

#### 4. 登山用具研究

## アバランチビーコンと雪崩対策

北 田 啓 郎

平成3年秋よりドイツ製アバランチビーコン（雪崩埋没者探知器＝以後単にビーコン）、オルトボックスF<sub>1</sub>プラスが日本に正式に輸入され始めた。輸入元の(株)マジックマウンテンによれば、現在までの普及状況は全国で200台に足らず、そのうちの主な購入者は、北大山スキー部、長野県のいくつかのスキー場パトロール隊、そして日本テレマークスキー協会の山岳ツアー愛好者であるという。

私が最初に実物のビーコンを目にしたのは、昭和49年（1974）輸入商社リーベルマンウェルシュリーがオーストリー・モトロニック社製ピープスを100台輸入した時だ。ピープスは2275Hzの周波数を持ち、アメリカではかなり普及したらしいが、日本ではその後再び輸入されることはなかった。

その後、昭和58年（1983）私は当時勤めていた登山用具店・好日山荘を通して、アメリカのアルパインリサーチ社よりレイマー・エコーとエコー2（いずれも2275Hz）を10数台輸入し、個人的に短期間テストを兼ね、スキーツアーなどに使用した。性能的にみると、初期に輸入されたこの2機種はあらゆる点で現在中心となっている457KHz単周波数ビーコンと比べ劣っていた。私自身その実用性に不満足のまま、結局のところ使用しなくなってしまった。

今回輸入されたオルトボックスF<sub>1</sub>プラスは過去輸入されたピープス、エコー等2275Hz機に比べ格段に高性能である。同機種間での電波の最大到達距離は60m。5段階に受信レンジが分けられており、送信機との距離を把握しやすい。またLED（発光ダイオード）インジケーターの点滅により、視覚的にも受信状態を知ることができる。周波数は現在の国際標準周波数である457KHzをメインで送受信できるが、397KHzの周波数を受信できる副機能も備えている。これはスキーに取付けたスキーマウスと呼ばれる送信機の電波を受信し、スキーを探すことができる機能である。使用可能時間は単Ⅲアルカリ電池2本で約250時間とされている。

私の属する山岳スキーのクラブでは平成4年冬より中心メンバー全員が購入し、国内、国外（北米）の山岳スキーツアーに携行し、機会あるごとにビーコンの搜索訓練をおこなった。搜索訓練は、山岳地帯の無立木の雪中に防水袋に入れたビーコンを0.5～1mの深さに埋め、最後に埋めた位置をまったくわからないように周囲30～60mをスキーで踏みならした。準備が終わった後、離れて待機していた搜索グループが、1人または2、3人で受信に切換えた同型のビーコンで搜索を開始する。初めての訓練の際は搜索方法の手順を無視して搜索したため、1回目19分、2回目17分と予想より時間がかかってしまった。しかし、初めてのこの2回の搜索訓練により、雪の上にまったく埋没形跡のない状態でビーコン以外の搜索方法を想像してみた時、ビーコンによる搜索がいかに効果的な方法かということが実感できた。

#### 4. 登山用具研究

その後、北米ユタ州アルタスキー場において雪崩パトロール隊員とビーコン捜索訓練をおこなう機会を得た。この時は、上記と同じような状態で10分を切る短い時間内でビーコンを発見できた。正しい手順ののっとり捜索活動をおこなえば、埋没者の発見はきわめて短時間で正確におこなうことができるということを確認した。

これからの体験をふまえ、ビーコンと雪崩対策について考えてみることにする。

##### 1. 二つの大前提－雪崩の回避と自パーティ救助

雪崩対策は二つの面から考えなければならない。一つは、いかにして雪崩に遭わないようにするかという事前回避の面。もう一つは、もしも雪崩に遭遇してしまった時、いかにして被害を最小限にとどめられるかという救助活動の面である。

言うまでもなく、前者「事前回避」の完璧な実行こそもっとも求められるべきことであろう。ところで、私たち雪山登山者はどこまでこの雪崩の事前回避の完璧性に近づくことができるのであろうか。科学的に雪崩の発生を予知できる携帯装置があるわけではない現時点で、私たちは雪崩について知るために、雪や気象や地形などいくつかのアプローチからそのメカニズムを把握しようと試みている。どのような気象状況の時、どのような降雪状態の時、どのような積雪状態の時、そして、どのような地形でどのような力が加わると雪崩が発生しやすいか、この雪崩発生の条件を知識としてあるいはそのいくつかを経験として持つことは可能である。そして、このことは少なくとも雪山登山者の常識でなければならない。

