

大黒鼠脳組織呼吸の活性化エネルギー

第 1 篇

未処置大黒鼠全脳ホモジネート呼吸酵素系の 活性化エネルギーについて

岡山大学医学部神経精神医学教室 (主任: 奥村教授)

薄 井 省 吾

[昭和 32 年 9 月 12 日受稿]

緒 言

ワールブルグ検圧法が考案されて以来、各組織の組織呼吸が色々な角度から研究され、精神神経科領域においても、脳組織呼吸におよぼす精神疾患・薬剤・治療処置等の影響を追求する事により、脳代謝の様相・疾患の発生機序・治療処置及び薬剤の奏効機転等を覗うとする努力が、引続き払われて来ている。組織呼吸を問題にする場合、先ずホモジネートにおいて種々の実験が行われている。勿論ホモジネートは補酵素その他の副要素の破壊が起つて居り、生体内において現実に作用している呼吸酵素系と同一視する事が出来ぬのは言うまでもないが、而も尚その様相を推測する為の有力な手がかりである事は否定出来ない。わたくしは本篇において、大黒鼠全脳ホモジネート呼吸酵素の活性化エネルギーを測定し、その反応速度論的解析を目的とした些な研究を行った。

さて此所に活性化エネルギーに関する簡単な説明を述べて、緒言に代え度いと思う。化学反応速度に及ぼす温度の影響は Arrhenius の公式 $V = Ze^{-\mu/RT}$ に従うとされている。此所に V は反応速度、 Z は或恒数、 e は自然対数の底、 R はガス恒数で約 1.987 Calories/Jegree、 T は絶対温度、 μ は活性化エネルギーである。

Arrhenius によると、そのエネルギー含量が同じ系の同じ物質の全分子の平均エネルギー

含量より大きいような分子を活性分子と云い、活性分子 1 モルのエネルギー含量と正常分子 1 モルのエネルギー含量との差、すなわち 1 モルの正常分子を 1 モルの活性分子に変化させるに要するエネルギー量が活性化エネルギーである。Arrhenius の公式は元々経験則として提出され、 Z の値は最初実験的に定められたが、後化学反応の衝突説により理論的重要さを加えて来、理論的に計算されるに至つた。尚活性化エネルギーを理解する上に非常に重要な進展が Eyring の活性錯化合物という仮定の導入によりもたらされた。彼は熱力学的により有効な自由エネルギーをその公式化に取入れている。Sizer による綜説中には多くの酵素触媒反応の μ の値が表に示されている。大体その値は 1000 ないし 25000 cal. の範囲内である。又 μ の値が多くの生理学的現象に対して求められている。例えば蟻が這い、こおろぎ鳴き、螢が光る速度は、殆んど 12200 cal. の μ の値を示すように見え、各種の動物の呼吸率や鼓動の速さは 16700 cal. という特徴ある μ の値を表わす。

明らかにこれらの生理過程は数多くの化学反応全体の活性に関係するが、Crozier によると、全体の反応速度はこれら個々の反応の内最も速度の遅い所謂律速反応によつて規定され、その μ の値が全体の温度依存を決定すると云う。わたくしは複雑な一大複合酵素系と見做される大黒鼠全脳ホモジネートの呼吸酵素系 (之も一連の連続して働く複合酵素系

と考えられる)の μ の値を測定する事によつてその律速反応を追求して見たものである。

算 出 方 法

Arrhenius の公式 $V = Ze^{-\mu/RT}$ の両辺の対数をとって変形すると $\log V = e - \mu/2.3RT$ ($e = \log Z$ で恒数となる), $(\log V - e)/\frac{1}{T} = -\mu/2.3R$ となり, 縦軸に $\log V$, 横軸に $1/T$ を目盛つて作図した直線の Slope を求めると, $\mu = 2.3R \times \text{Slope} = 4.58 \times \text{Slope}$ より算出可能である。此の原理を適用しワールブルグ検圧法により, 多数の異なる温度に於ての酸素吸収速度 V ($\mu\text{l}/\text{min}$ で表す) を求め, $\log V$ を縦軸に, $1/T$ を目盛ると, 作図に依り直線

の Slope が求められ, 従つて μ は算出可能である。此所に同一実験においての各温度の $\log V$ は縦軸にそい, 同一距離だけ, 同一方向に移動する事が可能なのは理論的に明らかな事である。

実 験 方 法

酸素吸収速度 V ($\mu\text{l}/\text{min}$) はワールブルグ検圧測定により, 予備振盪時間を 10 分とし, その後 10 分毎に 6 回読を測定した。検圧計容器内容は次の如くである。

主室 大黒鼠全脳の 0.2% 葡萄糖加 Krebs-Ringer 磷酸緩衝液による約 15 倍ホモジネート 2 ml.

