

1970年 エベレスト登山隊報告書

第II部 学術報告

1972. 3

社団法人 日本山岳会



社団法人日本山岳会(JAC)



1 0 0 4 5 5 1

	昭和55・10・27・受入
	No. 4460
	交換会員上付 兵寄附
日本山岳会	

1970年 エベレスト 登山隊報告書

第II部 学術報告



1972. 3

社団法人 日本山岳会

目 次

I 医療・高所医学部門

1. 高所医学—高所に於ける隊員の生理学的変動について	1
2. 医療—隊員・現地人の施療について	52
3. 高所障害について	72
4. あとがき	75
5. 付	76

II 地球物理部門

1. エベレスト地域における地球物理学的研究	(河野 長)	89
------------------------	--------	----

III 気象・氷河部門

1. エベレスト峰の気象	
— 1970年プレモンスーン期の夏と冬—	(長田 正行)----- 99
2. ヒマラヤ高山地域の気候	
—クンブ・ヒマール 4000 mの夏と冬—	(井上 治郎)----- 133

医療・高所医学部門報告

エベレスト登山隊医療班

住 吉 仙 也・中 島 道 郎

広 谷 光一郎・大 森 薫 雄

日本山岳会医療委員会

辰 沼 広 吉・長 尾 悌 夫

一 目 次

〔Ⅰ〕 高所医学 — 高所に於ける隊員の生理学的変動について —	2頁
1. 緒言	2
2. 研究成績	2
a) 体液の変動	2
b) 呼吸・循環器系の変動	19
c) 付	48
〔Ⅱ〕 医療 — 隊員・現地人の施療について —	52
1. 現地人の施療	52
2. 隊員の健康管理および医療処置に対する準備	53
3. 症状及び症例	63
〔Ⅲ〕 高所障害について	72
〔Ⅳ〕 あとがき	75
〔Ⅴ〕 付	76
1. 医療品および医療機器	76
2. 試薬および研究機器	79
3. ジュラルミン製ヒュッテおよび酸素テント	81
4. 医療委員会経過報告	84

〔I〕 高 所 医 学

— 高所における隊員の生理学的変動について —

1 緒 言

高々度に生体を置く場合、常にその安全限界が問題となる。従来より、多くの人たちがそのために努力してきたが、現実には、それは大変に困難な仕事であった。何故ならばそれは 生体の内部環境の恒常性維持能力に関することであり、その能力は、時間的因子を含んだ外部環境の変化によって変わるものであるからである。とくに山岳の高度とそれに至る時間が個人により異なること、対照を得がたいことである。更に生体の内部環境の様相を知るためには、所謂体液等の化学変化を追跡しなければならないが、そのためには精密な測定装置と手続が必要であり、その化学的操作によるデーターが生体の限度決定のためには必要不可欠であるということである。

従って生体の限度決定には、このような手続を経なければならず、そのためには登山隊のスケールの大きさと余裕が必要である。幸いに今回のエベレスト隊はこの条件を満たすに充分な規模の隊であった。そこで著者らは登山隊医療班としての任務を考えて次のような実験計画を立てた。

すなわち研究態勢を体液系、呼吸循環器系、脳神経系に分け、夫々の特性値を登山期間中を通じ、経時的に測定することによりその推移を掴み、更に相互の関係を検討してゆく方法を採用した。しかしながら此度の登山隊の調査研究の試みは単なる学問的計測にとどまることなく、得られたデーターが逐次、隊員の健康管理に利用されなければ本来の任務を達成したことにならないような条件下にあったため、データー集計時に於て数多くの欠測値を持ってしまった結果を招いた。また、キャラバン中の脳神経系器材の粉失についても残念な結果を招いたといえよう。

著者らはこの種の多くの欠測値を補足する手段を、現在の段階で持ち合わせぬまゝに報告にまとめなければならなくなったが、生のデーターとしての活用をより多くの研究者にして頂くため全てのデーターを収録することにした。

2 研 究 成 績

(a) 体 液 の 変 動

1 緒 言

低圧低酸素環境下に於ける生体の順化についての研究は、従来、主として臨牀的見地から検討され、体系づけられてきた感が強く、しかも 5,000m 以上の高度でのデーターは余り得られていない。特にフィールドワークとして研究装備に問題のある分野として、体液の変動に関する研究は未だ生のデーターが少なく、不明な点が多いようである。

著者らはフィールドワークとしての条件下で、データーの精度、再現性をあげるため、ベースキャンプ(5350m)にジュラルミン製の実験室を組み立て測定条件を揃えるよう努力した。

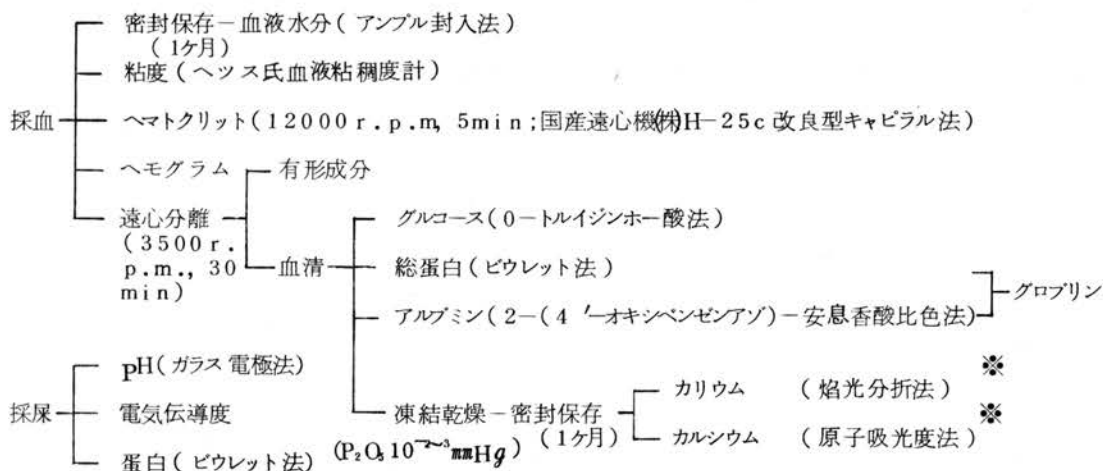
体液の変動に関して呼吸-循環器系、臨床所見の裏付けがとれるよう既報(第1次~第2次エベレスト偵察隊報告書, 日本山岳会編)の如く、種々の検査項目を設定し、対処すべく種々の測定機材、試薬などを準備したが、輸送途中に於ける紛失により期待した程度の検査、測定が出来なかったことは遺憾なことであった。

2 研究方法

研究計画、方法については既報の如く、(第1次~第2次エベレスト偵察隊報告書, 日本山岳会編)各高度、各時期に於けるサンプリング計画にもとづき採血、採尿を行ない測定に供した。

採取した試料は第1表の如く処理し、夫々の項目に於て検査した。試料件数、採取時期、検査項目は第2表の如くである。

第1表 試料の分画法および測定方法



※コントロール血清による測定値の再現性

(K ; パーサトロール 2200039 表示値 7.3 → 測定値 7.5, 7.3, 7.5 (エルマー 4 型ホトメーター))
 (Ca ; ハイランドノーマル 表示値 4.6 → 測定値 4.65, 4.60 (JARRELL-ASH-1 型ホトメーター))

3 成績および考按

(i) ヘマトクリット

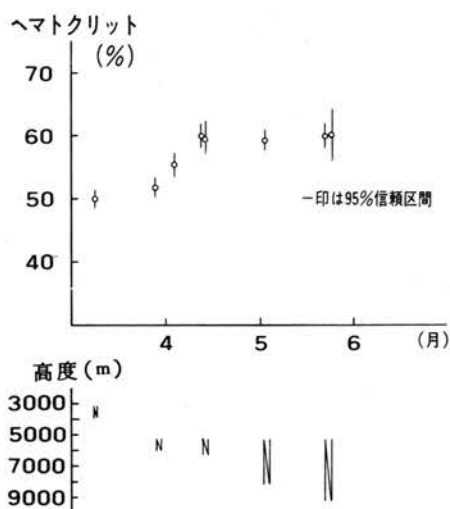
高所順化のための生体反応の第一段階は、酸素摂取と運搬能力をたかめるためにヘモグロビンの増加が起る。これは脾ぞうからの遊離および骨ずい内での生産により行なわれ、その経過は過去の事例から見て2~3週間の高所滞在期間を必要とする。

今回の測定では第1図および第3表の如くで高度1300mのカトマンズから約3週間の経過で49.8±1.9%の隊員平均ヘマトクリットを示し、低地における平均値を約5%うわまわるヘモグロビンを

第2表 測定項目および件数

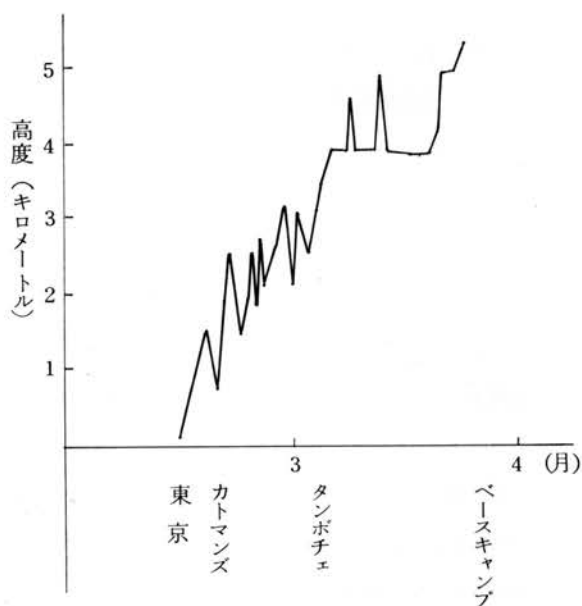
区分 測定項目		月/日 採取高度(m)															合 計
		2/23 1,300	2/25 1,750	2/26 2,200	3/8 3,870	3/9 3,870	3/11 3,870	3/27 5,350	4/3 5,350	4/12 5,350	4/13 5,350	5/2 5,350	5/3 5,350	5/10 6,350	5/21 5,350	5/23 5,350	
血液	水分					1				8		5			2		16
	粘度							3				4			4		11
	ヘマトクリット				6			7	6	8	8	17			18	4	74
	血清グルコース							4	3	4	4	17					32
	血清アルブミン							1	1	3	2	8		6	8	4	33
	血清グロブリン							1	1	3	2	8		6	8	4	33
	血清カリウム							7	6	9	8	16		9	17	4	76
	血清カルシウム							7	6	8	8	15		8	15	4	71
尿	PH	10	10	10		22	20	9					15				96
	電気伝導度	10	10	10		21	20	9									80
	蛋白												15				15

主とする血液有形成分の増加が認められ、しかもそれはベースキャンプ(5,350m)の高度まで逐次、上昇傾向を示し、急激な変動は示されなかった。しかし、ベースキャンプ到着以後、高所に於ける行動期間に入ると急激な変動が出現してくる。



第1図 高所滞在中に於けるヘマトクリットの変動

但し○印は測定値の95%信頼区間
N印は被験者の行動範囲



第2図 ベースキャンプまでの隊員の登降行程

各測定点に於ける隊員の平均ヘマトクリットは、全隊員が行動を共にしているキャラバン中では平均値の信頼性が高く、バラツキが小さいが、隊員が夫々のスケジュールによって行動し、しかも高所に於ける行動範囲がまちまちになる期間は平均値のバラツキが大きくなり、行動の差が微妙にヘマトクリットに反映してくることがわかる。

以上の如きヘマトクリットの変動の消長は、ベースキャンプの高度を境界線として、より高所で滞在する場合に大きく変動し、しかもヘマトクリット60%というような値は単なる順化のためのヘモグロビン他の増加を示すのみならず、長期滞在することによる他の因子の影響を多分に考慮しなければならないことを示唆している。

ヘマトクリットについての上昇傾向を判読するため、ベースキャンプ行動の隊員群と、ベースキャンプより高所で行動した隊員群に分けて、同時期に於けるヘマトクリットの差の検定をしてみると、必ずしも有意差はなく、ベースキャンプ(5350m)以上に滞在した時期および個体差という因子の影響力の方が大きく、高度差で示した二点間(二群間)のヘマトクリットの差を打消してしまうような結果を得た。

ヘマトクリットの変動を要約すれば夫々の高所に於ける適正なヘマトクリットは他の因子の影響力が大きいので、どの程度の値が妥当であるかは言えない。特に個体差、滞在期間に左右されることが大きいので登山に於ける順化の尺度として基準を設けることは非常に困難なことといえよう。

第4表 各高度に於ける血液水分量%
但し()はヘマトクリット

月/日 測定高度 隊員名 m	3/9	4/12	5/2	5/21
	3,870	5,350	5,350	5,350
12	766(47.0)			
28		71.1(53.0)		
17		71.0(66.0)		
7		70.2(62.3)	76.4(57.1)	
20		72.2(59.2)		
18		73.1(60.0)		
15		73.9(59.0)		
9		77.7(58.0)		
13			71.0(56.5)	
25			77.0	
6		75.0	76.4(54.0)	
29			65.3(62.5)	
23				66.1(70.0)
2				74.7(56.5)

(ii) 血液水分

血液水分量は血清水分、血球水分、血球容積率との間の一定の関係より決ってくる。従って高所順化の過程で赤血球が増加し、そのため血球容積率が大きく変動し、しかも血清水分も同時に変動すると考えられるから血液水分量も当然、変動する筈である。

平地に於ける血液水分量の個体差度数分布は、 $79.51 \pm 1.37\%$ を中央値として76~84%の範囲に正規分布することは既知の如くである。

エベレスト登山中の各隊員の血液水分を測定した結果は第4表の如くであった。

測定された試料のうち、約60%が正常範囲よりも血液水分量が少なく、個体差が大きいことがわ

かる。尚、正常値を示すものが水分補給についての積極的な対策の結果として現われたのか、測定月日を前にしてのベースキャンプでの休養が回復をもたらせたのかは判らない。

次に血液水分量と対応するヘマトクリットとの関係を調べてみると次の如くである。血液水分量 x 、対応するヘマトクリットを y とし、 x 、 y の相関係数(r)を求めると、

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \sqrt{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}} = \frac{-186.9}{\sqrt{121.4 \times 409.9}} = -0.2652$$

となり、散布図を想定すると、 x が増すと y は平均的には減少するが、はつきりした関係は成立しないことがわかる。

即ち、赤血球の増加によるヘマトクリットの上昇は、血液水分の濃縮はともなうが、比例的な関係ではなく、他の因子による影響が多分に存在すると考えられる。

(iii) 血液粘度と比重

一般に人の血液の粘度は水の 5 倍と言われ、粘性を左右する因子は赤血球容積、血漿容積の増減、それらに關与して変動する比重などである。

血清の比重は血清に溶存する蛋白量に關係するところが大きく、蛋白質を除去した血清の比重 1.007 に対して蛋白量が 1% 増加すると比重は 0.00276 の増加率で大きくなるとされている。此

のことは後述する如く、血清総蛋白の上昇率からみても高所に於ける血液比重の高い上昇性が裏付けられる。

第二次エベレスト偵察隊で測定した血液比重はベースキャンプ到着時、1.054~1.060 であったのに対して、約 3 週間の滞在で 1.066~1.074 を示し、正常範囲 1.055~1.060 をうわまわることが示された。

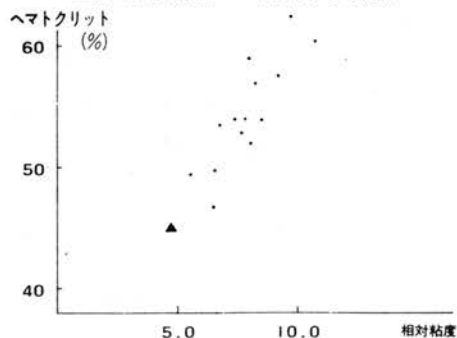
第 3 図は血液粘度とヘマトクリットを示したものであるが、粘度は 3 月 24 日ベースキャンプに到着以来、以後の行動期間中の滞りで逐次上昇方向に $u p$ する傾向が見られる。

(ヘッセの粘度計による)

月日	23	32	22	7	9	8	6	27	3
3/27	7.6 52.9	6.7 53.5	8.4 54.0						
5/2			9.12 57.7	7.33 54.0	8.20 57.0	7.74 54.0			
5/21			9.60 62.5		10.60 60.5	8.00 52.0	7.88 59.0		

cf. normal blood: ▲ 4.74 (相対粘度) / 45.0 (ヘマトクリット)

血液の相対粘度とヘマトクリットの関係



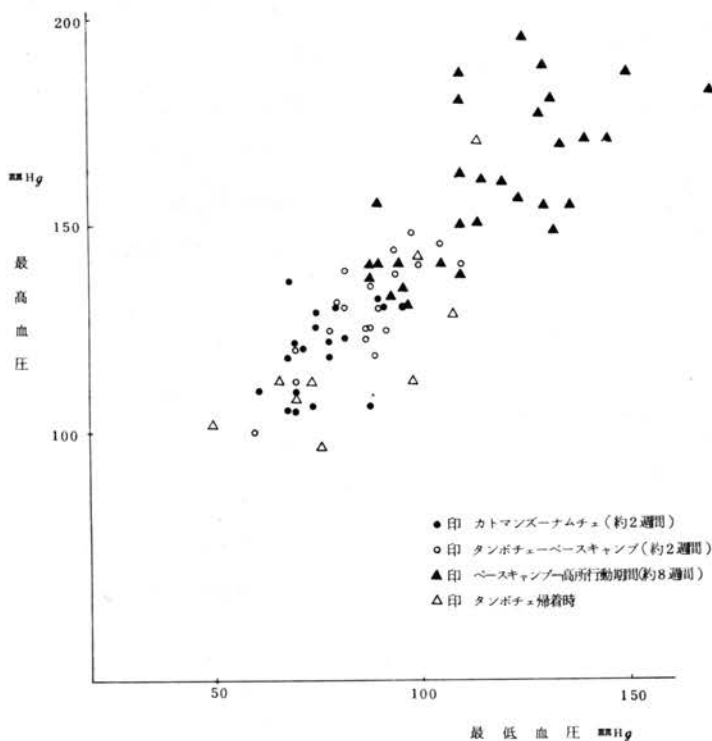
第 3 図 血液の相対粘度とヘマトクリットの関係
但し△印は正常値を示す

ヘマトクリット y と粘度 x の関係を検定すると

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}} = \frac{29.10}{\sqrt{8.01 \times 119.15}} = 0.9448$$

となり、相関性が高度にあることが示される。即ち粘性に影響を与える因子の中で赤血球容積の増大が最も大きいことが明らかである。従って血漿容積、蛋白量、比重などに関連して増減が起る血液水分量の程度では余り血液粘度に影響力がないといえよう。

以上のような関係からみて、ベースキャンプより高所に滞在することによって生ずる血液粘度の上昇性は、赤血球の増加によるところが大きく、そのために循環器系に与える負担は強く、特に心電図



第4図 高所滞在期間と血圧の変動

- 印カトマンズーナムチエ(約2週間)
- 印タンポチエーベースキャンプ(約2週間)
- ▲ 印ベースキャンプー高所行動期間(約8週間)
- △ タンポチエ 帰着時

ンスと高度との関係を示したのが第4図である。血圧のバラツキは個体差によるが、散布図よりみてカトマンズーキャラバンーナムチエ(約2週間)に比べタンポチエーキャラバンーベースキャンプ(約2週間),ベースキャンプー登山ーベースキャンプ(約2ヶ月)は上昇傾向を示し、しかも分布状態も群をなしていることがわかる。ベースキャンプーキャラバンータンポチエ(約3日)では血圧は下降し、分布は個体差であろうか、バラツキが大きいことが示されている。

に見られるような特異な所見が出現するものと思われる。

また、過去の事例に見られるように肺動脈への血栓、末梢循環の不足、血圧の上昇などいわゆる代表的な高所障害の所見が順化するために増加する赤血球の間接性又は直接性の影響によるものであることは、実に興味深いものがある。

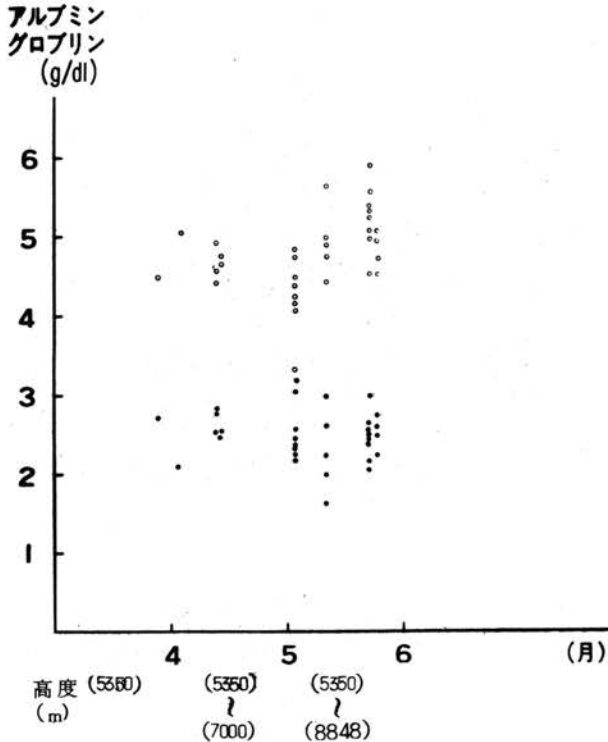
血液粘度と血圧の関係は第5表の如くである。カトマンズに於ける血圧を比較すると、いづれも上昇しており、その中でも血液粘度の高い被験者の血圧は上昇性が顕著に高いことがわかる。

最高血圧、最低血圧のバラ

最低血圧，最高血圧のバランスについては年令，個体差などあるが，全体的傾向としてはほぼ一定の相関関係があることがわかる。

(v) 血清アルブミン・グロブリン

血漿蛋白質の血液系での重要な働きは，血液の滲透圧維持とその調節およびこれによって末梢の細胞外液との間の水分平衡を営むことであり，呼吸系に対してはヘモグロビンと協同して酸一塩基平衡を保つことにあり，その他の重要な働きについては既知の如くである。



第5図 血清アルブミン，グロブリンの消長
但し。印はアルブミン
・印はグロブリン

血清アルブミンは，この血漿蛋白質の約50%を占め，血漿膠質滲透圧に対して75～80%の調節力を持ち，血液と細胞間液との間の水分平衡を保つことが大きな機能とされている。しかも含有量がグロブリンと同等であるにもかかわらず，分子量の関係で滲透圧に対する寄与率が大きいと言われる。

血清グロブリンは α ， β ， γ …などに分けられるがその機能については既知のごとくであるので省略する。

著者らが5,350m以上の高所に滞在した隊員の血清アルブミン，グロブリンを測定した結果は第5図および第6表

に示した。

アルブミン，グロブリンはいずれも正常範囲内にあり，グロブリンが2～3 g/dlで変化が少ないのに対して，アルブミンは高所に滞在している期間中に4.1～5.9 g/dlの巾で上昇し，正常値 4.1 ± 0.4 g/dlよりみて，やや上昇傾向を示している。

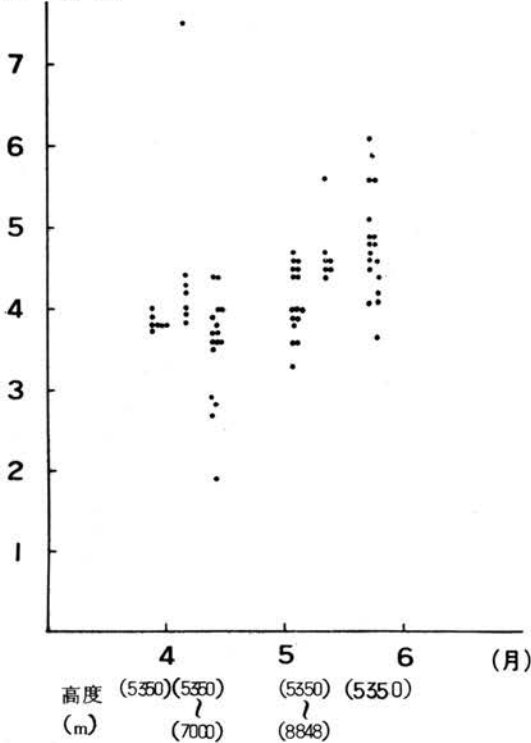
総蛋白質量で見ると6.5～8.3 g/dlの範囲内にあり，血清グロブリンの変動が小さいことからみて血液濃縮型の傾向を示すものが全試料の内，約30%（※印）あり，しかも高所（6,000m以上）で約2週間滞在してベースキャンプに帰着した5月21日に測定したものに，血液濃縮型のものが最も多いことが示された。

以上のような結果に対して5月23日測定の被験者は高所（6,000m以上）で約2週間滞在して，

ベースキャンプに帰着して約1週間休養をとったものでは、濃縮型がみられないことは意味深いものである。

いづれにしても高所滞在中に於ける血清アルブミン、グロブリンの消長の特長はアルブミンの増加

カリウム
(mEq/l)



第6図 血清カリウムの変動

傾向に対してグロブリンはほぼ一定であり、体液水分平衡の通常概念からみて、血液水分の濃縮をコントロールするための防御機点としてアルブミンの増加が生ずるものと考えられる。

(V) 血清カリウム

一般に細胞内外の塩の交流は水分の動きより複雑である。細胞内には K^+ や磷酸塩が多く外液には Na^+ や Cl^- が多い。また、血球中では K^+ が多く Na^+ が少ないが、血漿中には Na^+ が多く K^+ は少ない。このようなイオン濃度の差の起る理由としては細胞膜がイオンを細胞内へ輸送する割合と細胞内より細胞外へ

輸送する割合が異なるためである。

以上のような生体膜を介する物質交流の機転の内、浸透、拡散などの物質化学的透過現象を受動輸送といい、細胞が自身からエネルギーを消費して物質を透過させる現象を能動輸送と言っている。

著者らが5350m以上の高所に滞在した隊員の血清カリウムを測定した結果は、第6図および第7表の如くで、ベースキャンプ以来、滞在期間と平行して血清カリウムは上昇傾向を示し、滞在期間2ヶ月後には全隊員平均5mEq/lで、正常値3.6~4.8mEq/lをうわまわる値を示した。

尚、4月12日隊員618は急性心不全により死亡した成田隊員のものであるが、この問題については項をあらためて述べる。

隊員平均値の変動が高所滞在時間または高度により左右されるところが大きいか、どうかを知るため測定値を4月3日から13日群(ベースキャンプ以上の高度に約3週間滞在)と5月2日~10日群(ベースキャンプ以上の高度に約6週間滞在)

(注) 血清カリウムの濃度は mEq/ℓ で表した。これは細胞内外液に關する滲透圧が溶液中成分の百分率でなく、そのモル濃度に比例するからである。

$$\text{mEq}/\ell = \frac{\text{mg}/\ell \times \text{イオン価}}{\text{原子量}}$$

の二群に分け差の検定をすると次の如くである。

	A 群	B 群
$\bar{X}$	3.68	4.29
V	24446	38554

$$F_0 = V_B/V_A = 1.58 < F(\phi_B i, \phi_A i, \alpha/2) = 1.76$$

従って、A 群および B 群のバラツキは有意な差がない。

そこで平均値の差の検定を行うと

$$V_E = \frac{S_A + S_B}{\phi_A + \phi_B} = 0.313$$

$$t^0 = \frac{X_B - X_A}{\sqrt{V_E \left(\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2} \right)}} = 1.97 \quad * \quad |t^0| = t(43, 0.05 \div 2.02)$$

$$|t^0| = t(43, 0.10 \div 1.68)$$

で 10% の危険率で平均値間に差が認められた。すなわち、高所に滞在する期間の延長と共に血清カリウム値が高くなることが言える。

* 以上のような血清カリウムの変動から考察されることは、先づ血液の濃縮傾向に対処して生ずる膠質滲透圧の変動、それにともなう血球内外の水分の移動を生じ、その結果に於て Na^+ の能動輸送が起る可能性が大きい。この様な移動が起れば当然、他のイオン平衡を保つための受動輸送を生じ、 K^+ の血球外への浸出が惹起されるものと推測される。著者らは今、血液系についてのカリウムの消長を推測した訳であるが、通常概念からして、細胞内外、組織液間に於ても同様な水平衡のために生ずる物質交流がなされているものと思われる。

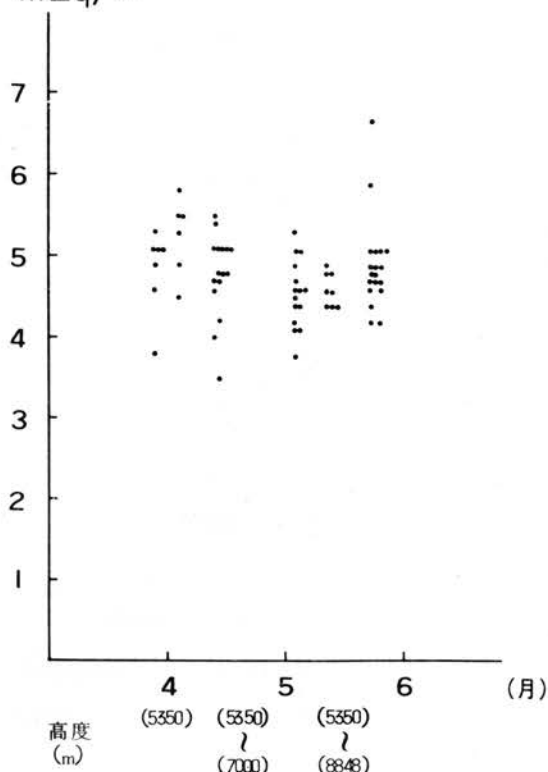
一般にこのような特異な透過性は一定不変なものではなく、細胞の興奮状態にあるか、静止状態にあるかによって起ったり、起らなかったりするものであるが、著者らの経験したエベレスト登山に於ける隊員の状態は、高所の影響を多分に受けており、神経、筋細胞など特に登行中は興奮状態であったことはうなづける。

(vi) 血清カルシウム

血清カルシウムは透折性のものと非透折性のものがあり、前者は Ca^{++} として 4.5~6mg%，後者は 5mg% が平均値とされている。

著者らの測定結果では、高所に長期滞在しても、ほぼ一定値を示した。これはこの種の無機イオンが高所に滞在するという条件によって、ほとんど影響を受けないことを示すと同時に他の影響を受けた成分の真疑の程度を間接的に証明するものと思われる。

カルシウム mEq/ℓ



第7図 血清カルシウムの変動

(vi) 血清グルコース

血清グルコースの正常値は正常人に於ても食餌性の影響を受けるところが大きい。著者らは登山期間中は生体に過度の運動量の負荷がかけられるので、当然その低下を予測したにもかかわらず第9表の如き、大きな増加値を観た。その原因として食餌性、血清濃縮、代償性増加などが考えられるが特に大きなエネルギー消費を伴っていないにもかかわらず高所の影響による生体への見かけの負荷に対する代償としてグルコース増加が起ったと推論してみることに興味をおぼえる。又、低酸素下に於ける中枢神経系の機能に

関する問題は、重要であるので、今後この方面の研究が重要と考える。いつれにせよ推定の域をでずここではデータを示すにとどめたい。

(viii) 尿のpH・電気伝導度

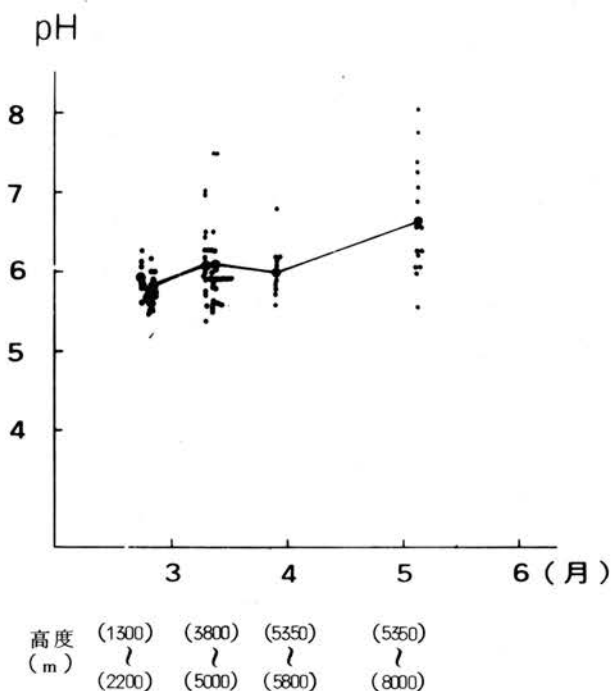
血液のpHは7.3-7.5の間に保たれている。これは血液のpHに關与するイオンの体内配分機構により、組織液pHと平衡し、組織液pHは細胞内pHに平衡して成り立っている。従って血液のpHが変化すれば細胞内pHも影響を受けるし、またその逆も成り立つことになる。

低圧低酸素条件下では肺の換気量が増大するから、いわゆる原発性の CO_2 不足即ち呼吸性アルカローシスになる。これはヘモグロビンと酸素の結合能を増大するためと糖代謝に關与して心筋のエネルギー代謝を有利にするために現われる現象である。

著者らは尿のpHを測定し、血液pH、細胞内pHの相互の關係から順化過程に於ける尿pHの変動を検討した。

第10表及び第8図の如く、カトマンズ出発以後、ベースキャンプ入り、更に高所滞在期間を通じての尿のpH変動は逐次、アルカリ側に移行する傾向が測定され、特に5,350m以上の高度で滞在した後のpHは最もアルカリ側に傾いていることがみられた。

即ち、体液の酸塩基平衡の維持に關与する緩衝系の内、 H_2CO_3 の減少に対し、 BHCO_3 （但しB



第8図 尿の水素イオン濃度

ったが、呼吸性アルカローシスが主たる原因であると考えたと尿や唾液がアルカリ側に傾くことを順化の目安として取扱うべきでないようである。

尚、この種のアルカローシスでも昂ずればtetanyを惹起させる可能性は充分あることはもとより昂ずればある種の高所障害に結びつくようになると推定される。

いづれにせよ、酸素不足による結果に於て生ずる現象と判断することには無理がないが、順化の尺度としての判断基準にすることは妥当ではないと考える。

4. 総括

体液の変動についての研究成果を要約すれば次の通りである。

- ① 研究計画は第一次～第二次エベレスト偵察隊報告書に既報の如く、各高度、各時期に於けるサンプリング計画に基づいて行なうよう準備したが、やはり高所行動期間中に於けるこの種のサンプリングは被験者にとっても施行者にとっても負担が大きく、計画通りには実施できなかったし、それはデータ処理時に於ての欠測値として現われ、追試の不可能な状況の中でこれを補足、まとめていかなければならないという現状に直面させられた。すなわち、当初立案された計画が広範囲でありすぎたことによる現われであり、やはりもっと焦点をしぼった計画立案がなされるべきであったとくやまれる。しかし、これはとりもなおさず多角的な面からの検討が要求される高所医学という分野がもたらした

は主として血漿細胞外液中ではNa、赤血球細胞内液中ではKの減少が伴わず、pHの上昇をきたすもので、いわゆる呼吸性アルカローシスになり、その結果に於て、最終調節器である腎臓は尿中の弱酸塩、ことにリン酸塩よりのアルカリ回収を中止したことによるpH上昇と推定される。

尿のpHが異常に高く、血液pHをうわまわるpH8前後の尿の場合は、体液中のアルカリ過剰が更に過度に及ぶものと考えられ、この過剰のアルカリは炭酸によって中和し、重炭酸塩の形で尿中に排泄されていると考えられる。

以上のような過剰のアルカリ(塩基)の排出については、pHと前後して電気伝導度を測定したので第11表に付記した。

以上、従来高所に於て測定された尿、唾液のpHがいつでもアルカリ側に傾く傾向を示した事を再チェックした様なことにな

結果ともいえよう。

- ② 研究方法は通常の臨床検査に使用されている方法をややフィールドワーク化した点に特長がある。

すなわち、全ての検査の測定器材は軽量化、小型化に重点がおかれたし、高所に於ける作業の能率を考え、操作そのものもできるかぎり単純化した。今回の測定手段のうち、特に血液系の諸測定に関して比色法を必要とする項目があったが、これに使用する光電比色計は平角乾電池式、アルカリ電池式及び発電機からの直結方式の三段切換に改良工夫がほどこされた。そのため、いかなる条件下でも測定ができるという心づよさを常に持つことが出来た。尚、この種の測定に関してはサンプルの前処理として反応条件が常に問題になるが、例えばベースキャンブの高度に於ける水の沸点80℃に合せて、検量曲線をあらかじめ作成するなど、恒温水槽はプロパンガス使用による家庭ガス化製品であるべぶらなべ等を利用してみたりして工夫した。

現地に於て測定が不能なカリウム、カルシウムなどはサンプルを迅速前処理し、凍結し、減圧機による真空乾燥を行なった。凍結用具として炭酸ガスポンペを携行しなかったことは作業能率を低下させる一つの原因であった。

その他、研究方法の項目に記載された各測定は以上のようにしてすべて順調に作動したが、これもシルバーヒュッテという実験用チャンバーがあったことによることが大きかった。

- ③ ヘマトクリットはベースキャンブの高度まで逐次上昇傾向を示し、特にベースキャンブ到着以後は隊員の行動内容に応じて急激な変動が起ると同時に個体差が場合によっては有意に現われてくるような結果を得た。そして常識では考えられないような高い値を示す場合も見られたが、被験者の自覚は必ずしも得られないことを知った。すなわち高度の影響は体液の動態検査結果としては現われるが登山に於ける順化の尺度として基準づけすることは困難なのが現状といえよう。

ただ興味あることは低酸素条件下で順化しようとして増加すると考えられる赤血球容積が体液の恒常性から見ればマイナスにつながるものが推測されることである。尚、著者等の得たヘマトクリットの最高値が70%であったことを付言したい。

- ④ 血液水分量はヘマトクリットの大巾な増大と逆比例して大巾な減少傾向が見られるとすれば、当然、血液の濃縮、ひいては体液の濃縮が考えられるので測定した。

実測値は若干、正常値より低くなる場合があるが、ヘマトクリットとの相関性は小さく、全ての測定値が水分濃縮のために赤血球増加が見かけ上起ったとは考えられない結果を得た。

- ⑤ 血液粘度とヘマトクリットの相関性は高度に有意に現われており、これは赤血球容積の増大にともなうことが主因であると考えられる。すなわち、低酸素条件下に於ける呼吸数の増大、加えて運動負荷による呼吸数の増大による水分喪失など、従来から言われている高所に於ける生体水分大量喪失説を支持しうる因子はヘマトクリット、水分、粘度などの実測値の考察より、ほぼ否定せざるを得ない結果が相対的に出ている。

- ⑥ 血圧の上昇は循環器系の項で述べられているごとく、高度にやや比例して高くなる傾向が強いが、血液粘度の高い被験者の血圧は顕著に高いことが示された以上、血液粘度（この場合他の因子による

結果の上昇)の上昇を直接性の因子として考えて過言ではなさそうである。また、最高-最低血圧間のバランス、すなわち、脈圧は一定の相関がみとめられているが、高所行動期間中はそのバラツキが大きく、個体変動が大きいことが言える。換言すれば、高所では血液粘度(他の因子による結果としての)個体差が、血圧、脈圧の変化に大きく寄与していることが想像できる。

⑦ 血清アルブミン、グロブリンの内、アルブミンはやや増大傾向を示し、ややもすれば血液水分の濃縮が惹起されようとする傾向を生体の防御機点としてコントロールしていることがわかる。総蛋白質量で検討するとグロブリンの変動が小さいことより、高所活動期間中には血液濃縮型の傾向が見かけ上30%も出現しており、データー解析上、いかに解釈するか興味あることで、後述の如き種々の仮定の手がかりとなっている。

⑧ 血清カリウムは細胞内外液の水と電解質の出納の変化のメルクマールとして測定されたが、ベースキャンプ以上の高度滞在期間中で全体的な上昇傾向が有意の差として現われた。

残念なことにはKに対比してNaの消長は測定されなかったが、Kのデーターから推して次の様な傾向が考えられる。すなわち、細胞外液に於けるKの増加傾向は受動輸送、能動輸送の関係から当然、Naの減少傾向が見られているものと推定される。かかる喪失は消化管、腎蔵から起ることもあり、また発汗によって大量に起り得ることもあると想像される。すなわち、Naの欠乏と水の欠乏が共に起って細胞外液が減少(濃縮)したと仮定すると、この状態のはじめは細胞外液のNaが減って、ADH分泌が減少し、そのため尿量の増加を見るか、また、はじめには口渴がなくて水の摂取が減少していることになる。そして、著者等が経験した自覚症状は後者であったこと、血清総蛋白質量の濃縮型傾向の発現などから見て、いわゆる軽度の低張性水分減少があったと推定してみる必要があろう。換言すれば、この形の細胞外液の減少が心搏出量の減少、末梢循環不全像に結びつくことからみて、経験した極悪な諸症状に思いあたるふしがないでもない。カリウム値の変動の極端に大きかった成田隊員の死亡原因を考えると、Kの異常変動による心収縮力低下が主因となった急性心不全と診断しても体液恒常性維持の原則からみて、当たっていないとは言えない。同時に低圧低酸素条件下では他の隊員に於ても少なからず、同様な危険にさらされていたことはカリウム値の変動のみをみても言うまでもない。

以上のような結果からみて、高所に於いて、健康を充分維持するための一つのチェック方法として実行面に於いて問題はあろうが、この種の因子の測定に加えて後述されるような心電図の所見を追求することが安全性を高めると同時に生体の高所順化機能の解明に役立つものと思われる。

⑨ 血清カルシウムに関しては、ほぼ一定の測定値を常時得ており、高所順化過程に於ける生体の反応に余り関係がないことが示された。

⑩ 血清グルコースについては期待に反したデーターが得られたが、これは食餌性の影響に大きく左右されることなどから、測定条件の設定が問題となる。しかし、低酸素条件下に於ける中枢神経系の動態に関して重要な鍵になるので今後の研究が望まれる。

⑪ 最後に、体液の出納に関して、間接的な意味から尿排出等に於ける電解質の収支を検討するために

尿のpH, 電気伝導度, 比重などを測定した。そして, これらが, 登山するもの誰もが簡単にチェックでき, しかも, 順化の目安として信頼できうるデーターが得られるなら好都合であるという考え方からチェックを試みた。しかし, 得られたデーターは一様にそのpHがアルカリ傾向に向かうということで, 従来から言われてきた現象, すなわち, 高所に向ってのいわゆる呼吸性アルカローシスの結果としてのpH変動を記録したにすぎず, そこには何の法則性も発見することは出来なかった。

第3表 登山期間中の血液ヘマトクリットの変動 (%)

隊員 番号	月/日	3/8	3/27	4/3	4/12	4/13	5/2	5/10	5/21	5/23
1										
2				55.2					56.5	
3									59.0	
4									60.0	
5			51.0	56.2					56.5	
6		50.0					54.0			56.5
7					62.3		57.7		62.5	
8							57.0		60.5	
9					58.0		54.0			
10			49.5						59.2	
11			50.0							
12		47.0								
13				51.3			56.5		55.5	
14		51.0		59.0			59.3		58.5	
15					59.0					
16							54.0			
17				53.5	66.0		67.7			
18					50.0					
19				55.6			67.0		70.0	
20					59.2					66.7
21					59.0		62.5		60.0	
22			54.0				62.0			62.0
23			52.9				58.0		70.0	
24			48.0						52.5	
25		47.3				52.7			61.7	
26		51.0								
27		52.7				50.5			52.0	
28					53.0		47.0			54.0
29							62.5			
30						59.2				
31							58.0		61.5	
32			53.5			61.0	62.0			
33						59.7				
34									56.5	
35										
36						64.0				
37						63.0	64.0		63.0	
38						65.0				
39										
平均		49.8	51.3	55.1	59.6	59.3	59.0		59.7	59.8
Confidence limits of 95 per cent		49.8 ± 1.995	51.3 ± 2.03	55.1 ± 2.70	59.6 ± 2.88	59.3 ± 4.36	59.0 ± 2.64		59.7 ± 2.40	59.8 ± 9.05

第7表 登山期間中の血清カリウムの変動 (mEq/L)

月日 隊員名	3/27	4/3	4/12	4/13	5/2	5/10	5/21	5/23	備考
1									
2		3.8					4.9		
3						4.4	5.1		
4							6.1		
5	3.7	4.4							
6					4.5			3.7	
7			3.9		3.6		5.6		
8					3.3		4.9		
9			2.9		3.6		5.6		
10	3.9					4.6	5.6		
11	3.8					4.5			
12									
13		3.9			4.6	4.6	4.1		
14		4.0			4.4	4.8			
15			3.6						
16		4.3			4.7				
17			4.4		4.4				
18			7.6						
19		4.2			4.6		9.5※	4.1	
20					2.7				
21					3.5		9.1※		
22	3.8					4.5		4.4	
23	3.8				4.5		4.6		
24	3.8					4.7	4.8		
25				3.6			9.2※		
26									
27				2.8			4.5		
28					3.9			4.2	
29				3.7					
30				3.7					
31				4.0					
32	4.0				4.0		4.6		
33				3.8					
34				3.6			5.9		
35									
36				4.0					
37				4.4			4.7		
38				1.9					
39 sherpa						6.3			※ hemolysis
						5.0			

第5表 血液粘度と血圧の関係

月日 隊員名	3/27(約1週間)	5/2(約5週間)	5/21(約5週間)
粘度(測定日)	7.6 6.7 8.4 9.1 7.3 8.2 7.7 9.6 10.6 8.0 7.9		
血圧(カトマンズ)	105 120 105 105 105 110 105 105 105 110 120		
血圧(測定日)	125 145 125 150 150 132 140 146 154 142 168		

但し()印は4.000mm以上滞在期間

第6表 登山期間中の血清アルブミン・グロブリンの変動
但し()印はA/G比(血清アルブミン値/グロブリン値)で単位はg/dlで表した。※印は文中照合印。

月日 隊員名	3/27	4/3	4/12	4/13	5/2	5/10	5/21	5/23
1								
2								
3								
4								
5								
6								
7								
8								
9								
10								
11								
12								
13								
14								
15								
16								
17								
18								
19								
20								
21								
22								
23								
24								
25								
26								
27								
28								
29								
30								
31								
32								
33								
34								
35								
36								
37								
38								
39								

第8表 登山期間中の血清カルシウムの変動 (mEq/l)

月日 隊員氏名	3/27	4/ 3	4/12	4/13	5/ 2	5/10	5/21	5/23
1								
2	5.1	5.5				4.8	4.9	
3							5.1	
4								
5		5.5						
6					4.1			4.2
7			5.4		4.6			
8					4.1		4.6	
9			4.6		3.8	4.4		
10	4.6				4.6	4.6		
11	5.1				4.4	4.4		
12								
13		5.8			4.8	4.2	4.2	
14		4.5			5.3	4.7		
15			5.1		4.5			
16		4.9			5.1			
17			5.5		4.7			
18								
19		5.3					4.9	
20			4.0					4.6
21			5.1		5.1	4.6	5.1	5.1
22	5.3							
23	3.8						6.7	
24	5.1					4.9	4.8	
25				4.8			4.9	
26								
27				3.5			4.4	
28			5.1		4.4			5.1
29			4.7		4.2			
30				5.1				
31					4.6		4.7	
32	4.9			4.8	4.9			
33			4.7					
34							5.9	
35								
36				5.1	4.4			
37				4.8			4.7	
38				4.2		4.4		
39								

第9表 登山期間中の血清グルコースの変動 (mg/dl)

月日 隊員氏名	3/27	4/ 3	4/12	4/13	5/ 2
1					
2		121			
3					
4					
5					
6					141
7					142
8					148
9					208
10	145				
11	228				
12					
13					126
14		153			157
15			187		
16		176			136
17			192		120
18					
19					166
20			184		
21					118
22					123
23					166
24	182				
25					
26					
27				177	
28			128		167
29					133
30				169	
31					230
32	190			252	135
33					
34					
35					
36					
37					144
38				180	
39					

第10表 登山期間中の尿PHの変動

月日 隊員名	2/23	2/25	2/26	3/9	3/11	3/27	5/3
1							
2	5.92			6.50	5.90		6.60
3	6.10			5.90	7.05		
4	5.62			5.95	5.90		7.30
5	6.25			6.10		5.90	
6		5.75		7.05	7.50	6.20	8.10
7			5.82		5.65		
8				6.45	6.00		7.40
9							7.80
10	5.80			7.00	5.60	5.80	
11		6.00		6.30		5.81	
12				6.30			
13							
14			5.60	5.90			6.90
15					5.60		6.30
16		5.82		5.75			6.60
17				6.00	5.80		7.10
18		5.47	5.85	6.10	5.85		
19					6.30		6.10
20	5.88			6.20	5.95		
21		5.75		5.92	7.50		6.10
22			5.55		6.10	6.80	5.60
23				6.30		6.20	6.00
24	6.14				6.50	5.75	
25	5.82			5.40	5.50		
26		5.60		5.90	5.60	6.10	
27		5.50		5.60	5.55		6.30
28			5.83	5.90	6.10		6.25
29					5.80		
30	5.93			5.72			
31			6.00				
32			5.73			5.60	
33			6.20				
34			5.90				
35			5.85				
36		5.70					
37		5.50					
38		5.72					
39		5.72					
平均	5.93	5.67	5.83	6.09	6.09	6.02	6.69

第11表 登山期間中の尿電気伝導度の変動 (x10⁶ μp)

月日 隊員名	2/23	2/25	2/26	3/9	3/11	3/27
1						
2	9.5			7.7	5.5	
3	7.6			1.22	4.7	
4	2.15			8.7	9.5	
5	2.53			5.2		5.9
6		6.8		5.3	5.2	14.0
7			2.10	2.0	1.30	
8					3.8	
9						
10	9.2			9.1	1.45	11.8
11		11.0		4.3		17.0
12				6.3		
13						
14			9.0	4.5		
15					1.67	
16	14.0			5.6		
17		7.3		1.25	9.4	
18			13.0	9.5	2.21	
19					1.26	
20	1.35			6.2	1.26	
21		17.5		1.02	1.47	
22			2.10		9.6	19.3
23				5.2		12.0
24	2.45			1.37	7.0	11.6
25	2.08				1.20	
26		8.0		9.0	1.30	1.25
27		9.5		5.2	5.2	
28			3.00	6.2	1.96	
29					8.2	
30	1.95			7.8		
31			1.90			1.41
32			1.02			
33			1.65			
34			6.7			
35			8.2			
36		9.5				
37		13.0				
38		15.0				
39		13.5				

(b) 呼吸 — 循環系の変動

1. 諸 言

高所という異常環境が人体に影響を与える因子には、寒冷、風、雨、雪、日照ことに紫外線、低酸素など沢山あるが、最も根本的な影響力を持つものは低酸素である。人は食物がなくても数週は生存出来、水がなくても数日は生きて行ける。しかし空気がなければ数分しか生きることが出来ない。その大切な空気、つまりその中の酸素が少ないということは、人体にとって決定的な意味を持つ。人は高所に登ると、酸素が少ないということによって、いろいろな障害をうける。急性高山病と呼ばれるのはその一つの現れであるが、人がそれに耐えて、なおしばらくその高度に留ると、やがてその障害は消褪してゆき、あまりそれを感じなくなる。これが高所順応とか、高所順化とかアクリマチゼーション (Acclimatization) とかと呼ばれる現象である。このような高所障害および高所順化は、酸素依存度の高い器官ほどよく出現するのであるが、ここでは先ず、酸素を体内に取り込み、それを体内各部位に輸送する器官すなわち呼吸器と循環器についてしらべたことを報告する。呼吸 — 循環器系の機能上の変動を観察するパラメーターとして今回とり上げたものは次の通りであった。

〔循環器系〕

- (i) 心拍数
- (ii) 血 圧
- (iii) 心電図
- (iv) 指尖脳波

〔呼吸器系〕

- (v) 息こらえ時間
- (vi) 呼吸数
- (vii) 肺胞気ガス組成
- (viii) 1分間換気量

ただし本論文にはまとめの都合で (iv)、(vi)、(vii) と (viii) のまとめが間に合わなかったもので、こゝでの発表は差控える。

2. 研究方法ならびに測定機器

(i) 心拍数

心拍数はストップウォッチ (パルスメーター、スイス・ホイヤー製および精工社製の二種を使用した。) もしくは腕時計の秒針を用いて計測した。こゝに採録したのは、主として、心電図をとったり、血圧を測定したり、又、採血をしたりした際に、ついでに測定したものである。それゆえ、状況としては一応安静状態での心拍数ということになる。行動中の心拍数は今回はとらなかった。心電図から心拍数を読みとることは出来る筈であるが、今回の心電計はいづれもスピードの安定性に欠け、誘導

毎にスピードが違うので、それは今回は出来なかった。

(ii) 血 圧

水銀血圧計 2 台、タイコス型血圧計 1 台を用意した。C2 (6450m) まで水銀血圧計を使用しサウスコル (約 8000m) にはタイコス型を選び上げた。重い水銀柱型を持ち上げたのは吹き上げテストを兼用する意味があったのである。被験者は BC までは、ジュラルミン枠サラン貼り折畳み式簡易ベッドに仰臥させて測った。C2 とサウスコルではテント内で、エアマットレス上に仰臥した格好で測定したが、一部は露天で椅子座位の格好で測ったものもある。

