超深地層研究所施設建設へのリスクマネジメント手法の適用について

核燃料サイクル開発機構　正会員 ○見掛信一郎　正会員 佐藤稔紀
大成建設（株）　正会員 下野正人　正会員 田口洋輔　正会員 亀村勝美

１．はじめに

超深地層研究所は、地層処分研究開発の基盤として、地表から地下約 1,000m程度までの深地層における科学的研究（地層科学研究）を行う目的で建設されるものである。わが国での地下 1,000mにも及ぶ立坑掘削の施工事例は少なく、建設のコスト、工期が大幅に変動する危険性や調査研究における収集データのばらつきにより試験結果の品質が確保されないといった状況が生じる可能性がある。さらに研究施設は、国民の地層処分に関する研究開発の理解を深める場としての意義を有しており、施工から研究までのすべての活動に安全性、信頼性を確保する必要がある。本研究は、このような課題に対処するため、近年着目されているリスクマネジメント（Risk Management ; RM）手法を適用し、超深地層研究所の施設建設、研究に対するリスクを適切に評価することで、有効性の高いリスク管理チェックリストの作成等、実際の研究坑道の建設・調査研究における品質管理手法の確立に寄与することを目的とする。

２．超深地層研究所の概要

超深地層研究所は、岐阜県瑞浪市に設置を計画している研究施設である [1)]。この施設は地下約 1,000mに至る地下研究施設と地上施設から構成され、結晶質岩（花崗岩）を対象として研究が実施される。現在検討中の研究坑道のレイアウトは、主立坑、換気立坑、研究用の中間ステージ、最深ステージと各立坑を結ぶ予備ステージから成る(図 1)。地層科学研究の研究期間は約 20 年を設定しており、①地表からの調査予測研究段階、②坑道の掘削を伴う研究段階、③坑道を利用する研究段階の 3 段階に分けて研究を進める計画である。これまで平成 8 年度より第 1 段階の調査研究を行ってきたが、平成 15 年度からは実際の坑道掘削に着手し、本格的に第 2 段階の坑道掘削を伴う研究段階に入る。

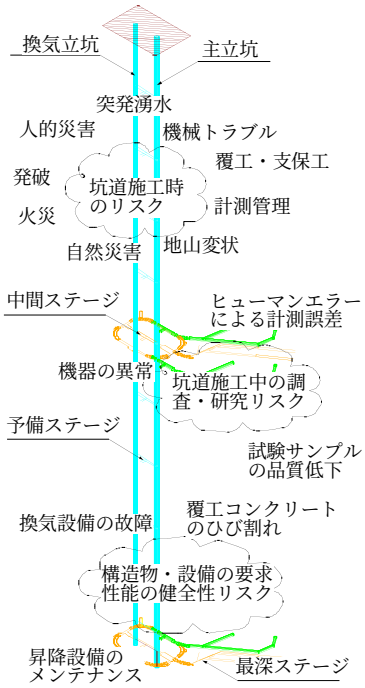

図 1　研究施設のリスク

３．リスク評価の対象

超深地層研究所が有するリスクには、多種多様なリスクが存在し、RM ではこのリスクの認識からスタートする。検討すべきそれぞれのリスクに対する評価方法やプロセスは異なるため、リスク評価を行う上でどのリスクに主眼をおくかを事前に十分検討しておくことが重要である。本検討では、超深地層研究所施設建設のリスク評価として、施設建設の目的や方法、建設位置の地質環境等の固有情報を勘案し、以下のものを対象とした（図 1)。

①施工時のリスク：事故、人災、機械トラブル、突発湧水、自然災害等により研究坑道施工時に支障をきたす恐れのあるリスク。具体的なリスクの定量的指標として工程遅延、工費増大、社会的信用低下等がある。

②坑道施工中の調査・研究のリスク：坑道施工中の調査研究による地質環境情報の欠落、品質低下等は、調査研究の目標である大深度地質環境下における施工技術、研究坑道掘削が地質環境に及ぼす影響の修復・軽減・評価等に支障をきたすリスクとなる。

③施工後の構造物・設備の健全性に対するリスク：完成した研究坑道の構造物・設備が規定の要求性能を満足せず、研究に支障をきたすあるいは改良・補修が必要な状況となるリスク。

４．リスク評価の手順

ＲＭ手法を適用した坑道施工時のリスク評価の手順を示す（図 2)。

キーワード　リスクマネジメント、品質管理、大深度立坑、深地層の研究、結晶質岩（花崗岩）
連　絡　先　〒509-6132　岐阜県瑞浪市明世町山野内 1-64　核燃料サイクル開発機構 東濃地科学センター
瑞浪超深地層研究所 施設建設グループ　TEL：0572-66-2244

（a）リスクを生じる被害事象の抽出

研究坑道施工時にリスクを生じる恐れのある被害事象を、大深度立坑、水平坑道の掘削の施工性、地質環境の特殊性等を考慮して網羅的に抽出する（図 3）。このうち比較的リスクが高いと考えられる事象（図 3 の□で囲まれた事象）についてリスク評価する。

（b）リスクのモデル化

抽出した被害事象の中で、独立事象と考えられる機械設備トラブル、突発湧水等は事象ごとに被害をモデル化する。一方、相関があると考えられる事象は、ET（Event Tree）解析手法を用い、被害の形態を分類網羅して明確にモデル化することが重要である。相関が高いと考えられる落下物、火災、人的災害は ET によりモデル化する(図 4)。

