

原環センター トピックス

RADIOACTIVE WASTE MANAGEMENT FUNDING AND RESEARCH CENTER TOPICS

2009.12.NO.92

目 次

センターの活動状況	①
ITC（最終処分国際研修センター）研修コース「堆積岩環境での地層処分の基礎」を受講して	④

センターの活動状況

I ニュース

韓国放射性廃棄物管理公団との技術協力協定の締結

原環センターでは、各国の放射性廃棄物処分の実施主体や研究機関と協力協定を締結し、情報交換や研究協力を行っています。

韓国関係機関との関係強化のため、韓国放射性廃棄物管理公団（Korea Radioactive Waste Management Corporation: KRMC）との協力について協議してきましたが、合意に達し、Min Kye-hong理事長を迎え、11月10日に技術協力協定を締結しました。

KRMCは、韓国の低中レベル放射性廃棄物（LILW）及び使用済燃料の安全で効率的な管理のための放射性廃棄物管理機関として、2009年1月に設立されました。事業範囲には、放射性廃棄物の輸送・貯蔵・処分、施設に関するサイト選定・建設・操業及びそれらに係る調査研究、並びに、低中レベル放射性廃棄物及び使用済燃料管理に係る基金管理が含まれています。現在、慶州の低中レベル放射性廃棄物処分場の建設に全力を挙げて取り組んでいます。

この技術協力協定は、放射性廃棄物管理に関連するすべての研究分野を対象とするもので、情報交換、共同研究、技術者の交換などの形態で今後、協力を進めることとなりました。



技術協力協定の締結

東アジア放射性廃棄物管理フォーラム第3回コンファレンスの開催概要

東アジア放射性廃棄物管理フォーラム（East Asia Forum On Radioactive waste Management：EAFORM）は、日本、台湾、韓国、中国が協力して創設され、2006年から東アジアの放射性廃棄物処理・処分事業を促進するための活動を行っています。活動の一環として、2006年に第1回コンファレンスが台湾で、2008年に第2回コンファレンスが日本で開催されました。これらに続き、韓国で開催される第3回コンファレンスの概要が、12月7～9日に韓国で開催されたマネジメント委員会（韓国放射性廃棄物管理公団主催）で決まりました。

マネジメント委員会には、電力中央研究所、原子力発電環境整備機構、当センターからの3名のほか、中国、台湾、米国、韓国から12名が集まり、コンファレンスの成功に向けて活発な討議を行いました。



EAFORMマネジメント委員会での討議状況

EAFORM 第3回コンファレンスの開催概要

開催期間 2010年11月1日～4日

会場 韓国 慶州 現代ホテル

構成 プレナリーセッション・テクニカルセッション（1,2日）テクニカルツアー（3,4日）

一般参加者の募集 2010年6月ごろ開始

Ⅱ 成果等普及活動の実施状況

平成21年度 原環センター研究発表会の開催

平成21年度原環センター研究発表会を、以下のとおり開催しました。当センターから2件の研究成果の報告を行うとともに、名古屋大学博物館吉田英一准教授の特別講演を行いました。

日時：平成21年12月1日（火） 13時30分～17時

会場：石垣記念ホール（三会堂ビル9階）

次第：

挨拶 理事長 井上 毅

報告1「地層処分場の工学技術の開発－遠隔操作技術の選択肢の提示とその利用について－」

処分技術調査研究プロジェクト 朝野 英一

報告2「地下空間での大型人工バリア構築技術の確証－地下空洞型処分施設性能確証試験の実施状況－」

L1チーム 寺田 賢二

特別講演「自然に学ぶ地下環境の働きと物質移動－木を見て森を見る試み－」

名古屋大学 博物館資料分析系 准教授 吉田 英一

報告と特別講演の要旨は以下のとおりです。

報告1「地層処分場の工学技術の開発－遠隔操作技術の選択肢の提示とその利用について－」

経済産業省から受託して実施している、「処分システム工学要素技術高度化開発」と「地層処分実規模設備整備事業」の実施状況、成果概要を報告しました。「処分システム工学要素技術高度化開発」では、高レベル放射性廃棄物地層処分場の遠隔操作技術の幅広い選択肢の整備を目的とし、さまざまな処分場候補地の条件に対応する技術選択肢とその設計根拠の提示、構築される人工バリア材料の品質、長期性能との関係、及び