(iii) 心電図

2 種類の携帯用心電計を用意した。一つは早川シャープ製、MT-23 型、(第 9 図、第 10 図) 1 台、今一つは島津製超小型心電計 S C I - 20 (第 11 図) 2 台である。共に市販品であるが、今回はそれぞれの会社のご好意により特に借用させて頂いた。両機種とも、交流電源と充電式乾電池の二電源方式であるが、早川 MT-23 型については、同社の技術部門にお願いして、この充電部をとり外し、単 1 乾電池 12 箇 (すなわち 18 ボルト) を直列につないだ電源ビースをとりつける方式に改めたのを持参した。発電機を作動させている BC での使用は、2 電源方式でもよいのであるが、BC を離れると、充電した電池が必要であり、そのためにはおおよそ 12 時間以上の充電時間を必要とし、そのためのガソリンは莫大なものとなる。そういう意味で単 1 乾電池方式に改造したことはよかった。心電計に使用して電圧のドロップした乾電池は、懐中電灯用としてはまだ十分に明るく使用出来たの

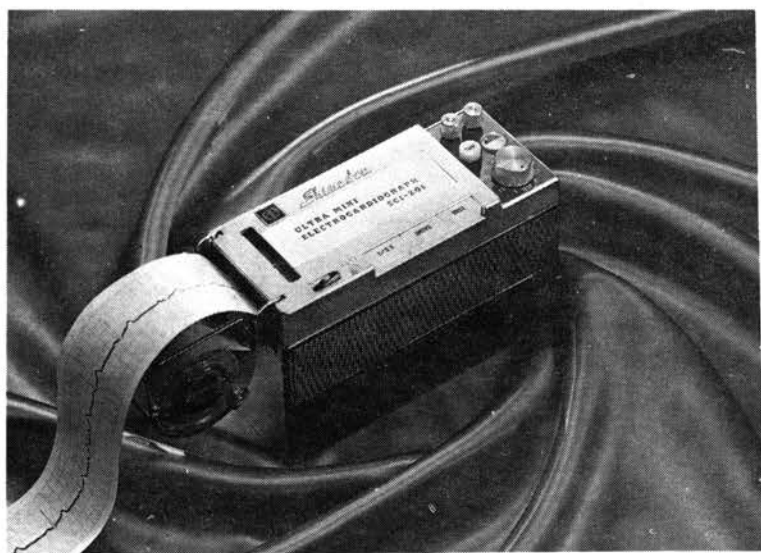


第 9 図 早川シャープ携帯心電計 MT-23

で、無駄が少なくですんだ。又、早川用胸部誘導の端子にはアルミニウム円板を用い、ペーストをつけた後、スリオンテープで胸壁に固定する方式を採用した。こうすると、胸部誘導端子を胸壁に固定した上を着衣で蔽うことが出来るので、高所寒冷地での心電図測定に際して、ふるえによる筋電図の入ることを防止出来た。普通の吸玉方式だと着衣のままでは心電図は



第10図 ABC(6450m)における心電図の採録
(早川シャープ心電計 MT-23)



第11図 島津超小形心電計 SCI-201

は最大吸気位で行なった。東京出発前に測定しなかったのは残念であった。カトマンズ、ポイヤン(2900m)、タンボチェ、BC、C₂、BC、タンボチェの各点で測定した。なお僅かであるが、タンボチェとC₂において、シェルパ達の息こらえも測定した。

とれないのである。

島津製SCI-201型は機能部だけとれば、約2Kgであり非常に軽かったが、早川製MT-23型は、充電部を外しても5Kgもあって少し重かった。この二機種についての討論は、あとの考察の項でのべることにする。

測定は、東京(出発前)、カトマンズ(1300m)、キャラバンの途次、タンボチェ(3860m)、BC(5350m)、C₁(6150)、C₂(6450m)、およびサウスコルのC₅(約8000m)で行なった。被験者はBC以下でジュラルミン枠サラン貼付け折畳みベッドに仰臥させた。C₂およびC₅ではエアマットレスに仰臥させた。なお被験者は殆どが隊員であった。

(V) 息こらえ時間

隊員各人の息こらえ時間をストップウォッチで測定した。座位、立位は自由。息こらえの開始

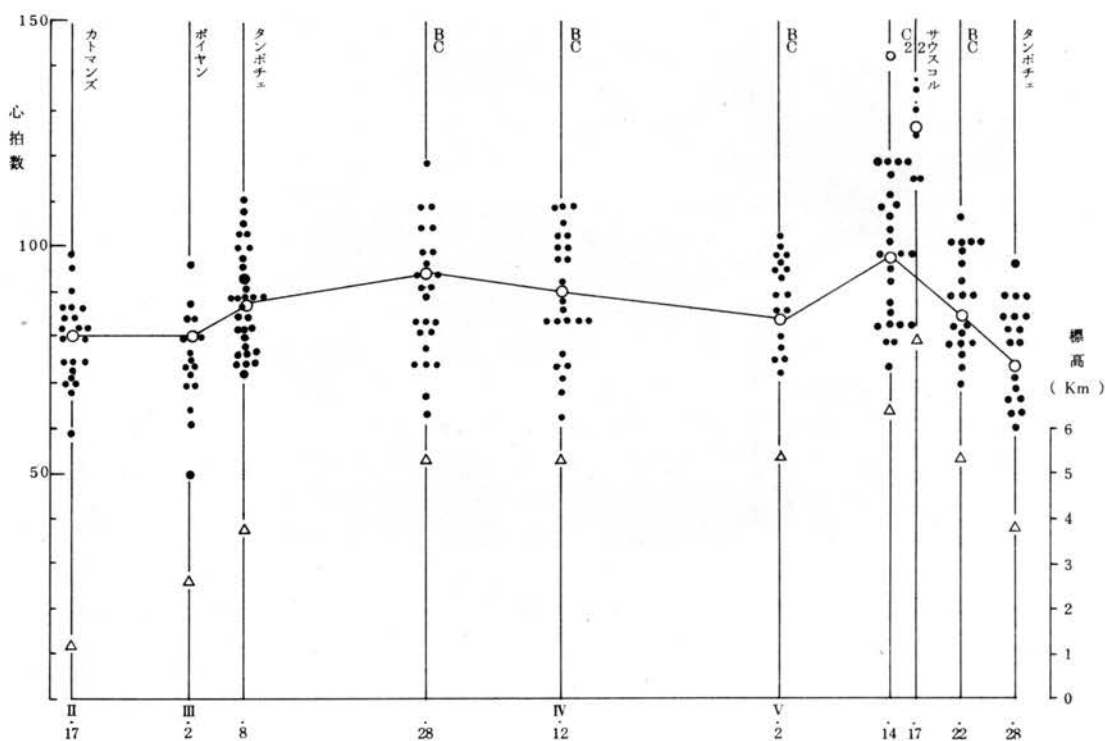
(vi) 呼吸数

これは起床安静時のものを数人について測定したが、全隊員についてはまとめられていない。

3. 研究成績

(i) 心拍数

各地点で一般身体計測を行なった際の隊員の心拍数を高所滞在経過と高度との関連においてプロットしてみると(第12図)の如くなる。大体において、高度増加と共に心拍数は増加するが、同一高度では、滞在期間が長びくにつれて心拍数は減少する傾向にある。それ故その二つが重なったところの、5月14日以降の心拍数の傾向は、高度の減少と滞在日数の延長の二効果によって、心拍数の減少は顕著である。そして、帰路における、5月28日のタンポチェは、往路3月8日のタンポチェよりはるその心拍数において、より減少していることが認められる。高度上昇と共に心拍数が増加するのは、明かに低酸素環境に対する生体反応の現れであるが、脱水による流血量減少も影響しているものと思われる。サウスコルで2時間半乃至3時間酸素吸入を止めた状態でとられた心電図から心拍数を測ってみると、平均126となる。このことは低酸素環境暴露が心臓に及ぼす影響を端的に示しているものと思われる。

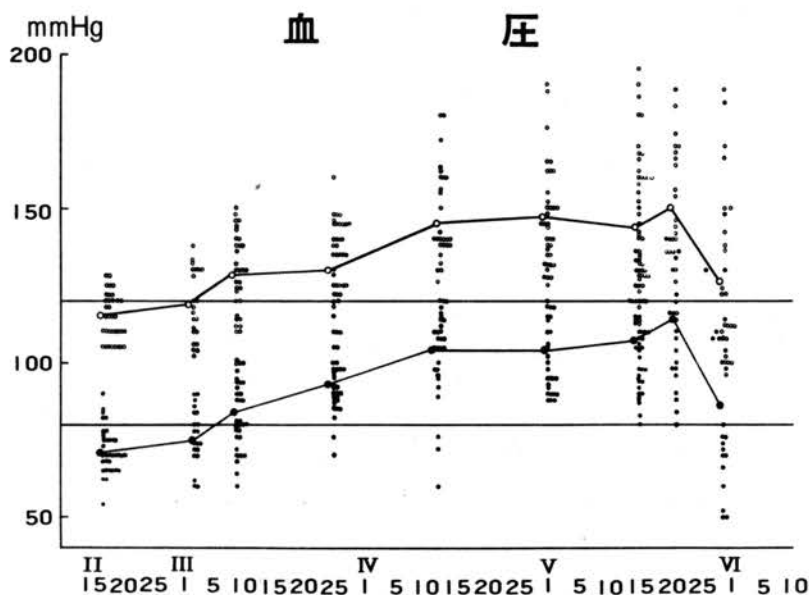


第12図 エベレスト登山隊員における心拍数の変動

心拍数は安静時と運動時では非常に違うものであることは言をまたない。以上の心拍数は一応安静状態におけるものを測ったつもりである。しかし、それとても起床時の心拍数とは又違っている。早朝覚醒時、全く動いていない状態で測ると、一日のうちで最も低い値が得られる。例えば中島の場合、ロブジェ(4900m)の朝は68、5月7日、C₂(6450m)78、5月16日、C₂で55、それが5月25日BCに下った3日目、引上げる朝は再び78、このことから、心拍数はかなり変動はするものの、大体高所に登れば早朝覚醒時の心拍数は次第に高度と共に増えるが、順応するに従って又平地の値に近づくということが云える。スキー隊の三浦雄一郎氏が、サウスコルから滑降する日の朝の心拍数は48といていたが、これは酸素吸入をしつつ睡眠をとった朝のことであるから当然かも知れないが、高所順応も関係しているのであろう。

(ii) 血 圧

全隊員における、高度と滞在日数ならびに血圧変動の關係は第12表および第13図にまとめた。これで見ると、血圧は一般に高度の上昇につれて増加する。それも、収縮期血圧(最高血圧)も拡張期血圧(最低血圧)も両方共に上昇するので、両者の差すなわち脈圧は一般にあまり変動しないで大

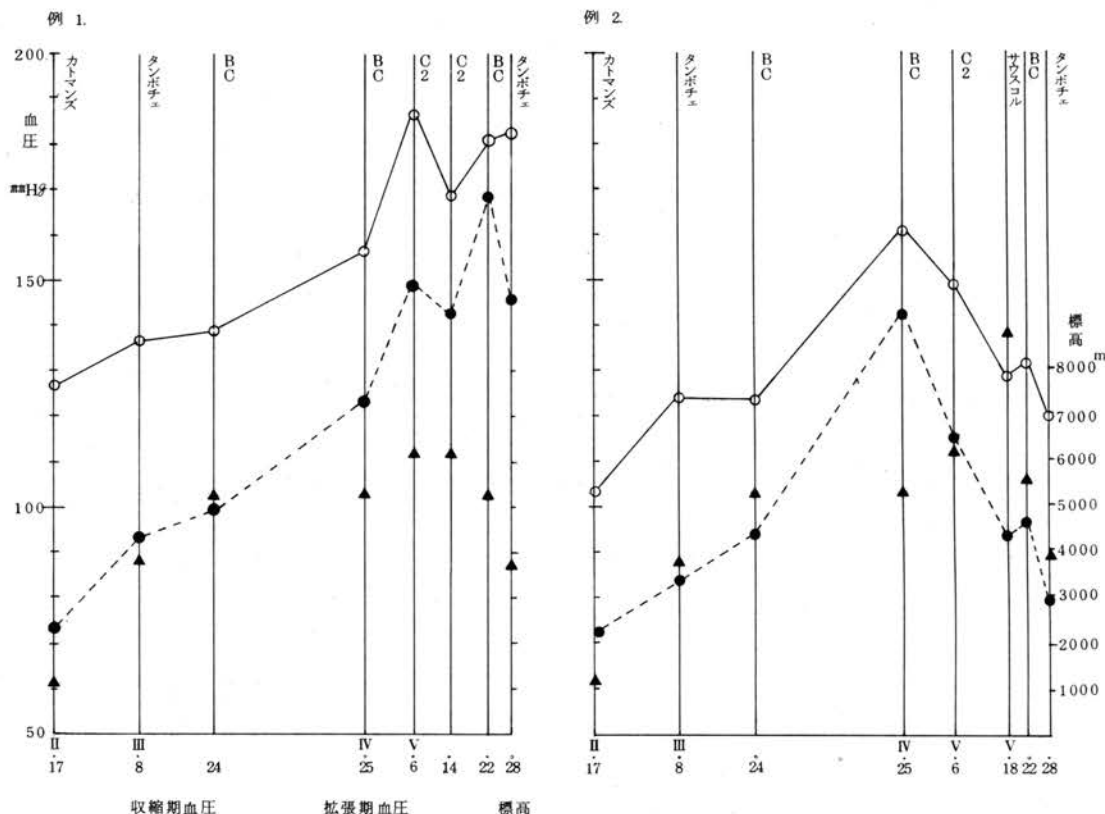


第13図 エベレスト登山隊員における血圧の変動

体平行していることは第13図に見る通りである。高度上昇に従って血圧は増加すると書いたが、実はよく見ると、C₂(6450m)での値が最高で、8000mのサウスコル(C₅)での血圧は全部がC₂での値より低くなっている。或はC₅からC₂へ下って来た時の血圧は、C₅へ登る前にC₂でとった値よりも下っている。これは注目すべき現象である。C₄以上ではずっと酸素吸入をしていたせいと考えてよいと思われる。

ところがこれは逆にC₂での値よりも、最後に全員がBCへ下山し終った日の翌日5月22日のBCでの血圧の方が、むしろ高い傾向にあるという現象は、これは酸素濃度だけでは説明がつかない。これについてはあとで討論することにしよう。

血圧の変動を個人個人について追跡してみると色々なパターンとしてとらえることが出来る。第14図にその代表を2例あげてみる。横軸に歴日と測定地点、縦軸に標高と血圧をプロットしてみる



第 14 図 エベレスト登山隊員における血圧変動のパターン

と、例1のタイプと例2のタイプに大別出来る。個人個人はそれぞれにバラエティがあるが、例えば例1の隊員は比較的年輩者であるが、高度に関係なく高所滞在が長びくにつれて血圧が上昇して行く傾向が明かである。C₂ で一旦下っているのは休養がとれたためと考えられるが、BCへ下った時には再び上昇し、しかも脈圧が極端に減少しているのは、この時の心臓の疲労がかなり大きかったことを示して居り、これはタンボチェへ下ってもまだ回復していないことが示唆される。もう一方の例2は比較的若い隊員の例で、4月26日のBCでの値が最高値を示し、しかも脈圧がこの時最小であることは、この隊員が登山計画第一期のルート開拓期に活躍して疲労して下山して来たことを物語るものである。それに較べるとC₂ ではむしろ低下しているし、サウスコルでの値は更に低下している。しかしながら、BCへ最初に到着した時の値よりは、まだ高い。それが最後にBCへ下って来ると再び少し血圧上昇がみられる。このことから、血圧上昇の因子は、単なる低酸素刺激によるものでなく、疲

労というような因子が入ってくることがうかがわれる。それについてはあとで論ずることにする。

一般に年輩者に高血圧出現頻度が高く、高血圧家系を有する隊員にその傾向が強かった。反対に平地では普段低血圧の隊員は、高所での上昇傾向も低かった。最も血圧の高かったのは松方隊長でBCで248/132とか260/110を読んだ時があった。260という、持参した水銀血圧計の最高目盛である。しかし、隊長に限らず、高血圧を示した隊員はいずれもそれによると思われる症状の訴えは皆無であった。筆者自身C₂で190/136の高値を示したことがあったが、測ってみるまで、そんなに高いとは全く気がつかなかったし、高いと云われても別にどうということもなかった。

(iii) 心電図

全隊員39名について、東京出発前21例、カトマンズを含めキャラバン中に54例、BC到着直後21例、C₁18例、一旦BCに下って来た時29例、C₂27例、サウスコル6例、C₂に下った時13例、BCに下った時23例、合計212例の心電図を採録した。第13表。隊員各個人について、その現れた主なる所見をまとめると第14表の通りになる。心電図所見として種々ある中で、今回共通的に目立った変化は次の通りであり、それを第14表にまとめたわけである。すなわち、①Ⅱ誘導におけるP波増高および尖鋭化、つまり肺性P様変化、②胸部V₂誘導におけるQRS波のrSr'パターンの出現、すなわち不完全右脚ブロックに似た変化、③T波の平低化(四肢誘導ならび

第13表 エベレスト登山隊員における心電図測定実数

測定月日	2/12	2/18~ 3/12	3/28~ 4/14	4/23	4/24 ~5/2	5/6~ 5/13	5/17	5/18 ~19	5/23	計
測定地点	東京	カトマンズ ↓ タンボチェ	BC	C ₁	BC	C ₂	サウスコル	C ₂	BC	—
標高 (m)	0	1300 ↓ 3860	5350	6150	5350	6450	8000	6450	5350	—
測定数	21	54	21	18	29	27	6	13	23	212

にV₃~V₆誘導における)、④、V₁~V₃誘導におけるT波の逆転、⑤QRS軸の右軸又は左軸偏位、⑥移行帯の回転、(主として時計方向の回転がみられた)があげられる。心筋の低酸素性変化としてST部の変化が一般に病的所見の場合は見られるのであるが、今回採録された心電図の中には、この有意と思われるST部の変化は認められなかった。

さて、以上の諸変化の出現状況を数で表したものが第15表である。これで見ると、主としてBCまたはそれ以前に出現する変化と、BC以上のC₁とかC₂に上った時に主として出現する変化の二

第 15 表 エベレスト登山隊員における心電図
所見の変動 — まとめ

		BC(5350m)およびそれ以前に出現		BC以後に出現		合 計
			カトマンズにて最初より		C ₁ にて	
rSr' ; V ₂		23	7	2	0	25
T 平 低 化		15	6	10	3	25
T逆転; V ₁ ~V ₃		25	7	9	3	34
Deep symm		0	0	4	2	4
肺 性 P ; II		7	0	16	8	23
QRS 軸	右 軸 偏 位	4	0	8	5	12
	左 軸 偏 位	7	4	12	10	19
	正常範囲内					18※

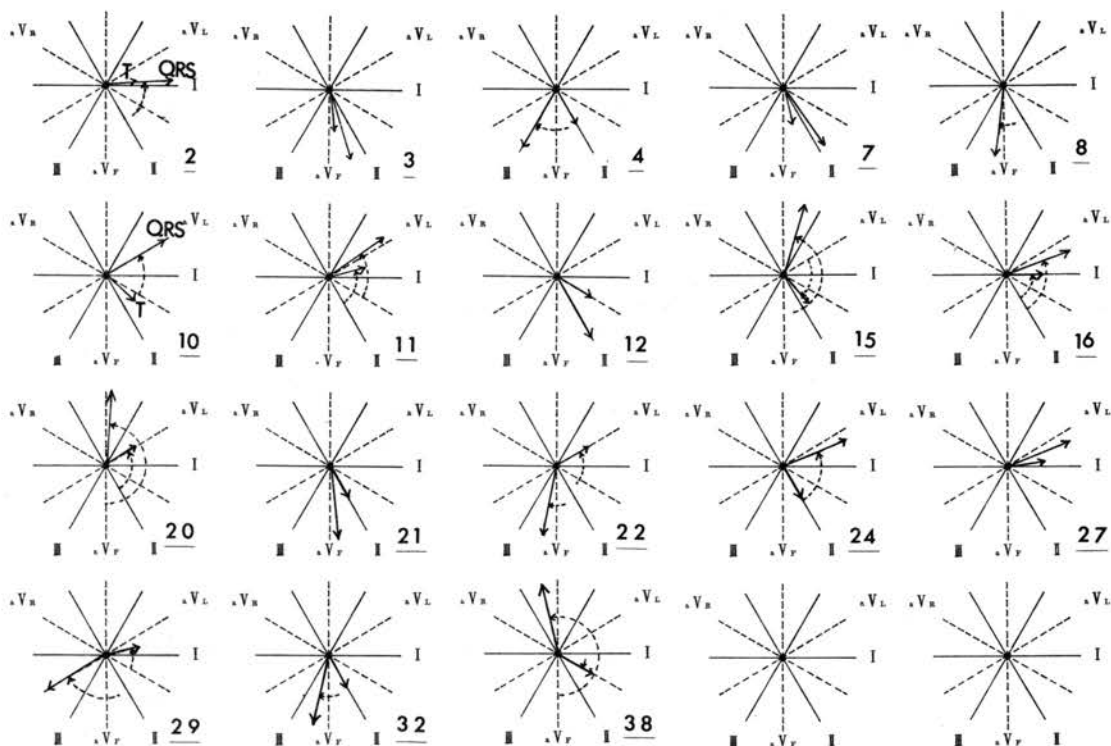
※ 同一人で右軸偏位も左軸偏位も出現した者が多いのでこの変化の合計は39以上になる。

つの群に大別出来るようである。すなわち第15表に見られる如く、QRS-V₂のrSr'パターンの出現、T波平低化、ないし逆転などは主としてBC以前から出現するもので、比較的低地でも見られる変化である。僅か海拔1300mのカトマンズでとった心

電図をみても、かなりの頻度でこれらの変化が見られることがわかる。たとえば、4月21日、C₁で不慮の死をとげた成田隊員の心電図であるが第23図、カトマンズでこのrSr'パターンが出現している。それに対してある循環専門医は、このような心電図のある隊員を高所キャンプへ登らせたことについて我々を非難したことがあったが、同じパターンをカトマンズで既に示している隊員は彼以外にも6名もあり、その6名はいずれも高所において何ら問題をおこしていないので、この非難は直接的には当たっていない。他方、T波の逆転は上記の如く比較的低所でも出現する変化であるが、深・対称型逆転T(Deep Symmetrical Inverted T)と呼ばれる変化はC₁以上に見られた。これは本来心筋梗塞とか狭心症の際に出現するパターンで、冠性Tと呼ばれるものであるが、さすがにこのように強い低酸素性反応は高所でないと見られないようである。注目すべきは、かような変化が、むしろ低キャンプに下った時に出現している例もあり、これが単なる低酸素反応だけではないことを示唆している。

II誘導におけるP波の増高は、低所でも既に7例に見られるが、これは主としてC₁以上に見られる変化で、ことに最初C₁に登った隊員18名についてとった心電図中の8名にこの変化が認められた。

QRS軸の変化であるが、これも主としてBC以上の高所キャンプにおいて見られる変化である。人によって或は右へ、或は左へと軸偏位をするのであるが、それに一定の法則を見出すことは困難である。中には全く偏位を示さない隊員もあるし、同一人である時は右へ、ある時は左へと軸偏位を示す例もある。軸変位が最も激しく変化を示したのは最初のC₁に登った時のことであって、その時心電図をとった18名中、軸変化を示さなかった者は3名しかいなかった。この現象は大変興味があるので、第15図にベクトル図上の変化として示す。図上長い矢印はQRS軸、短い矢印はT軸を示す。破線の弧と矢印は、C₁へ登る前、BCでとった時のベクトルの方向からの偏位を示す。この図では

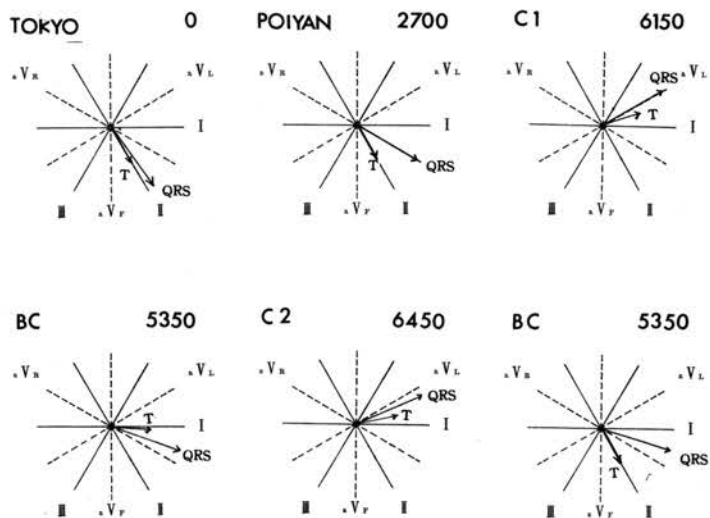


第15図 C1 (6150m) におけるECG-QRS, T軸の変動

数字は隊員番号, 長い矢印はQRS軸, 短い矢印はT軸, 点線の弧はBCからの変動を示す。

っきり見られる如く, 時計の文字盤でいうと, 3時と6時の間 ($0^{\circ} \sim +90^{\circ}$) が正常範囲であるが, その間にとどまっているのは3名のみで, 5名は6時より8時の間 ($\sim +150^{\circ}$) の方へ偏位 (これを右軸偏位と呼ぶ), 10名は3時から0時 ($-30^{\circ} \sim -90^{\circ}$) さらに11時の方まで (-110°) 変化している (これを左軸偏位と呼ぶ)。この右とか左とかは, 自分の胸に柱時計を, 文字盤が人に見えるようにぶら下げて持った場合の針の動きの方向が, 6時の位置 ($+90^{\circ}$) より右方向なら右, 左方向なら左とするのである。顕著な変化を見せたのは隊員15, 20, 38番で, たとえば36番はBCでは6時の方向 ($+90^{\circ}$) であったものが, C1では左へグルリと同軸して, 11時の方向 (-110°) まで偏位しているのは注目し値する。これは数日後BCへ下った時には再び6時方向 ($+90^{\circ}$) に戻っている。このような軸変化には病的意味はつけられないのであるが, 今一つ面白い変化を見せた1例を紹介すると, この隊員では, 高所キャンプではQRS軸が左へ偏位し, 下のキャンプに戻ればQRS軸は右へ戻るという規則正しい変化をしたのである。第16図。この偏位角と高度とは関係がなく, 上へ登るということと, 軸変化とが平行した例である。このように規則正しいものでなくても, 大体軸変化と登高とは, その偏位が右と左を問わず, 平行する場合が多いようである。

移行帯の変動にも一定の傾向が見られた。第16表に示されるごとく, 一口に云えば, 高度と共に



No. 11

第16図 エベレスト隊員の行動とECG-QRS軸変動の関係を示す例

第16表 エベレスト登山隊員における心電図の変動
— 移行帯の変動

地点 移行帯	東京	カトマンズ	タンポチェ	BC	C1	C2	サウスコル	BC
V ₁	1							
V ₂	5	1						
V ₃	11	2	1	2	4		3	
V ₄	5	12	6	4	7		1	2
V ₅		7	16	9	4	10	1	9
V ₆				6	1	14		11
件数	22	22	23	21	16	24	5	22
スコア	2.92	4.13	4.65	4.92	4.12	5.83	3.60	5.40

ようにして、V₃では11件で33、V₄は5件で20、累計は64。それを心電図件数22で除すると2.92となる。これがスコアである。このように計算すると、カトマンズ4.13、タンポチェ4.65、BC 4.92、C1 4.12、C2 5.83、サウスコル3.60、BC 5.40、となる。これでスコアは高所ほど高くなるつまり心臓は左へ回転していることがわかる。例外はC1とサウスコルはむしろ右へ戻っている。サウスコルでは酸素吸入しているから説明がつけやすいが、C1でスコアが戻っていることについては、ほかの諸変化はむしろC1で強く出現している点からみて、説明が困難である。

今回の心電図調査で画期的な試みは標高約8000mのサウスコルで心電図をとったということである。5月17日、大森隊員が島津製超小型心電計SCI-126を携え、サウスコルのC5において、

移行帯は左へ(すなわち番号の高い方へ)移動して行く。つまり心臓は時計方向に回転していることを示している。具体的に云えば、心尖が腹の方を向いているが、背中の方へ向くような具合になるわけである。東京では移行帯はV₂～V₃に多いが、高度と共にV₄からV₆へと移ってゆき、C2では全部V₅とV₆になってしまう。移行帯を示す胸部誘導の番号と、その誘導で移行を示した心電図の件数を乗じたものの累計を、その高度での心電図総件数で除したものを移行帯スコアと呼ぶことにする。たとえば、東京では移行帯がV₁のものは1件であるから、 $1 \times 1 = 1$ 、V₂で移行帯を示すもの5件であるから $2 \times 5 = 10$ 、その

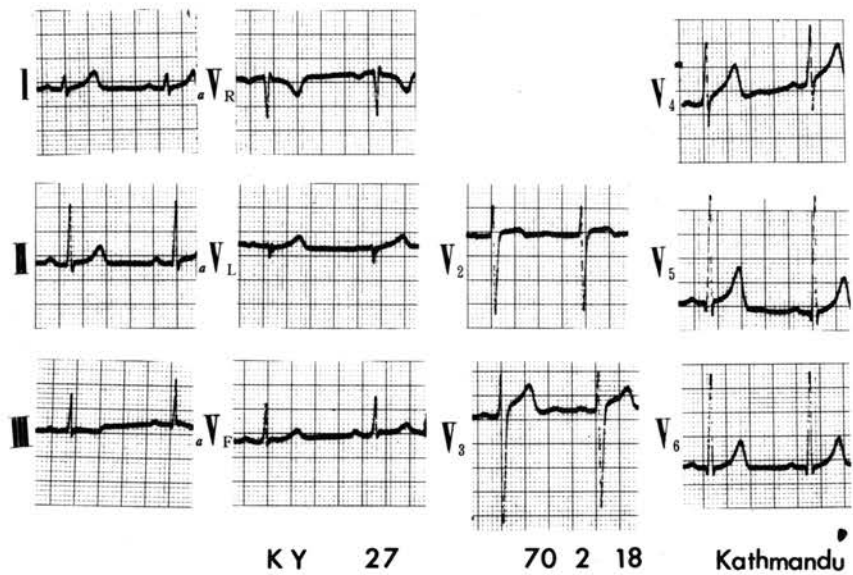
大森隊員を含む隊員6名の心電図を採録した。(胸部誘導は素人にはむづかしいので、彼自身の心電図は四肢誘導のみ採録)。隊員は7500m以上では行動中は勿論、睡眠時も酸素を吸入していた、心電図検査は、その前2時間半ないし3時間、酸素マスクを外し、安静に過した後採録した。その一例を第24図に示す。隊員6名についてその所見を一まとめにしたものが第17表である。これによ

第17表 エベレスト登山隊員における心電図の変動
— サウスコル (約8000m) における血行動態

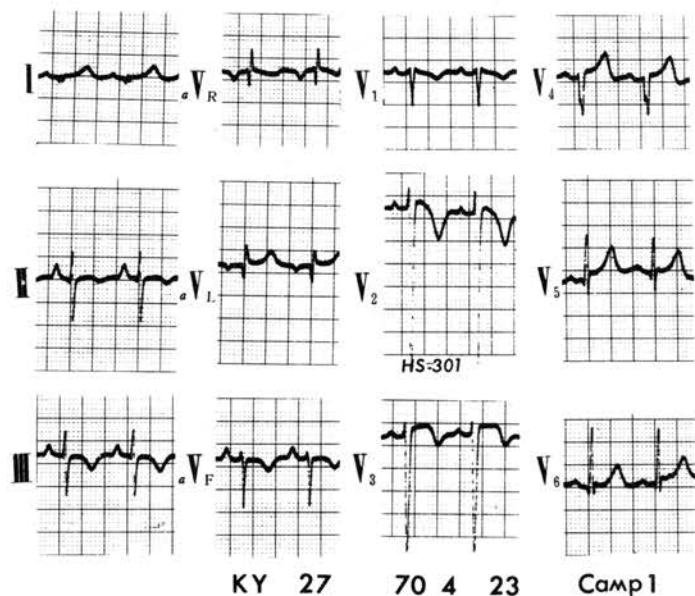
隊員 (年齢)	所見	心拍数	血 圧	P-Ⅱ m.m	QRS-V ₂	T		QRS軸 C ₂ →SC	移行帯 C ₂ →SC
						平低化	逆 転		
5 (37)		130	155/90	1.9	rSr'			-45°→-45°	V ₅ →V ₅
8 (32)		125	138/110	2.0	rS		aV _L	+75°→+75°	V ₄ →V ₄
21 (27)		137	130/90	1.8	rS	Ⅱ	aV _L	+75°→+75°	V ₅ →V ₃
23 (25)		135	130/94	2.0	rS	V ₅ V ₆		+85°→+85°	V ₅ →V ₃
24 (23)		115	145/85	0.8	rS		V ₁ V ₂	不 明	V ₅ →V ₃
27 (36)		115	140/90	0.8	誘導なし	I Ⅱ Ⅲ		+75°→+45°	胸部誘導なし

れば、心拍数の増加とⅡ誘導のP波の増加が目立つほかに見るべき所見のないのが特徴的である。最初BCからC1へ上った時に見られるような激しい変化はこゝでは見られない。酸素吸入の効果と考えられる。

次に経時的、経高度的な心電図変化を代表例について観察してみよう。第17図から第21図 までは隊員KY、27才の心電図をピックアップしたものである。①第17図、2月18日、カトマンズ、1300



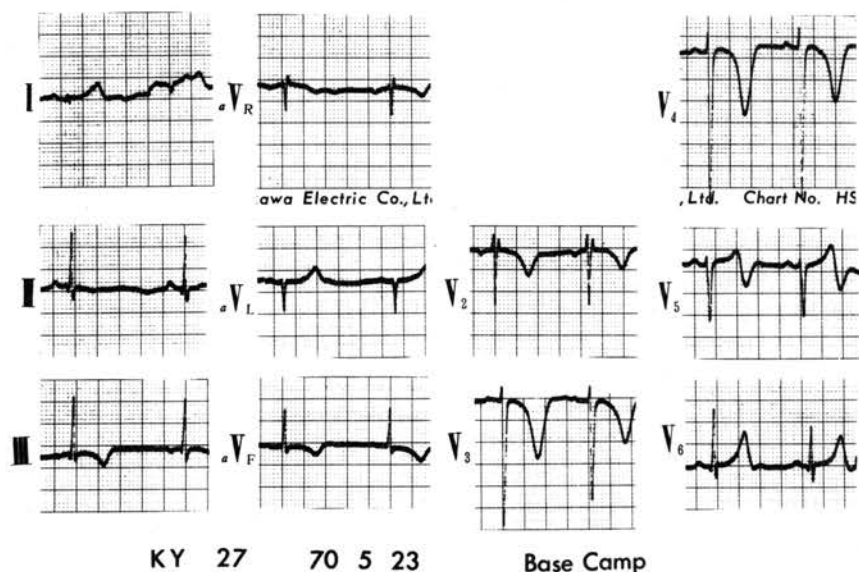
第17図 エベレスト登山隊員における心電図の変動
<代表例：カトマンズ>



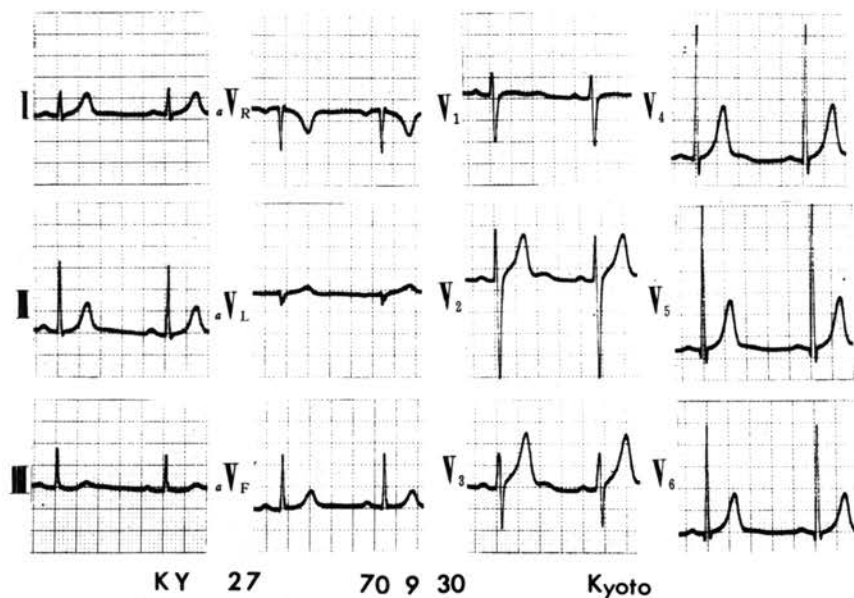
第18図 エベレスト登山隊員における心電図の音動
 <代表: C1>

そして再びBCへ帰って5月2日にとった心電図ではやはり $+90^\circ$ に戻っていた。BC→C1の上下でQRS軸はほとんど 180° の変化をしたわけである。移行帯はC1では V_5 であるが、その前後のBCでの心電図には胸部誘導がうまくとれてないので不明である。③第19図、5月23日、一旦

m, 特記すべき異常所見はなく, V_2 誘導におけるQRSはrSパターン。II誘導のP波は1.1mm, QRS軸は $+75^\circ$, 移行帯 V_4 。②第18図, 4月23日C1, 6150m, V_1 移導でrSr'パターン。 V_2 ではrSパターン。 aV_R におけるR'の高さは増高, IIのP波は2.5mmで尖鋭, テント状を呈する。 $V_2 \sim V_6$ でST部の上昇を認めるが, 有意の変化とは云えない。II, III, aV_F , $V_1 \sim V_3$ でT波逆転。QRS軸はほとんど -90° 。これは3月28日のBCでとった心電図では約 $+80^\circ$



第19図 エベレスト登山隊員における心電図の変動
 <代表例: 計画終了後のBC>



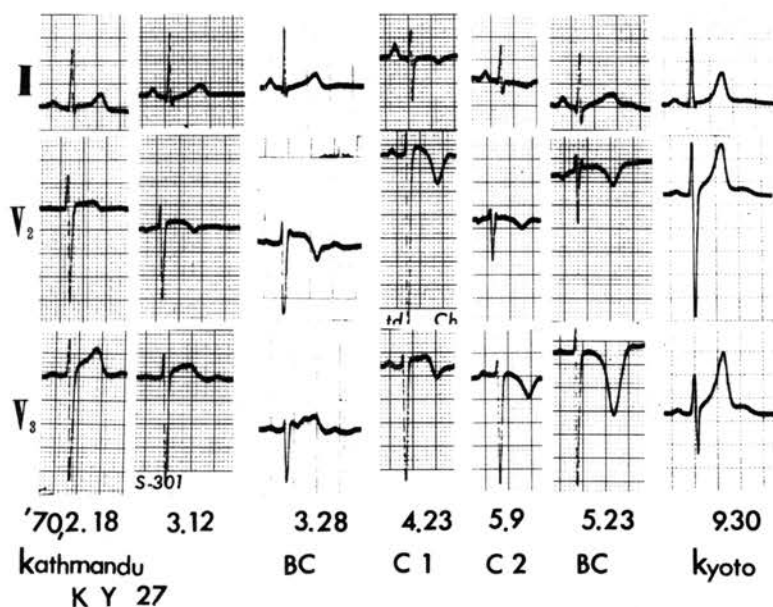
第20図 エベレスト登山隊員における心電図の変動
 <代表例：帰国後>

BCへ下ったあと再び6450mから8000mにおよぶ約3週間の高所滞在を終えてBCへ下って来たあとの心電図。QRS-V₂はrSr'パターン、P-IIは1.5mm、II, aVF, V₂~V₄でT波逆転、しかもそれは深い対称型逆転Tを示している。④6月20日東京へ帰ったが、約3ヶ月して9月23日、京都で採録した心電図が第20図である。完全に正常で、5月23日BCでみられた激し

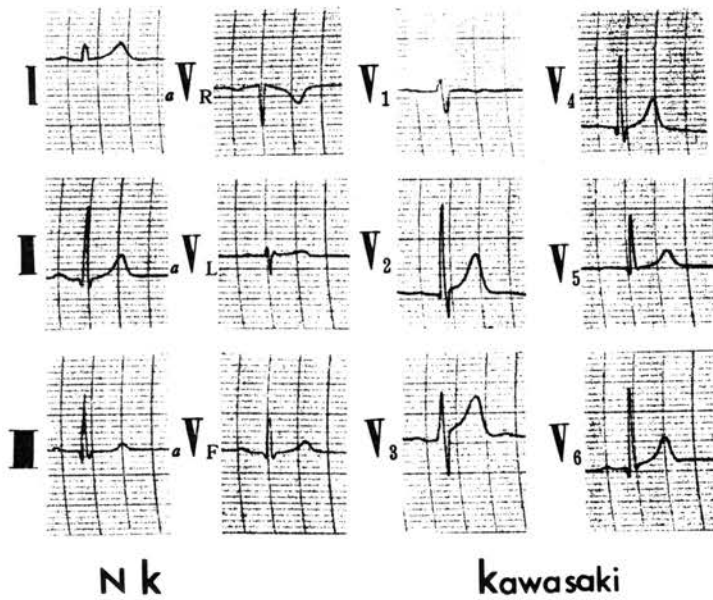
い変化の跡もない。

これで見ると、1300mのカトマンズでの心電図は既に正常ではなくなっていることがわかる。

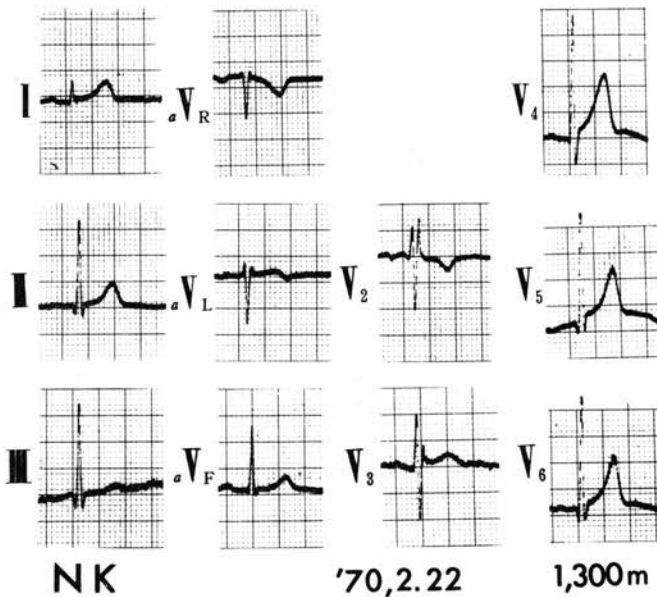
⑤主なる変化が見られたII, V₂, V₃誘導のみとりあげ、これを経時的に一覧的に示したのが第21図である。P-II, T-V₂, QRS, V₂, T-V₃の変動の様子が瞭然である。⑥第22図と第23図にC1で死亡し



第21図 エベレスト登山隊員における心電図の変動
 <代表例：主なる変動の経過>

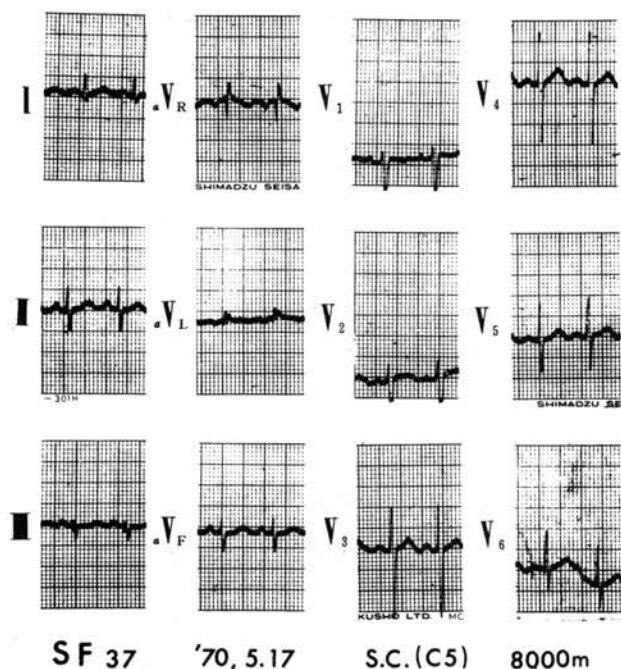


第22図 エベレスト登山隊員における心電図
〈成田隊員，出発前〉

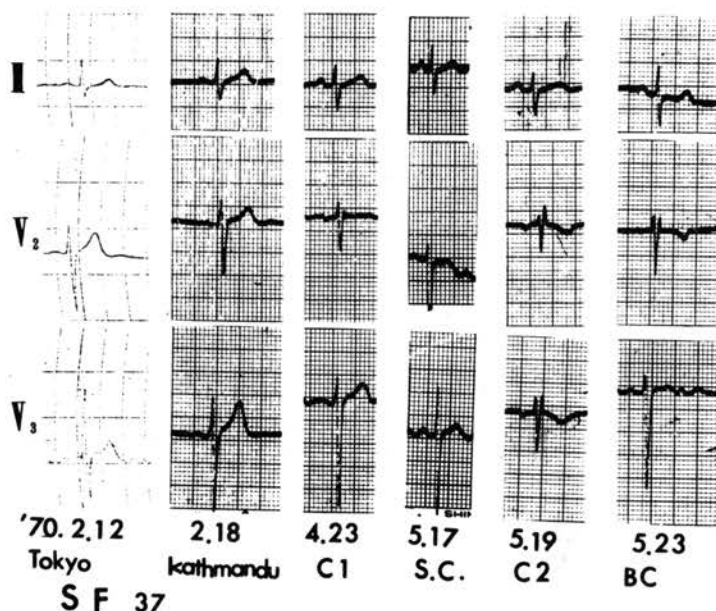


第23図 エベレスト登山隊員における心電図
〈成田隊員，カトマンズ〉

た成田隊員の心電図を示す。彼はどういうわけか、全隊員の中で身体検査を最も受診しなかったので、心電図だけでなく、心拍数も血圧も、殆んど彼に関する資料を残していない。強制しなかった我々医療班にも責任があるが、どうしてこれまでに徹底的に身体検査を受けなかったのか、決して彼が意識的に検査をさけたとは思えないので、大変不思議なまわり合せと考えられる。それだけに残念でならない。⑦サウスコルで心電図をとったSF隊員の心電図を第24図に示す。洞性頻脈（1分間約130）とP-Ⅱ増高以外に大した所見は見当たらないほどきれいな心電図である。彼の心電図上の全経過をⅡ、V₂、V₃でプロットしてみると第25図のようになる。C1でP-Ⅱの増高、rSr'-V₂の出現をみる。SCではP-Ⅱはやゝ増高をするがrSr'はわからなくなっており、それがC2へ下ってくると再びrSr'が現れ、Tは逆転する。なおこの例



第24図 エベレスト登山隊員における心電図
 <サウスコル(8000m)における心電図の一例>

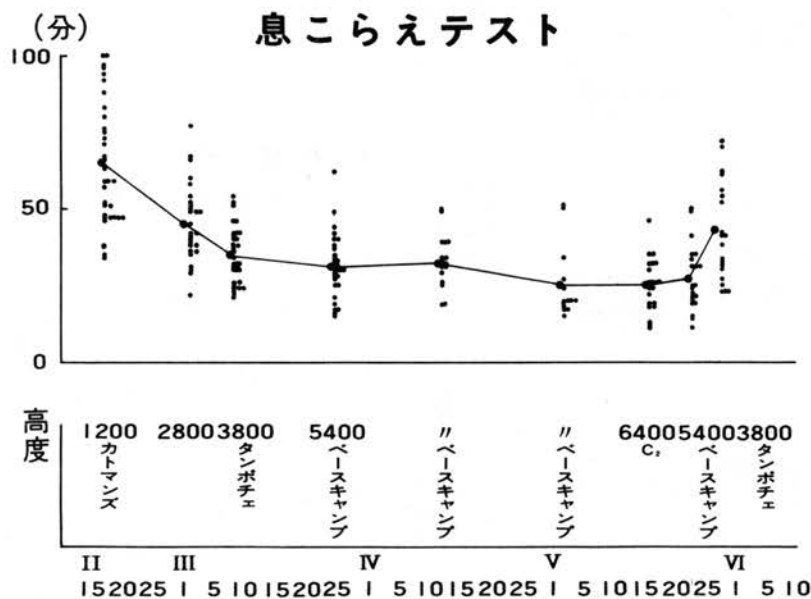


第25図 エベレスト登山隊員における心電図
 <サウスコルを含む主なる変動の経過>

ではQRS軸はカトマンズからずからずと -45° であった。

(V) 息こらえ時間

松方隊長を除く隊員38名について、カトマンズ、ポイヤン、タンボチェ、BC、C2の各地点で息こらえ時間を測定した。BCでは数回日を変えて測定したし、タンボチェでは帰途において再度測定した。これを第18表にまとめた。この表から先づ単純に息こらえ時間の実測値のみをとり上げて、これを全隊員について、時間経過との関係においてプロットしてみたものが第26図である。息こらえ時間というものは非常に個人的なバラツキが強いものであり、個人でも体調によってはバラつくものであるから、平均ということではあまり意味のないことではあるが、一応平均をとってみると、カトマンズで67秒、タンボチェ35秒、BC33秒、C225秒、撤収時のBC28秒、帰途のタンボチェ44秒となる。高く登るほど息こらえ時間の実測値はたしかに短縮しており、これはこれまでの研究者の研究結果と変りはない。しかし

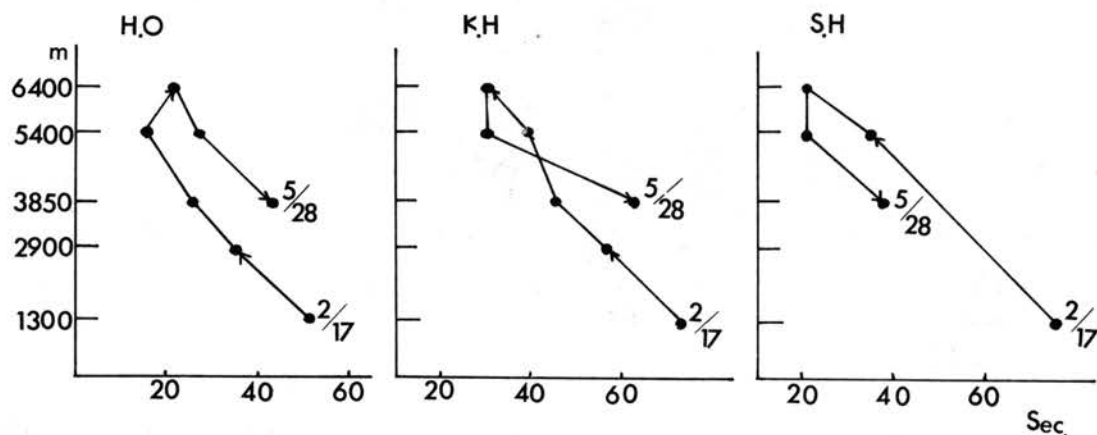


第26図 エベレスト登山隊員における息こらえ時間の変動

ここに注目すべきは、往路と帰路で、タンポチェでの息こらえ時間が明かに帰路において有意に延長しているという点である。これは従前の研究者の報告と違う点である。

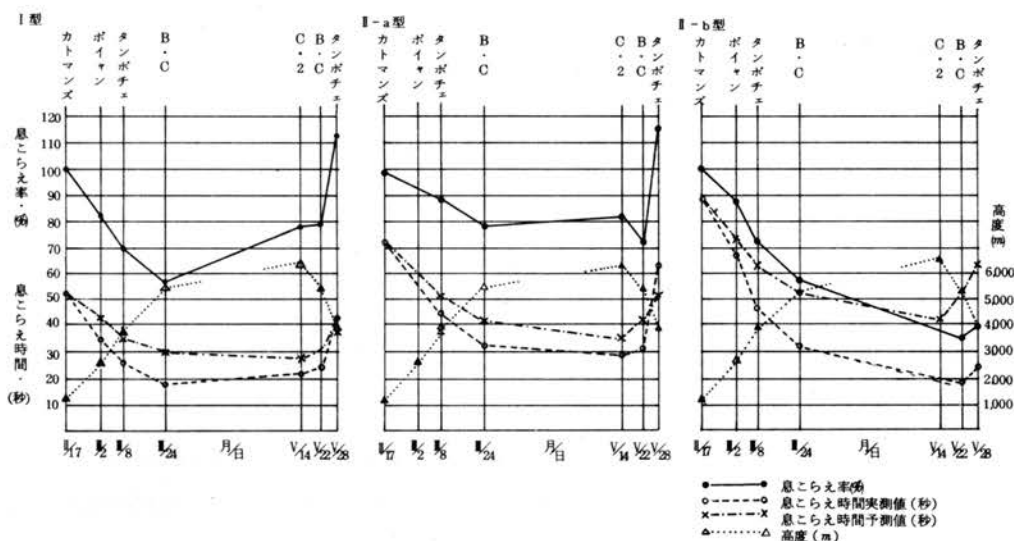
全隊員の息こらえ時間の実測値をマスとしてとり上げると以上のような事実が認められたが、元来、息こらえというものはバラツキが大きいものであると前述した通り、この実測値の変動を隊員各個人について追求してみると、マスとしての変動

