放射性廃棄物処分を対象とした無線モニタリングの通信効率向上に関する検討

鹿島建設株式会社　正会員○高 村　尚　正会員　奥津　一夫
坂田電機株式会社　須賀原慶久　遠藤　真一
原子力環境整備促進・資金管理センター　立川伸一郎　正会員　青木　和弘

１．はじめに

放射性廃棄物処分に関連して，緩衝材等のバリアの内部を従来の有線式センサでモニタリングする場合，バリア内に通信ケーブルを配線する必要がある（図１）．バリアを貫通するこれらのケーブルは水理場を擾乱しバリア性能を低下させる恐れがあることが指摘されている[1]．著者らは，このような問題点を解決するため低周波電磁波（周波数 1kHz 程度）を利用した地中無線データ通信技術をバリア内部へのモニタリングに適用するための検討を実施してきた[2]．本論では送・受信アンテナにおける通信効率の向上に関する検討内容について述べる．

２．無線モニタリング概念と通信効率

図２に無線モニタリングの概念の例を示す．著者らはこれらの概念が技術的に実現可能であることを原位置での通信試験等により明らかにしている[3]．しかしながら，センサに接続する送信機はバッテリ駆動であるため，実際に使用する場合にはバッテリの寿命により供用期間が制限される．

これに対し，送受信機間の通信効率を高めることができれば，送信機の消費電力を抑えられ，供用期間を長くすることができる．また，通信効率の向上は，送信装置の小型化につながりモニタリング機器の設置に伴うバリアへの影響をさらに低減することもできる．

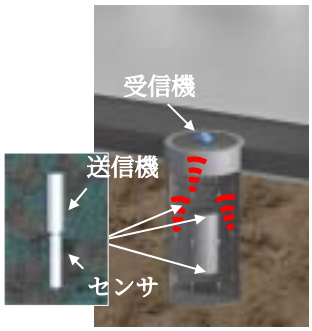
通信効率は通信距離と受信機が受信する磁界強度の関係（図３）で示すことができる．無線データ通信は送信機から送られたデータ信号の大きさ（磁界強度）が受信地点に存在する電磁ノイズの大きさよりも大きい時に可能になる．

通信効率の目安を最大通信可能距離（通信限界）ととらえると，通信効率は受信機で「**(A)**受信するデータ信号の大きさを大きくする」，また，「**(B)**電磁ノイズの影響を小さくする」ことで向上させることができる．

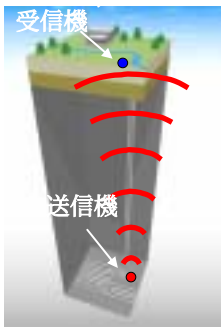
(a) 実規模実証試験例

(b)緩衝材へのケーブル配線用のスロットの切削

図１　有線モニタリングの課題



(a) 短距離通信



(b) 長距離通信

図２　無線モニタリング概念

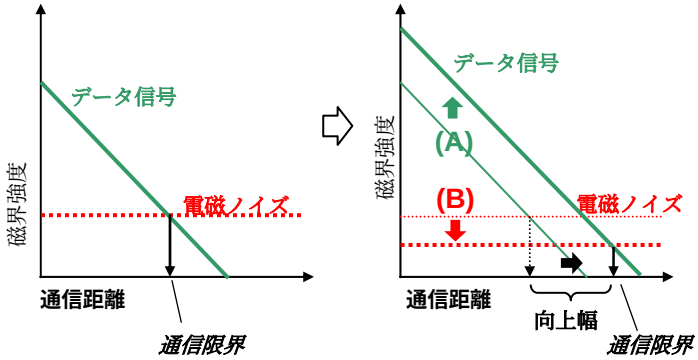


図３　通信距離と磁界強度の関係

キーワード　地中無線通信、低周波電磁波、通信効率、出力磁気モーメント、S/N 比
連絡先　〒105-0001　東京都港区虎ノ門 2-8-10 第 15 森ビル４階　原子力環境整備促進・資金管理センター
TEL 03-3504-1509

表１　アンテナ種類

アンテナ名称･形状	寸法 (m)	面積 (m^2)
磁性体入り-円形(φ1.0m)	φ1.080	0.92
磁性体入り-円形(φ0.3m)	φ0.300	0.07
磁性体入り-円形(φ0.1m)	φ0.094	0.01
空芯-円形 (φ5.0m)	φ5.160	20.91
空芯-円形 (φ0.5m)	φ0.440	0.15
空芯-正方形 (4×4m)	□4.060×4.060	16.48
空芯-長方形 (7×1m)	□7.280×1.000	7.28

