

氏 名	たかむらひさし 高村 尚
学位(専攻分野)	博 士 (工 学)
学 位 記 番 号	論 工 博 第 3939 号
学位授与の日付	平 成 19 年 3 月 23 日
学位授与の要件	学 位 規 則 第 4 条 第 2 項 該 当
学 位 論 文 題 目	A Study on Wireless Transmission Monitoring of Geological Disposal Repository for Radioactive Waste (放射性廃棄物の地層処分場における無線通信モニタリングに関する研究)
論文調査委員	(主 査) 教 授 家 村 浩 和 教 授 大 西 有 三 教 授 芦 田 讓

論 文 内 容 の 要 旨

原子力発電に伴い発生する高レベル放射性廃棄物の地層処分におけるステップワイズマネジメントでは処分場内のモニタリング情報が、事業の意思決定のための重要な判断材料の一つであると認識されている。本研究は、バリアがモニタリング機器のケーブルにより擾乱されることを防ぐため、処分場のバリア内に設置したセンサのデータを低周波電磁波を利用し無線で通信するモニタリング手法を具体的に提案し、その技術的实现可能性について解析的検討、モデル実験、原位置試験により研究したものであり、序論及び結論を含め8章から構成されている。

第1章は序論であり、本研究の背景として地層処分におけるモニタリングの課題を明らかにするとともに、本研究の目的、研究の特徴とその意義について述べ、論文全体の概要を記述している。

第2章では、地層処分事業のステップワイズマネジメントに関して、欧米で検討されている最新の研究について述べるとともに、ステップワイズマネジメントで必要とされるモニタリングを実現するための課題を分析し、本研究で着目した無線モニタリングがバリアを乱さないモニタリングを実現する有力な解決策であることを明確にしている。

第3章では、地層処分における無線モニタリングを実現する技術として、周波数が1 kHz程度の低周波電磁波を利用する無線通信技術に注目し、地層処分で想定される環境下での無線通信特性と通信の実現可能性について、マクスウェルの電磁方程式にもとづき「理論的」に論じている。

第4章では、フランスにおける放射性廃棄物の地層処분을題材とし、ステップワイズに事業を進めていくマネジメント方法を検討し、そのマネジメントを支援するための処分セル内における無線モニタリング概念を、廃棄体定置プロセスも考慮しながら具体的に提示している。

第5章では、処分場を構成する鋼製部材やベントナイトバリア等の要素が低周波電磁波通信に与える影響を評価するため、実際に処分セルを模擬した20 m 規模の数種類の装置を組み上げ、通信試験をおこない電磁波伝播挙動を検証している。試験を通じて、本研究で取り扱っている周波数帯の電磁波は磁界が大きく卓越する特性をもつことに起因する独特の伝播特性を示すことを確認している。また、その伝播に関する数値解析による評価手法も提案している。さらに、鋼製部材等による減衰を低減する対策を考案し、その効果を確認している。

第6章では、スウェーデンの深度460 m の地下研究施設において原位置通信試験を行い、岩盤中での低周波電磁波特性を確認し、伝播理論との整合性を検証している。実際の岩盤中に存在する伝導性の高い海水系地下水が卓越する亀裂帯における電磁波伝播特性、坑道支保や地下施設内の各種の設備が電磁波伝播に与える影響について詳細に評価し、岩盤中における無線モニタリングの実現可能性を示している。また、鋼管等の高導電材料、高透磁材料が送信機から放射された磁界の向きに対して垂直な面内に存在するとき、その周辺で電磁界強度が大きくなるという知見を得ている。

第7章では、5章、6章で得られた知見をもとに、磁界が卓越する低周波電磁波の特性を利用して、周囲のノイズの影響を受けることなく、送信機からの信号のみを効率的に受信する革新的受信方法を考案し、その妥当性を実験及び解析により確認している。そして、この革新的受信方法による長期間モニタリング、装置の小型化、通信距離の小型化の可能性に言及

している。

第8章は、本論文の結論であり、本研究により得られた成果を要約するとともに、将来、地層処分に実際に無線モニタリングを適用するまでに解決すべき課題、及び今後の研究開発の展望について示している。

論文審査の結果の要旨

本論文は、放射性廃棄物の地層処分事業のマネジメントに関して、著者の提案する無線モニタリングが、バリアを乱さない有力なモニタリング手法であることから、その技術的実現可能性について、解析的、実験的に研究を進めたもので、その主な成果は以下のとおりである。

- (1) 無線モニタリング概念を実現する技術として、周波数が1 kHz程度の低周波電磁波を利用する無線通信技術に注目し、地層処分で想定される環境下での無線通信の実現可能性についてマクスウェルの電磁方程式にもとづき理論的に検討した。
- (2) 無線モニタリング概念を検討するにあたり、フランスにおける放射性廃棄物の地層処分を題材としてステップワイズに事業を進めていく方法を検討し、そのマネジメントを支援するための処分セル内における無線モニタリング概念を、廃棄体の定置プロセスも含め具体的に提示した。
- (3) 処分場内における無線モニタリングの技術的な実現可能性に関して、実際の処分場を模擬した装置を組み上げた試験を行い、本研究で取り扱っている周波数帯の電磁波は磁界が大きく卓越する特性をもつことに起因する独特の伝播特性を示すことを確認している。また、その伝播に関する数値解析による評価手法も提案している。さらに、鋼製部材等による減衰を低減する対策を考案し、その効果を確認している。
- (4) スウェーデンの地下研究施設における原位置通信試験を通じて、岩盤中での低周波電磁波特性を確認し、伝播理論との整合性を検証している。実際の岩盤中に存在する亀裂帯、坑道支保や地下施設内の各種の設備が電磁波伝播に与える影響について詳細に評価し、岩盤中における無線モニタリングの実現可能性を示した。
- (5) 磁界が卓越する低周波電磁波の特性を利用して、周囲のノイズの影響を受けることなく、送信機からの信号のみを効率的に受信する革新的受信方法を考案し、その妥当性を実験及び解析により確認した。

以上、本論文では、地層処分場におけるバリアを乱さないモニタリング手法として無線モニタリングを処分事業の管理方法とともに提案し、理論的考察、モデル実験、岩盤中での原位置試験及び数値解析を通じて、その実現が可能であることを結論として述べている。地層処分におけるステップワイズマネジメントに不可欠なバリアを乱さないモニタリング手法の確立において工学的、学術的、実際上寄与するところが少なくない。よって、本論文は博士（工学）の学位論文として価値あるものと認める。また、平成18年12月21日、論文内容とそれに関連した事項について試問を行った結果、合格と認めた。