

# 低壓下長時間滞在に關する研究 I

機體第四部	所員	淡	路	圓	治	郎
	元囑託	豐	原	恒	男	
	同	倉	石	精	一	
	同	八	木		梶	
	同	小	林	卓	郎	
	同	毛	利	昌	三	
	同	増	井	敬	正	
	同	額	田		繁	

## 目 次

I	長時間滞在に差支なき高度に就て	358
	(1) 研究の目的	358
	(2) 研究の方法	358
	(3) 實驗結果の概要	358
	(4) 結論	359
	附録 A. 心理實驗結果	360
	(1) 手足協應動作検査	360
	(2) 複雑選擇反應検査	367
	(3) 記憶検査	375
	(4) 圖形探索検査	375
	(5) 視力検査	380
	附録 B. 生理實驗結果	382
	(1) 緒言	382
	(2) 實驗方法	383
	(3) 實驗成績とその考察	383
	(イ) 脈搏數の變化	383
	(ロ) 血壓の變化	385
	(ハ) 呼吸數の變化	386
	(ニ) 肺胞空氣張力の變化	387
	a 酸素張力の變化	387
	b 炭酸張力の變化	387
	(ホ) 筋力の變化	388

## 1 長時間滞在に差支なき高度に就て

### (1) 研究の目的

成層圏用飛行機に装備すべき與壓氣密室内の穴氣調整に關し、搭乗員防護の見地より許容し得べき内壓高度限界を決定するために、専ら低壓室内に於て長時間滞在人體實驗<sup>(1)</sup>を行ひ、高度 3 Km, 3.5Km 及び 4Km 相當氣壓下に於ける心身諸機能の變化を測定した。

### (2) 研究の方法

從來、比較的に閑却され勝ちであつた 4Km 以下の高度に於て、長時間滞在人體實驗を行ひ、心身に對する影響の有無を判定せんとす。使用せる低壓室は航空研究所測器部低壓風洞にて、約 30 名分の座席<sup>(2)</sup>を有す。

減壓速度は 1Km 10 分の低速とし、滞在中は換氣及び淨化装置によつて過剩炭酸ガスの除去をはかる。

滞在時間は 10 時間を原則とし、これを 2 時間宛の時期に劃し、一期毎に 1 實驗系列を実施する。即ち、各實驗系列は 100 分の實驗時間と 20 分間の休憩時間とに分つのである。

心理實驗としては、比較的に意志的努力を要する種目を選び、視力検査、手足協應動作、複雑選擇反應、圖形探索、記憶検査、計算作業及び内觀調査<sup>(3)</sup>を実施し、生理實驗としては、呼吸、脈搏、血壓等の測定、肺胞空氣、血液の pH の測定、尿反應の檢定等一般に酸素缺乏の影響の比較的に著明に現はれるものを選定した。特に、心理實驗に關しては、實驗の數日前より十分なる練習を課し、略々習熟し得たる時期を見計らひ、實驗に着手した。

### (3) 實驗結果の概要

豫備實驗としては、既に昭和 14 年 7 月、高度 3Km 及び 4Km に就き 10 時間滞在實驗を試みたるも、室内高温高濕のために (26~27°C, 87—89%), 3Km 實驗にて 1 名、4Km 實驗にて 2 名の卒倒者を出し、且つ心理實驗生理實驗ともに甚だしく成績不良なりし爲、遂に中止の已むなきに到つた。

かくて、清涼の候を選び、同年 11 月適溫適濕狀況下に於て、同様の實驗を反覆したる處、概略、下の如き結果を得た。

1. 酸素缺乏症のために滞在實驗を完了し得なかつた者、或は外觀的に明かに異常狀態を呈

- (1) 機體強度及び與壓裝置の側より見て、氣密室内外の氣壓差若くは氣壓比はなるべく小なるを有利とする。然し乍ら、他面に於て、室内壓の低下は酸素缺乏症その他の憂慮すべき事態を招致する惧あるを以て、搭乗員が長時間滞在に耐へ得られる標準内壓高度限界を決定し、工學的要請と醫學的必要とを兩立調和せしめることは、頗る重大なる意義を有する。
- (2) 在來の人體低壓實驗の多くは、高度 4Km 以上の比較的に影響顯著なる條件下に於て、しかも比較的に短時間の實驗を行ふに過ぎなかつたが、4Km 以下の高度でも多少の影響はあるものゝ如く、特に長時間滞在に於ては相當の影響が豫想せらるゝが故に、計畫的に 4Km 以下の高度を選び滞在實驗を試みたのである。
- (3) 内觀調査としては、35 項目より成る質問紙につき自己の狀態を反省せしめ、該當事項に應答せしめる方法を採用し、これを 10 時間中に 6 回反覆せしめた。

示した者は、高度 4Km 実験に於て若干乍ら生じたが、3.5Km 及び 3Km 実験に於ては皆無であつた。但し、3.5Km 実験に於て少々昂奮状態を呈するものがあり、また、3Km 実験に於ても、滞在の後半期に極めて軽微なる昂奮状態を示すものがあつた。

2. 影響を感じ始める時期やその程度は個人によつて相當に異なるも、全員が各高度に就き如何なる気分を感じたかを、内観調査の結果より綜観すれば、次の如くである。

- (イ) 3Km 実験に於て自覺せられる徴候としては、「飽き飽きする」、「眠い」、「だるい」、「頭が少し重い」、「ぼんやりする」等、軽微なるものが時々報ぜられるに止まるが、
- (ロ) 3.5Km 及び 4Km 実験では、これ等の徴候が頻出するのみならず、「何もしたくない」、「顔がほてる」、「あたりが暗い」、「息苦しい」、「吐き氣がする」等の多少顯著なる徴候が附加せられてゐる。
- (ハ) 10 時間滞在経過中の初期と終期とを比較すれば、3Km では變化がなく、3.5Km 及び 4Km では、時間の経過につれて、漸次、増悪する傾向が明瞭に認められる。
- (ニ) 之を要するに、3Km 実験では、正常氣壓に比して少々疲勞感の如きものゝ存在することは否み難いが、長時間滞在によつて特に悪化し行くとは認められないのに反して、3.5Km 実験では、時間の経過に伴ひ多少の進行が認められ、4Km 実験では、明白なる苦痛感及び重壓感が確認せられる。

3. 心理実験の成績は、各高度とも殆んど正常氣壓と大差なく、時間経過に伴ふ能率の低下は全く見られない。但し、54 組の実験系列を通じて、中途に成績が僅少乍ら低下し、最後に到つて上昇するのは、この種の作業に通有なる終末努力の影響に由るものと解せられる。

各種の心理実験中、3.5Km 及び 4Km に於て、幾分成績の低下を示すのは、圖形探求検査であつて、長時間作業による根氣の喪失が主なる原因を成すものゝやうである。

4. 生理実験の結果としては、

- (イ) 脈搏数は各高度ともに幾分増加し、その増加の割合は 10~30% である。
- (ロ) 血壓の變化は僅かに 2~6% の範圍に止まる。
- (ハ) 呼吸数は、3Km では最初 10~20% の増加を示すが、滞在中まもなく正常状態に復するけれども、4Km に於ては恢復しないばかりか、却つて逐次増加の傾向を示してゐる。
- (ニ) 肺胞内空氣の酸素張力は、3Km 実験では 37~43%, 4Km 実験では約 48% の減少を示したが、前の場合では滞在中僅か乍ら回復する。
- (ホ) 炭酸ガス張力は、3Km 実験に於て 9~20%, 4Km 実験に於て 30% の減少が認められ、時間の経過につれて漸次大となり行く傾がある。

#### (4) 結 論

以上の實驗結果に徴し、與壓氣密室内の内壓としては、高度 3Km 相當氣壓を標準となすを以て適切なりと判定する。

尤も、地上正常氣壓に於ける成績と比較すれば、若干の變化は認められるも、而も長時間

の滞在により何等悪影響と覺しきものを認め得ない。<sup>(1)</sup>

尙ほ、上の判定の根據たるべき實驗結果に關しては、次に掲ぐる附録に就き詳しく點檢せられたい。

## 附録 A. 心理實驗結果

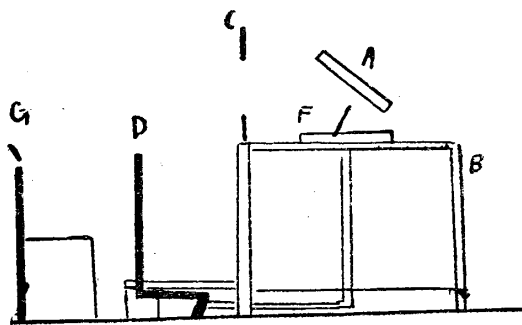
### (1) 手足協應動作検査

#### (1) 問 題

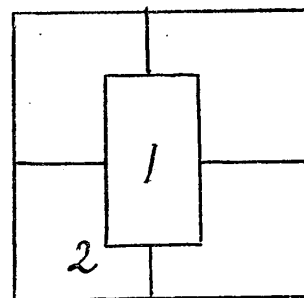
3Km, 3.5Km 及び 4Km の各種高度に相當する低氣壓の下に長時間滞在し、その間一定の作業を行はせ、その成績を媒介として、當該作業面に現はれる行動特性を通じ各高度相互の心理的差異の有無若くは程度を察し、これ等3種の孰れの高度に於て、精神作業は比較的に容易に行はれ得るかを知らんとするのである。

この目的に對して、我々は先づ手足協應動作を採用した。それはこの作業が比較的に實際の操縦動作に近似してゐることゝ、曾て同一の作業が正常條件下に於て十分に實施せられ、相互に比較對照し得る便宜を有することに由る。また、この種の作業に於て、單に手足協應の精粗の度のみならず、併せて動作者の行動様態をも概觀し得ることも、別の理由となつてゐる。

協應動作の内容として、我々は他の實驗種目と睨み合せ、他種目よりの影響が少く、しかも相互に重疊しないものを選定した。即ち、被檢者の意志作用が比較的によく參加し、意志力の減弱が作業成績の低下となつて反映する如きものを採擇した。この旨趣に對して陸軍航空支所研究所に於て航空要員の選抜に使用せられつゝある協應動作検査の方法は頗る適切なるものと考へられる。勿論、適性検査の場合は、時間の關係上、可成り短時間で作業を終了せしめる必要があり、これが我々の實驗意圖に對して若干の制限を加へることを免れないのであるが、この問題に就ては後に論考するつもりである。



第 1 圖



第 2 圖

#### (2) 方法と條件

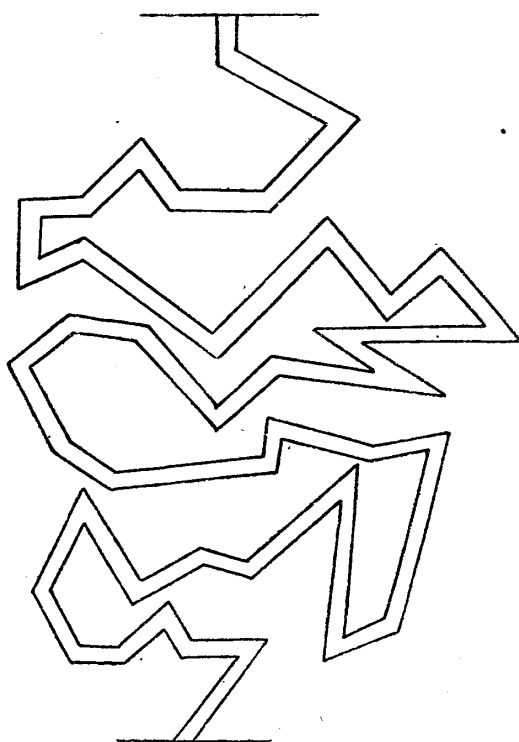
協應動作の實驗裝置としては、陸軍に於て現在航空要員の選抜に使用しつゝある鏡畫實驗裝置をその儘借用した。第1圖に於て、Aは45°に傾斜した鏡、Bは机で、その詳細は第2圖に示す通りである。第2圖に於て、1は机の面2の上を上下左右に任意の方向に動く。即ち、

- (1) 但し、この實驗に於て、氣溫は常溫を採りたるも、氣溫は人體に對し重大なる影響を與へる因子なれば、低壓の附加せられたる場合に關しては、別に詳細なる檢討を重ねる必要がある。

被検者(Vp)が手にて操縦桿を動かすと、Dより1に連接せる紐によつて、1は上下の方向に動き、また踏拵Eを足にて前後することによつて、1は左右の方向に動くのである。Fは固定された鉛筆で、操縦桿を垂直に立て踏拵を正しい位置に置くと、Fは1の中心に来る。今1の上に刺戟用の路線紙をのせると、これが鏡Aに映り、Gの椅子に座したVpには逆像が見える。刺戟たるべき路線紙には凹凸ある幅3mmの溝線が印刷せられ(第3圖は一例を示す)、Vpが手足を動かすと、紙面に操縦過程が描き出される。Vpは「用意」の合圖とともに協應動作を開始し、溝線の入口から出口まで、3mmの溝幅の外に飛び出さないで、なるべく早く進み行くやうに命ぜられる。實驗は毎回各種の路線紙につき3回宛反覆せられ、その成績が調査せられる。

實驗は、他種目との關係から、10時間滞在中、2時間置きに5回、反覆實施せられた。實驗日時、實驗高度、被検者は下表の如くである。

月 日	11. 17	11. 20	11. 24	11. 23	12. 1	12. 5	12. 11	12. 22
高 度	0Km	3Km	4Km	0Km	3Km	4Km	3.5Km	3.5Km
被検者數	4	4	4	3(Yを缺く)	4	4	4	3(Kを缺く)



第 3 圖

Vp. O. については、各高度とも顯著なる變化を認め難いが、0 Km, 3Km に於ては、脱逸回数は2回目に少々高くなつてゐる。しかし、全般的には採立てゝ云ふほどの高度的變化とか、實驗回数による相違とかは認められない。