表 1 酸 素 吸

	×			■			●		
	38°C	34°C	30°C	38°C	34°C	30°C	38°C	34°C	30°C
10'	27.1 ^{μl}	20.1 ^{μl}	16.2 ^{μl}	25.2 ^{μl}	17.3 ^{μl}	15.9 ^{μl}	28.3 ^{μl}	19.8 ^{μl}	17.5 ^{μl}
20'	53.5	39.2	32.9	50.1	34.9	32.5	53.5	44.1	32.5
30'	79.0	56.8	51.5	69.4	53.8	45.6	81.9	66.7	54.6
40'	106.5	78.2	67.6	96.8	70.2	63.4	108.7	88.1	68.8
50'	130.8	95.7	85.3	119.5	87.5	79.1	134.1	108.2	84.2
60'	156.9	113.8	97.7	143.7	103.4	95.4	158.7	128.9	103.7
平均速度 V ($\mu\text{l}/\text{min}$)	$\mu\text{l}/\text{min}$ 2.661	$\mu\text{l}/\text{min}$ 1.943	$\mu\text{l}/\text{min}$ 1.682	$\mu\text{l}/\text{min}$ 2.415	$\mu\text{l}/\text{min}$ 1.762	$\mu\text{l}/\text{min}$ 1.574	$\mu\text{l}/\text{min}$ 2.724	$\mu\text{l}/\text{min}$ 2.187	$\mu\text{l}/\text{min}$ 1.734

×, ■, ●, ※, □, △ は夫々異なる大黒鼠を示す符号。

V ($\mu\text{l}/\text{min}$) は 0'~40' 間の平均速度。

表 2 酸 素 吸 收 量

	◎			○			▲		
	38°C	36°C	32°C	38°C	36°C	32°C	38°C	36°C	32°C
10'	19.4 ^{μl}	17.6 ^{μl}	13.1 ^{μl}	23.5 ^{μl}	21.6 ^{μl}	16.7 ^{μl}	24.9 ^{μl}	20.6 ^{μl}	14.4 ^{μl}
20'	40.3	35.1	26.5	49.6	41.2	35.8	49.7	40.4	32.1
30'	60.7	53.4	37.8	75.2	62.6	50.3	71.3	62.5	50.5
40'	70.7	69.7	51.5	96.1	80.9	68.1	95.3	82.4	64.5
50'	98.5	88.1	63.2	118.9	102.8	84.7	117.6	100.1	81.5
60'	120.5	104.9	75.7	140.2	123.1	98.9	139.9	119.8	94.1
平均速度 V ($\mu\text{l}/\text{min}$)	$\mu\text{l}/\text{min}$ 1.971	$\mu\text{l}/\text{min}$ 1.758	$\mu\text{l}/\text{min}$ 1.289	$\mu\text{l}/\text{min}$ 2.444	$\mu\text{l}/\text{min}$ 2.063	$\mu\text{l}/\text{min}$ 1.709	$\mu\text{l}/\text{min}$ 2.412	$\mu\text{l}/\text{min}$ 2.059	$\mu\text{l}/\text{min}$ 1.615

◎, ○, ▲ は夫々異なる大黒鼠を示す符号。

V ($\mu\text{l}/\text{min}$) は 0'~40' 間の平均酸素吸収速度。

副室 20% KOH 0.2 ml

側室 (一) 気相 空気

而して成績の正確を期する為、出来る限り複試験を用いた。前述の様な構成でワールブルグ検圧器3台を使用し、38°, 34°, 30°C及び38°, 36°, 32°C, の1連の各温度においての酸素吸収速度Vを同時に測定し、多数の実験より求めた3温度1組となつたlog Vの値を縦軸に目盛り、算出方法の項の記載した手続によりμ(活性化エネルギー)を計算した。

試料の調製、大黒鼠に充分成熟した体重130~200gのものを、少くとも10日以上同一条件下で飼育して用いた。断頭後予備振盪開始迄の時間を40分に統一し、その間可及的に

