

## 岩石破壊に伴う電波放射における破壊条件への依存性と地震・火山活動探知への応用

### Radio wave emission due to rock fracture in various modes and its application to earthquake/volcanic activity detection

高野 忠<sup>1\*</sup>, 加藤 淳<sup>1</sup>, 鈴木裕太郎<sup>1</sup>, 三枝健二<sup>1</sup>  
Tadashi Takano<sup>1\*</sup>, Jun Kato<sup>1</sup>, Yutaro Suzuki<sup>1</sup>, Kenji Saegusa<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 日本大学・理工学部

<sup>1</sup>Nihon University, College of Science and Technology

#### 1. まえがき

以前、岩石破壊に伴って300 MHzから2.2 GHzのマイクロ波が、放射されることが観測された [1]。また1 MHzでの受信系を加えて、1 MHzから1.8 GHzにおける電波放射が報告された [2]。

その後、岩石破壊の条件を変えて、電波観測実験を続けた。具体的条件は、破壊の速度や水分の有無、熱収縮チューブの有無である。その結果、ゆっくり破壊の過程における、放射を観測できた。また岩石表面に水分が有っても、電波放射には殆ど影響しないことが示された。

本稿では、測定系構成と実験結果について報告する。最後に本実験結果について、地震や火山活動の探知への応用性から考察する。

#### 2. 測定系

本測定系は、1 MHzと300 MHz、2 GHz、1.8 GHzを扱う。各周波数帯に対応して、アンテナと低雑音増幅器およびフィルタを設ける。1 MHzと300 MHzは十分周波数が低いので、全周波数を記録できる。しかし2 GHzと1.8 GHzはそのままでは、量子化したデータ量が多すぎて扱いにくい。そのため、ヘテロダインで低い周波数に落としてから、デジタル化してデータ格納する。従ってこの2周波数帯らの波形は、電波波形そのものではなく中間周波数帯での波形である。

各周波数帯の測定系は校正しておき、受信波形高さから受信信号電力が推定できる。通常は信号発生器からの信号に対し、校正する。しかし1 MHz帯では、アンテナの利得が分からず、かつ受信機のインピーダンスが分からないので、この方法が使えない。そこで中波放送の電波を受けて、受信系全体の応答を校正した [2]。

現象は破壊に伴う瞬間的なものであり、反面、信号を記録するメモリは有限である。従って、メモリを駆動始めるためのトリガ信号が、測定上重要である。

#### 3. 測定結果

##### 3.1 基準状態での観測波形

圧がかかってから短い時間(1秒以下)で急激に破壊する場合を、基準状態とする。メモリのトリガ信号としては、最も高い周波数である1.8GHz信号を用いて、その雑音レベルよりわずかに高いレベルに設定した。

そのため、弱い1.8 GHz信号も記録できた。20msecの全観測時間で、数本のパルス波形がある。各パルスを拡大すると、該当する電波成分がそのパルスを包絡線として含まれていることが分かる。斑レイ岩と花崗岩、玄武岩で殆ど差異が無い。

##### 3.2 ゆっくり破壊

この場合圧がかかってから数分かけて、ゆっくり破壊する。この時得られた波形を、図1に示す。長い観測時間で見ると、基準状態よりパルスの本数が少ない。しかしゆっくり破壊する分だけ、パルスが長期間に分散している可能性がある。

パルス高さは、急激破壊した時と同じである。図2に示す拡大波形も、大きな差は無い。玄武岩でも、斑レイ岩と同じレベルである。

##### 3.3 水分が存在する時の破壊

岩石を水につけた後、余分な水を拭きとって、破壊実験に供する。この場合も殆ど差異が無いが、パルス数はむしろ多くなっている。この結果から、電波は岩石表面で発生するのではなく、岩石内部で発生していると思われる。

##### 3.4 熱収縮チューブで緊縛した時の破壊

信号が受かっているが、チューブが無い基準状態より、弱くなっている。

#### 4. 地震や火山活動の探知への応用性

地震に際しプレート境界や断層域、あるいは固着域で岩石が破壊されるが、その様子は定かではない。破壊速度については、従来の固着域の破壊モデルでは、ゆっくり破壊されるようである。ゆっくり破壊で電波が発生しても、波高

値は急激破壊の時と同じになる。従って、平均電力は発生時間長に反比例するので少なくなるものの、瞬時電力は変わらない。このような電波を捕らえるためのセンサは、信号発生時間長に適した積分機能を有しなければならない。

岩石は地下水と混在すると思われる。しかし、岩石破壊に際し岩石内部で電波が発生すれば、十分電力が得られる。ただし、発生した電波が地下を伝搬するかは、別問題である。実験と理論から、波長の数倍大きい亀裂があれば、十分損失が少なくなることが示されている [3]。従って高い周波数(短い波長)を使えば、地下からの電波を検出できる可能性がある。

## 5. 参考文献

[1] 牧謙一郎, 相馬央令子, 石井健太郎, 高野忠, 吉田真吾, 中谷正生, “岩石圧縮破壊に伴うマイクロ波放射の観測”, 日本地震学会・地震, 第58巻, 2号, pp.375-384, 2006.

[2] 高野忠, 加藤淳, 平島舞, 三枝健二, “岩石破壊に伴う1 MHz から18 GHz の電波放射観測と発生エネルギーの推定”, 地球惑星科学連合大会, S-CG69, 幕張, 5月, 2012.

[3] 三枝健二, 細野浩二, 雨海貴大, 高野忠, “地中亀裂のマイクロ波伝搬損失の基礎検討”, 電子情報通信学会論文誌 B, Vol. J95-B, No. 10, pp. 1364-1371, 2012.

キーワード: 電波放射, 岩石破壊, 破壊条件, 地震, 火山活動, 探知応用

Keywords: Radio wave emission, rock fracture, various modes, earthquake, volcanic activity, detection application

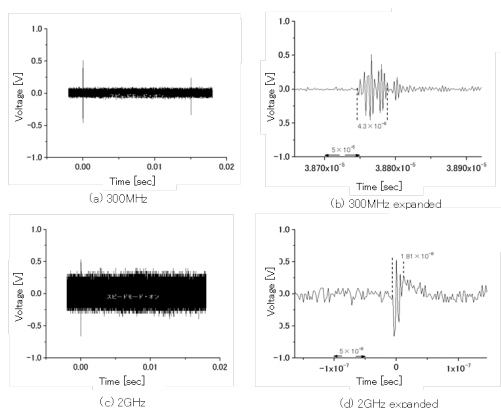


Fig. 1 Measured results in slow destruction of basalt. The trigger signal is from 2GHz channel with a discrimination level of 500 mV. The sampling frequency is 500 MS/s.