こうした知識は自動車ドライバーにおける道路交通法と同様なものであろう。ドライバーは自動車というきわめて破壊力のある物体の動き回る道路上を、この法則ののっとり安全を確保しつつ移動する。もし、単に自動車を運転できるだけで法規をまったく知らないドライバーがいて、むちゃくちゃに道路を走り回ったらどうなるであろうか。災禍を想像するのはあまりにも容易だ。自動車の運転は他者への被害を及ぼす可能性があまりにも大きい故、免許が必要となる。

雪山について考えてみよう。雪山での事故で他者へ被害を及ぼす例は少ない。もちろんリーダーの判断ミスが同行パーティの他の人に被害を及ぼすという事はありうる。それにしても結局は自分あるいは自分と意を同じくした者同士の被害の範囲である。共同生活を余儀なくされる町社会の外を活動の場とする登山は、規則のない世界である。雪山登山はきわめて魅力に満ち、人間の誇るべき無償の行為である。しかし、その魅力が個人ひとりひとりの内に生じる種類のものである以上、社会的な約束事の枠組の中で管理されることの及ばない行為である。一言で言えば限りなく自由に近い行為である。だからこそ爽快なものであるのだが、だからこそ、自分の生命を誰も守ってくれる世界ではないのである。自分の命は自分で守る、そのためには雪山の「交通法規」をすべての雪山登山者が知らなければならない。あまりにもあたり前の論理だが、この基本的責任の認識が欠如している登山者の遭難頻度は高いように思われる。また、雪山登山という行為は経験主義が幅をきかせすぎており、そ

#### 4. 登山用具研究

こを行く登山者達はみずからの、あるいはリーダーの個人的経験の範囲でしか安全確保の対策を持っていない場合が多いようだ。

雪崩に話を戻そう。雪崩に対する常識を知識として持つことと、雪崩の予知を常備能力として持っているということはまったくかけ離れたことである。経験を積むことにより、この能力が高まることはある程度ありうることであろう。しかし、雪山経験数十年という経験深い登山者でも、実際に雪崩を経験する機会はそれほど多いとは思われない。むしろ、経験したら終しまい、という論理の方に説得力がある。そうしてみると、いかに雪山経験が長く、また雪崩のメカニズムを知っている者であっても、雪崩の予知を完璧におこなえることなどありえないのだ。私たちは、雪崩が偶発性の高い事故であることを認めたいうえで、その対策を考えなければならないのだ。

#### 2. 雪崩埋没者の生存率と救助スピード

雪崩は生命に直接関わる事故である。 図-1

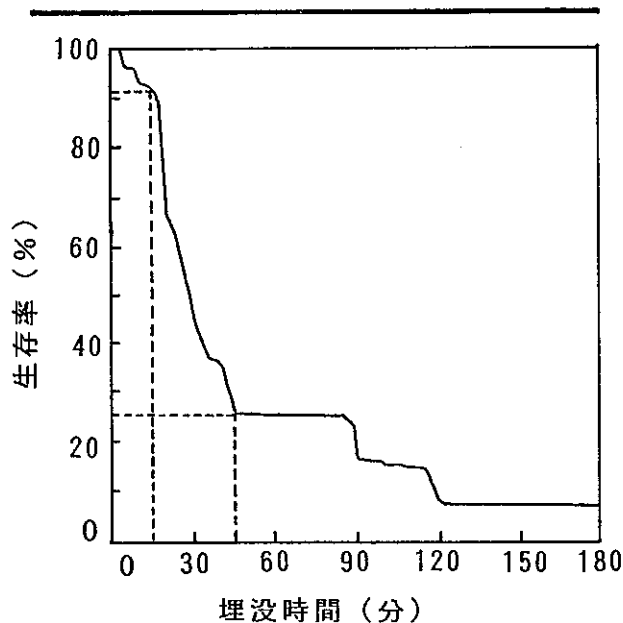
スイス山岳会会報（1992年1月号）にみる雪崩埋没者の生存率は完全埋没者の46%である。つまり完全埋没すればその54%は命を失う。