蓄積された様々なデータの管理と利用の方法について研究しています。また、「地層処分実規模設備整備事業」では、地層処分概念と工学的実現性を実感・体感・理解できる設備を整備することを目的とし、展示物と試験設備の設計、オーバーパック、ベントナイト緩衝材の製作、展示などを行っています。

報告2「地下空間での大型人工バリア構築技術の確証―地下空洞型処分施設性能確証試験の実施状況―」

経済産業省から受託して実施している、「地下空洞型処分施設性能確証試験」の成果概要を報告しました。この試験では、原子力発電所廃棄物やTRU廃棄物のトンネル型処分空洞での人工バリア構築技術の確立を目的とし、地下空間での大型人工バリア構築に適用可能な施工方法の選定・確証、構築された人工バリアの品質確認及び品質管理手法確立のための実規模での確証試験を実施しています。

特別講演「自然に学ぶ地下環境の働きと物質移動―木を見て森を見る試み―」

地層処分で重要かつ不可欠な天然バリアとして地下環境の役割が、長期的にどのように機能するのか、その働きを具体的に自然現象から学ぶ必要があります、その場合には、どのような自然現象から何を学べるのか、それぞれの現象と我が国の地質環境の特徴から見ることのできる地下環境機能の総体について講演していただきました。



井上理事長の開会挨拶



報告への質疑応答



吉田英一先生の特別講演

ITC（最終処分国際研修センター）研修コース 「堆積岩環境での地層処分の基礎」を受講して

1. まえがき

筆者は、ITC（最終処分国際研修センター）^{注）}が、2009年10月26日から8日間にわたりドイツのパイネ（Peine、**図-1**）を中心に開催した放射性廃棄物処分に関する研修コース「堆積岩環境での地層処分の基礎」を受講する機会に恵まれた。今回の研修コースでは、堆積岩環境の地質から処分場の安全評価や社会的側面まで多岐に渡るものであった。また、8日間の研修の間に、ドイツのコンラッド（Konrad）とゴアレーベン（Gorleben）という2つの地下施設への訪問が含まれており、ドイツの放射性廃棄物処分の状況について情報収集する機会があったので、本稿にて併せて報告する。

注）ITCの正式名は、ITC School of Underground Waste Storage and Disposalで2003年4月にスイスで設立された放射性廃棄物の最終処分に係る非営利の国際的な教育・トレーニング機関である。ITCに関する詳細は以下の英文サイト及び原環センタートピックスNo.90⁽¹⁾を参照して頂きたい。（<http://www.itc-school.org/>）



図-1 パイネの静かなメインストリート

2. 本研修コースの概要

本研修コース「堆積岩環境での地層処分の基礎」（Fundamentals of Geological Disposal in Sedimentary Environments）は、ITCとDBE テクノロジー（ドイツ）の共同で、Clausthal 工科大学（ドイツ）の協力を得て、8日間にわたり開催された。本研修コースは2009年のIAEAのネットワークプログラムの一部になっており、長寿命放射性廃棄物の堆積岩構造への地層処分場の開発に関係しているプロジェクトマネージャー、規制機関、地球科学研究機関などの科学者・技術者を対象としている。今回の研修コースは、2007年に開催した同様のコースの内容を大きく拡充したものであり、通常の5日間のコースよりも長期とすることで地層処分の技術的基礎や地層処分場の立地・開発の社会的課題だけでなく、堆積岩環境下での安全性評価の方法論を重視したものであった。

本研修コースでは、地層処分の基礎と堆積岩の地質学的特長、堆積岩内に立地される場合の工学的特長に関する講義、処分場の性能評価の基礎に関する講義及び演習、各国の処分場及び候補地のケーススタディー、深地層処分場の開発現場であるコンラッド（Konrad）及びゴアレーベン（Gorleben）の岩塩ドーム中の地下施設の訪問、DBEテクノロジーの地下廃棄物ハンドリングのための機器の試験設備の見学、及び処分場開発の社会的問題に関する講義とグループ演習が実施された。

