

岩石破壊に伴うマイクロ波の検出実験の方法と得られたデータのエネルギー考察 Experiment Method of Microwave Detection in Association with Rock Fracture and Energy Consideration of the Obtained Data

高野 忠^{1*}, 牧謙一郎², 相馬央令子³, 吉田真吾⁴, 服部克巳⁵, 前田崇³

Tadashi Takano^{1*}, Ken-ichiro MAKI², Eriko SOMA³, Shingo YOSHIDA⁴, Katsumi HATTORI⁵, Takashi MAEDA³

¹ 日本大学, ² 理化学研究所, ³ JAXA, ⁴ 東京大学・地震研究所, ⁵ 千葉大学

¹ Nihon University, ² Riken, ³ JAXA, ⁴ Earthquake Research Institute/ University, ⁵ Chiba University

岩石を圧縮・破壊する時、マイクロ波が発生することが以前発見された。当初圧電効果による派生的現象と思われたが、種々の岩石について実験した結果、発生電力が必ずしも石英含有量に比例していない。

本論文では、まず岩石破壊する時発生するマイクロ波の検出・測定法について述べる。次いでこれまで得られている実験データについて、発生エネルギーの観点から考察を加える。

種々の岩石をコンプレッサで加圧し、破壊した。石英、花崗岩、斑禰岩、玄武岩を用いた。受信系において、信号はまず低雑音増幅器で増幅した後、観測周波数にたいし十分高い標準化周波数でデジタル化して、データを取り込む。観測周波数としては、2.2 GHz、2 GHz、300 MHz、1 MHzを選んだ。

本測定の本質は、下記の点である。

1. 極めて高い周波数を扱う。これまでの実験では、300 MHzから2.0 GHz帯にわたるマイクロ波周波数である。これは地球物理学で通常扱う周波数より、はるかに高い。

2. マイクロ波の測定には、インピーダンス整合が必要である。これは電気測定の中でも難しい部類に入る。

3. 破壊に伴う瞬発現象であり、大体1msec程度の時間長を有する。そのためデータレコーダは、正確なトリガーによるデータ取得・蓄積機能を要する。これは通常のマイクロ波測定に比べ、さらに難しい点である。

4. これまでの実験結果から、信号は極めて広い周波数帯域を有している。そのため単一の広帯域受信機で受信することは難しく、狭いサブバンドに切って受信することになる。かつレコーダの容量が足りなければ、ヘテロダイン受信する必要がある。

5. 上記マイクロ波がパルス状包絡線の中に含まれるので、波形と電力を測る時注意が必要である。

6. 上記受信機を通すと、帯域制限された信号となるので、全エネルギーを考える時換算が必要となる。

得られたマイクロ波は、いずれも断続的なパルス状である。個々のパルス幅は極めて狭いが、最も高い周波数2.2 GHzにおいては2 nsecである。岩石の種類によらず300 MHzと2 GHzは観測されたが、2.2 GHzは観測されないものもあった。また破壊直後に出るパルス群とその後散発的に出るパルス群とは、発生時間間隔や発生エネルギー量が大きく異なっているようである。

このようにして得られた波形は、パルス内ではほぼ正弦波状なので、受信系を通して電力校正が可能である。その結果から各周波数帯において、単位周波数当たりの放射電力を求める。まず破壊直後に出るパルス群についてもとめた結果、石英においては2GHz帯で最大になる。それに対し、斑禰岩では300MHzが最大である。次に観測時間(1msec)全体で平均してみると、石英において300 MHzが大きく伸びて最大となる。それに対し斑禰岩では、300MHzが最大であることは変わらない。

本発見は世界で初めてのことであり、今後種々のパラメータへの依存性など特性を、明らかにする必要がある。

キーワード: 岩石破壊, マイクロ波発生, パルス状, 検出実験, 受信機, エネルギー考察

Keywords: Rock fracture, Microwave emission, Pulse, Detection experiment, Receiver, Energy consideration