埋没の時間的経過による生存率の変化をみてみよう。同会報の図-1によれば、最初の15分で86%、つまり雪崩の直撃により即死する者はごく少なく、15分間はほとんどの埋没者は生存しているということがわかる。これは救助活動にきわめて重要なポイントである。

次の30分で生存率は急降下する。埋没後45分経過すると生存率は25%にまで落ちこむ。別の図-2によれば、この15-45分間の30分間は窒息死の危険が急激に高まる時間である。45分を過ぎると雪のおおいの下に呼吸できる空間がある場合のみ生存できる。しかしながら、その後の時間経過はたとえ生きていても徐々に凍死への危険にさらされているのである。

もちろん、雪崩の規模、発生した地形、山岳状況などによっては、すみやかにその埋没現場へ到達できない場合も少なからずある。登攀の要素のはいる救助活動では、二重遭難に対する予防を考えれば、ロープのフィックスなど時間のかかる作業が多く、15分という時間はきわめて短い。しかしなが

完全埋没雪崩犠牲者の生存確率



[Die Alpen Nr. 9/1992]

ら、たとえ10%でも生存の可能 図-2

性を信じ救助活動を開始するのがパーティとしての義務と責任であろう。救助隊を他に要請することは、生きて救出する可能性を放棄し、遺体捜索を意味する行為であることを知るべきである。

幸いにして埋没現場にすぐに到達できたとしても、しかし、埋没者の形跡がまったくないデブリの中をやみくもに探し回っても、貴重な1分1秒を浪費するだけである。また、たとえ全員がゾンデを携帯して、手順ど

うりにゾンデ捜索を行ったとしても、数人パーティではたして15分以内の救出可能性はどれくらいあるのだろうか。雪崩規模にもよるが、可能性を高くみつめることはできない。

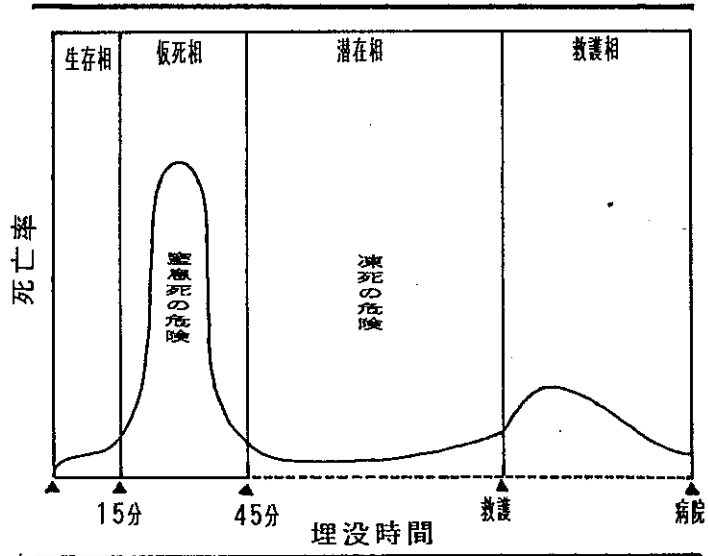
この段階におよんで、私たちは初めてアバランチビーコンの科学的捜索方法に頼る必要性を知る。ビーコンはレーダーのようなものと考えればよい。たとえ無視界でも飛行機が目的地へ到達できるように、何ひとつ手がかりのないデブリの上を、埋没者の発信する信号音を追いながらその目標にほとんど数メートルの誤差もなく近づくことができる。練習次第だが、15分以内の発見は決して無理なことではない。現状では、このような短時間で現場の者が埋没者を発見できる方法は、ビーコンの使用以外にはない、と言うことができよう。

### 3. アバランチビーコンの開発と現状

雪崩の危険にもっとも身をさらしている職業はスキー場のアバランチワーカー（パトロール隊員など）である。彼らは日常的に雪崩の危険地帯に入り、常にその危険を背に仕事をしなければならず、実際に事故も多い。欧米の大きなスキー場には訓練された雪崩犬がかならずいるが、スキー場自体の規模が日本と比べものにならないほど大きいため、雪崩犬が現場へ到着するまでの時間は他の救出方法に頼らざるをえない。

