

火山体の音響特性に関する研究(1)

木下武雄*・熊谷貞治**

国立防災科学技術センター

Acoustic Study on the Activity of Usu Volcano

By

Takeo Kinoshita and Teiji Kumagai

National Research Center for Disaster Prevention, Japan

Abstract

Acoustic and seismic observations around the active volcano "Usu" were carried out during the period of 14 to 16 February 1978, for the purpose of making clear the relationship between volcanic activities and acoustic emission from a volcano. For seismic observation, a velocity seismograph with a moving-coil transducer was used, while an acoustic sensor made of lead titanate-zirconate ceramic with a uniform sensitivity between 10Hz and 50kHz and a non-directional characteristic was used for acoustic observation. The range of the observation was limited between 10Hz to 8kHz due to the response characteristics of the measuring system.

Following results were obtained by the analysis of the observed data.

1. Records of acoustic observations in the frequency band below 20Hz are similar to seismographs.
2. Significant components in the higher frequency band to 100Hz can be found by means of F.F.T. analysis.
3. In some cases, components in the range of 10Hz to 1kHz can be clearly measured by the levelmeter through the band-pass filters.
4. In addition, signals with frequency higher than 2kHz, which are obviously different from noises from the ground and the measuring device, can be distinguished.
5. The observed attenuation in the range over 100Hz is less than that theoretically estimated. This fact may suggest us an existence of the secondary sound or possibility of close sound field.

In future, the relationship between acoustic characteristics and volcanic activities will be clarified by observation through various kinds of acoustic methods.

* 第1研究部, ** 第3研究部

1. まえがき

火山・断層などが、もし音を発すれば、それを聞くことにより、何か新しい種類の情報を入手することになるのではないか。これが本調査・研究の出発点である。地震波の、特に P 波と呼ばれる成分は音と本質的に同じものである。しかし、地震波と音とは周波数が全く異なる。そこで音なるがゆえに持つ性質を利用すれば、地震波によっては得られない情報がわかるかも知れない。

そのうちの一つが波源の方向である。人間の耳は二つあるため、音源の方向を知ることができる。これを大がかりにしたものがソーナーと呼ばれる装置で、幾つかの耳（マイクロフォン - センサー）を組み合わせることによって、音源の方向を知ることができる。地震観測による震源決定でもトリパタイト観測とかアレイ観測とか呼ばれている方法があるが、マイクロフォンを用いた場合は周波数が高いため精度がよく音源方向を求めることができる。

このような発想から水中聴音機に用いられているセンサーを地中に埋めて火山の発する音を調べたのがこの報告の趣旨である。

2. 研究の目的

音響センサーを用いて火山・断層などの発する音（およそ 10 Hz から数 kHz を対象として）を観測し、その音の性質から火山や断層の活動状況を知ること、および複数個の音響センサーを用いて音源の方向を知ること、さらにそれら情報から火山・断層などの総合的な監視体制を設立することを究極の目的とする。今回の報告はその基礎的考察として、1977 年 8 月に噴火した有珠山の火山活動を対象として音の観測の可能性を明らかにすることを目的としたものである。

3. 観測方法の概要

ここで用いる音響センサーは、水中聴音機（ハイドロホン）で、水中の音圧を電圧に変換して記録・処理を容易にする。これはアンプ・フィルター系を介して、データレコーダにつながる。システムは図 1 に示す。

