

超深地層研究所計画における研究坑道掘削に対するリスクマネジメントの適用

核燃料サイクル開発機構 正会員 ○見掛信一郎 早野 明 佐藤稔紀
大成建設（株） 正会員 下野正人 田口洋輔 鈴木俊一

1. はじめに

坑道を地下深部に建設する場合、通常の建設工事にもまして様々なリスクが存在する。これらのリスクは地下深部における地質構造等の不確定性に起因するものである。地質環境に関わるリスクとして地山変状や湧水等のイベント、安全管理リスクとして機械トラブルや落下物等のイベント、品質管理リスクとして覆工コンクリートに所定の強度が得られないイベント等が挙げられる。地下 1000m に及ぶ立坑と深度 500m 及び 1,000m に展開される水平坑道を掘削する超深地層研究所計画を対象としたリスクマネジメントでは、著者らは具体的なリスク評価の方法論を示し、リスク評価結果を利用する上で、リスク評価精度を高めることが重要であることを指摘した¹⁾。本報では、リスクを算定する評価対象の詳細化や、リスクを生じる恐れのあるイベント間の相関性を考慮する等、その評価精度の向上を目的とした検討結果を報告する。

2. リスク定量評価化手法

超深地層における研究坑道施工時のリスクマネジメントの手順を図1に示す。

(1) 評価対象の詳細化 突発湧水、山はね等は、発生する深度（地層）に依存してリスクの大きさが異なると考えられる。また、地下施設の施工期間が 10 年程度と長く、各施工範囲で時間的なブランクがあるため、データベースの拡充や評価手法精度の向上に伴い、再評価やモデル化の見直しを図ることができると考え、深度ごとの施工範囲に細分化して評価した。

(2) イベントの抽出 研究坑道の施工中のリスクとして、大深度立坑、水平坑道の掘削施工に関わる安全管理リスク、品質管理リスク、当該地における地質環境に関わるリスク等が生じる恐れのあるイベントを網羅的に抽出した。このうち相対的にリスクが高いと考えられる事象についてリスク評価した。

(3)リスク評価指標の選定 リスクを定量化する評価指標は、次の ～ の3種類を設定し、評価するものとした。

：カテゴリー 工程遅延日数、
：カテゴリー 工事金額の損失→発注者の立場からの金額
：カテゴリー 社会的信用の損失→不祥事の発生による社会的な評価の失墜を定量化するもの²⁾

(4) イベント間の相関性 坑道掘削の専門家へのアンケートをもとに、各イベント間の相関の程度を評価しグループ化した。グループ化した結果を図2に示す。

(5) **各イベントの発生確率と損失評価** 被害事象の発生確率は、イベント別に評価・算定した。評価には以
キーワード リスクマネジメント、超深地層研究所、大深度立坑、イベントツリー解析

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 TEL：0572-66-2244

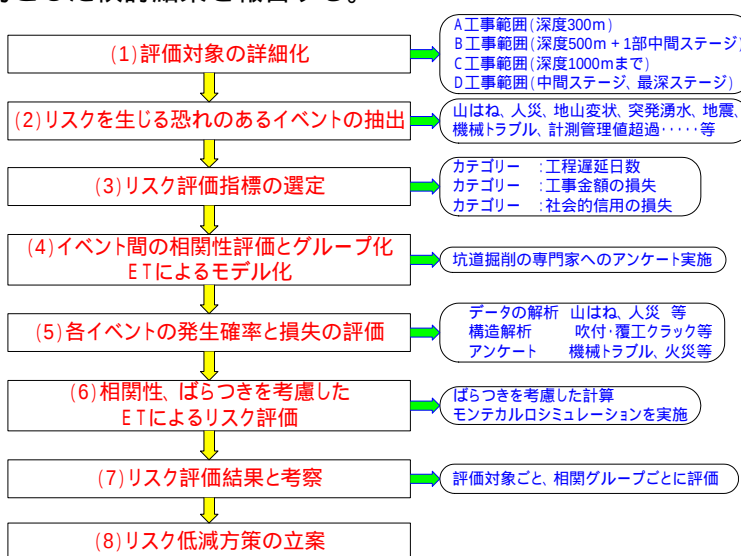


図1 リスクマネジメントの手順

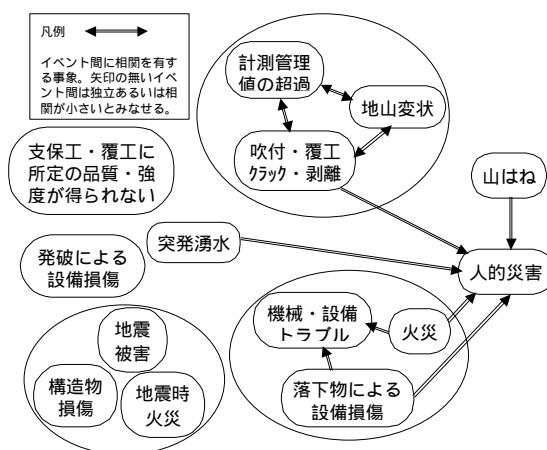


図2 イベント間の相関関係（イメージ図）

下のような手法を用いた。統計データ、既往の記録・文献を用いて、被害の発生確率を算定する方法（山はね、人的災害）、リスクが発生するメカニズムを解明し、モデル化・解析を行って被害発生確率を推定する方法（計測管理値超過、覆工クラック等）FTA（フォールトツリー解析）など被害発生確率を評価するための手法（機械・設備トラブル、落下物による設備損傷）、関係者、専門家へのヒアリング、アンケートによる方法（発破による設備損傷、火災、覆工・吹付の所定の品質、強度不足等）。なお、損失評価では、被害分類の定義にもとづき、被害の大きさやその対応策をカテゴリー～カテゴリーの損失量として設定した。