氷冷してをいた。ホモジネートの作製に際し、モーターの回転速度、ガラスホモジナイザーの中軸の上下回数などを統一して、細胞の破壊が毎回均一になるように注意したが、更に不均一部分を除くためガーゼ濾過して使用した。

実験成績

38°, 34°, 30°Cの1連の3温度においての酸素吸収量を表示すれば第1, 3, 4表の如くであり、第2, 5表は38°, 36°, 32°Cの1連の3温度のそれを表示したものである。

表1~5に於いて大黒鼠を表示する記号は異なる表で同一のものを使用している事もあ

取 量

※			□			△		
38°C	34°C	30°C	38°C	34°C	30°C	38°C	34°C	30°C
31.2 ^{μl}	23.4 ^{μl}	17.8 ^{μl}	28.1 ^{μl}	22.3 ^{μl}	16.9 ^{μl}	28.2 ^{μl}	21.8 ^{μl}	18.2 ^{μl}
60.4	45.3	37.1	57.2	41.5	34.8	54.9	46.1	32.9
92.1	70.8	56.3	83.5	62.9	53.5	81.8	66.3	49.1
122.4	91.8	69.9	113.2	84.4	69.7	110.7	88.1	66.3
150.0	112.5	88.4	139.3	106.1	85.3	135.8	109.5	82.2
181.5	134.7	107.5	167.9	127.3	100.8	161.5	130.7	97.6
μl/min 3.061	μl/min 2.313	μl/min 1.811	μl/min 2.820	μl/min 2.111	μl/min 1.749	μl/min 2.756	μl/min 2.223	μl/min 1.665

表3 酸素吸収量

	×			※			▲			△			●		
	38°C	34°C	30°C	38°C	34°C	30°C	38°C	34°C	30°C	38°C	34°C	30°C	38°C	34°C	30°C
10'	23.1 ^{μl}	18.9 ^{μl}	14.3 ^{μl}	22.1 ^{μl}	16.2 ^{μl}	12.7 ^{μl}	22.1 ^{μl}	17.9 ^{μl}	14.1 ^{μl}	23.7 ^{μl}	18.1 ^{μl}	12.9 ^{μl}	25.6 ^{μl}	21.1 ^{μl}	15.8 ^{μl}
20'	48.6	38.4	29.7	42.8	33.1	26.8	47.5	36.4	28.9	45.2	33.4	28.1	54.1	42.3	34.2
30'	75.8	55.7	41.8	66.7	51.8	40.2	71.9	52.7	43.4	65.3	50.3	40.3	78.9	61.9	50.2
40'	100.1	74.3	56.7	86.7	67.8	50.5	94.2	71.9	54.7	88.1	68.0	50.8	105.5	82.5	65.0
50'	122.5	91.8	71.6	107.9	82.3	62.4	117.3	89.7	69.3	110.6	83.7	65.7	133.2	104.2	81.9
60'	146.2	108.5	87.1	130.2	107.7	74.1	140.7	107.2	82.6	133.4	100.3	77.1	160.4	126.1	97.5
平均速度 V (μl/min)	μl/min 2.476	μl/min 1.873	μl/min 1.425	μl/min 2.183	μl/min 1.689	μl/min 1.302	μl/min 2.357	μl/min 1.789	μl/min 1.411	μl/min 2.223	μl/min 1.698	μl/min 1.321	μl/min 2.641	μl/min 2.078	μl/min 1.652