### (3) 結果の評定

作業成績の評定は質量兩方面から行はれるが、その量的標準としては、(1) 所要時間(秒)、(2) 脱逸總延長 (mm) 及び (3) 脱逸回数(三)を考慮した。また、質的標準としては、(1) 方向轉換の際の過操作、(2) 方向轉換に際しての躊躇、(3) 脱逸の儘無修正繼續、(4) 始發時のまごつき、(5) 終了時のまごつき、及び(6) Vp の課題に對する一般的心構へ等を綜合的に考慮すべきであるが、この際實驗者の恣意的解釋が混入する恐れもあるので、特に徴候の顯著なる場合に限り考慮することにした。

### (4) 實驗結果とその考察

(イ) 脱逸回数 脱逸回数については、先づ被検者別に考察し(第1表及び第5.6.7.8 圖中 a を参照)、次に全員の傾向(第1表及び第4圖 a を参照)に就き述べることにする。

Vp. K. では、3.5Km に於て特に脱逸回数が少いやうであるが、これは或は實驗順序による練習結果の出現とも見られないことはない。その他は概して著しい變化は認められない。

Vp. Y. では、0Km は山形のカーヴを示してゐるが、他はすべて平坦である。0Km のカーヴにしても、3 回目が特に脱逸回数が多いために、山形を成してゐるに過ぎない。

Vp. S. に就ても、他と同様に、高度による差異は認められない。しかし、採立てゝ云へば、4Km の際のカーヴだけは多少の漸次的降下を示してゐる。

次に、全員を通覧するに、直ちに知られることは、0Km では脱逸回数が些少乍ら時間の経過とゞもに増加し行くに對し、3Km 及び4Km に於ては、漸減的傾向が見られることである。3.5Km に於ても、この傾向があるらしいが、さほど明瞭ではない。

第1表 協應動作脱逸回数

O. K. Y.															
回数 Km	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
0	9	17	8	9	12	8	13	14	10	10	12	17	32	21	10
3	14	15.5	11	12.5	10	16	20.5	15	15	12.5	21.5	22.5	21	19.5	17
3.5	7.5	12.5	11	13.5	13	3	6	6	14	11	16.5	18.5	20.5	16.5	18.5
4	8	5	14	13	8	17	15.5	12.5	14.5	12	20.5	17	18	18.5	12

S. 4名の平均										
回数 Km	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
0	9	9	13	13	12	9.5	14	16.75	13.25	11
13	18.5	18	15.5	9	9.5	17.5	19.125	16.625	14.125	12.25
3.5	14	18	14	14.5	14.5	10.25	13.75	12.875	14.625	14.25
4	16	13.5	16	8.5	7.5	15.375	12.5	15.125	13.625	9.875

然らば、0Km 以外の場合、脱逸回数の漸減的傾向が見られるのは、抑も如何なる理由によるのであらうか。

此點に關して第1に考へられることは、練習結果の問題であるが、一方、練習結果の要因が規定的に働くものとすれば、0Km の實驗に於て同様の事實が認められなかつたのは果して偶然と解すべきか疑問となる。次に、練習結果以外に要因を求めれば、0Km の實驗に對しては、他の場合とは異り、全く低壓の影響の缺除せることを擧ぐべきであらう。即ち、0Km の實驗では、正常條件たるが爲に特別の努力をなさず、單に疲勞の影響が卒直に現はれるのに反して、3~4Km 實驗では、Vp が惡條件下たるを意識し力めて之を克服し、多少の苦痛は忍んでも、負荷せられたる作業課題をいつも一定に遂行せんが爲に、相當に瞬時的緊張を試みるからではなからうか。この種の協應動作検査は

極めて短時間に終了せられる性質のものであるから、以上の推察はありさうなことゝ思はれる。従つて、作業課題をもつと長時間を要するものに改めれば、恐らく瞬時的補償努力では到底追付かなくなり、却つて疲労を倍加して、逆に甚だしい漸増的傾向を露呈するに到つたであらうと察せられる。

(ロ) 脱逸總延長 各 Vp 別の脱逸總延長は第2表及び第6, 7, 8 圖中の b の如くであつて、孰れも餘りはつきりした傾向を示してはゐない。その理由は必ずしも計測誤差によるとは考へられないが、眞因を簡単に斷定し難いので、茲では單に結果を羅列するのみに止めて置く。全員の平均に就ても、同様である。

たゞその理由の一つとして、刺戟圖形の全體的構造が幾分平易に過ぎたゝめではないかとも思へるが、今の所では明白でない。

第 2 表 協應動作脱逸總延長

O. K. Y.															
總延長 mm Km	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
0	46	102	56	72	81	53	92	144	55	55	56	75	195	147	43
3	71	97.5	64	78.5	67.5	107.5	132.75	88.25	129.5	132.5	124	149	153.5	124.75	115
3.5	60	113	97.5	98	105.5	9	49	46	124	114	119	125.5	136	125	137
4	57.25	39	109	124	66	121.25	102.25	124.5	136	101	135.5	80	131	99.5	82.5

S. 全員の平均										
總延長 Km	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
0	48	41	76	51	67	50.75	77.5	117.75	80.75	61.5
3	110.75	111.5	82	48.25	57	103.30	122.68	96.93	95.25	93
3.5	96.5	146	97	85	135.5	71.12	108.37	94.07	108	123
4	90.25	71	90.5	44.5	39	107.12	73.06	113.75	98.5	72.12

(ハ) 所要時間 所要時間に就ての結果は、第3表及び第4, 5, 6, 7, 8 圖の C の如くであり、Vp 個別にもまた全員を通じて、0Km, 3Km, 4Km, 3.5Km の順序に、所要時間の減少が見られる。

これは一には習熟途上の練習効果に由るものと思はれるが、二には一日中の實驗系列の進行につれ、強制されたる作業課題への心構へとして、これだけの仕事を完了すれば解放されるのだといふ氣持の存在が所要時間の短縮に作用したとも解せられる。また、第三の要因として、複雑し來る惡條件に對し、作業の成績を一定に保たうとする心身全般の補償的な舉措が時間の短縮を結果したとも考へられる。これ等3の要因に就き、相互の機能的關聯を確めることは容易ではないが、少くともこれ等が協合してゐるらしいことだけは斷定し得るのである。

第 3 表 協應動作所要時間

		O.					K.					Y.				
時間	Km	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
	0	155	169	150	146	146	230	226	196	186	158	257	302	255	237	249
	3	261	139	142.5	145	126.5	82.25	159.5	164	149	156.5	255.7	221.7	201	193.7	196.7
	3.5	82	85	83	88	88	131	139	126	131	124	178.2	152.4	135.8	148.4	142.6
	4	157.5	107	115.75	80	94	166.5	162.5	131.5	167.5	164	174.3	196.2	182.9	192.7	176.9
		S.					全員の平均									
時間	Km	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5					
	0	329	312	305	267	261	245.25	252.25	226.5	208.5	233.5					
	3	250.9	208.3	226	219.4	213.3	237.46	182.12	158.30	176.72	173.75					
	3.5	146.8	159.8	157.4	162.4	153.2	130.97	129.85	123.45	126.55	123.85					
	4	222.6	223.5	214.6	207.6	198.5	163.72	150.17	161.18	161.95	158.35					

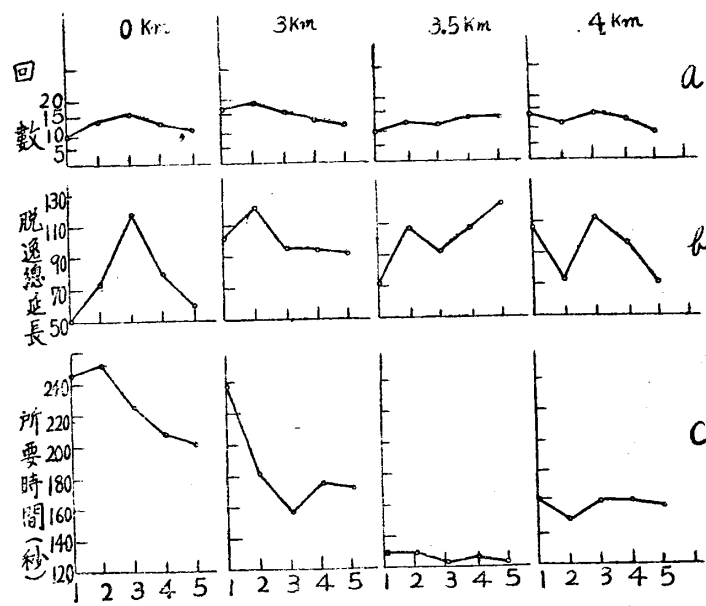
(=) 其他の標徴 以上の他、特殊の標徴としては、Vp. O 及び S は 3.5Km 並に 4Km 実験に於て、最初の一、二回眼の痛みを訴へてゐる。この実験のやうに鏡に映つた虚像を眺めることは疲労を喚起し易いのであるが、低圧下ではこれが一層甚だしいとも考へられる。

また、3 種の高度を通じて V はあるが、実験系列の途中即ち第 3 回目位には、実験中の小休止例へば刺戟用紙の交換等の際、Vp は勝手な行動をなし、小聲で歌を口ずさむ等のことをやる場合が多かつたが、これは作業課題に対する緊張の薄らいだ證據であつて、低圧下に於ける人格構造の弛緩の第一歩とも見做し得られる。

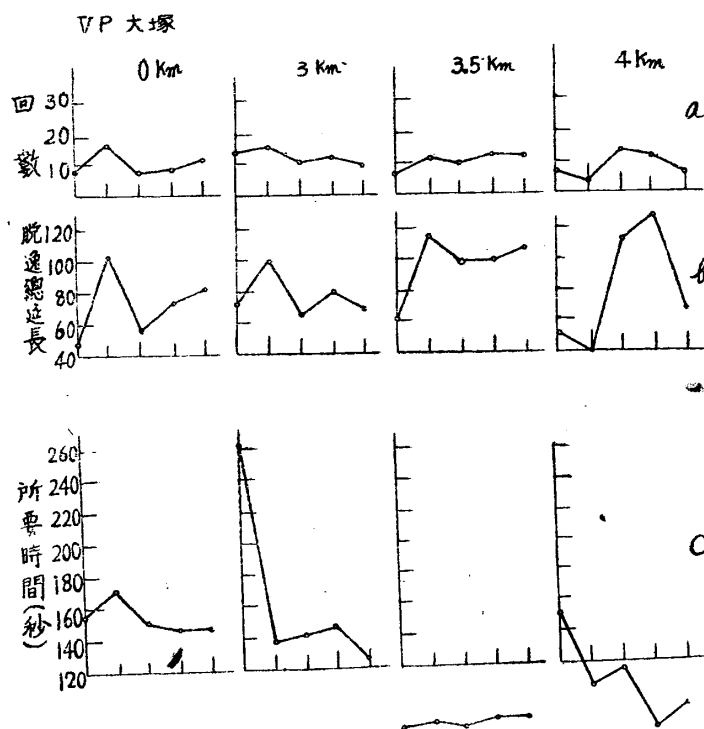
#### (4) む す び

以上の実験結果の考察から、當初の研究問題に対する解答を求めて見ると、漠然乍ら次の推察が可能である。即ち、我々の実験条件下では、手足の協應動作は、作業の成績からのみ観る時は、各種の高度間にさしたる差異は認め難いけれども、作業中に現はれる Vp の行動より判定すれば、3Km では作業の遂行が比較的に容易らしいのに反して、3.5Km 及び 4Km では相當に困難さを加へる傾向があることは観取される。既述の如く、作業能率の質量的低下は示さぬにしても、能率維持のために特別の努力を拂つてゐるらしいことは見逃し難く、これが Vp に相當の負擔となつてゐることは察知し得られるのである。



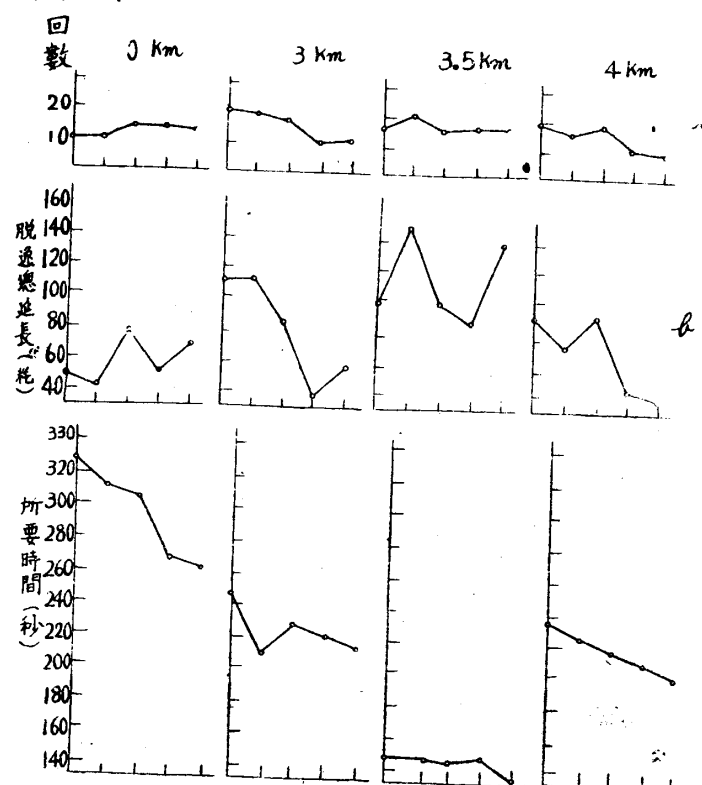


第 4 圖 協應動作成績 (被験者全部の平均)



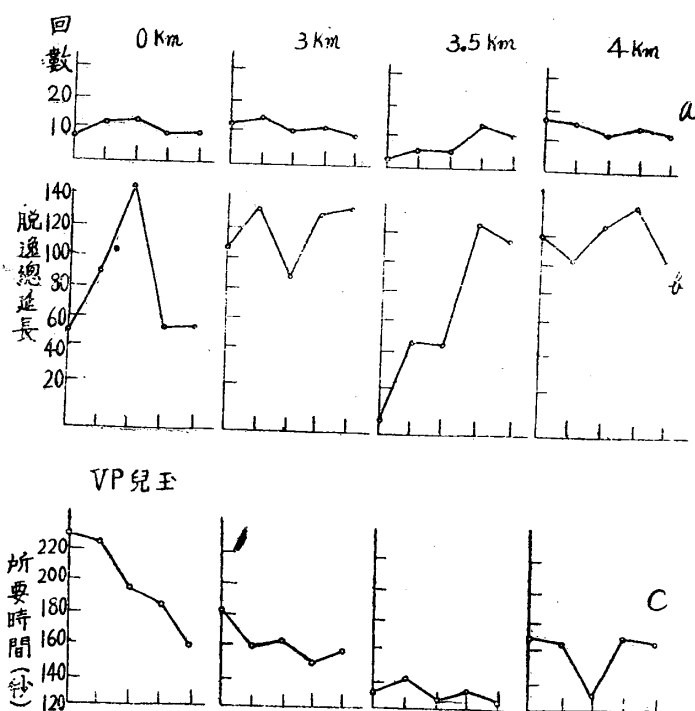
第 5 圖 Vp. O.

