

原環センター トピックス

RADIOACTIVE WASTE MANAGEMENT FUNDING AND RESEARCH CENTER TOPICS

2008.3.No.85

目次

| | |
|--------------------------|---|
| センターの活動状況 | ① |
| 地下空洞型処分施設性能確認試験の実施状況について | ④ |

センターの活動状況

I ニュース

朝野PMが原子力学会バックエンド部会業績賞を受賞いたしました

このたび原環センターの処分技術調査研究プロジェクトの朝野プロジェクトマネジャー（PM）が、原子力学会バックエンド部会からバックエンド部会業績賞を受賞いたしました。

今回の朝野PMの受賞は、高レベル放射性廃棄物地層処分用容器であるオーバーパックの最終封入部への各種の溶接法と非破壊検査法の適用性試験や、構造力学的長期健全性評価モデル検討を行い、その成果を原子力学会誌英文誌に多数投稿して掲載され、オーバーパックの技術的成立性の基盤構築に大きく貢献したことが受賞の理由となっております。

この朝野PMの受賞は、本人の榮譽のみならず、私ども原環センター職員としても大変喜んでいると同時に、本件に関する委員会委員の先生方、また試験等の実施に協力頂いた企業の皆様方から頂きましたご指導、ご鞭撻、及びご協力に感謝致します。

なお本件に関する調査研究は経済産業省殿からの受託事業として実施したものです。



中国核工業集团公司地質局との協力協定を更新しました

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包括的な協力協定を締結し、情報交換や研究協力を行っております。

今回、中国の中国核工業集团公司地質局（CNNC/BOG）との協定を更新いたしました。CNNC/BOGとの協力協定は、平成14年に締結し、中国甘肅省北山地点での物理探査などの協力を行ってきており



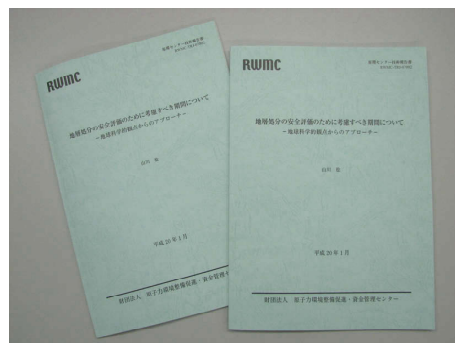
ましたが、今回、さらに幅広い協力を可能とする協定へ更新することで両者合意をし、このたび中国核工業集団会社の張 金帯氏らが来日し、原環センターで調印式が行われました。

原環センター技術報告書を発行しました

原環センターはこれまでの調査研究を通じて蓄積してきた重要と思われる技術的知見を、センター独自に「原環センター技術報告書」としてまとめております。

今回、地層処分の安全評価における時間スケール（時間軸）に応じて評価の方法や取り扱う現象をどのように考えるべきかを地球科学的観点でまとめた「地層処分の安全評価のために考慮すべき期間について－地球科学的観点からのアプローチ－」を発行しました。

地層処分の安全評価のために考慮すべき期間について
－地球科学的観点からのアプローチ－(TRJ-07002)



ITCの総会が開催されました

ITC（最終処分国際研修センター）は、放射性廃棄物の最終処分に係る国際的な教育訓練のための機関として、平成15年にスイスで設立されました。ITCは、すべての機関から独立しており、放射性廃棄物等の最終処分に携わる科学者、技術者等に最終処分に求められる幅広い知識と技術の伝承を行うことを目指しており、産業界、処分実施主体、規制機関等から研修生を受け入れています。原環センターはITCの設立以来、その設立メンバーとして運営に協力しております。

この度、ITCの第5回年次総会が平成20年3月11日にスイス・バーデンで開催され、当センターの坪谷隆夫特任参事がITC理事として参加しました。総会では、2007年の活動報告、2008年の活動計画などが承認されました。現在のITCメンバー機関は16ヵ国57機関に上っており、IAEA（国際原子力機関）、各国の最終処分実施主体・安全規制機関・大学・研究機関などからの支援を受け様々な研修コースを企画・運営しています。

