

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 Radio wave emission from 1 MHz to 18 GHz due to rock fracture and the estimation of the emitted energy

高野 忠^{1*}, 加藤 淳¹, 平島 舞¹, 三枝 健二¹

TAKANO, Tadashi^{1*}, J. Kato¹, M. Hirashima¹, K. Saegusa¹

¹ 日本大学・理工学部

¹Nihon 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]。我々は実験例を蓄えるためと、より低い周波数帯域との関係性を調べるため、1 MHz での受信系を加えて、実験を始めた [2]。本稿では、1 MHz から 18 GHz における電波放射の観測結果について報告する。放射エネルギー推定法は取っつきにくいと思われるので、分かりやすく説明する。その後、推定結果を示す。最後に、本研究が地震や火山活動の探知を通して、災害対策に役立つことを示す。

2. 測定系

本測定系は、300 MHz から 18 GHz まで、従来と殆ど同じである。1 MHz 帯では、ループアンテナと直接受信型の受信機を用いている。

1 MHz アンテナと受信機を含んで、入力電力対オシロ上電圧表示との校正を、95.4 kHz (波長は 3.14 m) のラジオ電波を用いて行った。この時距離 R は 37.2 km であり、アンテナ寸法 D ($\lambda/2$ に等しい) と波長 λ から次式で決まる特性距離 RNF より、遠い。

$$RNF = D^2 / \lambda$$

従って幾何学計算により、電波塔から発射された電波の受信点での電力密度が求められる。

反面、室内での岩石破壊実験においては、岩石試料とアンテナの距離が 1 m しかなく、より遥かに近い。そのため破壊岩石からの放射は、遠方界でなく、近傍界であらわされることとなる。従ってアンテナの受信電力を表す Friis の式を、単純に使うことはできない。ここでは、近傍界と遠方界

の換算を行い、エネルギー関係を検証する。

3. 受信波形

図 1 に受信波形の 1 例を示す。同図 (a) の荒い時間軸では、波形はいくつかパルスに見える。このパルスの多くは、他の周波数帯におけるパルス状信号とほぼ同時に発生している。1 MHz 波形を拡大すると、図 1 (b) のように周波数 1 MHz の正弦波状の変化が見えて、その包絡線が指数関数的に減衰する波形である。これは受信機を強いインパルスで励振した時の応答である。

4. 放射エネルギーの推定

本実験で得られる信号はパルス状の電波なので、そのエネルギー計算は等価的な連続波の電力値を仲介にして、行う必要がある。すなわち、次の手順で行う。

- (1) 受信機へ単一周波数の電力を入力し、デジタルオシロ上の電圧値を校正しておく。
- (2) 岩石破壊実験で受信した信号に対し、デジタルオシロ上での電圧を読む。
- (3) 信号が連続波と考えた時の、等価的な受信電力を求める。
- (4) 自由空間損失とアンテナ利得の値を用いて、岩石から放射された電波の等価電力を求める。
- (5) 信号の持続時間すなわちパルス幅を用いて、放射電波の等価電力をエネルギーに変換する。

講演では、この具体的手順と解析結果を示す。

5. 本実験結果の地震探知への応用性

東日本大震災の後、改めて地震予知の必要性が議論された。従来地震予知は公式に不可能と言われ、一部地震学者が進めている予知研究は殆ど地面の揺れや地形の歪を対象としている。しかしそれらの観測だけでは、有効な予知法を実現できない可能性が高い。ところが地震学の周囲では、種々の技術や知識が育っている。本論文で紹介した岩石破壊に伴う電波発生現象も、その一つである。

地震や火山活動において、岩石が破壊されたり擦れあったりする時、電波が発生する。従って、電波をラジオメータで検出すれば、地震や火山活動を探知できる。岩石破壊が地面の揺れより前に起これば、地震予知となる。しかし岩石破壊と揺れが同時に発生するとしても、電波と地震波の時間差は地震の縦波と横波の差よりはるかに大きいので、時間差で有効な警報を出すことはできる。さらに電波センサは、機械センサより広域な観測が可能である。特にマイクロ波は電離層を突き抜けて行くので、軌道上衛星を使って全地球的な自然災害早期警報システムに応用できる可能性がある。

ただし岩石破壊と地面揺れの関係は、殆ど明らかになっておらず、地震学者や地質学者の将来研究に委ねられる。この分野で、地震学と地震電磁気学が協力すべきであろう。

6. 参考文献

[1] 牧謙一郎, 他, “ 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, “ 岩石破壊に伴うマイクロ波放射の測定系再構築と測定結果速報 ”, 地震学会秋季大会、B11-05, 静岡、10月、2011.

キーワード: 電波放射, 岩石破壊, 放射エネルギー, 推定, パルス波形, 地震探知

Keywords: radio wave emission, rock fracture, emitted energy, estimation, pulse waveform, earthquake detection

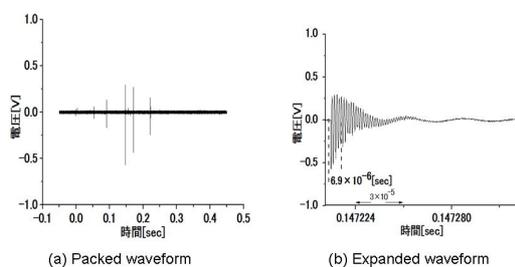


Fig. 1 Waveforms from quartzite at 1 MHz-band.