×, ※, ▲, △, ● は夫々異なる大黒鼠を示す符号。

V (μl/min) は 0'~40' 間の平均酸素吸収速度。

表 4 酸素吸収量

	□			△			■			●			○		
	38°C	34°C	30°C	38°C	34°C	30°C	38°C	34°C	30°C	38°C	34°C	30°C	38°C	34°C	30°C
10'	24.1	20.5	16.2	25.1	18.7	15.2	23.2	18.5	15.2	25.2	19.0	15.3	22.7	17.3	13.2
20'	50.3	38.2	31.4	48.2	38.3	29.5	47.3	33.7	28.7	48.4	36.2	30.9	43.3	34.5	28.9
30'	73.9	56.4	48.5	72.6	57.2	43.7	69.4	53.1	41.9	71.9	56.5	49.2	63.9	49.2	40.8
40'	101.1	77.2	63.0	95.8	75.0	58.9	92.5	71.2	56.0	95.8	75.0	65.6	85.9	66.3	56.1
50'	123.8	95.8	78.2	118.9	96.1	73.4	115.1	87.3	71.1	118.3	93.8	78.7	108.6	81.9	70.8
60'	146.4	112.0	92.3	142.3	113.9	88.6	136.7	104.8	84.3	142.7	110.3	94.5	126.3	107.6	82.3
平均速度 V (μl/min)	2.495	1.923	1.591	2.417	1.892	1.473	2.324	1.765	1.418	2.413	1.867	1.610	2.158	1.673	1.390

□, △, ■, ●, ○ は夫々異なる大黒鼠を示す符号。 V (μl/min) は 0'~40' 間の平均酸素吸収速度。

表 5 酸素吸収量

	×			※			▲		
	38°C	36°C	32°C	38°C	36°C	32°C	38°C	36°C	32°C
10'	28.2	22.9	18.1	23.5	18.7	16.3	26.4	25.1	18.6
20'	53.7	47.1	36.4	44.8	37.6	30.9	53.9	47.3	37.1
30'	82.5	70.3	52.3	66.2	58.3	47.1	81.7	72.1	54.3
40'	108.8	91.6	72.0	91.2	76.1	61.8	106.3	94.7	73.4
50'	137.1	116.4	89.5	111.7	95.8	78.7	131.5	117.8	90.2
60'	162.0	137.8	109.6	131.9	116.5	93.5	156.1	140.4	117.9
平均速度 V (μl/min)	2.732	2.319	1.788	2.257	1.907	1.561	2.683	2.392	1.834

×, ※, ▲ は夫々異なる大黒鼠を示す符号。 V (μl/min) は 0'~40' 間の平均酸素吸収速度。

るが、これは同一の鼠である事を意味せず何れも異なるものである。ここに酸素吸収速度 V (μl/min) は測定された60分間において殆んど直線を示すが、50分、60分頃低下傾向を示す場合が多い為、最初の40分間の平均速度を採用した。即、10分、20分、30分、40分後の夫々の酸素吸収量の総和を100分間に平均したものである。表1~5に見るごとく、既述の条件の下で、38°C における酸素吸収速度は実験を行つた22匹では、最大3.061 μl/min (100%とする) から最低1.971 μl/min (約64%に相当) を渡る、個体差に基づくかなりの動揺を示している。次に表1~5に記載したVの対数を表示すれば、表6~10の如くである。

ここに大黒鼠を表す記号に関する注意は表

表 6 log V

	38°C		34°C		30°C	
	V	μl/min	V	μl/min	V	μl/min
×	2.661	2.661	1.943	1.943	1.682	1.682
log V	0.4250	0.4250	0.2885	0.2885	0.2258	0.2258
■	2.415	2.415	1.762	1.762	1.574	1.574
log V	0.3829	0.3829	0.2460	0.2460	0.1970	0.1970
●	2.724	2.724	2.187	2.187	1.734	1.734
log V	0.4352	0.4352	0.3398	0.3398	0.2390	0.2390
※	3.061	3.061	2.313	2.313	1.811	1.811
log V	0.4859	0.4859	0.3642	0.3642	0.2579	0.2579
□	2.820	2.820	2.111	2.111	1.749	1.749
log V	0.4502	0.4502	0.3245	0.3245	0.2428	0.2428
△	2.756	2.756	2.223	2.223	1.665	1.665
log V	0.4403	0.4403	0.3469	0.3469	0.2214	0.2214

表 7 log V

	38°C		36°C		32°C	
◎	V	$\mu\text{l}/\text{min}$ 1.971	V	$\mu\text{l}/\text{min}$ 1.758	V	$\mu\text{l}/\text{min}$ 1.289
	log V	0.2947	log V	0.2450	log V	0.1103
○	V	$\mu\text{l}/\text{min}$ 2.444	V	$\mu\text{l}/\text{min}$ 2.063	V	$\mu\text{l}/\text{min}$ 1.709
	log V	0.3881	log V	0.3145	log V	0.2327
▲	V	$\mu\text{l}/\text{min}$ 2.412	V	$\mu\text{l}/\text{min}$ 2.059	V	$\mu\text{l}/\text{min}$ 1.615
	log V	0.3824	log V	0.3137	log V	0.2082