2008年には、日本で開催される地層処分基礎コースも含めて廃棄物分野への新たな従事者や特定技術分野の専門家を対象とする5コースを計画しています。

Ⅱ 賛助会員活動等の実施状況

第9回講演会「情報によって人々を動かすこと－情報発信にまつわる諸問題－」

フェリス女学院大学教授 春木良且氏をお迎えして、「情報によって人々を動かすこと－情報発信にまつわる諸問題－」と題した講演会を開催しました。

メディアによる情報伝達、インターネットによる情報伝達の実態が紹介され、それらの分析を踏まえた情報発信の仕方等、示唆に富む報告がなされ、原子力の情報発信のあり方等に関する質疑が行われました。

開催日：平成19年12月11日
会場：原環センター
演題：情報によって人々を動かすこと
－情報発信にまつわる諸問題－
講師：フェリス女学院大学国際交流学部教授 春木良且氏



Ⅲ センターの運営状況

第26回評議員会開催

平成20年3月3日（月）開催の第26回評議員会において、一般会計、最終処分資金管理業務及び再処理等資金管理業務に関する平成20年度事業計画及び収支予算並びに寄附行為の一部変更並びに最終処分資金管理業務規程及び再処理等資金管理業務規程の一部変更並びに本年3月末をもって任期満了となることに伴う全役員を選任について付議し、それぞれ原案のとおり承認されました。

今回の役員の変更により、次の方々が交代されました。

（敬称略）

| 区 分 | 退 任 者 | 新 任 者 | 新任者所属・役職 |
|---------|-------|-------|-----------------|
| 理事（非常勤） | 松尾 新吾 | 眞部 利應 | 九州電力（株） 取締役社長 |
| 理事（非常勤） | 鈴木 英夫 | 北村 光一 | 三菱原子燃料（株） 取締役社長 |
| 理事（非常勤） | 宮内 忍 | 庄山 悦彦 | （社）日本電機工業会 会長 |
| 幹事（非常勤） | 庄山 悦彦 | — | — |

第72回通常理事会開催

平成20年3月7日（金）開催の第72回通常理事会において、一般会計、最終処分資金管理業務及び再処理等資金管理業務に関する平成20年度事業計画及び収支予算並びに寄附行為の一部変更並びに最終処分資金管理業務規程及び再処理等資金管理業務規程の一部変更並びに理事長、専務理事及び常務理事の選任並びに本年3月末をもって任期満了となることに伴う全評議員の選出について付議し、それぞれ原案のとおり承認されました。

理事長には井上毅氏が、専務理事には並木育朗氏が、常務理事には米原高史氏がそれぞれ再任され、評議員については次の方々が交代されました。

（敬称略）

| 区 分 | 退 任 者 | 新 任 者 | 新任者所属・役職 |
|-----|-------|-------|-----------------|
| 評議員 | 田中 俊一 | 岡 芳明 | （社）日本原子力学会 副会長 |
| 評議員 | 深田 智久 | 加藤 正進 | （財）電力中央研究所 専務理事 |

寄附行為変更の認可

第26回評議員会及び第72回通常理事会において承認を得た特定放射性廃棄物の最終処分に関する法律の一部改正等に伴う寄附行為の一部変更について、平成20年3月12日付けにて経済産業大臣に認可の申請を行い、同年同月21日付けをもって認可を受けました。

平成20年度最終処分資金管理業務に関する事業計画書及び収支予算書の認可

「特定放射性廃棄物の最終処分に関する法律」（平成12年法律第117号）第77条第1項の規定に基づき、平成20年3月12日付けにて経済産業大臣に認可の申請を行い、同年同月21日付けをもって認可を受けました。