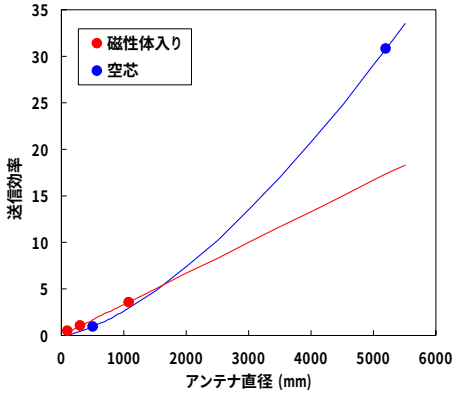
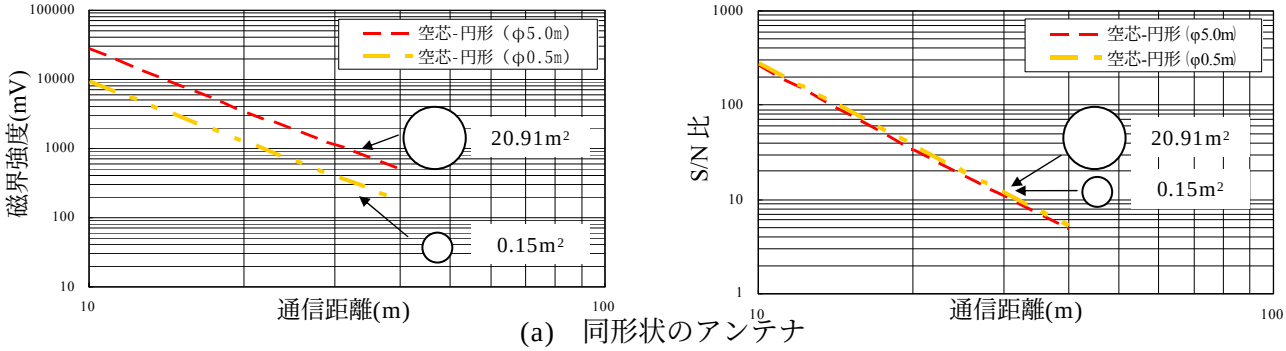
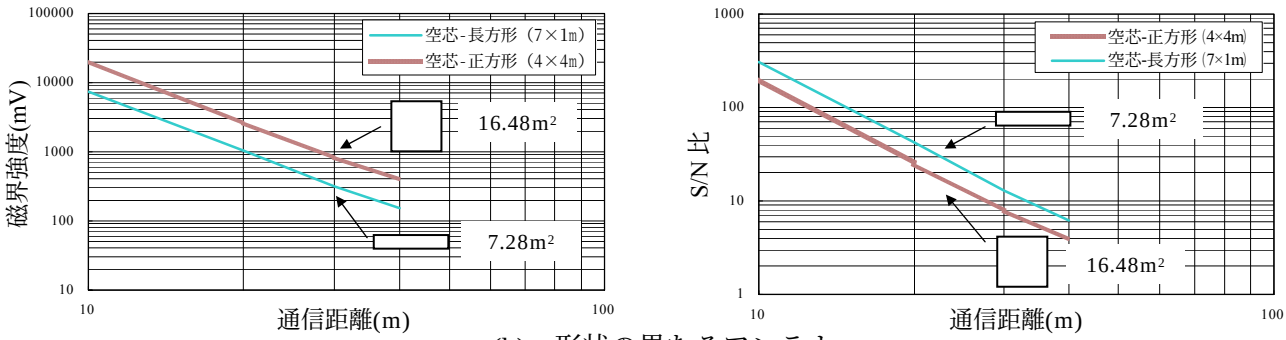


図４　送信効率に関する試験結果



(a)　同形状のアンテナ



(b)　形状の異なるアンテナ

図５　受信効率に関する試験結果

３．通信効率向上に関する試験結果とまとめ

(A)を送信機の送信効率，すなわち送信機における入力実効電力（送信アンテナで消費する電力）に対する出力磁気モーメントの大きさ（送信アンテナから放射する電磁波の強度）の比，**(B)**を受信機における S/N 比，すなわちノイズ強度(N)に対する信号強度(S)の比の向上により実現するものとする．本検討では表１に示すアンテナを試作し通信試験を行い，送信機の送信効率（図４）及び受信機の磁界強度と S/N 比（図５）を評価した．以下に結果をまとめる．

- 送信効率はアンテナ径が大きいほど高くなる．アンテナ径が小さいときはアンテナに磁性体を加えるほうが送信効率が高くなる．
- 受信する磁界強度はアンテナの形状によらずアンテナの面積の大きいほうが高くなる．一方，S/N 比は同形状の場合は面積によらず同じであり，形状が異なる場合は，面積が小さいにもかかわらず細長い形状のアンテナの S/N が大きいことがわかる．これは，形状を細長くすることでノイズがアンテナ内に入射しにくくできることを示唆している．

なお，本検討は経済産業省からの受託研究「モニタリング機器高度化調査（地層処分無線通信技術高度化調査及び取り纏め)」の成果の一部である．

参考文献

[1] European Commission: Final Report, Thematic Network on the Role of Monitoring in a Phased Approach to Geological Disposal of Radioactive Waste, Contract No. FIKW-CT-2001-20130, European Commission, 2003

[2]大内　仁，虎田　真一郎　他：地層処分にかかわるモニタリングの研究―位置付け及び技術的可能性―，原子力環境整備促進・資金管理センター, RWMC，2004 年 9 月

[3]高村　尚，大内　仁　他：地下深部岩盤中における無線データ通信特性に関する検討，原子力バックエンド研究，Vol.12No.1-2，2006 年 3 月，pp.21-29