

M-9

岩石破壊に伴うマイクロ波放射の第一信号発生時間の検討

A Study on the Generate Time of First Signal Radiated Due to Rock Destruction

○鈴木裕太郎¹, 加藤淳², 三枝健二³, 高野忠³

Yutaro Suzuki¹, *Jun Kato¹, Kenji Saegusa², Tadashi Takano²

Abstract : The purpose of this study is to elucidate emission mechanism by really destroying a rock, and measuring. In this paper, the generate time of first signal radiated due to rock destruction is studied.

1.まえがき

スペースデブリ対策における研究で、岩石が破壊される際に 300MHz, 2GHz, 22GHz の 3 波のマイクロ波が放出されることが確認された。地中深くにおいて発生したマイクロ波が実際に、人工衛星で受信されていることから地震予知に応用できるのではないかと考えられている[1]。しかし、岩石破壊におけるマイクロ波放出のメカニズムについては、実験例が少なくまだ解明されていない。本研究は、このマイクロ波放出のメカニズムを解明することが目的である。先の発表では新たに構築した 1MHz の受信系を加えて測定を行い、最大放射エネルギーの比較を行った[2]。本稿では、岩石から放射される信号のうち特に最初に発生した信号（以下第一信号と呼ぶ）の時間に着目し検討した結果を述べる。

2.測定系

本研究では、岩石から放射されるマイクロ波のうち、1MHz（ループアンテナ）、300MHz（八木・宇田アンテナ）、2GHz（パッチアンテナ）、18GHz（ホーンアンテナ）の 4 波を測定する。図 1 に本実験における測定系を示す。油圧機でジャッキを上げていくことで、岩石に圧力がかかり破壊される。岩石から放射されたマイクロ波は、アンテナで受信され、受信機を通過した後にデジタルオシロスコープにより電圧波形として取得する。

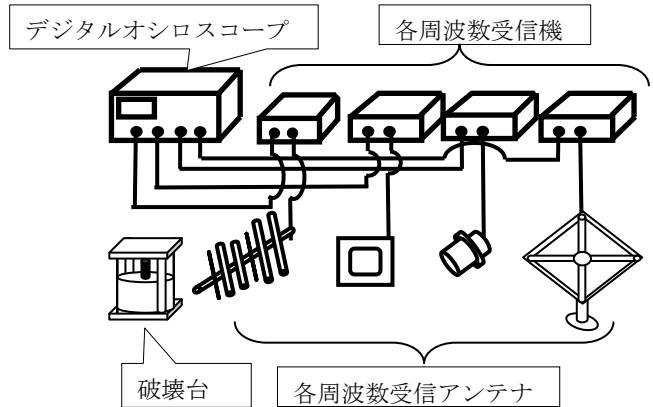


図 1 測定系

測定に使用する岩石は、珪岩(愛知県産)、斑レイ岩(山口県産)の 2 種類である。珪岩には石英が 9 割含まれ、斑レイ岩には含まれていない。それぞれ寸法は長さ約 60mm、直径約 26mm である。

3.測定結果

図 2～図 5 に珪岩の各周波数における測定結果を示す。紙面の都合上、珪岩のみの結果を示している。

図 2～図 4 の波形を全時間幅で見ると 0sec と 0.2sec~0.25sec 付近で信号を生じているのがわかる。しかし 1MHz と 2GHz はどちらも単発に

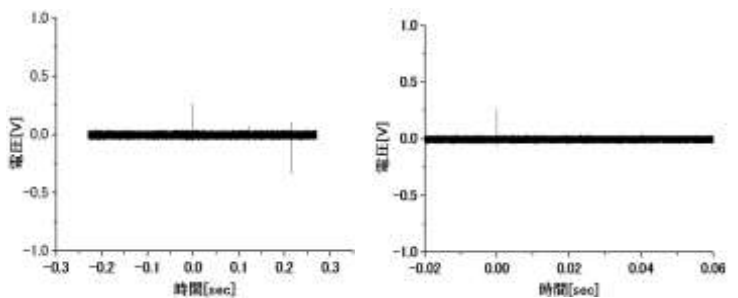


図 2 1MHz 波形 全時間幅(左) 0sec 付近拡大図

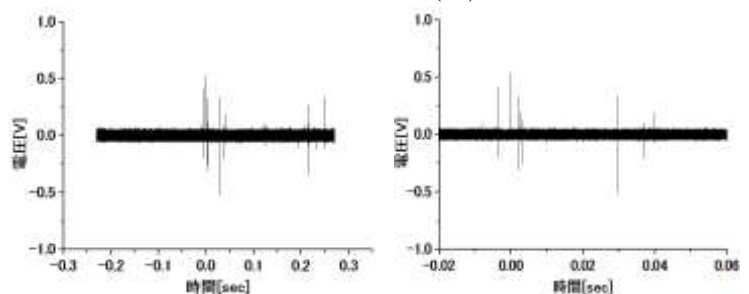


図 3 300MHz 波形 全時間幅(左) 0sec 付近拡大図(右)