Vp 佐々木

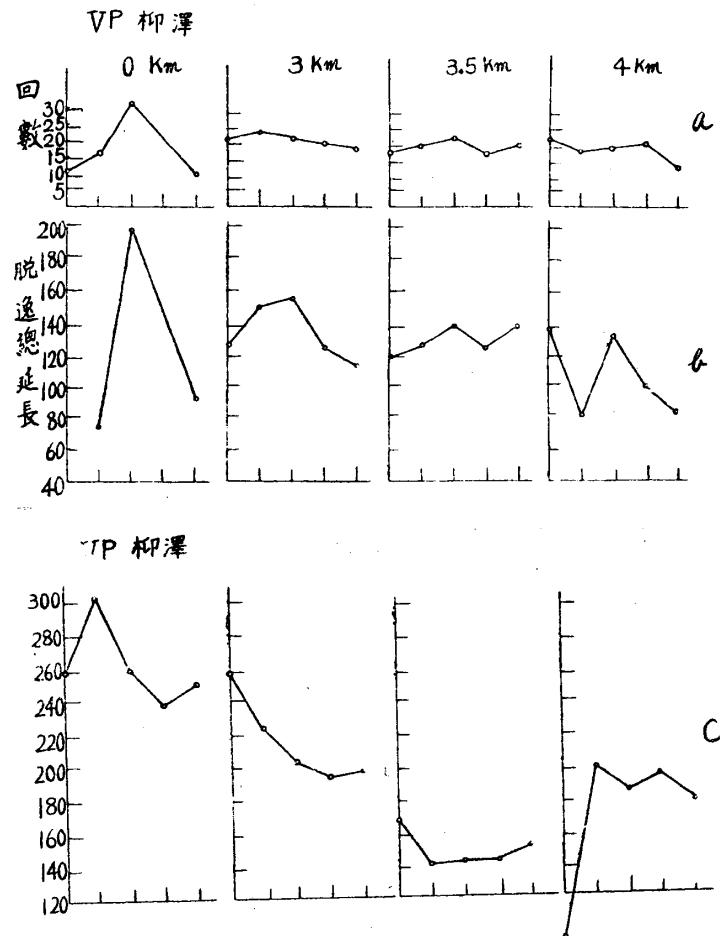


第 6 圖 Vp..S.

Vp 兒玉



第 7 圖 Vp. K.



第 8 圖 Vp. Y.

## (2) 複雑選擇反應検査

## (1) 問題

低圧下特に酸素不足の状態に於て、複雑に現はれ来る刺戟系列に對し迅速的確に選擇し行く反應力が持続的に如何なる影響を蒙るかを調査し、選擇反應作業の點より見て長時間滞在に差支なき高度を決定せんとす。

## (2) 方法と條件

實驗方法としては、通例用ひられる複雑選擇反應検査を用ひる。即ち、普通の卓子と同じ高さの水平面に、幅 6cm 長さ 4cm の矩形の露出窓がある。この窓を被檢者に向つて刺戟圖形を有する紙テープが 1.98 cm/sec の速度で通過する。刺戟圖形は第 9 圖に示されたる方向圖形で、5 箇宛一列を成して、順次現はれて来る。刺戟出現の間隔は不規則であるが、被檢者は露出窓の前に椅子に坐し、通過し行く刺戟の列の中で豫め命ぜられた組合せ（例へば①②）を含むものを發見して、露出中に鉛筆を以て紙テープ上に斜線を引いて抹消する。作業時間は毎回 15 分間、これを一日 10 時間の滞在實驗中、2 時間毎に 1 回宛反覆せしめられるのである。

本實驗に於ける氣壓高度は、前掲手足協應動作と同様、3Km, 3.5Km 及び 4Km の 3 種であつて、これを地上 0Km に於ける場合と比較したことは贅するまでもない。

尚ほ、本實驗に入るに先立ち、被檢者を低壓状態に慣れしめるため、數日に亘り幾回か同様の作業を課して、訓練を試みた。(訓練實驗に於ける各人の成績は省略)。

### (3) 實驗結果とその考察

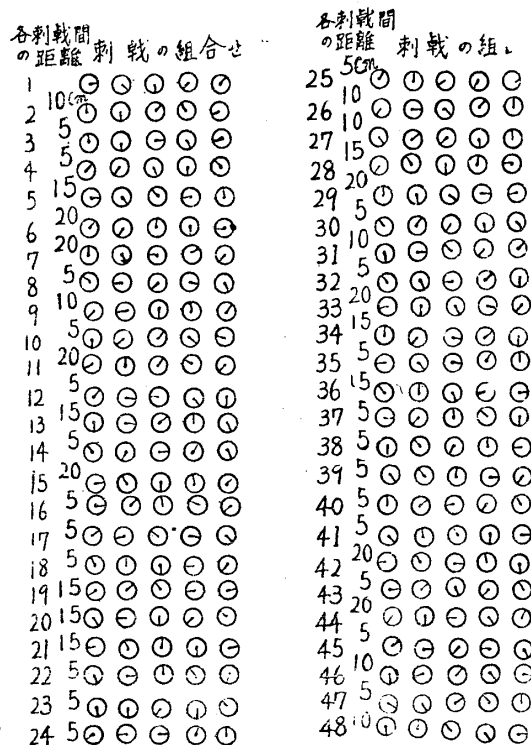
本實驗に於て、各實驗高度に於ける 2 時間目毎の實驗成績を、4 名の被檢者別に表示すれば、第 9 表及び第 10 表並に第 10 圖の如くである。これ等の圖表は複雑選擇反應に於ける各人の脱逸數、誤數及び遲延反應數を現はしてゐる。

この結果によれば、個人別の脱逸數、誤數、遲延反應數はともに、高度の差異に應ずる變化を示してゐないが、全員の平均では些少の相違が現はれてゐる。即ち、第 11 表及び第 11

圖の結果では、脱逸數、誤數及び遲延反應數が、實驗開始後 2~4 時間頃までは、0Km に於ては何等變化なきに拘らず、3Km, 3.5Km, 4Km と漸次高度を増すにつれて、逐次増加の傾向を示してゐるのは、低壓の影響と見做し得るも、これとても高度の大小に應じて規則的に増減してゐるわけではない。

第 9 表 複雑選擇反應成績

實驗月日 及 高 度	回 數	S.			O.			Y.			K.		
		脱逸數	誤數	遲延 反應	脱逸數	誤數	遲延 反應	脱逸數	誤數	遲延 反應	脱逸數	誤數	遲延 反應
11 月 17 日 0Km	I	2	0	1	5	1	0	0	0	3	1	1	1
	II	2	0	1	13	2	0	1	0	1	3	0	5
	III	4	0	1	8	1	2	25	10	9	3	0	2
	IV	7	3	1	12	2	2	14	1	22	11	0	3
	V	10	4	1	12	1	0	22	3	20	1	1	3
11 月 20 日 3Km	I	1	0	0	0	1	1	12	1	5	1	0	5
	II	9	1	0	15	0	2	10	1	11	3	0	3
	III	9	2	0	16	1	1	27	1	9	3	0	3
	IV	9	2	2	14	0	0	7	0	7	3	0	6
	V	0	0	0	0	0	0	3	2	1	0	0	0



第 9 圖 複雑選擇反應刺激圖

實驗月日 及高度	回 數	S.			O.			Y.			K.		
		脱逸數	誤數	遅延 反應	脱逸數	誤數	遅延 反應	脱逸數	誤數	遅延 反應	脱逸數	誤數	遅延 反應
11月24日 4Km	I	0	0	1	1	1	1	11	4	13	0	0	1
	II	1	2	0	10	0	3	19	2	19	4	3	3
	III	0	0	0	3	1	1	1	0	0	1	0	2
	IV	0	0	1	—	—	—	7	0	7	2	2	3
	V	3	0	1	—	—	—	13	5	8	9	0	8
11月28日 0Km	I	4	0	3	4	0	0	—	—	—	0	0	7
	II	3	0	2	2	0	1	—	—	—	2	2	3
	III	7	1	0	8	2	4	—	—	—	3	1	6
	IV	1	2	1	6	1	3	—	—	—	3	2	1
	V	7	3	2	11	0	0	—	—	—	0	0	3
12月1日 3Km	I	4	6	0	1	0	0	3	0	6	3	0	5
	II	2	0	1	2	2	2	14	4	6	2	2	4
	III	1	3	0	5	1	0	19	4	7	2	0	6
	IV	8	5	0	9	7	1	40	4	5	0	3	8
	V	2	5	0	5	0	1	10	1	7	0	0	4
12月5日 4Km	I	7	2	4	10	3	1	11	1	14	1	1	3
	II	6	1	1	14	1	1	10	0	9	4	1	4
	III	8	0	3	9	2	0	6	1	8	0	0	2
	IV	4	3	2	6	1	3	15	3	5	1	0	0
	V	2	0	1	6	3	0	11	2	9	5	1	1
12月19日 3.5Km	I	3	1	1	8	2	1	14	2	17	1	1	3
	II	3	0	1	9	0	3	46	18	18	3	1	1
	III	7	5	2	17	0	4	39	11	19	2	2	6
	IV	0	0	0	16	3	4	42	5	19	0	1	1
	V	0	0	0	0	0	0	1	0	4	0	1	0
12月22日 3.5Km	I	4	1	0	4	2	2	6	2	16	—	—	—
	II	1	1	0	1	2	1	3	6	3	—	—	—
	III	9	2	3	2	0	2	14	3	7	—	—	—
	IV	2	0	2	1	0	1	2	1	3	—	—	—
	V	3	0	0	0	0	2	22	7	10	—	—	—

第 10 表 複雑選擇反應成績 (全員平均)

高 度	回 數	S.			O.			Y.			K.		
		脱逸數	誤數	遅延 反應	脱逸數	誤數	遅延 反應	脱逸數	誤數	遅延 反應	脱逸數	誤數	遅延 反應
0Km	I	3	0	2	4.5	0.5	0	0	0	3	0.5	0.5	4
	II	2.5	0	1.5	7.5	1	0.5	1	0	1	2.5	1	4
	III	5.5	0.5	0.5	8	1.5	3	25	10	9	3	0.5	4
	IV	4	2.5	1	9.5	1.5	2.5	14	1	22	7	1	2
	V	8.5	3.5	1.5	11.5	0.5	0	22	3	20	0.5	0.5	3
3Km	I	2.5	0	0	0.5	0.5	0.5	7.5	0.5	5.5	2	0	5
	II	5.5	0.5	0.5	8.5	1	2	12	2.5	8.5	2.5	1	3.5
	III	5	2.5	0	10.5	1	0.5	23	2.5	8	2.5	0	4.5
	IV	8.5	3.5	1	11.5	3.5	0.5	23.5	2	6	1.5	1.5	7
	V	1	2.5	0	2.5	0	0.5	6.5	1.5	4	0	0	2
3.5Km	I	3.5	1	0.5	6	2	1.5	1.0	2	16.5	1	1	3
	II	2	0.5	0.5	5	1	2	24.5	12	10.5	3	1	1
	III	8	3.5	2.5	9.5	0	3	26.5	7	13	2	2	6
	IV	1	0	1	8.5	1.5	2.5	22	3	11	0	1	1
	V	1.5	0	0	0	0	1	11.5	3.5	7	0	1	0
4Km	I	3.5	1	2.5	5.5	2	1	11	2.5	13.5	0.5	0.5	2
	II	3.5	1.5	0.5	1.2	0.5	2	14.5	1	14	4	2	3.5
	III	4	0	1.5	6	1.5	0.5	3.5	0.5	4	0.5	0	2
	IV	2	1.5	1.5	6	1	3	1.1	1.5	6	1.5	1	1.5
	V	2.5	0	1	6	3	0	12	3.5	8.5	7	0.5	4.5

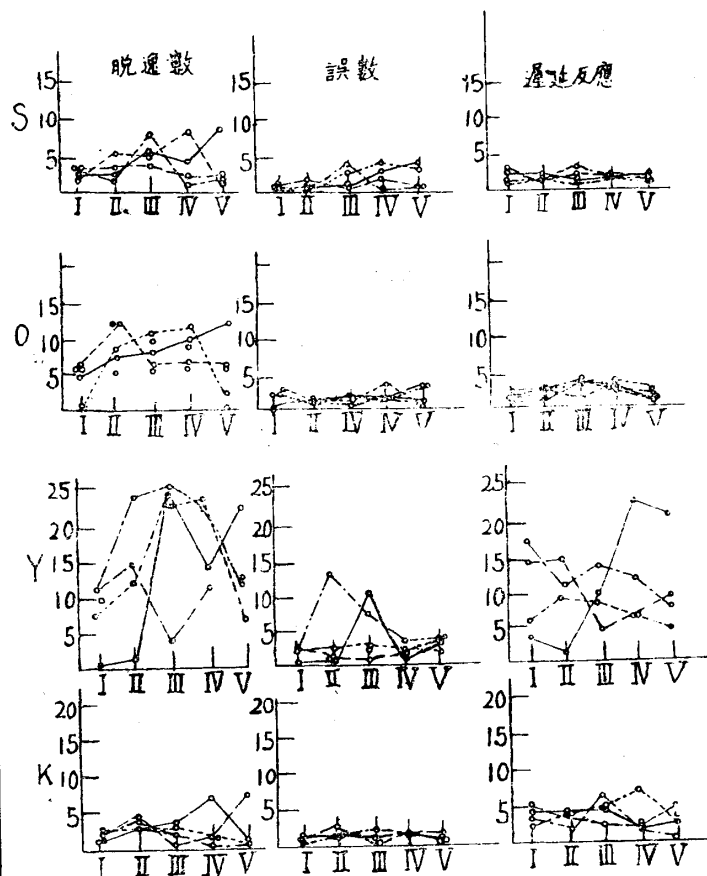
次に、各高度に於ける5回の實驗結果を概括し、之を高度別に比較すれば、第12表及び第13圖の如くであるが、これによつても、高度の變化に應じて、作業成績は必ずしも一義的差異を示さないやうである。これは恐らく我々の課題が被檢者にとつて容易に過ぎ、空氣條件の差異によつて著しい變化を示さなかつた爲ではなからうかとも思はれる。