（c）リスクの定量化

リスクを「事態（事象）の発生確率とその結果の組合せ」と定義し期待値として評価する。即ちリスク R は被害事象の発生確率 P の高低と、被害事象が引起す結果 C の重大性の大小との２つの指標の積（ R ＝ P×C ）により定量的に評価する。被害事象の発生確率は、過去の統計データや専門家へのインタビュー、数学モデルによる解析的手法等により算定する。例えば、落下物の小被害の発生確率は、防護ネットの不備や荷崩れ等の要因を FT（Fault Tree）によりモデル化して算定することができる（図 5）。相関のある被害事象の場合は、ET に従い条件付き発生確率を算定する（図 4）。被害の大きさは、定義に従い損失価値を評価するもので、例えば工程の遅延日数、工費の損失金額を数値的に算定する。

５．結果

超深地層研究所の施設建設（大深度立坑の掘削）に対して RM 手法を適用した結果、①坑道施工に内在するリスクが明らかとなった。②期待値を用いて内在するリスクを定量的に示すことができた。③リスクの定量化により、様々なリスクの大小、低減策による効果等を数字で比較できるようになった。④低減効果が数値的に表されるため、意思決定（リスクの保有、転嫁、回避等）判断材料となることがわかった。さらに結果の利用方法としては、リスクを定量的に評価することで各被害事象の重要度が明確となり、重み付けを行うことで有効性の高いリスク管理のチェックリスト等の作成等が可能となると考えられる。今後は、実測値（統計データの収集）、数値解析、ヒアリングに基づいてより現実的な値を用いることによって、定量化の精度を上げ、超深地層研究所の建設・調査研究における RM 手法を確立していく予定である。

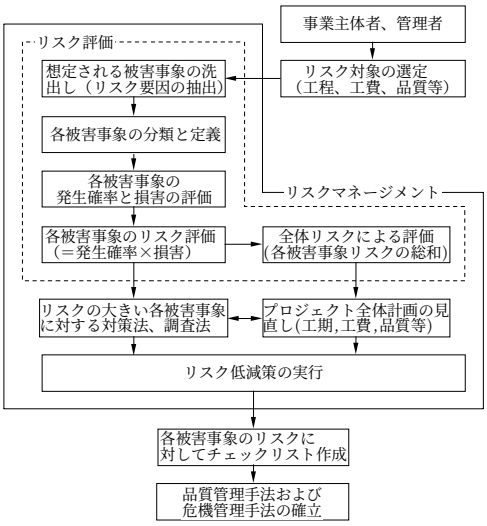

図 2　リスクマネジメントのフロー

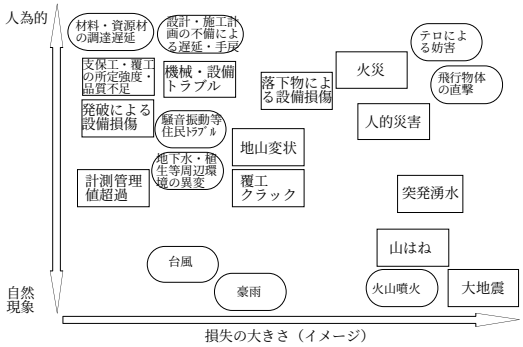

図 3　被害事象の抽出

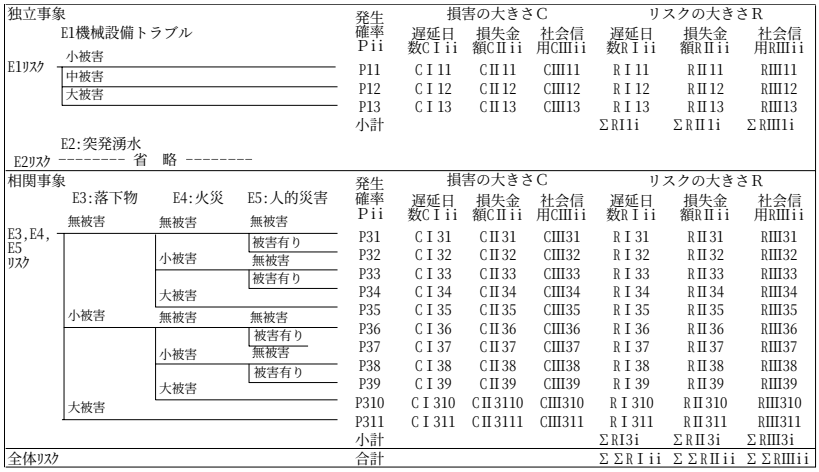

図 4　リスクのモデル化の例

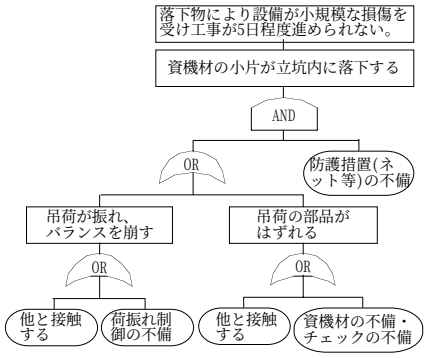

図 5　発生確率算定のモデル化

参考文献　1）地層処分技術に関する研究報告会予稿集 核燃料サイクル開発機構 平成 15 年 2 月 28 日，JNC TN1400 2002-019