

## ポイント

- モニタリングデータの無線通信
- バリア性能の低下をきたさないモニタリング技術の提供
- 閉鎖後モニタリングを実現可能にする要素技術
- 現地調査や実験研究による実証
- 海外に展開できる日本独自のコンセプト

## 目次

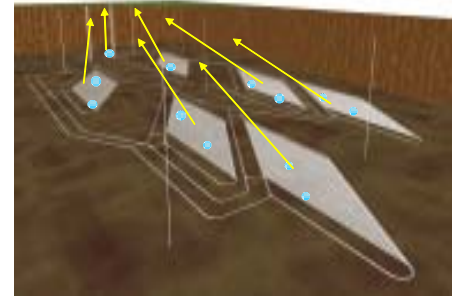
地中無線通信によるモニタリング技術	
地層処分におけるモニタリングの考え方	
原理	2
システム	2
実績	2
現地実験	3
技術開発	3
展開	3

## 地中無線通信によるモニタリング技術

放射性廃棄物の地層処分において、廃棄物の埋設が終了し、処分場を閉鎖した後、長期にわたる処分場の安全性を確保することは最も重要なことです。そのため、多重バリアによる積極的な安全策をとることに加えて、その対策状況をモニタリングすることも処分技術の一環として進められています。また、地層処分に対する社会の合意を得るためには、何らかの監視（モニタリング）が必要と考えられています。ただし、現状のモニタリング技術ではデータを送信するために計測ケーブルが必要となり、これが長期的に地下水の通り道となり、放射性核種の移行経路となるなど、処分場のバリア性能を低下させる可能性も予想されます。

この問題を解決するため、原子力環境整備促進・資金管理センター（原環センター）では、株式会社鹿島建設の技術協力を得て、放射性廃棄物地層処分におけるモニタリングに地中無線通信を応用するための開発を行っています。本技術によれば、地中でのデータ伝送を無線化し、モニタリングに伴うバリアの損傷を最小限にとどめることができます。

原環センターではこの地中無線通信技術について、その適用性を試験する目的でスウェーデン核燃料・廃棄物管理会社（SKB）の地下研究施設での実験を行い、地下環境にお



地中無線による処分場閉鎖後モニタリングイメージ  
いても通信が可能であること、また通信性能は坑道や支保工などの影響を受ける可能性があることを確認しました。

今後は地中無線通信の理論にもとづいた解析的な検討を加えて、地中無線装置の設計法の開発、また地層処分事業の各ステージにおける要求性能を踏まえて、装置の小型化、長寿命化や通信の長距離化などの機能の向上を目指します。さらに、平行して国内・海外の研究機関や事業主体との連携をはかり、様々な条件での本技術の適用性をひろげ、モニタリングの技術基盤の拡充を図る予定です。

## 地層処分におけるモニタリングの考え方

放射性廃棄物地層処分におけるモニタリングは制度的管理の一つと位置付けされており、本質的に passive safe なシステムである地層処分では、その長期安全性を確保することを目的とした処分場閉鎖後の人間の関与（モニタリング等）は必要としないことを原則としています<sup>1),2)</sup>。しかし現在では、関係者を含む社会の合意なくしては、地層処分は実現しないという共通認識を持ちつつ、世界各国とも処分事業計画に柔軟性を持たせ、段階的な意思決定を踏まえて進める考え方が支配

的になっています<sup>3)</sup>。モニタリングはそのような意思決定に有用な情報を提供できる手段と考えられます。

原環センターではこのような放射性廃棄物地層処分におけるモニタリングの位置づけを整理した上で、それに適用する技術の開発を行っています<sup>4)</sup>。

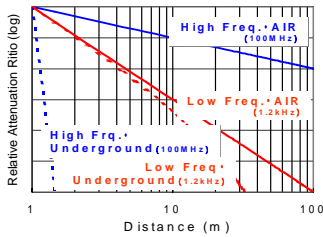
<sup>1)</sup> OECD/NEA : Disposal of Radioactive Waste, An Overview of the Principles Involved, 1982.

<sup>2)</sup> IAEA : The Principles of Radioactive Waste Management, IAEA Safety Series No. 111-F, 1995.

<sup>3)</sup> 特定放射性廃棄物の最終処分に関する法律（平成 12 年 6 月 7 日）など

<sup>4)</sup> 地層処分に関わるモニタリングの研究-位置付け及び技術的可能性- RWMC TRJ 04003(2004)

地中無線通信は低周波の電波の特性を利用した新しい技術です。



周波数と減衰比の関係

## 原理

ラジオ・テレビ放送や携帯電話など、一般の無線通信技術では、数 MHz ~ 数 GHz の範囲の周波数をもつ電波（電磁波）が利用されています。これら比較的周波数の高い電磁波は、空中では減衰が小さいため遠くまで情報を届けることができますが、地盤や海水など導電率の大きい媒質の中では減衰が極端に大きくこれらを通過することができないため、通信に利用することができません。一方、数千 Hz 以下の周波数の低い電磁波は、高周波に比べて空中では比較的減衰が大きいものの、地中や水中でもあまり減衰特性に変化がなく、ある程度の距離であれば通信利用が可能