世界初のアバランチビーコン（アメリカではAvaranche Tranceiver, 通称Beeperと呼ばれている）は、1968年アメリカ人のジョン・ロートンがこうしたアバランチワーカー達のために開発したスカディ（SKADI）である。スカディはアメリカのアバランチワーカー達に絶大な信頼をおかれており、

雪崩埋没の位相区分



[Die Alpen Nr. 9/1992]

#### 4. 登山用具研究

現在でも一部で使用され続けている。スカデイの特徴は、周波数2275Hz、充電式で約1週間の使用が可能。また、信号音が独特で認識しやすいこともあげられている。一方で、寒さによる性能の劣化が顕著しく、長い山岳ツアーなどの使用には大きな障害となった。(Poweder Magazin 1992 Nov. "Avaranche Tranceivers" by Jonathan Waterman)

スカデイの開発を機に、その後欧米では2275Hzを周波数とするいくつかのビーコンが開発された。日本にも輸入されたピープス、エコーなどがそれである。

現在ではほとんどの単周波数ビーコンは457KHzである。欧州のメーカーが中心となって開発され、アメリカと周波数統一化の議論が盛んにおこなわれたが、近年ようやく国際遭難救助会議 (IKAR = International Kommission für Alpines Rettungswesen) において457KHzが正式にビーコンの国際標準周波数として合意を得た。しかし、アメリカで現在でも普及している2275Hz機との互換性が必要なため、一部のメーカーではアメリカ向けに457KHzと2275Hzの両方を受発信できる複周波数ビーコンを作っている。(オルトボックスF<sub>2</sub>, ピープスDF, レイマー・アバラールDF, アルバ8000など)

現在主流の新しい457KHz単周波数ビーコンは5機種あり、いずれも欧州製である。ドイツのオルトボックスF<sub>1</sub>プラス、スイスのヴァリボックスVS68、オーストリーのピープス457、その他にニックアンボックス社のオプション8000、そしてフィットレ・スノービップなどがある。これらのビーコンは欧州のテストグループARVA90により1990年スイスのアンデルマットとボルミオにおいて2回機能テストがおこなわれ、それぞれが

互換性のあるものと確認された。またテストの結果に基づき、各ビーコンがDIN(ドイツ工業規格)及びEuronorm(ヨーロッパ規格)の基準を満たすように改良がなされた。

ARVA90のテスト結果をみると、各々の機種の送受信性能の比較ばかりではなく、実際の使用における有効範囲が示されており、ビーコンの電波特性をよく理解したうえで使用が必要なことを知ることができる。図-3では理想的な位置関係に置かれた2

図-3

1990年のアンデルマット、およびボルミオの実験  
欧州製アバランチビーコンの最大有効範囲と互換性能

受信機	バリボックス VS68	フィットレ スノービップ	オプション 8000	オルトボックス F1プラス	ピープス457
<b>送信機</b>					
バリボックス	A:111	82	50	60	—
	B:110	97	77	71	57
フィットレ	A: 93	94	39	—	—
	B:123	114	74	66	58
オプション	A: 92	73	51	66	—
	B: 94	82	86	88	70
オルトボックス	A: 95	96	40	63	—
F1プラス	B: 95	87	70	65	68
ピープス457	A:—	—	—	—	—
	B:116	105	81	79	57

A:アンデルマット1990/4/24~25 \*ピープス457はプロトタイプ  
B:プロトタイプ 1990/10/4~5 (Die Alpen Nr.12/1991)

台のビーコン間の最大送受信距離が示されているが、実際の使用においてはアンテナの向きによりこの性能が100%実現できるわけではない。すなわち、ビーコン捜索で重要なのはその機種間の有効使用範囲内で捜索範囲を移動すべきことが理解できる。図-4によれば、フィットレとバリボックスで受信した場合、どのような状態でも片側20m、つまり両側40mの有効範囲が確保されている、とみることができる。オルトボックスの説明書では、電波の性質上ふ