表 10

	38°C		36°C		32°C	
×	V	$\mu\text{l}/\text{min}$ 2.732	V	$\mu\text{l}/\text{min}$ 2.257	V	$\mu\text{l}/\text{min}$ 2.683
	log V	0.4365	log V	0.3535	log V	0.4286
※	V	$\mu\text{l}/\text{min}$ 2.319	V	$\mu\text{l}/\text{min}$ 1.907	V	$\mu\text{l}/\text{min}$ 2.392
	log V	0.3653	log V	0.2804	log V	0.3788
▲	V	$\mu\text{l}/\text{min}$ 1.788	V	$\mu\text{l}/\text{min}$ 1.561	V	$\mu\text{l}/\text{min}$ 1.834
	log V	0.2524	log V	0.1934	log V	0.2634

表 8

	38°C		34°C		30°C	
×	V	$\mu\text{l}/\text{min}$ 2.476	V	$\mu\text{l}/\text{min}$ 1.873	V	$\mu\text{l}/\text{min}$ 1.425
	log V	0.3938	log V	0.2725	log V	0.1538
※	V	$\mu\text{l}/\text{min}$ 2.183	V	$\mu\text{l}/\text{min}$ 1.689	V	$\mu\text{l}/\text{min}$ 1.302
	log V	0.3391	log V	0.2276	log V	0.1146
▲	V	$\mu\text{l}/\text{min}$ 2.357	V	$\mu\text{l}/\text{min}$ 1.789	V	$\mu\text{l}/\text{min}$ 1.411
	log V	0.3724	log V	0.2526	log V	0.1495
△	V	$\mu\text{l}/\text{min}$ 2.223	V	$\mu\text{l}/\text{min}$ 1.698	V	$\mu\text{l}/\text{min}$ 1.321
	log V	0.3469	log V	0.2299	log V	0.1209
●	V	$\mu\text{l}/\text{min}$ 2.641	V	$\mu\text{l}/\text{min}$ 2.078	V	$\mu\text{l}/\text{min}$ 1.652
	log V	0.4218	log V	0.3176	log V	0.2180

表 9

	38°C		34°C		30°C	
□	V	$\mu\text{l}/\text{min}$ 2.495	V	$\mu\text{l}/\text{min}$ 1.923	V	$\mu\text{l}/\text{min}$ 1.591
	log V	0.3971	log V	0.2840	log V	0.2017
△	V	$\mu\text{l}/\text{min}$ 2.417	V	$\mu\text{l}/\text{min}$ 1.892	V	$\mu\text{l}/\text{min}$ 1.473
	log V	0.3833	log V	0.2770	log V	0.1682
■	V	$\mu\text{l}/\text{min}$ 2.324	V	$\mu\text{l}/\text{min}$ 1.765	V	$\mu\text{l}/\text{min}$ 1.418
	log V	0.3662	log V	0.2467	log V	0.1517
●	V	$\mu\text{l}/\text{min}$ 2.413	V	$\mu\text{l}/\text{min}$ 1.867	V	$\mu\text{l}/\text{min}$ 1.610
	log V	0.3826	log V	0.2711	log V	0.2068
○	V	$\mu\text{l}/\text{min}$ 2.158	V	$\mu\text{l}/\text{min}$ 1.673	V	$\mu\text{l}/\text{min}$ 1.390
	log V	0.3341	log V	0.2235	log V	0.1430