最後に、これ等の脱逸數、誤數並に遅延反應の總計を求め、高度的對照を試みたが、その果でも亦た、第13表及び第14表に明かなやうに、依然として明白な傾向は認められない。之を要するに、本實驗の如き條件下では、複雑選擇反應は低壓によつて著しい影響を蒙ら、各種高度の變化に應じて殆んど一義的な傾向を示さないものゝやうである。尤も、もつ困難度の高い複雑選擇反應では、或は顯著な變化を生ずるかも知れないのであるが、本實

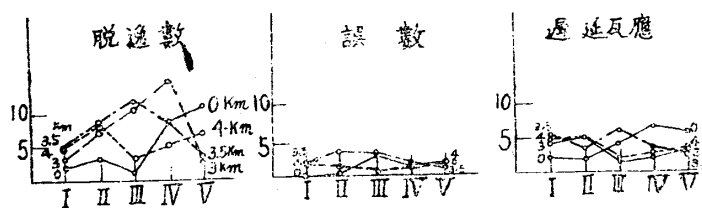
験からは軽率な豫断は下されない。

第 11 表 全員の平均

高 度	回 数	脱逸数	誤数	遅延 反應
0Km	I	2	0.25	2.25
	II	3.38	0.5	1.75
	III	1.33	3.13	4.13
	IV	8.63	1.5	6.88
	V	10.63	1.88	6.13
3Km	I	3.11	0.25	2.75
	II	7.12	4	3.62
	III	10.2	1.5	3.25
	IV	12.6	2.62	3.62
	V	2.5	1.0	1.62
3.5Km	I	5.13	1.5	5.38
	II	8.63	3.83	3.5
	III	11.5	3.13	6.13
	IV	7.88	1.38	3.88
	V	3.25	1.13	2
4Km	I	5.13	1.5	4.75
	II	8.5	1.25	5
	III	3.5	0.5	2
	IV	5.13	1.25	3
	V	6.88	1.75	3.5



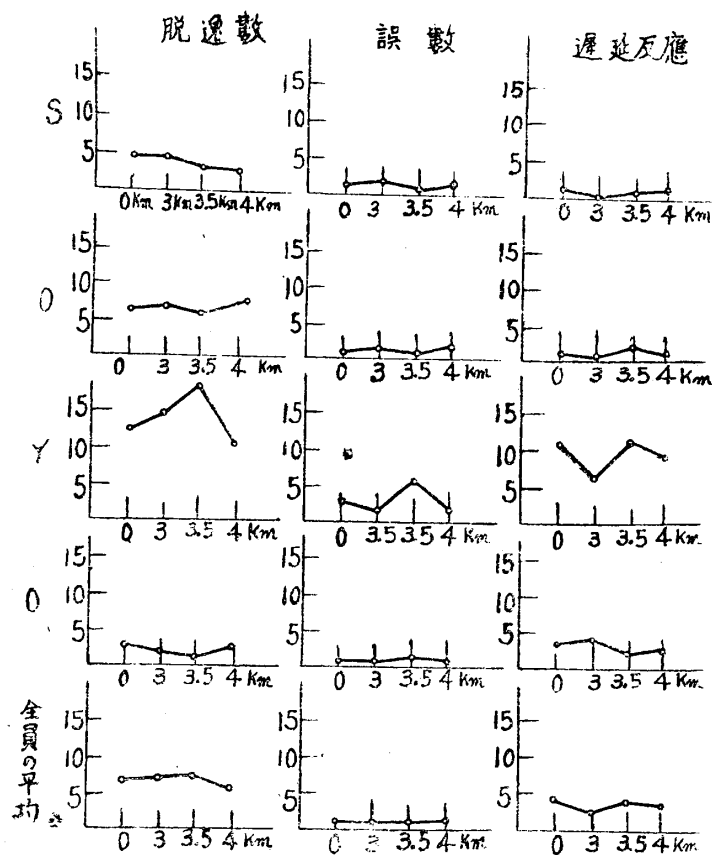
第 10 圖



第 11 圖 高度別に依る全員の平均 (時間的経過)

第 12 表 各人各圖の平均

高 度	S.			O.			Y.			K.			全員の平均		
	脱逸 数	誤数	遅延 反應	脱逸 数	誤数	遅延 反應	脱逸 数	誤数	遅延 反應	脱逸 数	誤数	遅延 反應	脱逸 数	誤数	遅延 反應
0Km	4.7	1.3	1.3	6.2	1	1.2	12.4	2.8	1.1	2.7	0.7	3.4	6.5	1.45	4.23
3Km	4.5	1.8	0.3	6.7	1.2	0.8	14.5	1.8	6.4	1.7	0.5	4.4	6.85	1.32	2.97
3.5Km	3.2	1	0.9	5.8	0.9	2	18.9	5.5	11.6	1.2	1.2	2.2	7.26	1.13	4.18
4Km	3.1	0.8	1.4	7.1	1.6	1.3	10.4	1.8	9.2	2.7	0.8	2.7	5.83	1.25	3.65



第 12 圖 各人各回の平均

第 13 表 實驗日別平均

實驗月 及 高 度	回 數	課 題	S	O	Y	K	總 計	平 均
11. 17 0Km	I		3	6	3	3	15	3.8
	II		3	15	2	8	28	7.0
	III		5	12	35	5	57	14.5
	IV		12	17	38	4	71	17.8
	V		15	15	48	5	83	20.8
11. 20 3Km	I		1	2	19	6	28	7.0
	II		10	17	22	6	55	13.8
	III		11	18	38	6	73	18.6
	IV		13	14	15	9	51	12.8
	V		0	0	4	0	4	1.0



實 驗 月 日 度 及 高	回 數 課 題	S	O	Y	K	總 計	平 均
11. 24 4Km	I	1	3	28	1	33	8.3
	II	3	13	41	10	67	16.8
	III	0	6	1	3	10	2.5
	IV	1	—	15	7	23	7.7
	V	4	—	26	17	47	15.7
11. 28 0Km	I	7	4	—	7	18	6.0
	II	6	3	—	7	16	5.3
	III	8	14	—	10	32	10.7
	IV	4	10	—	6	20	6.7
	V	12	11	—	3	26	8.7
12. 1 3Km	I	4	1	9	8	22	5.5
	II	3	6	24	8	41	10.3
	III	4	6	32	8	50	12.5
	IV	13	17	52	11	93	23.3
	V	7	6	18	4	35	8.8
12. 5 4Km	I	13	14	26	5	58	14.5
	II	10	16	20	9	55	13.8
	III	11	12	15	2	40	10.0
	IV	9	11	25	1	46	11.5
	V	4	11	22	7	44	11.0
12. 19 3.5Km	I	5	11	(34)	5	55	13.8
	II	4	12	(82)	5	103	25.8
	III	15	22	(75)	10	122	30.5
	IV	0	11	(72)	2	85	21.3
	V	0	0	(5)	1	6	1.5
12. 22 3.5Km	I	5	8	24	—	37	12.3
	II	2	4	13	—	29	6.3
	III	14	4	26	—	44	14.7
	IV	4	2	6	—	12	4.0
	V	3	2	41	—	46	15.3

第 14 表 高度別成績

高 度	回 數	S.	O.	Y.	K.	平 均
0Km	I	5	5	3	5	4.9
	II	4.5	9	2	7.5	6.15
	III	6.5	13	35	7.5	12.6
	IV	8	13.5	38	5	12.25
	V	13.5	13	48	4	14.75
	平均	7.5	10.7	25.2	5.8	10.13
3Km	I	2.5	1.5	14	7	6.25
	II	6.5	11.5	23	7	12.05
	III	7.5	13	35	7	15.55
	IV	13	15.5	33.5	10	18.05
	V	3.5	3	11	2	4.95
	平均	6.6	8.7	23.31	6.6	11.37
3.5Km	I	5	9.5	29	5	13.05
	II	3	8	47.5	5	16.05
	III	14.5	13	50.5	10	22.6
	IV	2	6.5	39	2	12.65
	V	1.5	1	23	1	8.4
	平均	5.2	7.6	37.8	4.6	13.62
4Km	I	7	8.5	27	3	11.4
	II	6.5	14.5	30.5	9.5	15.3
	III	5.5	9	8	2.5	6.25
	IV	5	11	20	4	9.6
	V	4	11	24	12	13.35
	平均	5.6	10.8	21.7	6.2	11.18

### (3) 記憶検査

#### (1) 問題

搭乗員の精神機能の一として重要視さるべきものに記憶作用がある。従つて、低圧下に於て、この精神機能が如何なる障碍を蒙るかを検討することは頗る有意義であり、また逆にこの記憶作用の変化を通じて長時間滞在に差支なき高度を決定することも、必ずしも不可能なことではない。

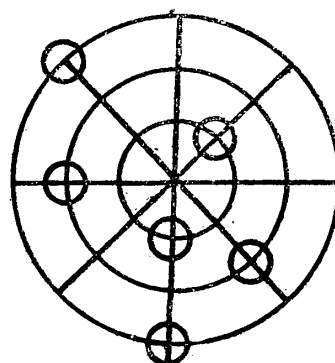
記憶検査はかゝる意圖の下に、我々の低圧実験系列の後半期に於て施行せらるゝことゝなつたのである。

#### (2) 方法と条件

記憶検査としては、半径を異にする3箇の同心圓に、45度を以て交はる3本の直径上、各所に赤の小圓を畫きたるものを10秒間呈示し、之を取去りたる後、別に與へたる用紙上に、記憶した儘を再生記入せしめる方法を探つた。(第13圖)

刺戟として用ひられる小圓の數は毎回4箇、一系列の実験では5回反覆するから、全部を正しく再生し得れば、20點が與へられることゝなる。

被検査(Vp)は4名、実験高度は0Km, 3Km, 3.5Km及び4Kmの4種であることは、既述のものと一般である。



第13圖 記憶用刺戟圖

#### (3) 実験結果とその考察

この実験に於ける4名のVpの各自の検査成績を圖示すれば、第14圖abcdの如くである。

この結果によれば、孰れのVpも0Kmの実験では興味の喪失若くは倦怠による作業曲線の時間的低下を示してゐるが、低圧下即ち3Km, 3.5Km及び4Kmの実験では、常に多少乍ら補償的努力による能率上昇を示して居り、成績は同等か若くは却つて幾分佳良となつてゐる。即ち、この程度の酸素不足では、Vpは意識的に調節をなし、困難に打ち克つて成績の維持をはかるために、特別の努力をなすものゝ如くである。

而して、3Km, 3.5Km及び4Kmの3種の低圧実験では、すべてを通じて、高度の差異による格別の變化は認められず、殆んど大差なきものと斷定せらるべきである。

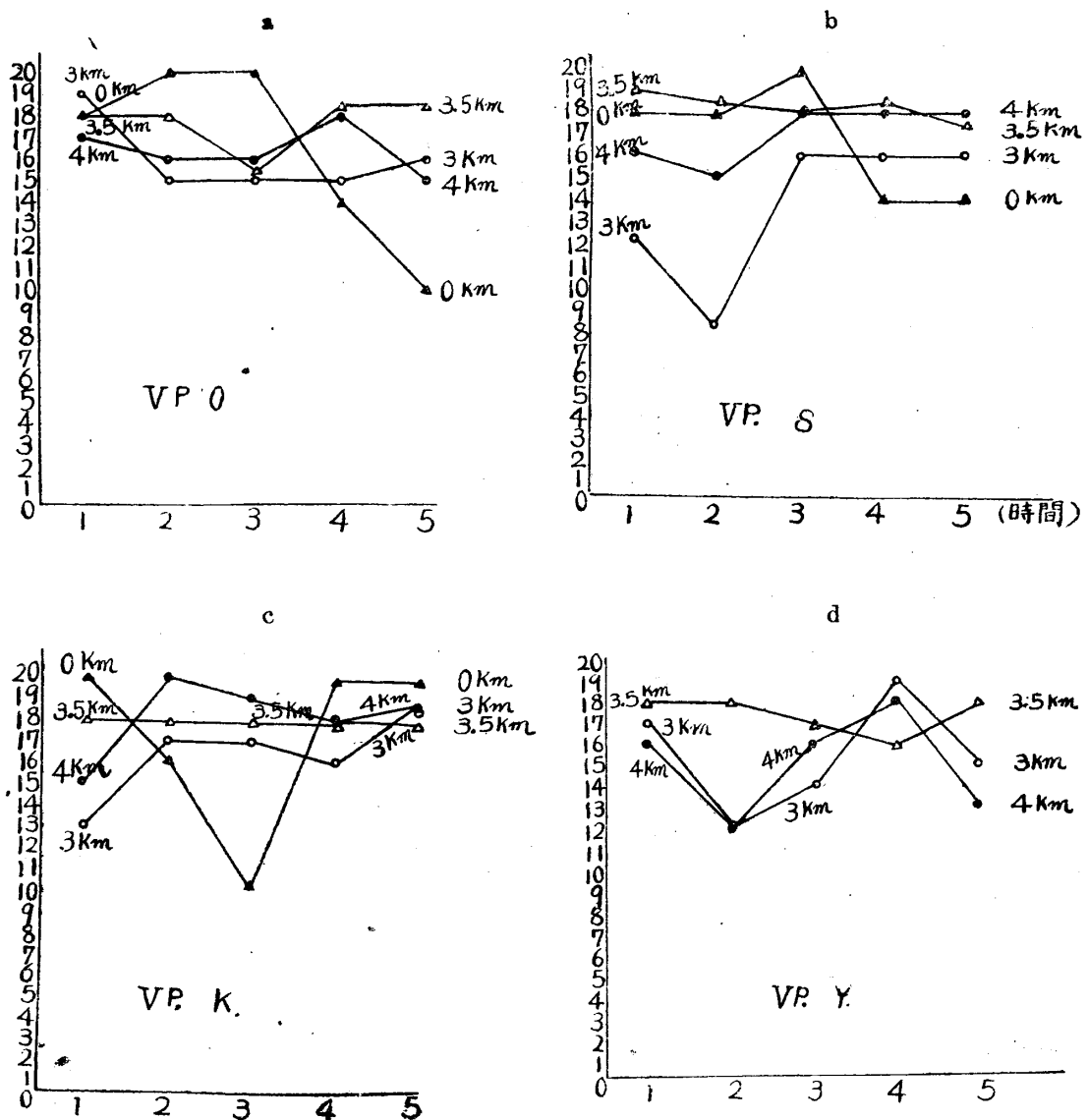
### (4) 圖形探索検査

#### (1) 問題

低圧下酸素不足の狀態に於て、複雑なる視野の中より一定の形態を探索發見せしめ、實際の飛行中の偵察に類似せる作業によつて、各種高度による探索能率の差異を確定せんとする。