平成20年度再処理等資金管理業務に関する事業計画書及び収支予算書の認可

「原子力発電における使用済燃料の再処理等のための積立金の積立て及び管理に関する法律」（平成17年法律第48号）第12条第1項前段の規定に基づき、平成20年3月12日付けにて経済産業大臣に認可の申請を行い、同年同月21日付けをもって認可を受けました。

地下空洞型処分施設性能確証試験の実施状況について

1. まえがき

地下空洞型処分施設は、地下50m以深の大断面地下空洞に、コンクリートの処分ピットを構築し、その周囲をベントナイト等の緩衝材で覆うものであり、発電所廃棄物の余裕深度処分や、あるいは他の放射性廃棄物の余裕深度処分のための処分施設として具体的な検討が行われている¹⁾。

こうした地下空洞型処分施設を建設するための基礎となる試験データ等の取得に関しては、これまで発電所廃棄物の余裕深度処分等の試験・研究において、主に実験室規模での要素試験が行われている。しかし、余裕深度処分では、放射能レベルの比較的高い低レベル放射性廃棄物の処分を対象としていることや、地下50m以深の地下空洞に建設する処分施設であるために、**図-1**のように、これまでの処分施設とは異なる設計や施工技術等が必要とされている²⁾。このため、実規模・実環境下における人工バリア施工技術等の実証試験が必要とされている。

このような背景において、原子力環境整備促進・資金管理センターは、経済産業省の委託を受け、平成17年度より「地下空洞型処分施設性能確証試験」を実施してきた。これまでの検討において、基本計画検討および詳細計画検討を実施してきた。今年度より、青森県上北郡六ヶ所村にある日本原燃（株）の試験空洞内において、現地試験を開始した。

ここでは、これまでの検討の概要と現地試験の実施状況を報告する。

2. 地下空洞型処分施設性能確証試験の概要

(1) 試験の目的

「地下空洞型処分施設性能確証試験」の目的は、**図-2**に示すように、大断面の地下空洞に原位置で実規模大の人工バリア施工試験を実施することを通じ、人工バリアの施工性と施工に伴う品質を確認することを目的としている。具体的には、地下空洞型処分

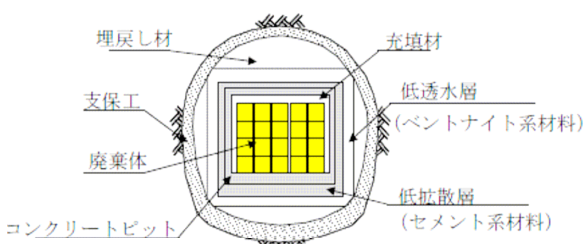


図-1 余裕深度処分施設の概念図²⁾

施設を模擬した実規模大の人工バリアを構築することを通じて、人工バリアの施工技術を確認する。さらに、施工直後における核種閉じ込めの性能を確保するうえで重要と思われるパラメーターを人工バリアの施工時に取得するとともに、施工中および施工直後における人工バリアや空洞周辺岩盤の挙動を観測し、地下空洞型処分施設の設計・施工に関するデータを取得する。

このような試験を通じて得られる成果は、発電所廃棄物等の地下空洞型処分に共通する技術として反映できるものと考えられるとともに、地下空洞型処分施設の安全確保に関わる幅広い基盤技術へ反映することできるものと考えられる。

(2) 試験項目

地下空洞型処分施設性能確証試験では、試験項目として、次の3つの項目を設定した。

- ・処分施設施工確認試験
- ・初期性能確認試験
- ・施設/岩盤挙動計測試験

処分施設性能確認試験では、**表-1**に示すように、実規模・実環境下での模擬処分施設の構築を通じて施工手順、施工技術などを確認する。さらに、初期性能確認試験では、構築した模擬処分施設の品質を確認するとともに、施設/岩盤挙動計測試験として、計測を実施する。