表VI-Xの log v は少数第5位で4拾5入している。

図 1

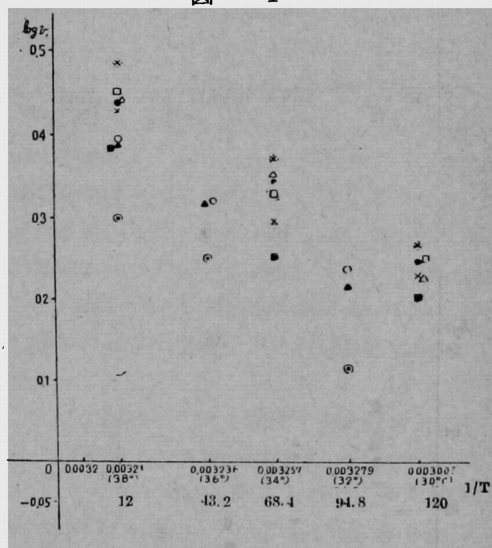


図 2

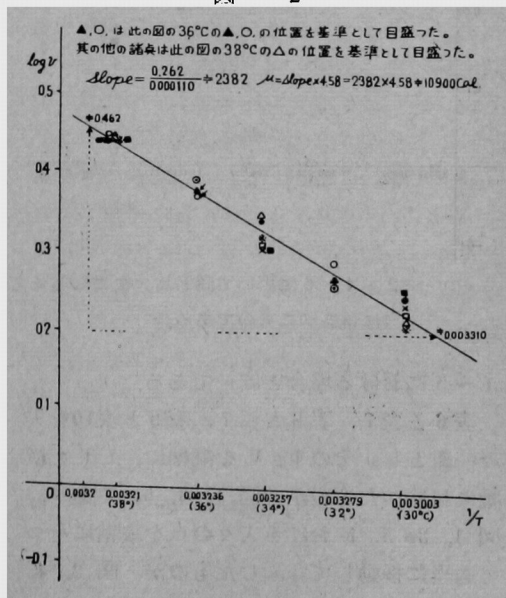


図 3

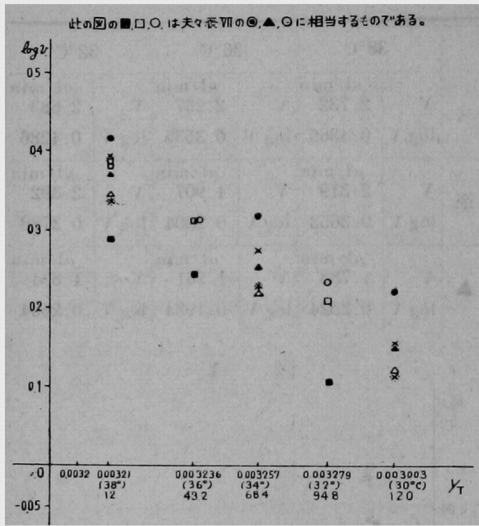


図 4

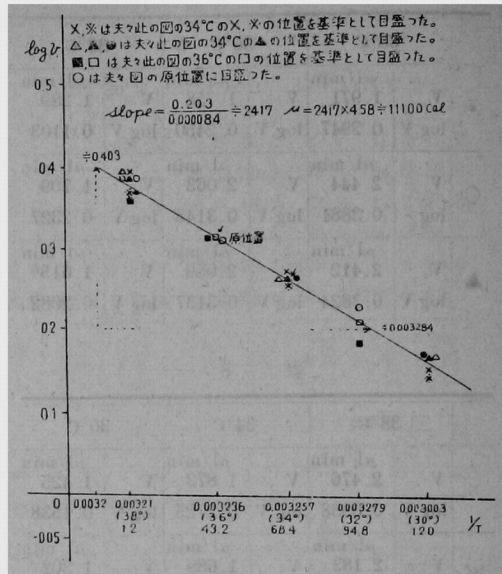


図 5

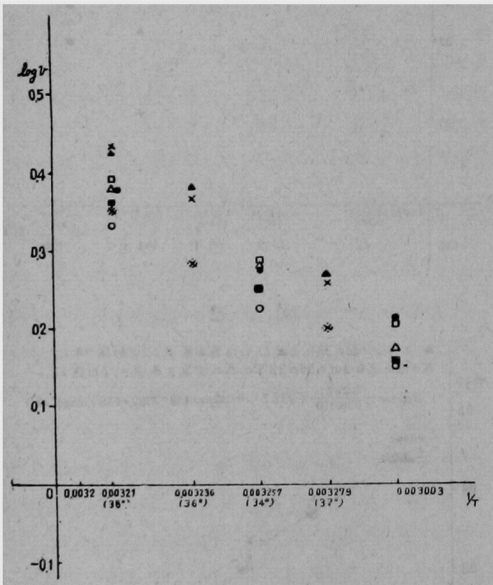
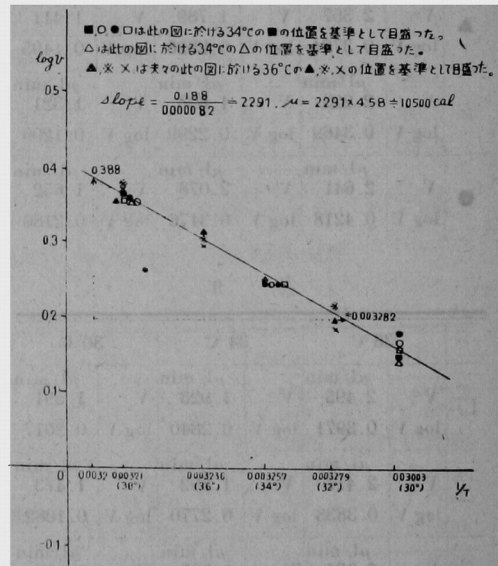