図-4

欧州製ビーコンの ①実地上の有効範囲と ②両側面の有効範囲

受信機	バリボックス フィットレ	オプジョン8000 オルトボックスF1	ビーナス457	アルパ4000 ビーナスDF オルトボックスF2
送信機				
バリボックス フィットレ	① 20m	15m	12m	6m
オプジョン8000 オルトボックスF1 ビーナス457	② 40m	30m	25m	10m
ビーナスDF	① 20m			6m
アルパ4000	② 40m			10m
オルトボックスF2	① 10m			6m
	② 20m			10m

[Die Alpen Nr. 12/1991]

たつの送受信機のアンテナが整合した方向を向いている時のみ、その装置の最大電波到達距離での捜索が可能であり、それ以外の位置関係では有効範囲は減少する、と解説されている。

日本でも本年、勤労者山岳連盟のメンバーを中心とした開発グループの手により、国産初のビーコン（アルペンビーコン1500）が発売された。周波数は国際標準の457KHzで、捜索方式は基本的にオルトボックスF1プラスと同じである。最大有効範囲は50m、同機種間の有効捜索範囲は半径15mという。受信レンジは4段階切り換えになっており、外部スピーカーとLED（発光ダイオード）点滅により、埋没者との接近状態を知ることができる。また、捜索中に発生した二次雪崩による遭難に対応するため、送信自動復帰機能が付いている。（レイマー・アバラールDFにも同様の機種がある）電源は6Vのリチウム電池を使用し、1500時間という長時間使用が可能なおうえ、保存時の電力低下も少なく、低温にも強い特徴をもつ。

アルペンビーコン1500の出現により、日本でのビーコン普及は457KHz単周波数機が中心で進むと思われる。欧州製ビーコンとの互換性能のテストが早期に望まれるところだ。

#### 4. ビーコンによる捜索方法

時間が勝負である雪崩救助は、たとえビーコンを装備していても合理的な捜索手順ののっとりおこなわれなければ穴だらけの捜索となり、いたずらに無駄な時間を浪費してしまうことが訓練においてわかった。捜索訓練をくりかえしおこなうことで、1分1秒でも早く埋没者を発見する最良の手順を

#### 4. 登山用具研究

身につけることが可能となる。次に、オルトボックスの使用説明書を参考に基本的な搜索方法を探ってみたい。

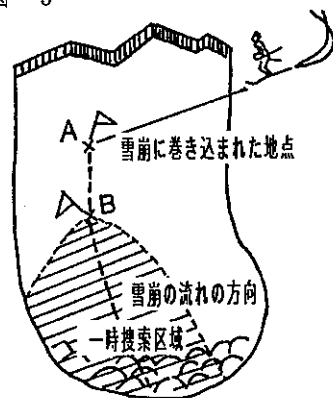
救助活動を一貫した流れの基に円滑におこなうためには、救助に携わる者の中でもっとも搜索手順を熟知した者がこれを主導し、他の者はこの指示に従って的確に動くことが第一に求められる。リーダーは雪崩から脱出できた、あるいは巻きこまれずにすんだ生存者を集め、ただちに冷静に救助活動を開始する。

- (1) パーティの何人が雪崩に埋まっているか数える。
- (2) 二次雪崩の危険性の有無を判断し、搜索人数に余裕があれば1人を見張り役として残す。
- (3) 搜索隊全員がビーコンを受信に切りかえ、まず目視でデブリ上に埋没者の一部などが出ているかをチェックする。
- (4) 形跡がない場合、ただちにビーコンによる探知を開始するが、もし雪崩に巻きこまれずに雪崩発生状況を目撃していた者がいれば、埋没者が雪崩に巻きこまれた地点A、及び埋没者が雪崩の中に消えた地点Bをマークし、その消えた地点から下を流れに沿って第一次の搜索範囲とする。

(図-5)

図-5

- (5) 幅40m以下の小規模な雪崩ならば、搜索はひとりでおこなう。まず、最終目撃地点に立ち、ビーコンを水平垂直に回し信号をキャッチできるかどうか確かめる。ビーコンの受信レンジは60mにセットしておく。信号をキャッチするまで第一次搜索範囲のほぼ中央を直線的に下方へ移動する。(図-6)
- (6) 幅40m以上の雪崩を1人で搜索する場合は、デブリの幅を横に移動しながらジグザグに下方に向かい、最初に信号をキャッチした地点から直線的に近接搜索を始める。ジグザグの間隔はビーコンの有効搜索範囲を超えないようにする。