特に、施工確認試験では、人工バリアの施工段階により、緩衝材施工試験、ピット・低拡散材施工試

- ・地下空洞型処分施設性能確証試験
 - ▶ 地下空洞型処分施設の施工技術、品質管理方法の実現性を確認
 - ▶ 人工バリアの初期の性能を確認し、施工法と性能の関連を把握
 - ▶ 人工バリアや周辺岩盤の挙動を計測し、予測手法の妥当性を確認

成果の反映

- ・発電所廃棄物等の地下空洞型処分に共通する技術
- ・地下空洞型処分施設の安全確保に関わる幅広い基盤技術

図-2 地下空洞型処分施設性能確証試験の位置付け³⁾

表-1 試験項目と目的³⁾

| 試験項目 | 目的 |
|--|--|
| 1. 処分施設施工確認試験 ①緩衝材施工試験 ②ピット・低拡散材施工試験 ③定置・充填試験 ④埋戻し施工試験 | <ul style="list-style-type: none"> 実際の地下空洞環境下において実規模の人工バリアを施工することにより、施工技術、施工手順、施工方法等の実施への適用性を確認する。 処分施設を構成する構成要素ごとに、複数の施工技術、施工方法等を適用する。 施工の精度、効率を考慮した総合的な施設施工を確認する。 |
| 2. 初期性能確認試験 | <ul style="list-style-type: none"> 施工された人工バリアについて、力学的安定性を確認する。 核種閉じ込め性等の安全評価において要求される施工直後の性能（初期性能）等を確認する。 |
| 3. 施設/岩盤挙動計測試験 | <ul style="list-style-type: none"> 施工された人工バリアの力学的安定性に関する計測を行う。 周辺岩盤の力学特性・水理挙動に関する計測を行う。 |

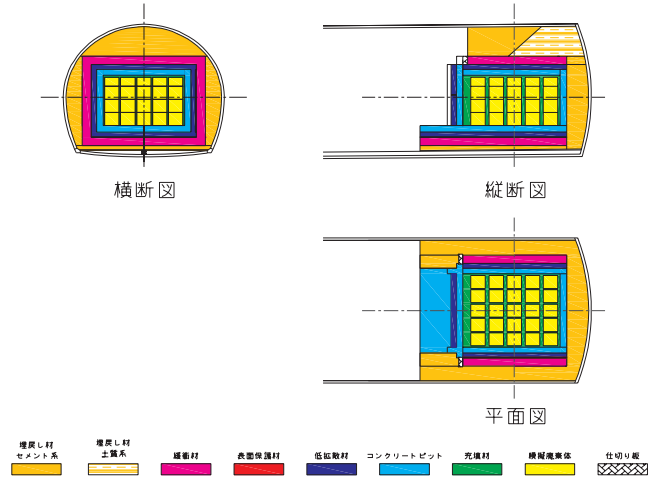


図-3 人工バリア構成要素

験、定置・充填試験、埋戻し施工試験に区分し、実施する。

(3) 人工バリアの構成要素と主な試験条件

地下空洞型処分施設性能確認試験の人工バリアは、これまで各方面で検討されてきた施設構造を参考に、人工バリアの構成を検討した。

試験施設は、複数の要素から構成される形態とし、ベントナイト材料からなる緩衝材、セメント系材料からなる低拡散材、コンクリートピット、模擬廃棄体及び充填材等を構成要素とした。さらにこれらの要素を組み合わせ、図-3に示す人工バリアを選定した。

また、これらの人工バリアの周囲の試験空洞内部をセメント系材料等により埋戻しを行うものとした。

ここで、緩衝材および低拡散材等の各人工バリアに要求される性能を施工しつつ確認するために、その性能確認の時期を試験施設建設完了時の性能と定め、これを初期性能とした。すなわち、本確認試験における初期性能は、試験施設の建設完了時点（上部空間の埋戻しまで終了した時点）の性能と定義することとし、この性能は安全評価において要求される施設の長期経過後の性能に対し、人工バリアの化学的劣化や力学的要因による劣化や不確実性を見込

