

日本語翻訳版

IAEA 安全基準

人と環境を防護するために

放射性廃棄物処分施設の モニタリングとサーベイランス

個別安全指針

No. SSG-31

国際原子力機関

2023年3月

原子力規制庁 翻訳

本翻訳版発行に当たっての注記事項

A：本翻訳版は非売品である。

B：本翻訳版は、[対象の IAEA 出版物の表題]（©記号付き）、[対象 IAEA 出版物の発行年] の日本語訳である。

本翻訳版は、原子力規制庁により作成されたものである。本翻訳版に係る IAEA 出版物の正式版は、国際原子力機関（IAEA）又はその正規代理人により配布された英語版である。IAEA は、本翻訳版に係る正確性、品質、信頼性又は仕上がりに関して何らの保証もせず、責任を持つものではない。また、本翻訳版の利用により生じるいかなる損失又は損害に対して、これらが当該利用から直接的又は間接的・結果的に生じたものかを問わず、何らの責任を負うものではない。

C：著作権に関する注意：本翻訳版に含まれる情報の複製又は翻訳の許可に関しては、オーストリア国ウィーン市 1400 ウィーン国際センター（私書箱 100）を所在地とする IAEA に書面により連絡を要する。

D：本翻訳版は、業務上の必要性に基づき、原子力規制庁が IAEA との合意に基づき発行するものであり、唯一の翻訳版である。

E：原子力規制庁は、本翻訳版の正確性を期するものではあるが、本翻訳版に誤記等があった場合には、正誤表と合わせて改訂版を公開する。また、文法的な厳密さを追求することで難解な訳文となるものは、分かりやすさを優先し、本来の意味を損なうことのない範囲での意識を行っている箇所もある。

なお、本翻訳版の利用により生じるいかなる損失又は損害に対して、これらが当該利用から直接的又は間接的・結果的に生じたものかを問わず、原子力規制庁は何らの責任を負うものではない。

序文

天野之弥事務局長

IAEA 憲章は、「健康を防護するとともに生命及び財産に対する危険を最小化するための安全基準を...確立もしくは採択する」権限を IAEA に授与しており、これらの基準を IAEA は自らの活動において用いなければならない、各国は原子力及び放射線の安全に関する自国の規制上の規定によって適用することができる。IAEA はこれを、国連の所管機関及び関係専門機関との協議の上で行っている。定期的なレビューを受ける一連の包括的な高品質基準は、安定的で持続可能なグローバルな安全体制の重要な要素であり、それらの基準の適用における IAEA の支援もまた然りである。

IAEA は、その安全基準プログラムを 1958 年に開始した。品質、合目的性、そして継続的な改善に重点が置かれたことは、IAEA 基準が世界中で広く用いられることにつながっている。安全基準シリーズには現在、高いレベルの防護及び安全を構成する際の土台となる国際的なコンセンサスを表す一つに統合された基本安全原則が含まれている。安全基準委員会の強力な支援を受けて、IAEA はその基準の世界的な受け入れ及び利用を促進することに取り組んでいる。

基準は、それらが実際に適切に適用される場合にのみ効力を有する。IAEA の安全サービスは、設計、立地及び工学上の安全、運転（操業）上の安全、放射線安全、放射性物質の安全輸送及び放射性廃棄物の安全管理並びに政府組織、規制上の事項、そして組織における安全文化を包含している。これらの安全サービスは、基準の適用において加盟国を支援するとともに、貴重な経験及び見識が共有されることを可能にするものである。

安全規制は国の責任であり、多くの国は自国の規制において用いるために IAEA 基準を採用することを決定している。さまざまな国際安全条約の締約国にとって、IAEA 基準は、それらの条約に基づく義務の有効な履行を確保する、整合性があり信頼できる手段を提供するものである。これらの基準はまた、原子力発電並びに医療、産業、農業及び研究における原子力利用の安全を強化するために、世界中の規制機関及び事業者によって適用されている。

現在も将来も—安全はそれ自体が目的なのではなく、すべての国における人と環境の防護という目的のための必要条件である。電離放射線と関わるリスクは、公平で持続可能な発展に対する原子力の寄与を過度に制限することなしに評価し管理しなければならない。政府、規制機関及び事業者はどの国であっても、核物質及び放射線源が有益に、安全に、そして倫理的に利用されることを確保しなければならない。IAEA 安全基準はこれを促進することが意図されたものであり、私はすべての加盟国がこれらの基準を利用することを奨励する。

IAEA 安全基準

背景

放射能は自然現象であり、自然放射線源は環境の特性である。放射線及び放射性物質には、発電から医療、産業及び農業における利用まで、多くの有益な用途がある。これらの利用から生じ得る作業員及び公衆並びに環境に対する放射線リスクは評価されなければならない。必要ならば管理しなければならない。

したがって、放射線の医療利用、原子力施設の運転、放射性物質の生産、輸送及び利用や放射性廃棄物の管理などの活動には安全基準を適用しなければならない。

安全を規制することは各国の責任である。しかし、放射線リスクは国境を越える場合があり、国際協力は、経験を共有することによって、また、危険性を管理する、事故を防止する、緊急事態に対応する、そしてあらゆる有害な影響を緩和する能力を高めることによって、グローバルな安全体制を促進し強化することに役立つ。

各国には注意及び配慮の義務があり、国内の、また国際的な義務を遂行することが求められる。

国際安全基準は、環境の防護に関するものなど、国際法の一般原則に基づくその義務の遂行において各国に支援を提供するものである。国際安全基準はまた、安全に対する信頼を促進し保証するとともに、国際商業や貿易も容易にする。

グローバルな原子力安全体制は実施されており、常に改善されている。拘束力のある国際的な協定及び国内安全基盤の実施を支える IAEA 安全基準は、このグローバル体制の基礎である。IAEA 安全基準は、これらの国際条約に基づく遂行を締約国が評価するための有用な手段となる。

IAEA 安全基準

IAEA 安全基準の位置づけは IAEA 憲章に由来しており、同憲章は、国連の所管機関及び関係専門機関と協議並びに適切な場合には協力して、健康を防護するとともに生命及び財産に対する危険を最小化するための安全基準を策定又は採用し、それらの適用を規定する権限を IAEA に付与している。

電離放射線の有害な影響からの人と環境の防護を保証するために、IAEA 安全基準は、人の放射線被ばく及び放射性物質の環境への放出を管理し、原子炉炉心、核連鎖反応、放

放射性線源又は他のあらゆる放射線源に対する管理の喪失につながるかもしれない事象の可能性を限定し、そのような事象が仮に起こった場合にはその影響を緩和するための基本的な安全原則、要件及び措置を定めている。これらの基準は、原子力施設、放射線及び放射性線源の利用、放射性物質の輸送や放射性廃棄物の管理など、放射線リスクを生じさせる施設と活動に適用されている。

安全対策とセキュリティ対策¹はともに、人の生命及び健康並びに環境の防護を目的としている。安全対策及びセキュリティ対策は、セキュリティ対策が安全を損なうこと、及び安全対策がセキュリティを損なうことのないように統合的に計画し実施しなければならない。

IAEA 安全基準は、人と環境を電離放射線の有害な影響から防護するうえで高い安全レベルを形成するものに関する国際的なコンセンサスを反映している。これらの基準は、3つのカテゴリーを有する IAEA 安全基準シリーズとして発行されている（図 1 を参照）。

安全原則

安全原則は、基本的な安全目的及び防護と安全の原則を示したものであり、安全要件の基礎となっている。

安全要件

統合されたかつ一貫した一連の安全要件は、現在と将来の両方において人と環境の防護を保証するために満たされなければならない要件を定めたものである。これらの要件は、安全原則の目的及び原則によって決定されている。要件が満たされていない場合、要求される安全水準を達成又は回復するための措置を講じなければならない。これらの要件の形式及び文体は、国内の規制枠組みを調和された方法で確立するために要件を利用することを容易にしている。安全要件は、満たされるべき付随条件の記述とともに「しなければならない (shall)」文を用いている。特定の当事者に向けられていない要件は多くあり、これは、適切な当事者がそれらの要件を充足する責任を負うことを含意する。

¹ IAEA 核セキュリティシリーズとして発行されている刊行物も参照のこと。

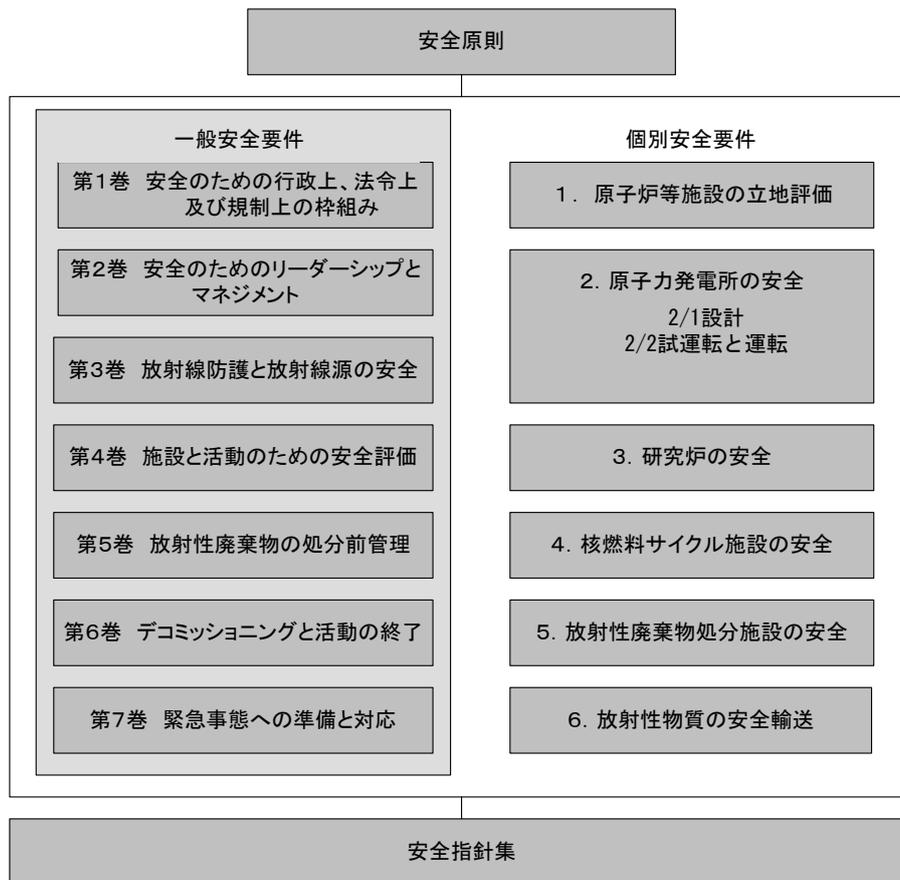


図1 IAEA 安全基準シリーズの長期構造

安全指針

安全指針は、安全要件に従う方法に関する勧告及びガイダンスを提供するものであり、勧告された措置（又は同等の代替措置）を講じることが必要であるという国際的なコンセンサスを示している。安全指針は国際的な良好事例を示したものであるが、高い安全レベルの達成に取り組むユーザーを助けるために最善事例をますます反映するようになっている。安全指針に示される勧告は、「すべきである（should）」文として表現されている。

IAEA 安全基準の適用

IAEA 加盟国における安全基準の主たるユーザーは、規制機関及び他の関連する国の当局である。IAEA 安全基準は、共同策定機関によって、また、原子力施設を設計し、建設

し運転する多くの組織並びに放射線及び放射性線源の利用に関わる組織によっても利用されている。

IAEA 安全基準は、関連性に応じて、平和目的のために利用されるすべての施設及び活動—既存のものと新規のもの—の供用期間全体を通して、また、存在する放射線リスクを低減するための防護措置に対して適用可能である。これらの基準は、施設及び活動に関する国内規制のための参考文献として各国によって利用されうる。