ハイドロホンは水中で用いられるように設計されたものを利用した。外径 32mm、長さ 250

水中音圧計ブロックダイアグラム

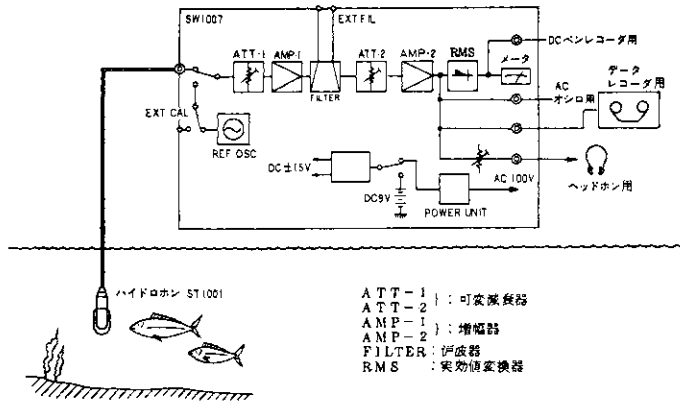


図1 原図：1977.9（沖興）2.B（水中音圧計），沖電気

mmにモールドされたジルコン酸チタン酸鉛系磁器である。地中用のものは未だ発売されていないために、水中用のハイドロホンを用いた。設置方法は地中に深さ50cmほどの穴を掘って中に入れ、穴に水を注入した。

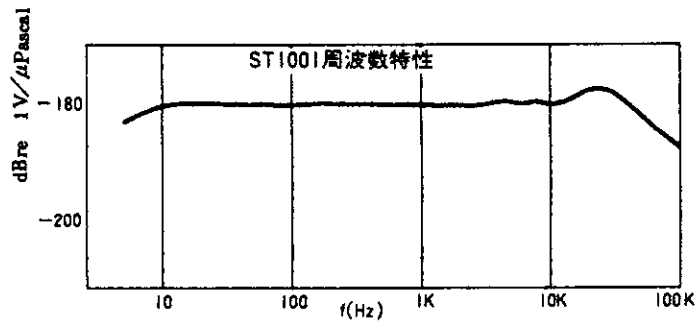


図2-1 水中音圧計（ハイドロホン）の周波数特性，原図：1977.9（沖興）2.B（水中音圧計），沖電気

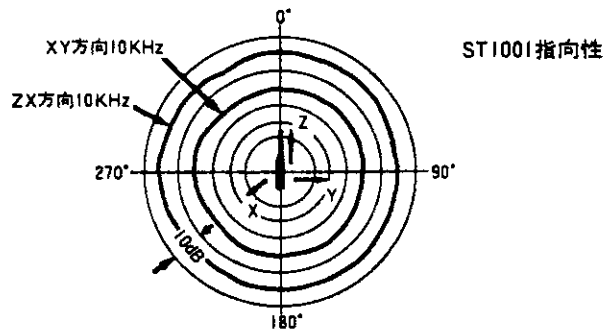


図2-2 水中音圧計（ハイドロホン）の指向性，原図：1977.9（沖興）2.B（水中音圧計），沖電気

ハイドロホンは沖電気製 ST1001, それに接続する水中音圧計本体は SW-1007, データレコーダはティアック製 R70A を用いた. この測定系で計れる周波数特性は大略図 2-1 に示す通りで, ほぼ 10 Hz から数 kHz である. 指向性を図 2-2 に示す.

4. 観測の概要

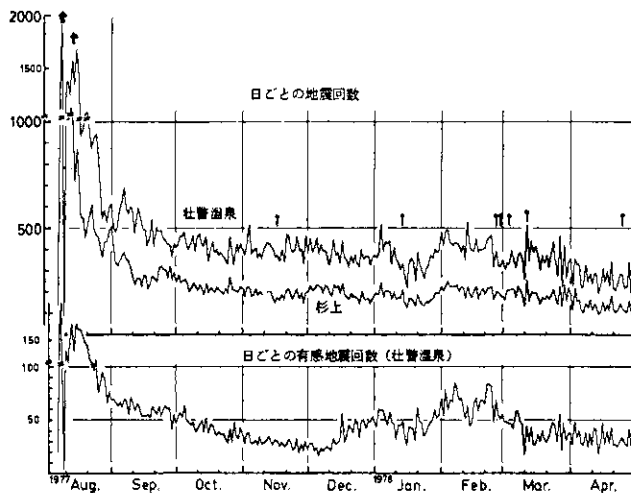
対象：北海道の有珠山

この火山は 1977 年 8 月 6 日より多くの有感地震を含む活動を開始し, 8 月 7 日には噴火が発生し, その後, 1 日 300 回以上におよぶ地震が発生している. その地震の発生状況を図 3 に示す. 観測はマグマの上昇により, 地震の規模が小さい割合に比して有感地震が増加した時期の 1978 年 2 月 14 日より 16 日の間に行なった. 観測期間を表 1 に測定点を図 4 に示す.

