×10 <sup>-2</sup>	d mm	D cc×10 <sup>-1</sup>
1	15	100	3. 21	1.042	4.57	3.781	0.142	0.477
2	16	90	3. 21	1.039	4.92	3.618	0.175	0.704
3	17	130	3. 22	1.051	5.03	4.235	0.194	1.012
4	18	135	3. 22	1.051	4.76	4.773	0.167	0.844
5	19	126	3. 23	1.045	4.56	4.778	0.147	0.615
6	20	95	3. 23	1.049	4.78	3.292	0.161	0.538
平 均				1.046	4.77	4.080	0.164	0.698

第29表 4000米ノ高サニ相當スル低壓作用後第7日ノ擴散恒數

	動物 番號	體 重	月 日	sp. G	K	A cc × 10 <sup>-2</sup>	d mm	D cc × 10 <sup>-1</sup>
1	3	82	2. 21	1.054	5.06	4.687	0.184	1.002
2	4	111	2. 21	1.055	4.92	3.942	0.192	0.918
3	5	100	2. 22	1.053	4.76	4.716	0.175	0.923
4	6	73	2. 22	1.052	4.63	5.309	0.161	0.879
平		均		1.054	4.84	4.664	0.178	0.931

第30表 4000米ノ高サニ相當スル低壓作用後第21日ノ擴散恒數

	動物 番號	體 重	月 日	sp. G	K	A cc × 10 <sup>-2</sup>	d mm	D cc × 10 <sup>-1</sup>
1	9	80	3. 15	1.054	4.84	3.553	0.184	0.764
2	10	90	3. 15	1.061	4.51	3.219	0.200	0.817
3	11	70	3. 16	1.049	5.14	3.041	0.234	1.060
4	12	105	3. 16	1.047	5.17	5.323	0.156	0.824
5	13	100	3. 20	1.051	4.93	4.605	0.140	0.575
平		均		1.052	4.99	3.948	0.180	0.808

第31表 4000米ノ高サニ相當スル低壓作用後ノ

sp. G, K, A, d 及ビ D ノ平均值ノ動搖

	sp. G	K	A	d	D cc × 10 <sup>-1</sup>
對 照	1.048	4.68	3.941	0.194	0.948
3 日後	1.046	4.77	4.080	0.161	0.698
7 日後	1.054	4.84	4.664	0.178	0.931
21 日後	1.052	4.99	3.948	0.180	0.808

ニシテ對照値ニ比シテ稍低位デアル。

此ノ程度ノ低壓ガ作用シタ場合ニモ

sp. G, A 及ビ K ニハ著變アルヲ認メナ

イ。d ハ3 日後ノ平均 0.161, 7 日後ノ

平均 0.178, 21 日後ノ平均 0.180 デアツ

テ一般ニ稍下降シテ3 日後ニ於テハ比

較的著明デアル。平均值ニ於ケル動搖

ハ第31表ニ示シタ。

## 第5章 實驗成績總括

### 第1節 酸素擴散恒數ノ成績總括

酸素擴散恒數ハ各個體ニヨツテ可成ノ差違アルヲ認メシムルモ平均值ニ就テ大略ノ傾向ヲ窺フニ其ノ動搖ハ第32表ニ見ルガ如シ。

第32表 低壓作用後ノ酸素擴散恒數ノ動搖

	對 照	3 日後	7 日後	21 日後
1000米ノ高サニ相當スル低壓作用ノ場合	0.948	0.927	0.902	0.771
2000米ノ高サニ相當スル低壓作用ノ場合		0.836	0.991	1.019
4000米ノ高サニ相當スル低壓作用ノ場合		0.698	0.931	0.808

1000米ノ高サニ相當スル場合ニ於テ第3日目ニハ0.927, 即チ對照値ノ97.8%ニシテ大ナ

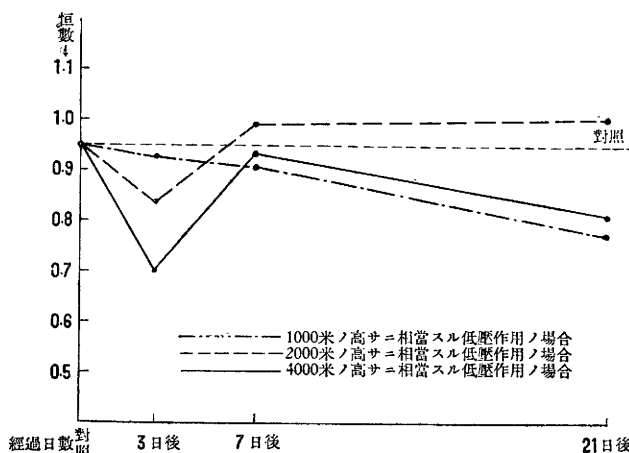
ル動搖ナク第7日ニハ0.902ナル値ニシテ對照値ノ95.1%ナリ。第21日目ニハ0.771ニシテ對照ニ比シテ81.3%ナル値ニシテ稍遞減セルヲ認ム。即チ此ノ程度ノ低壓作用後短時日内ニ於テハ大ナル變化ナク日ヲ經ルニツレテ次第ニ擴散恒數ノ遞減スルヲ認メル。

