

# VHF電波地下水探査の可能性の検討

京都大学 ○佐々 恭二、海城正博、武屋有恒、小橋澄治

## 1. VHF電波地下水探査を試みた動機

1972年京都(地すべり)国際シンポジウムが開かれた際、当時のSGIの所長B. BromsがFMラジオを用いた地下水探査の紹介をした。佐々は1978年にスウェーデンを訪問し、Prof. Bromsの紹介によりSGIのSöderblomと会い、彼の測定機<sup>1)</sup>のデモをストックホルム郊外の地すべり地<sup>2)</sup>でしてもらった。たゞ、一応とれるしい結果が得られた。またNASAがアポロ宇宙船にFM発信機、受信機をつき、月で同種の試験を行ったこと<sup>2)</sup>を知り、地すべりの排水工事や斜面・法面崩壊発生箇所<sup>3)</sup>の予知等に役立つために、この電波地下水探査の可能性と実用性を検討してみたいと思つた。

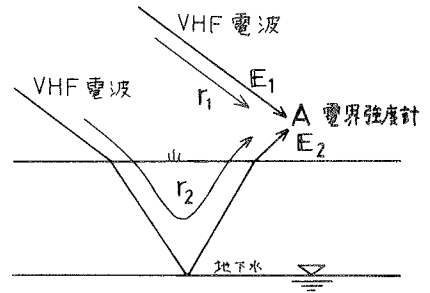


図1 直接波と反射波の干涉

## 2. VHF電波地下水探査の原理

文献3)~5)を参考に電波地下水探査の原理を述べる。図1において電波がA点に達するには $r_1, r_2$ の2つの経路がある。したがってA点の電界強度は直接波と反射波の電界強度のベクトル和になり、次式で表わされる。

$$E = E_1 + E_2 = E_1 + IR E_1 e^{j \frac{2\pi}{\lambda} (r_2 - r_1)} e^{-\alpha r_2}$$

$r_1, r_2$ : 発信点からA点までのパスの長さ

$r_2$ : 地中のパスの長さ  $\alpha$ : 地中の伝播係数

$IR$ : 位相を含めた反射率  $\lambda$ : 波長  $j$ :  $\sqrt{-1}$

反射率 $IR$ は誘電率、導電率の関数であるが、水が地中にあると誘電率、導電率が大きくなり、反射率が大きくなる。反射率が大きくなると二つの電波が干渉しない、A点の電界強度 $E$ は $E_1$ からずれてくる。電界強度が周囲の値に比べて大きく、小さくなる、たりする所があって、他に電波反射物(金属建築物など)がなければ地下水による電波反射と考へる。電波の浸透する深さは波長によつて変わり、電界強度が $\frac{1}{e}$ に減衰する深さを浸透深 $\delta$ としてその目安にする。FM放送の場合85MHzとすると乾燥土の場合 $\delta = 26.5m$ 、湿潤土の場合 $\delta = 30.0m$ になる。85MHzの波の波長は3.5mであり、大抵波長のオーダが

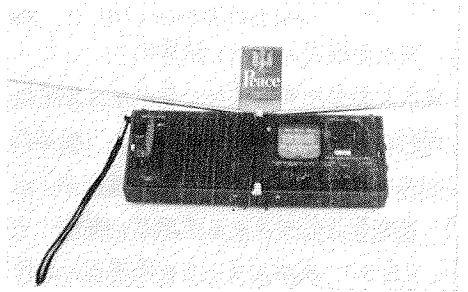


図2 用いたリニアラジオICF-7800

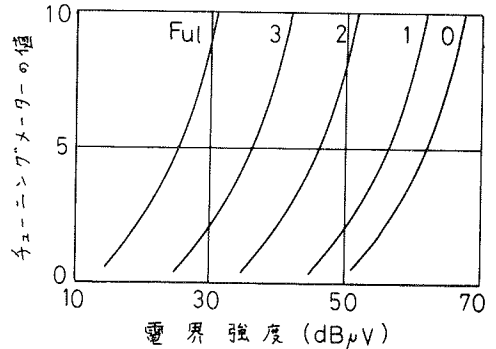


図3 Sony ICF-7800のチューニングメーターの値と電界強度の関係

Full: アンテナ全開 3, 2, 1: アンテナを3段、2段、1段に縮めたもの 0: アンテナ1段で2本をくっつけた(ショートさせた)もの

け透過するとされている。

### 3. 測定機、測定方法

地下数mの所を調べるには波長1~10mのVHF電波が適当である。FM放送の電波は波長がこの範囲にあり、かつ音声波により電界強度が変化しないのでSöderblomはこれを地下水探査の発信源として利用した。測定機はFMラジオに感度切換と電流計をつけたものである。我々も当初同様の測定機を製作したが、図2に示す市販のラジオ(ゲイポールアンテナ付)のアンテナ長を変化させればかなりの範囲の電界強度が測定