表 1 測定期間一覧表

測定地点名	測定期間
洞爺湖畔 (A)	1978 年 2 月 14 日 1h 10m ~ 13h 50m
木ノ実団地 (B)	1978 年 2 月 14 日 16h 30m ~ 17h 30m
三恵病院 (C)	1978 年 2 月 15 日 1h 45m ~ 16h 43m
	1978 年 2 月 16 日 09h 30m ~ 13h 45m
旅館「美園」(D)	1978 年 2 月 16 日 21h 13m ~ 2 月 17 日 05h 00m
	1978 年 2 月 17 日 21h 05m ~ 2 月 18 日 01h 52m
外輪山 (E)	1978 年 2 月 17 日 12h 08m ~ 13h 13m

地点名末尾のアルファベットは, 図 4 の地点を示した記号と同じである.



仕普温泉及び杉上における日ごとの地震回数と有感地震回数 (1977 年 8 月 7 日 ~ 1978 年 4 月 30 日). 矢印: 噴火

図 3 原図: 気象庁火山機動観測班他 (1978)

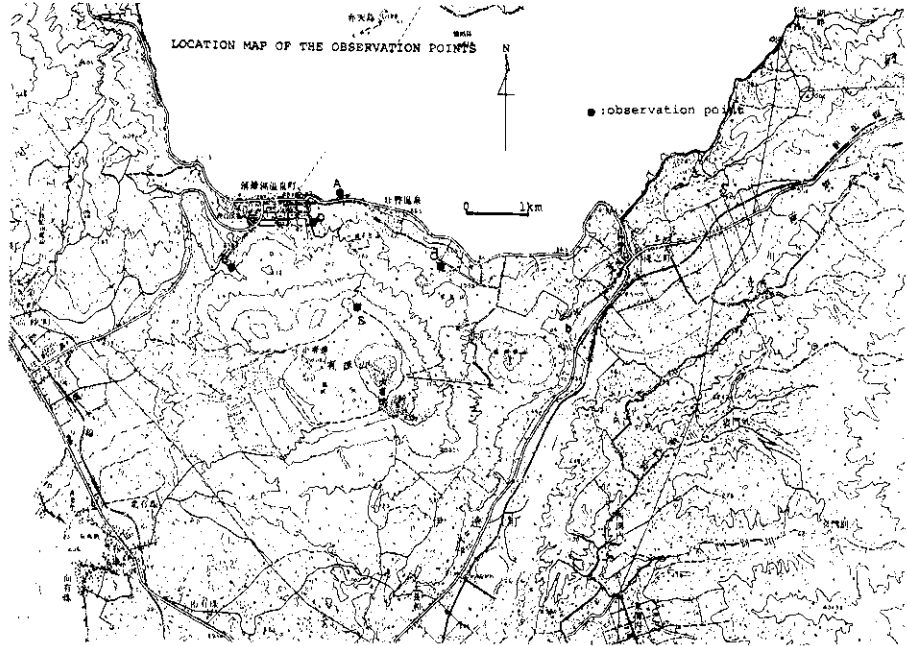


図4 音響測定点位置図(1978.2)

5. 分析結果

測定値の分析に先立って典型的なデータについて高速フーリエ変換分析および帯域濾波器出力のレベルによる分析を行ない分析方法の比較検討を行なった。その結果、いずれの分析方法でも数百 Hz 以上では地中音ノイズ、データレコーダ等測定系のノイズの影響を受けるため信号のパワースペクトルが有意であるとは言いがたい状況である。そこで信号の分析は最高周波数 200 Hz の高速フーリエ変換分析を行ない、その中でも比較的高い周波数を含む信号のいくつかについて最高周波数 2.4 kHz の高速フーリエ変換分析を行なった。さらにその中から信号が明らかなものにつき帯域濾波器により最高周波数 8 kHz まで分析した。分析の過程を図5に示す。

