

M-5

岩石破壊に伴うマイクロ波放射の検討  
 ~岩石破壊速さを変えた時放射されるマイクロ波の波形とエネルギー~

A Study on Microwave Emission Due to Rock Fracture

~Waveform and Energy of the Microwave Emitted at Different Speed Rock Fracture~

○埴 陸也<sup>1</sup>, 高野 忠<sup>2</sup>, 三枝 健二<sup>2</sup>

Rikuya Hanawa<sup>1</sup>, Tadashi Takano<sup>2</sup>, Kenji Saegusa<sup>2</sup>

Abstract: The purpose of this study is to investigate experimentally the mechanism of the microwave emission. In this paper, we show the energy and the waveform of the microwave when the speed of the rock fracture changes.

1. まえがき

岩石破壊に伴い、マイクロ波が放射することが確認されている[1]。地震や火山活動による自然の岩石破壊においても、マイクロ波が発生すると考える。本研究では、このマイクロ波放射のメカニズムを実験的に解明していくことを目的とする。

先の研究では、岩石を急激に破壊する方法を採ってきた[2]。しかしながら、実際の地震や火山活動において、岩石破壊の発生パターンは様々あると考えられる。そこで本稿では、岩石破壊の速さを変えた場合のマイクロ波放射波形の測定結果及び、放射エネルギーの算出結果について報告する。

2. 実験系の構成

図1に、実験系の構成図を示す。ジャッキによる圧力で岩石を破壊し、4つの周波数(1MHz, 300MHz, 2GHz, 18GHz)のマイクロ波を各アンテナで受信し、受信機を介してオシロスコープにより波形を得る。ここで、岩石破壊時の僅かな時間のみマイクロ波は放射されるため、波形を得ることが困難である。そこで、オシロスコープのトリガ機能を使用し、ある一定の電圧値を超えた時の波形を記録することによって、波形を得る。

3. 測定試料

岩石破壊時のマイクロ波放射の要因のひとつとして、石英による圧電効果が考えられる。そこで今回は石英の含有率の異なる3種類の岩石、珪岩(90%)、班レイ岩(0%)、玄武岩(0%)を測定試料とした。形状は円柱、寸法は直径26mm、高さ60mmとしている。

4. 珪岩の測定結果

岩石を破壊する際、短い時間(1秒以内)で一気に圧力をかけて破壊する方法(急破壊)と、数分間圧力をかけて徐々に破壊する方法(緩破壊)を採る。珪岩を急破壊したときの波形(受信周波数300MHz)を、図2に示す。急破壊は、時間幅20msecにおいて複数のパルスが発生している。同じく珪岩を緩破壊したときの波形(受信周波数300MHz)を、図3に示す。緩破壊は時間幅20msecにおいて1つのパルスしか発生していない。

岩石破壊時の放射エネルギーを求める。図2の最大放射電圧部分を含む赤枠Bのパルス部分を拡大した波形を図4に示す。ここで、

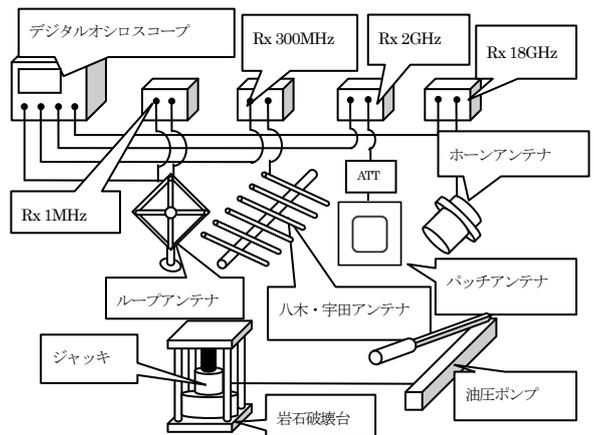


図1. 実験系の構成

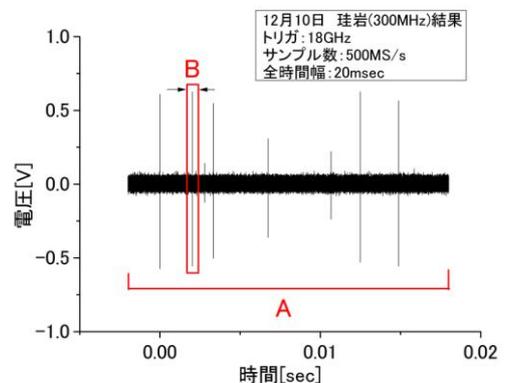


図2. 急破壊 (珪岩 300MHz)

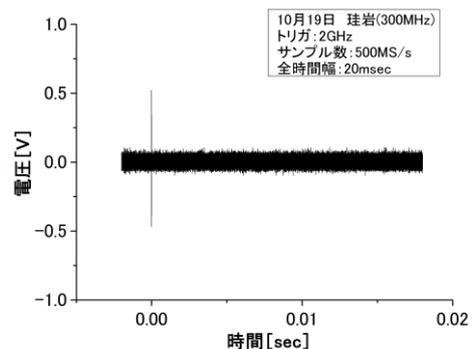


図3. 緩破壊 (珪岩 300MHz)

1: 日大理工・学部・電子 2: 日大理工・教員・電子

図 2 の A 部分を全時間幅エネルギー、図 2、図 4 の B 部分をパルス放射エネルギー、図 4 の C 部分を最大放射エネルギーと称することにする。以下の表 1 に、受信周波数 300MHz, 2GHz における放射エネルギーの算出結果を示す。