2000米ノ高サニ相當スル低壓ノ場合ニハ第3日目ニハ0.836, 對照値ノ88.2%ニ遞減ス。第7日後ニハ0.991ニシテ對照ニ比シテ104.5%ニ相當ス。第21日後ニ於テハ1.019ニシテ對照値ニ比シ107.5%ナル價ヲ示シタ。即チ此ノ程度ノ低壓ガ作用シタル場合ニハ作用後短時日内ニ於テ稍著明ニ遞減シ然ル後正常ニ回復シ或ハ夫以上ニ昂進スル傾アリ。

4000米ノ高サニ相當スル低壓ノ場合ニハ第3日目ニハ0.698, 對照値ニ比シテ73.6%ニ相當シ可成著明ニ遞減シ。第7日目ニ於テハ0.931ニシテ對照値ニ比シテ98.2%ナルヲ示ス。第21日目ニ於テハ0.808, 對照ニ比シテ85.2%ナル値ヲ示セリ。即チ此ノ程度ノ低壓ガ作用セル場合ニハ作用後短時日内ニ於テハ著明ニ酸素擴散恒數ガ下降シ然ル後ニ恢復ニ向フコトヲ認メタ。

之ヲ要スルニ低壓作用後ノ酸素擴散恒數ハ第4圖ニ於ケル曲線ニ示セルガ如ク第3日目ニ於テハ1000米ノ高サニ相當スル低壓ノ場合ハ變化殆ンド無ク, 4000米ノ高サニ相當スル低壓ノ場合ニハ確實ニ遞減シ, 2000米ノ高サニ相當スル低壓ノ場合ニハ其ノ中位ニアルヲ認メタ。而シテ第7日目ニハ既ニ正常値附近ニ恢復セルヲ認メル。

第4圖 酸素擴散恒數ノ移動曲線圖



第33表 低壓作用後ノ組織ノ比重, 乾燥重量ト濕重量トノ

比, 組織ノ酸素消費量並限界切片厚

	1000米ノ高サニ相當スル低壓作用ノ場合				2000米ノ高サニ相當スル低壓作用ノ場合				4000米ノ高サニ相當スル低壓作用ノ場合			
	sp.G	K	A	d	sp.G	K	A	d	sp.G	K	A	d
對 照	1.048	4.68	3.941	0.194	1.048	4.68	3.941	0.194	1.048	4.68	3.941	0.194
3 日後	1.046	4.56	3.813	0.195	1.045	4.99	3.754	0.186	1.046	4.77	4.080	0.164
7 日後	1.043	4.52	3.744	0.192	1.049	5.03	3.808	0.204	1.054	4.84	4.664	0.178
21 日後	1.041	4.46	3.575	0.184	1.048	5.07	3.440	0.215	1.052	4.99	3.948	0.180

## 第2項 組織ノ比重、乾燥重量ト濕重量トノ比、組織ノ

酸素消費量並ニ限界切片厚ノ動搖

組織ノ比重、乾燥重量ト濕重量トノ比及ビ酸素消費量ノ動搖ヲ見ルニ何レノ場合ニモ何レモ著明ナル變化ナシ。限界切片厚ハ1000米、第21日ニハ稍低ク2000米、第3日ニハ輕度ニ下降シ後僅カニ上昇ノ傾向ヲ示ス。4000米ノ場合ハ一般ニ下降シ第3日ニ於テハ比較的著明ナル。