です。ただし、これまでの技術では送受信アンテナが非常に大きくなるなどの課題があったため、通信機器としては実用化されていませんでした。

原環センターは鹿島建設の協力のもとにこの技術に着目し、超低周波の電磁波による通信技術を放射性廃棄物処分のモニタリングシステムに適用するための技術開発を行っており、これまでに送受信システム全体の小型化と、地層処分モニタリングへの適用性についての見直しをつけています。



地中無線通信機（プロトタイプ）

## システム

本システムは超低周波の電磁波による通信をコンパクトな装置で実現しているところに大きな特徴があります\*。

本システムは超低周波の通信技術に加え、地中に埋設して長期間利用するための構造的な耐久性と大容量のバッテリーと高度な省電力技術を搭載しています。

本システムでは 1kHz の電磁波に信号をのせて送信するデジタル通信方式を採用し、75bps の通信速度を確保しています。通信可

能距離は周囲の地層や岩盤、地下水の条件などによりますが、海中で 80m、地中で 100m 程度の実績があります。

\*システムの基本設計、試作は坂田電機（株）による。

## 実績

地中無線通信技術は土木工事の計測データ通信に使われた実績があり、システムの耐久性と信頼性はすでに確認されています。

関西国際空港の埋め立て工事では、工事の進捗に伴う盛土の沈下を計測するために、水圧計と一体化した地中無線装置を海底面に設置し、海底から無線送信される水圧データをモニタリングすることにより地盤の沈下量を測定しています。ここで使用した装置は 10 年間の継続計測を想定して設計されていま

す。2004 年 8 月現在で計測開始から約 6 年が経過しますが、今のところ順調に計測を実施しています。



関西国際空港

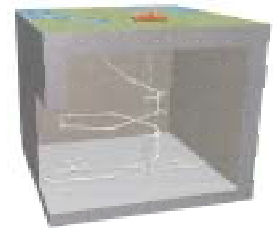
地中無線通信技術を地層処分のモニタリングに応用するため技術開発を進めています。

## 現地実験

本システムによる、地下の坑道施設での通信性能を確認するために、スウェーデンの Äspö 島に SKB が建設した地下研究施設 (HRL) において無線通信実験を行いました。

HRL は火成岩の岩盤中に地下 460m まで、約 3600m の坑道が建設されています。地下水は塩分濃度が高く導電率が高いこと、また、坑道内には金属製の支保工などが存在するため、無線通信に影響する要因を各種含んだ実験条件を有しています。坑道内、坑道間など地下の様々な場所において通信実験を行いましたが、ほぼ地上と同等の通信性能が確認できました。また、坑道や支保工が通信性能に

影響を与える可能性があることが確認できました。



SKB Äspö 島地下研究施設 (HRL)

## 技術開発

今後地層処分におけるモニタリングに本技術を適用するためには、さまざまな技術的課題があります。

処分場のバリア性能に与える影響をできるだけ小さくするためには、通信装置のさらなる小型化が必要です。また通信距離の長距離化や通信システムの長寿命化が必要です。

原環センターはこれらの課題を解決するために、超低周波の通信理論とこれに基づく伝搬シミュレーション技術を開発し、通信シス

テムの合理的な設計手法の開発を行う予定です。また、本システムを利用した地層処分におけるモニタリングの技術的信頼性の向上と様々な環境に適応できるモニタリング手法の開発に取り組んでいきます。



長距離通信システム  
(イメージ)



小型通信システム  
(イメージ)

改良型システム (イメージ図)

## 展開

地中無線通信技術は地層処分におけるモニタリング技術の信頼性を高める有力なツールとして、処分場閉鎖後のモニタリングへの適用のみならず、処分選定段階の調査など、地層処分事業のあらゆる段階において活用できる技術であるといえます。

また本技術は、日本独自のコンセプトを盛り込んだシステム技術として、海外の研究機関や実施主体からも高く評価され、今後の技術開発に大きな期待が寄せられています。

今後は地層処分に特有のモニタリングニーズに応じた技術開発を進めるとともに、様々な処分概念やモニタリング内容に適応できるモニタリング技術の基盤を拡充するため、国内・海外の関係機関と連携を進め効率的に開発を進めていく予定です。

## 地中無線通信によるモニタリング技術の開発

### お問い合わせ先

**RWMC**

原子力環境整備促進・資金管理センター

〒105-0001 東京都港区虎ノ門 2-8-10  
第15森ビル4階

電話：03-3504-1081

FAX：03-3504-1297

担当：虎田・大内

<http://www.rwmc.or.jp/>

**in KAJIMA  
CORPORATION**

鹿島建設株式会社 土木設計本部

〒107-8502 東京都港区赤坂 6-5-30

電話：03-6229-6607

FAX：03-5561-2153

担当：新保・奥津

<http://www.kajima.co.jp/>