動とまた違った面が現われてくる。これを今度は高度と息こらえ時間との関連において追求してみると、第27図に示すごとき三種類のパターンに分類出来る。第1の型は延長型ともいべきもので、たしかに息こらえ時間は短縮するのではあるが、同一地点での測定を重ねると、滞在日数がのびるにつれて息こらえ時間も延長して来ているというタイプと、第2の型として、高所キャンプの滞在中は依然として短縮したが、低所キャンプ（この場合タンポチェ）にもどると、むしろ最初のそのキャンプ



第27図 エベレスト登山隊員における息こらえ時間の変動

の実測値よりは延長していたとするもの、および第3の型として、低所キャンプに戻ってもやはり短縮したまゝというこの三つの型である。この図でみると第2の型は第1の型の変形なのか、第3の型の変形なのか、また、この三つはそれぞれ独立した型なのか分からないが、次の第28図を書くと



第28図 エベレスト登山隊員における息こらえ時間の変動
 <息こらえ時間変動の型(2)>

これが第2と第3の型は同じタイプのものであることがわかってくるので、第1のものをⅠ型、第2のものをⅡ-a型、第3のものはⅡ-b型と分類する。それはどういうことかということ、そもそも高所に登ると空気が稀薄になり、酸素の分圧は低下するから、この酸素分圧の低下分だけ息こらえ時間は短縮して当然なのである。それ故、単に実測値だけが短縮しても、生理学的には何の意味もないことになる。従って、高所で息こらえ時間を論ずるならば、この低酸素分圧の影響の分だけは除外しなければならない。そこで若し、息こらえ時間が、酸素分圧の低下分だけ短縮して行くものと仮定すれば、気圧の変化率を乗ずることによって、その高度での息こらえ時間を予測することが出来る。それをこゝで息こらえ時間予測値と呼ぶことにする。今回は東京で息こらえ時間を測らなかったで、カトマンズが基準になった。カトマンズ(1300m)ではその日気圧は650 mmHgであった。そこから、息こらえ時間を測定した日のその地点の気圧をひいて、それがカトマンズの気圧の幾%になるかは計算で出すが出来る。これをこの場合仮りに気圧比と呼ぶことにする。各地点の気圧と気圧比は第18表の通りである。

$$\text{気圧比} = \frac{\text{その地点での気圧 mmHg}}{\text{カトマンズでの気圧 mmHg}}$$

とすると

息こらえ時間予測値 = カトマンズでの息こらえ時間×気圧比

で求められる。

そこで、息こらえ時間の実測値がその予測値よりも長いか短いかを表わす指数として、息こらえ率というものを考えてみた。息こらえ率とは、実測値の、予測値に対する比率である。若しこれが100ならば、息こらえ時間の短縮は空気が薄くなっただけの現象による見かけの短縮にすぎないし、100以下ならば真の短縮ということが出来る。

すなわち

$$\text{息こらえ率} = \frac{\text{息こらえ時間実測値}}{\text{息こらえ時間予測値}} \times 100 \quad (\%)$$

簡単のため以下息こらえ時間のことをBHT (Breath Holding Time), 予測値はPred. 息こらえ率はBHT%と記号化することにする。かくしてこれを全隊員についてまとめたものが第18表である。これでは傾向がつかめないの、再び各個人別にBHT, Pred, BHT%のそれぞれを時間経過と高度との関連においてプロットしてみたところ、第27図でみられたのと同じような三種類の型に分類することが出来た。これを第28図に示す。第28図と第27図はそれぞれ対応するのであるが、I型は要するにBHTの短縮は、するのほするるのであるが、それが高所滞在の初期に最低値を示し、(BHT%でみる限りにおいて)あと高所滞在を重ねるにつれて、たとえ高度をかせぐとも、BHT%は上向きになり、遂には100以上にもなるというタイプ、これはすなわち延長型である。II-a型はBCの高度に滞在するかぎりBHTは短縮して行っているが、低所にもどるとBHT%が100に近づく、或は100以上となるもので、短縮—延長型である。II-b型は低所にもどってもBHT%は依然として下降しているか、上昇をみせても僅かなタイプである。後二者をII型と一つにまとめたのは、これは共にI型に対してII型とすべきものであって、I型は初期息こらえ時間短縮群、II型は晩期息こらえ時間短縮群とも呼ぶべきものであると考えるからである。またIIのaとbは、最後にタンボチェでBHTを測ってはじめてわかるので、測らなかった人はaかbか不明である。しかし、I型とは違うということはわかるのであって、要するにaかbかは本質的な違いではない。隊員38名のうち成田隊員は除外せねばならないから結局37名について、どのタイプに属するかを分類してみると、I型18名、II-a型15名、II-b型4名となる。I型は登攀の初期は働いたが、後期は比較的楽な仕事をした人などに多く、II型は後期登攀に疲労して下山した人達に多い。そのことからI型の違いは単なる個人差でなく、疲労度との関連においてとらえなければならない。そのことについての討論はあとでのべることとする。

第12表 エベレスト登山隊員における血圧の変動

月/日 地点 標高 (年令)	2/10	2/17	3/2	3/8	3/24-28	4/12	4/25-5/4	5/6-11	5/14-16	5/18	5/22-23	5/28
隊員番号	東京	カトマンズ	〜ポイヤン	タンボチェ	BC	BC	BC	C2	C2	サウスコル	BC	タンボチェ
	0	1300	〜2700	3860	5400	5400	5400	6400	6400	8000	5400	3860
1 (70)	182/92			250/130	248/132	210/120						
2 (45)	150/110	122/78	132/90	144/94	148/98		165/96 180/132	154/110	195/125		188/130	170/114
3 (43)		120/72		138/90	130/82			160/120 186/110	166/130		168/134	
4 (39)	130/85	128/75	106/88	138/94	140/100		135/95 156/124 155/114	186/150	170/145		182/170	184/148
5 (37)		118/68		136/68	135/89		120/60		162/110	155/90	136/88	112/66
6 (36)	106/54	105/70	106/74	103/60	125/88		140/95 140/88	134/110			133/87	96/76
7 (35)		105/68	130/80	124/92	118/89	110/72	150/110	190/110 170/110	140/90		146/116	112/98
8 (32)		110/70		124/78	125/88		132/93 130/97	138/110	140/105	130/114	154/136	108/72
9 (31)	120/70				145/105	142/108	150/110	158/110	148/132		118/98	
10 (31)		122/82			122/87		162/140 145/50	176/128	160/115		170/140	138/108
11 (31)	120/60	125/75	118/78	130/80	140/110		134/100 138/85 158/114	140/104 128/108				142/100
12 (31)	112/74	110/62		112/70	120/70		126/76	90/60	120/80	120/80?	134/96	102/50
13 (30)		128/70		123/88	145/110		128/105	165/120	160/125	154/118	174/140	136/104
14 (30)	130/90	115/62		112/70	122/85		138/102	135/88	160/115		156/104	
15 (29)	110/68	105/65		115/70	122/76	138/98	144/110 122/88				112/92	105/52
16 (29)	132/70	120/78	138/78	143/78	146/110		172/140 165/155				120/94	
17 (28)	124/70	105/54	102/60	114/64		138/89	132/95	134/110			128/108	100/50
18 (28)		122/75			135/98	160/110						
19 (28)	104/54	120/70	111/74		135/92		150/118	140/120		168/110	136/108	
20 (27)	114/60	120/84	130/84	146/100	140/95	145/105	132/100 125/92	118/80			128/102 126/96	
21 (27)	124/58	105/65	114/76	110/76	140/90	140/105	140/100	135/95 110/86		130/90	144/90	100/60
22 (27)	104/80	105/75	128/80	128/80	125/93		165/132	132/88 140/110			120/88 116/84	110/70
23 (25)	120/67	105/65		126/80	125/92		162/145	150/115		130/94	134/98	122/80
24 (23)		118/68	120/70	120/81	145/97				5/18 FU 13/195	145/85	FU C2 135/95 164/100	
25 (39)			133/86	148/95		160/130		190/136 160/108	180/120		165/120	160/130
26 (37)		120/70	130/90	138/82		130/96	130/88					112/74
27 (36)		110/76	114/74	150/100		140/108	155/98	154/100	160/100	140/90	FU C2 152/108 140/110	150/108
28 (31)		165/65	120/60	140/94		138/98	162/118	160/108 180/130			155/113 140/122	150/110
29 (31)		110/70		130/80	140/105		135/88 118/90					124/70
30 (24)		110/85		120/88		140/100						114/76
31 (39)		125/70		130/70	135/74	180/108	188/145 122/90				141/105 136/98	
32 (37)		124/78		130/72	145/105	114/92	158/92 125/90				128/89	
33 (27)		125/82		140/98	145/115	138/112	160/126		152/114		125/105	
34 (24)		105/65	104/72	114/76	135/85 138/98			132/90	136/96	132/106	130/110	
35 (32)		115/70	132/98	146/102	148/90		164/120 148/88 140/106				142/98	
36 (37)		115/75	116/62	132/88	145/100		144/108				128/104	
37 (36)	122/72	115/95		145/115	128/90	160/104	145/120	164/120	168/136	140/100	FU C2 150/120 130/80	
38 (32)	120/74	110/70	110/72	110/79	125/85	156/114	128/95				123/110	
39 (28)	110/74		110/70	126/80		155/105	130/50			145/110	113/82	

第14表 エベレスト登山隊員における心電図所見の変動一覧表

所見 隊員(年令)	P・II			rSr'・V ₂		T 平 低 化			T 逆 転			QRS軸偏位		備 考
	月/日	地 点	波 高 (mm)	月/日	地 点	月/日	地 点	誘 導	月/日	地 点	誘 導	(最も顕著な変化)		
1 (70)									4/ 4	BC	V ₁	+45° 4/4 BC		
2 (45)						4/14	BC	aVL	2/28	タキシンド	V ₂	-45° 3/12 タンガチエ		
3 (43)	4/23	C1	2.5	2/18	カトマンズ	5/ 6	C2	I~V ₆ V ₂ ~V ₆	2/18	カトマンズ	V ₂	+45° 変動あまりなし		
4 (39)	4/23	C1	1.8	2/21	シュルケ	4/14	BC	V ₄	4/14	BC	V ₁ ~V ₃	-45° 3/12 タンガチエ +135° 4/14 BC		IRBBBのパターン
5 (37)	5/17	SC	1.9	4/23	C1	4/24	BC	V ₂	5/ 8	C ₂	V ₂ ~V ₄	-45° 2/18 カトマンズ		SC
6 (36)	5/ 2	BC	2.0	2/18	カトマンズ				2/18	カトマンズ	V ₂	+130° 3/28 BC		登頂者 IRBBBの型
7 (35)	4/23	C1	1.7			4/23	C1	V ₅ V ₆	5/ 2	BC	aVL	+90° 5/6 C2		登頂者
8 (32)	5/17	SC	2.0			3/12	タンガチエ	V ₂	5/ 2	BC	aVL (V ₂)	+135° 5/19 C2		SC
9 (31)						5/ 2	BC	V ₂	2/12	東 京	V ₁	+45° 変動あまりなし		
10 (31)				3/ 8	タンガチエ				3/ 8	タンガチエ	V ₂	-45° 2/18 カトマンズ C1		意識障害 C2 4/30
11 (31)	4/23	C1	2.0	3/ 2	ポイヤン	3/ 2	ポイヤン	I aVr	4/23	C ₁ ほか	I	-45° 4/23 C1		
12 (31)	4/23	C1	2.0	3/ 8	タンガチエ	4/23	C1	I	3/ 8	タンガチエ	V ₂ V ₃	+40° 変動あまりなし		洞性不整脈
13 (30)						2/12	東 京	I	2/18	カトマンズ	I, V ₂	+75° 変動あまりなし		
14 (30)	5/ 2	BC	1.9	2/18	カトマンズ	2/18	カトマンズ	I	5/ 2	BC	aVL	+75° 変動あまりなし		
15 (29)	4/14	BC	1.8			4/14	BC	V ₆	4/14	BC	I, aVL	-10° 2/18カトマンズ -80° 4/23 C1		
16 (29)				3/12	タンガチエ	3/28	BC	I~II V ₄ ~V ₆	3/28	BC	V ₃	-30° 4/23 C1 +30° 4/24 BC		意識障害 C1 4/18
17 (28)	5/23	BC	1.8	5/ 6	C2	5/11	C2	I aVr	5/ 2	BC	V ₁ (V ₂)	+120° 5/2 BC		登頂者、クムジュンで越冬
18 (28)				2/22	キランティ チャブ				2/22	キランティ チャブ	V ₂	+38° 変動あまりなし		4/21 C1にて死亡
19 (28)	3/28	BC	1.8	3/ 2	ポイヤン	2/12	東 京	aVL	4/29	BC	I	+60° 変動あまりなし		
20 (27)	3/12	タンガチエ	1.8	3/28	BC				3/12	タンガチエ	V ₂	-75° 4/23 C1 +100° 5/2 BC		5/23 深一対称逆転T
21 (27)	4/23	C1	1.8	3/12	タンガチエ	2/12	東 京	aVL	3/12	タンガチエ	V ₂ aVL	+45° 変動あまりなし		
22 (27)	4/23	C1	1.8	2/22	キランティ チャブ	2/12	キランティ チャブ	V ₂ V ₃	4/23	C ₁	I~II aVr V ₂ ~V ₄	+120° 4/23 C1		4/23 深一対称逆転T
23 (25)	5/13	C2	1.8	3/ 1	カリコラ	5/ 2	BC	I	3/ 1	カリコラ	V ₂	+45° 変動あまりなし		SC
24 (23)				3/ 1	カリコラ	4/14	BC	aVL	3/ 1	カリコラ	V ₂ aVL	+30° 4/23 C1		SC
25 (39)												+30° 変動あまりなし		
26 (37)				2/18	カトマンズ	5/23	BC	I	2/18	東 京	I	+10° 変動あまりなし		
27 (36)	4/26	BC	1.8	2/18	カトマンズ	2/18	カトマンズ	aVr	2/18	カトマンズ	I	-30° 2/18カトマンズ		SC
28 (31)				2/18	カトマンズ	2/18	カトマンズ	I	2/18	カトマンズ	V ₂	+40° 変動あまりなし		
29 (31)	4/23	C1	1.8			3/ 1	カリコラ	I	4/23	C ₁	V ₂ aVr	+135° 4/23		4/26 深一対称逆転T
30 (24)									3/12	タンガチエ	V ₂	+60° 変動あまりなし		心房性期外収縮、越冬
31 (39)				3/28	BC	3/28	BC	I~aVr	3/28	BC	I	+30° 変動あまりなし		
32 (37)						2/28	タキシンド	aVL				+110° 4/23 C1		
33 (27)	4/14	BC	1.8	2/28	タキシンド	2/28	タキシンド	I	4/14	BC	V ₁ V ₂	+110° 4/14 BC		
34 (24)	4/14	BC	2.1			5/19	C2	aVL	4/14	BC	V ₁	+75° 変動あまりなし		
35 (32)				2/22	キランティ チャブ			I				-30° 5/23 BC		
36 (37)	3/28	BC	1.8			3/28	BC	I aVL				-80° 5/28 BC		
37 (36)	5/23	BC	1.8	2/22	キランティ チャブ				3/12	タンガチエ	V ₂	+45° 変動あまりなし		IRBBB型
38 (32)	3/28	BC	1.8	2/22	キランティ チャブ	2/22	キランティ チャブ	V ₂	3/12	タンガチエ	I aVr	-110° 4/23 C1 +100° 5/7 C2		
39 (28)				3/12	タンガチエ	5/23	BC	V ₂ aVL				+100° 5/23 BC		

第18表 エベレスト登山隊員における息こらえ時間の変動

測定月/日	2/17			3/2			3/8			3/24			3/27			5/14			5/22			5/28		
地点	カトマンズ			ポイヤン			タンボチェ			BC			BC			C2			BC			タンボチェ		
標高	1300m			2700m			3860m			5350m			5350m			6450m			5350m			3860m		
気圧	650mmHg			543mmHg			476mmHg			398mmHg			398mmHg			339mmHg			400mmHg			476mmHg		
気圧比 ¹⁾	1.00			0.84			0.73			0.61			0.61			0.52			0.61			0.73		
隊員番号(年令)	BHT	Pred	BHT%	BHT	Pred	BHT%	BHT	Pred	BHT%	BHT	Pred	BHT%	BHT	Pred	BHT%	BHT	Pred	BHT%	BHT	Pred	BHT%	BHT	Pred	BHT%
2 (45)	51		100	35	43	81.5	26	37	70.0	18	31	59.2				21	27	79.5	24	31	79.0	41	37	111.2
3 (43)	94		100	52	79	66	42	69	61.5	35	56	62.0							50	56	89.0			
4 (39)	47		100	36	40	91.2	24	34	70.0	17	28	60.8	18	28	64.0	14	24	52.5	14	28	50.0	25	34	73.0
5 (37)	92		100	49	77	64.0	47	67	70.5	37	55	67.0							31	55	56.7	54	67	80.8
6 (36)	76		100	40	64	63.0	30	56	54.0	30	46	66.0				24	40	60.7				42	56	76.0
7 (35)	71		100	67	60	112.2	46	52	89.2	34	43	80.0	39	43	92.0	30	37	82.0	31	43	74.0	61	52	118.5
8 (32)			100				54		100	62	45	142				32	38	83.0	33	45	74.0	70	54	130
9 (31)			100							31		100	39	31	126	35	27	130						
10 (31)	76		100	32	64	50.5	28	55	50.5							19	39	48.2	19	46	41.7	38	55	68.3
11 (31)	57		100	58	48	121.0	38	42	91.5	34	34	100				35	30	118				41	42	99.0
12 (31)	34		100	26	29	91.5				19	25	77.0				21	18	119.0				28	25	111.5
13 (30)			100	22		100	36	16	123	31	13	235	17	13	126	26	11	227	21	13	159	29	16	183
14 (30)	59		100	37	50	83.5				32	36	90.5	19	36	53.5	18	31	58.5	19	36	53.5			
15 (29)	100		100				38	73	52.0	42	61	69.0	50	61	83.5	24	52	47.2				34	73	46.2
16 (29)	64		100	30	54	56	31	47	66.3	48	33	143.0	34	33	102				32	33	96.0	47	47	100
17 (28)	647		100	60	40	150	30	34	87	31	27	114				26	24	106						
18 (26)	48		100	42	40	104							44	29	152									
19 (28)	49		100	45	41	110				28	29	96	24	29	82				22	29	75			
20 (27)	88		100	66	74	89	46	64	72	31	53	58.5	39	53	74.0				19	53	35.8	25	64	39.0
21 (27)	73		100	77	61	125	40	53	75.0	29	44	66.0	40						48	44	109	56	53	105
22 (27)	80		100	52	67	77.5				40	47	85.2	51	47	108	47	42	112.0				72	58	124
23 (25)	35		100	23	29	78.3	25	26	99.0	15	21	71.5							11	22	50.0	24	25	96.0
24 (23)	75		100	49	63	78	32	55	58.3	21	45	46.8							25	45	55.5			
25 (39)	100		100	38	84	45.3	40	73.0	55.0							32	52	61.5	42	60	70.0	62	73	85.5
26 (37)	47		100	41	49	83	22	34	64.0													23	34	67.0
27 (36)	59		100	49	50	100	42	43	98.0	38	36	106	32	36	90.0				28	36	79.0	31	43	72.0
28 (31)	45		100	42	37	113	24	33	73	19	27	70.5	20	27	74.0	19	23	79.0	21	27	78.0	23	33	70.0
29 (31)	59		100	31	50	62.7	24	43	55.5	27	35	76.0										52	43	120
30 (24)	52		100	32	44	73.2				25	31	80										32	33	98.0
31 (39)	67		100	39	57	69.0	41	49	84.0	19	40	46.0	17	40	42.0				15	40	37.2			
32 (37)	47		100	31	40	78.5	21	34	61.0	15	28	52.7	19	28	67.0				11	28	39.0			
33 (27)	38		100				32	28	116	27	23	119	33	23	145				30	23	132			
34 (24)	83		100	38	70	54.7	51	61	84.5	31	50	62.0	35	50	70.0	18	43	41.6	31	50	62.0			
35 (32)	97		100	51	82	62.5	30	71	42.3				28	58	48.3				26	58	45.0			
36 (37)	63		100	29	53	55.0	25	46	54.0	25	38	66.0	25	38	66.0				35	40	88.0			
37 (36)	52		100	50	44	115	40	38.0	103.5	24	31	76.0	50	31	161.0				35	31	113.0			
38 (32)	66		100	36	56	65.0	24	48.0	55.0	40	40	100	34	40	85.0				24	40	60.0			
39 (28)	54		100				34	40	85.0	34	33	105							26	33	80.0			

註 1. 気圧比 = $\frac{\text{その地点における気圧} \text{ mmHg}}{\text{カトマンズの気圧} \text{ mmHg}}$

2. BHT = 息こらえ時間実測値(秒)

3. Pred = 息こらえ時間予測値(秒) = カトマンズでのBHT × 気圧比

3. BHT% = 息こらえ率(%) = $\frac{\text{BHT}}{\text{Pred}} \times 100$

4. 考 按

(i) 心拍数

高所低酸素環境における生体の反応として、最初のものは呼吸¹⁾の増加と心拍数の増加である。²⁾³⁾⁴⁾
今回の我々の観察したところでも、高度が高くなるにつれて心拍数も増加する傾向がみられた。たゞし心拍数は安静時と体動時では非常に変動するので、そして高所においては殊にその差が甚だしいので、厳密な意味において、同一条件下の心拍数を測定するということは困難である。第12図に示したのは、大体安定した状態ということで測定したのであったが、カトマンズ、タンポチェ、それにBC到着翌日などの測定値にはかなりのバラツキが認められるのは、これらの日には隊員は整備に多忙を極めていたせいである。反対にポイヤンとか、5月2日のBCとかはバラツキが少ないのは、これらの日は隊員はあまり忙しくしていなかったものと思われる。高所で心拍数の変動に影響を及ぼす因子として、低酸素刺激と体動のはかに血液の濃縮があるが、これはむしろ心拍数減少的に作用する筈である。今回の観察ではこの因子の影響がどのように現れたのか明かでない。ことえは早朝起床時の心拍数であるが、O₂滞在中に非常に低くて、ほとんど平地での値と同じくらいの日があったが、これがそのせいなのか、またこのことこそ高所順応の現れなのか、そこは何とも云えないのである。

早朝起床時の心拍数と、夜間就寝前のそれとはあまり差はなかったといえる。行動中の心拍数については、気がついた時二三度測ってみたが、それはその時の労作によって何とも云えないわけであるが、先づ普通に歩いて登っていた時で、例えば3月10日、高所順応のための遠足に出かけた時、最初の4,570mで心拍数120、呼吸数35、3月14日4,500mで心拍数132、呼吸数78、3月29日ロブジエの裏山5,200mに登った時心拍数168の呼吸数48といった調子で、労作がまちまちであるので一般の傾向を論ずることは出来ないが、かなりの心拍数、或は呼吸数に達することは事実であり、また、心拍数の増加と呼吸数の増加は必ずしも一致していないのも面白い現象であると思われる。最初の5,000mのキャンプに一泊した朝の心拍数が96で呼吸数が30あったのは、これは高所障害として著明なものと認められる。この夜はテントの床が丁度石のゴロゴロしたところに当たっていたせいもあるが、高所障害による不眠も加って一晩中輾転反側して安静がとれなかったためとはいえ、かなり高い値を示している。キャラバンの途時、3,450mのジュンベン峠を越えた時の心拍数が84しかなかったことを思うと、この最初の5,000mのキャンプは心臓にかなりの負担を強いたことになる。それが5月7日のO₂では起床時心拍数78、呼吸数18、就寝前80-21となり、5月18日は60-20、就寝前80-24と殆ど平地並みに戻っているのは高所順応の結果ということはいえるようだ。

(ii) 血 圧

今回の観察において、一般に、高度が増して行くにつれて、血圧は収縮期(最高)血圧、拡張期(最低)血圧ともに上昇する傾向がみられた。このことは1963年のアメリカ・エベレスト隊のSiriの報告⁶⁾、1965年の名古屋のアコンカグア隊における高木らの報告²⁾⁵⁾、1969年の

Singh⁷⁾のヒマラヤ山岳兵についての観察報告などにも同様の記載がみられる。1965年ゴジュンパカンドのドクター長尾も同様の経験をみたと著者らに語った。たゞし、血圧上昇の様子をみると、高所滞在日数が長びくにつれて、収縮期血圧が上昇する程度よりも拡張期血圧の上昇度の方が一般に高いので、その差、つまり脈圧は減少する。これも高木からの報告と同じ傾向にある。(第14図)。本報告血液成分の変動の項で広谷が報告しているごとく、高所滞在中は素摂量を高める必要から過換気を行なうため、呼気中に失われる水分量は大量であり、その割に口渇は感じないので水分摂取は不足するため血液は濃縮される。赤血球成分は多くなり、ヘマトクリット値、血清総蛋白量も増加するために血液粘度は平地におけるそれよりも2倍も高くなることもある。そうになると、粘った血液が循環するので、末梢の血管の抵抗は大きくなり、そのことは心拡張期血圧の上昇となって現れて来る。またそのことは、この高まった末梢血管抵抗に抗して血液を送りだす必要上、心収縮期血圧の上昇となって現れてくることでもある。しかしながら、拡張期血圧の上昇は受動的であるにひきかえ、収縮期血圧は能動的であるから、高所低酸素環境下での心臓の収縮力というものにはおのずから限度が出てくる。このことが脈圧減少の理由と考えられる。ところが心臓の血液吐出力は何も酸素濃度だけで決るものではなく、全身的な疲労にも関係してくる。したがって第14図の例1では、5月14日のC2の値よりは、疲労困憊して下った時の5月22日のBCでの値の方が、酸素の濃い環境であるにもかかわらず、脈圧はずっと減少している。あるいは例2にみるように、反対に4月25日のBCよりも5月6日のC2の方が、高度は高くなっているのに脈圧の方は増加しているというような現象がみられる。この2例に限らず、全隊員について、高所滞在条件によって血圧の変動は複雑な変化をみせる。サウスコルでは一般に血圧は収縮期、拡張期ともにC2におけるよりも下降し、脈圧は増加しているが、これは十分な酸素吸入を行なっていたせいであることは云うまでもない。又第13図において、5月23日のBCでの平均血圧が最高になっているのも疲労によるものと断じてよいと思われる。

登山に現れた血圧の変動はこのように拡張期血圧も収縮期血圧も共に上昇し、疲労によって脈圧が減少するというものであるが、登山以外の文献では、低酸素環境では心冠動脈が弛緩し、或は末梢毛細血管が弛緩するために拡張期血圧が低下するとか⁸⁾⁹⁾、高所民族であるチベット人は欧米人より血圧が収縮期、拡張期ともに低いとか、¹⁰⁾平地で生れた白人でも、高地で長年暮しているうちに血圧は低くなるとか、ある限度以上の低酸素では収縮期血圧は上昇し拡張期血圧は低下して脈圧は高くなるとか低酸素暴露や、慢性暴露とはまた様子が違っていることがわかる。

Singh⁷⁾等によれば、ヒマラヤ山中で中国兵と戦った時、高山病に罹ったインド兵士1925例について観察したところ、血圧が高くなる者(平均160/100)と反対に低くなる(110/70)者とあり、心拍数も頻脈(平均100)と遅脈(66)でシェーンストーク呼吸を伴うものの二種があったとしているが、われわれの観察では低血圧とか遅脈というのは見当たらなかった。このような戦争では登山とまた違った条件があるのかも知れない。又この低血圧遅脈グループに意識障害が多かったとしているがわれわれの隊の中で意識障害を起した人達はいづれも血圧は高かった点も彼

等の観察と違っているようだ。彼は高山高血圧をストレスによる下垂体ホルモン(ワゾプレッシン)或はアドレナリン分泌増加によるものだと説明しているが、そういうことも原因の一つかも知れない。

高所高血圧では身体的な障害として現われなかったと書いたが、古くは1958年のチョゴリザにおける芳賀隊員の中心暗点の訴えをはじめ、1964年のギャチュンカン隊には多くの眼底出血患者をみ、近くは1969年のP29隊でも眼底出血の隊員が出ているのは、高血圧と関係がないとは云えない現象である。今回このようなことが一人もなかったのは幸いであった。

III 心電図

高所において観察された心電図に関する報告は少ないと思われるが、ペルーやチリーの高所にある病院の報告(例えばPenalosa¹²⁾)とか、メキシコ・オリンピックに際して研究されたもの(例えば朝比奈、猪飼¹³⁾)といったようなものが多く、ヒマラヤ登山で心電図学的調査が行われたのは、われわれの知っている限りでは、1962年サルトロカンリ隊で斎藤等がとったものが最初であり、¹⁴⁾ ¹⁵⁾ 1961年のアマダプラムでシルバーヒュツテを作って越冬したヒラリーの隊の報告はある筈であるが、著者らはその報告を知らない。斎藤等は、当時開発されたばかりで非常に重い携帯用心電計を発電機と共に高度5000mのサルトロカンリ・BCまで持ち上げたのであったが、隊員も少なく、発電機の調子も悪かったので、キャラバン中3200mのゴマで1回と、BC1回、計2回しか採録出来ない。しかし、そこでとられた限りでは、Ⅱ誘導のP波増高、T波の平低、逆転、QRS軸の時計方向回転などが見られたといっている。それらは今回われわれも認めた現象であった。1965年アコンカグア登山隊の報告⁵⁾ ¹⁶⁾によれば5000mでラジオテレメーター法により採録したECG所見について、次のようにまとめている。①QT延長、②P波増高、③PQ抑制、④洞性頻脈。そして睡眠中は、①P波減高、②U波出現、③遅脈、が出現したという。これは方法が違うので比べにくい、我々も睡眠中のECGを採録すべきであったと思っている。Penalosa¹²⁾の高所肺水腫に関する研究によれば、肺水腫にかかった最中のECGはかなり激しい変化であるが、48時間後にはその変化はおさまって、T-V₂が深一対称型を示すようになっているのが、今回の我々の得たECGと較べて興味がある。我々の今回の採録したECGには一つも急性肺水腫を思わせる所見はなかったが、その最中に採録しなかっただけで、そのような事実は隊員の身の上に生じていて、後日になって、その後遺的な徴候だけがECGにとれたということであったのかも知れない。

以上の文献はいずれも5000m以下でのECG所見であった。5350m以上でのECGについての研究は少くとも最近では見当たらない。前述した如く、ECGの変化に、5350m以上と以下とでは所見の出現率が違う。人の永住出来る限界は5300mであるが、¹⁷⁾ ¹⁸⁾ それと関係があるのかも知れない。この5350m以上での変化とは、P-Ⅱの増高とQRS軸の右軸偏位又は左軸偏位ならびに深一対称形Tに代表されるわけであるが、それは右心負荷を意味するものであらうと思われる。

Penalosa¹²⁾の症例では肺水腫に際してはこのような変化が出現すると云っているからわれわれがエベレストで観察したのは、いずれもそれに似た現象なのである。たゞわれわれの観察において、あ

る者は右へ、あるものは左へと軸偏位を来し、そこに一定の法則を見出し得ないこのような軸の偏位といい、QRS-V₂のrSr'パターン²⁰⁾の出現といい、さらにはV₂～V₃における深-対称型逆転T波の出現など、いずれも普通平地でみられる心疾患患者のECG所見とはまた違った様相を示している。P-Ⅱの増高、尖鋭化や、垂直軸に対してQRS軸が時計方向に回転していることから右室負荷のかかっていることは否めないが、有意の変化としてとり上げるべきST部の低下または上昇を認めなかったことは、これは従来高所低酸素環境下では肺高血圧症が生ずるからST部の変化はあるもの²⁰⁾とされて来たことと矛盾する。ただし、殆どとり上げるほどでないといっても、ST部の変化が5月23日BCへ全員集結した時の心電図において、血圧が180/170という異常値を示した一人の隊員に見られたということは、やはり高所肺水腫の危険があったものと考えている。

心電計は近時非常に小さく、軽くなったので、山でのフィールド・ワークには大変便利になった。以上のような分析が現地でたゞちに出来るほどのスペシャリストが常々登山隊に随行することは望むべくもないとしても、これからは大体以上のべたようなことを念頭において心電図をとれば、隊員の健康把握に有力な武器となるものであることは間違いない。この際心電計について大切なことは、充電式でなく乾電池作動式にしておく必要がある。単1乾電池12箇18 Voltで30人位の心電図は楽にとれる。それくらいの電力を充電するためには、発電機を一晩中運転しておかねばならず、非常な無駄である。胸部誘導には今度はアルミ板をスリオンテープでとめる方式にしたが、これはもっと一工夫あってよい。市販品でそれ用の接着テープがあるが、面倒である。しかし、吸玉式のものよりは遙かによかった。心電計は、早川製は操作しやすかったが重かったし、一度内部配線が外れる故障があった。そしてついにV₁誘導はうまくとれなかった。島津製は軽かったし、慣れれば操作もむづかしくないが、あまりにコンパクトすぎて、慣れるのにひまがいった。基線を一定にするのに技術を要し、出発前から習熟しておく必要があった。今回この島津製を乾電池式にしてゆかなかったのは、私は失敗だっている。軽くて丈夫でしかも操作しやすく一定の図形が得られる心電計の、今一層の開発がのぞまれる。今回の二機種最大の欠点は、二機種ともテープの送りが一定でなかったことであつた。そのため、今回の心電図の読図にあたり波形間隔を論ずることが出来なかった。低温環境下でもモーターの動きが一定であるような心電計でなければならなかった。

M) 息こらえた時間

RahnとOtis¹⁾が1949年にすでに指摘しているように、高所に“順応”して来ると、人の息こらえ時間は短縮してくる。それは今回われわれも認めたところである。息こらえ時間を規定する因子は色々あるが、肺活量、吸気中の酸素濃度、肺胞気中の炭酸ガス濃度などがその主なるものとされている。しかしそれ以上に大きな因子は最後まで息こらえを持続しようとする意志力とそれを支えるに足る体力であつて、まじめにやるかやらぬかでその値は全くあてにならないものとなってしまう。練習効果は大きく²⁰⁾1日1～2回精一ぱいの息こらえをしていくと、2週間に息こらえ時間は次第にのびてゆき、そこで安定するという。また、肉体的なコンディション(測定する時の)も無視

出来ない。数分安静にしていた隊員と、やりかけの仕事を中断してテストに臨んだ隊員とではかなりの差が出て来る。さらに、高所での息こらえは、そうでなくても苦しいところへもってきて、その上に息をとめるということに対する恐怖心が生ずることによって、精一ぱいの息こらえ努力をすることへの大きな妨げとなっている。今回のわれわれの調査では、出発前の練習は全く行なわなかったし、テストそのものが苦しいので、同一地点での測定で、同一人について原則的に一回きりの値をとるだけにとどめたため、数値にバラツキが多く、高所の方が低所の時よりも大巾に延長したとか、変動の巾が数十秒というような場合もなかにはあって、全体的な統計処理は困難であったが、一応第26図のごとくにまとめてみたわけである。こうしてみると、高度の上昇に伴い、または滞在日数の延長に応じて息こらえ時間は短縮するかに見えるが、最後にはむしろ延長していることが明かになる。すなわち、タンボチェ(3860m)での測定値を往路の3月8日の値と、帰路の5月28日の値とと^{1) 21) 22)}比較してみるとよくわかる。このことは、高所に滞在を続けるほど、息こらえ時間は短縮するという従来の説に訂正が加えられるべきであることを示している。そのことは、そのようには明かに指摘してはいないが、Pikes Peak(4300m)に約2箇月滞在したあとの息こらえ時間は、出発前よりは延長していたという報告²³⁾もあるので、われわれはこれが自然のなりゆきだと考えている。

高所酸素分圧低下を念頭に入れて息こらえ時間予測値、および息こらえ率なる概念を導入したわけであるが、それは第27図、第28図に見るとき三種類のパターンとして得ることが出来た。第一の型は初期息こらえ短縮群、第二、第三の型は晩期息こらえ短縮群と名づけたわけであるが、この第二、第三の群に属している隊員はいずれも高所で活動して疲労困憊し最後にBCへ降って来た隊員達であり、第一の群に属する隊員は上部であまり肉体を酷使しなかった年輩隊員とか非常にタフな隊員であり、あまり疲労をしなかった連中であつた。そのことは、高所滞在中に息こらえ時間が短縮してゆくというのは、従来考えられていたように“順応”したためにそうなるというのではなく、肉体が消耗したためにそうなると思われる。Rahnらが最初“高所に順応すれば息こらえ時間は短縮する”と述べた場合の、その高所順応という言葉は、しばしば違ったイメージをもってわれわれに受けとめられて来たようである。順応とは生体はその生存環境の変化に応じて変化してゆくことなのであるが、それは除々に変わってゆくことなのであるが、それは除々に変わってゆく一連の現象であつて、ある限度までその変化が進めば、そこで順応が完了したというような性質のものではない。従つて、登山の実際において、その隊員がその高度に順応したか否かの目やすの一つとしてこの息こらえ時間をとりあげるといふことはあまり意味がない。むしろ、何度か測定しているうちに、その息こらえ率が延長してくることこそ、その高度におけるその隊員の活動能力がのびているものと判定すべきであるとする。それは、体力の回復の反映であるとするからである。同じようなことは尿のpHについても言えることであつて、高所に順応すると尿はアルカリ性に傾くのであるが、そうだからといって、尿のpHを測れば順応の程度を知ることが出来るかといへば、今回の測定ではそんなことは言えないということが明かになった。一般的な傾向ということと、各個人に表れた現象とは別なものである。およそヒマラヤを目指す人々の医学的関心の一つはこの順化の程度を示す目標として何

かないかということであり、今回のわれわれの調査の目的の一つはそれであったが、結果論的に言えば単一の指標で順化の程度を推定出来るというようなものは得られなかった。順化、未順化という質的变化を求めるような認識では駄目で、“より”順化したかどうかの認識が必要なのである。そういうわけであるから、単に息こらえ時間そのものを測るだけでなく、それが高所滞在中にどんどん短縮してゆくか、あるいはある限度以後は次第に延長してくるかという変化の追求をしてゆく必要がある。すなわち、われわれの今回の調査によれば、高所滞在中に次第に息こらえ時間が延長してゆくのが自然のなりゆきであって、どんどん短縮してゆくというのは疲労が蓄積して行っていることの現れであったことが明らかになった。従って、非常に苦しいテストであるが、随時息こらえ時間を測定しておれば、その息こらえ率を算定してゆくことによって、順応の程度はともかく、疲労というか、高所衰退の程度はある程度、判定出来るということは云える。これは今後のヒマラヤ登山において十分に応用され得べきものであると考える。

5. 総 括

呼吸一循環系の動態を示すパラメーターのうち、ここでは心拍数、血圧、心電図、息こらえ時間について、エベレスト登山中に測定したところを報告し、検討を加えた。このほか、指尖脈波、呼吸数、肺胞気ガス組成については、まだデータの整理ができておらず、今回の発表に間に合わなかった。

今回検討した項目について判明したことを列挙すると次の通りである。

- ① 心拍数は高度と共に増加する傾向にあるが、高所滞在を重ねるにつれて平地の値に戻って来るようである。サウスコルでの安静時心拍数は平均126であった。
- ② 血圧は高度と共に上昇する傾向にある。それも拡張期血圧、収縮期血圧、共に上昇する。高所滞在が長びくにつれ、拡張期血圧の上昇よりも収縮期血圧の上昇の方が少ないため、脈圧は減少する。その現象が行動中期に出現したグループと、後期に出現したグループとなるが、いずれもそれは行動とそれに対する疲労の程度に関係している。サウスコルでの血圧は一般に低かった（心拍数は高かったのに）のは酸素を吸入していたせいかも知れない。また高年令隊員に上昇傾向が強く認められた。
- ③ 心電図は東京出発前から通算して、合計212例採録した。a) P-Ⅱ増高、尖鋭他、b) QRS-V₂におけるrSr'パターン出現 c) T平低化 d) T逆転 e) QRS軸の右軸または左軸偏位、f) QRS軸の時計方向回転がその主なる所見である。b), c), d) は主としてBCまでの低所から見られたが、a), e) はC₁以上の高所になって出現する傾向にある。又f) は高度と共に時計方向に回転したが サウスコルでは反対に反時計方向に戻った。それも酸素吸入のせいと思われる。d) の軸偏位は非常に激しい変化がしばしばみられたが、その定義については不明である。従来言われてきたST部の変化は今回の観察ではこれを認めることはなかった。
- ④ 標高8000mのサウスコルまで血圧計、心電計を持ち上げて、実際に酸素を吸わない状態においてこれを測定したのは今回のわれわれが最初であり、この意義は大きかった。
- ⑤ 息こらえ時間を経時間的、経高度的に測定した。高所低酸素環境における酸素濃度に比例して息こ

らえは短縮するものとして、息こらえ予測値、息こらえ率なる概念を導入して考察を加えた。その結果、高所滞在を重ねるにつれて息こらえ率は低下するが、その後次第に回復していく群と、回復しないで短縮してゆく群の二つに分けられた。前者が真に高所に順応してゆく姿であり、後者は高所で次第に衰退した姿であると考えられる。

6. 参 考 文 献

1. H. Rahn, A.B. Otis: Man's respiratory response during and after acclimatization to high altitude, Amer. J. Physiol. Vol.157, pp.445-462, 1949.
2. T.Nagasaka, S.Ando, K.Takagi: Studies on the adaptation to high altitude with special reference to changes in cardiovascular function, Nagoya J. Med. Sci. Vol.29, pp 231-237, 1967.
3. C.S. Houton, R.L. Riley: Respiratory and circulatory changes during acclimatization to high altitude, Amer. J. physiol. Vol.149, pp.565-588, 1947.
4. 中島道郎: 高所における人体の呼吸機能の馴化について, AACK時報 44, pp. 30-37, 1965.
5. 高木健太郎: 南米アコンカグア (Aconcagua 標高 7,035m) 学術遠征隊と生体の高所馴応, 医学のあゆみ Vol.65, pp.442, 1968.
6. W.E. Siri: Physiological studies on Mt. Everest Climbers, Final report of American Mt. Everest Expedition 1963, Univ. of Calif., Berkley., Calif., 1965.
7. I. Singh, P.K. Khanna, M.C. Srivastava, M. Lal, S.B. Roy, C.S.V. Subramanyam: Acute Mountain Sickness, New Engl. J. Med. Vol.280, pp.175-184, 1969.
8. A. Grollman: Physiological variations of the cardiac output of man. III. The effect of high altitude on the Cardiac output and its related functions; An account of experiments conducted on the summit of Pike's peak, Colorado, Amer. J. Physiol. Vol. 93, pp.19, 1930.
9. E. Asmussen, F.C. Consolazio: The circulation in rest and work on Mount. Everest, Amer. J. physiol. Vol.132. pp.555, 1941.
10. A.K. Sehgal, I. Krishna, R.P. Malhotra, H.D. Gupta: Observations

- on the Blood Pressure of Tibetans, *Circulation* Vol.37, pp.36-44, 1968.
11. E. Marticorena, L. Ruiz, J. Severino, J. Galvez, D. Penaloza,
: Systemic blood pressure in white men born at sea level :
Changes after long residence at high Altitudes, *Amer. J. Cardiol.*, Vol.23, pp.364-368, 1969.
 12. D. Penaloza : Circulatory dynamics during high altitude
Pulm. Edema, *Amer. J. Cardiol.* Vol.23, pp.369-78, 1969.
 13. 朝比奈一男 : 高地における循環機能, 医学のあゆみ, Vol.64, pp.668-673, 1968.
 14. 斉藤惇生 : サルトロカンリ遠征で撮影した心電図に関する報告, *AACK時報*, №3, pp.36, 1964.
 15. 京都大学学士山岳会 : サルトロカンリ, 朝日新聞社, 東京, 1964.
 16. T. Nagasaka, S. Ando, T. Takai, M. Hara, T. Satake,
K. Takagi : An analysis of EKG recorded by radiotelemetry
in Mt. Aconcagua and in a low pressure Chamber at sea level,
Nagoya J. Med. Sci. Vol.29, pp.377-384, 1967.
 17. M. Ward: Man and the mountain environment, *Alpine J.* Vol.74,
pp.318, 1969.
 18. 中島道郎訳 : 山と山岳環境, 第一次~第二次エベレスト偵察隊報告書, 日本山岳会, 385, 1969
 19. 浅野均一, 辰沼広吉, 森下孝, 木村正一 : 順化状態における適応作用 (運動ならびに低酸素環境),
慶応義塾大学体育研究所紀要 8, pp.63-108, 1961.
 20. 小林庄一 : いきこらえ (breath holding) : 呼吸と循環 15, pp.31-37, 1967
 21. J.C. Mithoefer : Breath holding in *Hdb of physiol.*, Sect
Vol.2, *Amer. Physiol. Soc.*, Washington, D.C. pp.1011-1025, 1965.
 22. T. Nagasaka, T. Ando, K. Takagi : Breath holding during the
three weeks of sojourn at high altitude, *Nagoya J. Med. Sci.* Vol.29, pp.85-91, 1966.
 23. J.L. Shields, J.P. Hannon, C.W. Harris, W.S. Platner :
Effects of altitude acclimatization on pulmonary function in
women, *J. Appl. physiol.* Vol.28, pp.606-609, 1968.

C 其 の 他 の 調 査

1. シエルバ族の体格計測について

エベレスト登山隊に同行したネパールの高地民族であるシエルバ族について、胸部、頭部に重点をおいて計測した。被計測者はシエルバ族男子71名、女子33名で、年齢は18才から47才に亘っている。計測部位は身長、体重、胸囲、最大胸囲、最小胸囲、胸廓尖状径、同横径、頭長および頭巾である。女子の胸部は尖状径と横径のみ測定した。

計測方法はマルチュの人類学教科書記載の方法を用いた。

この平均値の概要は第19表～第24表の通りであるが、平均値を日本人の山地住民や他種族と比較した。日本人と比較すると胸部の尖状径が著しく大きく、すなわち胸が厚く、胸部指数からみて日本人よりはるかに円型に近かった。頭型は日本人より細長いものが多かった。

第19表

	SHERPA(MALE) N=95			
	M ± M	SD	MIN.	MAX.
STATURE	162.6±0.87cm	6.25	151	179
BODY-WEIGHT	57.0±0.60	5.72	44	74
SAGITTAL DIAM.	20.0±0.15	1.50	15.9	24.0
TRANSV. DIAM.	26.7±0.17	1.65	21.2	30.4
GIRTH OF CHEST	86.3±0.48	3.40	75.5	93.5
CHEST INDEX	75.0±0.58	5.64	56.6	89.0
HEADLENGTH	191.2±0.65mm	6.36	172	204
HEADBREADTH	152.4±0.62	6.04	138	169
CEPHALIC INDEX	79.7±0.33	3.25	71.6	90.9

第22表

	TRANSV. DIAMETER(MALE)		(FEMALE)	
	σ=1.6		σ=1.5	
	cm		cm	
SHERPA	26.7±0.17		24.8±0.27	
朝日村	26.2±0.14	0.5	23.5±0.12	1.3
丹生川村	26.5±0.08	0.2		
寒川町	25.2±0.09	0.5		
FRENCH	26.9	- 0.2		
AFRICA NEGRO	26.9	- 0.2		
HOVA	26.0	0.7		

第20表

	SHERPANI (FEMALE) N=33			
	M ± M	SD	MIN.	MAX.
SAGITTAL DIAM.	19.6±0.24cm	1.37	16.8	22.4
TRANSV. DIAM.	24.8±0.27	1.57	20.9	27.7
CHEST INDEX	78.6±1.09	6.24	65.7	89.5
HEADLENGTH	184.3±1.39mm	7.96	168	198
HEADBREADTH	142.4±1.22	7.03	127	154
CEPHALIC INDEX	77.4±0.83	4.73	69.0	86.7

第23表

	CHEST INDEX(MALE)		(FEMALE)	
	σ=5.8		σ=5.9	
SHERPA	75.0±0.58		78.6±1.09	
朝日村	69.0±0.54	6.0	72.8±0.46	5.8
丹生川村	69.0±0.29	6.0		
寒川町	69.7±0.35	5.3		
FRENCH	72.1	2.9		
AFRICA NEGRO	72.5	2.5		
HOVA	68.8	6.2		

第21表

	SAGITTAL DIAMETER(MALE)		(FEMALE)	
	σ=1.5		σ=1.3	
	cm		cm	
SHERPA	20.0±0.15		19.6±0.24	
朝日村	18.1±0.13	1.9	17.1±0.11	2.5
丹生川村	18.2±0.08	1.8		
寒川町	17.6±0.09	2.4		
FRENCH	19.4	0.6		
AFRICA NEGRO	19.5	0.5		
HOVA	17.9	2.1		

第24表

(MALE)	HEAD LENGTH	HEAD BREADTH	CEPHLIC INDEX
	mm	mm	
SHERPA	191.2±0.65	152.4±0.62	79.7±0.33
朝日村	187.1±0.48	153.8±0.42	82.3±0.29
丹生川村	186.1±0.32	152.3±0.28	81.9±0.18
寒川町	185.3±0.38	152.4±0.36	82.3±0.24
(FEMALE)			
	mm	mm	
SHERPANI	184.3±1.39	142.4±1.22	77.4±0.83
朝日村	178.8±0.46	147.1±0.34	82.3±0.24

2. ひげの伸びについて

エベレスト登山のような激しい環境変化に際して、ひげがよく伸びるのか伸びないのかということを知るために、毎日のひげの伸びを測定してみた。

〔測定方法〕

中島と松方がそれぞれ自分のひげをそって薬包紙に包み持ち帰り、東京でその重量を測定し、1日あたりの重量を求めた。

ひげそりは中島は乾電池式のセイコーのクリーンカットES-203, 松方はナショナルフィリシェーブを用いた。

重量測定にあたって、ひげと皮脂、垢の分離は、クロロホルムとエーテルを7対3の割合で混じた液(比重1.265)を用い、ひげのみを沈殿せしめ、乾燥させた後秤量した。

〔測定結果と考按〕

これは第25表に示す通りである。個人差があるので二人の間の比較は意味がない。中島に関する限り、エベレスト滞在中の方が出発前の値より2倍も大きいようであるが、その理由はよくわからない。ひげは毎日そるわけではなく、数日ためておいて、一日平均を出すわけであるから、その日の誤差はまぬがれない。ひげの伸びは気温、栄養、疲労と休息などの色々な因子に影響をうけるので、ただ単にエベレスト山中で採集したひげというだけでは何とも云えないかも知れないが、いろいろな因子をひくくめた意味でのひげの伸びを見たわけである。今後もこのような点に興味を持って追試を重ねて下さるヒマラヤ登山者の多からんことを切望するものである。

第25表 エベレスト登山隊員におけるひげの伸びについて

〔例1〕 中島の場合

順	月 日	時 間	場 所	汚紙+ヒゲ	汚紙の重	ヒゲの重量	一日の伸び
1	2-13 2-15	夜	神戸-東京-ダッカ	0.66738	0.61100	0.05638	0.02819
2	2-16	PM 10:00	ダッカー-カトマンズ	0.62695	0.60254	0.02441	0.02441
3	2-17	PM 10:00	カトマンズ	0.62450	0.60200	0.02250	0.02250
4	2-19	AM 7:00		0.62775	0.60192	0.02583	0.02583
5	2-21	PM 7:30		0.66500	0.58992	0.07508	0.02502
6	2-23	PM 4:15		0.65300	0.66400	0.04900	0.02450
7	2-25	PM 10:00		0.66000	0.62252	0.03748	0.01874
8	2-27	PM 6:00		0.65475	0.61291	0.04584	0.02292
9	3-1	PM 7:00		0.62700	0.58176	0.04524	0.02262
10	3-3	PM 6:00		0.65400	0.60100	0.05300	0.02650
11	3-4	PM 7:00		0.60688	0.59700	0.00988	0.00988

12	3-9	PM 11:30		0.73772	0.59900	0.13872	0.027744
13	3-11	PM 11:00		0.66950	0.62868	0.04082	0.02041
14	3-17	AM 1:00 (16日の夜中)		0.71400	0.59482	0.11918	0.023836
15	3-17	PM 9:30		0.62074	0.60400	0.01674	0.01674
16	3-19	PM 9:45		0.63700	0.59400	0.04300	0.02150
17	3-21	PM 8:30		0.63000	0.59000	0.04000	0.02000
18	3-24	AM 10:00	タンボナエ	0.63594	0.58600	0.04994	0.02497
19	3-26	PM 4:30	#	0.64755	0.59645	0.05110	0.01703
20	3-30	AM 10:30	ロブジエ	0.66700	0.58165	0.08535	0.02635
21	4-3	PM 4:30	ロブジエ BC	0.68956	0.59274	0.09682	0.02425
22	4-11	AM 11:00	BC→ロブジエ→BC	0.78800	0.59800	0.19000	0.02111
23	4-13	PM 8:30	BCにて	0.66135	0.63100	0.02275	0.011375
24	4-20	AM 9:20	BC→クムジュン	0.77830	0.63860	0.13970	0.02149
25	4-24	PM 10:30	クムジュン→BC	0.72600	0.64100	0.08100	0.01800
26	4-27	PM 2:30		0.69354	0.62781	0.07573	0.02624
27	5-2	AM 9:00	C ₁ -C ₂ -C ₁ -C ₂	0.73048	0.62500	0.10548	0.021096
28	5-4	AM 9:00	C ₂	0.69035	0.63670	0.05365	0.026825
29	5-7	AM 9:00	C ₂	0.69987	0.64300	0.05687	0.018956
30	5-10	AM 10:00	#	0.71439	0.63900	0.07539	0.02513
31	5-12	AM 10:00	#	0.68482	0.64500	0.03982	0.01991
32	5-15	PM 8:00	ABC	0.72557	0.64796	0.07766	0.01915
33	5-17	PM 4:00	C ₂	0.67000	0.63700	0.03300	0.01650
34	5-20	PM 6:00	C ₂ →C ₁	0.69681	0.63180	0.07501	0.025003
35	5-22	AM 8:30	C ₁ →BC	0.70369	0.66245	0.04124	0.02062
36	5-27		BC→タンボチエ	0.76858	0.63884	0.12974	0.025948
37	5-29	AM 8:30	タンボチエ	0.65400	0.62876	0.02524	0.01262
38	5-31	PM 7:30	タンボチエ→クムジュン →ルクラ	0.69188	0.64591	0.04597	0.015323
39	6-2	PM 9:30	ルクラ→ボイアン →ズドコシ	0.67746	0.62780	0.04966	0.02482
40	6-4	PM 10:30	ズドコシ→チャングマ	0.70357	0.62800	0.07557	0.037785
41	6-6	PM 6:30	チャングマ→ニグ →ボテコシ	0.63443	0.59900	0.03543	0.017715
42	6-9	AM 5:30	ボテコシ→ジュルケ →ラムサンク	0.63500	0.57800	0.05700	0.02800
43	6-12	AM 8:00	カトマンズ	0.69564	0.62476	0.07091	0.023636
44	6-13	PM 6:00	#	0.67000	0.64445	0.02555	0.01277
45	6-15	AM 8:00	#	0.68100	0.63384	0.04716	0.02358
46	6-16	AM 10:00	→ダッカ	0.62400	0.59100	0.03300	0.03300