IAEA 憲章によって、安全基準は、IAEA 自身の活動に関して IAEA を、また、IAEA によって支援される活動に関して各国を拘束するものとなっている。

IAEA 安全基準は、IAEA の安全レビューサービスの基礎にもなっており、また、教育カリキュラム及び訓練コースの開発など、能力構築を支援するために IAEA によって利用されている。

国際条約には IAEA 安全基準に含まれるものと同様の要件が含まれており、条約によってこれらの要件は締約国を拘束するものとなっている。国際条約、業界基準及び詳細な国内要件によって補完された IAEA 安全基準は、人と環境を防護するための一貫した基礎を確立するものである。安全には、国レベルで評価することが必要な特別な側面もいくつかあることになる。たとえば、IAEA 安全基準の多く、特に計画又は設計における安全の側面を扱ったものは、主として新規の施設及び活動に適用することが意図されている。IAEA 安全基準に定められているこれらの要件は、以前の基準にしたがって建設された一部の既存施設においては完全には満たされないかもしれない。そのような施設に IAEA 安全基準をどのように適用すべきかは、それぞれの国の決定に委ねられる。

IAEA 安全基準の根底にある科学的な考察は、安全に関する決定のための客観的な基礎となる；しかし、意思決定者は、情報に基づく判断も行わなければならない、ある措置又は活動の便益とそれに伴う放射線リスク及びそれが生じさせる他のあらゆる有害な影響の最適なバランスを取る方法を決定しなければならない。

IAEA 安全基準の策定プロセス

安全基準の作成及びレビューには、IAEA 事務局及び4つの分野ごとの安全基準委員会 (SSC) すなわち、原子力安全 (NUSSC)、放射線安全 (RASSC)、放射性廃棄物安全 (WASSC) 並びに放射性物質安全輸送 (TRANSSC) の各分野に関する安全基準委員会、そして IAEA 安全基準プログラムを監督する安全基準委員会 (CSS) が関与している (図2を参照のこと)。

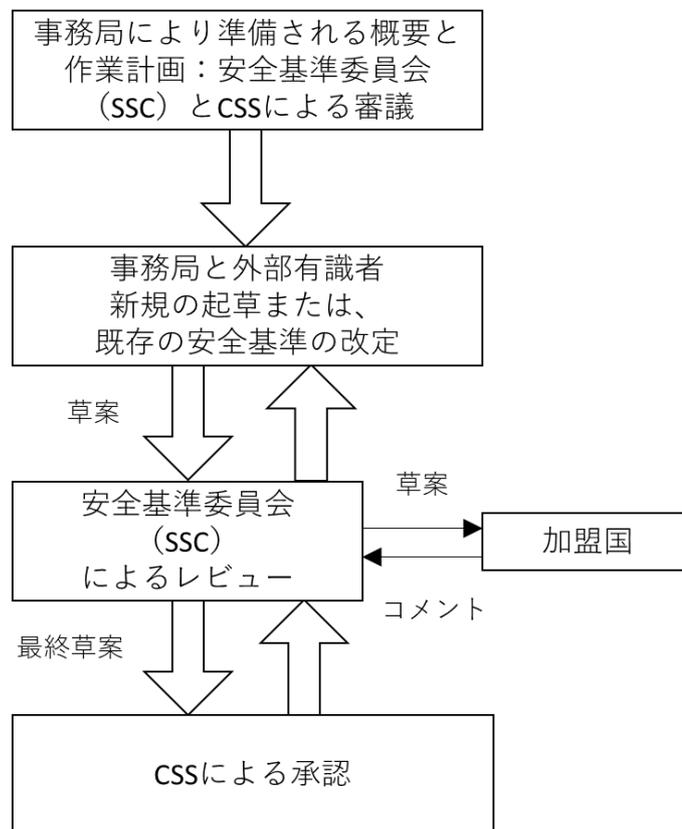


図2 新規の安全基準の策定又は既存の基準の改定のためのプロセス

全ての IAEA 加盟国は、安全基準委員会（SSC）のために専門家を推薦することができ、ドラフト基準に対するコメントを提示することができる。安全基準委員会（CSS）の構成員は、事務局長により任命され、国内基準の規定に責任を有する政府高官を含む。

IAEA 安全基準の計画立案、策定、レビュー、改訂及び確立プロセスのために、マネジメントシステムが構築されている。これは、IAEA の義務、安全基準、政策及び戦略の将来的な適用の展望、そして対応する職務及び責任を表現したものである。

他の国際機関との相互作用

原子放射線の影響に関する国連科学委員会（UNSCEAR）の所見及び国際的な専門家の団体、特に国際放射線防護委員会（ICRP）の勧告は、IAEA 安全基準の策定において考慮

されている。いくつかの安全基準は、国連食糧農業機関、国連環境計画、国際労働機関、OECD 原子力機関、汎米保健機構や世界保健機関など、国連組織内の他の機関もしくはその他の専門機関と協力して策定されている。

文章の解釈

安全関連用語は、IAEA 安全用語集に示された定義に沿って理解されることになる (<http://www-ns.iaea.org/standards/safety-glossary.htm> を参照)。そこに示されていない語句は、コンサイス・オックスフォード辞書の最新版の中で割り当てられている綴り及び意味で用いられる。安全指針の場合、英語版の文章が正式版である。

IAEA 安全基準シリーズにおける各基準の背景及び前後関係並びにその目的、範囲及び構成は、各出版物の第 1 章「はじめに」のなかで説明されている。

本文中には適切な場所がない資料（たとえば、本文の補足である又は本文から独立している、本文における記述を裏づけるために含まれている、もしくは計算の方法、手順又は制限及び条件を説明する資料）は、付録又は添付資料の中に示される場合がある。

付録が含まれている場合、これは安全基準の一部として不可欠な部分を形成するとみなされる。付録に含まれている資料の位置づけは本文と同じであり、IAEA がその著者となる。添付資料及び本文の脚注が含まれている場合、これは実例もしくは追加の情報又は説明を示すために用いられている。添付資料及び脚注は、本文の一部として不可欠な部分ではない。IAEA によって出版された添付資料は、必ずしも IAEA の著作物として発行されているわけではない；他の著者による資料が安全基準の添付資料の中に示される場合もある。添付資料の中に示されている外部の資料は、一般に有用なものとなるように必要に応じて抜粋され改作されている。

目次

1. はじめに	1
背景	1
目的	4
範囲	4
構成	6
2. モニタリングとサーベイランスの概要	7
処分施設のモニタリングとサーベイランスの一般目的	8
3. 事業者と規制機関の責任	10
事業者の責任	10
規制機関の責任	11
4. モニタリングプログラムの設計	13
5. 異なる種類の処分施設のためのモニタリング	21
浅地中処分施設	21
地層処分施設	21
採鉱及び鉱物処理からの廃棄物のための処分施設	22
6. 施設の存続期間における様々な期間でのモニタリング	23
操業前期間のモニタリング	23
操業期間中のモニタリング	26
閉鎖後期間のモニタリング	28
緊急時対応のためのモニタリング	28
7. サーベイランスプログラムの策定と実施	29

処分施設の供用期間を通したサーベイランス	30
処分施設の種類によるサーベイランス	31
検査の種類と頻度	31
定常的な検査	32
特別な目的のための検査	33
8. モニタリングとサーベイランスからの情報の利用.....	33
主たる目的の分析と対応	34
予想される結果からの逸脱	36
モニタリングとサーベイランスの計画の定期レビュー	37
9. マネジメントシステム.....	38
参考文献	41
添付資料 I 地層処分計画のために収集されるモニタリングとサーベイランス情報の例.....	43
添付資料 II 浅地中処分計画のためのモニタリングとサーベイランス計画の例	60

1. はじめに

背景

1.1. 放射性廃棄物は、原子力発電所における発電、核燃料サイクル施設の操業並びにウラン及びトリウム鉱石の採鉱や処理などの核燃料サイクルにおけるその他の活動から生じる。放射性廃棄物はまた、産業、医療、農業、教育及び研究開発の幅広い活動からも生じる。それはまた、自然起源の放射性物質が廃棄物中に濃縮され、その管理において安全性が考慮される必要がある活動及びプロセスからも生じる。

1.2. モニタリングとサーベイランスの計画は、許認可を受けた放射性廃棄物処分施設がその特定された性能と安全要件を満たすことを検証する際に重要な要素である。あらゆる放射性廃棄物管理活動において適用すべき安全原則は、IAEA の基本安全原則[1]に定められている。放射性廃棄物の処分に関する安全要件の出版物[2]は、参考文献[3]で示された放射性廃棄物の分類に対応した処分オプションについて述べている。

1.3. IAEA は放射性廃棄物の地層処分施設と浅地中処分施設についての安全指針[4,5]を策定しており、また採鉱、鉱物処理及び自然起源の放射性物質（NORM）に関連する他の活動からの放射性残渣の管理についての安全指針を準備中である。本安全指針は、放射性廃棄物処分施設のモニタリングとサーベイランスの分野においてこれらの安全基準を支援するものである。

1.4. モニタリングとサーベイランスの計画は、放射性廃棄物処分施設がその操業期間と閉鎖後期間に要求される安全レベルで機能を果たしていることを保証する上で、重要な要素である。廃棄物とそれに対応した処分施設の種類は、実施されるモニタリングのアプローチに影響するであろう。比較的短寿命の放射性核種を含んだ廃棄物のための浅地中処分施設の場合は、安全目標が満たされているかどうかを決定するために直接的な管理を適用することが可能である。長寿命放射性核種を含んだ廃棄物を処分する地層処分の場合は、閉鎖後の直接的な管理は実行不可能である。この場合は、安全・防護のための目標への到達については、入手可能なデータや既存の知見に基づく予測から導き出すことができるだけである。

1.5. 放射性廃棄物処分施設の存続期間のそれぞれの期間において、様々な異なった種類のモニタリング活動が必要である。本安全指針では、固有の埋め立て処分施設、浅地中処分施設、地層処分施設及びトリウムとウラン採鉱からの廃棄物の処分施設における、操業前、操業、閉鎖及び閉鎖後段階におけるモニタリングとサーベイランスを扱う。参考文献 [2]で述べられている操業前、操業及び閉鎖後の期間については、以下のように更に記述することが可能である。

- 一 操業前期間は、概念定義として、サイト評価（選定、検証及び確認）、安全評価及び設計研究を含む。採鉱からの廃棄物の場合、操業前期間は、採鉱施設、鉱滓管理施設、捨石の山積み及び汚染サイトの浄化による廃棄物の環境修復のための準備に対応する（採鉱廃棄物に関する修復は、採鉱廃棄物の処分として見なすことができる）。修復前活動は、鉱山の周辺にあるサイトの環境影響評価¹や、修復活動の選択や設計、サイトでの修復活動の影響モニタリング及び修復サイト外での環境のベースライン条件の変化についての全てのモニタリングを構成する環境モニタリング計画の実施を含む。操業前期間はまた、処分施設の建設と初期操業の許認可の申請を支援するために必要な計画と手順の開発を含む。ベースライン条件を定めるために必要なモニタリング及び試験の計画は、この期間に整備されるべきである。
- 一 操業期間は、廃棄物を最初に施設で受け取った時点から始まる。この時点から、放射線被ばくが廃棄物管理活動の結果として生じるかもしれず、これらは防護と安全のための要件に従う管理の対象となる。操業期間に対する安全評価とセーフティケースは、国内及び他の国々、サイト内とその他の施設の双方で得られた、実際の経験と蓄積された知識を反映するよう必要に応じて更新される。操業期間中、廃棄物定置や施設の他の部分の閉鎖又は廃止措置が行われると同時に、建設活動が行われる場合がある。この期間には、必要である場合には閉鎖、廃棄物定置完了後の活動及び施設の埋め戻しと密封を含む最終閉鎖が行われる前に、廃棄物の回収が行われるかもしれない。廃棄物インベントリの記録は、操業期間を通して保存されるべきである。