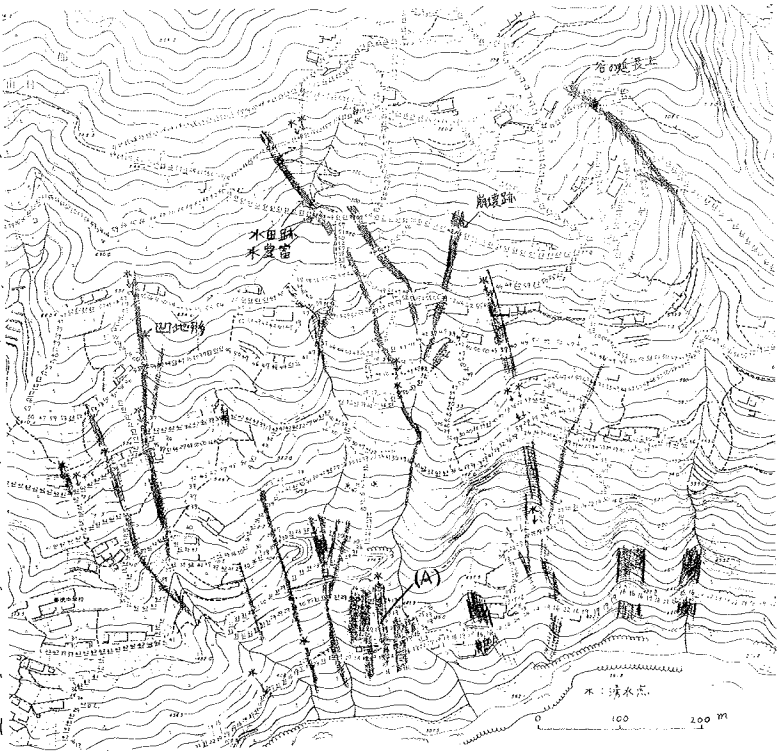


図4 徳島県善徳地すべりにおけるVHF電波地下水探査の結果

ている。このラジオのチューニングメーターと電界強度の関係を京都大学電子工学科地上研究室の協力により調べたものが図3である。調査方法は図2のラジオを電波のくる方向に直角(値が最大になる方向)に係って所定の測線を歩き、10m毎(地域がせまければもっと短かく)にその辺りの最小値を記入する(地下水があれば電界強度は上下するが、チューニングメーターの性質上、上への変化はスケールがつかまってあまり出ず、下への変化が大きくなるので低い値に注目して最小値を記入)。測点の間でもより低い値があればそれも地図上に記入する。

### 4. 徳島県善徳地すべり地での試用結果

試験的に作つてみた善徳地すべりと電ノ瀬地すべりのうち、善徳地すべりには湧水点や水が集まり易い凹地形などが数多くあり、地下水と電界強度の関係をみるのにより適当と考へたので、善徳地すべりの結果を図4に示した。薄くぬつてある所が地下水があると推定された電界強度の低い点をつなりが所である。大倉、湧水点、凹地形の所、谷の延長上と良好に対応していることがわかる。なお(A)の所は特によく動く地すべり末端にあたる所で、揺さくるとシルト分をかなり含むべトの地盤が出てくる所なのでこの影響が出たものと思われ。

引用文献 1) Söderblom R: Application of Remote Sensing in the Quick Clay Research, Reprints and Preliminary Reports, SGI, NO55, 1974 2) Driscoll E: A last fling for science on the moon, Science News, Vol.102, 1972 3) Manual of Remote Sensing, American Society of Photogrammetry 4) 前田憲一, 佐藤三男: 電波伝播, 岩波書店, 1976年11月 5) 川西健次: 電磁気学, エロ社, 1978年21版 6) 宇田新太郎: 電波工学演習, 学献社, 1973年7版