47	6-18	PM	8:00	→ ホンコン	0.64690	0.60100	0.04590	0.02795
48	6-22	AM	9:00	ホンコン→東京	0.67574	0.58988	0.08586	0.021465

(注) ヒゲの合計重量 292060g

61～64までの日数 130日

平均のヒゲの伸び(一日あたり) $292060/130:0.02246g$

〔例2〕 中島の日本におけるひげの伸び(コントロール)

6	月	一	月	戸紙+ヒゲ	戸紙	ヒゲの重量	一日の伸び
1	1	1	5	0.65895	0.64480	0.01415	
2	1	1	7	0.66077	0.64600	0.01477	0.007385
3	1	2	0	0.66700	0.64454	0.02246	0.007487
4	1	2	3	0.66700	0.64477	0.02223	0.00741
5	1	2	5	0.67856	0.65580	0.02276	0.01138
6	1	2	8	0.68000	0.65289	0.02711	0.009037
7	1	3	0	0.67500	0.65750	0.01750	0.00875
8	1	3	1	0.66169	0.64700	0.01469	0.01469
9	2	1		0.66600	0.64690	0.01910	0.01910
10	2	3	2-4	0.68700	0.63492	0.05208	0.01736
11	2	7		0.62963	0.60300	0.02663	0.008877
12	2	8		0.66419	0.64900	0.01519	0.01519

全部通しての平均の伸び 0.01018g(中島の場合)

〔例3〕 松方隊長の場合

6	月	一	日	時	間	場	所	戸紙+ヒゲ	戸紙の重量	ヒゲの重量	一日の伸び
1	3	2	2	8	45	カト	マンズ				
2	3	2	4	7	00	マン	ボチエ	0.63029	0.62200	0.00829	0.004145
3	3	2	6	7	00	"		0.60392	0.60199	0.00193	0.000965
4	3	2	7	7	00	"		0.60400	0.60300	0.00100	0.00100
5	3	2	9	8	00	ロ	ブジエ	0.65400	0.63791	0.01609	0.008045
6	3	3	1	7	00	"		0.65875	0.64090	0.01285	0.006425
7	4	2		8	30	"		0.62500	0.61174	0.01326	0.00663
8	4	4		8	30	"		0.62935	0.61000	0.01925	0.009675
9	4	6				"		0.62570	0.61047	0.01523	0.007615
10	4	8				"		0.62570	0.60570	0.02000	0.01000
11	4	10						0.62555	0.61000	0.01555	0.007775
12	4	12				B	C	0.62977	0.60893	0.02084	0.01042
13	4	14				"		0.62300	0.61100	0.01200	0.00600
14	4	18						0.64986	0.61076	0.03910	0.009775
15	4	20				ク	ムジュン	0.60400	0.59967	0.00433	0.002165
16	4	22	11	00		"		0.62064	0.60453	0.01611	0.008055
17	4	24				"		0.61345	0.60020	0.01325	0.007625
18	4	26	10	20		"		0.62400	0.61100	0.01300	0.007500
19	4	28						0.62960	0.61200	0.01730	0.00865
20	4	30						0.62447	0.60900	0.01547	0.007735
21	5	2						0.62400	0.60700	0.01700	0.00850

(注) ヒゲの合計重量 0.29195g

61～62までの日数 41日

平均の伸び 0.00712073g

(II) 医 療 — 隊員・現地人の施療 —

1 現 地 人 の 施 療

カトマンズを出発し、実際には標高700mのラムサンゴから標高5350mのBCまで、往復約1ヶ月間のキャラバンであったが、この間ほとんど毎日現住民の診療にあたった。現在ネパールの全人口は約100万人といわれ、そのうちドクターの数はいまだに約280人程度のみであるといわれている。しかもそのほとんどが首都カトマンズに在住しており、一步街をはなれるとまったく医療の恩恵をうけることなく完全に近代医学から絶縁状態になってしまう。

今回のキャラバン・コースは、以前数回にわたり大きな登山隊が通過しており、エベレスト街道ともよばれるネパールでは比較的開けた、いわばメーン・ストリートで、途中ジリー、クンデの2つの部落には診療所があり、医師が常駐して無料診療をおこなっていた。

それでも実際にキャラバンに入り、毎日いくつかの部落を通過したのち、午后部落に近いテント場につくと診療をもとめて、現住民がぞくぞく集まって来た。そして、メディカルボックスを開くとまたたくまに周囲は異様な臭いがただよう現住民のものめずらしそうな顔でとり囲まれた。彼らの訴えは咳、頭痛、腹痛、下痢というだけで詳細なことはわからない。助手のシエルパを通訳にして、現地語を英語になおしてもらいわけであるが、こまかい所まで突こんだ応答は出来ない。はじめはどんな病気が分布しているか、学問的興味もあってかなり熱心に診療をおこなったが、相手もさるもの、薬がもらえるものならもらおうという現住民もあらわれたりすると、だんだんルーズになり主訴だけで判断して当りさわりのない薬を投与することにもなった。

第26表 現地人施療年令別、男女別統計

年 令	男	女	計
1～10	9	4	13
11～20	31	31	62
21～30	63	37	100
31～40	49	17	66
41～50	14	3	17
51～60	3	4	7
61～	5	4	9
計	174	100	274

それでも1日のキャラバンがおわり、テント場について夕食前のかぎられた時間に、平均30人もの患者がおしかけてきた。カリ・コーラという部落では、何と87名もの患者がおしかけてきて、くたくたになったこともあった。

今回、記録にのこした患者の男女別、年令分布は第26表のようであった。最年少は6ヶ月の男子であり、最年長は72才の男子であった。年長者の受診が少ないのが特徴的であり、部落を通過するさい、ひどい老人をあまりみかけなかった。

第27表 愁訴別統計

愁 訴	数
咳	141
怪我	94
頭痛	88
腹痛	83
神経痛	78
皮膚疾患	62
発熱	45
咽頭痛	41
下痢	31
頸部腫瘍	29
眼疾	20
吐気	6
歯痛	5
耳痛	3
口内痛	3
その他	2
計	731

次に愁訴別に受診数を分類してみると第27表のようで咳、怪我、頭痛、腹痛、神経痛といったものが多かった。しかし、実際に診療してみてこれらを主訴として、また患者の中にはそれほど重症者はみあたらなかった。診断的には上気道炎が一番多く、ついで外傷、消化器疾患であった。めだったものとしては皮膚疾患、眼疾患、甲状腺腫であった。入浴の習慣がないこと、衣類もつけっぱなしということで、かなり慢性の皮膚疾患をもったきたないものが目についた。窓の小さな土の家に住むことで、結膜炎をおこしているものが目立って多かった。頸部腫瘍の大部分がヨード不足からくる甲状腺腫であり、とくにカリコーラを過ぎた山岳地帯に多くみられた。これらは12才の女子にすでにみられ、さすがに彼女らは美容上なんとかしてくれと、気にしていたが、年長者では、かなり大きな瘤をもっていても苦痛がないためかまったく気にしていないようであった。怪我として多かったのは、足のヒビわれに小石や、その他の異物がはさまって摘出のためおとずれたものである。ポーターおよび現住民のほとんどが、はだしで歩くため、足底部はさわってみると、セメントの壁のようにザラザラしており、石のように厚い皮が、松の内をすぎた鏡もちのようにヒビわれていた。大きな外傷ではケンカしてククリ（ナタ）で頭部を切られて1日ばかりで我々の通過する部落までかけつけてきたものがあった。

神経痛の訴えの中には膂をはらして変形性膝関節症を思わせるものが多く、リウマチ性関節炎もかなり多い病気の一つであった。キャラバンの途中、大きなカゴを背おった老婆のはだしの足は大きく変形して、こぶのようにふくれあがって、ひきずるようにして歩いていた。またタンボチェ寺院ではラマニ（尼）が多発性関節ロイマで全身の関節が変形、拘縮をきたし、疼痛のためすでに起立歩行が不能の状態、前に来た登山隊からもらったアスピリンを大切にのんでいた。

帰路ジリーの診療所にたちよりドクターと意見を交換するチャンスに恵まれた。入院の半分はカリエスを含む結核で、3分の1が赤痢の患者であった。

2 隊員の健康管理および医療処置に対する準備

エベレスト登山のように、長期間にわたり、高所のきびしい登山活動をおこなう場合、どのような体質、気質の人が適しているかという問題が出てくる。一般に高所登山に適した体質とはとくに高所における低圧・低酸素や寒冷などによく順応しうる生理機能を有することであり、心、肺、腎、肝、内分泌臓器その他の主要機能が完全であれば、異常環境に対する順化能力も大きくなってくるといわれている。しかし、この順応にも限界があることは勿論であるが、これらの医学的検査や、低圧室による負荷試験を実施することにより、かなり適性が判定されるといわれている。

この点に関し、本隊の隊員決定がおくれたことから、十分な検査をおこなえなかったが、出発前のごく短期間の間に第28表のようなカルテをつくらせて医学的検査をおこなった。このうちとくに今後とも高所登山に出かける隊員の選抜には最低限おこなうべき検査としては、次のようなものが必要であると考えられる。

- ① 血液検査（貧血の有無、血沈、血液型）
- ② 血圧測定、心電図、心博数
- ③ 胸部レントゲン検査、肺機能、（肺活量、息こらえ）
- ④ 尿検査（蛋白、糖、ウロビノーゲン）
- ⑤ 心理テスト、性格テスト

今回のエベレスト登山隊員のデータは、第29表の通りであった。尚、L線所見は松方隊長の右肺に、以前肋膜炎をおこしたための異常陰影をみとめたのみで、他の隊員にはまったく異常をみとめなかった。心電図、血液一般、尿検査では、いずれも異常をみとめなかった。

年令分布は松方隊長の70才を最年長に、最年少は23才の伊藤隊員でその平均年令は33才である。この年令は最近のヒマラヤ登山隊の平均年令と比べると少し高いようであるが、従来のエベレスト登山隊の平均年令と比較すると決して高いものではなかった。

出発後の医療処置のさいは、第30表および第31表のようなカルテを作成して記録するようにした。また、第32表のような体調日誌を各自持参させて毎日のコンディションをチェックさせた。

出発前の隊員の予防処置としては、種痘、チフス、パラチフス、コレラの他に破傷風血清の注射をおこなうとともに抗マラリア剤の投与をおこなった。キャラバン中の飲料水は、かならず出発前煮沸したものを水筒に入れてもつようにさせた。数人下痢を訴えたものがあつたほか、ほとんど問題になるほどひどいものではなかった。ベースキャンプに入ってから、下の部落でコレラ発生のニュースを知り、飲料水にかならずカルキを入れるよう指示して注意していたが、問題はなかった。

医療処置としての準備は、従来ヒマラヤ登山隊とくに今回のようなピク・エクスペディションの場合は、(1) 現地人施療用薬品、(2) 普通一般におこりうる疾患に対する普通薬品、(3) 高所登攀にともなう外傷、凍傷、高山病などに対する特殊薬品、の3つに大別して準備しなければならない。その点今回もリスト作成には従来の報告書を参考にして、現地で予期される全疾患に対応する治療、予防上の薬劑をかなり豊富にとりそろえた。（付表のリスト参照）

第二次偵察隊で気付いたことは、BCが5350mと以外に高い所にあり、しかもかなり長期間にわたり滞在しなければならないという事実であった。またアイス・フォールでの危険性はもちろんであるが今回は南壁登攀にともなう不慮の事故に対する処置についても万全を期さねばならなかった。この点、今回の登山隊の医療班の大きな特徴は4名ものドクターが参加したことである。したがっていつもどこかのテントにドクターが常在して、すばやく適切な処置がとりうる体制がとられた。また、万一ドクター不在のときは、トランシーバーによる交信が良い結果をもたらした。またごく一般的症状に対する処置は、今回は個人用メディカル・ボックスをつくり、鎮痛剤、咳止め、消化剤、日焼け止めクリーム、リップクリ

ーム等を常時それぞれ携帯させ使用させた。またBCに入ってから毎食事中総合ビタミン剤を、また、ビタミンC、ユベラをもたせた。咳は秋の第二次偵察隊のときくらべれば、ひどいものはいなかったが、BCに入った直後およびの前半はかなり頻繁に訴えていた。これは5月に入って温度の上昇にともなってへってきたが、鎮咳剤はいずれも著効を呈するものがなかった。

手術機材については四肢の外傷はもちろん、開腹手術が可能な準備をおこない、緊急時の気管切開、眼の異物摘出も出来るくらいの器材をそろえた。麻酔に関しても、バナバックを2ヶ準備し、局所、腰椎麻酔はもちろん、どこでも全身麻酔が可能であった。

注射器および注射針は重量および消毒のわずらわしさを考え、全部使いすてのつまり滅菌された、デスポーザブルのものを持参したが、大変便利であった。

実際の主な疾羅についての処置および経過については次項の通りである。

第 28 表

隊員 診察カルテ (1 号用紙)

隊員番号 () 氏名

生年月日 明
大
昭

未婚・既婚 (才) 子供 人, 職業

血液型

身長 cm, 体重 kg, ツ反応 $\begin{smallmatrix} + \\ - \end{smallmatrix}$ () (才) B C G

家族歴 : 糖尿病, 心臓病, 腎臓病, アレルギー, 肺結核, 癌・肉腫, 高血圧, 低血圧, 脳卒中,
血液病, 精神病, その他 ()

(詳細)

既応症 : 糖尿病, 心臓病, 腎臓病, 消化器 (胃, 腸, 肝), 肺結核, 気管支喘息, 気管支拡張症,
蕁麻疹ほかアレルギー疾患, 眼, 耳, 鼻, (副鼻腔炎) 扁桃, 血圧 (/)
性病, 外傷, 手術, 輸血,

(詳細)

高所経験 : 昭和 年 月, 最高到達 m, 5,000 m 以上 日

(山名)

登山以外のスポーツ :

好きな食品 :

嫌いな食品 :

酒, ビール, ウイスキー 毎日, 時々 合, 最高 合, 二日酔する
CC, CC, しない, 頭痛, 吐気,

倦怠, 自分は酒に強い・中・弱い・と思う 煙草 1 日平均 本, 才よりはじめた。

自分の性格について

自分の体質・体格について

諸検査一覧

検査日 月 日

① 尿：Ew. Urob. Z. Sed.

② 血球：R. 万 H^ot ‰ Hb g/dl

L. St. Sg. L M E B

③ 赤状

④ 血清蛋白量 g/dl Alb. α_1 , α_2 , β , γ ‰,

⑤ 黄疸指数 GOT GPT A l p h

⑥ 血清総コレステロール 尿素N Na K Cl Ca

⑦ CRP ASLO PAT

⑧ ECG所見総括

安 静

マスター・テスト

⑨ 肺機能

VC ml (‰) MVV l/min (‰)

FEV_{1.0} ml (‰)

息こらえ時間

RV ml TLC ml RV/TLC ‰ He.E.T.

⑩ PSP値

⑪ 血糖・早朝 朝食後1時間

第29表 出発前における隊員身体検査結果

番号	氏名	年令	身長	体重	肺活量		最大換気量		一秒量		血圧	心博	血液型	高所経験
					実測値	FVC(%)	実測値	MV(%)	実測値	FEV ₁ (%)				
1	松方	(70)			1,870			35	1,430	77	182/92			
2	大塚	(45)	165	67	4,500	122	150	140	3,600	82	150/110	A	マナスル	7,900m
3	住吉	(43)	171	64								O	{ヒマルチュリ p-29}	7,200m
4	松田	(39)	159	57	3,570	97	115	111	3,000	83	130/85	B	ヒマルチュリ	7,400m
5	藤田	(37)	162	64								B	ゴジュンバカン	7,200m
6	平林	(36)	173	65	4,730	115	135	115	4,000	82	106/54	AB	{アビ サイバル}	7,200m 7,100
7	松浦	(35)	161	64	4,100	107	165	153	3,800	93		AB	ローゼンジャー	8,100m
8	田村	(32)	164	54	4,500	115	138	133	3,700	82		O	ペンタンカルボ	6,830m
9	中島(寛)	(31)	176	70	5,900	137	137	114	4,600	78	120/70	A	エベレスト	8,000m
10	平野	(31)	169	70	4,200	107	120	94	3,600	81		O	ゴジュンバカン	7,000m
11	土肥	(31)	171	68	4,000	98	160	136	3,500	89	120/60	O	マッキンレー	6,200m
12	小西	(31)	170	58	3,600	120	93	114	3,000	84	112/74	O	エベレスト	8,000m
13	渡部	(30)	159	59	5,000	115	200	157	4,200	85		B	イストルオナール	7,200m
14	加納	(30)	175	67							130/90		ヌブチュー	7,028m
15	神崎	(29)	167	62							110/68		グリーンランド	3,997m
16	錦織	(29)			4,500		155				132/70		ローガン	6,050m
17	植村	(28)									124/70		ゴジュンバカン	7,600m
18	成田	(28)	177	76	5,200	117	155	112	4,200	81			A	
19	鹿野	(28)	171	58	4,800	113	145	120	4,200	87	104/54	A	キンヤンキンシュ	6,900m

20	神 山	(27)	170	67	4,550	107	140	109	3,450	76	114/60	O	—
21	吉 川	(27)	164	53	4,400	108	140	124	3,850	88	124/58	O	アルプス 4,200m
22	安 藤	(27)	167	60	4,200	102	120	100	3,100	74	104/80	B	アンデス
23	嵯峨野	(35)	165	60	4,100	100	125	104	3,750	91	120/67		グリーンランド
24	伊 藤	(23)	167	58	5,000	119	145	120	4,250	85		O	—
25	中島(道)	(39)	162	65	4,200	112	135	122	3,350	83		A	チョゴリザ 7,200m
26	広 谷	(37)	172	71	4,600	112	135	108	3,800	82		O	ランタンリルン 6,700m
27	大 森	(36)	164	64	3,550	93	113	100	2,750	78		AB	エベレスト 7,000m
28	河 野	(37)											バルトロカンリ 7,300m
29	長 田	(31)	163	60	3,750	96	120	104	3,250	87		A	ローガン 6,050m
30	井 上	(24)											エベレスト 7,000m
31	木 村	(39)	168	63	4,250	109	160	146	3,150	81		B	ヒマルチュリ 7,500m
32	相 沢	(37)	173	71	4,050	100	135	110	3,300	82		A	エベレスト 6,500m
33	佐 藤	(27)											エベレスト 5,350m
34	原 田	(24)											—
35	平	(32)			4,400		130		3,400	80		A	—
36	内 藤	(37)			3,750		168		3,400	92			—
37	野 口	(36)	173	65	4,850	118	165	140	4,200	87	122/72	O	{バルトロカンリ 7,000m エベレスト 7,000m}
38	堅 野	(32)			4,750		135		3,750	79	120/74	A	—
39	中 川	(28)									110/74		—

隊員診療録 (Ⅱ号用紙) 隊員番号, 氏名

診察 月 日 午前 午後 時 分 於 高度 m

〔主訴〕

〔現病歴〕

〔総括〕

頭：頭痛，部位（ ）強さ（強，中，弱）持続性か，波状性か，頭重

眼：左・右，視力（良，低下，見えない）眼痛，異物感，流涙，羞明，二重視

耳：左・右，疼痛，難聴，耳漏，耳閉感，耳鳴

眩暈：性質 悪心，嘔吐

鼻：左・右，鼻汁，鼻閉，鼻声，鼻出血，嗅覚異常

口腔：疼痛，舌異常，唾液，口臭，アフタ

歯痛，歯齦痛，歯齦出血

咽頭：疼痛，嚥下困難，嗄声

頸：肩：凝り感，リンパ腺腫脹，疼痛，運動障碍

呼吸—循環系：胸痛，胸骨部の痛み，咳，痰，息切れ，呼吸困難，起坐呼吸

血痰，咯血，喘鳴，心悸亢進，チアノーゼ，浮腫（顔面，脛骨，手，足）

消化系：食欲，便秘，腹痛（部位， 性質， ）

胸やけ，げっぷ，悪心，嘔吐，放屁，吐血，下痢，肛門出血，痛

黄疸，便色

泌尿系：多尿，乏尿，頻尿，排尿痛，尿閉，血尿，失禁，量 ml/d

皮膚運動系：異常部位（ ）疼痛，発赤，腫脹，皮下出血，発疹

浮腫，運動障碍

神経系：感覚異状，しびれ，麻痺，四肢脱力，疼痛，卒倒，注意力，記憶力興奮

意識状態 精神状態

〔診断〕

第30表 (b)

〔現症〕 (体温) °C (心拍数 \分 (血圧) \ (呼吸数)

(皮膚) 緊張, 弾力, 乾, 湿, 発疹, 静脈拡張, 皮下出血

(顔貌) 表情, 浮腫, 異状運動, 麻痺

(眼) 眼瞼 浮腫, 下重, 角膜 鞏膜 出血, 黄疽, 結膜 蒼白, 充血, 出血斑

瞳孔 縮少, 散大, 左右差, 対光反射, 輻奏, 眼球運動 視力 視野狹窄

眼底 黄斑, 乳頭, 血管, 出血, 滲出

(耳) 聴力, 耳漏, 疼痛 (鼻) 鼻汁, 出血

(口腔, 咽頭) 口唇 チアイーゼ, 炎症, ヘルペス, ひび割れ, 粘膜 蒼白, 充血,
潰瘍, 着色, 出血,

舌 色, 苔, 潰瘍, 乳頭萎縮, 乾燥, 齒 齲齒, 齒齦出血, 齒齦膿瘍

(首) 静脈, 甲状腺, リンパ腺, 項部硬直

(肺) 視診 呼吸リズム, 胸廊のふくらみ, 左右対称性

打診

聴診 Resonance, 呼気延長, 湿性, 乾性, ラ音, 肋膜マサツ音

(心) 視診

触診 スリル, リズム

打診 心濁音界

聴診 心音, 心雑音: 最大音点, 収縮期, 拡張期, 心嚢膜マサツ音

(腹) 視診 形, 血管拡張, 蠕動, ヘルニア

触診 腫瘍, 腫張, 固さ, 圧痛, 波動

体位変換時疼痛, プルンベルグ, デファンス

肝, 脾, 腎 左・右, 膀胱

打診 鼓音, 腹水, 叩打痛

聴診 腸雑音

(背) 脊柱 運動性, 叩打痛, 圧痛

(四肢) 上肢: 手掌 色, 湿潤, 爪チアノーゼ, 関節, 変形, 腫脹, (場所)疼痛

下肢: 足 浮腫, 関節 変形腫脹 (場所) 運動性, 疼痛

(神経系) 筋膜反射: 二頭筋, 三頭筋, 膝蓋, アキレス

病的反射: バビンスキー, チャドック, ロツソリモ, ホフマン, ラセグ

(肛門) 括約筋, 痔疾

第31表

隊 員 診 療 録 (Ⅲ号用紙)(外科用)隊員番号				氏名		
診察	月	日	午前 午後	時 分 於	高度	m
〔現病歴〕			〔受傷罹患部位・種類〕			
〔視診〕						
受傷より診療までの時間						
意識状態			逆行性健忘			
瞳孔，対光反射，左右不同，共同偏視						
鼻・耳孔よりの出血，水様液の流出						
出血の程度						
ショック状態か		然，否	BD	/	心拍数	冷汗
創汚染 ありや，程度は						
疼痛，程度，部位						
〔診断〕						

項目		起床時	行動中	就寝時	
時刻					<u>行動概要</u> キヤラバン () → () BC12345678S 南: III IV V VI VII S
高度					
気温					
心拍数					<u>O₂使用</u> 時間 睡眠: 01234 () 行動: 01234 ()
呼吸数					<u>その他の身体状況</u> 朝立ち 性 慾 夢: 嗜好の変化:
食便	慾通	あり 不振	(回数	下痢)	
睡眠	眠感	あり なし			
脱力	感き	良 不良			
むかつ	き				
嘔吐	吐				
頭痛	痛				
口渇	渴				
息ぎ	れ				
(息苦しい)					
咳痰	痰				
冷汗	汗				
あくびがでる		快 不快			
むくみ(場所)					
気分					
充力感					
いらいら感					
ねむけ					
一人でいたい					
目まい					
目がちらつく					
視力障得					
耳鳴りがする					
不眠					
怒りっぽい					
動作ぎこちない					

高度による一般症状、すなわち高山病症状は、自覚或は他覚的に個人差こそあれ勿論全員に現われた。まして隊員39名の大部隊で、これに従うシェルパやポーターの数は尤大なものであったため、その発症数はまことに多い。しかし本項では頻度こそ少ないが、重傷乃至は特種と思われたものについてののみ、経過をそのまま記載する。

1 成田隊員 (No. 18) : 3月23日, BC着。咳と痰。発熱 38.5。感冒から気管支肺炎併発と診断。

点滴注射（ラクテック、アミノ酸、ブドウ糖、デキストラン、抗生剤、ビタミンなど）と酸素吸入（不定期）施行。

以後3日間で次第に下熱するも、体力殊に下肢筋力の衰弱が目立つ。この間頭痛の訴えは二度あるも、点滴注射で消失。28日より食慾も少しづつ増し、体力回復に向かう。BCの高度5,350mなれば、下降しての休養が必要と考えつつ、体力の回復を待つ。

4月2日、大森ドクターと共にロブジェに降り、松方隊長、中島ドクターと共に休養回復に専念す。ロブジェ着後はみるみる食慾の増加と同時に体力の回復著しく、附近の散策に時を過す。

4月9日、全く回復し、再び元気な顔をBCに現わす。以後、他隊員同様BCにて荷物の管理に当る。

4月11日、シェルパの死亡事故のためBCからアイスフォールへの動きなきため、高所順化にそなえリントレンの支尾根途中（約5,600m）まで登る。特に疲労の訴えなし。

4月14日、第二陣として14名の隊員と共にC1に入っている。特記すべきことなし。

4月16日、大森ドクターと共にC2途中まで登り、疲れてC1に帰る。アイスフォールが極めて危険なため、成田隊員はC1にて特に滞在を長くし、その間に高所順化を計画的に行なうことにする。

4月17日から20日までC1にて荷物の管理及び病人（錦織・神山他1～2名）の看護に住吉ドクターと当る。体調は良好で食慾も普通。

4月21日、空身でC2往復。胸痛（胸壁全体の痛み）訴えるため、酸素1ℓ/分で10分吸入してみるも不変。疲労は普通で、夕食の準備などする。再度胸痛を訴える。聴診、打診で異常なし。「深呼吸すると特に痛いので深呼吸がしにくい」と云う。酸素2～2.5ℓ/分で10分間吸入してみるも変化なし。明日C2入りを希望するも許可せず。更に2～3回のC1—C2往復後の状態で許可することにする。病人の看護〔錦織隊員は18日から意識障害で重症のため点滴注射や酸素吸入続行〕の手助けをしながら、「住吉さんとC1のヌシになりましたねえ」と苦笑する。

7時前住吉のテント（住吉、成田、錦織）にて、本日休養のためABCよりC1に下りた田村、平野、長田の6隊員で夕食をとる。成田は胸壁痛軽快せず、右腕のだるい感じもあって食慾あまりなく、オジヤを普段の分量しか食わず。それでも楽しく談笑しつつ食事する。いつも賑やかな成田の突然の沈黙に驚き、呼びかけるも応答なし。同時にそばに寄り診ると、すでに脈触れず、呼吸も止まり、口を半開きにしたままの無表情顔で何の反応もなし。午後7時20分。

酸素開放にて人工呼吸、心マッサージ或は救急注射（テラブテック、ネオフィリン、カルニゲンなど）施行するも、全く反応なし。他テントの四隊員も集まり交互に人工呼吸などするも不変。瞳孔はやや散大するも、低気温のせいか角膜乾燥や瞳孔の散大、白濁などは見られず。8時50分死亡と断じ、一切の救急処置を止める。

急性心停止には違いないが、その原因は何であろうか。胸痛を訴えられた時、冠動脈^{※①}に関する心筋梗塞や狭心症も念頭に浮んだが、その痛みを詳しく尋ねると、どうもそのような痛みには思われなかった。痛み自体軽度のものである。低酸素状態を考慮して酸素吸入は施行した。成田隊員のような若い健康体に心筋梗塞があるだろうか。冠動脈の血栓による心筋梗塞か？ 或は狭心症か？ 帰国後の測定

で血中カリウム（4月12日採血）が正常値の2倍を示していることが、何か心臓麻痺の根底にあるように思われる。

※① 冠動脈とは心臓に血液を送り、栄養を与えて心臓を動かしている血管。

※② 心筋梗塞とは冠動脈がつまる。軽度のものから死の転帰をとるものまである。痛みは程度による。持続的であり、心臓部、胸骨部、或は左肩に放散し、時々胃ケイレン様である。原因は多くの場合動脈硬化による。

狭心症とはやはり冠動脈のケイレンによる。重症のものは死ぬ。痛みは心筋梗塞と似ているが、普通持続する痛みでない。

2 錦織隊員（No.16）：4月14日夕刻、ABCより6,800mまでの行動で疲れC1に下りてくる。

過労大にして食欲なきも、頭痛など不快な訴えはない。水分摂取に留意し、夜間熟睡中も目覚めごと流動物（ミルク、湯）を飲む。

4月18日、昨夜熟睡にもかかわらず一日中うつらうつらする。しかし応答は勿論正確で、食事時には食欲なきためオカユ、オジヤ、果物缶詰などを食べ、その他にもできるだけ流動物を飲む。しかし量は普通の半分位。昼間穏やかであったが、夕刻頃より何となくイライラした不穏な感じする。勿論意識や応答は正確で、「疲れているなら酸素を吸え」と云っても「疲れているだけで、明日は治ります」とて酸素も不要と云う。午後10時、熟睡にはいられぬらしく、何度も寝返りを打つ。脈博100、整に緊張良好。呼吸27～30。チェーンストーク呼吸も時々見る。

4月19日、夜半2時、脈博不整、弱、数120以上。急ぎ酸素吸入。「暖かくなった」「気持が良くなった」「今日のことをどうもはっきり憶えてない」と云いつつ眠る。脈博80～100、整、緊張良好と好転し、体動もない。酸素2ℓ/分（1時間）で朝まで続行。

朝食はミルクと果汁、湯。食欲なし。酸素1日中0.5ℓ～2ℓ/分で吸入。午前中なおうつらうつらし、便所への起立歩行もよろよろして不正確なため介助する。点滴注射（ラクテック500CC、デキストローゼ500CC、アリナミン20^(※3)mg）

午後3時、食欲を訴えオジヤ普通量食べる。以後便所への往復や起坐も自分でする。やはりよく眠るが、今日の午前までに比べると少なくなる。なるべく流動物を飲むようにする。一般状態は午前までに比し、ずい分よくなり、殆んど正常と思われるも、酸素は0.5～2ℓ/分で継続する。

4月20日。午前2時、住吉のテント（住吉、成田、神山、錦織）にて成田、神山が“錦織不在”に気付く。錦織の寝袋はすでに冷たい。全員連呼し探すに、シェルパ・テントにて発見。テントに連れ帰るに「シェルパの葬式に行っていた」「寒い」と震えている。酸素吸入し、湯を飲ませると「暖かく気持よくなった」とすぐスヤスヤと寝つく。錯乱か幻覚か。

朝、ABCと交信。ABCに酸素を吸わせる病人（意識障害？）の出したこと、C1に降ろすことを知る。錦織の症状報告と同時に、順化不良の警告をする。それにしても錦織の処置につきBCに降ろすことを具体的に考えると、相当の人数を必要とする。とに角、今日はC1で酸素吸入と点滴注射、流動物摂取で様子を見ることにする。酸素0.5～2ℓ/分。

午前中眠る。途中薄いミルク2度(計300CC~400CC)飲む。脈、呼吸測定せず。

午後1時、オジャ?をかなり食べる。次いで点滴注射(ラクテック500CC, ブド-糖500CC, アリナミン20mg)酸素吸入継続。脈博84, 呼吸24。昨夜のシェルパテントへ行ったことを思い出し謝るも“シェルパの葬式”は記憶なし。一般状態良好で、平穩。あまり喋らず。会話は正常。点滴注射中平林のスリップ事故を交信で知る。順化不良につき行動に注意するよう要望す。錦織は点滴後正常のように見え、本人も酸素吸入の中止を希望するも、なお続けさせる。

夕食はC1の全員住吉, 成田, 錦織, 植村, 井上の5名で食べる。錦織の食事量少なし。外見は殆んど正常と見えるが、ちょっとした仕草や喋ることに、時々トンチンカンな変な感じあり。例えば多弁ではないが、突然突飛な話題に変えたり、空になった食器を2度、3度と口に持って行って嘸ったりする。酸素吸入は続け、特に食後は2.0ℓ/分の流量にする。脳障害が気になる。これで消えてくれればよいが。

4月21日。脈や呼吸など外見や診察では正常。食慾も大分回復し、オジャその他の流動食も普通の量は摂る。しかしトンチンカンな突飛な仕草や言葉は時々見られる。酸素吸入を命じ、テント内でもできだけ動かないように命ずる。

2日休養の植村, 井上は上のスリップ事故が気になりABCに登る。4日間C1停滞であせる成田には、ABCまで空身の往復を許したが、前述のようにこの晩、不帰の人となった。

午後5時、錦織に点滴注射(ラクテック500CC, ブド-糖300CC, アリナミン20mg)。成田も看護を手伝う。酸素続行。

晩7時以後、成田の事故中及び死亡後を通じ、錦織も人工呼吸や死体処理など何かと手伝いを希望するも、全員で安静横臥と酸素吸入をさせた。〔成田の事故中は錦織の酸素を転用す〕しかし立ったり坐ったり落着かず。

午後10時過ぎ、鎮静睡眠のためベンザリン5mg2錠を屯用させる。

4月22日、錦織の一般状態は特に変わらず、食事大体普通に食べる。ただ奇異な言葉や仕草は時に見られ気になるも、概して寡黙。酸素吸入しての安静を推めるも落着かず、何事も手伝わんとしてウロチョロする。22日ABCより下りた隊員、シェルパで成田の焼香。23日は遺体運搬のための死体処理梱包などの時も、常に立ち合う。故に酸素吸入は不足。しかし尋ねても特に訴えることなし。眠前ベンザリン10mg屯服せしむ。

4月24日、大森ドクターとアンザイレン, アイスフォールを下りてBCに帰る。

以後登山終了までBCにてすごす。食慾増進と共に一般状態改善す。同時に言葉や動作に見られた脳障害も、約3週間の間に漸次消退し、1ヶ月後の登山終了時には全く心身共に正常となり、C1での事故も正確に回想できるようになる。しかし4月18日から1~2日の記憶は、特に顕著な出来事もなきため“就床し、酸素を吸っていたらしい”と云う以外は記憶は茫洋としている。当然であろう。

(※3) この時点でC1には点滴用としてラクテック、デキストローゼの2種類のみ。

3 井上隊員(№30)：二次偵察隊(1969, 秋)後、軽度複視があった。物が二重に見えるのである。軽度のもので特に支障を来す程でなかった。気象観測のためベリジェにて越冬し、1970年1月カトマンズに帰着。本隊がカトマンズに来る頃まで軽い複視は続いたが、BC到着時に全治している。

4月25日。C4, 7,500 mまで河野と共にトレース。C3に帰幕直前視力を失なう。比較的突然の発症でアンザイレンしたトップのシェルバを認めることが出来ず。痛みや流涙は殆どなく、安静と酸素吸入により視力改善。C3に医者なし。低酸素性網膜炎と診断。26日視力回復せぬままC2下降。ステロイド注射(デキサ・シクロソン10 mg 2CC)を2時間毎に計4回皮下注射。酸素吸入、安静により視力やや回復するも視界1 mもなし。酸素吸入は続行。翌27日、点滴注射(ラクテック, デキサシクロソン10 mg)。視力殆ど回復し正常になるも軽度の複視残る。一般状態は普通で特記すべきことなし。

4月28日C2→C1, 4月29日C1→BC, 軽度複視のこるも以後3~4ヶ月の間に漸次消退し全治す。

なお井上隊員は成田隊員の遺骨と共に5月1日カトマンズに帰り、再度飛行機でルクラを経由し、5月16日BCに入る。更に遠征終了後も気象観測完了の7月までゴムハサに過ごす。

4 平野隊員(№10)：4月19日C3から7,300 mまでトレースしC3に帰幕。夕刻より脈博呼吸共に浅く不正にて頻数。酸素吸入にてやや回復。翌20日C3よりC2に下降する途中、疲労大にして意識不明療となる。酸素吸入しつつ介助歩行によりC2にたどり着く。酸素吸入3ℓ/分で一夜の睡眠により意識障害なくなる。吐気あり。(C2に医師不在)

4月21日酸素使用せずC2→C1。食慾普通で、顔面に浮腫を見るも一般状態は普通。成田事故の21日より人工呼吸などの手助けをし、活躍す。以後特に加療せず。24日、C1→BC。

5 松田隊員(№4)：4月下旬BCにて発病、発熱38℃、倦怠感、セキ、顔面浮腫、聴・打診により肺炎と診断(マナスル1956の際肺炎の既往症あり。点滴注射、抗生剤の注射内服、酸素吸入。)

5月15日C2にて血圧170/140, 心電図にも所見あり。C2→C3。4日間C3にて滞在后、5月19日C3→C2。疲労大にして顔面浮腫強度。脈博120, 血圧108/100。酸素吸入、点滴注射(ラクテック500 CC×2)脈の改善あるもこの日から無尿となる。急性腎不全。

5月20日、C2→C1乏尿。顔の浮腫と食慾減退は続く。歩行不正確。

5月21日、C1→BC, 以後次第に治癒す。

6 雪盲 平林隊員(№7), 植村隊員(№17)及びチョタレ：いずれも登頂後C2に帰幕し眼症状を訴える。即ち眼の疼痛、異物感、流涙、羞明などの典型的症状である。充血、流涙烈しく瞳孔縮少す。ステロイド点眼薬を使用、鎮静睡眠剤(ベンザリン, セルシン, セデス)投薬。冷罨か乾燥タオルのいづれか気持のよい方を使用させる。同時に全身状態と網膜炎も考慮してC2帰着時及翌日の2回に点滴注射(ラクテック500 CC, リンデロン4 mg), アリナミン50 mg内服させる。

いずれの場合も、3日間で漸次症状は軽快したが、初めの2日間は痛み、流涙、羞明があったためテント外へ出ることを禁じ、保護眼帯(布)を使用、以後は保護色眼鏡の装着を厳に命じた。中心暗点などの後遺症は全く見られなかった。

7 外 傷

- a キャクツェリン・シェルパ：4月9日7時30分、氷塊の直撃をアイスフォールで受ける。2時間後検診するに、頭部打撲、胸部圧迫で血性泡沫を吐いて即死の状態。硬直未だなし。多くのシェルパの観視の中で、一応救急処置施行するも勿論効なし。
- b 加納隊員(№14)：5月10日南壁C3より下降の際落石を腰背部に受ける。この日8,050m到達で疲労も大なるため南壁ABCで1日休養。5月12日C2に帰幕。診察するに右第三腰椎の横突起骨折の疑い。皮下血腫中等度大。穿刺により約15ccの血性液除去す。一般状態は良好。テントの内幕をさいて巾30cm、長さ約2mの布を作り腹帯として強く巻く。昼間鎮痛剤、睡前睡眠剤投与。C2にて1週間の就床安静の後、歩行比較的容易となり5月20日C2→C1、21日C1→BC。BCにてギブスコルセットを巻く。

以後キャラバン中はギブスコルセットのままカトマンズまで歩行。カトマンズにてギブス除去す。帰国後レントゲン検査により第4腰椎横突起骨折(すでに殆ど癒合治癒)を証明す。

8 松方隊長(№1)：特に高令者としてBCまで登られた特異なケースと考えられる。

松方隊長は年令70才。この年にしてエベレストのベースキャンプ5,350mまで登ったというのは世界でも数少ない1人であろう。(イタリアのビリオ・ギリオネは75才でアマダブラム登山に参加しているが、どの高さまで行き得たか知らない)。筆者(中島)はこの隊長と共に約1ヶ月も生活したので、その体調について報告する。

安静時心拍数、血圧、尿量、心電図上所見などをまとめたのが、第33表である。尿量は松方隊長に自ら記載してもらったものであるが、利尿剤のラシックスを1日2錠宛服用したので、尿量は極めて大量であった。

血圧が3月27日のタンポチェで初めて記載されるのは、血圧計がなかったからで、3月27日にベースキャンプからの帰りのポーターによって送られてきたのをタンポチェで受取った。

東京出発時182/92とすでに高かったことは大いに問題であるが、それがタンポチェで250/130になった。しかし自覚症は何もない。高所障害として出現する筈の悪心、頭痛、食慾不振、不眠等、高血圧の症状としても出てよい筈であるのに、何とも訴えがない。そこで試しにチョーユーの見える標高4,300mのチョルテンに登ってみてもらったが、これでも大した変化がなく大いに元気。ただ、登りにさしかかると、私など30才台の者に較べるとかなりスピードは落ちるが、それでも自分のペースについてこられる。この登行はかなり足場が悪かったが、そこで何ら問題になる訴えもなかったもので、それなら行けると判断し、前進をきめる。27日ベリジェ泊り、28日ロブ

ジェ(4,900m)到着。しかしこの高度になると、さすがに歩行のスピードはおち、私が後日ここを再び登った時には3時間しかかからなかったベリジェー—ロブジェ間の上りに7時間半を要した。夕方の血圧248/132, 心拍数80, 呼吸数24であった。しかしその夜は充分に睡眠がとれた。睡眠中の呼吸はチェーンストーク型であるが、これがどの高度で出現したかについては、記載がない。

以後4月9日の朝まで12日間ロブジェに滞在。これだけの日数が必要であったかどうか、また、ロブジェに滞在したことが正しかったかどうかについては何とも自信はない。ただ標高の面からBCに滞在するよりは、ここの方がよい筈だと思ったことと、この高度での順応には10日位は必要であろうと考えた。その間の血圧は第33表にみられる如く220/110前後で大して変化は見られない。また、ロブジェ到着の翌日(3月30日)より朝ラシックス1, セルシン2.5mg, ハイシー100mg1, ユベラ1, アリF251, 昼ラシックス1, セルシン2.5mg, ユベラ1, 就寝時ベンザリン1を服用。そのため非常によく眠れて、何も用のない時にはずっとウツラウツラしていた。この間の尿量測定結果によると、3月30日は3,660ml, 31日は2,220mlとかなり大量であったので安心した。4月3日のこと、シェルバがバラバラサーブ(隊長のこと)が倒れたといってテントにかけ戻って来た。それとばかり走り出してみると、200m位向うの地に大きなヤクがうづくまっており、そのそばにゴロンと倒れている隊長の姿が見えた。しまった。高血圧による卒中か?!と眼の前が暗くなる思いでかけつけてみると、隊長はヤクと一緒に寝そべって、その顔やら首やらをしきりになぜている。“隊長どうしましたか!”と尋ねると、“ヤクと友達になろうと思ってね”と暢気なことである。“とっぴなことをなさるんで、遂に頭に來られたのかと思いましたよ!”と笑い話ですんだ。

4月9日、ロブジェ→ゴラクシェップ(5,150m), 要心のためこれから上の行動には酸素を使用することにした。ポンペを私が背負い、隊長は30mのゴム管を通じてアメリカ製メータグマスクによって酸素を吸いながら歩くという方法である。これは本来、南壁登攀用に開発されたものであるが、ここではからずもそのテストをすることになった。先づ流量3ℓ/minでは、“これは楽だ”と、ベリジェからロブジェへの足どりとは打って変わったようにしっかりした歩調で、行程が渉り、ゴラクシェップには4時間程で到着した。テントに入って30分位酸素吸入を続けた後、マスクを外したが、さすがその日の夕食は食慾がなかった。しかし夕刻の血圧は210/130で大した変化はなかった。

4月11日、ゴラクシェップ→BC(5,350m)同じく酸素3ℓ/min吸入しながら登ったが、今日は川崎製のマスクを用いた。これはBCから朝早く酸素係の加納隊員が持って下りて来てくれたもので、松方隊長の使用後の感想では、メータグマスクよりも楽だったとのことである。10時に出発してBCに1時半着、これは先づ順調なペースである。BC到着後隊長は0.5ℓ/minの酸素を使用して6時頃まで睡眠をとり、6時からの夕食会には元気に出席、10時半まで歌ったり演説をしたりという元気ぶりだった。11時から再び0.5ℓ酸素吸入して睡眠した。

4月12日、BC滞在。この日はあまり元気がなかった。高所の影響は、到着の翌日後に出るのが普通であるから当然であろう。朝の血圧210/110, 心拍数90, 食慾殆どなし。昼のソーメンを少

し食べた程度。しかし夕食には酸素マスクをつけて出席、スピーチを行った。

4月13日、BC滞在。血圧を測定するたびに260/160から220/122までいろいろ変化して、どれが本当の値かはっきりしない。しかし、最高値260というのは大変なことである。心拍数84、しかし気分はきわめてすぐれ、酸素は使用せず、殆んど終日テントの外のテラスで椅子にかけて隊員と談話をしたり、望遠鏡でアイスフォール荷上げ隊の行動を観察していた。食事今日はかなり進んだ。

4月15日、BC→ゴラクシェップ。

BCを11時出発、酸素2ℓ/minで、2時にゴラクシェップ到着。やはり少し労れた様子で、すぐに横になったが、夕食はかるい量を摂った。

4月16日、ゴラクシェップ→ロブジェ。

朝の血圧248/130、心拍数90、酸素1ℓ/minで普通のピッチでスタスタ歩き、約2時間半でロブジェ着。

4月17日、ロブジェ→ペリジェ

4月18日、ペリジェ→タンボチェ

ペリジェの朝の血圧は168/110で、殆ど東京での血圧に近くなってきたので先づは一安心。ゆっくりしたピッチで休憩時間を長くとり、夕方おそくタンボチェについた。夕食にビーフシチューを作ったところ、極めて食欲旺盛であった。

4月19日、タンボチェ→クムジュン(3,800m)

ここまで下って来るともはや何も云うことはない。ただし、この辺で今度は隊長の持病である“痛風”が出てきた。

以上、約1ヶ月にわたる隊長の高所滞在において、最も顕著な変化は血圧の上昇ということであった。それにもかかわらず血圧上昇に伴う自覚症はなく、心電図上も大した変化が見られなかったということは、極めて特徴的なことである。さらに、初めてある高度に達した時には誰でも高所障害としての自覚症すなわち、食欲不振、悪心、頭痛、不眠などがある筈であるのに、隊長にはそれが殆どなかった。ただロブジェ滞在中に次第に食欲が落ち、嗜眠性傾向がみられた。BCでは到着の翌日一日中元気がなく、殆ど終日酸素を吸っていたが、その翌日にはもう殆ど元気を回復したのは、酸素補給の効果の絶大なることの証拠であるとも言えようが、やはり隊長が個体的に高所に強い体質の持ち主であることを示しているものともいえる。

以上の筆者のささやかな経験から、今後、高令者がヒマラヤ登山に参加し、高所に滞する場合に、一般状態の観察はもとより、呼吸数、心拍数、血圧、および心電図等、呼吸—循環系のチェックをおろそかにしないことを強調しておきたい。

第33表 松方隊長における循環動態の変動

月 日 刻	地 名	標 高 (m)	心 拍 数	血 圧 (mmHg)	尿 量 (ml)	心電図(第15図参照)	備 考
2. 10	東 京	0		182/92		移行帯V ₄ 	
3. 27 朝	タンボチエ	3860		250/130			
タ	ベリジェ	4200	90	228/110			
28 朝	ベリジェ	タ	72	236/120			呼吸数22
タ	ロブジェ	4900	80	248/132			呼吸数24
, 30	タ	タ			3660	移行帯V ₅ 	
, 31					2220		
4. 3 朝	タ	タ	75	218/110			
, 4 朝	タ	タ	82	232/110		移行帯V ₅ T ₀ V ₁ 逆転 	
, 5 朝	タ	タ	78	210/120			
, 7 朝			82	220/120			
, 9 朝			72	210/90			
タ	ブラクシエ ップ	5200		210/130			
, 10 朝	タ	タ		208/120			
, 12 朝	B C	5350		210/110			
, 13 朝	タ	タ	84	260/160~220/122			血圧は急激に 動揺あり
, 16 朝	ブラクシエ ップ	5200	90	248/130			
, 18 朝	ベリチエ	4200	72	168/110			血圧は先づ 正常に

9 点滴注射：(ラクテックなどの緩衝液、デキストローゼ、リンゲル、ブトー糖など)これら点滴液が従来のガラス容器からポリビニール系の不壊容器に変わり、且つ点滴輸液セットにより、この注射の運搬施行が極めて容易になったことが、多使用の原因である。単に湯で温めるだけでいつでも簡単に行なわれ、しかも湯は炊事にそのまま使用しうる。

殊に錦織隊員の症例の如く、点滴注射(殊にラクテック)のたび毎に、見る見る症状が改善され、注射施行の前後で驚くほど喜ばしい結果であった。

このように脳症状の現われたもの、疲労の強いもの、登頂など長時間の運動量、消耗の大なるもの、視力喪失などの特異なものには、出来るだけ早期に行なった。対照が求められぬため、その効果がどの程度のものか、或は不必要であったかもしれぬ。しかし本項のいくつかの症例で見られる如く、且次項高所障害で述べる如く、一般に高所低酸素環境での運動負荷による障害は、或る時間を経て遅れて発症するのが特徴であり、又ことに脳障害を第一として肝、腎障害の不可逆的病変を考慮する時、酸素と共に他に代るものゝない強力な治療法及至予防法と考えられる。

いくつかの補液をBC以上の感冒などの高熱者、頑固な頭痛者などにも使用したが、本項の症例も含めてラクテックの強力緩衝液が最も有効であったと思われる。

〔Ⅲ〕 高所障害について

本隊の隊員39名、うち医師4名という前例のない遠征隊であれば、多くの症例、データーの集積によって高所障害、高所順化、更には適性と云った一連の高所医学の問題が或程度解明されるであろうと云う希望と期待を持った。

今までの多くの遠征隊が報告した医学的なデーターや結論ないし推論と比較し、今回は隊員が多いことによる症例の多数、データーとしての気象、食事、装備の均一性など多くの利点をもっている。更に各隊員の登山経験は全く異なっている、エベレストにおける行動については、同一のルートと同高のキャンプを経てのものであれば、容易に比較対照して結論が引きだせると思われた。しかし、すでに〔Ⅰ〕〔Ⅱ〕章にみられる如く、予期したような結論は得ることは出来なかったが、高々度地域では止むを得ないことである。しかし、多数例の成績は、集計には多くの困難を伴うが客観的には価値あることである。

しかし結論として決定的なものは出ないが、一つ一つの傾向としては把握しうる問題もある。今までに報告されたり、実験されたりした結論や推論を補足し、或は修正し、更に今後の新しい問題点を提示したものもあると思われる。

本章に於ては、今回の医学的データー集収と同時に見られた、各隊員の自覚、他覚の症状や状態を基にし、今までの私達の遠征経験を加味して、高度障害、高所順化適性について考えてみたい。

1 高所反応と高所障害

高山病或いは高山病症状と云われる状態には、軽いものから重症のものまで多くのものがあり、これにも単なる症候から、はっきり疾患と見るべきものまである。こゝにのべる反応と障害も歴然たる区別はなく、高度による一連の生体変化に対して仮称したものであり、軽く一般的で誰もが罹りやすい変化を高所反応、重篤で回復に日時の必要な程度の変化を高所障害と考えた。換言すれば高山病一般症状と特異高山病とに分けられる。

頭痛、倦怠感、嘔気、頻脈、呼吸増加、血圧上昇、心電図の変化など各隊員が必ずいくつかの変化を示したのを高所反応とすると、意識障害、視力低下などの変化を高所障害と考えて戴きたい。勿論、高所反応で低所に降りればすぐ消退するものでもその程度が強くなれば行動不能となり、高所障害と同様の管理と加療が必要である。