（6）ばらつき、相関性を考慮したETA（イベントツリー解析）評価 図3に示すように、ばらつきについては、ETの分岐確率を確率分布として評価し、モンテカルロシミュレーションによってカテゴリー～のリスク指標を算定した。なお、相関のある被害事象の場合は、先行イベントの被害の大きさに応じて、後方イベントの発生確率が変化するようにモデル化して評価した。

（7）リスク評価結果 評価の一例を図4に示す。

損失日数の累積確率0.5のリスクは、約35日/年、最悪のシナリオケースとして想定した累積確率0.9のリスクでは、約年60日/年と算定された。坑道掘削では、落下物+機械トラブル+火災+人的災害と災害発生過程をモデル化した評価結果（累積確率0.5）は、約

19日/年と大きいことがわかった。リスクを定量的に評価し、リスクの大小を比較することで、対策の方向性（事前対策、リスクの保有-事後対策、リスクの転嫁-保険）を明確にすることができる。

（8）リスク低減対策の立案 上記のリスク定量評価化手法を用いることで、リスク評価結果に基づき対策を立案し、その効果についても定量的に評価することが可能となった。ETAによる評価やFTAによる評価で、対策後の各ETの分岐確率や各FTの最下位事象の確率を低減する効果を設定して検討した結果の一例を図4に示す。

3.まとめ

超深地層における坑道掘削リスクの定量化を行い、そのようなリスクがその程度発生するのかを定量的に示した。定量的評価には、統計データ、解析的アプローチ、有識者へのアンケートを取り込んだ上、そのばらつき等も考慮し、リスクの程度を総合的に判断できる情報としてアウトプットすることを試みた。今後、データベースの充実やフィードバック、さらなる評価精度手法の向上を進める必要であるが、本手法は、今後の各種建設工事のリスクマネジメントに有用であると考えられる。

参考文献 1)見掛、佐藤、田口、亀村、下野；超深地層における研究坑道建設プロジェクトのリスクマネジメント、JCOSSAR.2003
2)田口、亀村；リスクを定量化する際の社会的信用損失を評価する指標について、土木学会第58回年次学術講演会、2003.9

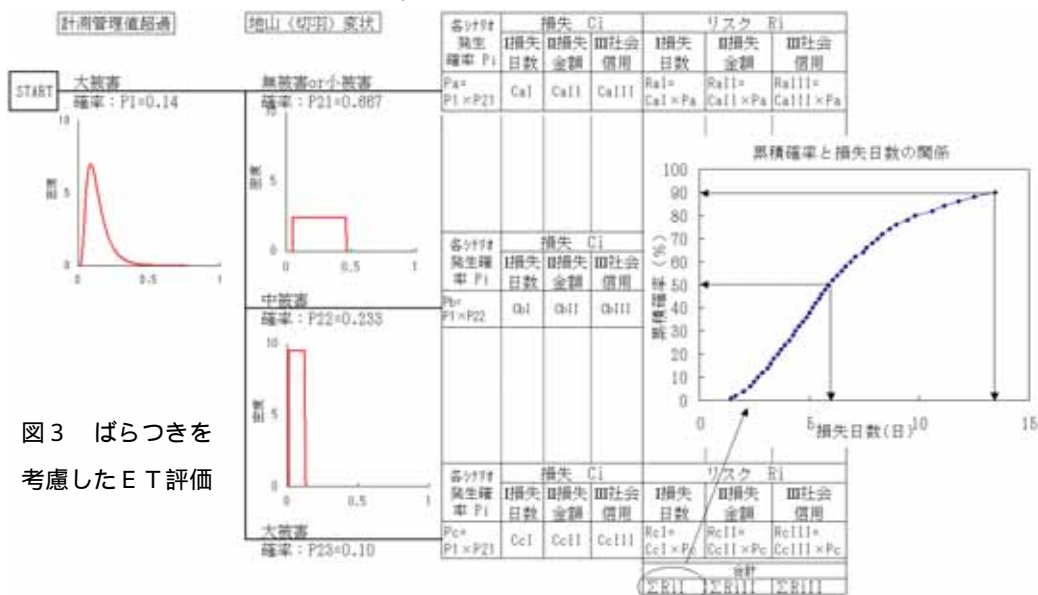


図3 ばらつきを考慮したETA評価

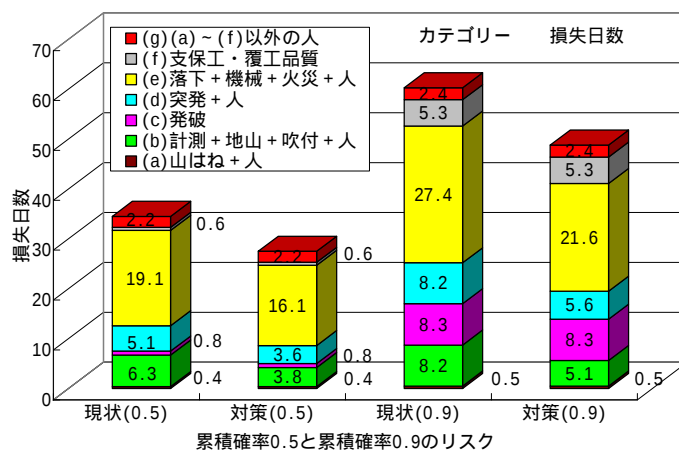


図4 リスク算定結果と対策効果結果の一例（A工事範囲）