## 第6章 考 按

(4) Krogh (1919) ハ蛙組織ニ就テ彼ノ考案セシ裝置ニ據ツテ驗セシニ瓦斯ノ壓差一氣壓ナル時組織ノ厚サ0.001mmニシテ廣サ1cm<sup>2</sup>ヲ有スル場合ニ1分間ニ擴散スル酸素ノ量ハ腹筋ニ於テハ大略、 $1.4 \cdot 10^{-1}$ cc 結締組織ニ於テハ $1.15 \cdot 10^{-1}$ cc デアルコトヲ報告シテキル。余ハ前述セシガ如ク白鼠肝臟ニ就テ驗セシニ(4) Krogh ノソレト同要約ニ於テ $0.94810^{-1}$ ccナルコトヲ認め得タ。即チ彼ノ蛙腹筋ニ於ケル値ト大ナル開ガアル。此ノ Krogh,  $1.4 \cdot 10^{-1}$ ナル値ハ生體內組織ノ酸素擴散恒數トシテ(5) Warburg 一派ノ學者ニ廣ク使用サレテアル。最近(6) Hennig (1935)ハ彼ノ論文ニ於テ擴散恒數ヲ殆ンド不變ノモノト考ヘタ。即チ彼ハ酸素不足ニ遭遇セル場合ニ動物ノ瓦斯代謝ガ低下スルハ擴散恒數ガ不變ナル爲メニ組織ニ酸素供給ガ杜絕セラレタル部分ヲ生ジ之ガ爲メ中樞神經ヲ介シテ酸素消費ヲ抑壓セシムル衝動ヲ現スモノナリト推論シテキル。

生體組織ニ於テモ臟器ノ異ナルニヨツテ酸素ノ擴散恒數ニ差違アルコトハ Krogh ノ實測値ニヨツテモ判ル。余ハ同一組織ニ於テモ亦擴散恒數ニ差違ヲ來シ得ルモノナルコトヲ認メタ。又酸素不足ノ狀態ニ對スル生物ノ抵抗ハ個體ニヨリテモ大イニ差違アルモノナルハ既ニ認メラレタル所ニシテ此ノ抵抗ニ對シテ大イニ意味アル所ノ擴散恒數ニ於テモ大イニ差違アルモノナルコトヲ認メ得タ。即チ余ハ酸素擴散速度ハ個體のニモ臟器のニモ且亦種屬のニモ相當大ナル差違アルモノト信ズルニ難カラズト思フ。

余ノ實驗成績ヲ見ルニ1000米ノ高サニ相當スル低壓ノ作用ニ於テハ輕度ニ之ヲ低下シ、4000米ノ高サニ相當スル低壓ノ作用後ニ於テハ一時著明ニ遞減シ7日後ニ於テハ既ニ略恢復シ、2000米ノ高サニ相當スル低壓ノ作用後ハ前二者ノ中間ニ位スル變化ヲ示セルヲ認メタ。而シテ斯クノ如キ變化ハ如何ニシテ惹起セラレタカノ問題ハ此ノ方面ノ研究ナク今日之ヲ斷定スルコトハ困難ナル事ニ屬スルモ、余ハ恐ラク Hennig ノ云ヘル如ク組織ノ一部分即チ毛細血管ヨリ比較的大ナル距離ニアル組織ノ微細部分ニ於テ酸素ノ供給杜絕セラレ之ガ爲メニ該組織部分ガ次第ニ退行性過程ヲ辿リシ爲メニ組織ヲ外部ニ取り出シタル後即チ保命時ニ於テモカ、ル變化ヲ示スモノナラント思ハレル。高度ノ低壓ノ作用後ニ於テハ肝臟ニ化學的ナ變化アルコトハ明カニシテ(7) Laubender ニヨルト肝臟ノ蛋白窒素ハ減少スルガ R-N ガ増加スルヲ認メ之ニヨツテ高度ノ低壓ノ場合ハ生體內ニ自家融解ヲ惹起スルモノト認メタ。