表 1. 放射エネルギー算出結果 [単位: J]

	周波数	全時間幅エネルギー	パルス放射エネルギー	最大放射エネルギー
急破壊	300MHz	$7.39 \times 10^{-13}$	$1.99 \times 10^{-13}$	$1.48 \times 10^{-13}$
	2GHz	$8.59 \times 10^{-11}$	$7.52 \times 10^{-11}$	$5.29 \times 10^{-11}$
緩破壊	300MHz	$1.93 \times 10^{-13}$	$1.93 \times 10^{-13}$	$1.17 \times 10^{-13}$
	2GHz	$7.6 \times 10^{-13}$	$7.6 \times 10^{-13}$	$6.96 \times 10^{-13}$

表 1 の急破壊と緩破壊において、300MHz の結果に着目する。最大放射エネルギーに対し、全時間幅エネルギーは約 5 倍値が大きい。しかし緩破壊では、最大放射エネルギーと全時間幅エネルギーとではあまり差異がない。2GHz においても同様の特徴がある。

破壊方法の違いでパルス数に差異が生じた要因としては、破壊にかかる時間が考えられる。急破壊の場合、大きな圧力を瞬間的にかけるため、巨視的な破壊のみ起きる。緩破壊の場合、一定の圧力をかけ続け放置しておくため、岩石にヒビが入りながら微視的な破壊がしばらく続き、数分経過すると巨視的な破壊が見られる。このエネルギー発散が起きる時間的な密度の違いにより、パルス数に差異が見られると考えられる。

今回は全測定時間を 20msec としたが、この時間をより長くすることで、緩破壊においてもパルスが見られる可能性がある。

### 5. 班レイ岩, 玄武岩の測定結果

班レイ岩と玄武岩においても、珪岩と同様の条件で実験を行った。班レイ岩の受信周波数 300MHz における急破壊と緩破壊の測定結果を図 5、図 6 に示す。これらの波形からも分かる通り、班レイ岩も珪岩と同様、急破壊では複数のパルスが見られるのに対し、緩破壊ではパルスがひとつしか発生していない。玄武岩の波形においても同様の特徴が見られた。

また、石英の含有率が 0% である班レイ岩と玄武岩からも電波を検出したということは、電波放射の要因は石英の圧電効果のみで起きることではないと考えられる。

### 6. まとめ

地震や火山活動における、岩石破壊パターンを考慮し、岩石破壊速さを変えて実験を行った。その結果、急破壊と緩破壊において、得られたマイクロ波のパルスの数に大きく差が出た。放射エネルギーを比較しても差異が見られる。従って、岩石破壊により放射するマイクロ波量は、破壊の激しさ、速さに関係すると考えられる。今回は急破壊と緩破壊において、時間幅をどちらも 20msec で測定した。緩破壊の場合、さらにこの時間幅を伸ばすことによってパルスが見える可能性もあるので、今後の検討項目としていく。

石英の入っていない岩石から電波が放射したことにより、圧電効果以外のマイクロ波放射の理由がある可能性が高い。その要因追求も今後の課題のひとつである。

### 参考文献

- [1] 牧, 他, "岩石圧縮破壊に伴うマイクロ波放射の観測", 地震, Vol. 58, No. 2, pp. 375-384, 2006
- [2] 加藤, 他, "岩石破壊に伴う放射電波の波形および電力の測定法", 2012 信学ソ大 (通信), B-1-14

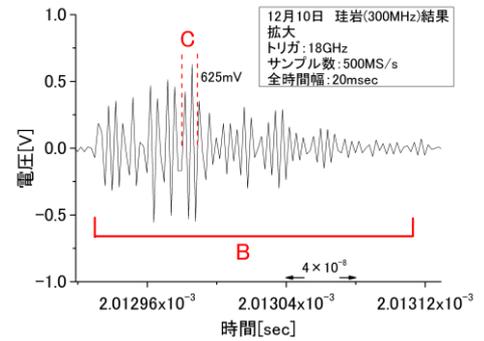


図 4. 急破壊波形拡大図

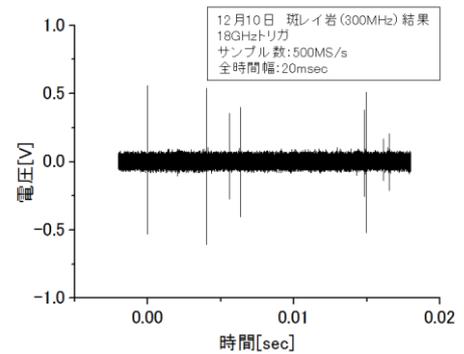


図 5. 急破壊 (班レイ岩 300MHz)

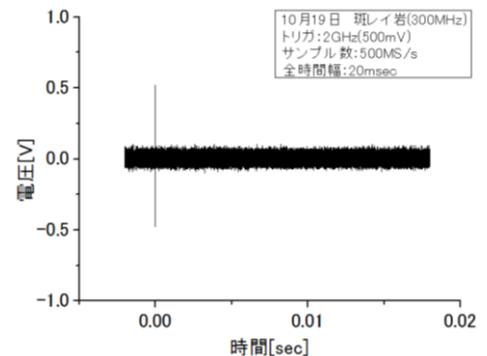


図 6. 緩破壊 (班レイ岩 300MHz)