#### (2) 方法と条件

實驗方法としては、一定カード上に直径1mmの小點を多數不規則に撒布したるものゝ中



第 14 圖 記憶 検査 成績

より、一定大さの點正正方形（∴ 點間の距離 1cm）を探索せしめ、所定時間内になるべく多くを發見せしめる課題を用いた。圖中に隱匿せられたる點正正方形の数は 1 乃至 5 箇であつて、かゝるカードを 7 枚準備し置き、之を一定の順序で與へ、10 分間内に探索せしめる。被檢者の成績は正しく發見し得た正當數及び誤數にて計測する。

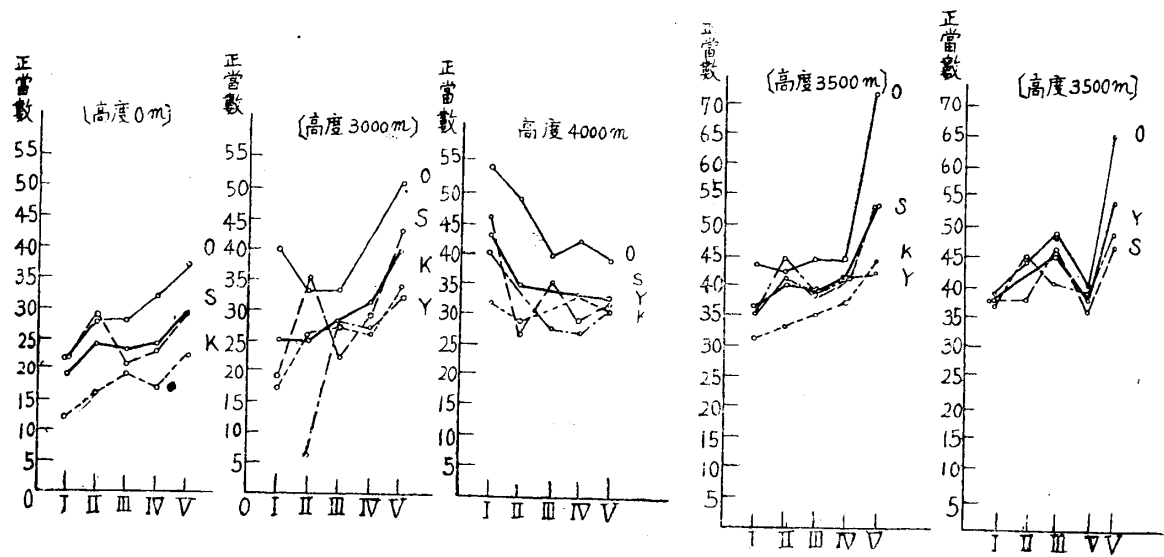
實驗高度及び實施の計畫は既述の諸検査と同様である。

### (3) 實驗結果とその考察

各實驗高度に於ける 4 名の Vp の正當數及び誤數を一括して示せば、第 15 表並に第 15 圖の如くである。

第 15 表 圖形探索成績

高 度	回 數	O.		S.		K.		Y.	
		正當數	誤 數	正當數	誤 數	正當數	誤 數	正當數	誤 數
0km	I	22	0	22	0	12	0	—	—
	II	28	2	29	0	16	0	—	—
	III	28	0	21	0	19	0	—	—
	IV	32	6	23	0	17	0	—	—
	V	37	1	29	0	22	0	—	—
3km	I	40	0	19	0	17	0	—	—
	II	33	1	35	0	26	0	6	0
	III	33	1	22	0	27	0	28	0
	IV	42	0	29	0	26	0	27	0
	V	51	1	43	0	34	0	32	0
4km	I	54	7	46	0	32	0	40	0
	II	49	0	27	0	29	0	34	1
	III	40	0	36	0	31	0	28	2
	IV	42	1	29	0	33	0	27	0
	V	39	2	33	0	31	0	32	1
3.5km	I	43	0	35	0	31	0	35	0
	II	42	0	41	0	33	0	44	0
	III	44	0	38	0	35	0	39	0
	IV	44	0	41	0	37	0	41	0
	V	71	1	53	0	44	0	42	0
3.5km	I	39	0	38	0	—	—	37	0
	II	44	0	38	0	—	—	45	0
	III	49	0	46	0	—	—	41	0
	IV	40	0	36	0	—	—	39	0
	V	65	0	47	0	—	—	49	0

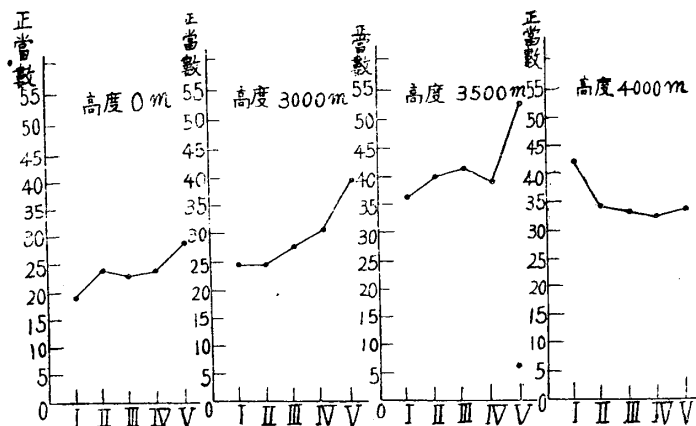


第 15 圖 圖形探索検査 (10 分間正當数)

次に、各高度に於ける各  $V_p$  の平均正當数及び全員の平均を表示すれば、第 16 表並に第 16 圖の通りである。

第 16 表 圖形探索成績 (平均正當数)

高 度	回 数	O.	S.	K.	Y.	全員の平均
0km	I	22	22	12	—	19
	II	28	29	16	—	24
	III	28	21	19	—	23
	IV	32	23	17	—	24
	V	37	29	22	—	29
	平均	29.4	24.8	17.2	—	23.8
3km	I	40	19	17	—	25
	II	33	35	26	6	25
	III	33	22	27	28	28
	IV	42	29	26	27	31
	V	51	43	34	32	40
	平均	39.8	29.6	26	23.25	29.8
3.5km	I	41	37	31	36	37
	II	43	40	33	45	41
	III	47	42	35	40	42
	IV	42	39	37	40	40
	V	68	50	44	46	54
	平均	48.2	41.8	36	41.4	42.8
4km	I	54	46	32	40	43
	II	49	27	29	34	35
	III	40	36	31	28	34
	IV	42	29	33	27	33
	V	39	33	31	32	34
	平均	44.8	34.2	33.2	32.2	35.8



第 16 圖 圖形探索検査 (全員の平均)

る。然るに、4Km の実験では、之に反して、時間の経過に伴ひ、正當数は減少し、明かに減衰の徴候が認められる。(第 15, 16 圖)。これによつて見れば、高度 3Km 及び 3.5Km では、0Km 即ち正常気圧の場合と大差がないのに對し、4Km では餘程特異の経過を示すことが見逃し得られない。

特に注目すべきは、実験系列中第 5 回即ち最終回期に於ける成績であつて、10 時間に亘る低圧室内長期滞在が將に終了せんとする直前に行はれる關係上、Vp は愈々これで解放せられるといふ氣持から、終末努力をなし易く、特に本実験の如き情緒的氣分に支配され勝ちな作業では、この傾向は顯著であつて、例へば 0Km, 3Km 及び 3.5Km の実験では、孰れの Vp に於ても例外なく、明かに正當数が著しく増加してゐるのであるが、4Km の実験のみはかかる上昇傾向が抑止せられ、逆に下降してゐる事實は、恐らくは疲労若くは氣力の減弱に由るものであつて、それだけに低圧の悪影響を蒙つてゐることが察せられるのである。

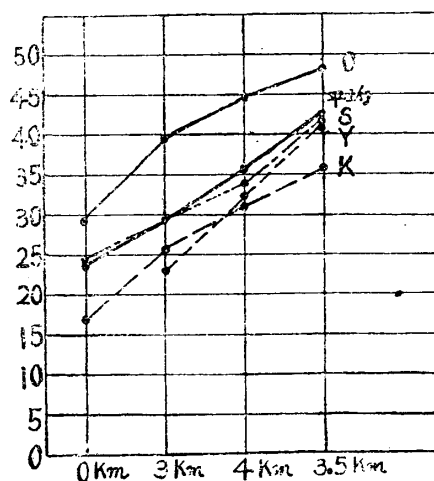
次に、正當数の絶對量に就き検討するに、第 16 表の平均欄に明かなやうに、0Km に於て最低で、3Km 及び 4Km が之に次ぎ、3.5Km では最大となつてゐる。この順位は實驗施行の順序と一致するから、恐らくは、この種の作業に於ける練習効果によるものと思はれる。この實驗では、事前に練習を課さなかつた關係上、かかる練習効果はあり得べき事柄である。

因みに、第 16 表の数値に基き、各 Vp の各種高度に於ける正當数増加の状態を圖示すれば、第 17 圖の如くであるが、各人ともになだらかな漸進的增加をなせることが瞭然である。

(ロ) 誤數 圖形の探索に際し、誤つて所定の點正方角以外のものを抜出した件数を調査するに、

以上の諸圖表に本づき、若干の考察を試みるに、下の如くである。

(イ) 正當数 各實驗高度に於ける 2 時間毎の作業系列の正當数の推移を見るに、高度 0Km, 3Km 及び 3.5Km に於ては、概ね時間の経過につれて、正當数は漸次増加してゐる。即ち、實驗回数を重ねるにつれて、常に成績は上昇し、慣熟し行く傾向が窺はれ



第 17 圖

各高度に於ける正當数の増加

(第15表誤数欄参照), 誤数は全般を通じて極めて少く,  $V_p$ . S 及び K の兩名の如きは遂に1回の誤をも冒さなかつたのである。しかし,  $V_p$ . Y は 4Km の実験に於て4箇の誤を示し,  $V_p$ . O も亦た 4Km に於て10箇の誤をなし, 爾餘の高度の場合にして, 一般に誤数の増加せる事實が認められる。

従つて, 圖形探索検査の質的成績に徴しても, 高度 4Km は幾分不利なのではないかと思はれる。

## (5) 視 力 検 査

### (1) 問 題

低壓下の長時間滞在による疲労状況を検討し, 各高度の利不利を比較せんが爲に, 我々は視知覚作用を対象に選び, 視力検査を実施した。蓋し, 疲労は比較的によく視知覚作用に現はれ, 特に酸素不足の場合に於て著しきものがあるからである。

### (2) 方法と条件

視力検査法としては, 通常の眼調節計を用ひ, 石原式近距離視力表中の  $V=1.2$  (但し  $V_p$ . S. のみは  $V=1.0$ ) の視標につき,  $V_p$  の視認し得る最長距離 (即ち遠點) と最短距離 (即ち近點) とを測定し, また兩點間の間隔距離乃ち視領域を算定した。視標の照度は 30 lux に一定し, 眼は右眼のみを用ふ。

この実験は所定高度に到達後 20 分後に開始し, 爾後2時間毎に1回宛反覆した。検定は毎回2度宛行はれる。被検者数は4名。実験高度及び実施の計畫は前に同じ。

### (3) 実験結果とその考察

$V_p$  4名の各高度に於ける平均遠點距離, 平均近點距離並に平均視領域を表示すれば, 第17表の如くである。

(イ) 近點距離 この結果によれば, 近點距離は, 高度の差異に應じて, 格別の變化を示さず, ほぼ一定の値を保つてゐる。また, 実験の経過につれて, 時間的に變化することも少く, 大體常恒である。

(ロ) 遠點距離 然し乍ら, 遠點距離は各高度別に多少の變化を示し, 低壓の影響も受けるし, 時間的に變動もする。

(ハ) 視領域 従つて, 兩點間の距離即ち視調節の領域は若干の變化を示し, 低壓の影響を幾分かは反映してゐる。

殊に, 被検者各箇に就て觀れば, 心身の疲労し易い  $V_p$ . O. の如きは, 低壓特に高度 4Km に於て視領域が縮小し, 航空性疲労の徴候を示してゐるが, 體質頑健で抵抗力に富むものでは, 視領域は可成りの高度でも時間の経過につれて必ずしも減小しないのであつて, 個人差は相當に顯著である。このことは各被検者の内省報告ともよく一致してゐる。