ここでは、図5の分析過程の終りである帯域濾波器による分析結果について述べる。分析に使用した帯域濾波器は、低域と高域濾波器を組合せたもので、遮断周波数 f_c で -3 db 、 $2f_c$ または $1/2f_c$ で -48 db になるものである。

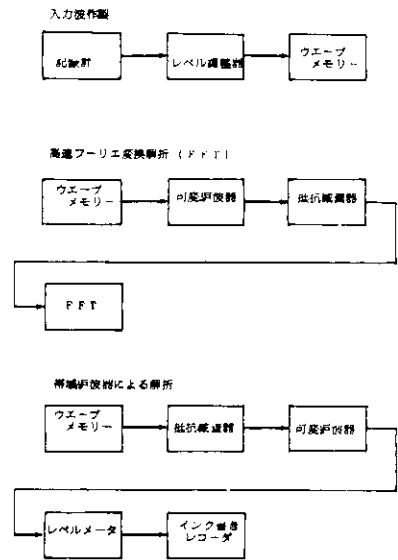


図5 音響解析のブロックダイアグラム

観測点 C-E の測定値について帯域濾波器により12例について分析した。そのうち各点の典型例を図 6 から図 8 に示す。観測点 A および B では測定期間内に分析出来る信号が得られなかった。

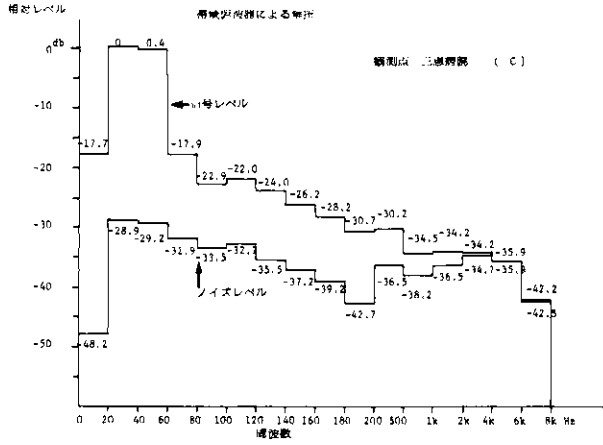


図 6 帯域濾波器による解析結果(三恵病院, 図 4 の C 地点)

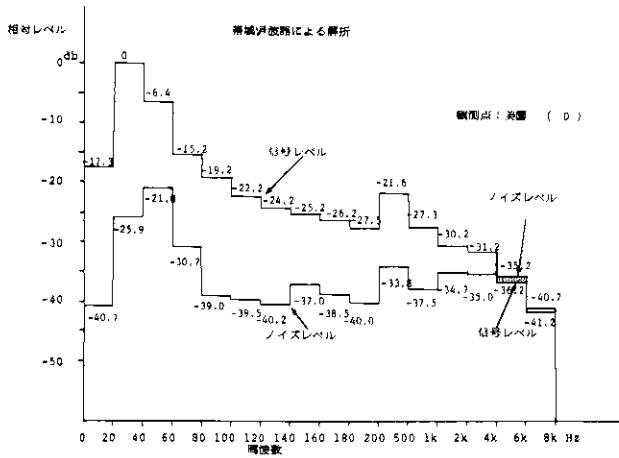


図 7 帯域濾波器による解析結果(美園, 図 4 の D 地点)

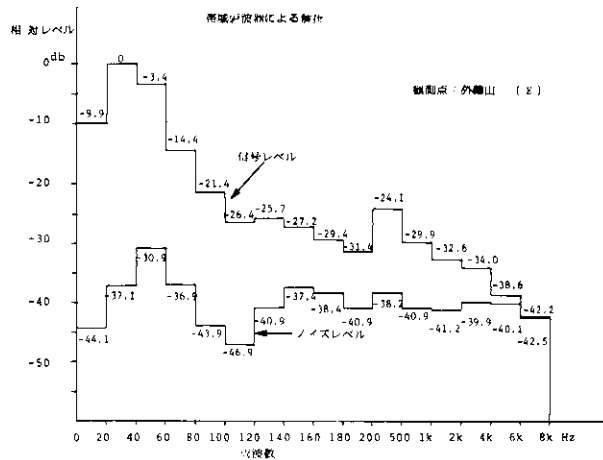


図 8 帯域濾波器による解析結果(外輪山, 図 4 の E 地点)