¹ 「環境影響評価」という用語は、ここでは広義で用いられている。いくつかの国々でこの用語は、全ての関連する機関からの計画への容認を求めることを目的とした、計画による全ての潜在的影響を含む特定のプロセスを意味しており、多くの場合公衆の参加を伴うものである。

- 一 多くの理由が、処分施設を閉鎖する決定の原因となり得る：例えば、処分施設の容量に達した場合、処分のための他の解決法が発見されている場合、又は施設を閉鎖するための政治的決定が下されている場合。処分施設の閉鎖の決定を行うことは、決定の背景の論拠に関係なく、修復の場合を除き、浅地中処分施設に対して能動的制度的管理期間を始める決定を行うこと、また他の処分施設に対しては閉鎖後期間を始める決定を行うことでもある。このような決定は、処分施設に特有であり、浅地中処分施設に対して重要度の高いものとなる。能動的制度的管理期間の開始は、廃棄物の定置の完了、すなわち処分施設の閉鎖と密閉、に続く更なる活動の決定につながる。この時点で、この能動的制度的管理期間の継続期間が、潜在的な人間侵入によりもたらされるリスクに対する「デミニミス (de minimis)」アプローチに従って決定されるべきである。
- 一 閉鎖後期間は、全ての工学的な閉じ込めと隔離の特質が整備され、操業施設 (operational building) と支援設備 (supporting service) が廃止措置され、施設が最終形態になった時点で始まる。閉鎖後、処分施設の安全は、サイト及び施設並びに廃棄物パッケージの特性に固有の受動的な特質によりもたらされる。モニタリングとサーベイランスの計画は、処分システムが期待されたように機能していることを確認することを目的として実施される。また、モニタリングは、処分プロセスの信頼を高めるため、及びその受入のために実施されることもある。特に、浅地中処分施設の場合、制度的管理は施設への人間侵入を防ぐために実施される。国の法規によるが、全ての必要な技術的、法的及び資金上の要件が満たされ、能動的制度的管理期間後の段階になった時点において、処分施設を操業するための許認可は、終了することになる。

1.6. IAEA の一般安全要件の出版物「放射線防護と放射線源の安全」：国際基本安全基準[6]及び放射線防護の目的のための環境及び線源モニタリングに関する IAEA の安全指針[7]は、モニタリングのあらゆる一般的側面の枠組みとなるものである。特に、参考文献[6]は公衆被ばくのモニタリングに関する基本要件を定めており、[7]は操業前モニタリング、操業時モニタリング及び閉鎖後のモニタリングを扱っている。それはまた、様々な非放射性の変数をモニタリングする必要性も認めている。本安全指針は、参考文献[6]の要件を満たす際の勧告を示し、特に処分施設開発におけるモニタリングの役割に関して参考文献[7]

に示されているガイダンスを補完する。線源及び環境モニタリングに係る事項については、本安全指針は参考文献[7]を参照するものとする。

1.7. 参考文献[6]は、放射性廃棄物管理の安全に関する要件と共に、公衆の被ばくと環境へのリスクの規制管理とモニタリングに関する要件を定める。

1.8. 4つのIAEA出版物が、処分施設のモニタリングとサーベイランスを扱う。すなわち、ウラン及びトリウムの採鉱と粗製錬からの残渣のモニタリングとサーベイランスに関する安全レポートシリーズNo. 27 [8]、放射性廃棄物のための浅地中処分施設のサーベイランスとモニタリングに関する安全レポートシリーズNo. 35[9]、線源と環境放射線モニタリングのプログラムとシステムに関する安全レポートシリーズNo.64 [10]及び高レベル放射性廃棄物の地層処分場のモニタリングに関するIAEA-TECDOC 1208 [11]である。本安全指針の対象範囲は、本安全指針の策定のための資料として活用されているこれらの情報出版物よりも幅広い。

目的

1.9. 本安全指針の目的は、放射性廃棄物処分施設の供用期間全体を通じてモニタリングとサーベイランスに関するガイダンスを提供することである。この指針は、候補サイトに関する作業の開始から処分施設の閉鎖後の期間に至る処分施設の供用期間の様々な期間で、モニタリングとサーベイランスそれぞれの目的を取り扱う。

範囲

1.10. 本安全指針では、以下の 3 種類の処分施設のモニタリングとサーベイランスを考慮に入れる。

- 浅地中処分施設
- 地層処分施設
- 採鉱及び鉱物処理からの廃棄物処分施設

これら 3 種類の処分施設は、参考文献[2]において特定されるような全ての処分オプションを包含する。固有の埋め立て処分施設については、浅地中処分施設と同様の考慮を含むため、具体的には言及しない。ボアホール処分についてもまた、本安全指針で特に扱うことはない。しかしながら、ボアホール処分は、放射性廃棄物の浅地中処分あるいは地層処分と類似した多くの考察を含む。小規模ボアホール処分施設に適する可能なサーベイランスとモニタリングの計画は、参考文献[12]に記載されている。

1.11. 施設での中レベル廃棄物の処分は、参考文献[2]に記されているとおり、天然バリアと人工バリアの組み合わせを通して長期にわたって受動的安全を提供するものでなければならない。この場合のモニタリングに対する全体的なアプローチは、深地層処分で行われるモニタリングシステムと類似したものである。中レベル廃棄物（ILW）処分と深地層処分に対するモニタリングシステムの類似性は、廃棄物がかなりの深さに定置されるという事実によっており、モニタリングシステムは人工バリアと母岩の長期的な複合作用を反映することになる。

1.12. 参考文献[3]において説明されたように、「浅地中処分」という用語は一般に、地表から数十メートルあるいはそれ以内における処分のことをいう。「地層処分」という用語は一般に、地下数百メートル程度かそれ以深の、深くて安定した地層への処分のことをいう。採鉱廃棄物の処分施設は、地上の廃棄物堆積場から、旧坑の埋め戻しとして用いられることもある鉱滓スライム（微細鉱滓の水中分散物）の地層処分まで、幅広い設計に渡る。要求される処分の種類は、廃棄物の特性及び廃棄物が環境におよぼす可能性のある潜在的リスクに依存する[3]。ある特定の処分施設における処分に対する廃棄物の適合性は、施設のセーフティケース及びその裏づけとなる安全評価によって立証することが必要とされる[2]。専用のモニタリングとサーベイランスの計画は、この実証の一部である。

1.13. 本安全指針は、セーフティケースの開発と順守に必要なモニタリングとサーベイランスの活動の統合を強調する。セーフティケースには、処分計画運営上の決定の裏づけとなるものとして必要な、立地、建設、操業、閉鎖及び閉鎖後の期間に関係する情報並びに地元の関係者やより広範な公衆などの利害関係者が特に関心を寄せる情報が含まれる[2,13]。モニタリングとサーベイランスの方法論に関する技術的な詳細は本安全指針の範囲を超えるが、参考文献[8-11]はそのような情報を含み、添付資料 I 及び II は地層処分及び浅地中処分のためのモニタリング計画の例を示す。

1.14. 処分施設のモニタリングとサーベイランスに係る核セキュリティの側面については、この出版物の範囲外である。核セキュリティの側面を取り扱うガイダンスについては、IAEA 核セキュリティシリーズの出版物に見出すことができる（参考文献[14,15]及び裏付けとなるガイダンスを参照）。本安全指針での「サーベイランス」という用語は、2.7 項で説明された意味で厳密に用いられる。それゆえこの用語は、セキュリティ目的のためのサーベイランスを含んでいると理解されるべきではない。それでも、セキュリティ目的のサーベイランス計画の設計と同時に、安全対策のための処分施設のサーベイランスがまた、セキュリティ問題に適した情報も提供できることが考慮されることがある。

1.15. 本安全指針は、処分システムの性能を確認するためのモニタリング及び公衆の放射線防護と環境の防護に対するモニタリングに焦点を合わせる。

1.16. 本安全指針では、以下の目的に関して必要となるモニタリングについては特に扱わない。

- 職業上の放射線防護（線量測定などによる）。このテーマは参考文献[16]で取り上げる。
- 廃棄物の特性又は廃棄物の追跡
- 一定量以上の核物質を含むことになる施設のための国内核物質計量管理システム及び IAEA 核物質保障措置。
- 社会経済状況（人口統計学上の変化、産業の存在、商品の取引、社会秩序の変化）

本安全指針では、非放射線学的汚染物質のモニタリングについても、重要かもしれないが、勧告を示さない。しかし、処分施設の事業者は、モニタリング計画の設計に際してそのような汚染物質を考慮に入れるべきである。

構成

1.17. 第 2 章では、放射性廃棄物処分施設のモニタリングとサーベイランスの全体像を示すとともに、モニタリングとサーベイランス計画の全体的な目的について述べる。第 3 章では、モニタリングとサーベイランスに関する規制機関及び事業者の役割と責任を扱う。第 4 章ではモニタリング計画の設計を扱い、モニタリングにおける戦略的課題も考察する。第 5 章では、様々な種類の処分施設（地層処分施設、浅地中処分施設、採鉱及び鉱物処理

からの廃棄物用の施設) のモニタリングに関するガイダンスを示す。第 6 章では、処分施設開発のいくつかの段階で必要なモニタリングを扱う。第 7 章ではサーベイランス活動に固有のガイダンスを示す。最後に、第 8 章は、規制の順守とセーフティケースの開発及び改善の面に関連しての、モニタリングとサーベイランスからの情報の利用を扱い、第 9 章では、処分施設のマネジメントシステムに関連する課題について簡単に述べる。添付資料 I は、地層処分計画のために収集される、モニタリングとサーベイランスの情報の例を示す。添付資料 II は、浅地中処分施設のためのモニタリングとサーベイランス計画、特にハンガリーの放射性廃棄物管理機関 (PURAM) により操業されているプスポクスズィラギ (Püspökszilágy) の放射性廃棄物処理・処分施設について述べる。

2. モニタリングとサーベイランスの概要

2.1. モニタリングは、様々な IAEA 出版物において異なる方法で定義されてきた[6-11]。本安全指針の文脈では、「モニタリング」という用語は、廃棄物処分システムの構成要素の挙動や、廃棄物処分システムが公衆及び環境に及ぼす影響の評価を助ける、連続的又は定期的な観察及び測定のことをいう。特に、これは、放射線学的、環境及び工学的なパラメータの測定を包含する。

2.2. モニタリング計画を定めるに当たっては、公衆の懸念や期待について扱う必要性も考慮されるかもしれない。

2.3. 参考文献[2]の 5.4 項で述べられているように、“モニタリング計画は、閉鎖後における施設の安全の全体レベルを低下させないように設計されなければならない、実施されなければならない”。

2.4. モニタリング計画は、等級別アプローチに従って設計されるべきである。この意味は、モニタリング計画の範囲は、処分施設に付随するリスクのレベルに釣り合うものとなるべきであるということである。

2.5. モニタリングの継続期間及び頻度は、規制要件で定められているように、プロセス及び測定されているパラメータの自然変動の時間スケールに合わせるべきであり、また処分施設の建設及び操業に伴うプロセス及びパラメータの変化に合わせるべきである。