参加者は東欧諸国を中心とした12ヶ国（ハンガリー、チェコ、スロバキア、クロアチア、ルーマニア、ロシア、ベルギー、ドイツ、南アフリカ、メキシコ、アルゼンチン、日本）18名であり、日本からの参加者は原子力安全基盤機構、東電設計及び原環センターからの3名であった。

表-1に本研修コースのプログラム概要を示す。

3. 研修内容

3.1 基礎1：基本と構造の特性

まず始めに、ITCのNeil Chapman氏より、地層処分の歴史的背景と基本的概念、及び処分の対象となる廃棄物のインベントリーと特性についての講義が行われた。これに引き続き、本研修コースでの主要な課題である堆積岩の地質学的及び水理学的特徴について、天然バリアとしての特性に重点を置いた講義がIntellisci UKのAdrian Bath氏より行われ、さらに様々な堆積岩の工学的特徴についてDBEテクノロジーのMichael Jobmann氏及びNina Müller-Hoeppe氏より講義が行われた。

表-1 「堆積岩環境における地層処分の基礎」研修
コースのプログラム概要

1日目：10月26日 月曜日
基礎1：基本と構造の特性
地層処分の概念、地層処分される廃棄物：起源・インベントリ ー・特性、堆積岩の水文地質学・地下水化学的特性、粘土と泥 灰土（マール）構造の工学的特徴、岩塩と無水石膏構造中の工 学的特徴
2日目：10月27日 火曜日
フィールド訪問1：ゴアレーベン
サイトと地下への訪問導入、ゴアレーベンの安全性評価、ドイ ツの地層処分プログラムの歴史と現状
3日目：10月28日 水曜日
フィールド訪問2：コンラッド
コンラッドLILW処分場サイトの現地訪問
トピックセッション：処分場操業と廃棄物ハンドリング
地下廃棄物ハンドリング試験設備と機械工場の訪問、処分場操 業システムと廃棄物、ハンドリング装置設計と操業要件
4日目：10月29日 木曜日
コンラッド地域の地質：地表ベースや地下での地質学的サイト 特性調査プログラム（技術と結果）、コンラッド処分場のセー フティケースと安全性評価
基礎2：計画立地とサイト特性調査
粘土と岩塩構造中の処分場の設計と操業の考察、処分地の選 定、堆積岩中でのサイト特性調査
5日目：10月30日 金曜日
基礎3：長期的挙動と安全性の要件
粘土環境での処分場の変遷、岩塩構造での処分場の変遷、処分 場閉鎖後の安全基準と規制、安全であることの提示：証拠の提 示
6日目：11月2日 月曜日
コース演習1：性能評価
セーフティケースの構造と内容、仮想処分場の性能評価の構 築、重要な問題の特定：感度分析
7日目：11月3日 火曜日
基礎4：処分場のモニタリング
モニタリングの目的と戦略、地層処分場の長期モニタリング、 閉鎖前及び閉鎖後モニタリングのための機器
ケーススタディ：設計と安全性の概念
Callovo-Oxfordian粘土（フランス）、オパリナス粘土（スイス）、 石灰岩-マール：リチャード処分場（チェコ）
8日目：11月4日 水曜日
基礎5：処分場開発の社会的問題：地層処分の社会的側面
コース演習2：コミュニケーション
ステークホルダーとのコミュニケーション、グループ演習
閉会の議論：各自の国のプログラムにおける問題

3.2 基礎2：計画立地とサイト特性調査

粘土と岩塩構造中に処分場を設置する際の設計と
操業における留意点についてDBEテクノロジーの
Enrique Biurrn氏より講義が行われた。これに引き
続き、処分地の選定に関してIAEAのガイドライン及
び各国の実情の概要についてNeil Chapman氏より講
義が行われた。さらに、堆積岩に対象を絞った中での
サイト特性調査についてMcEwen ConsultingのTim
McEwen氏より講義が行われた。