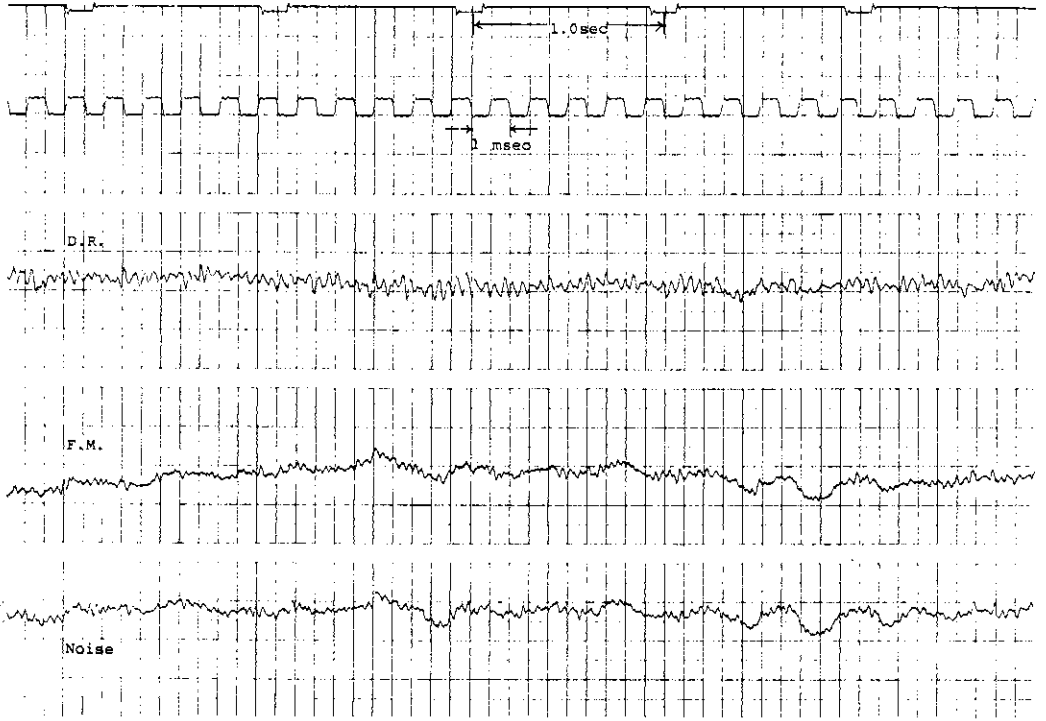


図9 音響のアナログ記録例(信号のない場合)