各  $V_p$  の高度別視領域の變化状態を圖示すれば, 第18圖 a b c d の如くであり, また全員の平均傾向を圖示したものが第19圖である。

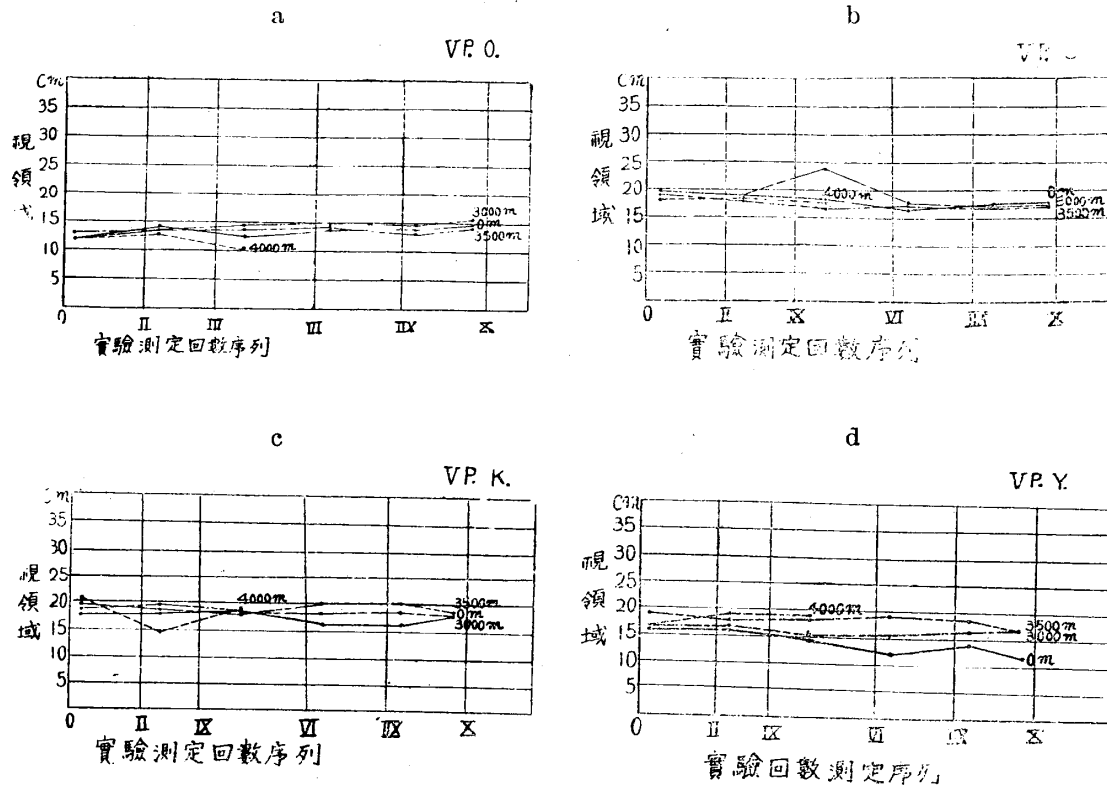
以上を通觀すれば, 若干の變化はあるが, 4Km 以下の高度では, 視知覚作用には大した變化がなく, 高度による變差はさまで著しくはないと云ふべきである。



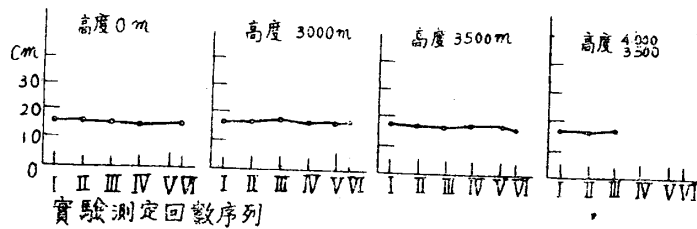
第 17 表 視力検査成績

時刻	被験者	高 度 0km				高 度 3km				高 度 3.5km				高 度 4km			
		遠點	近點	視領	同%	遠點	近點	視領	同%	遠點	近點	視領	同%	遠點	近點	視領	同%
所定高度到達後20分	O	24.6	12.7	11.9		27.2	12.4	11.8		25.1	12.1	13.0		24.8	12.8	12.0	
	S	28.9	9.6	19.3		28.8	9.4	19.4		28.3	9.4	18.9		27.4	9.8	17.6	
	Y	28.4	12.1	16.3		27.8	11.7	16.1		30.6	11.6	19.0		28.5	12.1	16.4	
	K	29.3	11.4	17.9		29.7	11.0	18.7		29.6	10.1	19.5		32.2	11.7	20.5	
	平均	27.8	11.3	16.5	100	28.4	11.1	17.3	100	25.9	10.8	17.1	100	28.2	11.6	16.6	100
2 時間 20分後	O	26.8	12.6	14.2		25.9	12.3	13.6		25.7	12.5	13.2		25.4	12.7	12.7	
	S	28.3	9.6	18.7		27.9	9.3	18.6		27.2	9.3	17.8		28.0	9.7	18.3	
	Y	28.0	11.8	16.2		28.1	11.2	16.9		29.2	11.3	17.9		30.9	11.9	19.0	
	K	28.8	10.9	17.9		30.4	10.3	20.1		29.5	10.8	18.7		25.7	11.0	14.7	
	平均	28.0	11.2	16.8	102	28.1	10.8	17.3	100	27.9	11.0	16.9	95	27.5	11.3	16.2	97
4 時間 20分後	O	25.1	12.2	12.9		26.8	12.6	14.2		25.4	11.5	13.9		26.1	13.5	12.6	
	S	27.5	9.4	18.5		28.2	9.4	23.8		26.3	9.7	16.6		27.3	9.7	17.6	
	Y	25.8	11.3	14.5		26.7	11.4	15.3		29.8	11.4	18.4		31.2	12.3	18.9	
	K	28.7	10.4	18.3		29.2	11.4	17.8		28.7	10.7	18.0		29.7	11.0	18.7	
	平均	26.8	10.8	16.0	97	27.7	11.2	16.5	95	27.6	10.8	16.8	94	28.6	11.6	17.0	97
6 時間 20分後	O	26.7	13.0	13.7		27.4	12.6	14.8		26.2	12.1	14.2					
	S	26.4	9.5	16.9		27.2	9.5	17.7		26.8	9.5	17.2					
	Y	24.2	12.0	12.2		27.4	11.8	15.6		30.6	11.3	19.3					
	K	27.8	11.5	16.3		29.4	10.9	18.5		30.6	10.5	20.1					
	平均	26.3	11.5	14.8	87	27.9	11.2	16.7	96	28.6	10.9	17.7	100				
8 時間 20分後	O	26.6	12.6	14.0		27.0	12.6	14.4		24.9	12.0	12.9					
	S	27.0	9.5	17.5		26.2	9.2	17.0		26.5	9.5	17.0					
	Y	26.2	12.2	14.0		28.3	12.0	16.3		34.6	11.2	18.4					
	K	27.2	11.0	16.2		30.3	11.2	19.1		30.5	10.4	20.1					
	平均	26.8	11.3	15.5	94	28.0	11.3	16.7	96	29.1	10.8	18.3	97				
10時間 後	O	27.0	12.3	14.7		27.6	12.5	15.1		25.7	11.8	13.9					
	S	27.5	9.7	17.8		27.1	9.6	17.5		26.9	9.6	17.3					
	Y	23.9	12.2	11.7		27.9	11.1	16.8		28.0	11.3	16.7					
	K	29.0	10.8	18.2		29.9	11.1	18.8		29.1	10.8	18.3					
	平均	26.6	11.3	15.3	93	28.1	11.1	17.0	98	27.4	10.9	16.5	94				

(註) 各人各高度に於いて2回宛實驗し、之を平均したる値を掲ぐ



第 18 圖 高度別視領域の時間的變化



第 19 圖 各高度に於ける視領域の時間的變化 (全員)

## 附 録 B. 生 理 實 験 結 果

## (1) 緒 言

(1) 我々の研究の立場 異常環境としての低圧状態の生體に及ぼす作用には二つの方面がある。其の一つは a) 低圧の程度の強弱による作用で、他の一つは b) 生體が低圧下に置かれる時間の長短による作用である。即ち、生體に或る物が毒作用を及ぼす場合、其の毒作用の強さ  $W$  は一般に其の毒物の濃度  $c$  と毒物の作用時間  $t$  の函数であり、

$$W = \int (ct) \dots \dots \dots$$

又毒物が瓦斯體である場合は、

$$W = k \int c dt$$

$tc$  が小さい範囲の中では、上式は

$$W - ktc$$

で表はし得る。

上述の a) の立場はこの c) の研究であり、b) の立場は t) の研究である。今回の研究は主として b) の立場に重点を置いたのであつて、a) の立場よりする研究とは其の趣きを著しく異にする。

低壓状態に生體が置かれるとき、生體に見られる第一次現象は血液内酸素含有量の減少及び低壓の物理的機械的作用による體內瓦斯の膨脹其他である。<sup>(1)</sup> かゝる一次的變化より、何等かの機轉によりて呼吸及び循環の諸機能が増進し、生體が其の生命維持に最も都合のよい様に順應する事は、既に多數の研究により知られた事實であるが、時間的作用としての低壓が如何なる機轉により、呼吸循環の諸要素に如何なる變化を惹起するかを研究する事が本實驗の目的である。而して、かゝる機轉並に諸要素の變化を明らかにする事を得て、始めて低壓下の精神的、身體的、心理的、生理的變化の一義的説明が可能となり、又此の變化の豫防手段の根本的解決の道が開かれるのである。

## (2) 實驗方法

實驗は被験者 4 名を 2 名づゝ 2 群に別け、第一群は視調節域を測定後静座せしめ Douglas 囊中へ呼氣を約 5 分間排出せしめつゝある間に、呼吸數、脈搏數を測定し、呼氣排出終了後、肺胞氣體の採取を行つた。第二群は第一群に引き續き、呼吸數、脈搏數、最高血壓の測定を行つた。第一次實驗 (0Km, 3Km, 4—3.5Km) の終了後、各群の被験者を交代し、第二次實驗を行つた。第二次實驗に於ては、以上の測定を終了後、更に握力測定を行つた。

脈搏數、呼吸數の計測は、秒時計を使用し、20 秒乃至 30 秒間の搏動數を數回測定し、この平均値より、1 分間の脈搏數を算出した。血壓は Tycos 型血壓計を使用し、觸診法により最大血壓のみを測定した。(最低血壓の測定は不可能である)。肺胞氣體の採取は Haldane-Priestley の直接法によつた。呼氣は休息時間内に囊中より採取管内に取り入れ、肺胞氣體含有の採取管と共に 10 時間實驗終了後持ち歸り、勞研式瓦斯分析器により常壓下に於て分析した。握力は KY 式握力計を用ゐ、左右共 2 回づゝ交互に握らしめ、各々その最高値を測定した。

## (3) 實驗成績とその考察

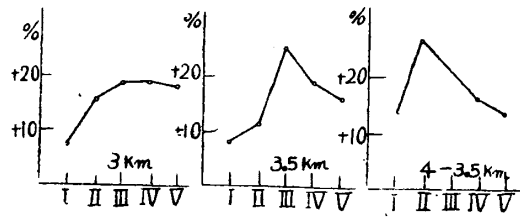
實驗記録は本文末尾に記載した。今其の成績を脈搏數、血壓、呼吸數、肺胞氣體、握力とに分ちて述べれば、次の如くである。

### (イ) 脈搏數の變化

3Km, 3.5Km, 4—3.5Km の各高度滞在時の脈搏數を、常壓下滞在時の脈搏數に對し百分比を以て示し、其の増分を各 4 名について平均すれば、第 20 圖の如くである。

---

(1) 後者が生體の適合作用と餘り關係がないのは、Haldane や Hill の多數の研究で明白である。



第20圖 脈 搏 變 數

I, II, III, IV, V は夫々上昇後約 45 分, 2 時間 45 分, 4 時間 45 分, 6 時間 45 分, 8 時間 45 分の値を示す. 各 data は OKm I, II, III, IV, V の値が  $A_I, A_{II} \dots A_V$  であり, ある高度のそれが  $A'_I, A'_{II} \dots A'_V$  ならば  $\frac{A'_I - A_2}{A_I} \times 100_{cte}$  を各人につき求め, それを平均したものである.

3Km では, 第一回測定時に約 7.5% の増加を示し, 其後 19% 迄増加し, 4 時間 45 分後は一定値を保つ. 3.5Km では, 4 時間 45 分後に最大値の 25% 増加を示し, 最後に 16% に迄減少する. 4~3.5Km では, 45 分後に 3.5% の増加を示し, 2 時間 45 分後は 27% の増加となり, 3.5Km に気圧が増加すると, 大體 3.5Km 10 時間実験時と同程度に迄減少する.

以上, 我々の実験では, いづれの場合にも, 脈搏数の増加を明らかに證明し得た. 而して, その増加は高度と共に甚だ増大する. 今日迄の文獻につき, 脈搏数増加の初めて認められる気圧乃至高度を見るに, 低壓室若くは窒素稀釋による酸素缺乏空氣の吸入による實驗に於て, Herbst, Manigold<sup>3)</sup> 477mm(低壓室), 佐々木<sup>4)</sup> 500mm(酸素缺乏), Schneider<sup>6)</sup> 477mm(酸素缺乏), Cloëtta<sup>7)</sup> 526mm 3000m(低壓室), Hartmann<sup>8)</sup> 3000m(低壓室), Borgard<sup>10)</sup> 約 3000m(低壓室), Besserer<sup>11)</sup> 21 例中 1200m(低壓室), 高山での實驗では, Zuntz, Loewy, Müller, Caspari 500m, <sup>12)</sup> Jaccoud, Egger, Veraguth 1800m, Durig, Genossen 3000m, <sup>13)</sup> Hartmann<sup>8)</sup> 6000m(ヒマラヤ)等がある. 即ち, 大體 3Km 以上を限界としてゐる. この中, 6000m 等の値は低壓に對する Akklimatisation がある人々について行はれた結果であるらしく,

500m などいふ data は, 各種の條件を考慮する時, 低壓だけの作用であるかは疑問視して良いであらう. 脈搏数増加の原因が血液中酸素含量の減少 anoxemia による事は古くから云はれてゐる. 即ち, 脈搏数の増加が血液中の酸素含量と平行的關係にあり, CO<sub>2</sub> や水素イオン濃度の變化と必ずしも平行しないことは事實である. 又其の際の轉歸が主として頸動脈洞反射によると云ふ説もある(正路).