(8) Angelescu モ強度ノ稀薄空氣中ニ於ケル動物ノ肝臟ニハ Rest-N ガ全窒素ノ26.7%ニ増加



スルト言ツテキル。而シテ饑餓時ニ於テモ Rest-N ガ増加スルノデアルガ余ノ實驗ニ於ケル第3日目ニ於テハ饑餓モ高度ノモノトハ考ヘルコトガ出来ナイ。<sup>(9)</sup>Elias und Taubenhaus ハ全體ノ蛋白ガ減少スルガ肝臓内ニ於ケル蛋白質ガ増加スルコトニヨツテ生體內ニ於テ蛋白質ノ移動ガアルモノト認メテキル。<sup>(10)</sup>Lewinstein und v. Schrötter, <sup>(11)</sup>Loewy, <sup>(9)</sup>Elias ニヨルト高度ノ低壓ニ於テハ脂肪蓄積ガ起ルコトヲ認メ、<sup>(13)</sup>Rosin ハ海狸及ビ廿日鼠ニ就テ組織學的ニ檢セシニ高度ノ低壓作用後40時間後ニシテ脂肪蓄積ガ起リ數日間持續シ更ニ長ク低壓中ニ置ク時ハ實質性ノ變化ガ起リ肝細胞ノ中央部ニ壞死部ヲ認ムルニ至ルト云ツテオル。<sup>(12)</sup>Cambell, T.A モ亦同様ナル變化ヲ認メタ。斯クノ如ク高度ナル低壓作用後ニハ著明ナル變化ガ惹起セラル、モノナルハ明カニシテ余ノ實驗ニ於テハ上述ノ文獻ノ示ス如ク高度ナル低壓ナリトナシ難キモ多少ノ變化ヲ招致セシコトハ疑ヒ得ザル所デアツテ低壓作用後第3日位ニシテ酸素ノ擴散速度ヲ遞減スルガ如キ障礙ヲ來シ爾餘ノ低壓ニ對スル生體反應所謂 Akklimatisation ガ完備セラル、ニツレテ此ノ障礙ノ強サモ減少シ1週間内外ニシテ略舊ニ恢復スルモノト考フルヲ妥當デアルト信ズル。

組織ノ比重、含水量及ビ酸素消費量トノ間ノ關係及ビ之等ノ組織中酸素擴散恒數ノ動搖トノ關係ヲ見ルニ前三者ハ何レモ著變ナク酸素擴散恒數ノミノ變移著明ナルニヨリ少クトモ余ノ實驗デハ擴散恒數ノ變化ト上述物理的要素トノ間ニ密ナル關係アルモノト信ズルコトガ出来ナイ。

## 第7章 結 論

余ノ實驗ニヨツテ次ノ結論ニ達シ得ルモノト信ズ。

1. 白鼠ニ2000米及ビ4000米ノ高サニ相當スル低壓ヲ作用セシムル時ハ數日後ニ於テ肝臓組織内酸素擴散恒數ハ組織全體トシテハ遞減セラレ約1週間後ニハ恢復スル傾向ノアルコトヲ認メル。

2. 白鼠ニ1000米ノ高サニ相當スル低壓ヲ作用セシメタル時ハ酸素擴散恒數ハ輕度ナレドモ比較的長期ニ涉ツテ減少スル。

本編ノ物理的及ビ數學的範圍ニ於テハ金澤高等工業學校青山兵吉教授及ビ理學士齋藤有氏ノ御教示ニヨル所多シ、此處ニ附記シテ感謝ノ意ヲ表ス。

## 文 獻

- 1) Exner, Annalen der Physik. 155, 1875. Zit. nach Riter. Nr. 4.
- 2) Stefan, Sitzungsberichte d. Akad. d. Wiss. Wien. 77 abth. II. 1878. Zit. nach Riter. Nr. 4.
- 3) Hüfner, Ann. d. Physik. u. Chem. Neue Folge. 60, 1897.
- 4) Krogh, The rate of diffusion of gases through animal tissues, with some remarks on the coefficient of invasion. The Journ. of physiology. Vol. LII, 1919, P. 391.
- 5) Warburg, Ueber den Stoffwechsel der Tumoren. Berlin. 1926, S. 8.
- 6) H. Hennig, Ueber Veränderungen in der Grösse des Sauerstoffmangels in der Atemluft, Zeitschr. f. d. ges. exper. Med. S. 168, Bd. 95, 1935.
- 7) Laubender, Ueber den Stoffwechsel im luftver-

- dünnten Raume. II. Mitteilung. Verhalten von Blut und Leber. Bioch. Z. S. 427, Bd. 165, 1925.
- 8) **Angelescu**, Ueber den Eiweissstoffwechsel der Organe bei unter Luftverdünnung gehaltenen Tieren. Bioch. Z. S. 236, Bd. 209, 1929.      9) **H. Elias und M. Taubenhaus**, Zur Lehre des Stoffwechsels bei Unterdruck. I. Mitteilung. Z. exp. Med. S. 529, Bd. 69, 1930.      10) **Lewinstein**, Zur Kenntniss der Wirkung der verdünnten Luft. Pflügers Arch. Bd. 65, 1895.      11) **Loewy A.**, Physiologie des Höhenklimas. Berlin. 1632, S. 283.      12) **Campbell J. A.**, Note on some pathological changes in the tissues during attempted acclimatization to alterations of O-pressure in the air. the british J. of exper. Path. P. 347, Vol. 8, 1927.      13) **A. Rosin**, Morphologische Organveränderlungen bei Lehre unter Luftverdünnung. Beitr. zur pathol. Anath. und Path. S. 153, Bd. 676, 192.