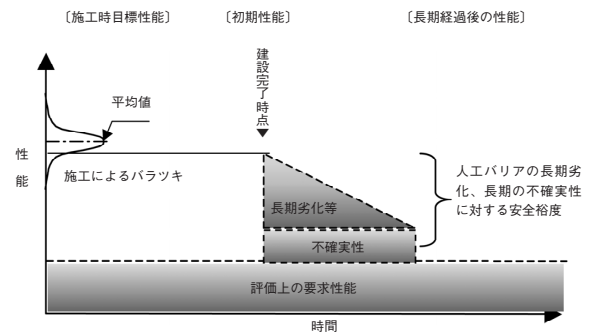


図-4 人工バリア性能の経時変化の模式図

んだ安全裕度等を考慮して設定した。

本試験は、各人工バリアの施工性と施工に伴う初期性能が満足するかどうか確認することを主眼とし、それぞれの試験条件の下、試験の実施内容を定めている。

人工バリアの経時変化の模式図を図-4に、主な初期性能と試験条件、主な実施内容を表-2に示す。

表-2 主な試験条件

| 構成要素 | 本試験における初期性能設定値 | 試験条件 | 主な実施内容 |
|------|---|---|--|
| 緩衝材 | 透水係数： $5 \times 10^{-13} \text{ m/s}$ | <ul style="list-style-type: none"> 材料：クニゲルGX（100%） 有効乾燥粘土密度：1.6 Mg/m^3 | <ul style="list-style-type: none"> 施工空間条件を考慮した施工方法： （底部）大型振動ローラーによる現場振動締固め施工 （側部、上部）小型振動ローラーによる現場振動締固め施工、およびベントナイトブロック施工等 品質管理項目：材料特性、出来型 初期性能：施工完了時の物性 施工時の計測：振動等 |
| 低拡散材 | 拡散係数： $1 \times 10^{-12} \text{ m}^2/\text{s}$ | <ul style="list-style-type: none"> 現場打設 結合材：低熱ポルトランドセメント+フライアッシュⅡ種 水結合材比（W/B）=45% | <ul style="list-style-type: none"> ひび割れ抑制 品質管理項目：材料特性、出来型 初期性能：施工完了時の物性 施工時の計測：温度、応力等 |

3. 平成19年度の現場試験実施内容

地下空洞型処分施設性能確証試験においては、平成17～18年度において、基本計画検討、詳細計画検討を実施し、平成19年度は、これらの検討に基づき、底部・側部埋戻し材および底部緩衝材の一部について、試験空洞内で施工確認試験を開始した。さらに、施工確認試験の評価に必要な材料特性試験や挙動計測データの収集、データ管理システムの構築などを実施した。

(1) 底部・側部埋戻し材施工確認試験

底部・側部埋戻し材施工確認試験では、コンクリートに、低熱ポルトランドセメントとフライアッシュⅡ種の質量比7:3、水結合材比(W/B)を45%とし、骨材として石灰石を使用するとともに、石灰石微粉末を添加したものをを使用した。埋戻し材の構造は鉄筋コンクリート構造とし、その施工性や品質および、強度などの初期性能の確認を行うとともに、温度計、ひずみ計、応力計などの施設挙動を計測するための計測器を設置し、計測を行った。これらは、試験箇所坑壁に防水シートを設置した後、施工を行っている。底部・側部埋戻し材のコンクリート打設状況を図-5に、完成状況を図-6に示す。

コンクリート打設時に型枠に作用する荷重や鉄筋継手方法の比較などから施工性に関する評価を行うとともに、空洞内で施工性を低下させる要因に関する知見が得られた。また、コンクリートのフレッシュ性状に影響を及ぼす要因などの品質に関する知見が得られた。