(図-7, 8)

図-6

- (7) 幅40m以上の雪崩で搜索できるメンバーが2人以上いる場合は、ビーコンの有効範囲内に各人が並び、直線的に下方へ向かえば効率よい搜索が可能だ。(図-9)

幅40メートル以内の雪崩を1人で搜索する場合

- (8) 最初の信号をキャッチしたらその地点をマークし(図-8のC地点)、その地点でビーコンを水平垂直に回し、もっとも信号音の強くなる角度にビーコンを固定し、その角度を変えないように平行移動する。平行移動中のもっとも信号音の強い地点(図-8のD地点)より近接搜索を開始する。(図-

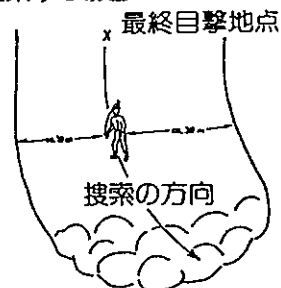


図-7

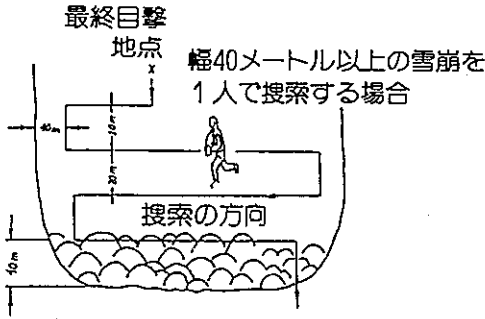


図-8

オルトボックス使用説明書  
による捜索方法

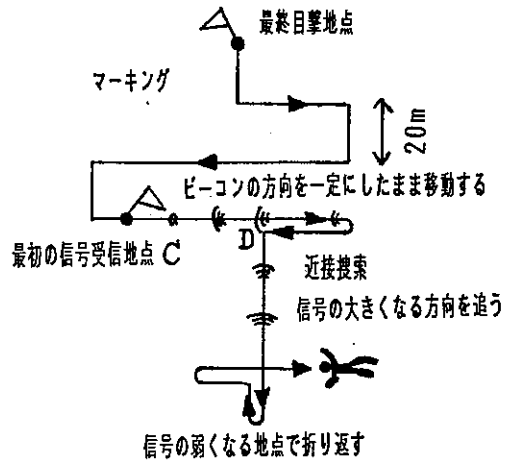


図-9

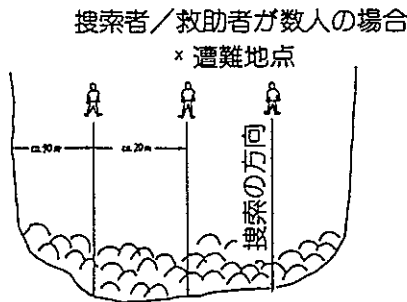
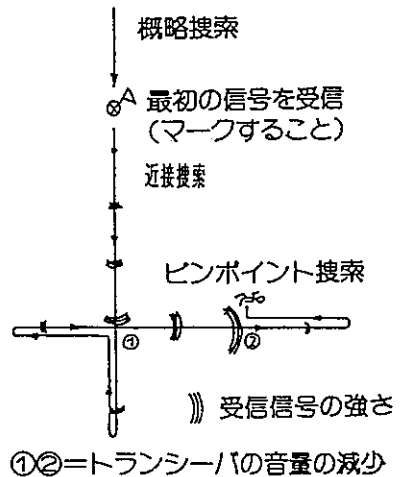


図-10



8)

- (9) 信号音の強さが大きくなりすぎたら、適時狭い範囲の受信レンジに切り換える。
- (10) 近接捜索は(8)の段階より信号音の強くなる方向へ直線的に移動し、信号音の弱くなった所より信号音のもっとも強かった地点(図-10の①地点)へ戻り、次に横方向へ移動する。信号音が再び弱くなれば①地点へ戻り、こんどは反対方向へ向かう。この段階まで到達すれば埋没者の位置はきわめて狭い範囲に限定される。次にピンポイント捜索をおこなう。