しかし高所反応それ自体を高所障害の軽度なものとするのではなく、高所障害の一つの徴候、即ち警告として考えるべきである。一例を挙げれば、頭痛や嘔気は最もよく見られる高所反応であるが、同時に意識障害（高所障害）を来す脳圧亢進の現われとも考えて対処しなければならない。頭痛や吐気は脳圧亢進以外でも発現するが、高所にあっては必ず留意すべき事である。又浮腫（高所反応）の場合も、心不全、腎不全、低蛋白症、体液電解質の平衡などの高所障害を考慮すべきである。

2 現われかた

個人差が極めて大きい。一つのグループ(A)は、初めての高度を経験するたびに、高所反応として頭痛や吐気、食慾減退などの訴えを起すが、その度に低所に下降すると症状は即座に消退し、再度登高して来てもすでに経験済みの高所では何ら高所反応は示さない。これを新しい高度を経験するたびに繰返すのである。他のグループ(B)は新しい高度に登高しても不快な高所反応を示さない。勿論呼吸数や脈数の上昇はあるが、頭痛や吐気と云った不愉快な症状はなく更に高所に登高可能である。しかしこの場合、一見高所に対する適性がある如く見えるが高所障害は何の徴候も現わさず、潜在して進行している可能性はある。(編者注：一種の代償作用としての“見かけの順化”ともいえる。)高所反応が極めて少なく、いくつものキャンプを経て高所のキャンプに到り、突然ダウンして以後行動出来ず、B Cに下降後も回復に数日、時には十数日の日数を要する隊員をまゝ見、且つ報告もされている。

このように(A)(B)二つのグループがある場合(編者注：(A)(B)二つのグループには、確然と分けられるということではなく、勿論この中間に属するものもありうる。強いて分ければ、この二つの傾向があるということである。)適性をもったと考えられるのは、いつれのグループであろうか？目ざす山の高さ、登山日数などに関与するであろうが、高所順化方法即ち行動の計画に左右される面が最も多いと考えられる。

いづれにしろ、高所順化が良ければ高所反応、高所障害は少なくてすむが、医者として、或いはリーダーとして順化程度を把握するには(A)グループは容易であり(B)グループは一見強力そうでも心配の源でもある。

この(A)(B)グループに関係なく、各人ともに共通して言えることは、高所反応は出現消退がすみやかであるが、高所障害は日時を要することである。即ち出現する場合、実際の酸素不足状態の時より数時間遅れた時点で現われ、一度現われたらその回復に数日を要する。私達が云う高所反応と高所障害の区別点でもある。これは今回症例としてあげた隊員に共通して明らかに見られる。

更に高度障害の場合はその再発が極めて多い。これは回復が見かけの回復にもかかわらず再度登高を始めることにもよるが、高度障害の重い場合、生体に不可逆的変化を残していることも考慮しなければならない。脳、心、腎、眼、肝などの臓器は勿論、四肢末端の血管にも凍傷の場合などに見られる。

3 適性と順化

順化のための登山行動形式は、すでにハントのエベレスト隊、更にフランコのマカルーの全員登頂により示されている。この行動模式に於けるポイントは2～3回往復した後に前進すると云うことの繰返してである。勿論山の高さによっては、途中で一度B Cに降りて順化のために休息し、再度登高する。登山期間に限度があるから、目標とする頂上の高さにより異なるが、要点は“低きに降りて順化する。”と考えればよい。このことを“順化するためには酸素(エネルギー獲得に必要)が必要。”と考えてはどうだろう。

(編者注：この点からみれば順化するためには、酸素を積極的に使用することには意味がある。従っ

て低いところから酸素を使用していると順化しないという説には異論がある。)

酸素の登山使用について、睡眠中の使用と行動中の使用が問題になるが、この場合も睡眠中の酸素は“順化のためと疲労回復、行動中は“消耗の予防”と考えれば、各高度における使用法も、酸素量を考慮して自ずと決定される。

大体、高所順化の限度と高所衰退の高さがしばしば問題となり、或いは 6,500 m 或いは 7,000 m 7,500 m と云われるが、その限界点よりも 4,000 m 以上では順化と衰退が二つとも同時に行なわれ、高所に登るにつれ順化より衰退が優位にあると考えるほうが自然ではなからうか？。

このような順化と衰退およびそれに対する登山方法を前提として、高所に対する適性とは何であろうか？。高所の経験者が二度目、三度目と回を重ねる場合に順化が残っていると云われる。それも一年とか或はもっと長年月残っていると云われている。この場合生体としての順化機構の残留も考えられるが、同時に順化する登山方法の体験、行動の要領が大きな因と考えられる。

一方、前記2.に述べた如く、高所反応や高所障害に対する(A)(B)の型を考えると、高所低酸素に対する感受性の大小よりも、順化に対する理解と行動の方が、適性の多少を左右すると思われる。(編者注：高所に登ったきり、大丈夫だといって下りてこない者などこれに該当する。)

隊員の性格、心理は、ヒマラヤ登山の適性としては、大きな要素である。下界ではよくても高所では性格的に不適格になるものもあることは事実であるが、下界における心理学者による性格診断テストの結果からだけでは、遠征隊員として不適格者であるという烙印を押せるようなものではない。

(編者注：今回も参考迄に慶大医学部秋元教授がテストを実施し、その結果は登攀隊長のみに知らされた)

現在の段階では、心理学者による性格テストは、下界では一般論として通用しても、高所の異常環境では、果して通用するか否か、疑問である。

最後に高所で強い人間即ち高所適性をもった人間を隊員選衡の段階でどうして見つけるかということであるが、現段階では極めて難しい問題である。一般的に過去に高所に強いという実績をもっている者は強いとみてよいが、高所の経験のない未知数の者の場合では下界における体力テスト、(肺機能などの能力を含む)身体検査で優れた価を示した人が、高所で強いかというと、一般的にはいえども、必ずしもそうでない者もある。アンデスの 6000 m において強かった者が、ヒマラヤの 8000 m では必ずしも強くなかったというような話もしばしば耳にする。目下のところでは都会における一般的な身体検査に合格すれば、ヒマラヤ登山の適性ありと考えるより他にない。

しかし一般的に云えることは、強い人間を見つけることは難かしいが、劣等な人は比較的見つけ易いということは云えると思う。

扨て今回は数多くの医学的データーを測定したが、集計の作業にあたってみて、計測の手落ちを痛感する。この時点にあれを測ればよかったと思われることが多かった。しかし不完全な中にも成田隊員のカリウム値が示すような驚くべき事実も浮んでくる。しかし測定方法の困難さとデーターの指向するものの不明瞭さを考えれば、実際の医師として或いはリーダーとして、登高中、隊員の健康や順

化のチェックは極めて困難である。ましてその行動の指令は遠征の成否と、隊員の生死に関するものであれば、一層の難渋がしいられる。

私達として云えることは、データーの累積を将来に期待すると同時に、現場にあっては実際の各隊員の自覚的、他覚的状態を目で見、それまでの行動を考慮し、更にあとの計画を想定してのみ、最善の発言ができると思われる。

〔Ⅳ〕 あ と が き

日本山岳協会主催の海外登山技術研究会の席上などでよくいわれることは、高所医学の問題は、今や医者としての特殊な専門分野ではなく、ヒマラヤ登山においては登山技術の一つとして考えるべきであるということである。

事実、最近においては、多くの遠征隊の経験の積み上げから、ヒマラヤ登山のタクティックスとして、常識化されていることも多い。(編者注：本稿では、こうした一般化されている問題については省略されているのでご諒承願いたい)しかしながら反面本報告の随所にみられる通り、一寸つつこんでみるとわからないことだらけである。今後これを解決していくためのアプローチとしては、

- (1) 下界における長期間に亘る低温低圧実験の繰返し
- (2) ヒマラヤでの実際の医学データーの積み上げ

等を行うしかない。

今回のエベレスト登山においては、本稿の冒頭にも述べた通り、高所医学研究の面では、またとない好都合な場を与えられた。私達高所医学担当者としては、この幸運に先ず感謝すると共に、力不足のために、このチャンスを十分に掴みきれなかったことをお詫びしなければならない。

高々度での測定が如何に困難であり労多きものであっても、この稿を書き終える現在、不完全さと不注意に気付き残念でならない。しかも浅学のため貴重なデーターの分析にも多くのミスや不正があるものと考えられる。

しかし生のデーターとしては出来る限り収録した。多くの研究者の利用、批判、教示を賜われれば幸甚である。

なお第一、第二次偵察隊の医療報告については、日本山岳会第1次～第2次エベレスト偵察隊報告書(1969)を参照されたい。

最後に立川自衛隊航空医学実験隊、東横病院検査科、京都市立病院循環器科、日本生気象学会等関係各位のご助力に感謝の意を表する次第である。

(編者注：高所順化とタクティックス、高所順化のパターン等については、登山班報告書の「行動計画と実際」の稿を参照されたい。)

付. 1 医療薬剤及び医療器材一覧表

(1) 医療薬剤

種 類	品 名	数 量	種 類	品 名	数 量
鎮 静 睡 眠 剤	ベンザリン	400T	呼吸中枢刺激剤	テラプチック注	10A
	ドリデン	1100T		レメフリン注	10A
鎮痛解熱消炎剤	ノブロンA注	20A	強 心 利 尿 剤	ラシックス	100T
	新グレラン	2000T		インテンザイン	20A
	バイエル・アスピリン	1000T		ビタカンファー	10A
	セデス	300T		ネオフィリンM	10A
	ソフタム	200T	昇 圧 剤	カルニゲン	10A
	タンデリール			メキサソ	10A
	インテバン		止 血 剤	ネオシネジン	10A
鎮 咳 剤	メチロン注	20A		トロスチン	200T
	フスタゾール	2000T		トランサミン	40A
	C・S-327	2000T	末梢血管拡張剤	マネトール	20A
	メジコン-S	560T		カビラン	1200T
風 邪 薬	トクレス	400T		ロニユール・タイム	300T
	ダンリッチ	1000T	抗 生 物 質	スパン	
精 神 安 定 剤	強力ベンザ	840T		アイロゾン	200mg 400T
	セルシン	320T		アクロマイシン	200mg 150T
	ホリゾン	240T		シグマイシン	250mg 100T
	コントロール	150T		ソルシリン	200T
意識障害治療剤	ルシドリール	200T		レダマイシン	150mg 250T
	ルシドリール注	50A		ケミセチン	250mg 300T
	ニコリン注	84A		クロタオン	250mg 200T
制吐平衡障害治療剤	トレステン	440T		アクロマイシン	
				静注	250mg 10A
鎮 痙 剤	レジタン	2000T		筋注	100mg 10A
	レジタン注	60A		テラマイシン筋注	100mg 30A
	ブスコパン	300T		シグマイシン静注	250mg 10A
	バルビン	260T		ケフリン筋注 (1g)	10A
胃 腸 剤	マリジンM	4500包		クロロマイシンゾル注	50A
	武田胃腸薬	2100T		アクロマイシントローチ	
	キノホルム	2000T			15mg 150T
	エンテロ・ピオフォルム	1800T		トローチ複合明治	500T
	コランチル	800T		オラドール	1000T
	ストミラーゼ	520T		アクロマイシン軟膏3.5g	20
下 剤	ソルベン	330T		クロマイ軟膏	3g 20
	テレミンソフト	300T		レダマイシン軟膏	5g 30

ステロイド剤	オルガドロン 0.5mg リンデロン 0.5mg コルソン 0.5mg プロゾリン	100T 80T 100T 10A	外用薬	日焼止めクリーム リップクリーム サントニン レゾヒン	100 100 300 2000
ビタミン剤	アリナミン 25mg ユベラ ハイシー バンピタン	2000T 4000T 3000T 1000T			
眼科	マイテア点眼薬 ブドニン点眼薬	9 10			
消毒剤	グリ錠 イソジン フィゾフェックス オキシフル	200T 30 300 4			
麻酔剤	ラボナール ペルカミン-S キシロカイン 1% # 2% # 4% ヌベルカイン キシロカイン軟膏 サクシン	5A 3A 30CC×3 30CC×3 30CC×3 10A 10 10×1			
輪液	マンニール ソジウム・クロライド デキストローゼ ラクティック リングル ブドー糖 生食水	10 10 10 10 50A 50A 50A			
外用薬	ルブリテックス ローメタンニン座薬 オノカイン座薬 イルコジン座薬 グリピナ-P レスタミンコーチン軟膏 オイラックス軟膏 ユベラ軟膏 レスタミン軟膏 ゼノール ヨードグリセリン ヨードチンキ ホー酸末 マーキュロ末	160 50 100 100 22 10 10 3 250g 200×3 500CC 500CC 50g 50g			

(2) 医療器材

品 名	数 量	品 名	数 量
聴 診 器	3	気管カニューレ	1
額 帯 鏡	1	エ ア ラ エ イ	1
耳 鏡	1組	ニューレスバック	1
喉 頭 鏡	1	輸 血 セ ッ ト	5
咽 頭 捲 綿 子	1	注 射 器 2 CC	100
綿 棒	5	" 5 CC	100
舌 圧 子	3	" 20 CC	50
点 眼 棒	6	注 射 針	200
体 温 計	30	油 紙	1箱
血 圧 計	4	包 帯 3 裂	10
心 電 計	2	" 4 裂	20
頭 微 鏡	1	" 5 裂	10
打 腱	1	綿 包 帯 2 裂	10
ストップウオッチ	4	" 3 裂	10
外科手術器具		ギ ブ ス 包 帯 2 裂	20包
外科用メス	3	" 3 裂	20包
" 替 刃 式	3	脱 脂 綿 50g	6
" 替 刃	3ダース	" 100g	5
ピンセット 有 鈎	2	滅 菌 ガ ー ゼ	10反
" 無 鈎	2	絆 創 膏 ヤール絆	3箱
長 セ ッ シ	2	" テ ー プ	3箱
長 直 ハ サ ミ	1	カ ッ ト バ ン	1箱
曲 ハ サ ミ	1	包 帯 止 め	1箱
神経用ハサミ	1	耳 帯	1ダース
コ ッ ヘ ル	10	眼 帯	1ダース
ベ ア ン	10	弾 力 包 帯	10
腹 膜 カ ン シ	2	サ ボ ー タ ー	6
ゾ ン デ	1	ア ル フ ェ ン ス	1箱
筋 鈎	1組	副 木	5
デ シ ヤ ン	1(左右)	ク ラ ン メ ル 副 子	20
みぞ状エイヒ	1		
持 針 器	2		
縫 合 針	2ダース		
縫 合 糸	1ダース		
耳用ピンセット	1		
眼科用異物針	1		
開 瞼 器	1		
手 洗 ブ ラ シ	4		
ネラトンカテーテル	3		
手 袋	6		

付. 2 試 薬 及 び 研 究 機 器

(1) 機器

品 名	型 式	数量	備 考
高 速 遠 心 機	国産遠心機(株)H-25-改良型	1	ヘマトクリット測定, 血清分離に使用
光電比色計一式	(株)平間理化研Ⅳ型改良	1	定電圧装置, 電池 BOX 共フィルター各種
電 導 度 計	東亜電波工業(株)CM-3M型	1	$10^2 \sim 10^5 \mu v$, 尿検用
ガラス電極PH計	# DM-1A型	1	尿検用
真 空 ポ ン プ	佐藤真空工業(株)	1	ポンプ部分を発電機と直結使用
凍結乾燥チャンバー	三田村理研工業(株)	1	使用不可
心 電 計 一 式	早川電機工業(株)	1	電 池 式
#	島 津 製 作 所(株)	2	充 電 式
脈 波 計		1	
脳波計一式	三 栄 測 器(株)	1	往路キャラバン中紛失
血 圧 計		4	
ヘック血液粘度計	(株)エルマ光学器機製作所	1	
ダグラスバッグ		1	
血 液 比 重 計		1	往路キャラバン中紛失
尿 比 重 計		1	破 損
レスピロメーター	杉山伍郎商店(BOC社)	1	
ストップウオッチ	(株)セイコウ舎	6	
副 射 熱 計		1	往路キャラバン中紛失
上 血 天 秤		1	200g用
アンプル封入用トーチ	ブタンバーナー改良型	2	
呼気採取用具		1	
フリッカー計		1	往路キャラバン中紛失

(2) 器具

① 特殊器具

品 名	種 類	数量	備 考
血液採取管ユニット	富士工業(株)	40	ROSE LAWN社製
血液分離管	三田村理研(株)	30	静置血清分離用として開発したが使用不可
真空アンプル	"	140	呼気採取用として開発
マイクロピペット	Beckman 社 製	2	血清定量分注器
マイクロシリンダー	島津製作所(株)	1	破 損
ヘマトクリット管	ROSE LAWN 社製	400	
クリットシール	"	3	
血液採取筒	森下製薬(株)	340	血清分離遠心管兼用

② 一般器具

品 名	数 量	品 名	数 量
遠心沈澱管 1.5×9cm	20	ポリロート 180 $\frac{1}{2}$ ml	1
" 10ml	12	ポリ広口瓶 2ℓ	3
" 15ml	10	アルコール温度計	2
試験管 15 $\frac{1}{2}$ ml	50	Zラック	4
" 18 $\frac{1}{2}$ ml	50	ベビーサイホン	1
ホールビベット 0.1ml	5	ピンセット 13cm	1
" 0.5ml	5	" 15cm	1
" 1ml	5	ハサミ	1
" 2ml	5	ポリ洗滌瓶	2
" 3ml	5	洗滌ブラシ 大	2
" 4ml	5	" 中	2
" 5ml	5	" 小	2
" 10ml	5	" ビベット用	2
メスビベット 1ml	3	ガ ーゼ	2
" 2ml	2	脱脂綿	1
" 3ml	2	薬包紙 中	100
マイクロビベット 0.02ml	5	戸 紙 №5 B 9cm	100
" 0.05ml	5	" 5.5cm	50
メスシリンダー 500ml	1	" №1 30cm	50
" 1000ml	1	PH試験紙 8セット	1
ポリメスシリンダー 500ml	2	" B T B	1
シャーレー 10cm	5	アルマイト桶	2
駒込ビベット 1ml	5	アンプル 1ml	100
" 3ml	5	バイエルビン 5ml	50
" 5ml	5	吸引球	1
ピ ー カ ー 100ml	5	バイエルビン 15ml	40
" 200ml	5	デシケーター 20 $\frac{1}{2}$ ml	1
" 500ml	5	ゴ ム 栓	30
メスフラスコ 10ml	5	ガラスカッター	2
" 50ml	1	カテ ー テ ル	2
" 100ml	2	発泡スチロール容器	3
ガラスロート 45 $\frac{1}{2}$ ml	5		

(3) 試 薬

① 特殊試薬

品 名	種 類	数 量	備 考
コントロール血清	みどり十字薬品	6	乾 燥 血 清

A/G - Test 試薬	和光純薬工業(株)	2	50 回用
LDHB - Test 試薬	"	2	30 回用
Fe - Test 試薬	"	2	50 回用
Glucose - Test 試薬	"	2	100 回用
Calcum - Test 試薬	"	2	50 回用

② 一般試薬

品 名	数 量	品 名	数 量
重クロム酸カリ	250 g	硝 酸	50 ml
塩 酸 特級	500 ml	アンモニア水	50 ml
トリクロル酢酸	75 g	塩化カルシウム	500 g
トルエン	500 ml	ソーダーライム	3 kg
フッ化ナトリウム	25 g	蒸 留 水	40 l
塩化ナトリウム	500 g	洗 剤	1 kg
五酸化磷	1000 g		

付． 3 ジュラルミン製ヒュッテおよび酸素テント

(1) シルバーヒュッテ

通称「シルバーヒュッテ」は、当初の目的としてサウスコルに於ける隊員の滞在を容易にするための加圧酸素室として考案され、これを使用することにより、高所の影響を最小限にし、登山を有利に導くことにあり、同時に、高所生理学上の研究用チャンバーとして利用すべく日本建鉄㈱に依頼して設計した。

しかし、試作の段階で設置予定地に於ける電源、湿気排除方法、酸素・一酸化炭素の検出方法などに疑問が持たれるようになり、合せてこれらの問題をいかに処理するかについて種々検討された。本隊装備が発送される時点で、我々は問題点を解決することは出来なかったが、既に試作品があり、問題点もさることながら利用性についても大きな価値があることを認識し、とり合えずBCまで運搬することとした。

本隊出発時に於けるシルバーヒュッテの利用方法については次の如く考えられていた。

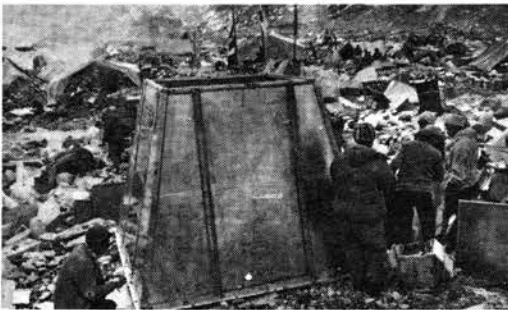
- BCに於ける診療室、密閉酸素室、実験研究室、乾燥保温室
- 状況によってはアドバンス・ベースキャンプに設置し、隊員の居住用とすると共に研究用チャン

バーとして利用する。そのためCO₂回収用装置、試薬を準備する。

BC荷上げ後に於ける問題点と処置

- キャラバン中に於けるパネルの破損により密閉性が保てない状態となり、密閉酸素室としては使用できなくなった。
- ABCに於ける利用については休養効果は認められるが、危険なアイスフォールの荷上げには重量の面で負担が大きいたことが上げられた。また同時にABCへの発電機の荷上げが中止されたことによって、研究用としても利用性が低くなった。
- BCに於ける診療室としては病院テントが充当されるし、保温室又は酸素室として一旦整備されると研究用に兼用できなくなる。

以上の様な理由から、又、特に研究データーの精度が重要な部門もあることより、BCに於ける研究用ヒュッテとして使用することになった。



- 〔床面積〕 1 m²のジュラルミン製パネル6枚正面形に敷きつめてある。
- 〔天井面積〕 1 m²のジュラルミン製パネル4枚正面形に敷きつめてある。
- 〔高さ〕 2 m
- 〔側面〕 数枚の梯子形ジュラルミン・パネルを組み合わせて作り、入口は1側面に1 m × 1.5 mに作られた。入口裏側に30 cm × 30 cmのプラスチック製明り取りが作られた。

第1図 BCに設置された
シルバー・ヒュッテ

パネルは両側面に約1 mmのジュラ板を使用し、内部に発泡スチロール（約3 cm巾）を挟み込んである。組立てに当り、パネルは正確につくられた組み枠に固定されるが、パネルの間の間隙をなくするため、パネルのふち取りはゴムシートをほどこし、空気の流通を防いでいる。

組立てられたヒュッテの居住性等は次の如くであった。

居住性：床面がフラットであるため、BCの様な氷河上での存在価値は大きく、有効であった。

保温性：密閉時に於ける保温は非常に大きく、外部との温度差は自由にバーナーにより調節できた。

安定性：耐風、耐雪、耐水性強く、安定していた。

<研究用チャンバーとしての使用結果>

居住性、保温性、安定性からみてもわかるように研究、実験設備としては申し分がなかった。

しかも発電機よりの配電、プロパンガスの使用により、持参した全ての機器は充分にその機能を果たすことができ、従って、実験データーの精度もフィールド・ワークとしては非常に高いものが得られた。

(b) 酸素テント

睡眠中の酸素マスクは従来使用されて来たものはいづれも具合が悪いものであるとされているので、

マスクをしなくて、フリーに酸素を吸入出来る装置としての酸素テントがよいのでないかという発想から、これの実用化が進められた。(小川テントKK担当)最初は圧縮空気をテント内に満たすという、高圧テントの発想から出発した。それにはエンジンでエアコンプレッサーをまわし、周囲の薄い空気をテント内につめこんで、テント内圧を一気圧にしようというわけである。富士山五合目でテストしてみたところ、なかなかテント内圧は一気圧にまで上らないのみか、テントを気密にするためには非常に重いものとなり、エンジン・コンプレッサー、ガソリンまで含めると、莫大な荷物を高所キャンプへ運び上げねばならず、全く話にならないものであることが判明した。そこで気密テントにして、その中で酸素ポンペを開放し純酸素を噴出させて、もってテント内の酸素分圧だけを平圧に近づけるようにと試みた。

4月12日、C₂(6,450m)において、中島は原田と2人でこのテントの中で一夜を明かした。

その夜のテント内圧の変化は以下の通りである。

時 刻	気 流 量	ポンペ内圧	テント内気圧	(テント外気圧)	備 考
0.20 AM	1.5 ℓ/min	150 気圧	338 mmHg	338 mmHg	テント内気温 - 10℃
0.35	1.0	140	344	338	
4.00	1.0	70	348	338	
7.00	1.0	10	344	338	

テントの内圧は344mmHgで、テントの外の気圧338mmHgより6mmHgだけ高かったことが、全部酸素分圧の上昇したものであるとすれば、約9%の酸素濃度の増加になり、5,700m附近の酸素圧と同じになる。テント内圧が348mmHgになった時は、同様にして5,350m附近の高度(つまりBC)にまで降って眠ったのと同じであったということができる。勿論この計算は極めて大ざっぱなものであり、気温は考慮していない。私が心配したのは気密のあまり、われわれの体から発散する水分がテント内壁に霜となって凍結するのではないかとということと、テント内に炭酸ガスが充満するということになりはしないかということであったが、実際に水分の凍結は起らず、ということは即ち水分はテント外に発散したということで、ひいては炭酸ガスも発散したということになり、さらにはテント内の酸素濃度も実際にはあまり高くはならなかったであろうということであった。実際は非常によく眠れたし、気分がよい目覚めではあったが、起床時の呼吸数、心拍数に大した変化は認められなかった。そもそもC₂まで運び上げられたこの酸素テントはかなりナンセンスな設計であり、テント生地はビニール・コートで気密になっているにもかかわらずテントの縫目は普通のミシンであり、中の明りがこのミシンの縫目を通じて外へ洩れていたり、入口の構造が普通のテントにみられる巾着型であったりして、簡単に空気の洩れる構造であった。それ故に水分の蓄積や炭酸ガスの蓄積は起らなかったのがであった。これからのヒマラヤ登山においては、睡眠用マスクの改良の方が先決でありより有効であると考える。

付. 4

エベレスト登山医療委員会経過報告

(昭和44年7月12日～昭和46年5月16日)

年月日	場 所	メ ン バ ー	内 容
44. 7. 12	日本山岳会 ルーム	辰沼, 徳永, 小池, 中島, 大森, 長尾, 広谷	● 医療委員会の業務内容についての検討 ① 医薬品, 医療器具の調達 ② 高所医学順化についての調査研究法について ③ 適性検査 ④ 酸 素
7. 19	日本山岳会 ルーム	辰沼, 長尾, 大森, 広谷	● 低圧実験室に於ける実験計画についての検討
7. 21	立 川 自 衛 隊	万木, 広谷	● 低圧室実験計画打合せ
7. 22~23	日本山岳会 ルーム	長尾, 大森	● 第2次偵察隊医療関係梱包作業
8. 2	日本山岳会 ルーム	辰沼, 広谷, 長尾, 大森, 中島	● 医療器具調達について
8. 11~12	辰 沼 医 院	辰沼, 長尾, 大森, 岡部	● 第2次偵察隊身体検査
8. 15	立 川 自 衛 隊	辰沼, 三方, 中島, 岡部, 大森, 平林, 加納, 山田, 長尾, 広谷, 万木	● 低圧室に於ける実験 被験者 植村, 加納隊員
8. 20	羽 田		大森ドクター第2次偵察隊出発
8. 29~30	新 潟 医 師 会 館	長尾, 中島, 小池, 辰沼, 広谷	● 日本生気象学会 高所順応の測定法に関するシンポジウム
9. 27	日本山岳会 ルーム	辰沼, 長尾, 小池, 関, 斉藤, 中島, 広谷	● 低圧室実験結果の検討 ● シルバーヒュッテについての検討 ● 順応生理の研究方法について ● 隊員選考について
10. 4	日本山岳会 ルーム	辰沼, 長尾	● 研究計画の検討 ● 医薬品のとりまとめ
10. 11	日本山岳会 ルーム	辰沼, 長尾, 広谷	● 研究計画と器材入手計画 ● シルバーヒュッテの利用性について
10. 22	辰 沼 病 院	辰沼, 広谷	● シルバーヒュッテの検討
10. 25	日本山岳会 ルーム	辰沼, 中島, 斉藤, 長尾, 広谷, 小池, 岡部	● 高所障害について ● 呼吸器系の研究計画 ● タイム・スタディーについて
11. 1	日本山岳会 ルーム	辰沼, 長尾, 広谷	● 検査項目についての具体案について
11. 8	日本山岳会 ルーム	辰沼, 長尾, 中島, 小池, 岡部, 広谷	● 実験器材についての分担
11. 15	日本山岳会 ルーム	辰沼, 長尾, 中島, 岡部, 斉藤 広谷	● シルバー・ヒュッテ再検討 ● 医薬, 器材収集状況について
11. 22	日本山岳会 ルーム	辰沼, 長尾, 広谷	● 携行器機の保温について ● サンプリング法について

11. 26	羽 田		●大森ドクター帰国(第2次偵察隊)
11. 27	日本山岳会ルーム	辰沼, 長尾, 大森, 広谷	●第2次偵察隊医療報告
11. 29~30	八王子大学セミナーハウス	長尾, 中島, 大森, 広谷	●第2次偵察隊報告にもとづく実験計画の手 なおし
12. 14	日本山岳会ルーム	長尾, 大森, 岡部 他学生	●日山協・海外登山技術研究会
12. 17	日本山岳会ルーム	大森他学生	●本隊医療器材梱包
12. 24~25	辰 沼 病 院	辰沼, 大森, 広谷	●呼気サンプルアンブル梱包
12. 29	東 横 病 院	大森, 広谷	●本隊隊員スクリーニングテスト
45. 1. 4	日本山岳会ルーム	大森, 中島, 広谷	●研究器械作動試験
1. 6	辰 沼 病 院	辰沼, 広谷, 大森	●測定方法のチェック
1. 9	広 谷 宅	中島, 大森, 塚越 広谷	●病歴他自己申告書をとる(隊員集会)
1. 10~11	富士山 佐藤小屋	中島, 大森, 広谷	●秋元先生を招いて性格テストについての検討
1. 13	北 里 大 学	広谷,	●シルバー・ヒュッテ組立てについての打合せ
1. 19	本 州 製 紙	広谷, 大森(弘), 小 川テント	●現地におけるサンプリング計画について
1. 24	日本山岳会ルーム	広谷, 小川テント	●加圧テントテスト
1. 29	日本山岳会ルーム	広谷, 大森	●酸素発生器, 心電計テスト
2. 2	大 森 宅	中島, 大森, 広谷	●性格テスト実施
2. 3	立 川 自 衛 隊	中島, 大森, 広谷, 辰沼, 中島, 岡部, 目, 航空実験隊万 木他	●血清分離法について
2. 5	辰 沼 病 院	辰沼, 大森, 広谷	●加圧テントについての検討
2. 9	羽 田		●酸素テント製作打合せ
2. 14	羽 田		●空輸用器材梱包
2. 14	カ ト マ ン ズ	住吉	●急性低圧負荷テスト打合せ
2. 16	カ ト マ ン ズ	住吉, 中島, 大森, 広谷	●低圧実験室にて負荷テスト
2. 23	キャランティ・チャップ	広谷, 中島, 大森, 住吉	●呼気採集, 血液採取他
2. 25	チ ャ ン マ	"	●レスピロメーター補正
2. 26	セ ッ タ	"	以上詳細は第1次~第2次エベレスト偵察 隊報告書参照
2. 28	タ キ シ ン ド	広谷, 中島, 大森, 住吉	●脳波計, フリッカー計の使用法の研修
3. 1	カ リ コ ー ラ	"	●協力者リストの作成
3. 2	バ イ ヤ ン	"	●住吉ドクター出発(先発隊)
3. 8	タ ン ボ チ ェ	"	●中島, 大森, 広谷ドクター出発(本隊)
			●シェルパ, ローカルポーター健康診断 チェックアウト2名, 胸部レントゲン1名
			●隊員, シェルパ, 予防接種(チフス, 破傷風)
			●隊員心電図測定, 息こらえ, 血圧, その他
			●採尿一尿検, 心電図
			●尿 検
			● "
			●心電図
			●心電図
			●心電図, 息こらえ, 血圧 他
			●採血一ヘマトクリット

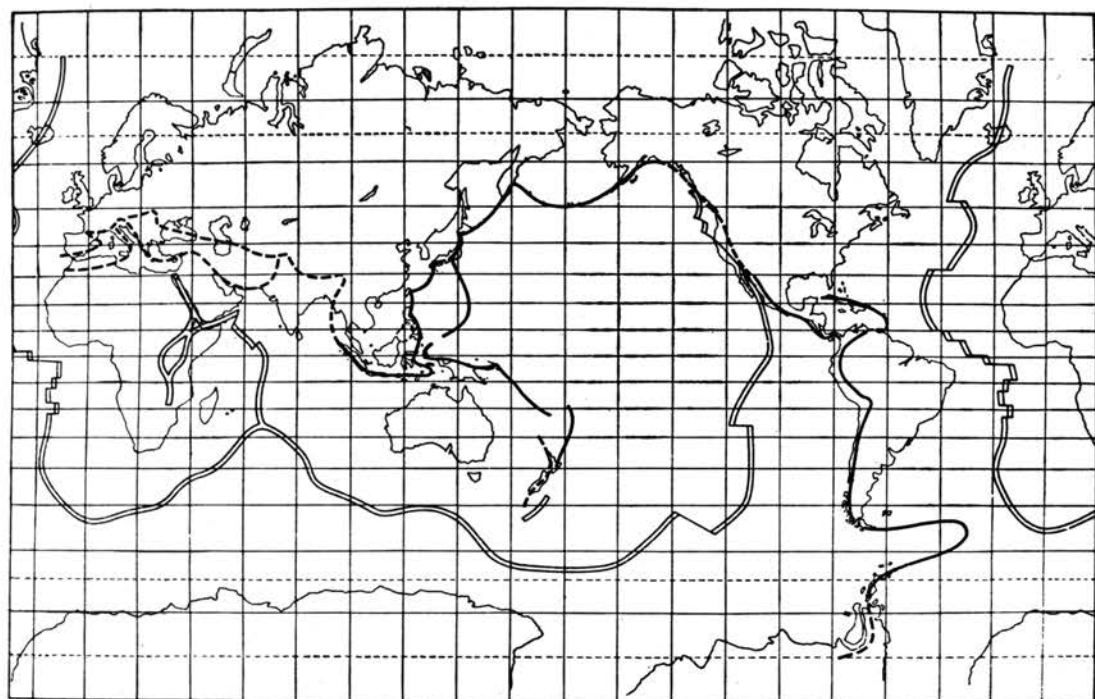
			●血圧, 息こらえ, 吹上げ, 体重等 ●採尿一尿検 ●採尿一尿検, 血液水分 ●シエルバ関係計測 ●採尿一尿検, 隊員に高所障害についてレクチャー ●心電図 ●息こらえ, 吹上げ, 血圧等 ●シルバーヒュッテ建設 ●病院テント建設 ●医薬品の整理 ●採血一血液系検査 ●息こらえ, 血圧etc ●心電図, 血圧etc ●採血一血液系検査 ●呼気サンプル採取 ●キャクツェリン死亡(氷塊崩壊による) ●松方隊長ベースキャンプ到着 ●採血一血液系検査, 呼気サンプル採取, 血圧他 ●採血一血液系検査 ●心電図 ●平野隊員意識障害 ●錦織隊員重体, 意識障害 ●平林隊員スリップ事故 顔面挫傷及び右肩胛部打撲 ●成田隊員死亡(急性心不全) ●心電図他 ●血圧他 ●心電図他 ●心電図他 ●井上隊員 低酸素性網膜症 ●採血一血液系検査, 心電図他 ●採尿一尿検 呼気サンプル採取(ABC) ●心電図他 ●血圧, 心電図他 ●血液検査他 ●植村, 平林, チョタレー雪盲, 心電図他 ●血圧他 ●中島(寛)隊員南壁にて落石による右膝部挫傷, ●心電図他 ●加納隊員南壁にて落石による腰椎突起骨折 ●プロパンガス爆発による火傷, シエルバ4名, (1度~2度), 心電図他 ●心電図, 血圧, 呼気サンプル採取 ●松田隊員急性腎不全
3. 9	#	#	
3. 10	#	#	
3. 11	#	#	
3. 12	#	#	
3. 24	ベースキャンプ	#	
3. 25	#		
3. 27	#	#	
3. 28	#	#	
4. 3	#	#	
4. 7	#	#	
4. 9	アイス・ホール	住吉, 広谷	
4. 11	ベースキャンプ	—	
4. 12	#	住吉, 中島, 大森, 広谷	
4. 13	#	#	
	#	#	
4. 19	アドバンスベースキャンプ	広谷	
4. 18~22	C 1 ~ B C	住吉	
4. 20	C 4	大森, 広谷	
4. 21	C 1	住吉	
4. 23	1	住吉, 中島, 大森	
4. 25~5. 4	C 2 ~ B C	中島, 住吉, 大森, 広谷	
4. 24	B C	中島	
4. 26	B C	中島	
	C 2	広谷	
5. 2	B C	住吉, 中島, 大森, 広谷	
5. 3	B C	広谷	
5. 6	C 2	住吉, 中島, 大森	
5. 6~11	C 2	#	
5. 10	B C 2	広谷	
5. 11~12	A B C	住吉, 中島	
5. 14~16	C 2	中島	
5. 13	C 3	大森, 住吉, 中島	
5. 14	C 3	大森, 住吉, 中島	
5. 17	C 2	住吉, 中島	
5. 18	C 5 サウスコル	大森	
5. 19~20	C 2	住吉, 中島, 大森	

5. 21	B C	広谷, 中島, 大森	●採血—血液系検査
5. 23	B C	"	● " , 心電図
5. 22~23	B C	"	●血圧, 息こらえ他, 心電図
5. 28	タンボチエ	住吉, 中島, 大森, 広谷	●息こらえ, 血圧, 体重他 但し往復キャラバン期間中の現地施療は殆んど連日実施された。又登山期間中の記録は主たるもので, 連日の如く実施されていた診療, 個々の検査については省略した。
6. 20	羽田		本隊帰国
6. 25	東横病院	広谷, 大森	●保存血清各種測定
6. 27	東横病院	広谷, 長尾	●データー解析
7. 3	辰沼病院	辰沼, 大森, 長尾, 広谷	●本隊医療関係報告
7. 15	辰沼病院	辰沼, 大森, 松田, 広谷	●成田隊員, 死亡原因についての検討
7. 20	三井生命	住吉	●データー集計法についての検討
9. 22~23	龍名館	辰沼, 長尾, 中島, 大森, 広谷	●成田保険問題についての検討
10. 2	辰沼病院	辰沼, 大森	●三井生命今宮課長と会談, 成田死亡証言に関して
10. 11~12	岩手県湯本温泉 (日本体力医学会)	辰沼, 大森, 広谷	●体力医学会, 生気象学会報告用データーの集計
10. 18~19	和歌山県白浜 (日本生気象学会)	辰沼, 中島, 長尾, 広谷	●体力医学会口演要旨の作成
12. 12~13	龍名館	辰沼, 長尾, 住吉, 中島, 大森, 広谷	●エベレスト登山に於ける順化の様相について (口演)
46. 1. 9~10	龍名館	辰沼, 住吉, 長尾, 中島, 大森, 広谷	●高松宮殿下に経過報告
1. 23~24	八王子大学セミナーハウス (海外登山技術研究会)	中島, 大森, 広谷, 住吉, 長尾	●エベレスト登山に於ける順化の様相について (口演)
3. 6	龍名館	住吉, 中島, 大森, 広谷, 他エベレスト隊員	●体液の変動レポートの検討
5. 15~16	龍名館	辰沼, 中島, 住吉, 大森, 長尾, 広谷	●呼吸系, 循環器系データーの整理
5. 5. 17	国際文化会館	編集委員会	●公式報告書のまとめ方について打合せ
			●公式報告書データーの集計, 検討
			● " 目次の作成
			● " 分担の明確化
			●外国雑誌, 専門誌関係への投稿について
			●日山協, 海外登山技術研究会口演について
			●エベレストに於ける高所医学研究結果について(口演)
			●高所医学に関するパネルディスカッション
			●報告書作成についての打合せ一般
			●報告書最終原稿のチェック及び調整
			●ミュンヘンオリンピックに於ける体力医学論文発表に関して打合せ
			●公式報告書提出

エベレスト地域における地球物理学的研究

河 野 長

現在、活火山や地震などの地殻活動がさかんに起っている地域を調べてみると、これらが幅のせまい帯のようになって地球上に分布していることがわかる。これらには大別して、①島弧・海溝系、②海嶺（rift）系、③新しい造山帯の3つがあり、これらの帯によって仕切られた内側の地域（大陸・海底）では、地殻は比較的安定と考えられる（第1図）。最近20年程の間に、世界中で各種の地球物理学的測



第1図 世界をとりまく Rift System（2重線）と島弧・海溝系

定（地磁気・重力・熱流量・地震伝播等）が活潑に行なわれ、特にそれ以前は殆んど測定されていなかった海洋地域での研究が盛んに行なわれた結果、①や②の地域については膨大なデータが蓄積され、その運動の模様なども詳しく論ぜられるようになってきている。^{1), 2)}ところが③の新しい造山帯（アルプス・ヒマラヤなどのいわゆるアルプス造山帯）については、ヨーロッパ・アルプス以外^{3) 4)}は組織的研究が乏しく、地質学的記載がなされている程度といってもよい程度である。

筆者は今回のエベレスト登山隊に参加することになったのを機会に、このギャップを埋める何からの調査をしたいと考えた。現地での交通の不便や、登山隊員としての行動上の制約を考え、移動しながら出来ることだけに問題をしぼり、重力の測量と岩石の採集を行なうことにした。調査に使用した用具類は第1表に示した。採集した岩石についての研究はまだ進んでいないので、ここでは話を重力に限ることとする。

第 1 表 用 具 類

品 名	数量	備 考
ウ オ ル ド ン 重 力 計	1台	№346 建設省国土地理院より借用
重 力 測 量 簿	2冊	“ 寄贈
小型フラックスゲート磁力計	1	東京大学理学部より借用
ロ ッ ク ハ ン マ ー	1	
ク リ ノ メ ー タ ー	1	
試 料 袋 (布 製)	100	地質調査所 倉沢一氏寄贈
“ (ポリエチレン)	100	“ “

この研究に使用した重力計は建設省国土地理院よりお借りしたものである。国土地理院測地第一課の藤田尚美・柿沼清一の両氏にこのことで大変お世話になった。また採集岩石の整理・検鏡は、地質調査所の倉沢一氏と東京大学理学部地質学教室の清水孚道氏の御協力によって可能

となった。これらの方々にあつくお礼申し上げる。

1. 重力の意味

重力は地球の表面上では大体 980cm/sec^2 程度の大きさであるが、場所毎に少しずつ違いがある。この違いは次のように、いくつかの原因による部分に分けて考えることができる。

- (1) 緯度の違いによるもの。重力は地球の及ぼす引力と、地球の回転による遠心力の和であるが、地球が完全な球ではなく、回転楕円体に近い形をしているためと、遠心力の向き・大きさが各緯度毎に異なるため、重力の値が変わってくる。
- (2) 高度の違いによるもの。万有引力の大きさはニュートンの法則に従い、距離の2乗に反比例して小さくなる。従って他の要因が同じ場合には、高い所で測った重力の値の方が低い所で得られる値より小さくなる。
- (3) 海面より上にある質量によるもの。上に述べた高度による違いは、地球の質量が全て中心にあるか、又は質量の分布の仕方が球対称の場合は厳密に成立する。しかし実際には少なくとも地表付近は球対称ではないわけで、山の上で測った重力は、その山体の及ぼす引力が入っているから、重力をある基準の高さの面での値に直してくらべる時には、この山体の引力を差し引いてやらねばならない。又、近くに大きな山などがあればそれによっても重力は変化する。
- (4) 海面より下にある異常質量によるもの。

以上あげた様々な要因のうちで(1)~(3)については、実際の測定、あるいは無理のない仮定をして見積もることができる。ここで意図していることは、これらの影響をとりのぞいて、(4)、即ちヒマラヤの地下構造がどのようなものであるかを調べることである。次にまず、(1)~(3)の影響をとりのぞく方法について簡単に述べ、それから実際のデータに移って行こう。

^{8), 9)}

2. 重力異常の計算法

地球が赤道半径 6378.338km 、扁平率 $1/297$ の回転楕円体であることを考慮し、球からのずれの影

響と遠心力による影響をとり入れると、ある緯度 φ における正規重力 γ_0 は、

$$\gamma_0 = 978049 (1 + 0.0052884 \sin^2 \varphi - 0.0000059 \sin^2 2\varphi) \text{ mgal} \quad \dots\dots\dots (1)$$

と表わすことができる（国際重力式、なお、単位のミリガルは 0.001 cm/sec^2 のことである）。基準高度面として平均海水面をとり、この面上での重力を g_0 であらわすと、

$$g_0 = \frac{GM}{R^2}$$

となる。但しここで G は万有引力定数、 M は地球の質量、 R はその半径である。次に高さ h の測定点で重力 g が得られたとする。もし海上にある質量を無視すれば、測定点は空中に浮いていることになるが、この時の重力は、

$$g = \frac{GM}{(R+h)^2} \div \frac{GM}{R^2} \left(1 - 2 \frac{h}{R} + 3 \frac{h^2}{R^2} - \dots\dots\dots \right)$$

とあらわされ、結局、高度の違いだけによる変化 δg は、

$$\delta g = g_0 - g \div \frac{2g_0}{h} h \left(1 - \frac{3h}{2R} + \dots\dots\dots \right)$$

となる。前に述べたように g_0 も R も実際は緯度によって変化するが、両者の比 g_0/R は緯度によらずほぼ一定である。また、かっこ内の第2項以下は小さいので省略することができる。結局 h をメートルで表わしたとき、

$$\delta g = 0.3086 h \text{ mgal} \quad \dots\dots\dots (2)$$

となる。これをフリー・エア補正と呼び、また次の量

$$\Delta g_0 = g_0 - \gamma_0 = g + \delta g - \gamma_0 \quad \dots\dots\dots (3)$$

をフリー・エア異常 (Free air anomaly) と呼ぶ。

今の計算では測定点が空中に浮んでいるように考えたが、実際には勿論物質がつまっていたり引力を及ぼしているわけである。この影響をとり除くために、測定点付近の地形を、測定点の高度 h を厚さとする密度 ρ の無限平板に近似して補正するのがブーゲー補正である。簡単な計算によって、

$$\delta g'' = 2 \pi G \rho h \quad \dots\dots\dots (4)$$

が得られる。フリー・エア補正とともにブーゲー補正を加えて得られる重力異常。

$$\Delta g_0'' = g + \delta g - \delta g'' - \gamma_0 \quad \dots\dots\dots (5)$$

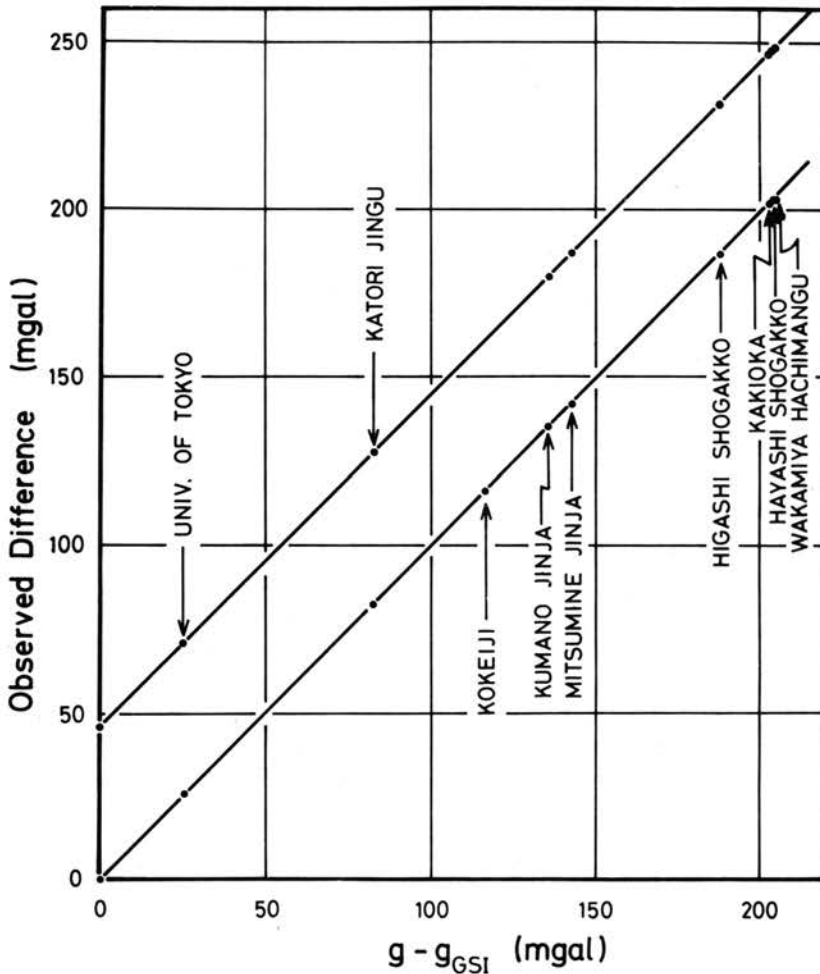
をブーゲー異常 (Bouguer anomaly) と呼ぶ。

3. 測定データの信頼性について

実際の測定値へ進む前に、ここでこの重力測定に含まれる種々の誤差の大きさを見積っておくことにしよう。この見積もりによって、個々の測定点での重力の値がどの程度信頼できるかを導びくことができる。

(1) 重力計の感度

この重力計は国土地理院において検定しており、その感度はダイヤルの一目盛りについて、 0.10409 mgal/div と与えられている。日本出発前と帰国後に重力値のわかっている東京―柿岡線で二度再検定を行なったが、この感度は十分正しいことがわかった（第2図参照）。この機械の常として、ド



第2図 東京―柿岡線でのウォルドン重力計No.346の検定結果。横軸は各点の重力と基点（国土地理院）の重力の差、縦軸はダイヤル定数を 0.10409 mgal/div とした時の実測値から2月7日の基点の値を引いたもの。下の直線は2月7日、上の直線は7月16日のもので、いずれも勾配1の直線上に並び、ダイヤル定数が正しいことを示す。2直線の差はこの間の原点のドリフトを示す。

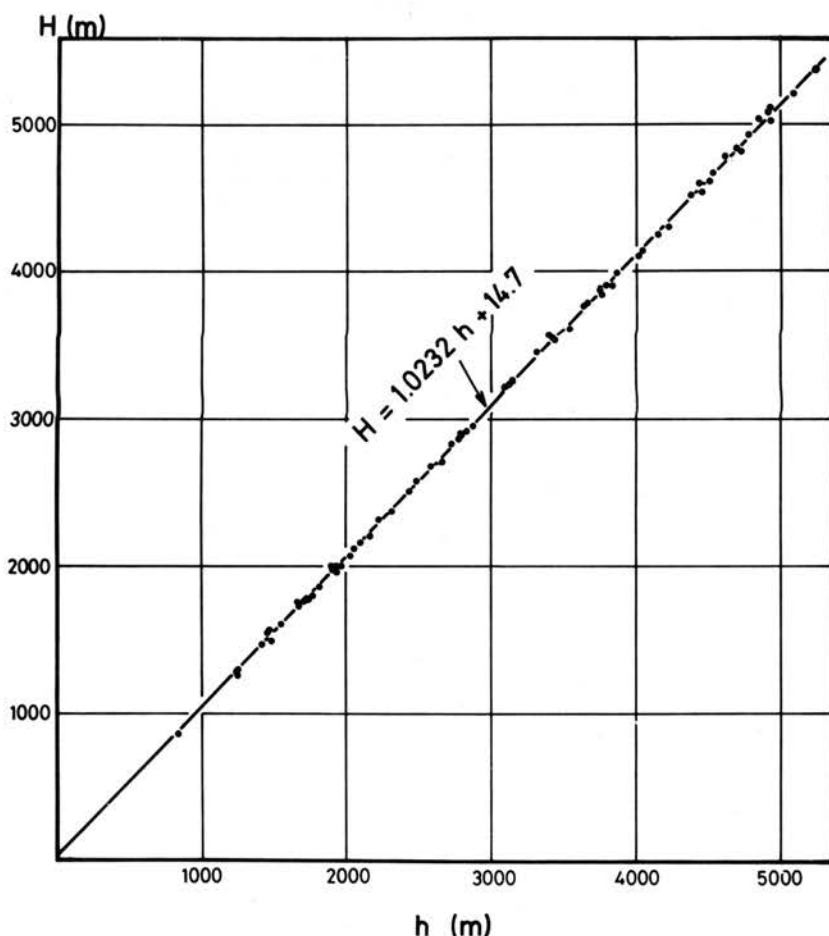
リフトがかなり大きいのは止むを得ない。このドリフトについては5ヶ月間、途中で全く検定していないので、直線近似がどの程度正しいかはかなり疑問である。しかしこのことによる誤差は、大きくとも 1 mgal を越えることはないと思われるので、以下で述べる各種の誤差に比して十分小さく無視することができる。ドリフトの補正は測定で得た重力値に $-0.2803T \text{ mgal}$ （ T は2月7日から各測定までの日数）を加えることになされた。

