

## 北欧の廃棄物埋施設における緩衝材を事例とした性能設計の考え方

原子力規制庁 東原 知広  
 原子力規制庁 正会員 ○河原木千恵  
 原子力規制庁 入江 正明  
 神戸大学大学院 正会員 飯塚 敦

### 1. 目的

放射性廃棄物埋施設の安全確保のためには、従来から行われている材料特性に基づく線量による評価のみでは不十分であり、埋施設や施設を構成する各部材の性能を評価することが重要である。そのためには、まず施設が有すべき機能とそれを満たすための性能を体系的に明確化することが重要であり、性能規定型設計の考え方は有効な手法であると考えられる。ここでは、北欧における緩衝材の設計事例を基に、施設の性能等の体系的な明確化の有効性を検討する。

### 2. 北欧における性能設計の考え方

スウェーデン及びフィンランドにおける埋施設の設計は、性能設計により行われている。北欧5カ国では、共通の設計思想を共有するために1978年にNORDIC 構造基準<sup>1)</sup>を制定し、性能設計の考えに基づいて構造物を設計することを基本として今日に至っている。一方、我が国においては1995年のWTO 政府調達協定やTBT 協定などを背景に、ISO2394 規格<sup>2)</sup>などの国際規格と国内規格の整合性・調和性が求められ、国際標準設計に対応した設計法の

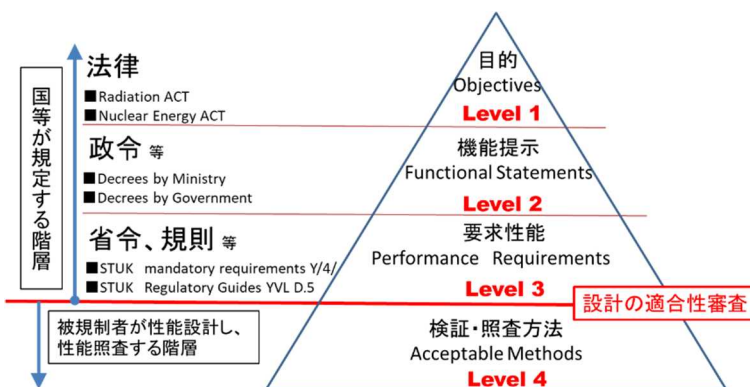


図-1 フィンランドにおける性能規定に係る法体系

整備が進められた結果、一般的な社会基盤分野では「土木・建築にかかる設計の基本<sup>3)</sup>」及び包括設計コード等の個別基準類を策定し、法体系の階層構造の下で対応する形に至っている。しかしながら、放射性廃棄物埋設の分野においては、このような性能設計の考えに基づいた設計が進められているとは必ずしも言い難い。ここでは、施設の性能等の体系的な明確化の有効性を検討する観点から、北欧における性能設計の考え方に基づく高レベル放射性廃棄物の埋施設の設計と安全確保の考え方について調査した。

性能設計では、対象とする構造物の目的、目的を達成するために必要な機能、機能を満たすための性能、その性能を確認するための性能指標を階層的に整理し、具体的な設計の性能を評価するための性能照査手法が整備される。フィンランドを例にとると、図-1に示すように規制当局が機能や性能を規定し、それに基づいて被規制者が性能設計と照査を行う「性能規定型設計」を取り入れている。フィンランドの規制当局であるSTUKは、原子力法<sup>4)</sup>に基づいてSTUK 規則<sup>5)</sup>を制定し埋施設に要求する機能を整理した。その下位に当たるガイド<sup>6)</sup>ではこれら機能を達成するために要求される性能を規定している。これに対してフィンランドの被規制者であるPosiva社は高レベル放射性廃棄物の埋施設に係る閉鎖後の安全確保のために満たさなければならない機能から設計要件に至るまでを具体化した<sup>7)</sup>。当該報告書は、スウェーデンのSKB社とPosiva社が共同で取りまとめたものである。両国では、KBS-3と呼ばれる使用済燃料を地層処分する概念に基づいて埋施設を設計している。このため当該報告書では、SKB社及びPosiva社がそれぞれにKBS-3 処分場が備えるべきと考