3.3 基礎3：長期的挙動と安全性の要件

粘土環境及び岩塩構造での処分場の変遷について、
性能評価のあり方について重点を置いた講義が、そ
れぞれDBEテクノロジーのJohanna Wolf氏及びBfSの
Jürgen Wollrath氏より行われた。これに引き続き、

Neil Chapman氏より処分場閉鎖後の安全基準と規制
及び安全性の提示手法についての講義が行われた。

3.4 基礎4：処分場のモニタリング

地層処分場モニタリングの目的と戦略について、
DBEテクノロジーのMichael Jobmannによる講義が行
われた。モニタリングの一般的な目的についての説
明の後、ヨーロッパ各国を中心とした国際的な取り
組みについて紹介され、原環センターが参加してい
るMoDeRnプロジェクトでの検討内容に講義の主眼
が置かれた。規制対応のためのモニタリングについ
ての検討状況を質問したところ、MoDeRnでの検討
により各国関係者の合意を形成し、この内容を規制
当局に対して提言する予定とのことであった。

引き続き、モニタリングのための機器についての
講義が行われた。処分場でのモニタリング機器の設
置は、測定機器や通信のためのケーブルが水みちと
なる危険性を有している。現在、各国で、この危険
性を低減するための技術開発が行われており、講義
ではドイツで開発が進められている光ファイバセン
サ技術についての説明が行われた。光ファイバセン
サは単一のケーブルで多点の測定が可能なこと、ケ
ーブルが小径で大容量の通信が可能なこと等の利点
を有している。原環センターにおいても同様な技術
開発を行っているが、ドイツの技術はセンサーの配
置等において異なるものであり、技術開発の多様性
が認識できた。

3.5 基礎5：処分場開発の社会的問題

処分場開発に伴う社会的側面について、スペイン
Amphos XXI 社のMeritxell Martell氏を講師に迎え、
講義が行われた。講義では、これまで各国で集積さ
れた経験を元に、どのような問題が起こりえるのか、
また、これに対して規制当局や事業者はどのように
取り組むべきかという課題についての考え方が説明
された。

3.6 ケーススタディ：設計と安全性の概念

DBEテクノロジーのBernt Haverkamp氏により、フ
ランスのCallovo-Oxfordian粘土とスイスのオパリナ
ス粘土内での処分場設計例と共にチェコにおける石
灰岩-マール（粘土質と炭酸塩とが混ざった堆積岩、
泥灰岩）層内のリチャード処分場（長寿命・中レベ
ル放射性廃棄物）の例が紹介された。

リチャード処分場は1960年代に石灰鉱山跡を処分
場に転換したものであり、マール層からなる丘陵内
に狭在する石灰岩層内に建設されている。この処分
場は丘陵内に建設され、遮水層が設けられてなかつ
たことから、処分場近傍を通過した雨水が住民の生
活圏に直接流入する危険が存在した。また、施設の

老朽化による坑道の崩落が目立つことから、2003年よりDBEテクノロジーの協力の下、部分的な埋め戻しを開始された。安全性評価の結果、壁面に高透水性のグラベル層と、その内側に遮水層を設け、さらに内部をコンクリートで充填することで廃棄体を水理学的に雨水から隔離する手法が選択された。

この様な処分場は今日では建設される可能性の低いものであるが、安全対策が取られつつ運転が続けられているという事実は、他の処分場を建設し、廃棄体を移動させることの困難さを反映しているものと感じられた。

3.7 コース演習1：性能評価

Clausthal工科大学において同大学のKlaus-Jürgen Röhlig教授を講師に迎え、セーフティケースに関する演習を実施した。2～3名のグループに分かれ、単純化された地質環境を持つ仮想処分場の性能評価の構築と、感度分析による性能への影響因子の分析を行った。演習には大学にて開発されたプログラムを用い、ソースコードを編集することで条件を変えた計算を行った。計算結果は線量の時間変化をグラフで示すものであり、どのような因子が処分場の性能を左右するかを学習することができた。