図 6



(註) 図 2, 4, 6 に於いて同じ高さに横に並んでいる諸点は同一の位置に重なるべきものを作図の都合上横に目盛ったものである。

1~5 における場合と同一である。

表 6 と表 7, 表 8 と表 7, 表 9 と表 10 を夫々一組とし, その $\log V$ を縦軸に, $1/T$ を横軸に目盛ったものが, 図 1, 3, 5, であり, 図 1, 3, 5, における夫々の点を縦軸にそつて適当に移動して作図したものが, 図 2, 4,

6 である。但し図 3, 4 の ■, □, ○, は夫々表 7 の ◎, ▲, ○, に相当するもので, これは図示の都合上記号を変更した為であり, 他の図中に用いられた記号は表中に用いられたものと同じである。図 2, 4, 6 における移動方法は図 2, 4, 6 に夫々記載してある。図 2, 4,

6 に明らかな如く、算出された μ の値は約 10900 cal. 約 11000 cal. 約 10500 cal., すなわち 11000 ± 500 cal. となつた。

考 察

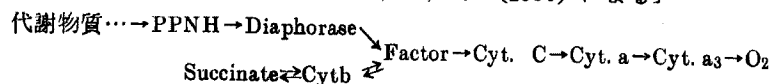
Hoagland は文献に記載された in Vitro の細胞呼吸に対する74組の μ の値を整理したところ、夫等は6群を形成しており、就中その27%は 16500 ± 500 cal., 18%は 11500 ± 500 cal., 5% 8500 ± 500 cal. に夫々帰属し、3主要値の存在する事を指摘しており、それより以前 Crozier は変温動物の心搏数、呼吸運動等の Arrhenius の公式に従う広範な生理活動に対する約360の μ の分布を検討し、その27%が 16500 ± 1000 cal. に、12%が 11500 ± 1000 cal. に、9%が 8000 ± 500 cal. に属する事を報じている。又 Hoagland は進行麻痺患者の体温を Diathermy により変化させて脳波を測定し、 α 波の周波数（彼はこれを主として脳内の呼吸活動に依存するものと解しているのであるが）を測定し、Arrhenius の公式を適用して、初期進行麻痺患者及び普通人に対し、 8000 ± 200 cal., 中等度に進行した進行麻痺患者に対し 11000 ± 300 cal., 高度に進行した患者に対し 16000 ± 300 cal., なる μ の値を算出している。以上を総合すると、呼吸に対して約 16000 cal. (A), 約 11000 cal. (B), 約 8000 cal. (C), なる3主要値が存在する事は明らかであり、本篇において得られた μ の値は 11000 ± 500 cal. となり、ワールブルグ検圧法の精密度を考慮に入れると、これは3主要値の内Bに属するものと考えられる。Hoagland は更に牛心筋より抽出した琥珀酸化酵素系を用いての in Vitro の実験において、1100 cal. は琥珀酸脱水素酵素系に關聯した値であり、16000 cal はチトクローム、チトクローム酸化酵素系に關与するものとし、8000 cal. に対しては銅を含む

酵素の關与を推定している。Sizer は総説中で、多くの μ の値を示しているが、11000 cal. の値に対して Rootperoxidase [$0^{\circ} \sim 30^{\circ} \text{C}$, Substrate: Hydrogen-peroxideleacomalachite-green,], Ycast-invertase [pH. 4.5~5.2, $0^{\circ} \sim 40^{\circ} \text{C}$, Substrate: Rabinose, Sucrose] と前記の Hoagland の Succinic-dehydrogenase [pH. 7.4, $20^{\circ} \sim 40^{\circ} \text{C}$, Substrate: Succinate.] を挙げており、且 bacteria の Succinie-dehydrogenase [pH. 7.6, $25^{\circ} \sim 50^{\circ} \text{C}$, Substrate, Succinate] に対し、167000 cal. という値を挙げている。従つてこの 11000 cal. の値に対する意味づけは尚未解決の問題であり、今後の検討に俟つべきところである。而し 16000 cal. の値をチトクローム・チトクローム酸化酵素系に關与するものとした彼の推定はかなりの根拠を有しており、この点に関しては第2篇において検討して見たい。勿論 8000 cal. の値を銅を含む酵素と關係づけた Hoagland の推定は現在の酵素化学の段階からは根拠に乏しい。