茲に注意すべきは, 低壓下の脈搏数變化に對する Greene, Giebert<sup>14)</sup>, Schneider<sup>15)</sup> 等の動物及び人體についての研究で, 彼等は減壓初期は迷走神經緊張減退による減少, 第三に O<sub>2</sub> 減少による心筋の直接障碍の爲めの著しき減少を示すと云ふ. 最近 Opitz, Tilmann,<sup>16)</sup> Borgard<sup>17)</sup> も同様の結果を發表した. 一方, 又 Hartmann, Muralt,<sup>18)</sup> Tigges<sup>19)</sup>, 松尾<sup>20)</sup> 等は, 心搏数増加については, 迷走神經麻痺よりも交感神經刺激による影響に重きを置いた. 併し, 交感神經か副交感神經かの問題は, 心臟に對する自律神經支配が動物により著しい差のあるものであり, 副交感神經の緊張の強い動物では, 此の減退として認められ, 交感神經の強い動物では, 此に對する作用として認められ易くなからうかと思はれる.

要するに, 脈搏数の増加が Anoxemia による事は明らかであり, その機轉として種々の神經的反射徑路等が考へられ, 頸動脈洞反射も亦此に重大な役割を演ずるであらう事は考へられる. 併し, 其他の反射徑路や Anoxemia そのものの循環系統に對する直接作用等を全く

除外して説明する事は許されないと思はれる。

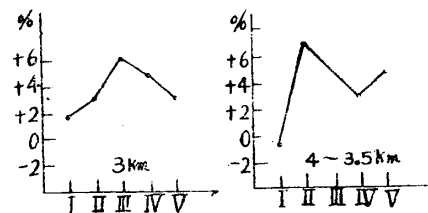
脈搏数の増加は、引き續き行はれた機體第4部員の實驗を見るに、主なる増加は3.5Kmでは上昇後2時間半、4Kmでは1時間半位の處で起り、其迄の間は比較的増加が少い處で一定の値を保つてゐる。即ち、此の増加は低壓到着直後に現はれる増加とは明らかに區別さるべきものである。

此の場合、脈搏数の測定と平行して行はれた肺胞内の酸素張力曲線は不變であるか、又は却つて増加の傾向を示してゐるのに反し、肺胞内のCO<sub>2</sub>張力曲線が明らかに減少を示してゐるのを見る時は、此の脈搏数の増加がAnoxemiaのみならず、Acapniaの存在にも大いに関係のあるものゝ如く思考される。

#### (ロ) 血 壓 の 變 化

7名の平均増加率に於て、血壓は3Kmでは、第1回は著變はないが、其後増加し、4時間45分後約6%の増加を示して、其後減少する。4Kmでは、第1回は常壓下に於けるよりも却つて減少してゐるが、2時間45分後6.5%の増加を示し、3.5Kmでは増壓後減少し、+4%前後になる。(第21圖)

即ち、血壓の増加は餘り著明でなく、却つて減少した場合すらもあるが、全體としては、増加の傾向が強い。血壓の變化に關しては、Loewy<sup>12)</sup>の著書、W. Schwarz<sup>21)</sup>の論文に細かく記載されてゐる。血壓の變化は、脈搏数の増加と共に、心臟のout putの増加を表現してゐる事は古くから云はれてゐる處であつて、其の原因がAnoxemiaにある事も多くの人々に認められてゐる處である。



第21圖 最高血壓

茲に注意すべきは、血壓の反應が個人的に異なる事である。此はSchneider, Corbett, Bazett, Atmer<sup>21)</sup>等の多數の人々によつて行はれた研究で明らかである。即ち一般には、前述の如く、低壓下に於て血壓の漸次増加を示すのに對して、或るtypeの人々は突然に血壓の低下を以て反應する。前者をnon fainting type又はgood typeと云ひ、後者をfainting typeまたはbad typeなどと名付けてゐる。我々の場合にもやゝその傾向が認められた。即ち、被驗者O, S, Kはfainting typeに屬し、Yはnon fainting typeに屬するらしい。又たSchwarz<sup>21)</sup>によると、fainting typeは一般に若い人々に多いといふ。我々の被驗者が年齢の若い事はそれとの關係を考慮せしめる。

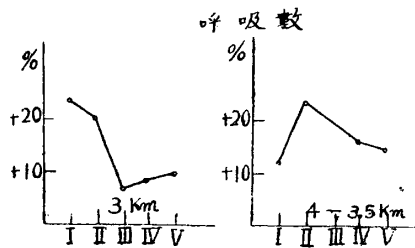
循環系統の負荷は、Anoxemia許りでなく、身體の姿勢によつても異り、此を重力と關係づけたMateef<sup>23)</sup>等の考へも一考を要するが、姿勢による肺胞内空氣組成の變化を全然考慮しない事は不可能である。尤も、我々の場合は椅子に靜坐せしめた實驗であつて、横臥せる場合と肺胞内空氣組成の異なる事は云ふ迄もない。

循環系統の負荷として、次に考へねばならないのは溫度であらう。熱調節の最初に現はれる過程は、末梢血管の緊張の變化であるが、低壓下に於ける溫度調節に關する資料は未だ發表されたるものを見ないやうである。低壓時に於て皮膚細血管の開張する事は古くから認められ、此を最低血壓の低下と關係づける研究者もあるが、斯の如き末梢血管開張が溫度によ

り助成される事は考へてもよからう。又生體の低壓に對する反應が、所謂常溫と見做し得る範圍内に於ても、空氣の溫度によつて非常な差違を生ずる事實を我々は南京鼠に就いての實驗で認めた。かゝる實事と併せて考へると、循環系統の反應の個人的に不定である事は低壓に對する個體差のみならず、外氣溫度に對する反應の差にも由ることを認めねばならないと思ふ。

#### (ハ) 呼吸數の變化

呼吸數の變化の平均曲線は、第22圖の如くである。



第22圖 呼吸數

即ち、3Km では第1回約 24% の増加を示し、2時間 45分後尙 20% になり、其後減少して 7~9% と成る。4Km では第1回は 12%、2時間 45分後 23% と増加し、3.5Km では 15% 前後を動揺する。また、3Km、4Km 共に呼吸數の増加がある。

低壓室に於て呼吸の増加の現はれるのは、生體の適合作用の著しきものゝ一つであるが、呼吸容量の増加が呼吸數の増加を主とするか、深さの増加を主とするかは研究者により一致を見ない處である。Fleisch<sup>24)</sup> は呼吸數の増加が主であるとし、Herbst, Manigold<sup>3)</sup> 等は呼吸の深さに重きを置いてゐる、又正路等も、酸素缺乏時には、呼吸數の増加は呼吸深度の増大が却つて低下する時の代償反應であつて、酸素缺乏時の呼吸數の増加は危険の迫れる標識であるといふ。

呼吸容量の増加の原因に就いても、同様種々異なる意見が述べられてゐる。併し、結局、其の異なる處は呼吸中樞に對する恰當刺激が水素イオン濃度の變化であるか (Winterstein<sup>26)</sup>)、CO<sub>2</sub> 張力の變化であるかの相違である。即ち、前者に於ては、呼吸の増加を中樞の Acidose を以て説き、後者<sup>27) 28)</sup> に於ては、呼吸中樞の感受性の増加により之を説明せんとする。前者では呼吸調節の反射的徑路の遮斷即ち迷走神經や Pressoreceptoren を遮斷した場合に呼吸増加が無くなると云ふ事實や後説を主張する人々<sup>27) 28)</sup> の高山に於ける實驗の結果の説明が困難である。併し、低壓下に於て呼吸容量の増加の著しくない場合の呼吸の變化は Acidose 説によりよく説明し得る。即ち、かゝる場合に於て、上記の反射的徑路の切斷後も、呼吸中樞の CO<sub>2</sub> に對する感受性はよく保たれてゐると云ふ。

Opitz Tilmann によれば、呼吸中樞の感受性が酸素缺乏により早期に高まれば、呼吸増加が起り、CO<sub>2</sub> 張力は低下し、血液は Alkalose になるが、組織の O<sub>2</sub> 供給は比較的に良好である。然るに、呼吸中樞の感受性の増加が少い場合には、血液中の CO<sub>2</sub> 張力は僅かしか降らないが、組織の O<sub>2</sub> 供給の悪くなるために、中間代謝産物により hypoxämische Acidose が起り、CO<sub>2</sub> は血中より呼出されると云ふ。

我々の實驗に於ける呼吸數の増加が呼吸容量の増加を俱つてゐる事實は、後に述べる肺胞内 CO<sub>2</sub> 張力曲線の低下其他を見ても解る。

又、3Km に於て呼吸數が時間と共に減少して居るのは、原<sup>29)</sup> の云ふ如く、呼吸促進により肺胞内 CO<sub>2</sub> 張力の低下することが、呼吸數の増加によつて肺胞内 CO<sub>2</sub> 張力を増加するよりも、不利なる状態に導くが故に、呼吸數を減じ肺胞内 CO<sub>2</sub> 張力を高めんとする反應

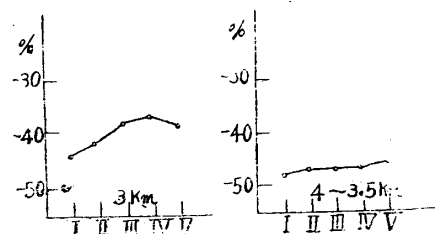
であるか、或は Opitz Tilmann<sup>16)</sup> の云ふがごとく、一定気圧に滞在する時に、持続的の呼吸促進により血中の  $\text{CO}_2$  が呼出され、呼吸中樞の興奮が減少し、その結果として呼吸容量、呼吸比の減少が起り、 $\text{CO}_2$  排出、 $\text{CO}_2$  生成に一定の平衡が成立し、肺胞内  $\text{CO}_2$  張力が各気圧について一定の値を取る (akklimatisierte  $\text{CO}_2$  Spannung) ことを表はしてゐるのであるかも知れない。但し、後者は „tage lang” の中に起ると云ふ。

### (二) 肺胞空気張力の變化

#### (a) 酸素張力の變化

4名の平均値は、第23圖に示すが如く、3Kmに於ては、先づ-43%より始まり、4時間45分後-37%に増加し、以後同程度の値を保つ。4Kmに於ては、第1回-47.5%より始まり、2時間45分に於ても大した變化がなく、3.5Kmに到り氣壓の増加があると共に、やゝ増加した。

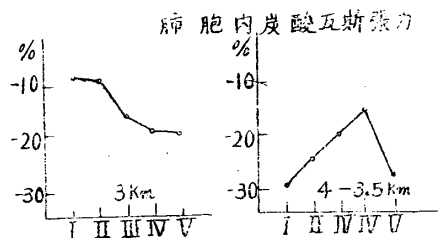
即ち、酸素張力は、3Kmに於ても、4Kmに於ても、相當高度に存在すれど、生體の呼吸循環の諸機能の最大發現により、此を輕度ならしめんとする傾向を有してゐる、此は、上述の脈搏數、血壓、呼吸數の變化と共に考へると、明らかに斷言し得る。又此際に血液内の種々の變化即ち血液の濃縮、末梢血管の緊張の變化による血球分布の移動、循環器以外の所謂 Reservoir に蓄積されてゐる血球が血行系統へ入る事などによつて、流れてゐる赤血球の増加するに従ひ、ヘモグロビンの比較的増加による瓦斯代謝の助成も大いに關係があるが、我々の實驗の場合には、此等の測定を缺く爲めに何とも云へない。然し、造血臓器の活潑なる作用による血球の新成其他は、今日迄の文獻<sup>12) 30) 31)</sup>に徴しても、未だ行はれない時間中にある如く思考される。



第23圖 肺胞内酸素張力

#### (b) 炭酸張力の變化

4名の被験者の平均曲線は第24圖に示す如くで、酸素張力の時間的變化に對し、對蹠的の立場にある。即ち、3Kmに於ては、-9%前後より漸次減少して、-20%に到る。4Kmに於ては、-30%、-24%の程度で、3.5Kmに増壓すれば、-15%、-28%となつてゐる。

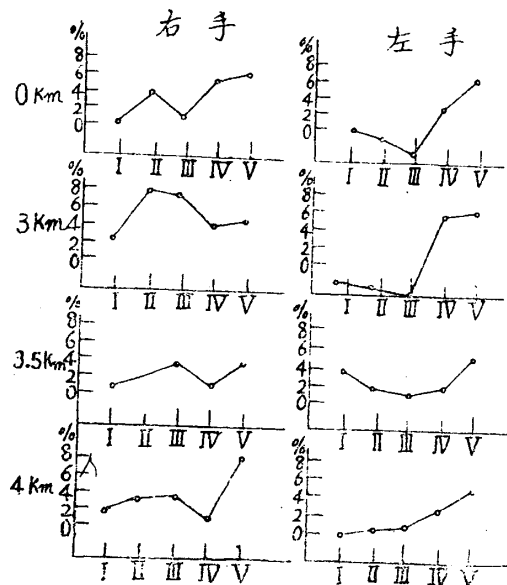


第24圖 肺胞内炭酸瓦斯張力

$\text{CO}_2$  張力の減少は高度と共に著しく、又時間的經過と共に大となる傾向を有するが故に、3Km、及び4Kmの兩者に於て、Acapnia乃至Hypocapniaの存在することは疑ひの無い處である。然し、此のHypocapniaが呼吸増加によるrespiratorische Hypocapniaであるか、又はhypoxämische Acidoseの存在の下に於ける血液の $\text{CO}_2$ 包容量の減

退によるHypocapniaであるかは解らない。恐らくは兩者共に存在するのでは無からうか。殊に、4Km以上に於けるHypocapniaでは、後者もある役割を演ずるであらうことは想像に難くない。

又3Kmに於ける $\text{CO}_2$ 張力が一定の値に近づきつゝある如く思へるのは、所謂 Akkli-



第 25 圖 筋力の變化

matisierte CO<sub>2</sub> Spannung<sup>16)</sup>であるか、或は原, Durig の云ふが如く、此を以て眞に生體の低壓に對する防禦的反應と見做すべきものであるかは明らかでない。