2.6. セーフティケースは、サイト固有の測定値、地域データ、一般情報などを含む、いくつものソースから得られるデータによって裏付けられるのが普通である。一般的に、サイト固有のデータが好ましい。これらが無い場合、関係するモニタリングデータはその他のソースから得られる場合もある。

2.7. 本安全指針の文脈では、「サーベイランス」という用語は、安全バリアの健全性を検証するために行う、廃棄物処分施設の物理的検査のことをいう。

2.8. サーベイランスは、構造物、設備及び機器がセーフティケースに記載されたとおりに機能し続けているかについて、検査を通して検証するために、定期的に行われる。この意味で、サーベイランスの機能は、処分システムの性能に影響するかもしれない処分施設の工学的構造物やシステムの変化の検出を容易にすることにある。

2.9. “施設のサーベイランス計画は、必要に応じ、実行可能な形で確立され実施されるべきである。それは、施設が設計の限度と条件の範囲内で操業されることを検証するため、及び安全ではない条件をもたらさうる構造物や設備及び機器の劣化を検知するために実施される計画的活動で構成されるべきである” [17]。

2.10. 幾つかの国では、処分施設のためのモニタリングとサーベイランスの概念に区別はない。

処分施設のモニタリングとサーベイランスの一般目的

2.11. モニタリングは、施設の実際の性能や、施設の性能に影響を及ぼす可能性のあるプロセス又はパラメータについて、その変化を評価するために必要とされるものである。参考文献[4]の要件 21 は以下のように述べている。

「モニタリング計画は、処分施設の建設及び操業の前とその期間中に実施されなければならない。また、セーフティケースの一部であれば、閉鎖後にも実施されなければならない。この計画は、防護と安全の目的のために、必要な情報を収集し、更新するように設計されなければならない。情報は、施設の操業期間における作業者と公衆の構成員の安全及び環境の防護に必要な条件を確認するために、取得されなければならない。モニタリングは、施設の閉鎖後の安全に影響する可能性がある条件がないことを確認するためにも実施されなければならない。」

2.12. 更に、参考文献[4]の要件 10 は以下のように述べている。

「適切なレベルのサーベイランスと管理は、閉鎖後の安全のためのセーフティケースに指定された機能を果たせるように、必要とされる期間について、受動的な安全特質を保護して維持するために適用されなければならない。」

2.13. 放射性廃棄物処分施設のモニタリングとサーベイランスには、以下の 5 つの一般目的がある。

- (i) 規制要件と許認可条件に対する順守を実証すること。
- (ii) 処分システムが、セーフティケースに述べられているように、想定どおりに機能していることを検証すること。これは、処分システムの構成要素が、安全評価の中で特定された機能を実施していることを意味する。
- (iii) 安全を評価するためになされた重要な想定及び用いられたモデルが実際の状態と整合することを検証すること。
- (iv) 処分施設、サイト及びその周辺に関する情報のデータベースを確立すること。このデータベースは、将来、立地から建設、操業、閉鎖、閉鎖後期間に進む際の決定を支えるために利用される。更に、データベースは、モニタリングの概念及び手順の更新に関連した決定を裏付けるものとしても利用される。
- (v) 公衆へ情報を提供すること。

2.14. 一般的に、モニタリングとサーベイランスの計画は、セーフティケースにより決定されるべきで、またセーフティケースに情報を提供すべきものである。この計画の結果は、セーフティケースを強化し、それによって安全に対する信頼を構築するために利用されるべきである。

2.15. 廃棄物処分施設を開発することを決めてから施設の閉鎖に至るまでの間、許認可及び処分施設の開発の様々な段階の実施に関して、どのように、いつ行うのか、またその是非についての決定が必要となる。モニタリングとサーベイランス、またデータ分析の目的の 1 つは、そうした決定を下す際に役立つ情報を提供することにある。意思決定は、安全上の課題に加えて、社会的、政治的動機によって大きな影響を受けるものであり、そのプロセスはその国の法令上と規制上の制度の中に組み入れられることになる。意思決定の過程は、しかるべき組織上の枠組みと、それに対応する技術的及び運営管理上の措置によって支えられるべきである。

2.16. モニタリングとサーベイランスの計画は、人工バリア及び天然バリアの性能が操業活動によって低下しないことを確認するために用いられるべきである。

2.17. その技術的な目的に加えて、モニタリングとサーベイランスの計画は、公衆の信頼を高めるための適切な手段になりうる。その意味では、公衆の関心、社会の関心及び利害関係者の懸念に対する考察は、モニタリング計画を補完するための有用な情報をもたらすかもしれない。

2.18. モニタリングには、処分施設を構成する一部要素の挙動に関する情報を入手することの便益と、モニタリングによって生じる可能性のある損害との間でバランスを取ることが含まれる。人工バリアの挙動と処分施設周囲の自然環境の推移に関する多くの調査に共通した特徴の 1 つとして、この種の測定は処分システムに好ましからざる影響を及ぼす可能性がある、ということがある。廃棄物に直接接近することができる操業期間では、モニタリングの便益は、作業員の追加的な放射線被ばくや放射線以外の事故が起こる可能性との間でバランスを取ることを含む[18]。

3. 事業者と規制機関の責任

事業者の責任

3.1. 廃棄物処分施設の事業者は、3.2 項に示された活動を実施する責任を負うべきである。もし、責任主体の変更が施設の操業中あるいは閉鎖後に生じたら、新たな事業者も、モニタリングとサーベイランスの計画が国の規制要件及び政策に合致する方法で、閉鎖後の期間も含めて継続されることを確保するための措置も講じるべきである。

3.2. モニタリングとサーベイランスに関する責任について、事業者は、

- (a) 規制機関により規定された要件を満たすモニタリングとサーベイランスの計画（記録保存やアーカイブを含む）を設計すべきである。その計画は、施設の操業前、操業及び閉鎖後の期間を通して設計、改善されるべきであり、各段階に合わせて適切にカスタマイズされるべきである。

- (b) 規制機関との取り決めに従い、適切なモニタリングとサーベイランスを以下のよう
に実施すべきである。
 - (i) 建設段階の前及び建設中の段階並びに操業前期間のベースラインモニタリング。
 - (ii) 操業期間中及び閉鎖後期間における、システムの性能にかかわるあらゆる異常の
時宜を得た検出。
- (c) 想定外の又は異常なシステム挙動に対処するための危機管理計画を策定すべきであり、
またサイト外の状況に対応する機関を含めて、原子力又は放射線緊急事態の際に関
与する所管当局と共に、計画の調整に当たるべきである。
- (d) モニタリングとサーベイランスの計画の状況を定期的に規制当局に報告すべきであ
り、廃棄物処分施設が適切にモニタリング及び管理されている証拠を規制機関に提
示すべきである。想定外又は危険な事態が検出された場合には、所管の規制機関、
組織又は機関に対して、事態発生 の場所及び時間を明示して迅速にその報告を行う
べきである。
- (e) モニタリングとサーベイランスによって得られたデータの保持、保存、保全及び管理
に当たるべきである。
- (f) 操業前期間と概念的に定義付けられている間に対して、モニタリングとサーベイラ
ンスのための財政的な保証が整備されていることを確実にすべきである。

規制機関の責任

3.3. 規制機関は、処分施設のモニタリングとサーベイランスの計画の実施についての必
要な要件を定めるべきであり、3.4 項に示された活動を実施する責任を負うべきである。必
要なガイダンスは、処分プロセスのあらゆる期間についてのモニタリングとサーベイラン
スの計画が定められることを可能にするために、処分施設の事業者提供されるべきであ
る。このガイダンスは、閉鎖後期間におけるモニタリングとサーベイランスの継続期間に
ついての勧告を含めるべきである。規制の枠組みは、モニタリングとサーベイランスの計
画の実施のためのしかるべき財政的手段〔経理的基礎〕を保証する適切な仕組みが定めら
れることを確認すべきである。

3.4. モニタリングとサーベイランスに関する特定の責任について、規制機関は、

- (a) 緊急時のモニタリングに関する取り決めを含めた、モニタリングとサーベイランスの計画及び報告に関する取り決めについて施行されている、モニタリングとサーベイランスに関する規制を定期的にレビューすべきである。レビューが行われる時期は、関連分野における科学技術の進歩に起因する変更や、規制機関の要求による変更に対応できるだけの柔軟性を持つべきである。
- (b) 事業者によって提供されたモニタリングとサーベイランスのデータを、定められた要件に照らしてレビューすべきである。
- (c) 事業者によって廃棄物処分施設が適切にモニタリングされ管理されているということを検証すべきであり、これは、モニタリングとサーベイランスの独立した実施を含むことがある。規制機関のモニタリング計画は、ある程度、そしてその独立性を損なうことなしに、安全性の側面（長期安全及び操業安全の双方）や、処分プロセスの管理に関連する実際的な考慮（モニタリング計器の撤去を含む）について、事業者のモニタリング戦略と調和して一致している必要があるだろう。
- (d) 長期的なモニタリングとサーベイランスのための財政的な保証が、操業前期間に整っていることを確保すべきである。

3.5. 線源及び環境のモニタリングとサーベイランスに関連する特定の任務は、政府又は規制機関により、独立した精査に従った透明で監査が可能なプロセスを用いて他の機関に委任されてもよい。特定の任務の他の機関への委任に関する決定に際しては、規制機関は、適切な資格及び経験を有する職員、適切な分析手法及び機器、そして適切なマネジメントシステムが利用可能であるかどうかについて、しかるべき考慮をすべきである。委任されるかもしれない任務の例は、以下の通りである。

- (a) 同じ地域及び同じ住民グループにおける、複数の又は関連する施設の累積的な放射線学的影響を評価するために実施される計画のような、線源及び環境モニタリングの設計と実施。
- (b) 公衆の構成員に対する線量が、認可で定められた限度未満に維持されていることを検証するための、それらの線量の評価。
- (c) 安全及び緊急時対応に関連する任務。

3.6. たとえば以下のような、モニタリングと関連する他の領域について、他の機関が責任を負うこともある。

- (a) 事業者、政府機関又は国際機関によって提供されるデータの収集及び保持
- (b) 国レベルでの環境モニタリング
- (c) 基準の確立

規制機関は、これらの機関と適宜連携すべきである。

3.7. 事故の場合には、迅速で大規模なモニタリングのための措置が実施されるべきである。そのようなモニタリングは、必要な能力を有する指定機関が実施しても、規制機関自身が実施してもよい。要求されるモニタリングには、線源モニタリング（放出源でのモニタリング）、環境モニタリング（施設付近におけるモニタリング）及び個人モニタリング（個人被ばくのモニタリング）が含まれることがある[7]。

4. モニタリング計画の設計

4.1. 処分施設のモニタリング計画は、第2章に述べた目的を満たすように設計されるべきである。これには、公衆被ばく及び環境影響を評価するため並びに潜在的な放出経路を評価するために、線源と環境のモニタリング計画を含めるべきである。廃棄物処分施設の線源及び環境モニタリングの一般的な側面は、参考文献[7]の中で述べられている。モニタリング計画は、操業期間と閉鎖後期間の処分システムの性能評価を含むべきである。

4.2. 処分施設の性能を確認するためのモニタリング計画の策定にはセーフティケースが用いられるべきである。サイト特性調査データの品質を実証し、セーフティケース作成の際になされた前提と用いられたモデルを確認するために、処分システムの応答がモニタリングされるべきであり、その結果は安全評価でなされた予測と比較されるべきである。

4.3. モニタリング計画のデータは、事業者と意思決定者に対して処分施設の運営に関する時宜を得た情報が提供されるように、迅速に分析が行われるべきである。とりわけ、規制機関は、モニタリング結果及びそれらの解釈の要約を所定の間隔で提供を受け、安全に影響を及ぼしうる予想外の結果（例えば、環境放射線レベルの顕著な上昇を示すデータ又