扱本実験のような条件下での全脳ホモジネートの組織呼吸は、Embden-Myerhof-Schema から T. C. A-cycle を経るものと、多くの權威者は考えており、一部 shunt-path way として Warburg-Dickens-Path way を經由する可能性も完全に否定されてはいない。此の動的な、多くの酵素反応連鎖の各成分酵素単独の活性化エネルギーが決定されて居るわけではなく、まして部分的な、或いは完全に近い、此の系の再構成と、その in Vitro においての温度効果の研究が殆んど存在しない現在、本篇において得られた組織呼吸の μ の解析が不可能に近いのは、Sizer の指摘を俟つまでもない事である。酸素吸収に關聯する末端電子伝達系における電子伝達の系路は従来次の如く考えられて来た。

末端電子伝達系に於ける電子伝達の系路

[E. C. Slater: Biochem. J., 46, 495 (1950) による]



この模式では2つの触媒の間の電子の授受は、両触媒分子間の熱運動的衝突反応によると、暗黙の内に想定されており、従つてそこでの電子伝達の全過程は古典的反應論で扱われるような化学反応の連鎖と考えられている。まず Succinate 或は DPNH が脱水素酵素（夫々琥珀酸脱水素酵素或は DPNH 脱水素酵素）によつて酸化される。次に数種のヘム蛋白が先頭の脱水素酵素と分子状酸素との間で働く。その際 Cytochrom の正しい排列順序に関しては Cyt. a が分子状酸素の直前に位置している事が一般に認められている以外、意見がまちまちである。此の Schema においても、電子伝達速度、従つて酸素吸収速度を決定するものは、その内の最も速度の遅い律速反応である筈であり、Chance は Succinate が心筋標品より得られた琥珀酸酸化酵素によつて酸化されるときに定常状態においては、還元型 Cyt. a₃ から O₂ へ電子が移動する事によつて、Succinate から Cyt. b へ電子が引っぱられて進んで行く、即、脱水素酵素の方が律速反応となつている事を示している。而し最近 Green 等がミトコンドリアを用いた色々の実

験より、仮説的なものではあるが画期的な意味を持つ、新しい電子伝達模型を呈出してをり〔関聯が薄いので詳細は略す〕、ワールブルグ検圧法により得られた μ の値に対して、余り高度の意義づけを試みる事は、無意味であるばかりでなく、無謀でさえある。又ホモジネート中では DPN が急速に破壊される事はよく知られており、したがつて本篇の μ の値が、比較的多量に存在すると考えられるチトクローム・チトクローム・酸化酵素に係するらしい 16000 cal. に属しなかつた事は寧ろ当然の事と考えられる。

結 論

大黒鼠全脳ホモジネートの呼吸の活性化エネルギーをワールブルグ検圧法を用いて測定、次のような結果を得た。

- (1) 実験条件の下では、大黒鼠全脳ホモジネートの酸素吸収は Arrhenius の公式に従う。
- (2) その活性化エネルギーは約 11000 ± 500 cal. であり、それが如何なる反応に係する値であるかは、今の所未定である。

文献 第3篇に掲げる。

Activation Energy for Rat's Brain Tissue Respiration

I.

Activation Energy for Respiration Enzym System of Untreated Rat's Whole Brain Homogenate

By

Seigo Usui

Department of Neurology & Psychiatry, Okayama University Medical School
(Director: Prof. N. Okumura)

The author measured the activation energy of the respiration of whole brain homogenate of rats by a Warburg's manometer and obtained the following results. The oxygen absorption of the whole brain homogenate of rats under the experimental conditions was determined following the Arrhenius equation; and the activation energy was found to be about $11,000 \pm 500$ cal. However, with what reaction this value might be associated remains still uncertain.