3.8 コース演習2：コミュニケーション

この演習は処分場開発の社会的問題に関する講義に続いて実施された。参加者には処分実施主体、規制機関、市長、住民、反対派のそれぞれの役が割当てられ、各グループの代表者による模擬討論を行った(図-2)。討議に際しては、事前に各グループで対応策を練り、議論の焦点を検討した。

筆者には規制機関の役が割当てられ、グループ内で対応策を検討したが、その内容は主に安全面に関する市長や住民、反対派からの質問や意見に対して、処分実施主体が適切に対応できるよう調整を図るものとなった。



図-2 グループ演習（模擬討論）

3.9 トピックセッション：処分場操業と廃棄物ハンドリング

パイネのDBEテクノロジー本社近傍の、放射性廃棄物のハンドリング作業車の実規模試験施設を訪問した(図-3)。作業車の設計は何れも運転作業員の放射線からの防御を十分に計算したものであり、また、故障時の修復や回収を考慮したものであった。



図-3 DBEテクノロジー社の放射性廃棄物ハンドリング実規模試験装置の見学

4. 放射性廃棄物処分関連施設への訪問

4.1 ドイツの放射性廃棄物処分の概要

ドイツの放射性廃棄物処分について、今回の研修を通じて学んだ事項を中心として、その概要をまとめる。紙幅が限られているため、包括的な処分概念については原環センターのホームページ⁽²⁾等を参照して頂きたい。

ドイツにおいては、1958年に最初の原子力計画が開始された時点で重要項目として放射性廃棄物の処分について言及されており、原子力開発の初期段階より検討が進められてきた経緯を持つ。放射性廃棄物の処分責任は連邦政府に有り、連邦放射線防護庁(BfS)が処分の実施主体となっている。具体的な作業等はBfSとの契約によりDBE社及び今回のセミナーを共催したDBEテクノロジー社が行っている。ドイツでは全ての放射性廃棄物を地層処分する方針としており、放射性廃棄物の発熱により、発熱性放射性廃棄物と非発熱性放射性廃棄物に区分されている。ゴアレーベンが発熱性の高レベル放射性廃棄物及び使用済み燃料の処分場候補地として調査されている。また、非発熱性放射性廃棄物の処分に対してはコンラッド処分場に操業許可が与えられている。

ドイツは、高レベル放射性廃棄物の地層処分場サイトの選定を世界に先駆けて実施してきた国であり、ニーダーザクセン州の提案を連邦が受け入れる形で岩塩ドームであるゴアレーベンサイトを候補地した

調査活動が開始された。1979年よりゴアレーベン周辺の300km²の範囲に対して地表調査が開始され、調査範囲は1990年代後半には475km²まで拡大された。また、地下の調査は1986年より開始され、2本の縦坑が建設された。1996年には2本の縦坑を結ぶ深度840mの水平坑道が完成すると共に探査坑道の建設が開始された。しかし、1998年成立の社会民主党と緑の党の連立政権による政策見直しにより、2000年より、これまでの間新たな探査活動が凍結された。長期に渡り凍結されてきたゴアレーベンにおける探査活動であったが、2009年9月に実施されたドイツ連邦議会選挙による政権交代を受け、10月末に漸く凍結の解除が発表されたところである⁽²⁾。

ゴアレーベンにおける探査活動の凍結が解除された一方で、アッセ研究鉱山及びモルスレーベン処分場（ERAM）については速やかな閉鎖が計画されている。また、原子力発電そのものについては、再生可能エネルギーによる代替までの過渡的措置として、既設原子力発電所の運転期間を延長する方針が示されている⁽²⁾。

アッセ研究鉱山は廃止された岩塩鉱山であり、1967年から1977年まで低レベル放射性廃棄物の試験的な処分が実施された。その後、放射性廃棄物処分に係る地下研究所としての調査活動実施されてきた。また、モルスレーベン処分場も同じく、廃止された岩塩鉱山内に建設された低中レベル放射性廃棄物の処分場であり、旧東ドイツの所轄官庁の許可を受け1981年から1998年までに37,000m³の低中レベル放射性廃棄物が処分されている。