は処分システムが期待された機能を果たさない可能性を示唆するデータなど) について、速やかに報告を受けるべきである。

4.4. モニタリング計画は、等級別アプローチに従って設計されるべきである。これは、モニタリング計画の範囲が処分施設に伴うリスクのレベルに釣り合うべきであることを意味する。そのため、構成要素の機能不全又は故障の結果が安全に影響する領域や、処分施設の異常な又は予想外の挙動を容易に検出することが可能な領域に対しては、特に力が注がれるべきである。

4.5. モニタリング計画は、モニタリングの費用と便益を考慮した最適化プロセスを使用して設計されるべきである。モニタリングの範囲、入念さ、継続期間は全て、直接的（モニタリング機器及びモニタリング活動の費用並びにそれに伴う作業リスクを緩和するための費用）及び間接的（そうした活動を可能にする方法で施設を保全し操業することに関する費用）な費用に影響する。モニタリングの費用を決定する際には、機能喪失あるいは廃棄物回収不能につながる可能性のある重要な情報が欠けた場合に伴う財政的リスクに対する評価が実施されるべきである。モニタリングの便益についてもまた、モニタリングによって生じる可能性のある損害との対比において考慮する必要がある。

4.6. 段階的な方法でモニタリング計画を設計する場合の重要な部分は、何について知る必要があり、その知見がどのように得られるかをはっきりさせる初期の評価である。一般に、モニタリング計画の設計には以下のものが含まれるべきである。

- － セーフティケースに重要な意味を持つ性質、プロセス、現象及び観測可能な量の選択の特定と正当化
- － モニタリング計画の範囲と目的の設定
- － モニタリング計画の独立した評価のためのプロセスの設定
- － セーフティケースとモニタリング計画の範囲及び目的にとって重要な特質、プロセス、現象及び観測可能な量並びに利用可能なモニタリング技術及びその特徴に基づき、使用方法の選択についての特定と正当化
- － 機器業者の資格と認証を検証するためのプロセスの設定
- － 計測のための場所の選択についての特定と正当化

- － どのモニタリングを縮小又は終了してもよいかということに関する規準を含む、モニタリングの継続期間と頻度の選択についての特定と正当化
- － 使用する計器（それらの正確さ、測定範囲などに基づいた）の選択についての特定と正当化
- － 対象とされる計測期間にわたるモニタリング技術の頑健性の評価
- － モニタリングの種類ごとの、結果をどのように利用し伝えるかの仕様
- － 既存の規制及びセーフティケースに用いられている前提とモデルに基づいた、対策レベルの設定
- － 対策レベルを超えた場合にどのような活動が追求されるべきかの決定を行うこと
- － モニタリング結果の管理及び報告のための仕様の設定
- － モニタリングの便益と、その費用あるいはモニタリングによって生じうる損害とのバランス（4.5項を参照のこと）。
- － モニタリング結果の受け入れられる範囲（許容範囲）の特定及びその範囲外の結果が収集された場合の明確な対策計画の設定。
- － モニタリング計器の解体手順の設定
- － モニタリングデータに関する適切な文書化と文書保管システムの設定

4.7. 以下の主要な技術要因が、モニタリング計画の設計に影響する。

- － 廃棄物インベントリ
- － 廃棄物の特性
- － 施設の種類及び構造
- － サイト特性
- － 施設の開発段階

4.8. これらの要因は、処分施設からの放射性核種とその他の汚染物質の放出が予想される放出経路、その量、及び期間に影響する。廃棄物形態、及びその他の人工バリアに関する個別の性能要件からは、操業の安全又は閉鎖後の安全に関する個別のモニタリング目的

が生じてくる可能性がある。モニタリング計画は、処分施設の建設に伴う環境の変化によって、良好だった環境の性質が損なわれていないかを評価できるようにも計画されるべきである。

4.9. 操業前期間におけるモニタリング計画の全般の目的は、廃棄物処分システムの影響の評価を可能にし、閉鎖後の期間における性能の指標となる可能性のあるパラメータを特定するために、汚染物質の既存レベルのベースラインを確定することである。サイト調査計画（操業前期間に行われる）は、典型的に、施設の設計とその後の短期間（すなわち、操業期間）の性能及び長期間（閉鎖後期間）の性能に著しい影響を与える可能性のある、処分施設の環境で起こる特質、事象及びプロセスに関する自然的な特性（例えば地下水面変動）を設定する。そうした意味において、モニタリング計画は、セーフティケースや裏付けとなる安全評価及び建設・操業の手順と綿密に統合されているべきである。ベースラインは、傾向の特定が可能となるように定められるべきである。このベースラインはまた、経時的に変化する施設の影響を識別可能にするものであるべきであり、その情報はセーフティケースの更新に利用することができる。

4.10. 経路に関する知識は、接近可能な環境中への放射性核種の移行を検出するように適合されたモニタリング計画の仕様を定めるのに役立つと考えられる。処分施設の掘削及び操業に伴う地下水位の低下や、処分施設の閉鎖に伴う地下水位の回復、またそれぞれの過渡に伴う水化学の変化のような過渡現象の予測も、モニタリングにとって重要な情報となる。

4.11. モニタリングは、長寿命放射性核種による汚染が疑われる区域で行われるべきである[7]。このようなモニタリングの目的は、介入が妥当であるかどうか、また、さらなるモニタリングが必要であるかどうかの判断に対して情報を提供することである。国の当局によって定められた介入レベル及び対策レベルに基づいて、是正措置が要求されることを示す結果が得られた場合には、適切な対策を設定するのに役立つために、しかるべきモニタリングが実施されるべきである。モニタリングは、是正措置を講じる間及び講じた後にも、その有効性を評価するために実施されるべきである。

4.12. モニタリング計画は処分計画の開発のあらゆる期間を扱うべきであるが、その一方で、立地、建設、操業及び施設の一部あるいは施設全体の閉鎖に関連する異なった時間スケールを考慮して、柔軟性を保つものとするべきである。このような柔軟性は、先行する期間からの教訓を取り入れられるようにし、新たな技術への適合及び新たな規制

要件や設計変更などへの対応をできるようにすべきであるが、それと同時にデータの継続性と比較可能性を維持できるようにすべきである。また、処分施設の性能に関して懸念が生じた場合には、追加モニタリングを実施することもできるようにすべきである。更に、モニタリング活動に関する国際的な経験を考慮に入れるべきである。処分施設の開発の3つの各主要期間におけるモニタリングの実施と目的に特化したガイダンスは、第6章に示してある。

4.13. 処分施設の供用期間の全ての期間を通して、モニタリングで実行可能な頑健性及び範囲は、工学的な現実性による制限を受けるであろう。モニタリングによって実行可能なことについての期待もまた、モニタリング機器と電源の必要寿命など、様々な種類の施設に特徴的な幾つかの物理的課題や制約によって必然的に制限される。

4.14. モニタリング計画の設計及び実施においては、モニタリングが実施される際の背景及び環境によって課される技術的な制約を考慮に入れるべきである。実際に、モニタリングは現場の計装又は遠隔の計装（たとえば、センサー）、目視検査、サンプリング及び試料の分析並びに、モニタリングによって得られた情報が処分システムの挙動もしくは公衆の健康及び環境に対する処分システムの影響を代表するものであることを確認するための、データの解析及び解釈に頼ることになる。

4.15. 多くの場合、主要なパラメータや現象を直接測定することは不可能である。代わりに推論的な方法が用いられる必要があるだろう。1つのパラメータのモニタリングには、様々な期間にわたる幾つもの別個の測定活動の結果（地下水流量、土中の水分量、1日の降水量など）の解釈を含む場合がある。例えば、地域の地下水の流速や、透水量係数と透水係数のような材料の性質は、水頭測定及びポイント測定から導き出される。より地表から深いところ、高放射線場又はその他の接近がより困難になる状況下で行われることが必要な測定のためには、さらなる難題も加わる。同様に、膨潤性粘土緩衝材もしくは母岩の相対水分飽和度よりも温度勾配を監視する方が容易かもしれない。熱伝導率、ひいては相対水分飽和度は、温度勾配の測定から導き出すことが可能である。非侵入型モニタリングのもう1つの例として、無線信号伝送の利用があるが、この技術は、まだ廃棄物処分施設に適用するための開発段階にある。類似した特性を有する代替施設や、実証又は「パイロット」処分施設におけるモニタリングが、有益な情報を提供する場合もある。

4.16. モニタリングを行うことでバリアの性能を低下させるべきでない。そのため、モニタリング計画の設計に当たっては、その後の計器の解体の必要性が考慮されるべきである。

有害な影響（例えば、システム構成要素と化学的な相互作用を起こしうる材料をシステムに導入することによる）を引き起こしかねない装置やケーブルを取り去ることや、モニタリング用のアクセス孔を適切に密閉することによって選択的な放出経路を形成しないようにすることの実行可能性については、特別な注意が払われるべきである。残存するいかなる物理的リンク（配線のような）もこの制約に従うものであること、あるいは、そのようなリンクはモニタリングがひとたび完了すればバリアを擾乱することなく取り外すことが可能であることのいずれかが、実証されるべきである。

4.17. その他、モニタリング活動によるその他の潜在的に有害な影響として、以下のものが考えられる[18]。

- － 人工バリアの設置が遅れることによるバリアの劣化
- － 処分施設内への地下水流入の増大につながるバリアシステムを貫く経路の形成
- － 地下の作業空間を長く開けたままにしておくことによる地球化学的条件の変化
- － 人間侵入の可能性の増大。とりわけ、地下構造物が開放状態で放置され制度的管理がもはや継続されない場合。

そのため、モニタリングでは、情報を得ることの便益と、モニタリングによって生じうる損害との間でいかにバランスを取るかが問題となる。

4.18. モニタリングの位置は、パラメータ値の空間的な相関関係の不確かさを許容されるレベルに抑え、流動及び移行プロセスをモデル化した結果に高い信頼度があるように選定されるべきである。そうした構成は様々な統計的方法によって決定することができる。例えば、地下水モニタリング井戸は、次のような箇所に設置されるのが普通である。

- － 汚染源及び汚染源の下り勾配直近位置。
- － 透水係数が高い透水域又は汚染物質の濃度が最大の領域
- － プルームの周縁部及び境界
- － 汚染及び非汚染の地球化学的環境を代表する区域
- － サイトの水理地質学的状態のモニタリングを支える区域
- － 規制機関による要件を満たす箇所

4.19. 適切なモニタリング頻度は、地下水の流動や自然界の希釈過程などの現象の結果により汚染物質の濃度レベルが変化することが予想される速度、その変動性の原因が理解されている度合い、実施される評価の種類、潜在的受容者の所在位置及びサイトの修復の目的に基づいて決めることができる。水理的傾向、地球化学的傾向、及び汚染物質の傾向が安定しており、既存のモニタリングデータによってサイトの概念的なモデルが検証できる状況にあるときは、モニタリング頻度を減らすことが可能かもしれない。変動性が大きい状況にあっては、モニタリング頻度を増やすことがあるかもしれない。データの傾向が数年以上にわたって安定していると見られるときは、モニタリング頻度を減らすことが可能かもしれない。その一方で、例えば、ベースライン条件を設定する段階などにあっては、地下水の流動パターンをよりよく把握できるように、地下水位のモニタリングをより頻繁に行うことが認められるかもしれない。モニタリングの適切な頻度を定めるそれ以外の要因としては、パラメータ及び情報の冗長性との関連性が挙げられる。特定のパラメータのモニタリングがサイトの性能評価に有意な影響を与えないと思われる場合は、そのパラメータに関するモニタリング頻度は大幅に減らすか又はそのパラメータのモニタリングを止めてしまうことすらできるであろう。