また、温度応力によるひび割れ予測解析と観察を実施したところ、解析結果はやや保守的な結果を与えることが分かり、ひび割れ予測精度の向上に向けたパラメーター取得等が必要であることが示唆された。

(2) 底部緩衝材施工確認試験

底部緩衝材施工確認試験は、ベントナイト(クニゲルGX(粒径10mm以下の原鉱石)100%)を使用し、大型振動ローラー等を使用した現場締固め施工により、厚さ1mの緩衝材を施工するものである。平均乾燥密度を $1.6\text{Mg}/\text{m}^3$ とし、施工手順や品質、出来型等について確認を行うものである。平成19年度は、図-7に示すように第1層(厚さ:10cm)の施工を実施し、品質確認等を実施した。残り(厚さ:90cm)については、平成20年度に実施し、10層分の施工が完了した時点で、サンプルの透水試験ほかの初期性能確認試験を実施する予定である。

4. 詳細設計における検討

地下空洞型処分施設性能確証試験は、試験空洞内の環境下での一連の施工を行う初めての試みであり、



図-5 側部埋戻し材コンクリート打設状況

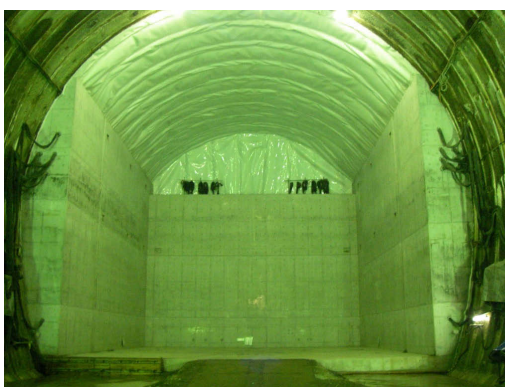


図-6 底部・側部埋戻し材施工状況



図-7 大型振動ローラーによる底部緩衝材施工

設計・施工手法も一般の土木構造物と異なるものも少なくない。このため、これまでに、計画立案に必要なデータ取得や解析等の検討を行ってきた。ここでは、このような検討内容および結果の要点について、主なものを紹介する。

(1) セメント系材料の拡散特性

低拡散材に使用するセメント系材料については、放射性核種の移行抑制機能を期待している。これは、セメント系材料が水和により緻密な構造となることによるものであるが、セメント硬化体の拡散性能は水セメント比等の配合等により変化することが考えられた。

このため、拡散抑制を期待される放射性廃棄物の地下空洞型処分施設におけるセメント系材料に関し配合条件と拡散係数との関係を把握し、さらに、拡散係数と空隙率と相関性について検討を行い、拡散抑制性能の達成度を施工段階で予測するための品質管理方法についての検討を行った。

拡散抑制を期待するセメント系材料として、低熱ポルトランドセメントとフライアッシュⅡ種の質量比7:3、水結合材比(W/B)を45%とし、骨材として石灰石を使用するとともに、石灰石微粉末を添加した高流動モルタルを基本配合とした。

配合条件が拡散特性や空隙特性に与える影響を調査するため、基本配合に対して水結合材比、石灰石微粉末量、空気量、スランプフローを変動させた配合で供試体を作成し、拡散係数及び空隙率等の測定を行った。

基本配合及び変動配合に対して実施した空隙率とトリチウムの実効拡散係数の測定結果を図-8に示す。既往の研究で報告されているように、セメント硬化体の実効拡散係数と空隙率との間には相関性が認められる。また、実効拡散係数として $1 \times 10^{-12} \text{m}^2/\text{s}$ 程度を目標性能とした場合には、空隙率として17%程度以下であれば良いことが分かった。