#### (5) 筋力の變化

0Km 第1回測定値を100とし、その後の筋力の變化を4名に就いて平均して圖示すれば、第25圖の如くなる。

右手、左手共に筋力の變化は僅少である。0Km に於て曲線の終りが増高してゐるのは、練習効果の現れかも知れない。又高度による差異も著しくない。故に、握力に就ては、大體に3Km に於ても4Km に於ても大した變化が無かつたと見るべきであらう。これは筋力に就いての今日迄の文獻<sup>2) 18)</sup>と大體一致する結果である。

- 1) Haldane; Respiration, 1935.
- 2) Hill, L; Proc. Roy. Soc. B. 1934.
- 3) Herbst, Manigold; Arb. Physiology. 9, 166, 1936.
- 4) 佐々木西雄; 京都醫學雜誌. 昭13.
- 5) 正路倫之助; 日本學術協會報告13卷, 昭13.
- 6) Schneider; Bauer, Aviation Medicine 1926. より引用
- 7) Cloëtta, L: Dissertation. Zürich 1930.
- 8) Hartmann. H; Luftfahrtmed. 1, 1937.
- 9) Herbst. R.; Ebenda.
- 10) Borgard. W.; Klin. Wschr. 1935. 11, 1642.
- 11) Besser, C.; Luftfahrtmed. 1, 1937.
- 12) Loewy; Physiologie des Höhenklimas. 1932. より引用
- 13) Hartman, Z.; Biolog. 93, 391, 1933.
- 14) Greene & Gilbert; Amer. J. Physiology. 51, 181, 1920. & 56. 475. 1921.
- 15) Schneider & ; Amer. J. Physiol. 50, 302. 1919.
- 16) Opitz Tilman; Luftfahrtmed. 1, 1937, 2, 1938.
- 17) Borgard; Klin. Wschr. 1934, 1642.
- 18) Hartmann; Z. klin. Med. 141, 1953.
- 19) Tigges, Z.; Kleislaufsforschung. 26, 1935.
- 20)
- 21) Schwarz; Luftfahrtmed. 1, 1937, 41, 82.
- 22) Schneider, Corett. Bazett; 21) より引用す
- 23) Mateef; Arb. Physiol. 5. 1935, 525, Pflügers Arch. 236, 1935, 77.
- 24) Fleisch; Pflüger's Arch. 1926, 241.
- 25) 藤本富太郎; 京都醫學雜誌 昭13.
- 26) Winterstein; Pflügers Arch. 1926, 214.
- 27) Hasselbalch, Lindhard; Biochem. Z. 63. 1915.
- 28) Nielsen, Skand; Arch. physiol. 74. 1936, 83.
- 29) 原 隼 人; 海軍軍醫會雜誌 16 卷 昭 2.
- 30) 高 橋 勳; 岡山醫學會雜誌 昭 14
- 31) 相 木 孝 行; Ebenda.



第 18 表 脈 搏 數

日 時	高 度	O.					S.					Y.					K.				
		I	II	III	IV	V	I	II	III	IV	V	I	II	III	IV	V	I	II	III	IV	V
17/XI	Km 0	72	64	65	60	58	57	60	68	63	67	60	60	60	60	60	62	60	63	72	60
21/XI	3	66	68	75	80	79	66	69	84	85	83	66	65	67	72	72	78	79	84	90	80
24/XI	4	74	76	—	—	—	67	80	—	—	—	71	76	—	—	—	69	84	—	—	—
24/XI	3.5	—	—	66	70	66	—	—	90	83	83	—	—	75	75	69	—	—	84	75	77
28/XI	0	60	54	60	59	54	66	62	65	62	71	60	—	—	—	—	66	61	70	70	74
1/XI	3	65	68	69	66	66	79	71	72	75	78	59	67	68	65	65	62	71	83	74	73
5/XI	4	72	72	72	—	—	75	77	87	—	—	68	71	71	—	—	75	77	71	—	—
5/XI	3.5	—	—	—	63	59	—	—	—	80	83	—	—	—	71	69	—	—	—	79	73
19/XI	3.5	72	63	89	86	72	78	69	90	86	81	69	69	77	71	71	66	63	75	65	66
22/XI	3.5	66	69	77	72	78	68	72	80	75	74	60	69	72	65	66	—	—	—	—	—

第 19 表 血 壓

日 時	高 度	O.					S.				
		I	II	III	IV	V	I	II	III	IV	V
28/XI	Km 0	109	108	110	110	112	113	115	116	117	119
1/XI	3	109	114	113	112	110	115	117	123	115	118
5/XI	4	104	120	107	—	—	110	117	118	—	—
"	3.5	—	—	—	120	117	—	—	—	117	122

日 時	高 度	Y.					K.				
		I	II	III	IV	V	I	II	III	IV	V
17/XI	Km 0	110	115	115	116	120	114	114	120	120	118
29/XI	3	114	116	122	125	122	117	119	133	134	134
24/XI	4	119	130	—	—	—	110	116	—	—	—
"	3.5	—	—	134	122	134	—	—	123	117	118

第 20 表 呼 吸 數 (1 分間)

日 時	高 度	O.					S.					Y.					K.				
		I	II	III	IV	V	I	II	III	IV	V	I	II	III	IV	V	I	II	III	IV	V
17/XI	0	17	16	17	19	17	18	16	20	18	19	16	14	16	18	18	16	18	20	20	22
20/XI	3	21	18	19	20	17	19	19	17	22	21	15	19	19	18	17	22	23	20	18	23
24/XI	4	20	19	—	—	—	18	18	—	—	—	17	17	—	—	—	18	23	—	—	—
24/XI	3.5	—	—	22	23	20	—	—	18	18	17	—	—	18	20	25	—	—	21	24	25
28/XI	0	20	19	21	18	19	18	17	15	19	17	16	—	—	—	—	12	18	18	21	18
1/XI	3	20	19	19	21	20	19	19	19	22	19	17	17	19	18	18	24	24	21	25	28
5/XI	4	22	20	20	—	—	18	18	20	—	—	18	18	19	—	—	19	30	32	—	—
5/XI	3.5	—	—	—	20	20	—	—	—	21	21	—	—	—	20	18	—	—	—	30	24

第 21 表 肺胞内酸素張力 (mm Hg)

日 時	高 度	O.					S.				
		I	II	III	IV	V	I	II	III	IV	V
18/XI	Km 0	92	85	90	98	90	110	110	107	117	114
20/XI	3	54	52	57	60	62	69	68	68	69	64
24/XI	4	58	57	—	—	—	61	55	—	—	—
"	3.5	—	—	64	49	57	—	—	58	56	50
日 時	高 度	Y.					K.				
		I	II	III	IV	V	I	II	III	IV	V
28/XI	Km 0	108	—	—	—	—	106	102	97	94	103
1/XI	3	61	60	61	68	60	53	60	67	68	70
5/XI	4	60	51	55	—	—	40	48	51	—	—
"	3.5	—	—	—	57	57	—	—	—	60	60

第 22 表 肺胞内炭酸張力 (mm Hg)

日 時	高 度	O.					S.				
		I	II	III	IV	V	I	II	III	IV	V
17/XI	Km 0	47.4	45.1	46.0	46.0	50.0	38.7	35.5	37.1	36.4	36.8
20/XI	3	42.1	41.5	40.4	38.0	34.8	33.6	32.9	33.3	35.6	35.0
24/XI	4	29.3	28.6	—	—	—	25.8	29.7	—	—	—
"	3.5	—	—	27.2	38.1	24.0	—	—	32.5	34.0	31.2
日 時	高 度	Y.					K.				
		I	II	III	IV	V	I	II	III	IV	V
28/XI	Km 0	40.1	—	—	—	—	39.1	41.0	42.4	40.6	40.6
1/XI	3	35.8	37.4	35.6	31.8	34.8	39.3	35.3	29.7	27.0	29.0
5/XI	4	23.4	30.7	28.3	—	—	37.8	32.8	30.6	—	—
"	3.5	—	—	—	33.8	32.4	—	—	—	31.7	31.0

第 23 表 握 力 (a) 右 手 (Kg)

日 時	高 度	O.					S.				
		I	II	III	IV	V	I	II	III	IV	V
28/XI	0	44.3	41.8	45.1	44.5	46	49	48.1	48	49	51.3
1/XI	3	45.5	46.1	46	46.6	45	52.6	48.5	51.5	47	48.8
5/XI	4	46.0	40	42.5	—	—	49	48.5	54	—	—
5/XI	3.5	—	—	—	43.5	45.5	—	—	—	42.5	51.5
19/XI	3.5	41.5	42.6	36	39	42.1	51.6	50.6	51.8	51.8	51.3
22/XI	3.5	44.6	38.1	40	41	39.5	51.5	50.6	55	49.1	50.9

日 時	高 度	Y.					K.				
		I	II	III	IV	V	I	II	III	IV	V
28/XI	0	41	—	—	—	—	41	46.6	43	45.4	45.2
1/XI	3	46.4	46.5	45.5	44.2	45	39.6	47.3	45.2	43.9	44
5/XI	4	43	45.5	40.5	—	—	39	45.5	45.0	—	—
5/XI	3.5	—	—	—	46	47	—	—	—	44	45
19/XI	3.5	45.7	45.4	45.6	35.5	42.1	40	44.1	47.1	46	47.4
22/XI	3.5	38.7	41.5	40	44.6	42.2	—	—	—	—	—

(b) 左 手 (Kg)

日 時	高 度	O.					S.				
		I	II	III	IV	V	I	II	III	IV	V
28/XI	0	39.6	33.3	41.4	43	41	45.5	51.2	40.5	47	47.8
1/XI	3	39.2	35	37.6	40	48	45.4	45.6	45.5	46	48.2
5/XI	4	40	33	37	—	—	47.6	47	51.5	—	—
"	3.5	—	—	—	37.5	35.2	—	—	—	51	51.5
19/XI	3.5	38.1	35	32.6	32.6	34.8	49.5	48	46.9	47.6	48.1
22/XI	3.5	39.4	31.8	34.1	32.6	34.1	—	—	—	—	—

日 時	高 度	Y.					K.				
		I	II	III	IV	V	I	II	III	IV	V
28/XI	0	36.5	—	—	—	—	41.5	41.2	40.7	40.4	45
1/XI	3	37.2	41.3	39	42.5	36	37.8	45.9	47	43.6	41
5/XI	4	38.0	40.5	35.5	—	—	36.5	43	41	—	—
"	3.5	—	—	—	36	40	—	—	—	43.5	45
19/XI	3.5	41.9	42.1	32.5	32.5	38.4	42.1	44.0	48.3	49	49.1
22/XI	3.5	34.6	36.6	36.3	38.5	39.5	—	—	—	—	—

第 24 表 呼 氣 ノ 組 成 (%)

(a) Vp. O.

日 時	高 度	I			II			III			IV			V		
		CO <sub>2</sub>	O <sub>2</sub>	RQ	CO <sub>2</sub>	O <sub>2</sub>	RQ	CO <sub>2</sub>	O <sub>2</sub>	RQ	CO <sub>2</sub>	O <sub>2</sub>	RQ	CO <sub>2</sub>	O <sub>2</sub>	RQ
17/XI	Km															
	0	3.67	17.04	0.93	3.05	17.57	0.96	3.47	17.25	0.96	3.72	17.10	0.97	3.56	17.24	0.95
20/XI	3				4.90	15.62	0.89	5.00	15.67	0.96	5.02	15.52	0.93	5.28	15.39	0.93
24/XI	4	5.34	15.07	0.91	5.35	15.17	0.93									
"	3.5															

## (b) Vp. S.

日 時	高 度	I			II			III			IV			V		
	Km	CO <sub>2</sub>	O <sub>2</sub>	RQ	CO <sub>2</sub>	O <sub>2</sub>	RQ	CO <sub>2</sub>	O <sub>2</sub>	RQ	CO <sub>2</sub>	O <sub>2</sub>	RQ	CO <sub>2</sub>	O <sub>2</sub>	RQ
17/XI	0	31.8	17.56	0.94	3.35	16.96	0.86	3.51	17.33	1.00	3.62	16.91	0.88	3.42	17.26	0.89
20/XI	3	4.72	15.94	0.94				4.47	16.16	0.94	4.83	15.70	0.92	4.82	15.92	0.92
24/XI	4	4.80	16.11	1.10	5.60	14.93	0.94	3.00								
"	3.5										5.22	15.28	0.93	5.19	15.66	1.00

## (c) Vp. Y.

日 時	高 度	I			II			III			IV			V		
	Km	CO <sub>2</sub>	O <sub>2</sub>	RQ	CO <sub>2</sub>	O <sub>2</sub>	RQ	CO <sub>2</sub>	O <sub>2</sub>	RQ	CO <sub>2</sub>	O <sub>2</sub>	RQ	CO <sub>2</sub>	O <sub>2</sub>	RQ
5/XI	0	3.15	17.44													
1/XI	3	4.77	15.74	1.09	4.70	15.82	0.89	4.74	15.50	0.87	5.00	15.56	0.95	4.76	15.82	0.77
5/XI	4	5.86	14.69		4.83	15.43										
"	3.5										4.40	15.48		4.82	15.66	

## (d) Vp. K.

日 時	高 度	I			II			III			IV			V		
	Km	CO <sub>2</sub>	O <sub>2</sub>	RQ	CO <sub>2</sub>	O <sub>2</sub>	RQ	CO <sub>2</sub>	O <sub>2</sub>	RQ	CO <sub>2</sub>	O <sub>2</sub>	RQ	CO <sub>2</sub>	O <sub>2</sub>	RQ
5/XI	0	3.24	17.73	0.91	3.26	17.70	0.92	3.36	18.00	1.16	2.95	18.41	1.24	3.01	18.17	1.16
1/XI	3	3.70	17.78	1.22	4.40	16.40	0.95	4.20	16.60	1.06	3.97	17.23	0.86	3.90	16.80	1.30
5/XI	4	5.42	14.88		4.05	16.55										
"	3.5										3.20	17.32		4.32	16.28	