4.20. モニタリング計画は施設の供用期間の全ての段階を考慮すべきであり、処分施設の開発の初期段階で策定されその見直しが行われるべきである。そして、必要に応じて規制当局による承認を条件として行われ、国内の社会的なニーズにも対応すべきである。モニタリング計画は、サイト選定の初期プロセスにおける可能な限り早期に開始すべきであり、継続的な方法で、施設の建設、操業及び閉鎖を通して進展すべきである。また、6章に示されるように、施設のセーフティケース及び裏づけとなる安全評価の中で用いられるデータを提供して更新するために用いられるべきである。同時に、モニタリング計画は規制機関によって定期的にレビューされるべきである。モニタリング技術は、可能であり、その必要性がある場合には、更新され刷新されるべきである。

4.21. モニタリング計画の設計においては、モニタリングデータの信頼性が、情報の十分な冗長性、値の独立検証により検証され、頑健な機器及び設計を利用して、また可能な限りナチュラルアナログを利用して検証される必要があるかどうかを考慮されるべきである。例えば、ナチュラルアナログは、長期の時間スケールにわたり、自然システムの変遷と物質の挙動の理解のために情報を提供することができる（例えば、金属の腐食についてナチュラルアナログが存在する）。これは、観測された水中の腐食生成物に関連するような、モニタリング結果の解釈に役立つことがある。それはまた、どのような種類の結果が期待され、そのモニタリング結果がどのように解釈されることになるかについて、明確に理解し、規制機関及び利害関係者とコミュニケーションを取るための、所与のパラメータのモ

モニタリングを考慮する際に重要となる。不確かさを評価するために、期待される値の範囲が提供されるべきである。

4.22. 施設閉鎖後のモニタリングの範囲及び継続期間に関する決定は、以下に基づくべきである。

- (a) 処分施設の種類や、経時的な潜在的危険。これは、長寿命放射性核種の存在に依存するであろう。
- (b) 過去の性能に対するモニタリングの結果により示された、処分施設の性能に置かれた信頼度
- (c) 制度的安定及び「制度的、社会的記憶」の持続期間に関する合理的な前提並びに継続中のモニタリング及び保全を確保する能力

4.23. 閉鎖後期間でも、実施可能であれば、継続中のモニタリング及び機器の保全を確保することを目指すべきである。制度的安定性や知識の継続性などに関しては、時間の経過とともに不確かさが増大するため、閉鎖後のモニタリングの取り組みは、予定どおりであれ予定外であれ、縮小されるか、又は打ち切られることさえあることを予期しておくべきである。

4.24. 処分施設全体の性能を評価するため並びに公衆及び環境に対する潜在的な影響を定期的に評価するために、閉鎖後においてもモニタリングが継続されることがある。しかし、しかるべく設計された処分施設であれば、短期的に、すなわち、地表付近の処分場であれば数百年、地層処分施設の場合には数千年は、生物圏に有意な放出をもたらすとは考えられず、これは既に、継続中のモニタリングが合理的に期待できる全ての期間を超えている。

4.25. 透明性を確保するために、モニタリング計画の設計においては、その結果がどのように公衆に伝達されるかについての考慮がなされるべきである。透明性は、結果の明確な解釈及び測定に関する状態を示す責任を含む。

4.26. モニタリングデータはまた、処分施設の安全について、実際の又は潜在的な不十分性についての調査をいつ行えばよいのかを示すのに役立つこともできる。安全に影響を及ぼす不測の変化をモニタリングが示した場合は、セーフティケース及びモニタリング計画を見直すことが必要になることや、適切な是正措置を講じることが必要になることがある。

5. 異なる種類の処分施設のためのモニタリング

5.1. モニタリング計画の目的及び本安全指針に示された勧告の大部分は、1.10 項で述べられている 3 つの種類の処分施設、すなわち、浅地中処分施設、地層処分施設、採鉱及び鉱物処理からの廃棄物の処分施設に共通である。しかし、等級別アプローチの適用は、個々のモニタリング計画の実際の実施における違いを導くことになる。

浅地中処分施設

5.2. 一般に、浅地中処分施設における処分に適する廃棄物は、低レベル廃棄物（LLW）である[3]。LLW は、通常は数百年までの限られた期間にわたる頑健な閉じ込めと隔離が要求されるような、限られた量の長寿命放射性核種を含有する。このケースにおける管理戦略は、その放射能が崩壊により低減され、施設が最終的に劣化したことによる残留放射性核種の移行によるリスクが許容できるとみなされるような十分低いレベルになるまで、廃棄物を閉じ込めることである。この点で、処分へのアプローチは大量の長寿命放射性核種を含む廃棄物の地層処分の場合と似ているが、関係する時間スケールはより短いであろう。LLW を含む浅地中処分施設に関連するモニタリング活動は、数百年にわたるシステムの性能の信頼性を示すことを目的としている。浅地中処分施設でモニタリングにより実際に検出される可能性のある安全関連の特質、事象及びプロセスの例として挙げられるのは、地下水中心又は周辺環境への放射性核種の放出及び人間あるいは動物の侵入である。

地層処分施設

5.3. 地層処分は、長期間の安全性を保証するために閉じ込めと接近可能な環境からの隔離のより強い程度を要する、ILW や高レベル廃棄物（HLW）のような廃棄物に適する。例えば、長寿命の放射性核種を含む放射性廃棄物又は使用済核燃料（廃棄物と見なされたとき）あるいは再処理から生じる HLW の様に、放射能含有量のレベルが高く放射性崩壊から多量の熱を発生する廃棄物は、一般に、数千年の期間が経過するまで周囲の地圏への汚染物質の移行が起り始めることのないように、人工バリアを伴う深地層処分施設に処分される。用いられている安全戦略は、十分な期間にわたって放射性物質を閉じ込めることによって、生物圏へのいかなる放出も緩慢にかつ抑制されることを保証するものである。

このケースでは、モニタリングは閉じ込めシステムの信頼性を示すことに重点が置かれる。施設の閉鎖後のモニタリングが規制機関により求められ規定されれば、環境における放射性核種の存在の検出に重点が置かれるであろう。環境への早期放出はほとんど起こりそうにないため、この種のモニタリングは一般的に、処分施設の性能を確認するためというよりむしろ影響を受ける公衆の安心のために実施される。深地層処分施設でのモニタリングで実際に検出される可能性のある安全関連の特質、事象及びプロセスの例として挙げられるのは、腐食に伴うガスの発生、水の流入、それに人間侵入である。

採鉱及び鉱物処理からの廃棄物のための処分施設

5.4. 採鉱及び鉱物処理による廃棄物は通常は地表又は地表付近で処分されるが、廃棄物の発生の仕方やその体積の大きさ、その物理化学的形態、そこに含まれる自然起源の長寿命放射性核種により、他の放射性廃棄物とは区別される。廃棄物は一般に原位置で安定化され、様々な層の岩石や土壌によって覆われる。この処分システムは、全ての時間について絶対的な閉じ込めをもたらすように設計されるわけではない。それゆえ、許容できない線量が生じることのないように放射性核種のいかなる環境放出も管理することが戦略となる。この種類の施設に伴うリスクは、潜在的に毒性のある元素の長期放出や施設の構造上の不具合のように、化学的及び物理的なリスクによって左右されることがある。結果として、処分システムの性能の信頼できる指標となる、周囲環境中において放射性核種及び付随する化学物質が存在するかにいっそうの重点が置かれることになる。

5.5. NORM の処分施設のモニタリングのための計画は、ウラン又はトリウム採鉱からの廃棄物の処分施設と同様である。

6. 施設の供用期間における様々な期間でのモニタリング

6.1. その供用期間（図1を参照）を通して、処分施設は以下のような様々な目的でモニタリングされる。

- －ベースラインを定めるため。
- －処分システムのバリアの挙動や変化をモニタリングするため。
 - 廃棄物パッケージの変化
 - 処分施設の建設並びに導入された材料と地下水及び母岩との間の相互作用によって誘発される、ニアフィールドの化学的及び物理的变化
 - 周囲の地圏及び大気における化学的及び物理的变化
 - 付随した緩衝材と充填材の変化
- －生物圏への放射性核種の移動及び放出をモニタリングするため。
- －周囲の環境についての情報のデータベースを構築するため。

6.2. これらの目的それぞれのためのモニタリングパラメータの例は、それぞれの種類のモニタリングが実施されるであろう処分施設の開発の時期とあわせて、添付資料 I に示されている。モニタリング計画の技術的な複雑さは、処分施設の種類とそれに伴うリスクによっても異なることになる。浅地中処分施設の場合、モニタリングすべきパラメータのリストは一般に、添付資料 I に示されている例よりは複雑ではないだろう。浅地中処分施設のためのモニタリング計画の例は添付資料 II に示してある。

操業前期間のモニタリング

6.3. 建設前においては、モニタリング計画は、サイトのベースラインに焦点を合わせたものとすべきである。建設の間（ただし操業より前）は、建設活動による公衆及び環境への継続的な影響を評価するため、完成時の状態を文書化するため及び性能が規制要件を満たして安全要件を順守することを確保するのに役立つために、モニタリングが利用されるべきである。操業前期間におけるモニタリング計画の目的は、以下のとおりである。

ベースラインモニタリング

サイト評価プロセスを支援するデータ収集のため及び繰り返し行われる安全評価の最初として重要な特質、事象およびプロセスの特定を行うため。

施設の完成時のモニタリング

規制要件との適合の評価、操業活動の支援及びその後の許認可段階のためのセーフティケースの開発を支援するため。この段階においては、追加の測定が導入されることがある。

操業施設のモニタリング

規制要件との適合の評価及びその後の許認可段階のためのセーフティケースの開発を支援するため。

閉鎖のためのモニタリング

規制要件との適合の評価及び閉鎖活動とそれに続く閉鎖後モニタリングを支援するため。この段階においては、追加の測定が導入されることと、他の測定が中止されることがある。

処分施設の閉鎖後の性能のモニタリング (可能であれば)

規制要件との適合の評価及びその後の決定（たとえば、モニタリング活動の規模縮小、規制管理からの解放）を支援するため。

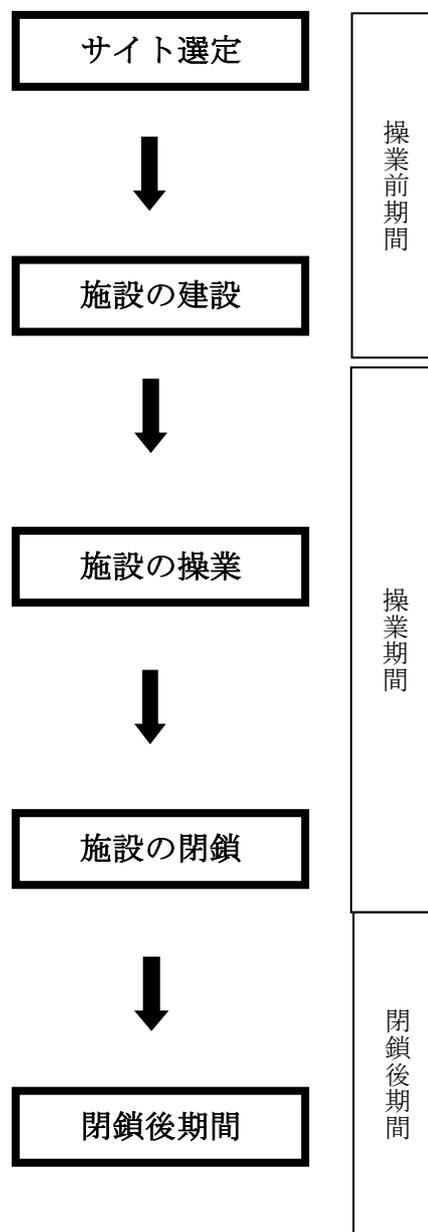


図1. 処分施設の供用期間を通したモニタリング活動

- サイト適合性の評価に寄与すること。
- 施設設計用インプットデータを提供すること。

- － 作業時及び閉鎖後のセーフティケースに必要なインプットデータを提供すること。
- － 後のモニタリング結果との比較のためのベースライン状態を確立すること。
- － 作業期間のモニタリング計画の設計を支援すること。