(2) 測定点の位置と高度

測定点のうち№17～№56および№87～№124については、それぞれSchneiderの5万分の1の地図^{10), 11)}によって位置を確かめることができたので、緯度・経度に誤差はなく、高度の誤差も20m以下と考えられる。その他の点では位置はGSGSの地図¹²⁾、高度は気圧高度計で求めた。この気圧高度計は指示高度はかなり真の高度と異なっているが、地図上で高度のわかる点を使って検定した結果は第3図の如くなり、指示高度を h 、真の高度を H とすると、

$$H = 1.0232 h + 14.7 \text{ (m)} \quad \dots\dots\dots(6)$$

の関係が非常によく成り立っていることがわかる(相関係数 $r=0.99974$)。この式による H の標準



第3図 使用した高度計の指示度(h)と真の高度(H)の関係

誤差は29.1mであり、従って全測定点に対して30mの誤差を考えればよいことがわかる。(3)式と(5)式を参照すると、30mの高さの変化に対してはフリー・エア異常で9.3 mgal、またブーゲー異常では6.0 mgalの誤差が生じることがわかる。GSGSの地図で求めた緯度がもし仮に1分異っていたとしても、これによる誤差は(1)式によれば1.2 mgalで、高度による誤差が圧倒的に大きい。

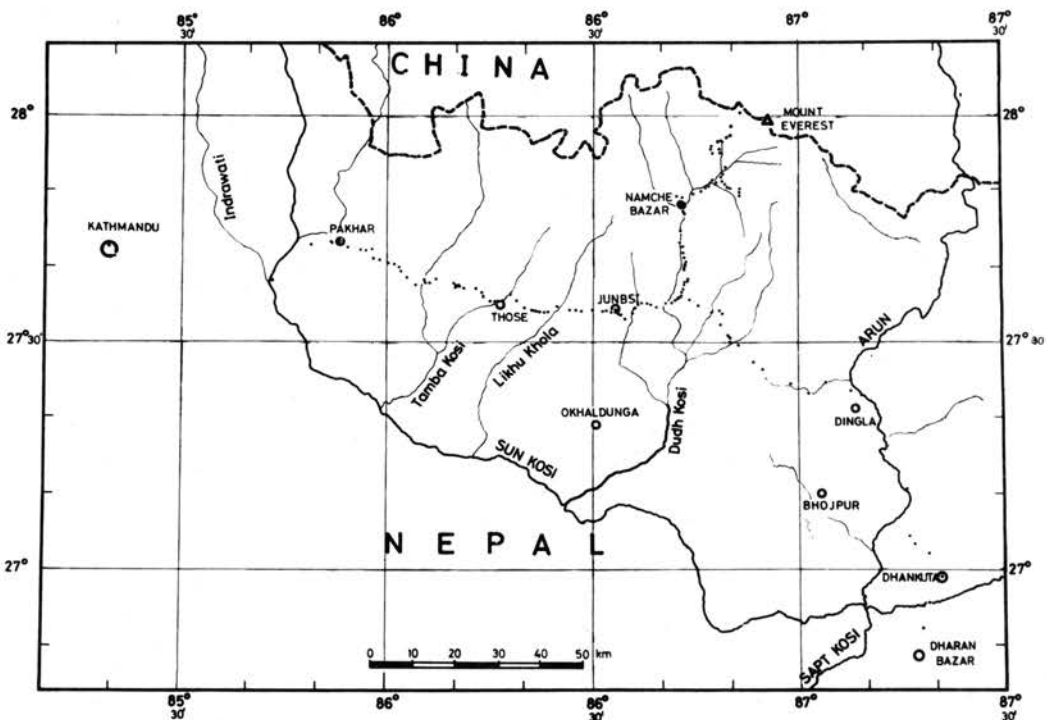
(3) 周囲の地形の影響

前に示したブーゲー異常の計算法は、測定点付近を平板でおきかえており、出岳地帯のように凸凹の激しい地形に対して適用するのは正しくない。このような場合には実際の地形を考慮した補正(地

形補正)をすることが必要であるが、この手続きは極めて面倒で以下のデータについては省略してある。この補正は富士山の頂上のような山頂や深い谷の底などでは極めて大きい、平地でなくとも、山の中腹のように測定点の周囲にその場所より高い所と低い所が同程度にある場合は十分小さくなる。今回の測定点は山の中腹のような所が多いが、中には地形の影響の大きな所もあると思われるので注意を要する。

4. 重力データ

第2表に今回測定して得た重力データをまとめた。表中 N は測定回数、 H は地図で与えられたか又は(6)式で求めた高度(m)である。全部で145の測定点で合計202回重力測定を行なった。これらのデータは国土地理院内の重力基点($g_{GSI}=979777.0 \text{ mgal}$)を基準にして値を求め、更に前節に述べたドリフトの補正をした。なお、これらの重力の測定点の分布は第4図に示した。これらのデータの示す



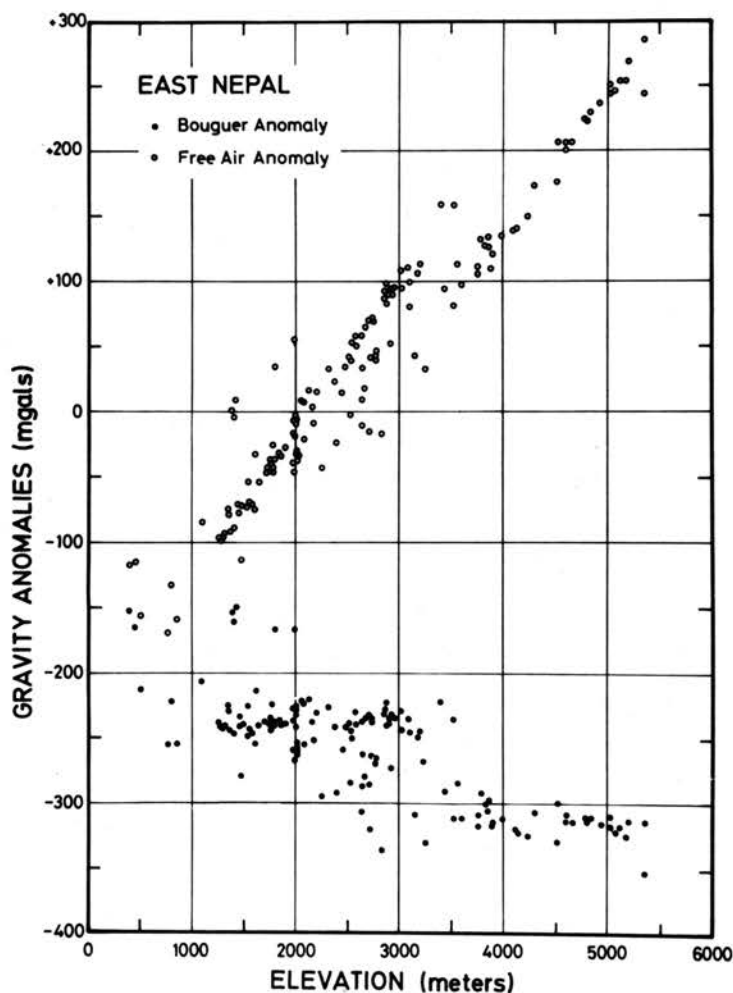
第4図 東部ネパールにおける重力測定点の位置。

高度とフリー・エア及びブーゲー異常との関係を第5図に示す。高度に対してフリー・エア異常は強い正の相関、ブーゲー異常は弱い負の相関を持つことがわかる。この結果は、インドにおける重力異常と高度の関係とよく似ている。第5図には明示していないが、重力異常と高度の関係が①Kathmandu-Khari Khola, ②Khari Khola-Everest, ③Khari Khola-Dhankutaの各地域

第2表 東部ネパールの重力測定結果

(Results of Gravity Survey in East Nepal)

No	Location	N	Latitude	Longitude	H	γ	γ_0	$\Delta\gamma$	$\Delta\gamma_0$	$\Delta\gamma_1$
1	KATHMANDU MAHARAJ GANG	8	27 42.0	85 19.0	1350	978607.83	979148.71	416.61	151.08	-78.86
2	KATHMANDU AIRPORT	8	27 42.0	85 20.0	1348	978671.17	979161.47	415.99	150.80	-85.11
3	LANSANGU	8	27 38.0	85 43.0	1611	978753.56	979157.77	415.04	150.80	-169.16
4	PIKHU	8	27 42.0	85 48.0	1478	978559.66	979156.71	416.05	147.08	-167.08
5	PAKHAR 1	1	27 43.0	85 52.0	1833	978566.38	979163.94	556.58	205.39	-30.96
6	PAKHAR 2	1	27 43.0	85 52.0	1897	978551.83	979163.94	565.53	218.06	-86.57
7	MURDALA	1	27 43.0	85 52.0	1998	978559.18	979163.94	571.10	223.71	-117.61
8	MURDE PASS	1	27 42.0	85 54.0	2470	978435.29	979162.71	732.55	276.36	-34.93
9	DOHLARI	1	27 42.0	85 56.0	2531	978481.07	979162.71	781.30	283.23	-39.66
10	SHURKE	1	27 42.0	85 57.0	2548	978436.36	979162.71	804.46	288.30	-39.33
11	SHURKE TRIBUTARY	1	27 43.0	85 58.0	1708	978589.85	979161.47	585.53	190.51	-46.08
12	SHURKE KHOLA	1	27 41.0	85 59.0	1559	978611.87	979161.47	481.33	174.49	-66.84
14	TSARUNGE KHOLA	1	27 40.0	86 0.0	1406	978637.83	979160.24	433.96	157.38	-86.44
15	TIMARE SHREVENI	1	27 40.0	86 1.0	1365	978648.15	979160.24	481.33	152.74	-90.75
16	MANABHAI KHOLA	1	27 39.0	86 2.0	1314	978661.38	979159.50	405.55	147.01	-93.10
17	GUANCHARI KHOLA	1	27 39.0	86 3.0	1280	978665.95	979159.50	395.00	143.19	-98.53
18	GHOKSILA	1	27 37.6	86 4.0	1800	978671.16	979158.14	459.81	166.69	-72.08
19	KHANTICCHAP	1	27 37.6	86 5.0	1860	978733.39	979158.14	485.39	162.81	-159.36
20	TAMBA KHOLA	1	27 38.0	86 5.6	1300	978661.38	979157.77	401.18	145.43	-95.01
21	WUDDI MILKHAT	1	27 38.0	86 6.1	1340	978637.83	979157.77	450.55	153.33	-70.01
22	NAKDU	1	27 38.5	86 7.1	1540	978630.11	979153.39	475.24	172.88	-53.02
23	KARRE DHUNSA	1	27 38.5	86 9.6	1800	978566.47	979157.77	556.48	201.37	-35.61
24	YARSA KHOLA	1	27 37.6	86 9.7	1980	978560.69	979157.77	511.08	221.50	-87.44
25	YARSA RIDGE	1	27 37.6	86 10.0	2000	978537.64	979157.40	617.80	223.74	-8.55
26	YARSA	1	27 37.6	86 10.0	2000	978536.46	979157.40	617.80	223.74	-3.74
27	YARSA CHORTEN	1	27 37.6	86 10.0	2000	978536.46	979157.40	617.80	223.74	-3.74
28	YARSA SLOPE	1	27 37.1	86 10.1	8370	978449.69	979156.78	731.38	265.13	-84.88
29	CHISAPANI	1	27 37.1	86 11.0	8510	978485.15	979156.78	774.58	280.80	-48.95
30	CHISAPANI DALA	1	27 37.1	86 11.0	8510	978485.15	979156.78	774.58	280.80	-48.95
31	SIGRI KHOLA	1	27 36.6	86 13.5	1780	978565.08	979156.17	549.30	199.13	-41.78
32	SIGRI KHOLA SKINTEL	1	27 36.1	86 14.0	1970	978531.55	979155.55	607.94	220.38	-16.05
33	JIRI ROAD	1	27 35.6	86 15.0	1790	978573.05	979154.94	623.13	246.89	-36.78
34	KATTIKE	1	27 35.6	86 15.7	1740	978574.48	979154.94	636.96	194.65	-43.48
35	THOSE HIGH SCHOOL	1	27 35.6	86 16.1	1740	978573.05	979154.94	636.96	194.65	-44.09
36	KANSATI	1	27 35.6	86 16.1	1740	978573.05	979154.94	636.96	194.65	-44.09
37	SILWALYA BRIDGE	1	27 35.6	86 16.1	1740	978573.05	979154.94	636.96	194.65	-44.09
38	MULDANDA	1	27 35.6	86 16.1	1740	978573.05	979154.94	636.96	194.65	-44.09
39	CHANGDA DALA	1	27 35.6	86 16.1	1740	978573.05	979154.94	636.96	194.65	-44.09
40	CHANGDA GOMPA	1	27 34.3	86 21.0	2200	978489.73	979153.46	678.92	246.18	-15.19
41	CHANGDA	1	27 34.3	86 21.0	2200	978489.73	979153.46	678.92	246.18	-15.19
42	DOHARPA	1	27 34.3	86 21.0	2200	978489.73	979153.46	678.92	246.18	-15.19
43	THALA KHOLA	1	27 34.0	86 22.0	2000	978587.43	979152.86	617.80	223.74	-8.34
44	KOKARPA BRIDGE	1	27 34.0	86 22.0	2000	978587.43	979152.86	617.80	223.74	-8.34
45	TATIN PIENASSA	1	27 34.0	86 22.0	2000	978587.43	979152.86	617.80	223.74	-8.34
46	KENJA	1	27 34.0	86 22.0	2000	978587.43	979152.86	617.80	223.74	-8.34
47	SETE	1	27 34.0	86 22.0	2000	978587.43	979152.86	617.80	223.74	-8.34
48	JUNRESE ROAD	1	27 34.0	86 22.0	2000	978587.43	979152.86	617.80	223.74	-8.34
49	GOIN	1	27 34.0	86 22.0	2000	978587.43	979152.86	617.80	223.74	-8.34
50	JUNRESE PASS	1	27 34.0	86 22.0	2000	978587.43	979152.86	617.80	223.74	-8.34
51	TRADEBOUR MANI	1	27 34.0	86 22.0	2000	978587.43	979152.86	617.80	223.74	-8.34
52	TRADEBOUR	1	27 34.0	86 22.0	2000	978587.43	979152.86	617.80	223.74	-8.34
53	TRADEBOUR TO JUNRESE	1	27 34.0	86 22.0	2000	978587.43	979152.86	617.80	223.74	-8.34
54	JUNRESE CHORTEN	1	27 34.0	86 22.0	2000	978587.43	979152.86	617.80	223.74	-8.34
55	JUNRESE KHOLA	1	27 34.0	86 22.0	2000	978587.43	979152.86	617.80	223.74	-8.34
56	THAKSETA	1	27 34.0	86 22.0	2000	978587.43	979152.86	617.80	223.74	-8.34
57	SALU	1	27 34.0	86 22.0	2000	978587.43	979152.86	617.80	223.74	-8.34
58	SEHARA KHOLA	1	27 34.0	86 22.0	2000	978587.43	979152.86	617.80	223.74	-8.34
59	RINDHO	1	27 35.0	86 26.0	2859	978564.66	979154.07	682.24	319.66	-92.93
60	RINDHO CHORTEN	1	27 35.0	86 26.0	2859	978564.66	979154.07	682.24	319.66	-92.93
61	TAKSINDU LA	1	27 35.0	86 26.0	2859	978564.66	979154.07	682.24	319.66	-92.93
62	TAKSINDU LA	1	27 35.0	86 26.0	2859	978564.66	979154.07	682.24	319.66	-92.93
63	MUNTARA	1	27 35.0	86 26.0	2859	978564.66	979154.07	682.24	319.66	-92.93
64	PURABE	1	27 35.0	86 26.0	2859	978564.66	979154.07	682.24	319.66	-92.93
65	DHUN KOSI	1	27 35.0	86 26.0	2859	978564.66	979154.07	682.24	319.66	-92.93
66	DHUN KOSI	1	27 35.0	86 26.0	2859	978564.66	979154.07	682.24	319.66	-92.93
67	CHOKAN DALA	1	27 35.0	86 26.0	2859	978564.66	979154.07	682.24	319.66	-92.93
68	KHARI KHOLA CHORTEN	1	27 35.0	86 26.0	2859	978564.66	979154.07	682.24	319.66	-92.93
69	KHARI KHOLA	1	27 35.0	86 26.0	2859	978564.66	979154.07	682.24	319.66	-92.93
70	KHARI KHOLA BRIDGE	1	27 35.0	86 26.0	2859	978564.66	979154.07	682.24	319.66	-92.93
71	KHARTE	1	27 35.0	86 26.0	2859	978564.66	979154.07	682.24	319.66	-92.93
72	PATACARE	1	27 37.0	86 43.0	2726	978337.00	979156.54	841.99	304.88	-25.76
73	KHARTE DALA	1	27 37.0	86 43.0	2726	978337.00	979156.54	841.99	304.88	-25.76
74	PUIYAN KHOLA	1	27 39.0	86 43.0	2761	978346.21	979159.00	860.24	311.85	-46.66
75	PUIYAN	1	27 39.0	86 43.0	2761	978346.21	979159.00	860.24	311.85	-46.66
76	PUIYAN MANI	1	27 39.0	86 43.0	2761	978346.21	979159.00	860.24	311.85	-46.66
77	PUIYAN DALA	1	27 39.0	86 43.0	2761	978346.21	979159.00	860.24	311.85	-46.66
78	SHURKE BRIDGE	1	27 40.0	86 43.0	2933	978398.59	979160.24	738.67	267.78	-82.97
79	LUXOPPA KHOLA	1	27 40.0	86 43.0	2933	978398.59	979160.24	738.67	267.78	-82.97
80	MUSE KHOLA	1	27 40.0	86 43.0	2933	978398.59	979160.24	738.67	267.78	-82.97
81	CHANDIKHANGA	1	27 41.0	86 43.0	2644	978338.00	979161.47	776.56	281.51	-82.81
82	CHOMULUN	1	27 42.0	86 43.0	2715	978343.61	979162.71	838.14	303.84	-19.07
83	KOLUCHANGA KHOLA	1	27 43.0	86 43.0	2644	978338.00	979161.47	776.56	281.51	-82.81
84	PAIDINDHA	1	27 43.0	86 43.0	2644	978338.00	979161.47	776.56	281.51	-82.81
85	PENCARO	1	27 45.0	86 43.0	2715	978338.00	979161.47	776.56	281.51	-82.81
86	LARISA TANGA	1	27 47.0	86 43.0	2644	978338.00	979161.47	776.56	281.51	-82.81
87	MANCHE ROAD	1	27 47.0	86 43.0	2644	978338.00	979161.47	776.56	281.51	-82.81
88	MANCHE HILL	1	27 47.0	86 43.0	2644	978338.00	979161.47	776.56	281.51	-82.81
89	MANCHE HILL CHORTEN	1	27 47.0	86 43.0	2644	978338.00	979161.47	776.56	281.51	-82.81
90	MANCHE HILLARY SCHOOL	1	27 47.0	86 43.0	2644	978338.00	979161.47	776.56	281.51	-82.81
91	MANCHE NAZAR	1	27 47.0	86 43.0	2644	978338.00	979161.47	776.56	281.51	-82.81
92	MANCHE TRAVELER ROAD	1	27 47.0	86 43.0	2644	978338.00	979161.47	776.56	281.51	-82.81
93	BONGTANGA BRIDGE	1	27 51.0	86 47.0	3900	978029.90	979174.22	1020.34	436.30	-128.82
94	THYANROCHE	1	27 51.0	86 47.0	3900	978029.90	979174.22	1020.34	436.30	-128.82
95	PANEROCHIE BRIDGE	1	27 51.0	86 47.0	3900	978029.90	979174.22	1020.34	436.30	-128.82
96	CHOLUNCHIE CHANGA	1	27 51.0	86 47.0	3900	978029.90	979174.22	1020.34	436.30	-128.82
97	LALABAMA	1	27 51.0	86 47.0	3900	978029.90	979174.22	1020.34	436.30	-128.82
98	RINDHO KHOLA	1	27 51.0	86 47.0	3900	978029.90	979174.22	1020.34	436.30	-128.82
99	RINDHO AIRFIELD	1	27 51.0	86 47.0	3900	978029.90	979174.22	1020.34	436.30	-128.82
100	RINDHO MORAIN	1	27 51.0	86 47.0	3900	978029.90	979174.22	1020.34	436.30	-128.82
101	RINDHO UPPER KHARSA	1	27 51.0	86 47.0	3900	978029.90	979174.22	1020.34	436.30	-128.82
102	AMA DARLAM SIDE MORAIN	1	27 51.0	86 47.0	3900	978029.90	979174.22	1020.34	436.30	-128.82
103										



第5図 東部ネパールにおける高度とフリー・エア異常及びブーゲー異常の関係

毎に少しづつ異なっているらしく、地下構造の違いを反映しているものとして興味深い。

この結果は大体次のようなことを意味していると考えられる。即ち、この地域の下地殻は、地表の地質構造と同じように、東西にのびる帯状のいくつかのブロックにわかれており、それぞれのブロックで地殻の厚さが異なるようである。また極めて高い山地であるにもかかわらず、この山脈の質量は地下ですべて打消さ

れているわけではなく、アイソスタシーはあまりよく成り立っていない。このことはヒマラヤ山脈が現在も活動をしている造山帯であることと関係があるものと思われる。現在更に詳しい検討を進めており、やがてヒマラヤの地下構造を明らかにすることが可能になるものと期待している。

文 献

1. 竹内 均・上田誠也：地球の科学，NHKブックス（1964）。
2. 上田誠也・杉村 新：弧状列島，科学38巻（1968）。
3. T.Hagen: Mount Everest, pp. 1-96, Oxford University Press (1969).
4. P.Bordet: Recherches Géologiques dans L'Himalaya du Népal, Région du Makalu, Édition CNRS, Paris (1961).
5. A.Gansser: Geology of the Himalayas, Interscience, New York (1964).

6. 橋本誠二：地質学雑誌 63巻 329 (1957) .
7. 安間 莊・秋葉 力：地質学雑誌 73巻 369 (1967) .
8. 坪川家恒・大森又吉：測地学序説, 山海堂 (1969) .
9. 坪井忠二 (編)：地球物理学, 岩波書店 (1966) .
10. E.Schneider:Tamba Kosi-Likhu Khola 1:50,000 (1968) .
11. E.Schneider:Khumbu Himal 1:50,000 (1965) .
12. GSGS:Nepal 1:506,880, East sheet (1953) .
13. M.N.Qureshy:J.Geophys.Res., Vol.76, 545 (1971) .
14. Gulatee:Technical Papers, Survey of India, Vol.10 (1956)

〔編 者 注〕

今回報告できなかったテーマについては現在整理中であるが、まとも次第逐次地震学会、日本地球電気会、American Geophysical Union 等において発表する予定である。なお、本稿の内容は地震学会春季大会において「東部ネパールの重力と地下構造」と題して発表した。

エベレスト峰の気象

— 1970年 プレモンスーン期の記録 —

長 田 正 行

ま え が き

この報告は、当登山隊の一つの目的であった学術調査に関するもので、その中の気象についての一部分である。

登山における気象係の任務は、収集した種々の気象情報を基礎として天候を予測し、これを適時適切に提供することにより、登山目的を容易にかつ安全に達成せしめるところの支援活動にある。

当隊は、エベレスト峰南壁からの登頂という、8,000m級の山では、初の本格的岩壁登はんを計画にもり込んだのであるが、これらの登山目的に対する気象支援は如何にあるべきかを検討し、計画を立てた。その他、できる限り現地における気象資料を収集し、今後のヒマラヤ地域の気象の解明に少しでも役立てたいと考えた。

計画及び準備の全般は、通信・気象係として、通信部門と合せて実施したが、現地ではそれぞれの専門により主担当者を決めて実施した。つまり、第2次偵察隊から越冬にかけて井上隊員が、本隊では長田、井上両各隊員がそれぞれ担当した。なお、井上隊員は本隊下山後もゴムハサに留り、モンスーン開始後の貴重な観測資料を持ち帰った。

資料の整理については、本隊の気象を長田が、第2次偵察隊から越冬にかけての気象及び本隊下山後の気象について井上隊員がそれぞれ担当した。又、気象部門には氷河の調査も含まれていたが、これについては総て井上隊員が担当した。

気 象 観 測

1. 概 要

マナスル、ヒマルチュリなどの観測資料を検討し、観測する気象要素を決定した。特に観天望気上の観点から、継続して比較検討する必要がある気象要素に重点をおいた。

観測にあたっては、他のシノプティックデーターと比較できるように、又登山活動という制約の中でも継続した観測ができるようにその方式、時間を定めて実施した。

しかしながら、登山行動には予期せぬ事態がしばしば出現し、欠測せざるを得ない場合もあり、当初の計画を完遂することができなかった。これら欠測のため、資料の分析・検討がやや正確さを欠き、中途半端な推論に終らざるを得ない場合があったことは、かえすがえすも残念であった。

登山活動における気象観測は、この点をよく考慮し、観測する気象要素を重点的に絞り、全期間を通して継続的にかつ一様な正確さをもって観測できるような配慮を必要とし、さらに観測実施者は、いかなる悪条件下でも観測を実施する意志と実行力をもつべきであるとの教訓を得た。

観測は、主に通信・気象係の隊員である長田、井上、河野が実施したが、係の不在間は他の隊員に依頼して実施した。特に平、内藤隊員にはベースキャンプにおける観測を、渡部隊員には第2キャンプの観測をかなり長期にわたって担当していただいた。

2. 観測の実施

観測は、原則として気象庁地上気象観測法に基づき実施したが、登山活動による制約及び携行器材の関係から、若干簡素化して実施した。

観測時間は、3時間毎定時観測とし、国際的に統一された00,03,06,09,12,15 GMT(グリニッチ標準時)に行なった。すなわち、遠征隊時間の06,09,12,15,18,21時に相当する時間である。この遠征隊時間は、現地のネパール地方標準時より20分進み、インド地方標準時より30分進みであり、エベレスト峰(27°59'N,86°56'E)の位置に相当する地方時より約12分進みである。

観測項目及び観測実施状況は、第1表に示すとおりである。観測にあたっては、定時観測の他、天気現象の開始・終了、雲の特徴、その他気の付いた現象はなんでも記録にとどめるよう特に配慮した。

第1表 気象観測実施状況

月 日	2 19	3 1	23	4 1	10	20	5 1	10	20	25	6 1	10	
隊 の 行 動	カ ト マ ン ズ 発	テ ィ ア ン ボ チ エ 着	ベ ー ス キ ャ ン プ 着	ア 第 1 ス キ ャ ン プ 着 オ ル ン プ 突 破 設		第 2 キ ャ ン プ 建 設	第 3 キ ャ ン プ 建 設	第 4 キ ャ ン プ 建 設	第 5 キ ャ ン プ 建 設	第 6 キ ャ ン プ 建 設	第 3 次 登 頂 中 止	ベ ー ス キ ャ ン プ 発	カ ト マ ン ズ 着
観 測 区 分	←キャラバン（往路）→			←ベースキャンプ 第1キャンプ 第2キャンプ サウスコル →								←キャラバン（復路）→	
観 測 目 的	キャラバン（往路）の場合 ・ 風向、風速・雲形 ・ 現在天気・雲向、雲速 ・ 過去天気・記事 ・ 視程 ・ 雲量			ベースキャンプの場合 ・ 風向・雲形 ・ 現在天気・雲向、雲速 ・ 過去天気・記事 ・ 視程 ・ 雲量			第1,第2キャンプの場合 ・ 左に同じ		サウスコルの場合		キャラバン（復路）の場合 ・ 風向、風速 ・ 現在天気 ・ 雲量 ・ 雲形 ・ 記事		
	・ 気圧高度 ・ 気温			・ 気圧高度 ・ 気温 ・ 風速 ・ 湿球温度（湿度） ・ 最高最低温度 ・ 自記器材（気圧、気温 湿度） ・ 新積雪			・ 気圧高度 ・ 気温 ・ 風速 ・ 自記器材（気圧、気温 湿度） ・ 新積雪		・ 長期記録温度計 による気温の観 測		・ 気温（一部のみ） ・		
備 考	・ 経路上の高度の測定 （気圧高度計により）			適時パイロットバルーン の観測を実施					第1次登頂時にセ ット、第3次登頂 （不成功）時に撤 去		現地気象観測所の資料収集		

キャラバンにおける観測は、目視観測を主とし、器材を使用しての観測は気圧高度と気温に限った。観測にあたっては、できる限り周囲の観測値として代表できるような場所を選定し、気温については日射の影響を考え、木蔭等を利用して観測した。

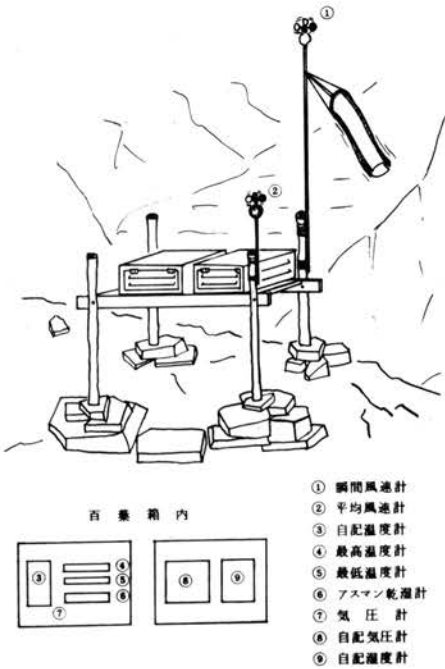
ベースキャンプ、第1キャンプ及び第2キャンプにおける定点観測は、第1図に示すようにダンボールの空箱を利用して簡易な百葉箱を作り、この中に観測器材をセットした。

定点観測については当初、ベースキャンプ、第2キャンプ及び第3キャンプの3カ所を予定していたが、荷上げ等の制限から前記のような結果となり、又第1キャンプ及び第2キャンプにおいては短期間の観測に終わってしまった。

サウスコルにおける観測は、吉田精機製 RT-101-G33 型という長期記録温度計により実施した。この器材は、冷凍食品等の流通过程における商品の品質管理等に使用されており、振動や衝撃に強いものである。これを第1次登頂時にサウスコルにセットし、約10日間の気温を観測した。

その他、ベースキャンプにおいては、パイロット・バルーン（上層風の観測）観測を実施したが、観測にかなりの熟練を要し、又山狭部のため視界の制限が大きく、十分な観測は実施できなかった。

なお、使用した観測記録用紙は第2表、携行した気象器材は第3表のとおりである。



第1図 ベースキャンプにおける観測所

第2表 気象観測記録用紙

第2表 気象観測記録紙										月 日		場所 (高度)		観測者			
時間	場 所 (高度)	気圧 (高度)	気温	風 向	風速	現在天気	過去天気	視 程	雲 量	雲 形	雲 向	雲 速	記 事				
		1mb (m, ft)	0.5℃	16方位	1m	ww	w	100m	8分量	27(10)	8方位	1〜3					
										CL							
										CM							
										CH							
										CL							
										CM							
										CH							
										CL							
										CM							
										CM							
										CL							
										CH							
										CM							
										CL							
										CH							
										CM							
										CL							
										CM							
										CH							
時間	場 所	アスマン乾湿度計		相対湿度	自記器材示度		最高気温	記 事									
		乾球	湿球		気圧	最低気温											
					湿度	積 雪											
					湿度	新 積 雪											

第3表 気象観測器材一覧表

品 名	規 格	数量
自記気圧計	中型7日巻	3
自記温度計	"	3
自記湿度計	"	3
アスマン通風乾湿計	ゼンマイ式	2
棒状温度計	100℃～-20℃, アルコール	2
"	50℃～-30℃, アルコール	10
"	50℃～-50℃, アルコール	4
最高最低温度計	50℃～-40℃, ルサフォート型	1
"	50℃～-50℃, U字型	4
長期記録温度計	RT-101-G33型	2
風速計	瞬間風速計	1
"	手持式, 30秒平均風速	3
気圧高度計	航空機用	3
バルーン	30g, 60g	50
ヘリウムボンベ	1,500ℓ入り	3
バルーン観測器材		1式
観測記録紙		250
各種記録紙		250
予備用ドラム		2

3. 観測結果

(1) 気温

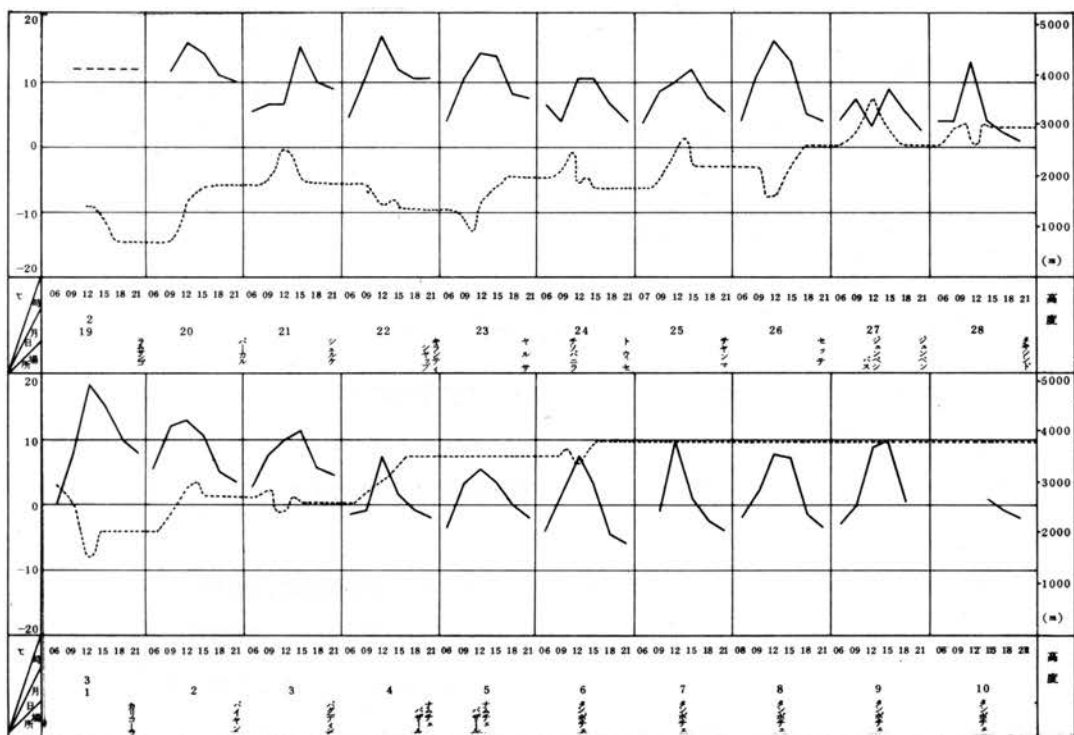
i) 往路のキャラバンにおける結果

キャラバンでは、棒状温度計を携帯し、0.5℃単位で観測した。第2図がカトマンズからベースキャンプまでの気温を表わしたもので、観測地点の標高を点線で示してある。

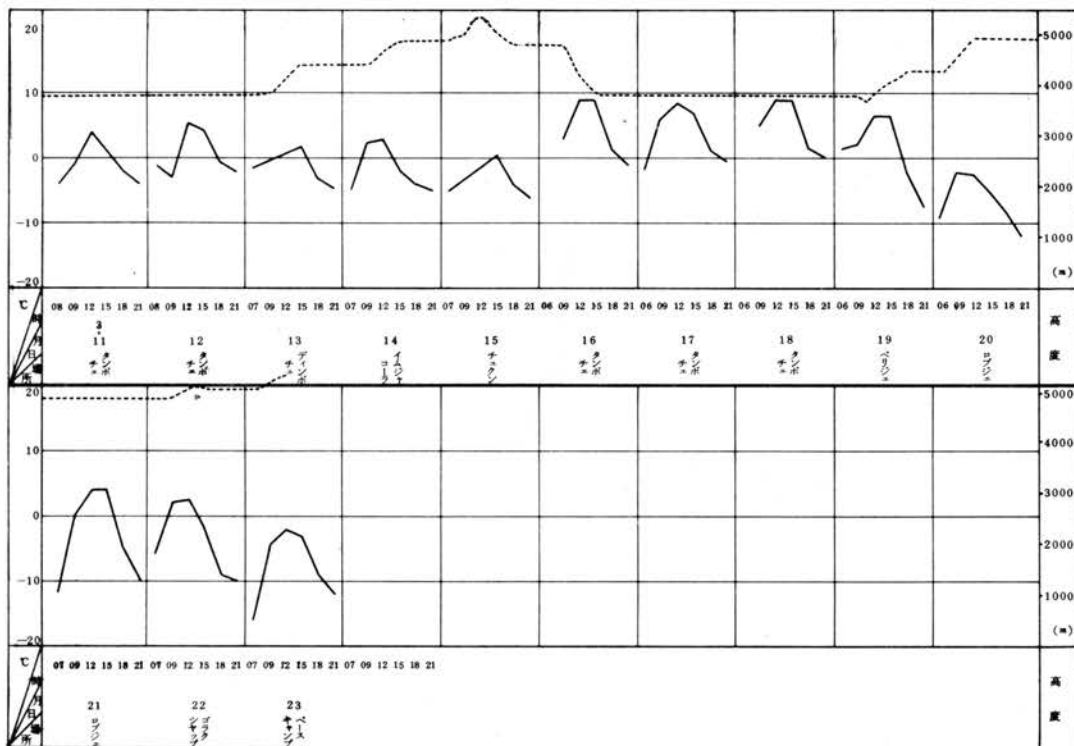
入山の時期が過去における遠征隊よりやや早かったためか気温が低く、隊員達は着替の準備等々とまどいを感じたようである。

期間を通しての最高気温は18.5℃(3月1日12時, ズートコシ, 標高1,500m)であり、最低気温は-16.0℃(3月23日07時, グラクシャップ, 標高5,150m)であった。高度に較べて気温の低い日は、3月5日, 3月11日, 3月20日であるが、これは後程述べるような上層の谷に伴う寒気流入の結果であろう。

期間を区分して気温の平均をとってみると、第4表のとおりである。



第2図-1 往きのキャラバンにおける気温



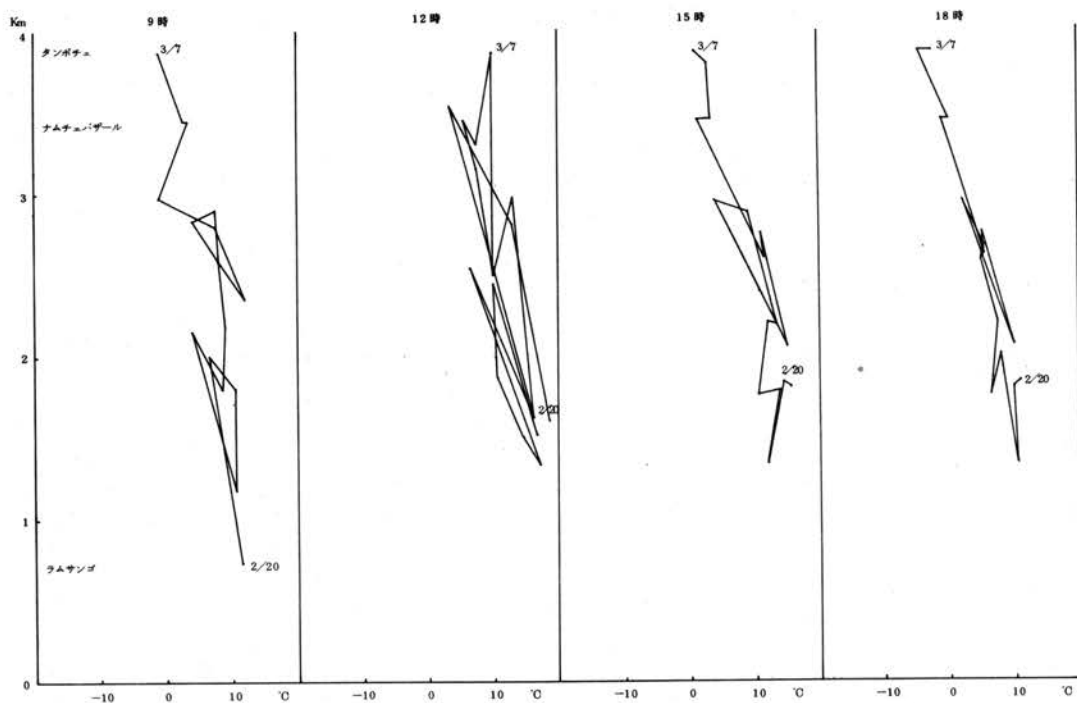
第2図-2 往きのキャラバンにおける気温

第4表 往きのキャラバンにおける平均気温

期 間	場 所 (高 度)	日最高気 温の平均	0 9時の 平均気温	日最低気 温の平均
2.20 ~ 3.3	ラムサンゴ ~ バグディン (730m) (2,660m)	13.8℃	8.5℃	3.8℃
3.4 ~ 3.18	バグディン ~ タンボチェ (2,660m) (3,850m)	7.6℃	1.3℃	-2.5℃
3.19 ~ 3.23	タンボチェ ~ ベースキャンプ (3,850m) (5,350m)	0.7℃	-0.5℃	-12.5℃

気温の日較差は、最高値は18℃、最低値は4℃で、平均は9.7℃であり、やはり盆地型を示しているが、想像したよりも小さい値であった。これはキャラバンの行動が最低気温を示す朝方低地を出発し、最高気温を示す昼頃峠に出て、再び谷間へ下るという行動が多かったこととも関係があらう。

第3図は、気温の垂直変化を日付順に結んだものである。垂直減率は、それぞれ約6℃/1000mで、マナスル¹⁾の場合と同様、富士山の5.6℃/1000mの値に近い。時間的に比較すると18時、15時、09時の順に垂直減率が小さくなり、そのバラツキは大きくなっている。これは低所に較べ高所の方が、日中の気温上昇率が大きいことを意味するものであらう。

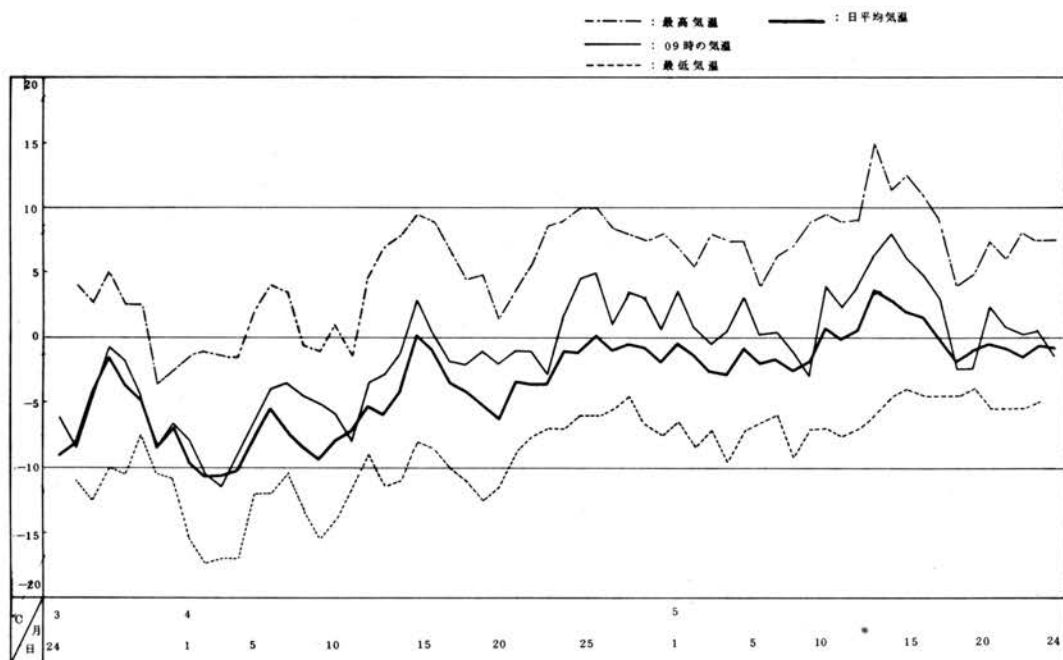


第3図 気温の垂直変化(2月20日~3月7日)

ii) ベースキャンプにおける結果

ベースキャンプにおいては、アスマン通風乾湿計及びルサフォート型最高最低温度計を使用し、0.1℃単位で観測した。又自記温度計による観測は、ほぼ完全に実施できた。

第4図が気温の変化を示したもので、日平均気温は4回平均(03,09,15,21時)によるものである。到着直後はやや高目であったが、その後急激に下降し、強い気圧の谷が通過した直後の4月2日には、-17.3℃というベースキャンプ観測中の最低値を記録した。その後は小さな振幅はあるが、ほぼ直線的に上昇を続け、雷雨活動が活発化する直前の5月13日には、15.0℃という最高値を記録した。5月13日過ぎから下降線となり、曇天模様となった5月17日過ぎから平行線をたどっている。



第4図 ベースキャンプにおける気温

この気温変化に伴う氷河の融氷は、最高気温が常に0℃以上になった4月10日頃から盛んになった。そして、日のあたる場所が融氷の結果だんだん低くなり、5月末テントを撤去する頃は、テント場と日向とで約1m余の落差がついていた。

気温の周期をみると、大きな変化は、9～10日周期となっているが、もう少し細かくみると、4～5日の周期も認められる。これを気圧の変化(第26図参照)と較べると、気圧の極値(気圧の峰、谷)の日から3日後までの間に気温の極値が出現している。つまり、中緯度における偏西風波動の機構に合致した変化を示している。すなわち、上層の谷の後面で気温が低く、上層の谷の前面で気温が高くなっている。このことは4月末までの天気図でも明瞭である。

4月2日から5月13日までの間の気温上昇率は、 $0.17^{\circ}\text{C}/\text{day}$ で、1953年のマナスルにおける結果²⁾($0.2^{\circ}\text{C}/\text{day}$)よりやや小さいが、1963年の米国エベレスト登山隊の結果とほぼ同様である³⁾。エベレスト峰周辺の自由大気中における同時期の気温上昇率は、標高4,500mで $0.09^{\circ}\text{C}/\text{day}$ 、6,000mで $0.03^{\circ}\text{C}/\text{day}$ であった。いかに地上付近の上昇率が大きいか分る。

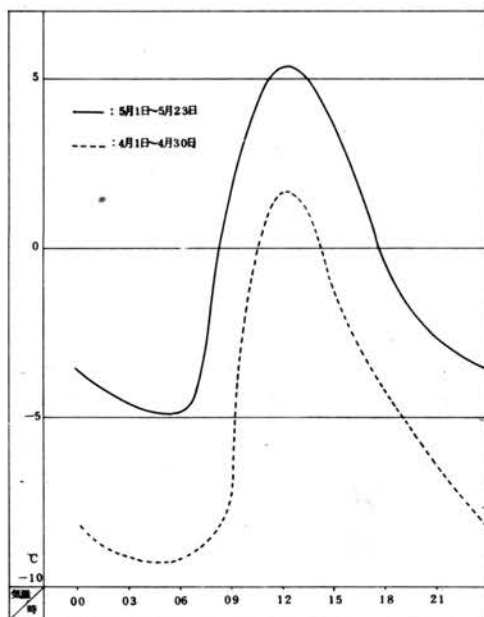
第5表は、気温の日較差であるが、キャラバン時より大きく完全な盆地型である。曇天時の値は当然ながら小さいが、この多くは5月18日以降のもので、最高気温は著しく下降するが、最低気温は上昇後平行線をたどっているのが特徴で、モンスーン時の状況に類似している。

第5表 ベースキャンプにおける気温の日較差

最	大	21.0℃ (5月13日)
最	小	6.5℃ (3月30日)
晴天(平均雲量5/8未満)日の平均		16.0℃
曇天(平均雲量5/8以上)日の平均		12.7℃
平	均	14.4℃

第5図は、4月及び5月の気温の日変化を示したものである。最低は朝方の5～6時頃で、日があたり始めると急激に上昇し、12時前後に最高となり、午後は上昇時よりやや緩やかな傾斜で下降している。

この激しい気温変化は、前述のように盆地型のものであるが、特に9時前後の急上昇は注目に値する。これは午前中は雲が少ないため強い日射を浴び、山谷風の変わり目で対流がないためであろう。



第5図 ベースキャンプにおける
平均気温の日変化

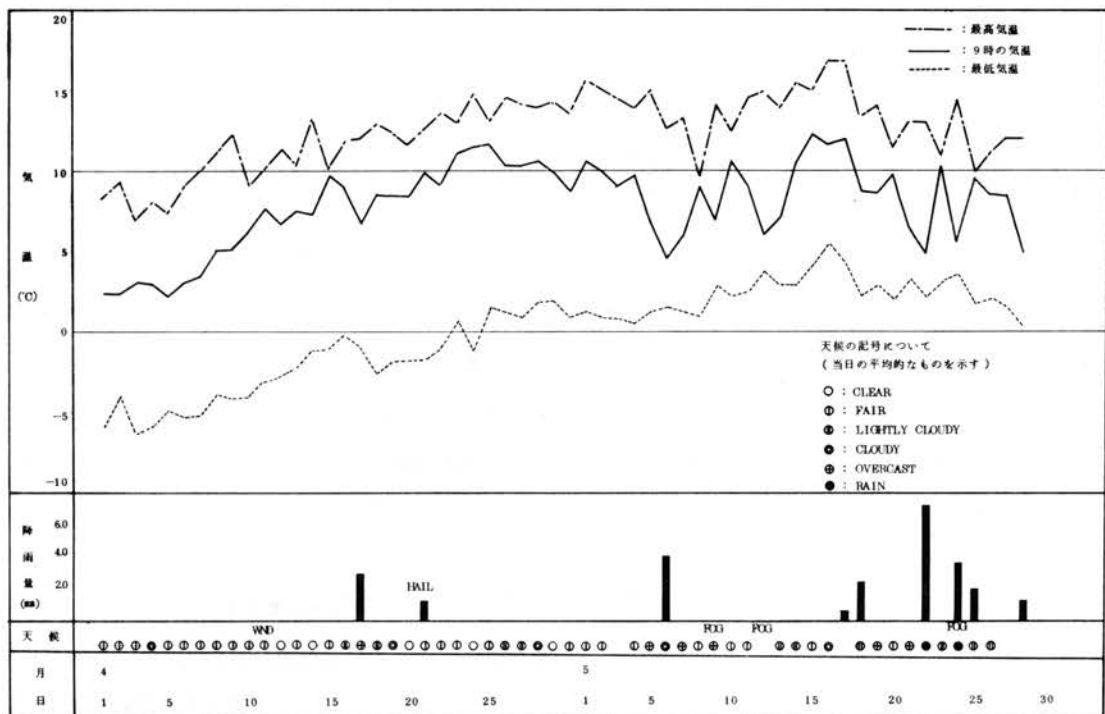
又、通常最高気温は、太陽の南中2時間後付近に出現するが、ここでは12時(ほぼ南中時)頃となっている。その原因としては、昼頃には決して積雲、積乱雲が空を覆ってくることや、地表面の条件が大地と異なり冰雪で覆われていることが考えられる。

4,5月共に大体同じ傾向であるが、5月の急上昇の時間は4月より約1時間早くなっている。これは丁度、日出時間が早まるのに関係があり、4月の初めには8時25分頃山際から太陽が出たが、5月初め頃は7時20分頃となった。

iii) ティアンボチェにおける結果

第6図は、ティアンボチェ(3,867m)

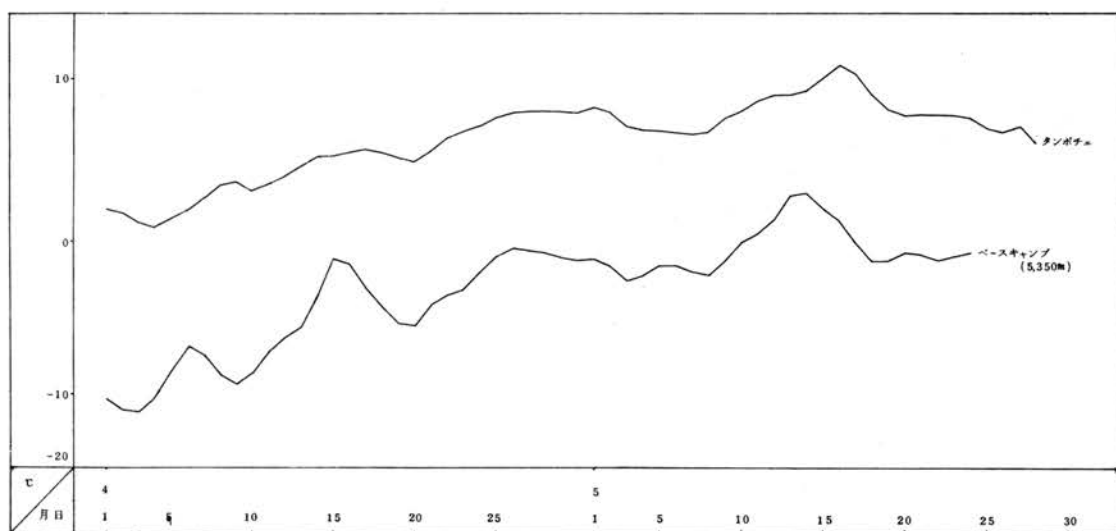
における気温、天候及び降雨量を表わしたもので、現地観測所の資料によるものである。



第6図 ティアンボチェ (3,867 m) における気温, 天候, 降雨量

気温の上昇率は $0.20^{\circ}\text{C}/\text{day}$ で、ベースキャンプより僅かに大きく、日較差の平均は 12.6°C で、ベースキャンプより小さくなっている。