(2) ひび割れ解析

地下空洞型処分施設に用いるセメント系材料は、緻密化やひび割れ抑止を指向した材料の選定が行われることから、これらのセメント系材料のひび割れ予測・評価は、施設の核種閉じこめなどに係わる重要な検討項目となる。このため、実規模でのひび割れ性状確認を行い、この結果をフィードバックしひび割れ予測・評価手法をさらに高度化することで、実際の施設における核種閉じこめ性能などの検討に資することを目的に、次のような検討を行った。

- ・ひび割れ予測・評価手法の高度化に向けた検討
- ・底部・側部埋戻し材等の施工確認試験計画に反映
- ・低拡散材等のひび割れ評価に必要となる今後の材料物性の取得試験計画への反映

ひび割れの検討では、打設割付を変えて3つのケースでひび割れ予測解析を実施した(図-9)。これらの検討等に基づき、本年度は、埋戻し材のコンクリート打設後、ひび割れ観察を実施した。特に、ひび割れ予測解析においてひび割れ指数が小さな値となる範囲(ひび割れの発生確率が高い範囲)を観察したが、ひび割れの発生は認められていない。

また、今後、ひび割れ予測における材料物性等についても検討を加え、ひび割れ予測・評価手法の高度化を図る計画である。

(3) 周辺岩盤の三次元地下水流動解析

試験空洞内に、人工バリアを構築することにより、今後、周辺岩盤の間隙水圧に変化が生ずることが考

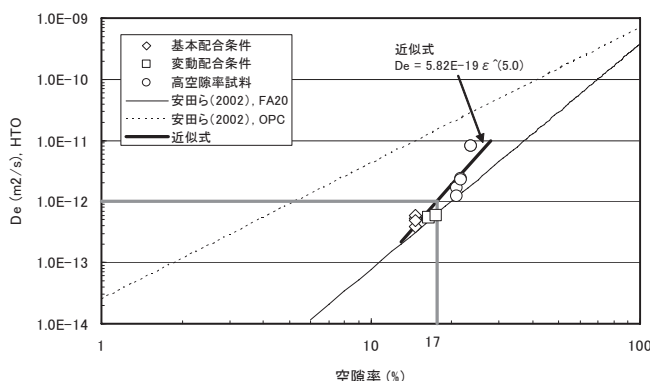


図-8 トリチウム実効拡散係数と空隙率の関係⁴⁾

えられる。このため、試験施設の施工前に、試験空洞周辺の岩盤に間隙水圧計を埋設し、試験に伴う周辺岩盤中の水理挙動を把握することを計画である。

試験空洞周辺岩盤における水理挙動の測定においては、最も効果的な位置に間隙水圧計を配置する必要がある。試験空洞周辺の地質分布や空洞および調査坑の排水等の影響を把握する必要がある。このため、試験空洞周辺において、三次元地下水流動解析を実施し、地下水流動の予測を行った上、計測計画を立案した。

試験空洞周辺においては、これまでに各種の調査が実施されている。これらのうち、地質および水理に関するデータを整理し、三次元水理地質モデルを作成した。さらに、人工バリア施工後の予測解析においては、人工バリアをモデル化し、それぞれ部材ごとに透水係数を設定した。ここで、モデル化した部材は埋戻し材、緩衝材、表面保護材、低拡散材、コンクリートピット、充填材、模擬廃棄体である。なお、試験終了時、試験施設の排水システムを停止するものとして、水理挙動の予測解析を実施した。

三次元地下水流動解析の結果から、間隙水圧分布を把握するため、試験空洞を横断する断面(水平、縦断、横断)において、全水頭コンター図を作成した。試験位置を横断する断面における現況再現解析および予測解析の結果を図-10に示す。現況の再現解析の結果は、間隙水圧分布・湧水量の実測値とほぼ