6.4. セーフティケースとその裏付けとなる安全評価及び環境影響評価は、処分システムの技術的な側面の理解を漸進的に増進するための、また、どのような新たなモニタリングデータが収集されるべきなのかを特定するための、反復的枠組みを提供する。連続的な反復によってセーフティケースと安全評価が進展するに従って、また、重要課題が特定されるか解決されるに従って、モニタリングシステムは安全評価のニーズに対応するために適合されるべきである。逆に、モニタリングデータにより新たな情報が特定されるに従って、安全の立証の一部として用いられるシナリオ、概念モデル又はパラメータの更新が必要となるかもしれない。安全評価解析及び関連モニタリングの漸進的な適応はいずれも不確かさの低減に向けたものであるが、安全評価の方法論的アプローチの主要な特質である。

6.5. ベースラインモニタリングは、連続的なもしくは定期的な観測のいずれかによって引き続きモニタリングされることになるパラメータの初期値の測定に関係する。ベースラインモニタリングの範囲には、基礎地球科学、工学及び環境を理解するための、また処分施設の作業時安全評価と閉鎖後安全評価に情報提供するための、潜在的に重要な、状態及びパラメータの決定が含まれる。例えば、ベースラインモニタリングは、建設・作業期間において岩盤及び地下水系に生じる変化を評価するために、また、閉鎖後段階においては、処分施設の存在が自然のプロセス及び環境に対して及ぼすかもしれないいかなる有意な影響も評価するために利用される。実際には、モニタリング計画はサイト調査段階の間に始まることになる。ベースライン状態の確立に関するより包括的な説明は、参考文献[18]に見出すことができる。

6.6. 採鉱及び鉱物処理からの廃棄物の処分施設のベースラインの確立には、特に注意が払われるべきである。そのような施設は、ウラン及びトリウム崩壊連鎖からの放射性核種のような、環境中にある自然起源の放射性核種の処分のために開発される。それゆえ、施設の供用期間の後期に行われる測定は、そのような放射性核種の環境媒体における濃度の変化を決定するために、ベースラインと比較されるべきである。対照的に、LLW 及び ILW 又は HLW 及び使用済燃料のいずれかの廃棄物の処分のための施設の周囲は、放射線のバックグラウンドレベルとの区別がより容易な特有の放射性核種を含む。たとえば、参考文献[9]は、浅地中処分施設の周囲において ^3H 、 ^{137}Cs 及び ^{14}C が検出可能なレベルで存在し

そうであるとしている。これらの低いバックグラウンドレベルを考慮すれば、これらの放射性核種の増加分は、採鉱及び鉱物処理からの廃棄物の処分施設に特有の放射性核種の場合同じ、検出しやすいかもしれない。カバーを施した鉱滓、低品位鉱石、捨石などの採鉱廃棄物の場合、表面で検出される可能性が最も高い放射性核種は、自然起源のラドン（Ra-222）である。

操業期間中のモニタリング

6.7. 操業期間においては、モニタリング計画は操業安全に寄与すべきであり、公衆及び環境に対する潜在的な影響を測定して処分システムの機能を評価するものとすべきである。モニタリングは、施設の性能を確認するための計画の一部として、セーフティケースにとって重要な特質、事象及びプロセスの評価を包含するために継続すべきである。これは、操業時及び閉鎖後セーフティケースを改善するための、処分システムの挙動の理解を高めるであろう。モニタリング計画はまた、閉鎖後段階中の長期的なシステム性能の予測を支援するために、竣工した処分システムの短期的な（操業上の）性能に由来するデータの収集に焦点を合わせたものとすべきである。操業期間の間のモニタリング計画の目的は以下のとおりである。

- 材料と構造物の完成時の性質に関するデータを提供すること及び閉鎖後セーフティケースの見直し、改善もしくは信頼構築のために利用されることがある処分システムの要素の性能を確認するためのデータを提供すること。
- 排出物の処理及び管理のためのシステムが正しく機能しているかどうかをチェックするために必要な情報を提供すること。
- 許可された通常操業状態からの逸脱について早期に警報を出すこと。
- 環境中の放射線レベル及び放射能濃度並びに公衆被ばくを推定するための予測モデルを用いて、環境中への放射性核種の放出に関するデータ（放出率、放射性核種の組成など）を提供すること。

6.8. 処分施設の性能を確認する目的のために、モニタリングは、処分システムの操業期間及び閉鎖後期間の双方において、重要で主要な技術的パラメータのために実施されるべきである。これは、セーフティケースの開発の段階的プロセスの一部として見ることが可能であって、操業許可が交付された後も操業期間を通して、処分システムの操業中及び

／又は閉鎖後の性能の予見可能性を漸次高めていくために継続するものである。このようなモニタリングは、安全評価が操業期間を通して更新され改善されることができるように、安全評価に利用されるデータを支援する追加的なデータを提供すべきである。規制機関は、操業の認可条件の一部として、性能確認のための計画が適切であることを要求することができる。このようにして、事業者は、操業認可を受ける準備としてよりもむしろ、操業の間に技術的課題を解決することを義務づけられることがある。このアプローチは、建設の許認可を受けた時点において技術的課題に関して残存する不確かさに対処するために利用され得るが、処分施設の開発における早期の適切なレベルの規制上の精査及びセーフティケースにおける不確かさの入念な考察に置き換わるものとするべきではない。

6.9. モニタリング計画は、処分施設の操業に伴う放射性物質の放出の可能性を考慮に入れるべきであり、操業時セーフティケースの一部を構成すべきである。モニタリング計画のこの要素は、操業期間に公衆及び環境を防護することが目的であり、通常操業時及び事故条件下での処分施設からの放射性物質の放出に関する規制要件を満たすために定められることがある。操業時セーフティケースの一部として策定される緊急事態への準備と対応計画は、緊急事態が突然生じうることを考慮に入れたモニタリングのための適切な戦略を含むべきである。この種のモニタリング戦略は、サイトへの交通手段やサイト外からの支援の準備に影響を与えるかもしれない広範囲で起こる事象（地震又はサイクロンのようなもの）を含む、想定される事故シナリオに伴うリスクにも依存するであろう。

6.10. 操業時セーフティケースに関連するモニタリング計画とは別に、処分施設における作業員の防護は、放射線安全に関する国の規則と国際的勧告に従って保証されなければならない。しかしながら、作業員の防護は、本安全指針の範囲内ではない。

6.11. 放射性核種のモニタリングのための要件及び性能確認を目的とする要件に加えて、国の規制が追加の要件を定めることがある。例えば、毒性化学物質の存在についての地下水をモニタリングする要件が存在する場合がある。

閉鎖後期間のモニタリング

6.12. これが閉鎖後のセーフティケースの一部であるならば、閉鎖後期間のためのモニタリング計画の目的の 1 つは、処分施設に起因している環境中の放射性物質及び／あるいは他の毒性のある物質を検出することである。しかし、これは閉鎖後のモニタリング計画の一部分に過ぎず、処分施設の種類によってその重要性は異なる。閉鎖後モニタリングの範囲、継続期間及び重要性は、処分される廃棄物の種類及び処分施設の種類によって変わる。処分施設の閉鎖後に適用される制度的管理は、能動的なものであることも、受動的なものであることもある。能動的な制度的管理の例としては、環境における放射性核種の濃度のモニタリングや、バリアの性能及び健全性のモニタリングであり、これは特に浅地中処分施設にとって重要なものである。

6.13. 閉鎖後期間におけるモニタリングは、能動的な制度的管理の期間から受動的な制度的管理（例えば、サイトのマーカー及び「組織記憶」の保持などによって確立される）の期間へと移行する決定を、関係するステークホルダーに知らせることを含めるべきである。処分施設の状態の変遷におけるこの段階においては、サイトにおける状態が許認可の改定に適するのがいつかを特定すること、サイトのモニタリングや維持管理及び能動的な管理を終了することが目標である。例えば、地表レベルの処分施設にとって、受動的な制度的管理の段階に入るという決定は、長期的な安全が埋立て場所の利用の制限により確保できるとみなされるとき、また、廃棄物の放射能毒性の低下によって人間の侵入に関連した放射線リスクが合理的に低くなっていると示されたときに下すことができる。これは、完全に長期的な受動的安全に至るまでの段階的アプローチと見なすことができよう。

緊急時対応のためのモニタリング

6.14. 緊急時対応のためのモニタリングは、いくつかの重要な側面で定常的なモニタリング活動とは異なる。定常的なモニタリングは処分施設の性能がセーフティケースにおいて文書化された通りかを検証するために用いられ、緊急時対応のためのモニタリングは、人の健康及び環境に対する事故の影響を緩和するための情報提供を目的とする。施設及び環境に対してモニタリングを迅速に行うための取り決めを定めるための要件は、参考文献 [19]に定められている。

6.15. 廃棄物処分施設は、安全が受動的手段により確保されるように設計され、建設され、操業されることが要求されており、基本的なルールとして突発的な不具合が発生するとは考

えにくく、即座の又は迅速な対処が必要となるような状況も考えにくい。しかしながら、ある種類の既存の処分施設（例えば、いくつかの鉾津ダムとしての過去の活動）の場合、緊急事態は急に生じる可能性がある。例えば、極端な気象又は地震事象は、大量の汚染物質の急激な環境放出を伴うダム決壊をもたらす可能性がある。それゆえ、発生確率は極めて低いと見積もられている事象も含めて、あらゆる範囲の仮想事象に対して、緊急時の取り決めが規定されるべきである。このような取り決めは、参考文献[7]で述べられ参考文献[19]で要求されているように、緊急事態並びに人の健康及び環境に対する差し迫った脅威の迅速な公表を可能にすると思われる、モニタリング、人員の配置、手順の設定、機器及び他の取り決めの準備ための取り決めを含むべきである。このモニタリングの取り決めは、地元の当局と調整された標準の OIL（operational intervention level：運用上の介入レベル）を含めるために適切な対応を講じることができるように、データを適時に提供することが可能なものとすべきである[7, 19]。運用上の介入レベル²は、環境パラメータの測定に基づいて適切な防護措置を決定するために、直ちに直接的に（それ以上評価を加えることなしに）使用されることが可能なようにすべきである。

7. サーベイランス計画の策定と実施

7.1. サーベイランス計画の目的は、受動的安全バリアの健全性を検証するため並びに放射性物質及びその他の汚染物質の環境への移行又は放出を引き起こすかもしれない条件の迅速な特定を可能にするために、廃棄物処分施設の監視を提供することである。また、サーベイランスには、製品仕様を定期的に検査し、その検査結果をチェックするための記録のレビュー又は監査が含まれる。サーベイランス計画は、主として操業期間に適用されるものであり、セーフティケースにとって重要であると特定されている廃棄物処分施設の構成要素の定期検査を通して実施されるのが普通である。サーベイランス計画は、廃棄物処分施設のこれらの構成要素の検査を含むが、それだけに限定されるものではない。

7.2. サイト固有のサーベイランス計画及び実施手順は処分施設の供用期間の早期に策定されるべきであり、サイトにおける状態、施設の操業及び技術の変化を考慮に入れ、規制機