- (11) ピンポイント捜索は通常もっとも狭い範囲の受信レンジ(オルトボックスでは0-2m)に切り換え、ビーコンを雪面に近づけ、狭い範囲で十字を描くように動かし、信号音が最大になる地点を探す。LEDインジケータの点滅具合を見ながら視覚と聴覚の両方で判断するとわかりやすい。
- (12) 埋没地点がわかって、すばやく掘り出す手段を持っていないければ、救助活動は完璧なものとはならない。パーティの全員が小型のスノーシャベルを携帯していれば、たとえだれが雪崩に巻



#### 4. 登山用具研究

きこまれたとしても、1人でも脱出できていれば救助活動をすみやかにこなうことができる。シャベルがあるなしでは掘り出す時間に大きな差が出るからである。

- (13) 埋没者を掘り出したら、その状態を判断し、適切な救急処置をおこない、搬出等の準備もおこなわなければならない。これについては各々別の専門家に稿を譲りたい。
- (14) 電波の特性と捜索方法の変化—埋没者のビーコンの電池が消耗している場合、送信電波の到達距離が強くなり、捜索範囲が狭くなる。この時は受信レンジを広い範囲（2—8 m）に切り換えてピンポイント捜索をおこなわなければならない。しかしながら、発見地点の正確さには影響は及ばさない。

また、埋没者が大量の雪の下に埋まっている場合は電波の透過が悪くなり、広い受信レンジ（60mなど）を用いてもピンポイント捜索が必要となる。この場合には信号の弱くなる2地点の中間をマークする。

送信ビーコンが雪の中に水平位置で埋まっている場合には、物理法則により最大信号地点が2ヶ所生じることがある。この場合も2つの最大地点の中間にビーコンがある。

#### 5. 結論として

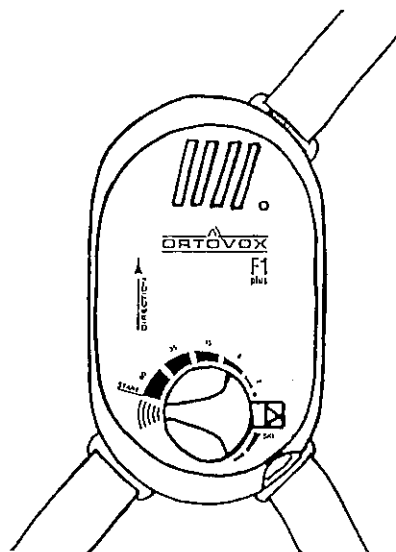
アバランチビーコンは1968年にアメリカで生まれ、20年以上経過した。欧米ではスキー場関係者、山岳スキーヤーを中心に普及したが日本ではその方面の人々の雪崩に対する関心あるいは認識が浅く、普及をみなかった。山岳スキーはスキーを用いない雪山登山に比べ、雪崩の引き金にみずからなることの多い行為である。

ビーコンの普及が遅れた原因は、ビーコンの価格（日本では1台¥39,000）、そしてパーティ全員が持たなければならないこと、さらに過去のビーコンの性能的な不満などがその主なものであろう。加えて、山岳遭難救助に対する自己努力の低さ、つまり、かってに山へ入り、遭難した時だけ他人を当てにする責任感の欠如も指摘されよう。

しかし、本稿で述べたとおり、雪崩事故に関しては救助を他に要請する暇はない。自パーティ内での救助しか生命を救う可能性はないに等しい。

アバランチビーコンを携帯することで、雪崩から確実に助かるという保証はもちろんだ。ましてビーコンが雪崩回避の直接的役割を持つものでないことも明らかである。

私自身の経験から言えば、ビーコンを持つことによって雪崩に対しての警戒心が薄れるということは厳にない。むしろこれを持つことにより、いっそう雪崩に対して注意を



#### 4. 登山用具研究

払い、雪崩に関する知識を深める必要性を意識するようになった。

ビーコンとシャベルを携帯する時、雪山登山者はよりいっそう雪崩を回避する方法について探らなければならない。

(日本山岳会員)