第7図は、ティアンボチェとベースキャンプにおける気温の変化傾向を分かり易くするために、日平均気温を時系列で移動平均したものである。傾向はほぼ同じであるが、ベースキャンプの方が変



第7図 ベースキャンプとティアンボチェの気温の比較
(日平均気温, 移動平均値を示す)

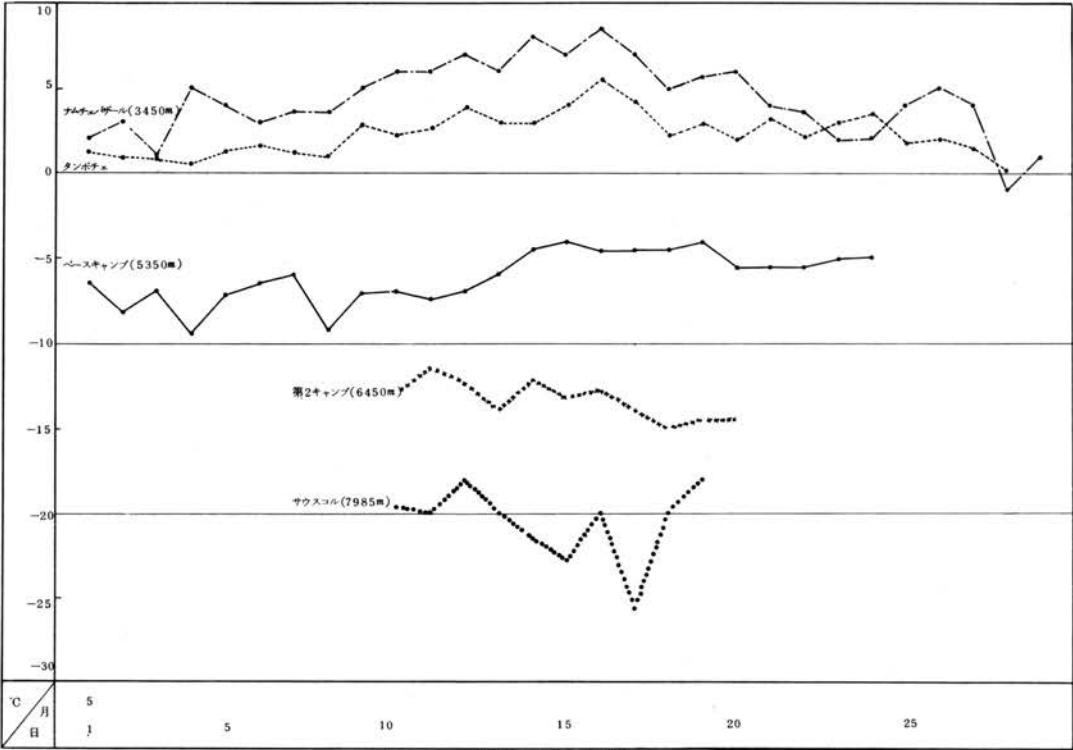
化が激しく、振幅が大きくなっており、より内陸的である。極値の出現は、ベースキャンプの方が1～3日位早く起っている。ティアンポチェはベースキャンプの南南西約30kmの所で、経度的には西に位置しているので、偏西風帯における西からの変化を考慮すると逆の関係にあり、不思議に思われた。高度の関係か、あるいは局地的なものか、はっきり分らないが、非常に興味深い問題である。

iv) 上部における結果

4月14日に第1キャンプ(6,150m)に入ったとき、最低気温が-12℃であったが、4月下旬には-9℃となった。日較差は、4月後半のみの比較ではベースキャンプより僅かに大きい程度であった。

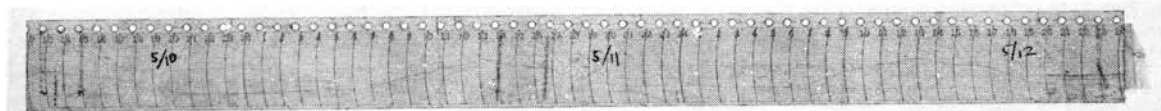
第2キャンプ(6,450m)においては、4月中旬の最低気温として-20℃を記録したが、5月中旬には-15℃となった。日較差は約20℃で、ベースキャンプよりかなり大きく、ウェスタンクームと呼ばれる内院の状況を如実に示していた。

サウスコルにおいては、長期記録温度計により、5月10日から19日までの記録をとったが、高温部は温度計が直射日光による影響を受け、信頼性がうすいので最低気温のみ示すと、第8図のとおりである。この間の最低は、5月17日6時の-25.7℃である。気温の変化傾向は、観測期間が短いので、明瞭でないが、第8図に示す下部の観測地点と比較すると、サウスコルでは5月17日から19日まで急上昇しているのに対し、下部では平行かやや下降しており、雷雨の活発化とともに注目すべき現象であろう。



第8図 最低気温の比較

なお、第9図はサウスコルにおける記録紙の一部である。



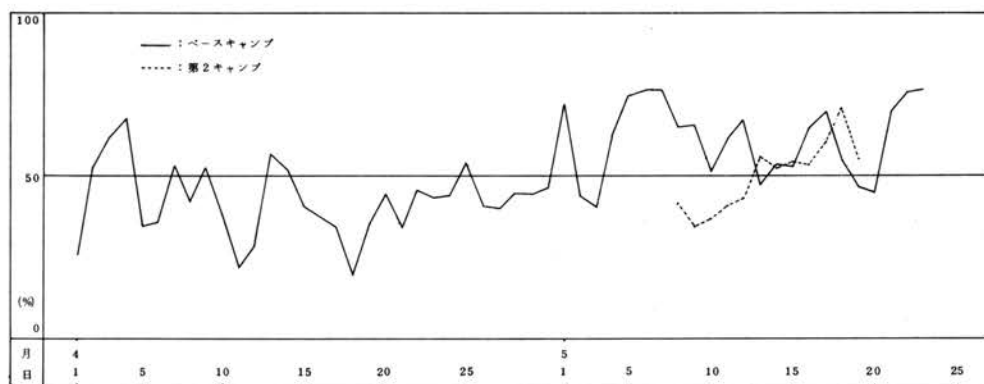
第9図 サウスコルにおける長期記録温度計の記録紙

(2) 湿度

1) 湿度の変化

湿度の観測はベースキャンプ、第1キャンプ及び第2キャンプにおいて自記湿度計(毛髪湿度計)を使用して実施した。この補正には、アスマン通風乾湿計を用いたが、湿度変化が非常に激しいため、しばしばスケールアウトしたり、又アスマン通風乾湿計による観測においても、湿球が氷結した場合や風の強い時など非常に難しいものがあり、定常的な観測が不可能であったため、やや信頼性に欠ける。なお、アスマン通風乾湿計による観測は、9時に実施したが、毎日観測することはできなかった。

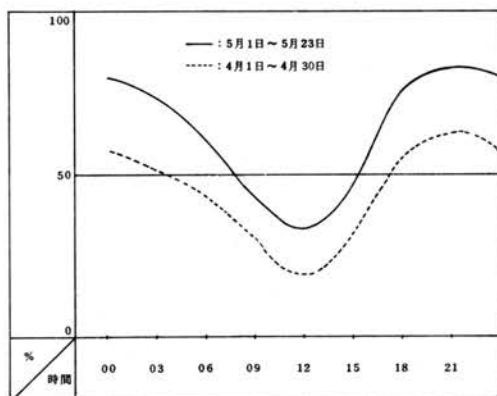
第10図はベースキャンプと第2キャンプの平均湿度(8回平均)の変化を示したものである。当然ながら、ほぼ平均気温と反対の傾向を示している。4月は平均して、50%以下で、時には20%台になり、非常に乾燥した日が多かったが、5月に入ると50%以上となり、気温との対称性もなくなってきた。特に注目に値するのは、雷雨活動が活発化した直前の5月初めに、急激に湿度が増していることである。



第10図 平均湿度の変化

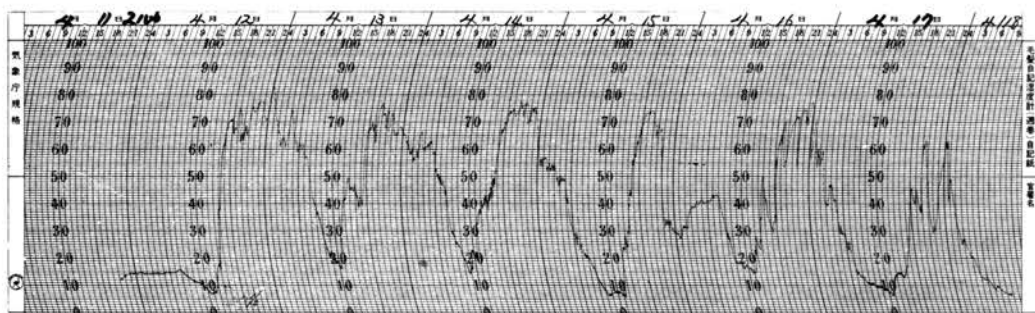
第11図はベースキャンプにおける湿度の日変化を示したものである。最小が最高気温を示す12時頃に出現し、最大は夜の9時頃で、1日に約50%に近い激しい変化を示している。自記紙(第12図)によると、この状況がさらによく分る。この短時間における激しい変化は、雲の去来を示すものであり、昼頃から夜半までの間が著しい。昼頃発生した積雲が夕方になるにしたがい低く

なって、谷筋を滑昇してきたり、山際から降りてきて、雲や時には霧に覆われるようになるが、これが雲塊状に次々と流入しては去るために、自記紙には鋸の刃のような変化となって表われる。この日中に発生した積雲系の雲は、3月中旬頃までは20時頃に消滅したが、時期が進むにしたがって長く残るようになり、4月中旬には22時過ぎまで、5月に入ると翌早朝まで残るようになった。



第11図 平均湿度の日変化

なお、第1キャンプ第2キャンプにおける観測は短時日であったが、ほぼベースキャンプと同様の結果であった。



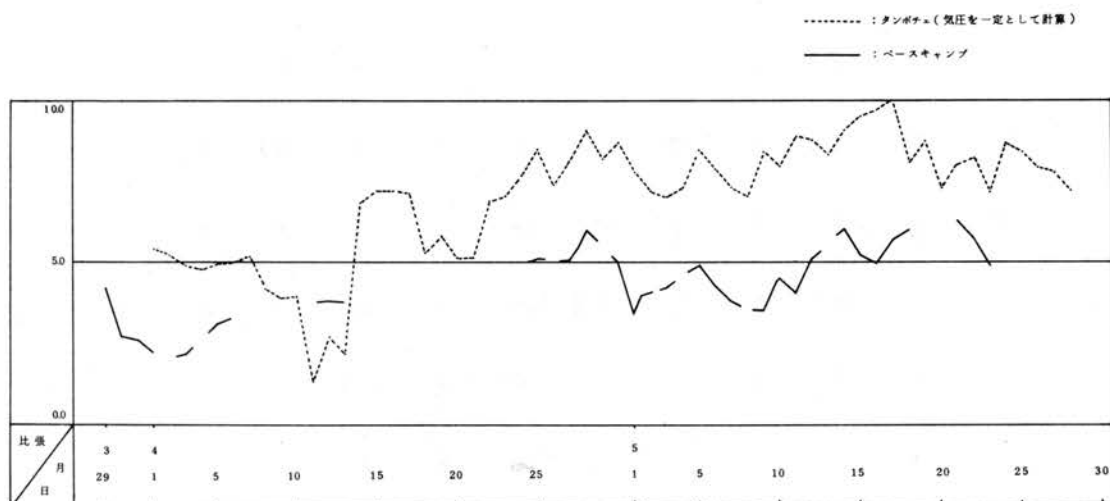
第12図 ベースキャンプにおける湿度の自記紙

ii) ティアンボチェ及びベースキャンプにおける比張の変化

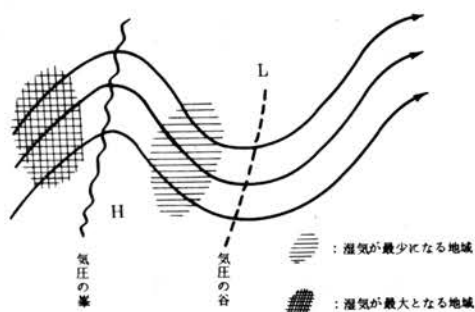
ティアンボチェの現地観測所及びベースキャンプにおけるアスマン通風乾湿計による9時の乾湿球温度から比張を計算してみると、第13図のとおりである。比張とは単位体積の湿潤空気中に含まれている水蒸気の質量と同温同圧の単位体積の乾燥空気の質量との比であり、その値は空気の容積変化や温度の変化があっても変わらない利点がある。

ティアンボチェにおいては、4月11日頃を最小に、その後急激に増加し、5月に入ってから緩やかな増加を続け、5月中旬に最大となり、5月下旬はやや減少している。ベースキャンプにおいては、連続した観測を実施できなかったが、飛び飛びの結果をティアンボチェと比較すれば、ほぼ同様な変化傾向と思われる。

これを気圧の変化(第26図参照)と比較すると、比張の変化は気圧の変化より約1~3日遅れているが、ほぼ同様な変化傾向になっている。これは第14図に示すように、中緯度における偏西



第13図 ティンボチェとベースキャンプにおける比張の変化



第14図 気圧配置と湿気の変化

亜熱帯高気圧が押寄せ、気圧の峰の通過後は、その影響を受けるようになった。そして、気圧の谷の通過後は再び偏西風帯が南下するという周期をくり返す。このため4月後半は、比張の変化が激しく、又全般に急激な湿気の増加がみられたのであろう。

5月に入って、さらに南からの影響が大きくなるにしたがい、湿気も緩やかに増加し、5月中旬には最大のピークを示しているが、変化量は4月後半より少ない。5月下旬は雷雲活動が活発であったが、比張はやや下降している。天気図でみると、偏西風帯がほんの少し南下したようで、その結果であろうか。

(3) 天候

i) 天候の状態

天気現象及び雲の観測は、目視観測でもあり、ほぼ計画どおり観測することができた。全入山期間の状況は第15図のとおりである。

この天気の状態を10日毎の期間に分けて百分率の頻度で表わしたのが第16図である。5月中

第 15 図 天気、雲、風 (2.19 ~ 6.9)

月 日	到着場所	06	09	12	15	18	21(時)
2.19	ラムサンゴ						
2.20	バーグル						
2.21	シュルケ						
2.22	キラディンヤブ						
2.23	ヤルサ						
2.24	トウセ						
2.25	チャンマ						
2.26	セウチ						
2.27	ジュンベシ						
2.28	タキシンド						
3. 1	カリコーラ						
3. 2	バイヤン						
3. 3	バグティン						
3. 4	ナムチェンザル						
3. 5	ナムチェンザル						
3. 6	ティアンボチュ						
3. 7	ティアンボチュ						
3. 8	ティアンボチュ						
3. 9	ティアンボチュ						
3.10	ティアンボチュ						
3.11	ティアンボチュ						
3.12	ティアンボチュ						
3.13	ティアンボチュ						
3.14	イムジャコーラ						
3.15	チュクン						
3.16	ティアンボチュ						

月 日	到着場所	06	09	12	15	18	21
3.17	ティアンボチエ						
3.18	ティアンボチエ						
3.19	ベリジ						
3.20	ロブジ						
3.21	ロブジ						
3.22	ゴラクシャップ						
3.23	ベ-スキャンブ						
3.24	ベ-スキャンブ						
3.25	#						
3.26	#						
3.27	#						
3.28	#						
月 日	観戦場所	06	09	12	15	18	21
3.29	ベ-スキャンブ						
3.30	#						
3.31	#						
4.1	#						
4.2	#						
4.3	#						
4.4	#						
4.5	#						
4.6	#						
4.7	#						
4.8	#						
4.9	#						
4.10	#						

月日	観測場所	06	09	12	15	18	21
4.11	ベ-スキャンブ		☉	☉	☉	☉	☉
4.12	#		☉	☉	☉	☉	☉
4.13	#		☉	☉	☉	☉	☉
4.14	#		☉	☉	☉	☉	☉
4.15	#		☉	☉	☉	☉	☉
4.16	#		☉	☉	☉	☉	☉
4.17	#		☉	☉	☉	☉	☉
4.18	#		☉	☉	☉	☉	☉
4.19	#		☉	☉	☉	☉	☉
4.20	#		☉	☉	☉	☉	☉
4.21	#		☉	☉	☉	☉	☉
4.22	#		☉	☉	☉	☉	☉
4.23	#		☉	☉	☉	☉	☉

月日	観測場所	06	09	12	15	18	21
4.24	ベ-スキャンブ		☉	☉	☉	☉	☉
4.25	#		☉	☉	☉	☉	☉
4.26	#		☉	☉	☉	☉	☉
4.27	#		☉	☉	☉	☉	☉
4.28	#		☉	☉	☉	☉	☉
4.29	#		☉	☉	☉	☉	☉
4.30	#		☉	☉	☉	☉	☉
5.1	#		☉	☉	☉	☉	☉
5.2	#		☉	☉	☉	☉	☉
5.3	#		☉	☉	☉	☉	☉
5.4	#		☉	☉	☉	☉	☉
5.5	#		☉	☉	☉	☉	☉
5.6	#		☉	☉	☉	☉	☉

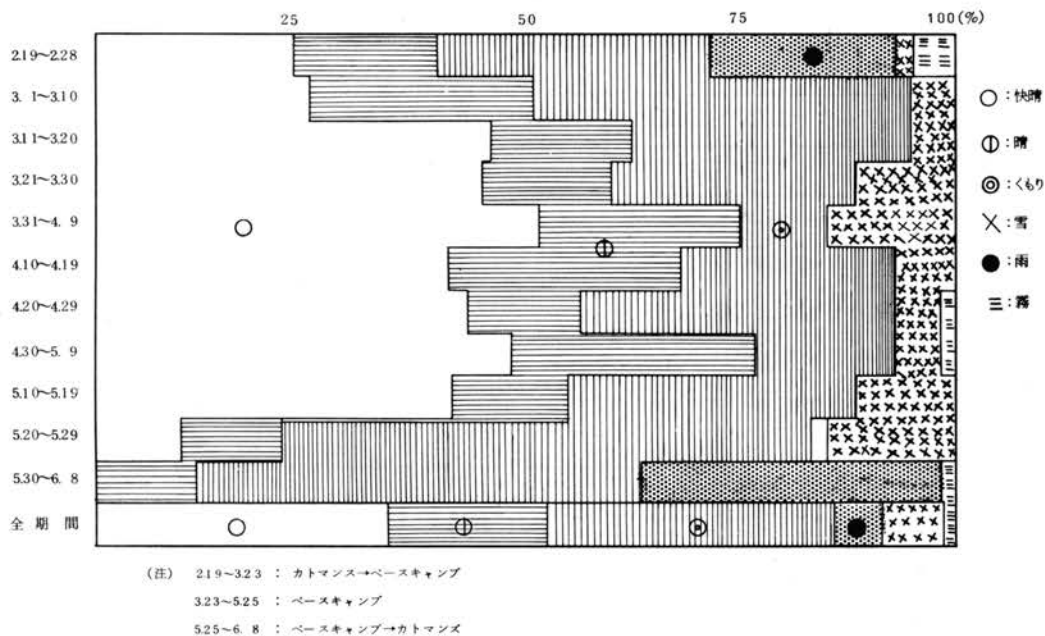
月 日	観戦場所	06	09	12	15	18	21
5. 7	ベ-スキャンプ						
5. 8	#						
5. 9	#						
5.10	#						
5.11	#						
5.12	#						
5.13	#						
5.14	#						
5.15	#						
5.16	#						
5.17	#						
5.18	#						
5.19	#						

月 日	観戦場所	06	09	12	15	18	21
5. 20	ベ-スキャンプ						
5. 21	#						
5. 22	#						
5. 23	#						
5. 24	#						
5. 25	ベリジエ						
5. 26	チャイノボチェ						
5. 27	#						
5. 28	#						
5. 29	#						
5. 30	クラジュン						
5. 31	ルクラ						

月 日	到着場所	06	09	12	15	18	21
6. 1	ル ク ラ	●	●	●	●	●	●
6. 2	バイヤン	●	●	●	●	●	●
6. 3	ズーゴジ	●	●	●	●	●	●
6. 4	ジュンベシ	●	●	●	●	●	●
6. 5	ケ ン チ	●	●	●	●	●	●
6. 6	キラシティコラ	●	●	●	●	●	●
6. 7	リ	●	●	●	●	●	●
6. 8	#	●	●	●	●	●	●
6. 9	#	●	●	●	●	●	●

月 日	観戦場所	06	09	12	15	18	21
5. 8	キャンブ 2	●	●	●	●	●	●
5. 9	#	●	●	●	●	●	●
5. 10	#	●	●	●	●	●	●
5. 11	#	●	●	●	●	●	●
5. 12	#	●	●	●	●	●	●
5. 13	#	●	●	●	●	●	●
5. 14	#	●	●	●	●	●	●

旬までは非常によい天気であるが、5月下旬から急に悪くなっている様子が分る。これをマナスル⁴⁾等の記録と較べると、はるかによい天気であり、今年のプレモンスーン期は天候に恵まれたといつてよいであろう。この中での特徴は、晴れの状態が快晴の状態よりかなり少ないことである。これは、やはり山の天気が急激に変化することを示すものであり、快晴の青空にポツツと雲が発生すると、その雲がたちまちにして全天に広がり、晴れの状態を飛び越えて曇天になるからである。

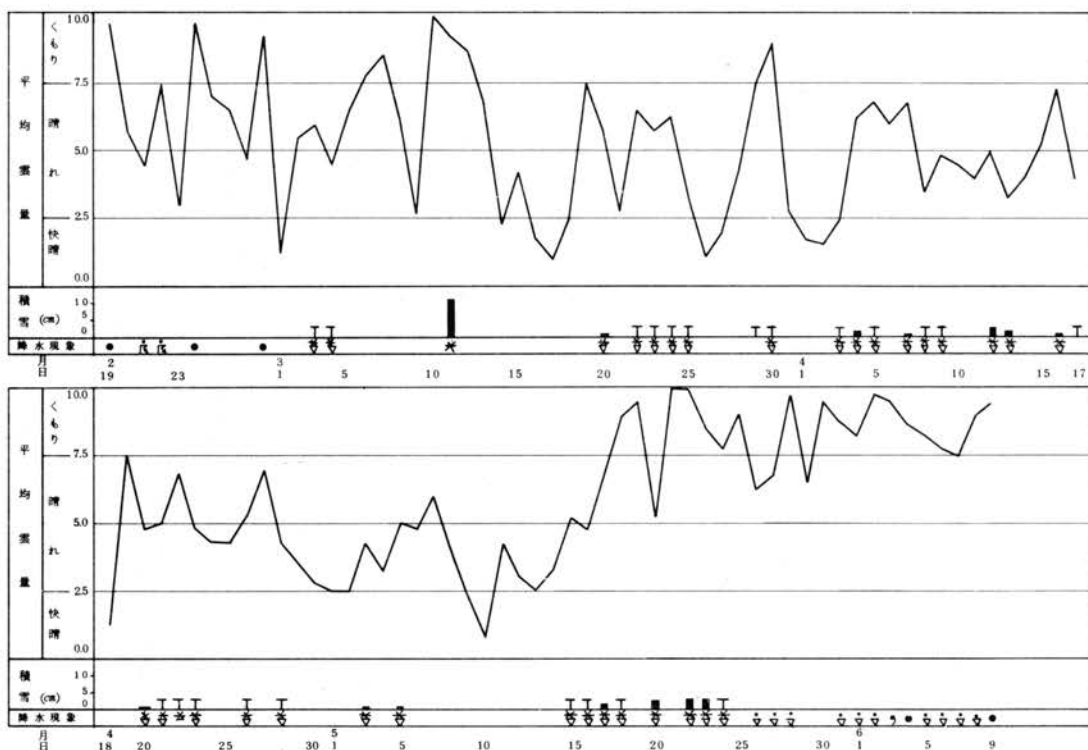


第16図 天気の百分率頻度

ii) 降水現象と雲

第17図は、カトマンズを出発してから戻るまでの間の日平均雲量、降水現象及び新積雪量を示したもので、降水現象の少しでもあった日は印をした。なお、キャラバンで移動している場合もあるが、全体の推移をみるためまとめて図示した。今冬のカトマンズは、降水現象がほとんどなく、隊員がカトマンズに集結した2月16日まで毎日快晴に近い天気とのことであった。しかしながら、皮肉にも我々がカトマンズを出発した2月19日にかなりの雨が降った。そしてキャラバンが始まってから約4~5日の周期で連続性の降水現象が出現し、この状態が3月3日頃まで続いた。その後3月20日までは、比較的良好な天気が持続したが、3月11日ティアンボチェにおいて約12cmの降雪に遭遇した。

3月15日以降は、積乱雲によるしゅう雪が増え、季節が進むにしたがい降雪量も徐々に増してきた。第17図のベースキャンプにおける結果では明瞭でないが、ベースキャンプより上部では確実に量を増していた。ところが5月5日から14日までの9日間は降雪がなく、そしてその直後から、それまでとは打って変わったような積乱雲の発達が見られ、それに伴い激しい雷雨活動が始まり、降雪量も急激に増した。この間の5月17日サウスコルでは約30cmの降雪を記録した。そしてカトマンズに戻った6月9日まで、周期的に降水量の多少はあるが、ほぼ同様な積雲系雲の拡がりが見



第 17 図 平均雲量の変化

られ、平均的には曇天の状態が続いた。

これを気圧配置からみると、3月11日頃までは、降水現象のあった日を頂点に雲が増加しており、その雲の広がり方は温暖前線的で、偏西風波動の深い気圧の谷と関連して起っている。（西方⁵⁾じょう乱といわれている）。3月20日から5月中旬までの間は、このような雲量の変化がみられず、温暖前線の雲の広がりも顕著でなく、気圧の谷もだんだん浅くなっている。一方、徐々に気温が上昇するとともに湿気も増して熱雷活動が発生し、しゅう雪回数が多くなった。

5月中旬以降、雷雨活動は一段と活発化した。天気図上でみると、5月7日、偏西風内の気圧の谷が通過し、その後 30°N よりも北側の部分は順調に東進したが、南側部分の気圧の谷は北側と切り離なされ 90°E 付近に留るようになった。その後南側から亜熱帯高気圧が押寄せ、その縁辺部分に覆われた。この状態が丁度5月10日前後である。そして次の偏西風波動の谷が東進してくると、亜熱帯高気圧帯がやや南下し、通過後は前と同様に、 30°N 以北の谷は順調に進行し、南側部分の谷は 90°E 付近で前の谷と一緒に、停滞気味になった。この場合、2つの谷が合致したとき、一時谷が深まったが、直ぐに弱まり、再び亜熱帯高気圧が北上してきた。これが5月20日頃である。

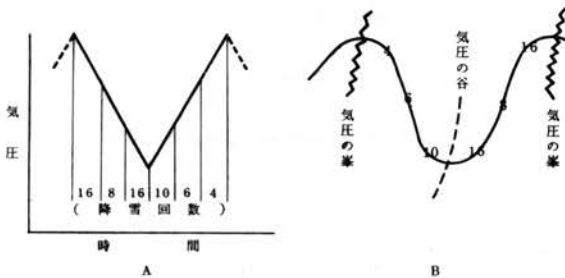
このように、中緯度偏西風帯と亜熱帯高気圧帯が交互に影響をもたらしながら、季節の進みにとれない全体として亜熱帯高気圧が北に勢力を延ばしていき、その間、南側の 90°E 付近の上層の谷

が東西へ振動しながら全体として西進するのである。⁶⁾

これに伴う天気状態は、気圧の峰が通過すると、亜熱帯高気圧が湿気をもち込むとともに地表付近の気温が高くなり、大気不安定となってしゅう雪回数が増える。気圧の谷の通過後は、上層に寒気が流入し、やはり大気不安定で、引続いてしゅう雪が多く、ほぼ毎日降水現象にみまわれる結果となった。つまり、雷雨活動が活発化したのである。しかしながら、この間においても偏西風帯がかなり南下したときは、地上及び上層ともに寒気内となり、大気がやや安定化するためか、比較的降水現象が少なくなった。5月28～30日、6月4日～7日頃がこれにあたる。

要するに、亜熱帯高気圧帯と偏西風帯の勢力がぎっ抗した場合に雷雨活動が活発化するのであろう。

iii) 降雪と気圧変化



第18図 降雪と気圧変化

ベースキャンプにおける降雪がどのような気圧変化(第26図参照)のときに起っているか調べてみると、第18図-Aのようになり、これを気圧配置に置換えると、第18図-Bのようになる。降雪は気圧の谷の前面に多く、特に気圧の峰の通過直後と気圧の谷の前後に集中している。

これらの降雪は、熱雷によるものが主で、気圧の峰の直後は上層気温に較べ地上気温が高く、気圧の谷の前後は上層に寒気が流入し、ともに大気不安定となるためであろう。

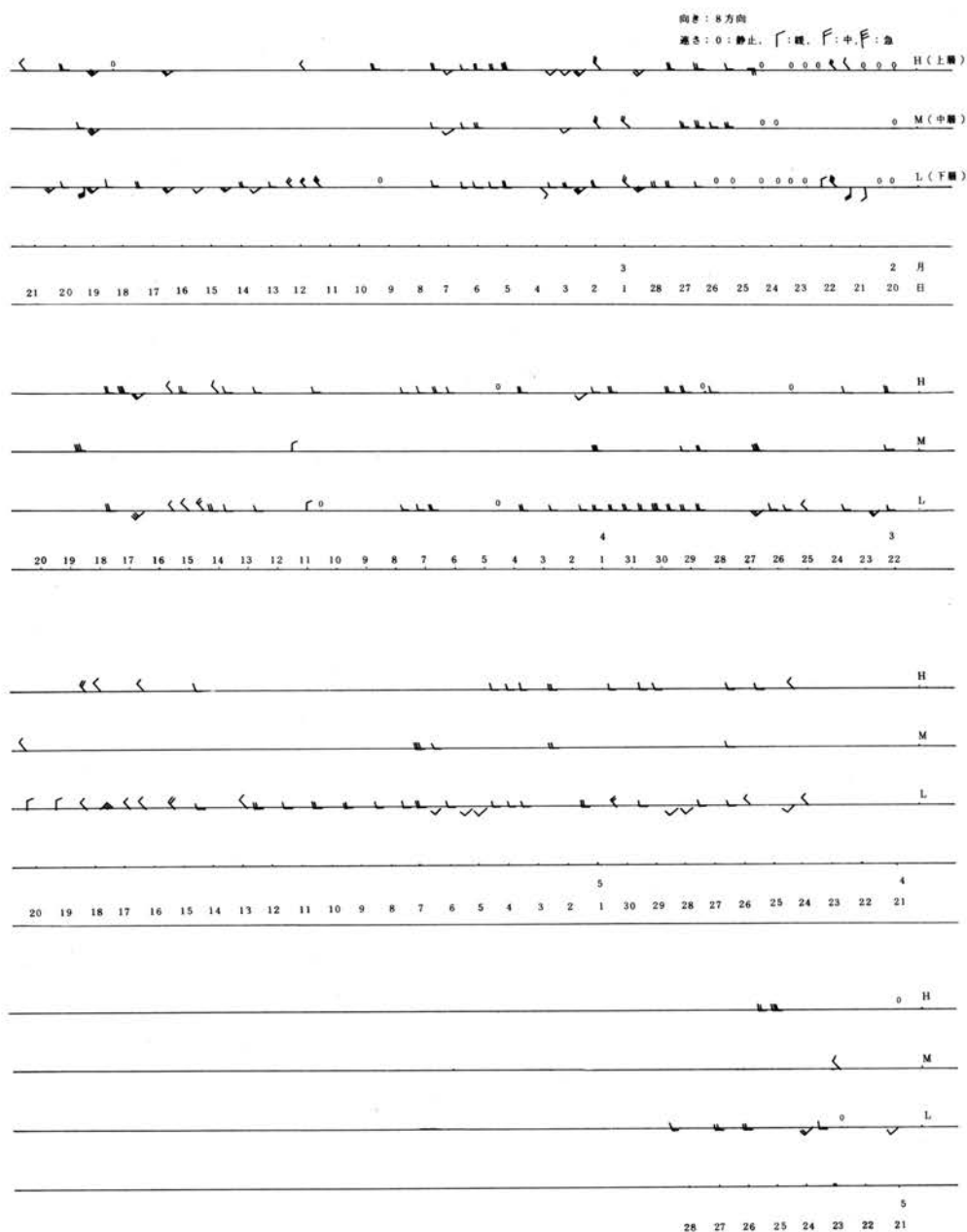
降雪が少ないのは、気圧の峰の直前であるが、気圧の峰が優勢な時は、峰の後面においても比較的安定した日があった。これに該当するのが4月末と5月10日前後の静穏な天気である。

iv) 降雪と上層風

マクロスケールにおける気圧配置と降雪の関係は前述のとおりであるが、局地的な地形の影響により、さらに複雑になっている。

第19図は雲の向きと速さを示したものである。空白のところは、雲がないか欠測かである。稜線よりも低い雲は、ほぼ谷筋に沿って動く場合が多いが、それより上部にある雲は、ある程度マクロスケールに近い流れを示していた。ベースキャンプにおいて上部の雲の流れを主体に観察すると、南西の風のときに降雪が多い。昼頃、チョラツェやブモリ付近に発生した積雲が積乱雲に発達しながら、クーンブ氷河に沿ってベースキャンプに流入し、ここからやや東に向きを変えてアイスフォールに去っていった。時には、かなりヌブツェ寄り(ベースキャンプの東)を通ることもあり、ベースキャンプでは端の雲がかかっただけで、降雪はないが、アイスフォール上部のキャンプでは降雪にみまわれる場合もあった。

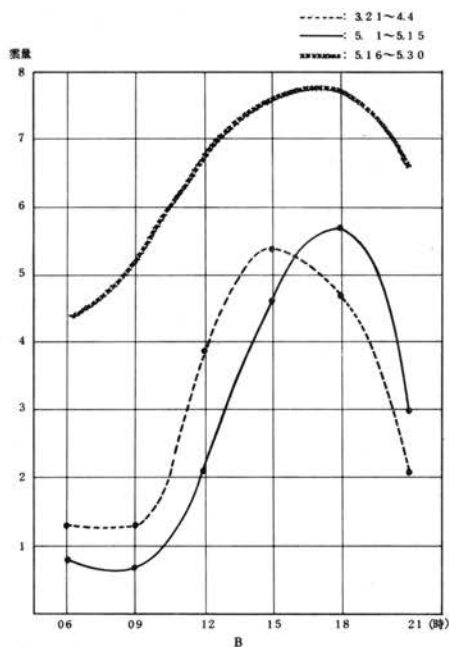
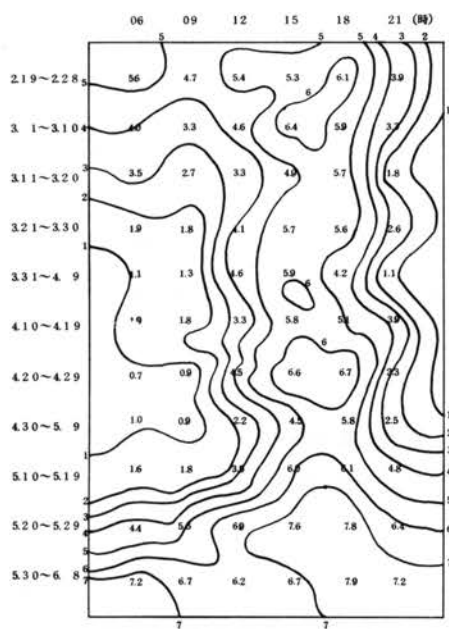
北寄りの風の場合は、発達した雲の流入は少なかった。これは、北側が稜線になっており、山越えの下降気流となるからであろう。しかし北寄りの風とともに優勢な寒気が流入すると、降雪となった。この顕著な例は4月20日から23日までの間の降雪である。



第19図 雲の向きと速さの変化図(2.20～5.28)

V) 雲量の変化

第20図は、雲量の日変化を示したものであるが、前述の変化過程がさらにはっきりする。つまり、3月中旬まで、3月下旬から5月中旬まで、5月下旬以降の時期に区分できる。3月中旬までは、西方じょう乱が周期的に到来した時期で、3月下旬から5月中旬までは、雷雲活動が発生した初期であり、5月下旬以降は、雷雲活動が活発化した時期となっている。したがって、第21図の



第20図 平均雲量の日変化(8分雲量)

雲形の出現頻度をみても、3月中旬までは積乱雲が少なく、中、上層雲が多いが、4月に入ってから積乱雲が増えて中、上層雲が少なくなっている。つまり、4月以降の雲の日



(注) 2.19~3.23 : カトマンズ→ベースキャンプ

3.23~5.25 : ベースキャンプ

5.25~6.8 : ベースキャンプ→カトマンズ

第21図 雲形の百分率頻度(2.19~6.8)

変化は積雲系雲の発達過程を示すもので、昼前後に発生した積雲が徐々に発達しながら全天に広がり、15時から18時かけて雲量が最大となり、夜間になって消散しはじめる。最大値の出現する時刻は、時期が進むにつれて遅くなっている。これは、気温が上昇するとともに積雲がより発達し、持続性がでくるからであろう。

最少値は、5月中旬までは朝9時頃起っているが、5月中旬以降は6時頃となっている。5月中旬までは、午前中はほぼ快晴に近いが、朝方は南側に昨日の積乱雲の居残りと思われる絹雲が少しあり、これが9時頃までに消えて、その後積雲が発生するというサイクルをくり返したからであろう。しかしながら、5月中旬以降は、前述のように、雷雲活動の活発化に伴い、日の出とともに積

雲が発生し、9時頃には積乱雲に発達するようになった。この前後の相違は、歴然たるもので、現地人は今年も又モンスーンが始まったと話していた。

(4) 風

i) 往路のキャラバンにおける結果

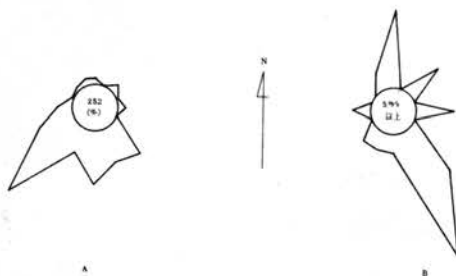
キャラバン時における風の観測は、ビューフォールト階級による目視観測で行なったが、ベースキャンプ以上では風速計を使用した。全入山期間の結果は、第15図のとおりである。

キャラバンでは、場所が巨大な山岳地の底部であるために強風はなく、局地的な山谷風が主であった。この間の強風は、ジュンベシ峠での 13 m/s と小旅行時のイムジャコーラの $5,000 \text{ m}$ 地点での 12 m/s ぐらいであった。

山谷風は、通常 $2 \sim 4 \text{ m/s}$ 程度で、朝10時頃、山風から谷風になり、夜になってから谷風から山風になった。この交代時間は、夜間は観測不足ではっきりしないが、朝方のは高度をとるにつれて遅くなった。(季節は進んでいたが)。

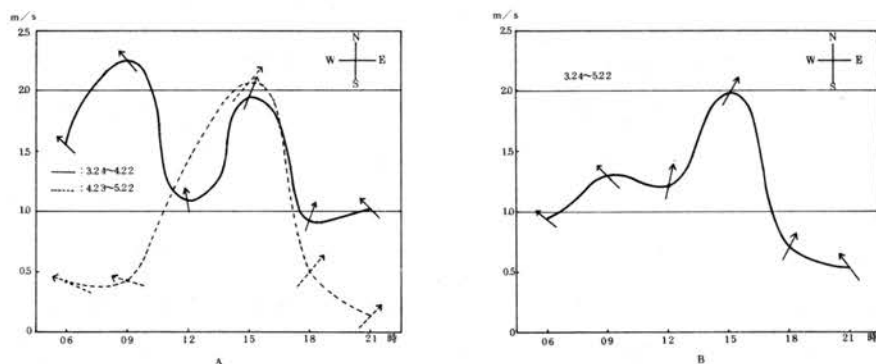
ii) ベースキャンプにおける結果

ベースキャンプにおいても、周囲が高い山であるため風は弱く、最強風速は 13 m/s (3月25日9時)にすぎなかった。第22図-Aは、ベースキャンプにおける風配置図であるが南西方向と南東方向の風が多くなっている。南西方向はクーンブ氷河沿いに吹き上げてくる風が主であり、南東方向の風はアイスフォール又はヌブツェの山側から吹きおろす山風が主であることを示すものであろう。風の比較強い場合(第22図-B)をみると、南南東及び北の風が多い。この方向は、クーンブ氷河の左岸沿いからヌブツェの山側を通り、ブモリとリントレンの



第22図 ベースキャンプにおける風配置

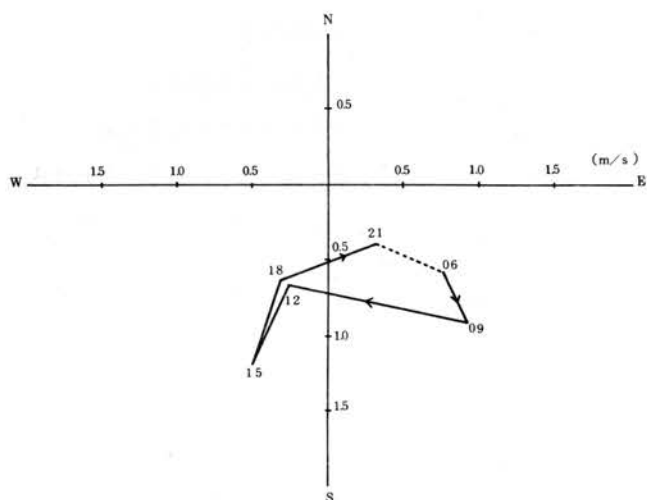
鞍部にぬける直線上の所で、地形的な煙突効果であろう。第23図は、風の日変化を示したものである。期間の前半では、午前中南東の風で、9時頃に風速がピークとなり、12時頃風が弱まると



第23図 ベースキャンプにおける風の日変化

ともに南の風になり、午後になって南南西の風となり、再びピークが出現し、夕方弱まり、21時頃再び南東の風が少しでていた。この変化は、前述のように山谷風の変化を示すもので、午前中山風で、12時頃谷風になり、夜に入って21時頃再び山風へと変化したことを示している。これが後半になると、山風から谷風への交代が9時過ぎと早まり、谷風から山風への交代は遅く21時過ぎまで谷風が吹く状態となった。これは、季節が進むにしたがい、地上気温が上昇し、地表面がより熱せられるので、谷風の吹走時間が延びたのであろう。なお、後半では、交代時の風が非常に弱くなっているのが特徴である。

風の日変化の状態を平均風ベクトルで示したものが第24図である。夜間が欠測のため完全に閉じた形になっていないが、ベースキャンプ付近の地形をよく現わしている。つまり、東北東の方向にアイスフォールからウェスタンクームに続く氷河があり、南西方向がクーンズ氷河で、これらの谷に沿って風が吹くことを物語っている。



第24図 ベースキャンプにおける平均風ベクトルの日変化図

iii) 上部の風

ベースキャンプよりも上部における風の観測は少ないが、隊員の体験を総合すると、ウェスタンクームの奥の7,000m付近までは、深い谷の中であり、自由大気中の高度の風に較べて非常に弱いものであった。しかし、上層の風が非常に強くなると、それが地形によって複雑に変化して、強い突風状の風となって吹くことがあった。この顕著な

例は4月21日で、上層は雲の流れから判断して強い北風であったが、第2キャンプでは南側のヌブツェからあるいは東側のローツェからの強い突風が吹きつけ、この間の最大瞬間風速は約25 m/sにも達した。

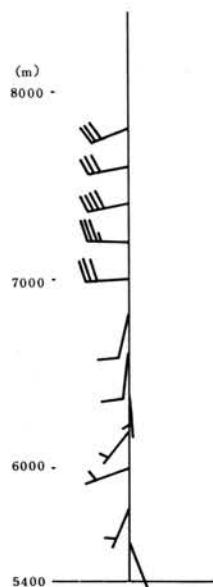
さらに高度が増して7,500m以上になると、強い偏西風の影響下に入り、登山上最大の気象障害となった。

この風の状況について、登頂隊員の体験によると、5月7日第3キャンプに入った頃から非常に強い風となり、8日第4キャンプ、9日サウスコルと高度が上るにしたがって風が強まった。そして9日の後半になってようやく弱まりはじめ、10日、11日と益々安定し、5月11日の第1回登頂隊は、南峰を越えてから約10 m/sの風に遭遇した程度であった。しかしながら12日の第2回登頂時は、南峰付近からの風は20～25 m/sであり、強風の苦しい登行になった。

この状態を天気図からみると、7日に気圧の谷が通過してから風が強くなり、その後徐々に気圧

の峰が出てきてから弱くなったようだ。そして11日後半から東にぬけていた谷が急に深まって、12日の強い北風になったものと思われる。この現象は5月19日前後にもみられ、17日にぬけた気圧の谷が90°E付近で再び深まったため、3回目の登頂隊はチベットからの強風にさらされる結果になった。これが丁度、雷雨活動が活発化した直後で、興味深い現象である。

なお、ベースキャンプにおいて、試験的にパイロットバルーンの観測を実施したが、観測が微妙でかなりの熟練を要し、又周囲が山のため視界も悪く、数回のデータしかとれなかった。その一例として5月11日(第1回登頂日)の状況は、第25図のとおりである。7,000mまでは弱い南寄りの風であるが、7,000m以上では定常な偏西風となっている。



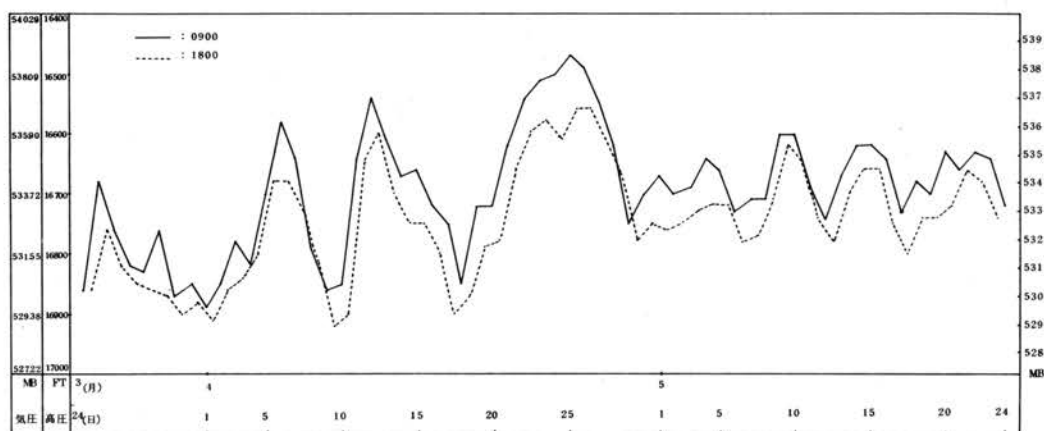
第25図 パイバル観測の一例
5月11日10時(ベースキャンプ)

(5) 気圧

気圧の観測は、航空機用気圧高度計及び自記気圧計を用いて実施した。第26図がベースキャンプにおける結果である。これによると、4月末までと5月に入ってからとで変化の振幅が歴然と違うことが分る。これは前述のように、4月までは偏西風帯の南北変動が激しかったが、5月に入ると偏西風帯が急激に北上し、気圧傾度がゆるんできたためであろうか。

気圧の低極値に注目して周期を調べると、5月初めまでは8～11日周期、その後は5～8日周期とやや短くなっ

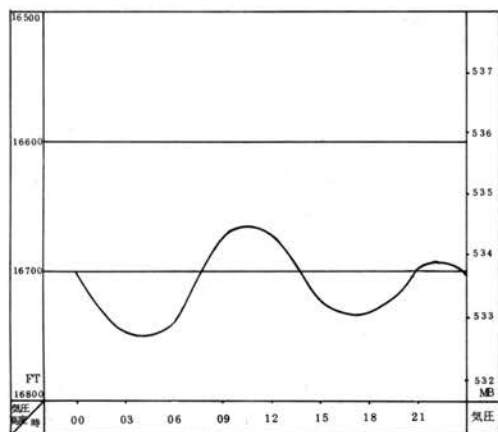
ている。確かに天気図上での気圧の谷の周期をみると、3月初めが4～5日、3月後半が5～6日、



第26図 ベースキャンプにおける気圧

その後5月初めまでが8～11日と次第に長くなっている。そして、5月に入ると、天気図上では不明瞭になるが、5月初めまでとあまり変化がない。ところが、現地の気圧変化の周期がやや小刻みになったのは何故であろうか。亜熱帯高圧帯内、ベンガル湾の90°E付近に上層の谷が形成された影響であろうか。

天気図との比較で、3月初め頃までは、気圧の谷の通過が比較的是っきりしているが、その後はやや不明瞭で、インド半島の西側で足踏み状態となり、ほんの少し動いたかと思うと、急速にベンガル湾にぬけてしまうことがしばしばであった。やはり、ヒマラヤ山脈の影響であろう。ところが、



第 27 図 ベースキャンプにおける気圧の日変化
(於 4 月)

現地の気圧計が、この変化をはっきりとらえていたことは、前述のとおりで、注目に値する。

第 27 図は、気圧の日変化を示したもので、極小が4,16 時頃、極大が10,22 時頃にあり、それぞれ2 回の山と谷が現われている。気圧の較差は、約1.8mb で、東京とはほぼ同様の結果を示し、富士山と較べると較差は約2 倍となっている。やはり低緯度であるため較差が大きい。

天 気 予 報

1. 概 要

気象は、複雑な大気現象の結果であり、未だ理論的に究明されていない部分が多い。したがって、観測資料が豊富な地域でもその予報には限界がある。まして、ヒマラヤ地域では、観測資料が少なく、その上気象的には亜熱帯高圧帯と中緯度偏西風帯の境界にあたり又巨大な山岳地域のため大気現象は複雑を極めるので、その予報は至難である。

したがって、登山隊に対する気象予報にも制約があり、ややもすると精度の低い情報を提供することによって、かえって危険な状態に陥ることも考えられたが、少しでも登山を安全に行なわせるためには、大まかな情報であってもそれなりに役立つものと考え、できる範囲内で予報を試みることにした。

予報にあたっては、過去の遠征隊の気象資料及びその成果ならびに過去5年間の北半球の各種天気図を参考とした。特に、日本山岳会マナスル登山隊とアメリカ及びインドのエベレスト登山隊の資料が役立った。現地では、ニューデリーからの無線気象ファクシミルが完全に受信できたので、これらの天気図を主体にし、その他インド気象台からの天気予報や現地の観測資料などを参考にしながら実施した。特に配慮したことは、少しでも多くの観天望気による予報の手がかりを得るために、できるかぎり空をよく観察したり、あるいは現地人等の見解を聴取するなど、情報の収集に努めたことである。

2. 予報資料

i) 気象ファクシミルの受信

ベースキャンプにおいて、ニューデリーから放送している無線気象ファクシミルを受信した。この放送は1日に2回(00, 12GMTの各天気図)実施されており、昼間部分の00GMT(現地06時)の天気図を毎日13~16時頃受信することができた。

天気図の種類は、地上天気図、500MB、300MB、200MB面各天気図及び24時間予想500MB面天気図である。

この器材は、漁船用に開発され、小型、低電圧を特徴とする七洋電機製のもので、電源は発動発電機により充電された蓄電池からとった。

ii) インド気象台からの天気予報

第2次偵察隊の場合と同様、インド気象台(ニューデリー)からのわが登山隊向けの天気予報を、ラジオ放送で流していただいた。この放送は、第2次偵察時から引続き5月末日まで、毎日18時00分(インド時間:17時30分)から約5分間行なわれた。感度は、ティアンボチェより下部ではやや不良であったが、上部では良好であった。放送の一例は第6表のようである。

第6表 インドからの天気予報の一例

Here is special weather forecast for the THEETA EXPEDITION.
Forecast valid for 24 hours commencing from 1200 hours GMT of
7 may 1970.

Weather : cloudy weather with thundershower

Wind and Temperature in free air:

At 45 kms above sea level NW 40km/hr temperature -1°C

At 60 kms above sea level NW 50km/hr temperature -7°C

At 7.5 kms above sea level WSW 70km/hr temperature -18°C

At 90 kms above sea level SW 120km/hr temperature -27°C

Westerly Jet maximum 180km/hr at 85°E longitude lies 28°N latitude at 11kms above sea level

Outlook for subsequent 24 hours : No large change.