1:日大理工・学部・子情 2:日大理工・院・電子 3:日大理工・教員・子情

信号を生じているのに対し、300MHzは複数信号が生じている。次に、0sec付近拡大図を見ると、1MHzでは0secで第一信号が生じており、300MHz、2GHzは1MHzより早く第一信号が発生しているのがわかる。図5で18GHzの全時間幅の波形を見てみると0.1sec付近で約120mVの信号が単発に生じていた。0sec付近の拡大図では信号は確認できなかった。図2~図4より信号の発生する時間は0sec付近と0.2sec~0.25sec付近であることがわかった。また、0sec付近の拡大図を比べてみると高い周波数から順に第一信号が生じているように思える。

4.考察

そこで表1に各周波数における1MHzを基準とした第一信号発生時間をまとめた表を示す。時間が負になっているのは、1MHzより早く信号が発生していることを表している。この表から各岩石とも2GHzから順に信号が発生している。珪岩の18GHzが1MHzより遅く信号が出てしまった原因としては、ノイズに紛れて信号が確認できなかったことや、トリガがかかるより前に第一信号が生じ観測することができなかったことが挙げられる。

高い周波数から信号が発生する原因として、現在岩石を一気に破壊しており、岩石の割れ始めは時間変化が激しくその後は時間変化が緩やかになる。よって激しい時間変化に対応できるのは高周波のため高い周波数から順に発生しているのではないかと予測している。

次に測定結果の最大電圧より最大放射エネルギー結果を表2に示す。各岩石の周波数ごとで比較してみるとほぼ同じレベルのエネルギーが放射されており、その中でも2GHzが一番強い放射エネルギー結果となった。この結果から最大放射エネルギーは岩石の種類に影響しないことがわかった。また18GHzは珪岩では微弱であり、斑レイ岩では測定できなかった。岩石から発生するマイクロ波を人工衛星で受信するためには18GHzの放射エネルギーが必要となるため、18GHzの信号を測定しメカニズムを知ることが今後の課題である。

5.まとめ

今回は珪岩と斑レイ岩で測定を行った。波形結果の0sec 付近の拡大図から第一信号の発生時間を各周波数で比較してみると、高い周波数から順に発生していることがわかった。また最大放射エネルギーは各岩石の周波数ごとで比較すると、変化が無いことがわかった。

6.参考文献

[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, ”岩石圧縮破壊に伴う1MHz電波放射とマイクロ波放射との対応関係”, 2012信学ソ大(通信), B-1-14

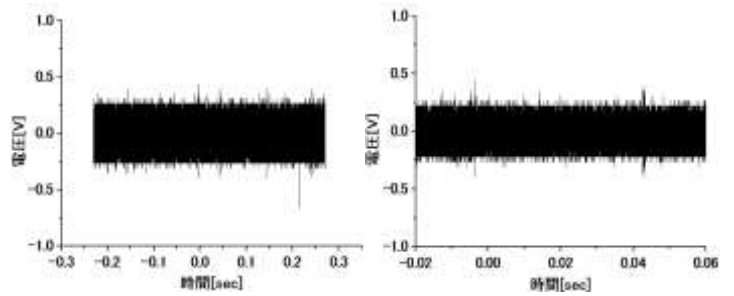


図 4 2GHz 波形 全時間幅(左) 0sec 付近拡大図(右)

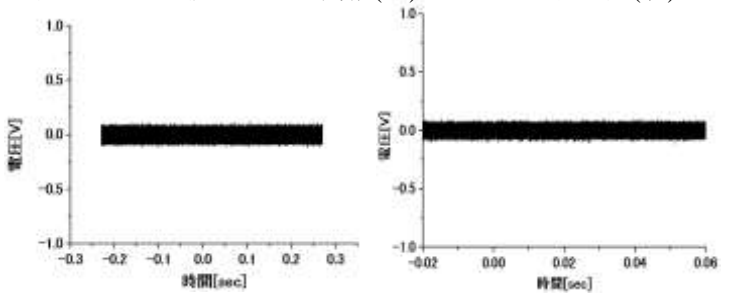


図 5 18GHz 波形 全時間幅(左) 0sec 付近拡大図(右)

表 1 第一信号発生時間の比較

	1MHz	300MHz	2GHz	18GHz
珪岩	0	-0.0036	-0.004	0.106
斑レイ岩	0	-0.012	-0.092	/

単位 : sec

表 2 最大放射エネルギー

	1MHz	300MHz	2GHz	18GHz
珪岩	2.14×10^{-13}	1.64×10^{-12}	9.24×10^{-12}	1.5×10^{-14}
斑レイ岩	5.84×10^{-14}	1.89×10^{-12}	3.0×10^{-10}	/

単位 : J