コンラッド処分場は非発熱性放射性廃棄物を対象としており、深度1,000m前後において堆積層内に胚胎する鉄鉱床の内部に建設されている。コンラッドでは鉄鉱山として、1960年より鉄鉱石の生産が行われていたが、鉱石中に高濃度で存在するリンが精錬の妨げとなるために1976年に生産が中止された。1975年には非発熱性放射性廃棄物の処分場としての調査が開始され、処分場としての許可を1982年からの20年に及ぶ一連の手続きを経て2002年に取得している。許可の取得手続きには公聴会が含まれているが、これは75日間に及び、ドイツにおける原子力関連の公聴会の中でも最長のものではあった。この許可に対しては即座に告訴されたが、2007年には連邦行政裁判所により告訴が棄却された。2008年には鉱山を管理する省庁からの操業許可が与えられ、2010年から2014年にかけて建設が行われる。許可された非発熱性放射性廃棄物の処分容量は303,000m³であり、深度800mから1,300mの処分坑道に定置される予定である。

4.2 地下施設への訪問

今回の研修では、ゴアレーベンおよびコンラッドの施設訪問が行われた。

ゴアレーベンではドイツ連邦放射線防御庁（BfS）のPeter Brennecke氏によるゴアレーベンサイトの歴史と地質、工学的特長に関する講義の後、岩塩ドーム内の地下施設への訪問を行った（図-4）。

筆者が過去に訪問した鉱山と比較すると、坑道が大きな径で設けられており、支保が殆ど設けられていない点が印象的であった。また、換気が十分に行われており、岩塩ドームの特徴である乾燥した環境とあわせ、安全性と共に作業性の高さが想像された。

地下への訪問の後、ドイツの地層処分プログラムの歴史と現状についての講義が行われ、2000年より凍結されていたゴアレーベンでの調査活動が再開されたことが説明された。



図-4 ゴアレーベンサイトへの訪問

コンラッドへの訪問では、まず始めにコンラッド処分場近くの市中に設けられた情報提供施設を訪れ、施設の見学を行うと共に処分場の概要と安全への取り組みについての講義を受講した。講義の中では一般向け説明ビデオを視聴したが、処分場建設に対する反対運動の内容を含むものであり、処分場建設への道のりの困難さを示していた。

コンラッド処分場の地上施設は農業の盛んな地域に位置している（図-5）。地上施設における安全講習の後、地下サイトの訪問を行った（図-6）。処分場は浅海堆積性の鉄鉱床内に計画されており、通常の金属鉱山と同様の支保が設置されていた。また、坑内に機械工場が設けられ、作業車等の整備を行っていた。処分場が地下約1,000mに設けられているため、地表に移動して作業を行うよりも効率が良いとのことであった。



図-5 畑が広がるコンラッド処分場の周辺



図-6 コンラッド処分場の内部

5. 終わりに

筆者は放射性廃棄物処分の分野に入って間もないが、今回の研修を通じて処分の全体像を把握することが出来た。これは、ITCがこれまでの多くの研修コースを通じてプログラムと教材の改良を重ねてきたことの賜物と思われる。

研修内容は放射性廃棄物の処分に関わる様々な事項のうち、多くの国々で共通の課題とされる点に充重点を置いたものであり、今回は堆積岩環境を題材としたものであったが、安全評価やモニタリング、社会的側面への取り組み等は他の処分環境においても共通の課題といえる。

ITCの研修コースは放射性廃棄物の地層処分に取り組む多くの国々、様々な機関や個人に対して開かれたものであり、日本からもより多くの方々の参加が期待されている。

(処分技術調査研究プロジェクト 江藤次郎)

参考資料

- (1) 最終処分国際研修センター（ITC）の活動状況について，原環センタートピックス，No.90，2009，6，p.4-8.
- (2) 諸外国の高レベル放射性廃棄物処分等の状況，原環センター，<http://www2.rwmc.or.jp/overseas/>

編集発行

財団法人 原子力環境整備促進・資金管理センター（略称：原環センター）

〒104-0052 東京都中央区月島1丁目15番7号（パシフィックマークス月島8階）

TEL 03-3534-4511（代表） FAX 03-3534-4567

ホームページ <http://www.rwmc.or.jp/>