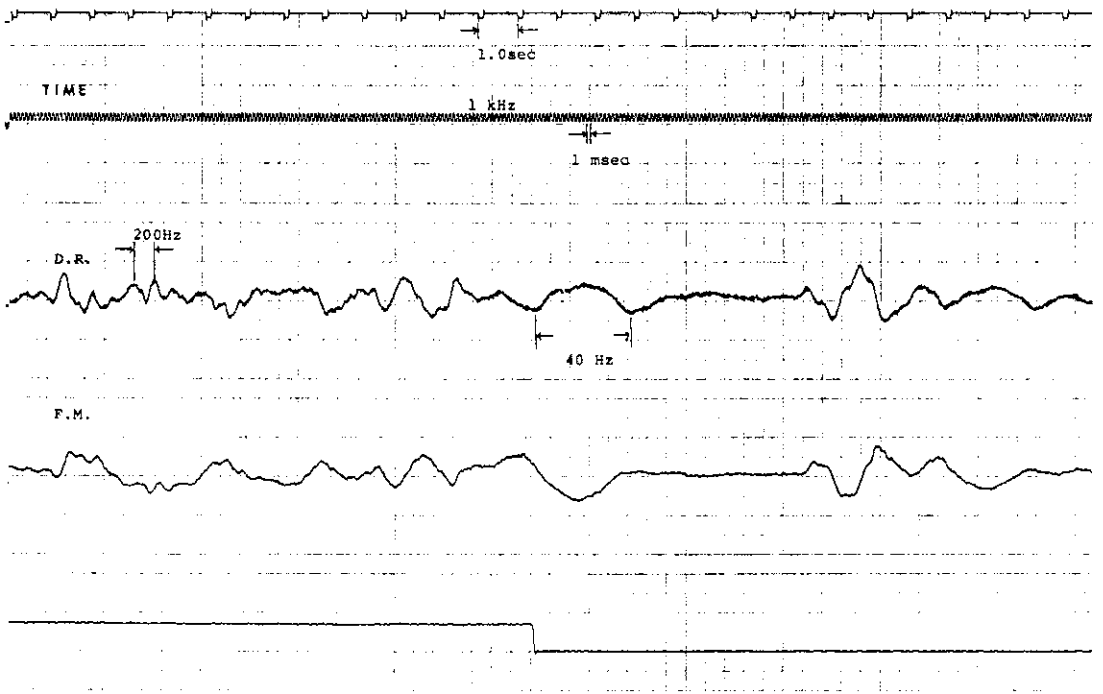


図10 音響のアナログ記録例(信号のある場合)

次に測定したアナログ記録を図9, 10に示す。図9は信号がない場合のノイズレベルを示したもので、1チャンネルはタイムマークで、2と3チャンネルは同じ入力波をダイレクトレコーディング方式(100Hz~8kHzがフラットな周波数特性)、周波数変調方式(0.1Hz~625Hzがフラットな周波数特性)で、それぞれ記録したものである。4チャンネルは、一切の入力を与えなかった場合のノイズレベルである(データレコーダの持つノイズレベルと考えてよい)。図9の振幅は、2, 3, 4チャンネルとも同感度でインク書きレコーダに描かせたものであるから、それぞれ振幅を直読すればノイズレベルの比が読取れる。この図から、信号がないと周波数変調方式による測定ではデータレコーダの持つノイズレベルとほとんど同じレベルであることが明らかである。したがって、信号が非常に弱い場合にノイズレベルを信号と間違える恐れがあるので信号対ノイズのレベルを検討しなければならない。

図10は、数百Hz程度の比較的高い周波数の信号をみるためにデータレコーダのダビングによって図9の5倍に時間軸を引伸して信号を画かせたものである。

この図から帯域濾波分析によって得られた結果が散見される。すなわち、2チャンネルにみられるような200Hzの信号やそれよりも高い周波数の信号が振幅は小さいが各所にみられる。

6. 考察と問題点

これらの測定結果から次のことが言える。

- (1) 約20Hz以下の周波数帯域では音響センサーと地震計の記録はよく似ている。
- (2) 高速フーリエ変換の結果は、明確でないが音響センサーによる測定でも数十Hzまでの成分がある。
- (3) 帯域濾波をしてレベル計で読むと1kHzまでの成分を持つケースがある。

記録を精査すると以上の他、2kHzを越す信号等の明らかに地盤や測定系のノイズと異なるものが含まれている。

これまでにわかった問題点として1) 100Hzを越える周波数成分の減衰が小さすぎる。すなわち2次音源の可能性がある。2) 音源の空間分布が考えられるから近接音場となっている可能性もある。これらの問題点を今後調査し、データを積み重ね、火山活動と音響特性の相関について検討を加えて行く。

参 考 文 献

気象庁火山機動観測班・札幌管区気象台・室蘭地方気象台(1978): 有珠山噴火に伴う地震のEnergy(その2), 火山噴火予知連絡会会報, 12, 26~28.

(1980年1月29日 原稿受理)