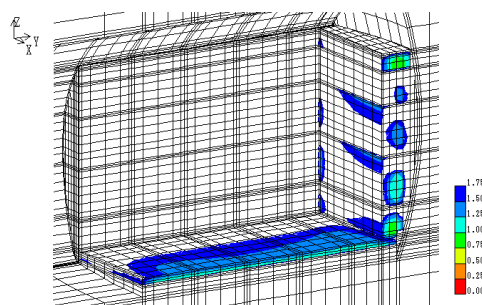


図-9 ひび割れ指数分布図(横断方向: σx)
(平成18年度検討ケース3)

一致していることを確認している。間隙水圧の測定位置を選定するに当たっては、これらの結果に基づき、計器を設置するとともに、今後の水理挙動評価の指標とした。

5. まとめ

地下空洞型処分施設性能確証試験は、平成17年度より開始し、これまで基本計画作成および詳細設計等を実施し、施工空間や周辺構造物への影響等を考慮した各部位の施工方法等を検討するとともに、品質を確認するための試験方法および計測方法を検討した。また、詳細設計に必要となる予備試験を実施した。

平成19年度から、これらの検討に基づき、底部・側部における埋戻し材施工確認試験、底部緩衝材施工確認試験等を開始し、今後、数年間にわたり、試験を実施する予定である。

なお、本報告は経済産業省からの委託による「管理型処分技術調査等」の成果の一部である。

(大沼 和弘)

参考文献

- (1) 大西有三他：低レベル放射線廃棄物の余裕深度処分に関する技術の現状について、土木学会平成18年度全国大会研究討論会、研-14資料、2006
- (2) 庭瀬一仁、廣永道彦、辻幸和：低レベル放射性廃棄物処分に用いるコンクリートの設計について、コンクリート工学、Vol.44、No.2、pp.3-8、2006
- (3) 坪谷隆夫、寺田賢二、松村勝秀、大沼和弘、窪田茂：地下空洞型処分施設性能確証試験－計画概要－、土木学会第62回年次学術講演会講演概要集、CS5-073、2007
- (4) 窪田茂、寺田賢二、坂本浩幸、枝松良展、加藤博康：拡散抑制が期待されるセメント系材料の管理方法に関する研究、土木学会第62回年次学術講演会講演概要集、CS5-040、2007
- (5) 大沼和弘、寺田賢二、松村勝秀、小山俊博、矢島一昭：地下空洞型処分施設性能確証試験における三次元地下水流動解析を用いた周辺岩盤間隙水圧測定区間の検討について、土木学会第37回岩盤力学に関するシンポジウム概要集、2008

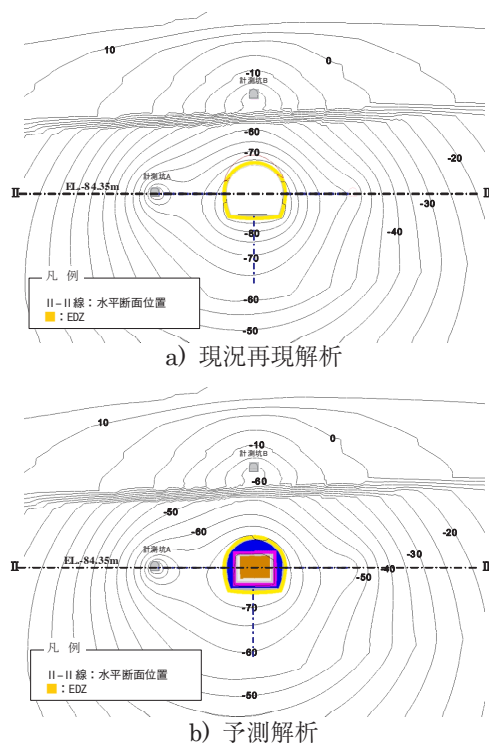


図-10 三次元地下水流動解析結果（全水頭）

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

〒104-0052 東京都中央区月島1丁目15番7号（パシフィックスクエア月島8階）

TEL 03-3534-4511（代表） FAX 03-3534-4567

ホームページ <http://www.rwmc.or.jp/>