キーワード 廃棄物埋設、性能規定、性能設計、緩衝材

連絡先 〒106-8450 東京都港区六本木1-9-9 六本木ファーストビル 原子力規制庁長官官房技術基盤グループ  
 放射線・廃棄物研究部門 TEL 03-5114-2225

える安全機能、性能目標及び技術的設計要件を緩衝材やキャニスタ等の各部材について階層的に整理している。

このように両国では性能設計の考え方に基づいて施設の安全確保に必要な事項を体系的に明確化している。

### 3. 緩衝材の性能設計の考え方

上記を踏まえ、北欧における放射性廃棄物埋設施設の性能設計について、SKB 社及び Posiva 社の報告書<sup>7)</sup>における緩衝材を例に紹介する。当該報告書においては、KBS-3 処分場が備えるべき機能として(1)放射性核種を閉じ込める、(2)放射性核種を保持し環境への分散を遅延する、(3)処分場を地表環境から隔離する、の3つが挙げられている。このうち、(3)は施設の位置によるが、(1)及び(2)は緩衝材をはじめとする人工バリア等によって担保されるべき機能である。

(1)放射性核種を閉じ込める機能は、主に使用済燃料を封入するキャニスタが担保する。緩衝材はこのキャニスタを保護するための性能が要求され、i)機械的荷重からのキャニスタの保護、ii)微生物活動の制限、iii)移流による物質移行の制限、が挙げられる。i)については、周辺岩盤から生じるせん断荷重や土圧等の荷重からキャニスタを保護するための性能であり ii)はキャニスタの腐食を加速させる化学種を生成する微生物の活動を抑制するための性能である。iii)は地下水に含まれる腐食物質からキャニスタを保護するために必要とされる性能である。一方、(2)放射性核種を保持し環境への分散を遅延する機能は、前述のiii)移流による物質移行の制限に加えて、iv)コロイドの濾過によって担保する。iii)はキャニスタによる放射性核種の閉じ込め機能が喪失した後に放射性核種の移行を抑制する性能であり、iv)はコロイドに吸着した放射性核種の移行を抑制する性能である。

さらに、緩衝材による上記(1)及び(2)の機能を維持するための性能として、v)耐変質、vi)十分な物質量の保持、vii)キャニスタの正しい位置の保持が挙げられている。v)及びvi)は長期にわたって緩衝材の構成材料であるベントナイトが健全な状態を維持し変質や流出等によって必要なベントナイト量を喪失させないための性能であり、vii)はキャニスタが緩衝材によって覆われた状態を維持し緩衝材による核種の閉じ込めや核種の環境への分散の遅延する機能を担保する性能である。

当該報告書においては、i)から vii)までの各性能を示す指標とその目標値を根拠とともに整理することによって、処分場が閉鎖後の安全性に関して満さなければいけない緩衝材の技術設計要件を取りまとめている。

### 4. まとめ

我が国における放射性廃棄物埋設に当たっては、今後、具体的な設計とその設計による性能を評価する手法、いわゆる性能照査手法が整備される必要がある。性能照査は、材料特性だけでなく施設や部材としての性能が評価されなければならない。今回紹介した北欧における緩衝材の性能設計の考え方は、いわゆる性能規定型設計の手法であり、我が国における廃棄物埋設施設の設計に必要な機能や性能、その指標を体系的に整理する上で参考にできると考える。これはセーフティケースの一部として位置付けることができるものである。廃棄物埋設施設の安全確保に必要な性能を網羅することが可能であり、評価すべき性能や性能照査手法の対象を過不足無く明確化することに資するものとする。

### REFERENCES

- 1) NKB: Structure for Building Regulations, NKB report No 34, 1978.
- 2) ISO: General principles on reliability for structures, ISO2394:1998, 1998.
- 3) 国土交通省：土木・建築にかかる設計の基本，2002.
- 4) STUK: Nuclear Energy Act (990/1987), 1987.
- 5) STUK: Radiation and Nuclear Safety Authority Regulation on the Safety of Disposal of Nuclear Waste (Y/4/2018), 2018
- 6) STUK: Disposal of Nuclear Waste, GUIDE YVL D.5, 2018.
- 7) Posiva and SKB: Safety Functions, Performance Targets and Technical Design Requirements for a KBS-3V Repository, Posiva SKB Report 01, 2017.