(注) インド気象庁によるヒマラヤ登山隊向けの気象通報はAll India Radio で放送されるが、以前は登山隊の隊名を付していたが、最近では国防上のためかすべてインドの女神の名を冠して行い、当該登山隊以外にはどの地域かわからぬようになっている。

因みにJMEE' 70のコールサインはTHEETA EXPEDITION であった。

従って今後ネパールヒマラヤに出かける日本の登山隊は相互に各隊のコールサインを連絡し合っておく必要がある。

iii) 長期予報資料

長期間における登山においては、その作戦を計画するにあたって長期の気象予測が必要である。

東部ヒマラヤの天候は、当初はジェットストリーム、後半はモンスーンの動向に影響される。特にモンスーンについては、それが登頂期に当るため、この動向を掴むことが予報の重要な鍵である。このため、モンスーン予想について、事前に気象庁長期予報管理官（和田英夫博士）に依頼し、資料を現地へ郵送していただいた。

iv) 現地における気象観測資料

天気図により総観的な気象状況を把握しその中で、現地がどんな気象変化をしているか、資料を比較検討することにより、局地的な特性を把握して、観天望気上の一つの観点とした。

3. 予報の実施

予報は、キャラバン途中のティアンボチェから開始し、ベースキャンプ撤収時まで続けた。

キャラバンにおいては、インドからの天気予報と現地での気象観測から判断して予報を組立てた。したがって、短期予報で、観天望気による予報が主体になったが、まだ不慣れのため精度が低いものになった。そのため、早く現地の特性を掴むように努めた。予報は毎夕食後行なわれたミーティングの最初に実施した。

ベースキャンプに到着してからは、気象ファクシミルの受信を開始し、この天気図を主に使用して予報した。この気象ファクシミルは、当初登山行動が進むにしたがって第2キャンプまで上げる予定であったが、整備上あるいは輸送上の問題から断念し、そのままベースキャンプに置くことにした。そのため、その後の予報業務はベースキャンプにおいて実施することになった。

予報の提供は、ほぼ全員がベースキャンプを基点として行動している場合はキャラバン時と同様に実施したが、登山の後半に入って各キャンプに分れて行動するようになってからは、毎日18時の定時交信時に、ベースキャンプから第2キャンプを中継して上部各キャンプに通信連絡する方法をとった。

予報の内容は、明日、明後日の予報に主体をおいたが、後半になるにしたがって週間予報にも精力を傾注した。特に登頂期に入ってから、登頂作戦に寄与するように努めた。そしてひとたび、行動が開始されてからは、週間予報をチェックしながら、計画が遅延しないかあるいは安全上問題がないかについて気象上の監視を続けた。

結果からみて、今年が比較的好天に恵まれたことあるいは隊員の沈着な判断などにより、大過なく終わったが、詳細にみていくと、予知できなかった危険な気象状態も少なくなく、その点「盲蛇におじず」の予報もあり、まさに冷汗三斗の思いであった。

考 察

1. 天気図と天気現象

ベースキャンプの標高が5350m 気圧が約530mbであるので、500mb面以上の上層天気図を主に使用して予測した。したがって、500mb天気図で細かい気圧配置を掴み、300,200mb面天気図で

大まかな上層の変化及びジェットストリームの動向を把握して予測した。中でも、500mb面の循環が現地の気象変化とよくマッチし、特に4月末までが顕著であった。ところが、5月になると亜熱帯高圧帯の影響が大きくなって、気圧傾度がゆるみ、日々の気圧配置が複雑に変化し、段々と判断が難しくなった。

その後、6月に入ってから中層の高圧帯が消え始めると、さらに複雑なものとなった。そのため、300mb面天気図又は地上天気図が補助として重要になってくると思われる。

ブレモンスーンの前半までは、地上天気図では主に熱的低気圧の変化を現わし、その動向は影響するものでなかったが、後半は熱帯性低気圧(サイクロン)の発生あるいはモンスーントラフの動向をみるために重要であった。

2. ジェットストリームとモンスーン

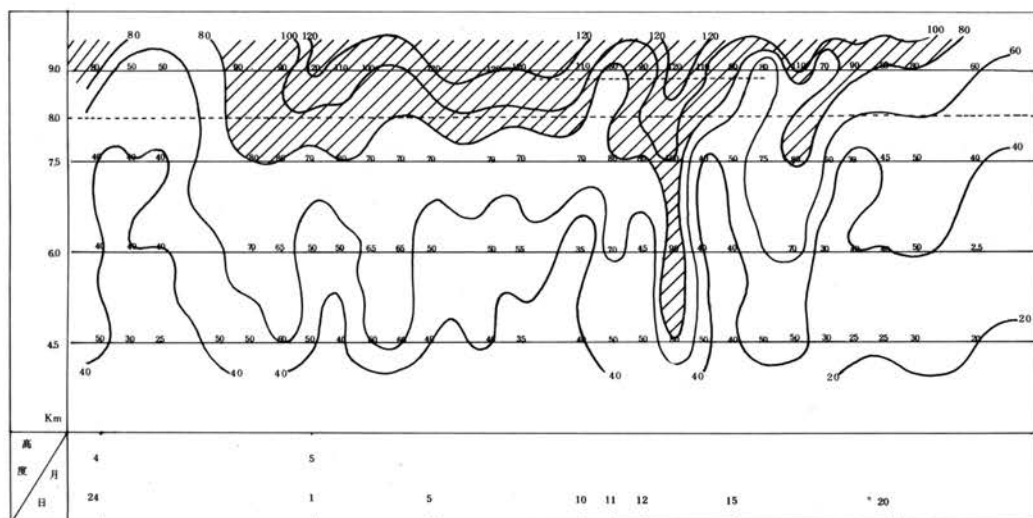
エベレスト峰が位置している東部ヒマラヤ周辺の気候は、高度的には氷雪天候であるが、緯度的には亜熱帯湿潤気候で、この気候区の中で最も重要な現象がモンスーンである。

モンスーンとは、年2回その風向が逆になる季節的な風であり、夏の南西モンスーン(通常モンスーンという場合これを示す)と冬の北東モンスーンがある。このモンスーンに大きな影響を及ぼすものが亜熱帯ジェットストリームである。北東モンスーンの間、上層では強い偏西風が吹き、この最強風帯の一つである亜熱帯ジェットストリームは、ヒマラヤ山脈の南側に定着しており、真冬にその勢力が一番強く、時には風速100 m/sにも達する。その後、春になるにしたがって徐々に弱まってくるが、夏のモンスーンが到来するまでヒマラヤ山脈の南側に存在し、モンスーンの開始前後に急激にヒマラヤ山脈の北側へ転移する。これに伴って、激しい降水現象を伴うモンスーンの時期に入り、この状況が9月末頃まで続く。10月に入ると、亜熱帯ジェットストリームは、次第に南下しはじめ、これに伴ってモンスーンも後退し、再びジェットストリームがヒマラヤ山脈の南側を走るようになると、冬の北東モンスーンが訪れ、低所では乾季となって安定した天気になるが、高所では冬にかけて強い偏西風の場になってくるのである。

この中で登山に良い時期は、亜熱帯ジェットストリームが大きく南北変動する季節の変わり目で、いわゆるブレモンスーン(モンスーン前4～5月)とポストモンスーン(モンスーン後、10～11月)の時期である。つまり、この時期が比較的偏西風が弱く、降水現象も少ないのである。そこで第2次偵察隊はポストモンスーン季に、本隊はブレモンスーン季に入山したのである。

さて、ブレモンスーン季の中ではどうかであろうか。インドのNedungadiとSrinivasanが、モンスーンの開始に関し、過去10年間のエベレスト周辺の上層風と降水量の関係について調査した結果によると、概略次のように述べられている。「5月後半になって、偏西風が急激に弱まる現象がみられ、その前後からブレモンスーン季の雷雨活動が盛んになる。そしてこの状態が約1カ月間続き、6月中旬頃になって偏西風が定常な偏東風に変り、モンスーンは完全に定着するのである。」とあり、さらに「しかしながら、変化の時期はその年によってかなり大きな変動がある。」と付記されている。

この点を含めて、今年の天気の変り目を調べてみると、3月下旬までは、偏西風はまだ相当強く、時には真冬並みの強さを示した。4月に入ってから、偏西風は徐々に弱まり始め、気温の上昇につれて湿度が増し、熱雷活動が出現するようになり、ほぼ同程度の降雪状態が5月中旬頃まで続いた。この間の偏西風は、平均的には徐々に弱まっていたが、まだ完全な偏西風帯域で、気圧の谷・峰の通過に伴って風が強まったり弱まったり、周期的な変化をくり返していた。この状況は、インド気象台から毎日通報していただいたエベレスト周辺の上層風の変化(第28図)によく示されている。第28図で斜線の部分は、風速 80 km/hr 、約 22 m/s 以上の強風域を示し、一般的に登山活動が不可能とされている条件に相当する部分である。その意味で、標高 $9,000\text{ m}$ まで行動可能な日を見ると、4月25日前後、5月11日、5月16日と出現し、その後5月20日頃から急激に偏西風が弱まっている。一方5月17日頃から雷雨活動が急激に活発化した。まさにインドの調査を裏書きするものであった。



第28図 エベレスト周辺の变化(偏西風, 自由大気における) Km/hr ,
上層風速

この弱い偏西風あるいは一時的な弱い東風の時期は、6月26日まで続き、その後定常な偏東風へと変わった。この間、6月初めに亜熱帯ジェットストリームがヒマラヤ山脈の北側に転移し、これと期を同じくして偏西風帯も北上し、亜熱帯高圧帯の勢力下になった。そして6月11日頃、チベットに高気圧が出現し、ベンガル湾の 90°E 付近にあった上層の谷がインドの 75°E 付近まで西進した。この状態は、Yinが⁶⁾論究したモンスーン開始の一つの目安であるが、クムジュンに留って観測を続行した井上隊員のデータでは、歴然とした天気の違いは見られず、降水現象がやや持続性を増した程度であった。その後偏東風になった6月下旬には激しい降雨が観測されている。

このようにみえてくると、確かに気圧配置では、6月11日頃がモンスーン入りであるが、インドの調査でも述べているように、プレモンスーンの活発な雷雨活動とモンスーンとの相違はあまりなく、プレモン

スーンの活発な雷雨活動に伴う降水現象も事実上のモンスーン降雨ということができよう。それが生活気象的な面をもつ「モンスーン」という言葉であると思うからだ。

しかしながら、偏西風が急激に弱まってからも、まだ周期的に小康状態も出現し、登頂可能な期間を期待できないことはない。この場合の条件は、その直前に降った雪が安定するまで小康状態が続くかどうかということである。

これらの状況を判断して、より安全な登山を求めるとすれば、ブレモンズーンの雷雨活動が活発化する直前の偏西風が弱まる周期をとらえて、登頂作戦を展開することが最良であろう。この季の偏西風はまだ相当強く、確かに脅威であるが、その後の激しい雷雨活動による降雪が不安定な雪面として長く持続することと比較すれば、強風は持続時間が短かく、克服しやすい部分もあると思われるからだ。

3. 登頂期と天候

ブレモンズーン季における登頂の時期は、雷雨活動の活発化する直前が最良と述べたが、それはどのような状況で、どの時点を選ばよいいのであろうか。

この時期は、偏西風はまだ相当強いが、第28図でも分るように、周期的に弱い期間がある。これは過去5年間の結果からも同様であった。

この風の弱い場合の気圧配置を調べると、偏西風波動の気圧の峰の直後となっている。ところが、この場合は、降雪回数の多いところである(第18図→参照)。今回のこの降雪は比較的弱いものであったが、過去の記録では一時的に多い場合もあり、あなどることはできない。したがって、この状況を相対的にみると、気圧の峰の直前が最良かと思われる。このことは、ヒマラヤの他の山にも同じことが言えるかどうかは不明である。

これを予測するのに、天気図があればもちろんよいが、たとえなくとも、観測結果のところで述べたように、現地の気圧、気温、湿気、雲の向速などの変化からある程度予測可能であろう。

さらに重大な問題は、いつブレモンズーンの雷雨活動が活発化(事実上のモンスーン入り)するかということである。確かにその前後に偏西風が弱まっていることが分ったが、今回も結果的に分っただけで予測することはできなかった。

天気図では、亜熱帯高圧帯が北へ勢力を延してきていたが、ジェットストリームはまだヒマラヤ山脈の南側に存在していた。ベンガル湾の90°E付近に上層の谷がはっきりしてきたことが何か影響あるのだろうか。あるいはベンガル湾に熱帯性低気圧が発生(5月3日)したことが目やすになるのだろうか。これらについてはよく分らない。

しかしながら、現地では、気温が下降しはじめたり、気圧変化が小刻みになってきたり、その他特徴ある変化もみられたことも確かで、さらに深く分析・検討していけば、何らかの手がかりが得られると思われる。

あ と が き

以上、本隊の気象について記述したが、まだ整理が不十分で、雑然とした資料の羅列になってしまった。又、説明がやや主観的になったきらいがあるが、これらについては今後の研究課題として深く掘りさげていきたいと思う。

現在、巨大なヒマラヤ山脈が大気の大循環にかなりの影響をもたらしていることが分ってきたが、未だ不明な点も多く、その意味で、このような観測資料が一つの解明の手がかりになれば幸いと思う。今後もこのような調査を企画した遠征隊がヒマラヤ地域に多く派遣されることを期待するが、これに対し、次のことを提案したいと考える。

- ① 各遠征隊が統合して観測を実施し、広がりのある地域的な資料を収集する。
- ② 地上観測はもちろん、できればレーウィン・ゾンデ観測などの上層観測も実施する。
- ③ 現地でも農業気象を目的とした観測が、かなりヒマラヤの奥地まで行なわれているが、まだ観測要素も少なく、技術も未熟であるので、これらの観測をより向上させるための援助及び協力を実施する。

これらのことは、ネパールはもちろん、世界の気象の発展に寄与するものであろう。

最後に、今回の気象部門の計画・準備に御尽力いただいた芳野赴夫キャップをはじめ、通信・気象担当準備委員の皆様、又ヒマラヤの気象について貴重な御助言をいただいた気象庁長期予報管理官の和田英夫博士、東京航空気象台長の久米庸孝博士、気象庁気象研究所の大井正一博士、気象庁長期予報管理室の朝倉正博士および京都大学防災研究所の中島暢太郎教授、気象通報で協力していただいたインド気象庁、オール・インディア・ラジオ、又、本資料の整理に当り、貴重な助言をいただいた和田博士および、航空自衛隊気象業務隊長の岡本克己 1 佐のそれぞれの皆様に対し、深甚の謝意を表する次第であります。

なお、観測器材等を提供していただいた電通大芳野研究室、七洋電機K.K、東京航空計器K.K、太田計器K.K、中浅測器K.K、日本光学K.Kおよび小西六写真K.Kに対し更めて深く御礼申しあげます。

引用文献

1. 大井正一：マナスル隊への協力(3)，測候時報Vol.21, №9, P.P.258～259(1954)
2. 大井正一：マナスルの気象(4)，測候時報Vol.21, №10, P.P.281～282(1954)
3. M.M.Miller: Glacio-Meteorology on Mt. Everest in 1963,
The Himalayan Journal, Vol.27, P.P.164～177(1966)
4. 大井正一：ガネッシュヒマールの気象(4)，測候時報Vol.23, №9 P.P.321～322(1956)
5. 畠山久尙監修：インド・パキスタンの気候，アジアの気候(1) P.P. 75～111 古今書院
6. M.T.Yin: A Synoptic-Aerologic Study of the Onset of the
Summer Monsoon over India & Burma.
Journal of Meteorology, Vol.6, P.P.393～400(1949)
7. 大井正一：マナスルの気象(5)，測候時報Vol.21, №11, P.P.315, (1954)
8. 和達清夫監修：気圧，気象の事典 P.P.84～87 東京堂
9. T.M.K.Nedungadi & T.R.Srivasan: The Onset of the Summer
Monsoon & Mt. Everest Expedition, Indian Journal
Met. Vol.15, №2, P.P.137～148 (1964)
10. 久米庸孝：アンナブルナ遠征とポストモンスーンの風 岳人 №31, P.P.8 (1954)

その他の参考文献

1. Jen-hu Chang: The Indian Summer Monsoon, The Geographical
Review, Vol.57, P.P.373～396 (1967)
2. Weather during Indian Mt. Everest Expedition 1960. Indian
Jornal Met. Vol.12 P.P.511～514 (1961)
3. P.K.Das: The Monsoon, National Book Trust, India (1968)
4. 和田英夫：長期予報新講 地人書院(1969)
5. 日本山岳会編：マナスル—1954～56, P.P.278～301 毎日新聞社(1958)

以上

ヒマラヤ高山地域の気候

—クンブ・ヒマール 4000m 付近の冬と夏—

井 上 治 郎

ま え が き

この報告は1969年12月から1970年1月の2ヶ月間の、ペリジェ(4243 m)での冬期間の気象観測データと、1970年6月から7月までの2ヶ月間の、ゴムハサ(Ngomhasa: 3860 m)でのモンスーン中の観測データをもとにしたものである。

冬 期

1 概 況

1969年～70年の冬は殆んど降雪がなかった。これは特にこの年だけに限らず、過去にクンブヒマールへはいった遠征隊の報告をみても、同じような傾向にあると考えられる。そして各年に共通していることは、2月下旬から3月上旬にかけて(これは年によって時期がずれることもあるが)この地方としてはかなり大量の降雪にみまわれることである。

冬期間の降水の殆んどは西方低気圧に依存する。厳冬期の特徴は、上層のトラフが非常に規則正しく、3～4日の周期で訪れることである。そして時に深いトラフに伴われた西方低気圧の襲来によって前記の降水がもたらされる。もっともこの低気圧はインドがその最終段階であるため、勢力は弱く、東部ヒマラヤでは西部にくらべて影響も少ないと思われる。

2 気 温

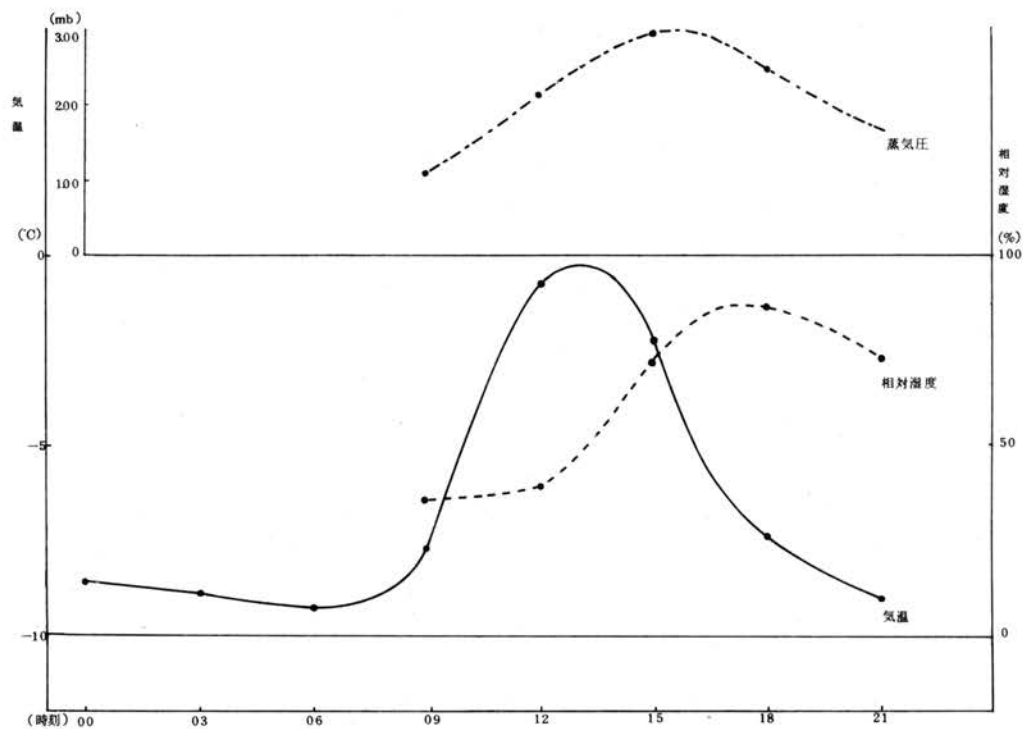
気温は〔09, 12, 15, 18, 21〕の各時については、アスマン通風乾湿計でよみとり、〔00, 03, 06〕時は、バイメタル式自記温度計からよみとった。これから日平均気温を算出し、その変化のようを示したのが第1図である。12月10日以後は平均気温はずっとマイナスになり、20日すぎからは3～4日周期の天気サイクルがきれいに現われている。

気温の日変化のようは第2図に示す。これは1970年1月1日～30日の3時間おきの平均値をプロットしたものである。なおこの時間の日の出は09時すぎ、日没は15時すぎであった。

3 湿 度

相対湿度は<09, 12, 15, 18, 21>の各時にアスマン通風乾湿度計でよみとった乾球と湿球の示差から現地気圧を考慮に入れて計算した。その日変化のようを第2図の破線で示す、比較のため同時に算出した蒸気圧を鎖線で示す。17時～18時ごろにかけて相対湿度がピークを示しているのは、一般的にこの時刻にペリジェの谷は深い霧につつまれるからである。(1月1日から21日までの間で18時の

観測時に霧が出現する頻度は、50%である)。これに対応する蒸気圧の日変化をみると、日没時にピークが出ている。



第2図 ペリジエにおける(気温・湿度・蒸気圧)の平均日変化(1月1日~30日)

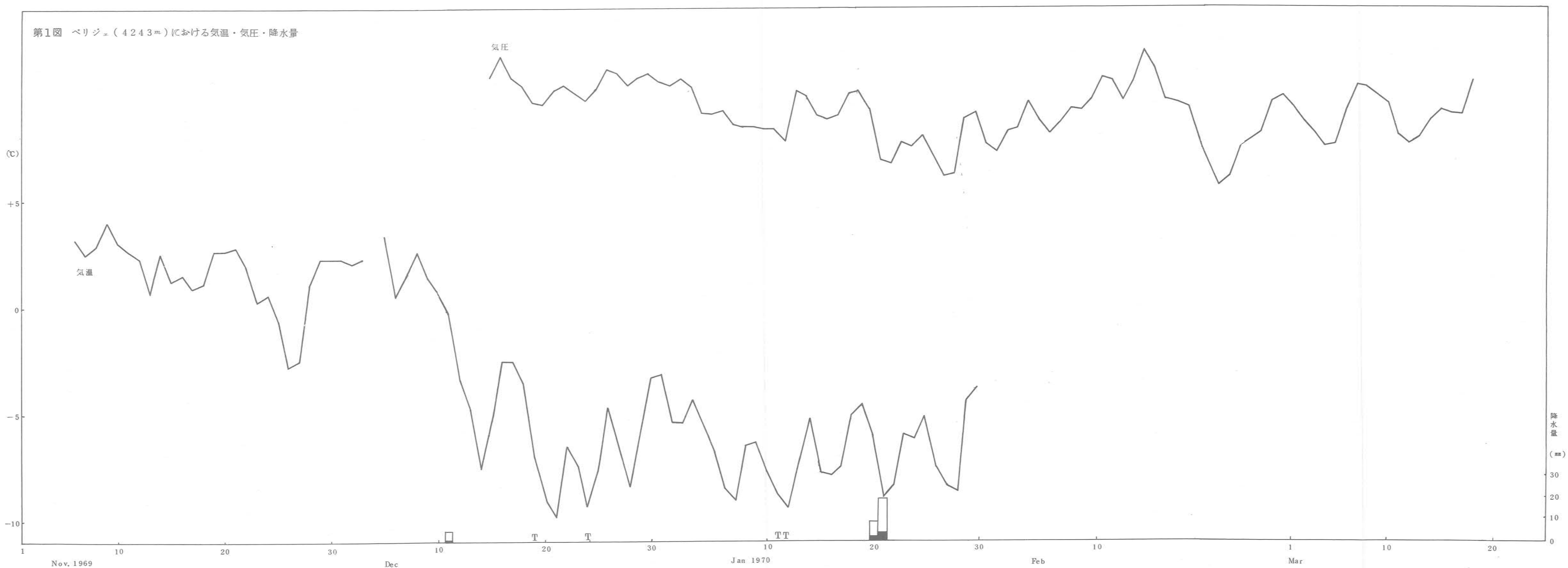
4 気 圧

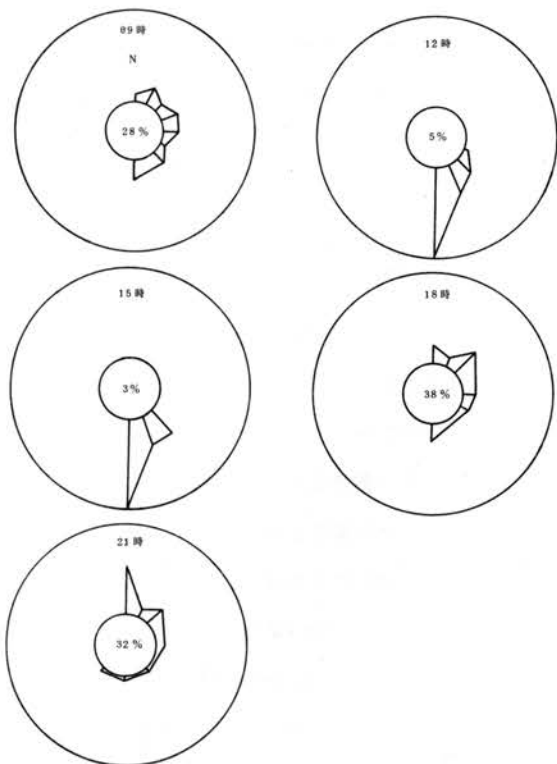
自記気圧計からよみとった日平均気圧の変化を第1図に示す。比較すべき標準測器が、感度の悪い高度計しかなかったため、ここでは気圧変化の様子のみを示す。

5 風

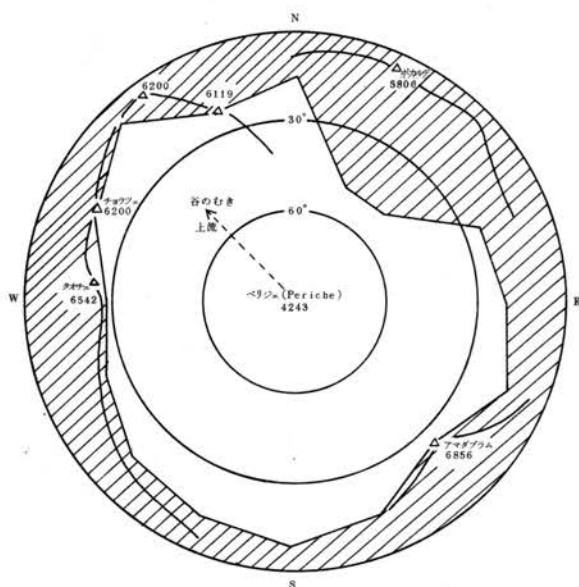
冬の卓越風は勿論、西風のジェット・ストリームであるが、それらについては直接はかかっていないので、ここではペリジエの谷を中心とする循環風についてのべる。風の観測は、吹き流しと目視によった。各観測時における風配図を第3図に示す。小円の中の数字(%)は静穏の頻度である。観測期間での瞬間最大風速は11 m/s (12月25日11時頃)で、他に平均最大風速8 m/s 程度のものが数度観測されたのみで、(これらの突風はすべて北風で、夜間に観測されたものが多い)。定時観測時刻における風はすべてビューフォート階級3以下であった。第3図の風配図をみると、山谷風の循環がよく出ている。観測点が広いU字谷のはし、山の南側斜面にあるため、21時の北風は明らかに山腹にそった滑降風が卓越していることを示し、又12時、15時の南風は谷をさかのぼる気流を示す。参考のため、観測点の位置とまわりの地形の仰角を第4図に示す。

第1図 ペリジェ (4243 m) における気温・気圧・降水量





第3図 ペリジエにおける風配図



第4図 ペリジエでの地平線と周囲の地形

6 降水量

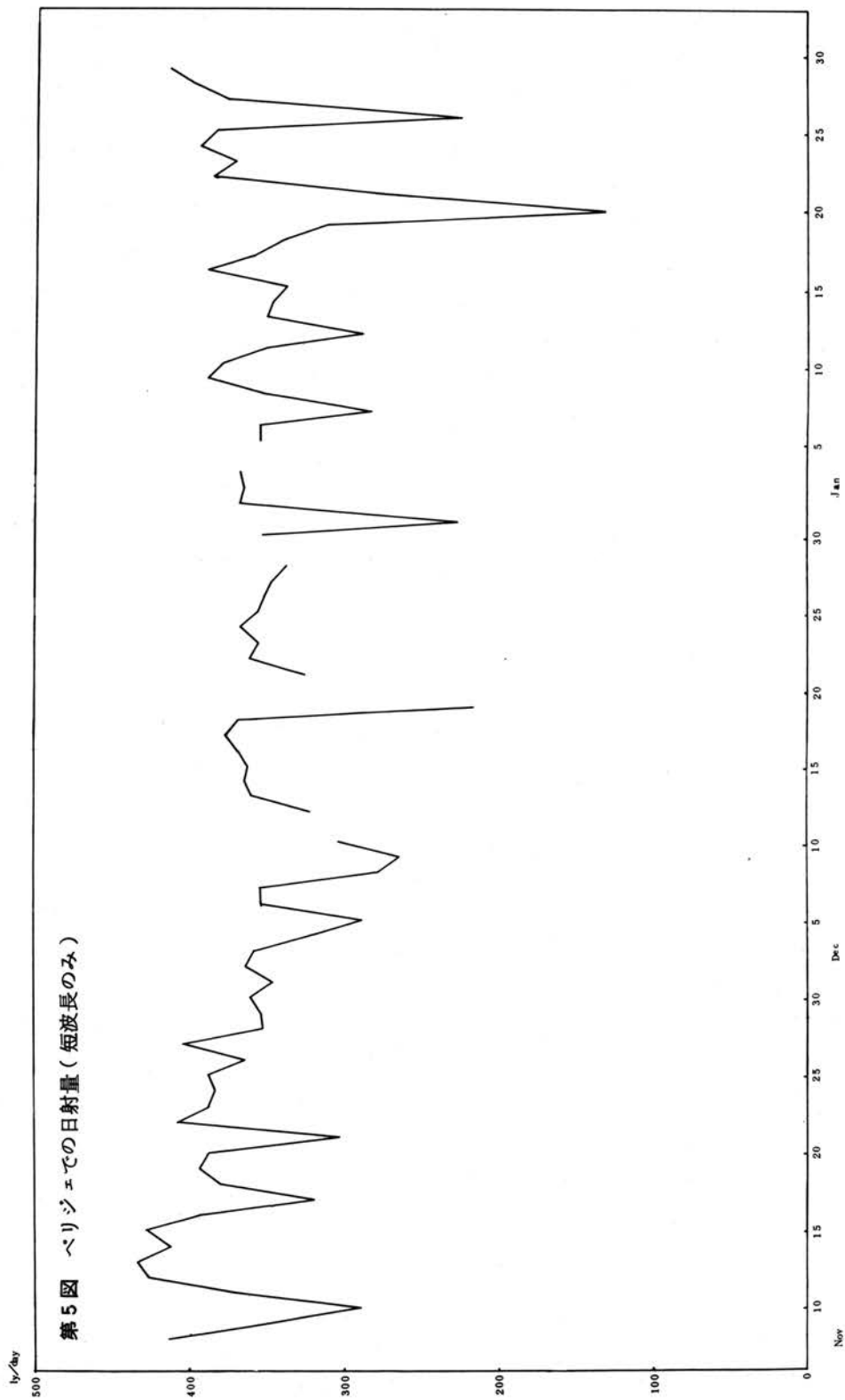
前述のように観測期間の降水量はほとんど無視できるほどのものであったが、第1図の中に棒グラフで示す。黒くぬりつぶした部分は水当量である。Tとあるのは、“地面が一面に白くなるほど雪がつもったが、数字としてはかれるほどではない”の意味である。

7 日射量

日射はロビッチ自記日射計によるもので、1日の総量の変化を第5図に示す。前述のように観測点が谷間にあるため、日照時間が6時間程度しかなく、障害物のない平地にくらべて4時間ほど短かいため、日射量は全体的に低い値にある。

8 むすび

以上が越冬期間の各気象要素についての報告である。今回は人員が一人であり、測器も制限され、また登山のスケジュールともあわせねばならなかったため、期間も限られており、とうてい満足のゆく調査を行なったとは言えない。観測地点の選択も、生活するということに重点をおいたため、水の得やすい谷間にとらざるをえず、そのため観測結果にはかなり地形の影響が出てきたと思われる。(例えば、日射量、風、温度、湿度の日変化など)。今後ヒマラヤ山系での気象データは需要が増大してくると思われるが、山そ



のものの規模が大きいため、代表点とその周囲数点での同時観測による比較が大切と思われる。また何といても生活するというだけでもかなりのエネルギーをさかれるものであるから、できうるかぎり自記器械の使用が望ましい。

モンスーン期

1 はじめに

モンスーン期も残留して観測を行なうということは、最初の計画にはなかったことであり、自分が隊に無理を言って許してもらったことなので、準備不足は最初から承知の上であった。また人員も予算もそういう点から限られてくるので、一点での詳しいデータというよりはむしろこれまであまり知られていないモンスーン期の高所での気象状態の観察、そしてできれば今後ずっと観測がつづけられるような礎を作るよう努力するということに重点をおいた。またいろいろな事情のためモンスーン半ばにして山を去らねばならず、モンスーンあけまでの観察ができなかったのは残念である。従ってデータとして、ここに発表するほど詳細なものはないが、2度行なった旅行時の観察とも加えて、概略をのべてみる。なお小生が下山したあとも、Trans Himalaya Tours (Pvt.) Ltd. (註：同社では、ジョンボチエに Hotel Everest View を建設中) の社員の方々の御協力のおかげで、以後ずっと自記器械による観測がつづけられており、このほどその一部を送って頂いたので、平均気温・気圧の変化について、小生のデータと併せてここに掲げる(第6図)。これは全く、前記社の宮原 巍社長はじめ社員の方々、特に主に観測にあたって頂いた、橋本 徹氏の厚意と努力の賜であり、この紙面をお借りして深く感謝したい。

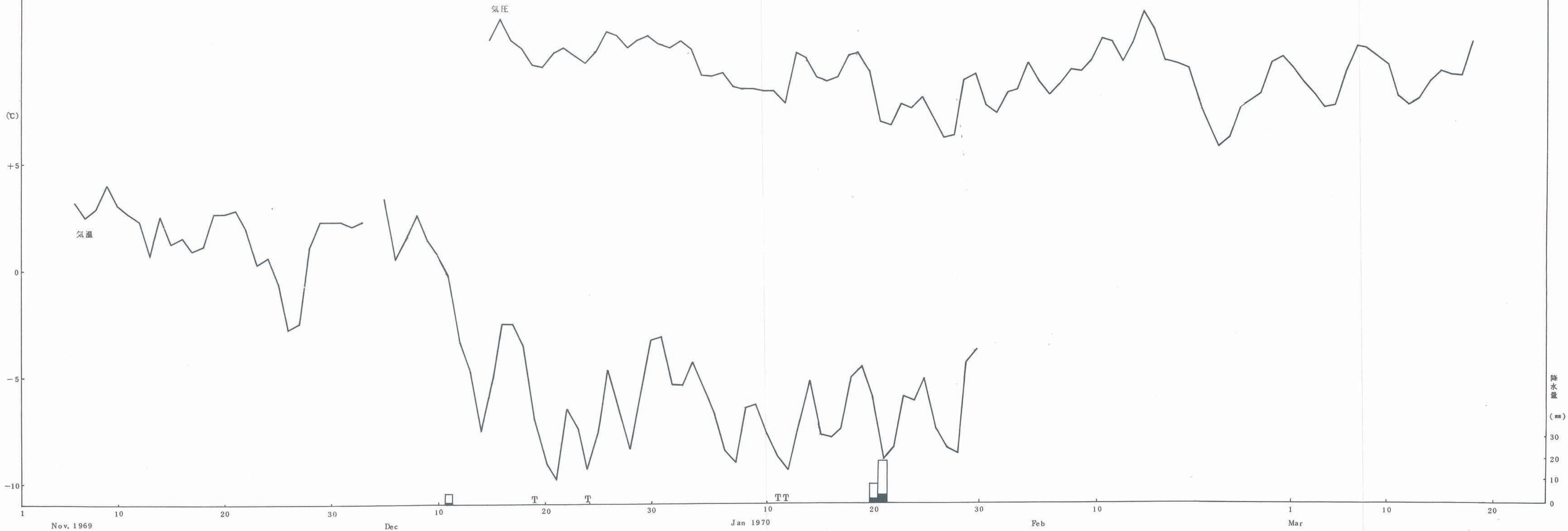
2 モンスーン期のクンプヒマールの気象状態

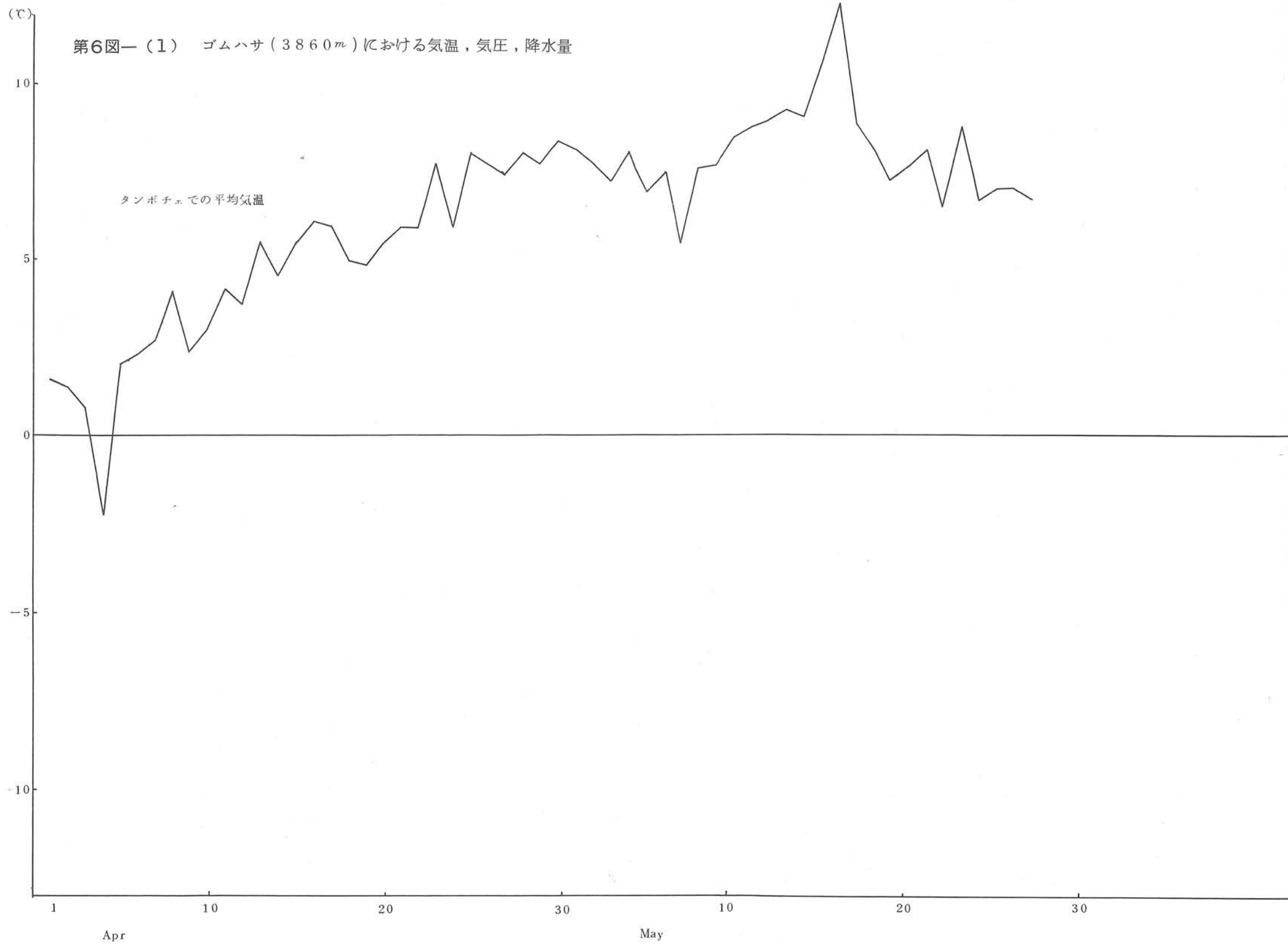
ゴムハサではモンスーン中は殆んど毎日霧にとざされ、時々しゅう雨に見舞われるといった天候のくりかえしである。日中だけに限ると、1週間に1度位の割合で、雲量が0になるようなこともあるが、それもクンプの谷の中の循環のため2時間とはもたない。雨は1日中降るというようなことはまれである。(第6図に観測期間中の降水量を示す)。この雨はより高所では雪になっている。雨が雪に変わるレベルは6月中旬で5000m、7月上旬で5500mであった。このため、モンスーン中の氷河上にはかなりの量の新雪がみられた。6月中旬にゴジュンバ氷河から眺めたエベレスト南壁にもかなりの新雪が認められた。モンスーン中は水蒸気が多いため、かなりの高さまで雲の発達が盛んである。従って一般的に直射日光の当る時間はきわめて少ない。雨期であるため、気温・湿度の日変化も少なく、6～8月の月平均気温も殆んど変わらない。第6図に日平均気温の変化を示す。8月以降は、前記Hotel Everest Viewの方々の御協力によるものであり、4～5月のデータは同じ高度にあるタンボチエ僧院での記録によるものである。たゞタンボチエでのものは、最高気温と最低気温の平均を算出したものであり、一般的にかなり高めの値を示しているはずである。風は南風が卓越しており、冬のように日変化は殆んどみられなかった。

む す び

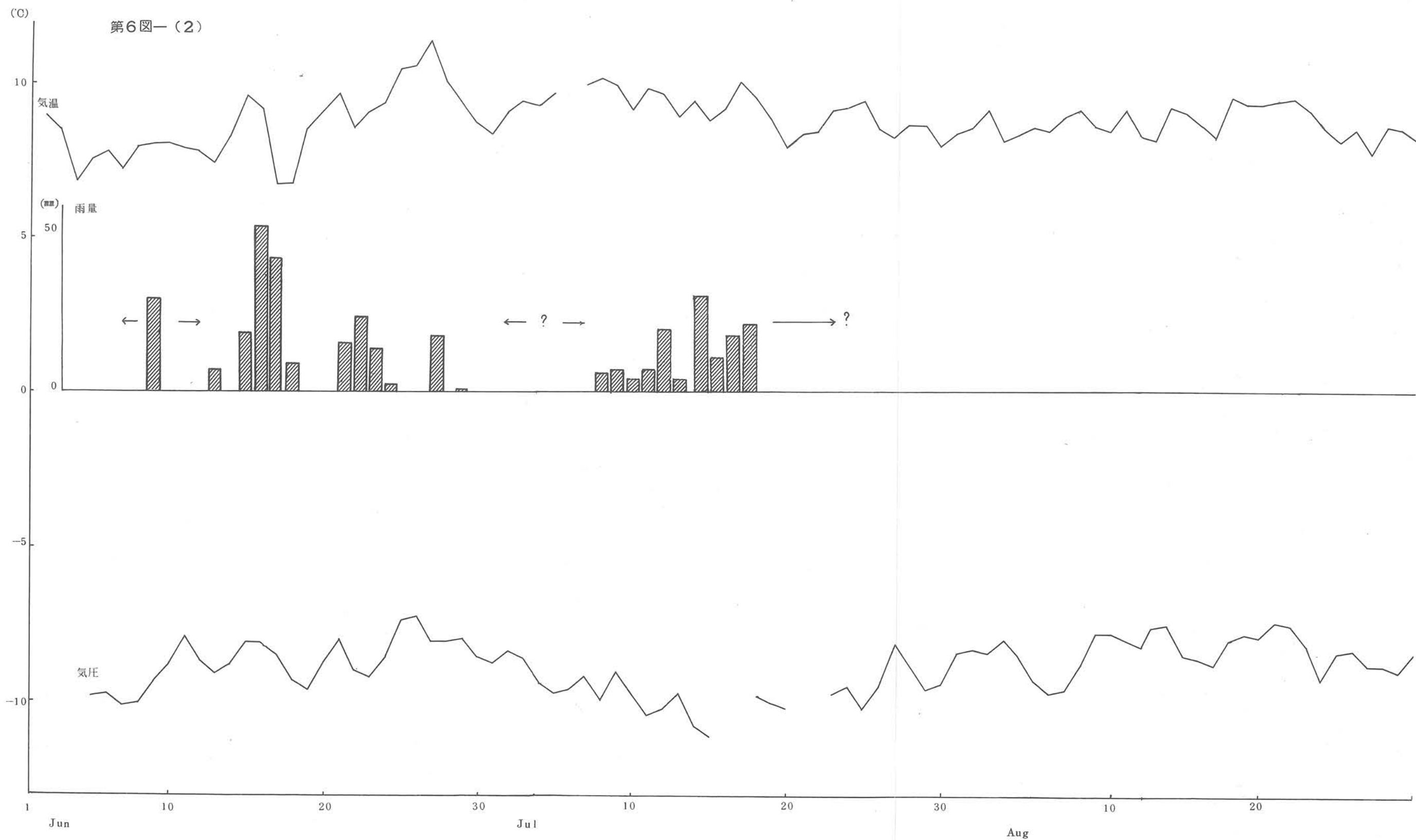
以上が冬期とモンスーン期との気象観測報告である。ヒマラヤ山脈は、地域によって気象の状態がちがうというよりもむしろ、それが（ヒマラヤが）あるために、世界の気象を変えているといった方がよいぐらい規模が大きい。今後ヒマラヤの気象に関する研究は盛んになるだろうが、この広い地域をくまなく観測網でおおうということは不可能であり、現在ネパール政府の観測点も、4000m以下の居住域に限られているため、高山地域の状態を知るには遠征隊の資料が重要になってくる。しかしそれらの資料も断片的なものではあまり利用価値がなく、高山地域で定常観測を行なっている地点があって、そのデータと比較してはじめて役立つと言える。そういう意味でJMEE'70の長期間にわたる気象観測が1つの礎石となれば幸いである。

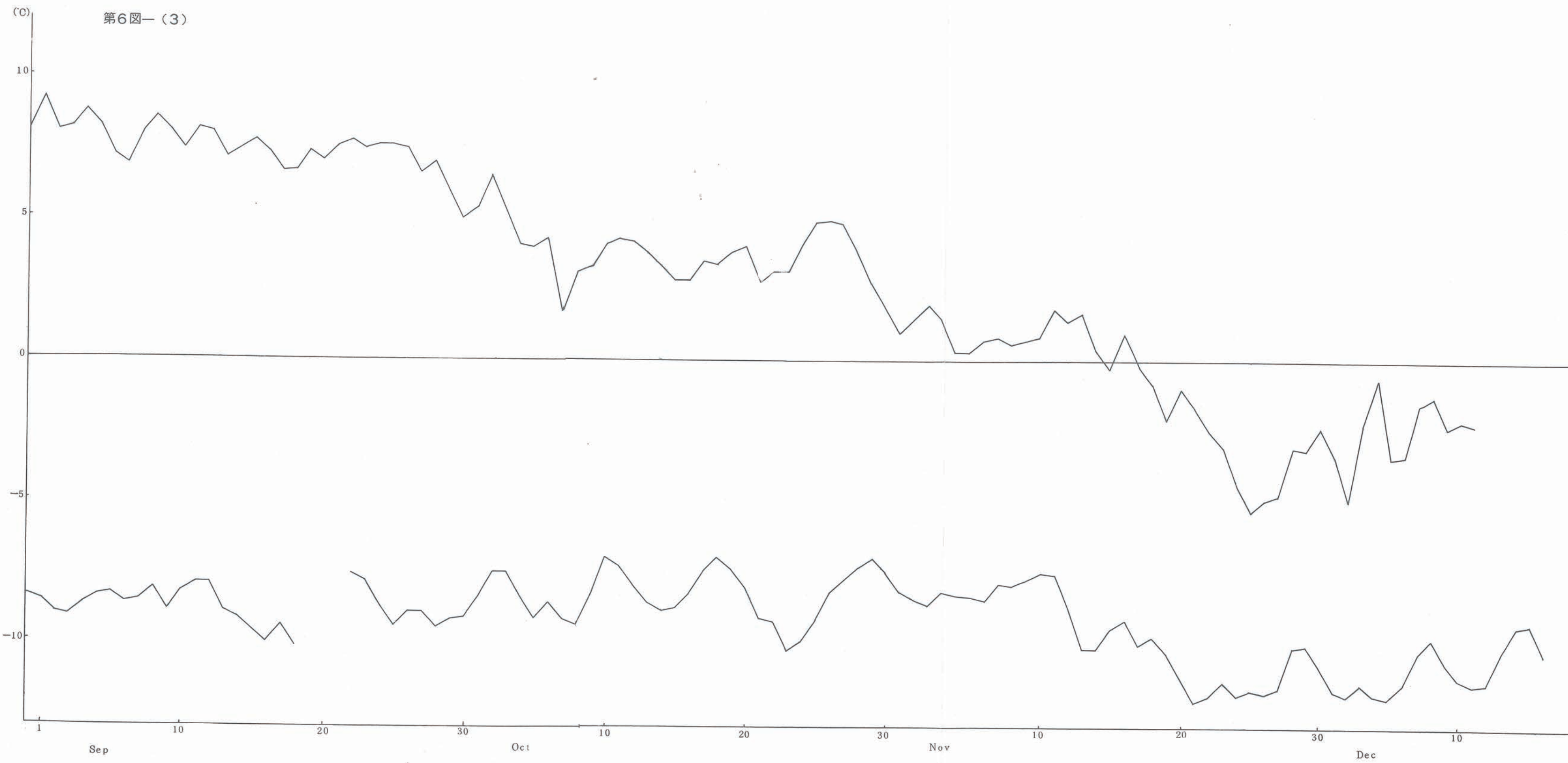
第1図 ペリジェ (4243m) における気温・気圧・降水量





第6図一(2)





あ　と　が　き

本来ならば、ここに収録した報文は、「1970年エベレスト登山隊報告書」の第3章として、第2章部門別報告の次に収録されるべき性質のものであるが、報告書の原稿ボリュームが多くなったため、「第Ⅰ部—登山報告」「第Ⅱ部—学術報告」と分冊の形で刊行したものである。従って登山隊の行動との関連については「第Ⅰ部—登山報告」を参照されたい。とくに第Ⅰ部に収録した個人別行動表は、高度順化との関連があるので高所医学の項と併読されることを希望する。

1970年日本山岳会エベレスト登山隊には登山班24名の他に下記6名が学術班として参加した。その担当分野は次の通りである。（カッコ内は現在の所属）

- ・ 高所医学 ……… 中島道郎（京都市立病院）、広谷光一郎（Smith Klein & French Overseas Co.,）大森薫雄（慈恵会医科大学）
- ・ 地球物理 ……… 河野 長（東京大学理学部）
- ・ 気象・氷河 ……… 長田正行（航空自衛隊気象群本部）井上治郎（京都大学防災研究所）

学術班の最大の目的は、登山隊を科学的立場でサポートし、登山の安全性を高めると共に、登頂の確率を高めようとするところにあった。そしてこの面からみると、学術班の各隊員とも高所へ登って登山隊のサポートにあたり、医学班は高度順化の面で貴重な助言をなし、気象班も登頂日前後には、適確な長期予報をだすことによって、エベレスト登頂のために、多大の貢献をなしたことが特筆される。

一方学術班の各隊員は、夫々個別の研究テーマをもって参加し、この分野でも貴重なデータの収集を行ってきた。本報告書に収録した報文は、これらのデータを整理したものであり、その一部については、既に関係学会において下記の通り夫々発表されている。

- ・ 高所医学
「エベレスト峰登山における順化の様相」…… 第24回日本体力医学会、第10回日本生気象学会
- ・ 地球物理
「東部ネパールの重力と地下構造」…………… 1971年日本地震学会春季大会
- ・ 気象・氷河
「エベレスト周辺での氷河調査」…………… 昭和45年度日本雪氷学会秋季大会
「高山での熱収支」…………… 昭和46年度日本雪氷学会秋季大会

今回の研究は、学術研究を目的にでかけた Scientific Expedition ではないので、専門的立場からみると、必ずしも満足すべきものでなく、学術報告書としては不備な点もあるかも知れないが、何分登山隊のサポートという難しい仕事のかたわらなされたものであることで、ご寛容

願いたい。

なお、本報告書に収録する予定であった井上隊員による、氷河調査についての報告は締切り時間の関係で割愛せざるをえなかった。いずれ関係学会誌に発表される予定であるので、参照願いたい。

計画の当初、学術班が計画し、計画書に記載された下記の5テーマについては、担当の芳野赴夫氏が不参加となったため、残念乍ら取り止めの止むなきに至った。本報告書で、これら各テーマの報告ができないことは洵に残念であるが、これについては別途、科学調査隊が派遣されることを期待している。

- (1) ESSA 8号, NIMBUS II 人工衛星による高層よりの雲の観測データと、ヒマラヤ地域の気象との相関に関する研究。
- (2) 電波氷厚計（アイス・レーダー）による、ウエスタン・クームの氷河底地形の測定。
- (3) ヒマラヤ地域の氷河氷の誘電特性の測定。
- (4) ヒマラヤ地域における電派雑音強度値の決定。
- (5) 低磁気緯度におけるVLF波および自然電波の測定。

なお、今回の学術班の派遣にあたり下記の関係各学会からの多大のご後援を賜った。紙上をかりて厚く御礼申上げたい。

- ・ 高 所 医 学 ……… 日本生気象学会高所医学専門部会
- ・ 地 球 物 理 ……… 日本地球電気磁気学会
- ・ 気 象・氷 河 ……… 社団法人日本気象学会, 日本雪氷学会, 社団法人電子通信学会

（文責：編集委員会）

1970年エベレスト登山隊報告書
第Ⅱ部 学術報告

印刷 昭和47年2月28日
発行 昭和47年3月1日
編集者 日本山岳会 1970年エベレスト登山隊
©発行者 東京都千代田区神田錦町3-23
社団法人 日本山岳会
印刷所 東京都千代田区神田小川町1-10
株式会社 方泉社

定価 2,500円 (第Ⅰ部, 第Ⅱ部とも)