²運用上の介入レベルは、機器により測定された又は実験分析により決定された算出レベルであり、介入レベル又は対策レベルに対応するものである。これは、一般的には、放出された放射性物質の線量率または放射能、時間積分空气中濃度、地上もしくは表面上の濃度、環境、食糧又は水の試料中に含まれる放射性核種の放射能濃度に関して表される[20]。

関と協議の上で定期的に更新されるべきである。この計画は、サーベイランス結果がモニタリング計画並びにサイトの安全及び性能要件をどのように補完するのかを示すものとするべきである。この計画は以下の事項を含むものとするべきである。

- (a) サイト及び隣接領域の説明
- (b) 廃棄物処分施設の構成要素及びその周囲の環境の状態の説明
- (c) 検査の種類及び頻度
- (d) 検査手順
- (e) 不測事態における計画又は維持管理措置
- (f) 検査に関する報告要件
- (g) マネジメントシステムの説明

処分施設の供用期間を通じたサーベイランス

7.3. サーベイランス計画は建設段階に開始されるべきであり、処分施設の種類に応じて、閉鎖後期間まで、継続して進展すべきである。

7.4. 施設の操業の間、サーベイランス計画は、受動的安全バリアの健全性が保護され失われていないことの検証を念頭に置くべきである。処分施設保護用の構成要素は、施設が接近可能区域に設置されている限り、サーベイランス計画の一環として定期的に検査されるべきである。そのような定期的な検査は、一般的には直接接近可能な設備及び人工バリアに限定されるであろう。

7.5. 閉鎖後期間においては、廃棄物処分区域又は廃棄物を収納しているセル及び廃棄物パッケージには通常、検査のために接近することはできない。閉鎖後サーベイランスの継続期間は、処分施設の種類とそこに含まれる廃棄物の種類に基づいて決定されるべきである。閉鎖後サーベイランスの継続期間はまた、その前の期間において得られた施設の性能に対する信頼性にも依存すべきである。施設の閉鎖後のサーベイランスは、制度的な安定性の変化の結果として、その性質が変わったり、打ち切られることさえ予期しておくべきである。

処分施設の種類によるサーベイランス

7.6. “ある程度、処分施設の安全性は、保守作業あるいはサーベイランスの様な何らかの将来の措置に依存しうる。しかしながら、この依存性は、可能な限り最小化されなければならない” [2]。 “地層処分施設では、受動的特質によって、閉鎖後の安全を実現することが可能である。浅地中処分施設の場合においては、保守、モニタリング又はサーベイランスのような活動が、閉鎖後期間における安全を確保するために必要な場合があるかもしれない” [2]。

7.7. 浅地中処分施設の場合、サーベイランスは操業前期間に開始すべきであり、閉鎖後期間においては能動的な制度的管理の期間が終了するまで継続すべきである。閉鎖後期間において一般に検査され得るバリアは、処分施設表層のカバーである。

7.8. 地層処分施設の場合、サーベイランスは操業前期間に開始すべきであり、一般的には、人工バリアへの接近がもはや可能ではなくなる施設の閉鎖時点において終了することになる。

7.9. 採鉱及び鉱物処理からの廃棄物のための処分施設の場合、サーベイランスは操業前期間に開始すべきであり、能動的な制度的管理期間の終了時点又は施設の閉鎖時点のいずれかにおいて終了すべきであり、これは、例えば人工バリアへの接近がもはや可能ではなくなるなど、処分システムの性質に依存する。制度的安定性の持続及び知識の連続性に関する想定は、通常、閉鎖後サーベイランスの継続期間を定める大きな因子である。ウラン鉱滓サイトの（閉鎖後期間のための）長期サーベイランス計画の一例が、参考文献[8]の添付資料Iに示されている。

検査の種類と頻度

7.10. 検査の計画は、サイト固有の状態及び人に対する潜在的なリスク並びに廃棄物処分施設の不具合に伴うその他の社会上、社会経済上、環境上及び規制上の影響に基づくものとすべきである。サーベイランス計画には通常、定常的な検査及び特別な目的のための検査が含まれることになる。

7.11. 実行可能であれば、セーフティケースにとって重要であると特定されている廃棄物処分施設の構成要素に目視検査及び物理的検査を適用し、潜在的な不具合を表示して異常を検知する有効な方法とすべきである。

7.12. サーベイランス計画に基づく検査は、接近が可能な場合には、施設の表面状態及び閉じ込め、建屋及び排水路の健全性、植生の状態並びにその他のあらゆる異状（地表水の貯槽、表層カバーの侵食、植物や動物による施設への侵入の痕跡）の観察を含むべきである。

7.13. このような検査は、専門的な技術的な補助が必要かどうかを決定することができる適切な資格のある人員により実施されるべきである。

定常的な検査

7.14. 定常的な検査は、廃棄物処分施設のあらゆる構成要素の状態全般が良好であることを確保するために、定期的に行うべきである。通常、施設に関する適切な知識及び経験を有する事業者の技術職員メンバーが、定常的な検査を実施することになる。

7.15. 定常的な検査の目的は、廃棄物処分システムが設計規準に従って機能しており規制要件と適合していることを確認することである。この検査の前には、フォローアップを必要とする項目が記されているべき先行する検査報告書のレビュー及び先行する検査報告書以降に収集されたサーベイランスデータのレビューが行われるべきである。

7.16. 定常的な検査は、廃棄物管理施設の建設期間全体を通して、またいかなる大規模改修期間においても、そしていかなる修復作業の間にも、定期的の実施されるべきである。これは、建設又は改修が承認された計画に従って実施されており、処分施設の構成要素の性能を害してはいないことを確認するためである。定常的な検査の頻度は、サイト毎に決定されるべきである。

特別な目的のための検査

7.17. 特別な検査は、大火災、深刻な地震、洪水、猛烈な暴風雨、非常に激しい降雨やサイクロンなど、極度の自然事象の後に実施されるべきである。特別な検査はまた、通常操業状況からの逸脱がある場合にも実施されるべきである。特別な検査の目的は、廃棄物処分システムの構成要素がこれらの事象によって損傷を受けておらず、引き続き完全に機能することを保証することである。

8. モニタリングとサーベイランスからの情報の利用

8.1. 先の章で論じたように、モニタリングとサーベイランスからの情報は、処分施設の安全における信頼を構築してリスク又は不確かさを低減することを目的に収集され、また必要であると考えられる場合は、セーフティケースの更新の裏付けを目的に収集される。モニタリングとサーベイランスの情報のユーザーは、事業者、規制機関、地方の利害関係者及び公衆、あるいはその他のあらゆる利害団体を含めた全ての利害関係者を含むべきである。モニタリングとサーベイランスの情報の利用に関してあらゆる関係者を含めることは、処分プロセス及び操業上の性能についての透明性の向上、処分施設の状態の変遷、その周辺環境及びバリア性能についての理解を増進すること並びに公衆の防護を高めることにつながる。放射性廃棄物処分施設の目的は、長期的に受動的安全を提供することである。処分施設は、安全のための長期的な能動的管理が要求されないように設計される。

8.2. モニタリングからの情報は、常にある程度の不確かさを含むことになる。測定及び処分施設の理解に関して残存する不確かさを管理することは、セーフティケースを開発することの主たる役目の一つである。モニタリング情報の利用に関連する課題には、空間的及び時間的変動を分解するのが難しいこと、特定の重要なパラメータを直接測定できないこと、処分施設の将来の挙動を予測できないこと及び重要な一部のプロセスの根本的な理解が足りないことが含まれる。

8.3. 得られたなモニタリング情報を使用する際には注意を払うべきである。モニタリングデータの信頼性については、十分な冗長性（それ自体がモニタリングシステムの設計の一部であるべきである）、数値に対する独立した検証、頑健な機器及び設計の使用、更に可能な範囲でナチュラルアナログを利用することによって検証されるべきである。とりわ

け、十分な訓練を受け、経験を積んだ職員だけが、モニタリング及びそれに付随する活動を引き受けることを許されるようにすべきである。モニタリングは、ある程度の時間枠を超えて行うことは不可能であるものと考えられている。遠い将来には、気候パターンが大きく変化し、それに付随して人間の行動と行為も変化すると考えられる。現在のモニタリング情報に基づいて処分施設の遠い将来にかけての挙動を予測することは、常に不確かなものとなる。将来の変化は、生物相及び代表的個人の放射性核種への被ばくが生じることのあるような、処分施設からの放射性核種の放出及び被ばく経路への影響を及ぼす可能性があるだろう。

主たる目的の分析と対応

8.4. 処分施設の供用期間の全ての期間において、モニタリングとサーベイランスは、セーフティケースの開発及び改善を行うため並びに規制要件に対する順守を検証するために、処分システムに関するデータを提供すべきである。これらの 2 つの目的は、場合によっては重なり合うことになる。たとえば、特質、事象及びプロセスの更に深い理解を要求する認可条件は、セーフティケースの改善を導くことになる。

8.5. モニタリングとサーベイランスの結果は、規制上の許容値及び認可条件の順守の実証に寄与すべきである。処分施設の事業者は、モニタリングとサーベイランスの計画のある部分については、特定の規定された規制要件に基づいて計画することがある。たとえば、地表水水質の基準との比較のためにモニタリングが必要であるが、この基準は規制機関によって事前に定められることがよくある。この種の規制要件に対する適合性の不確かさは、測定により得られた数値に関する不確かさに限定されることになる。

8.6. 線量限度のような性能を基にした規制規準の順守についての検証は、特質、事象及びプロセスやシステム性能に関する知見をもたらすモニタリングを必要とする。このモニタリングは、セーフティケースと安全評価を支える情報を提供する。この種の規制要件を満たすためのアプローチは厳格な規則に従うものではないため、規制機関、事業者及びその他の利害関係者の間で十分なかつ早期のコミュニケーションが行われるべきである。予め規定された規制要件に対する場合よりも、このときの不確かさの範囲及び種類はより大きくより主観的となるため、このコミュニケーションが必要となる。そのような不確かさは、解析を支援するモニタリングデータにより解決されるのと同様に、不確かさを扱うプロセスによっても解決される。

8.7. 操業前段階では、類似の施設における既存のモニタリングとサーベイランスのデータについても収集され、評価されるべきである。それにより、新しい施設におけるモニタリングとサーベイランスの計画策定が容易になる。比較可能な施設における操業記録との比較も、これらの施設で用いられている技術の情報を提供することが可能であり、これは新しい処分施設のための安全機能及び長期性能についての適切な要件を定めるのに役立つことができる。

8.8. 操業前期間は、完成時の状態が安全評価でなされた前提と一致していることを確認することに重点が置かれるべきである。それに加えて、予想される完成時条件の範囲も特定されるべきである。

8.9. 施設が操業段階に入った際にも、セーフティケースの更新に利用することが可能な操業性能に関する情報を提供するために、モニタリングとサーベイランスが継続されるべきである。操業時セーフティケースは、建設及び操業の許認可の取得に先立って策定される。残存する不確かさは、それらの安全への関連について、システム機能を保守的に評価することによって管理されることがよくある。建設より前に利用可能なモニタリング情報はセーフティケースを策定するには十分であるかもしれないが、処分施設の性能を確認するためのモニタリング計画の一環として、操業期間を通して継続して更新されるべきである。この計画は、処分システムの理解における連続的な増進につながるべきであり、同様に、操業アプローチ、安全機能の定義、施設の設計及びモニタリング計画の設計を改善するために利用されるべきである。例えば、性能確認モニタリング計画の一環として収集される、ある物質の腐食速度に関するモニタリングデータは、処分施設におけるインベントリの許容限度の変更を導くことがある。理想的には、操業時セーフティケースが保守的な評価に基づくものである場合、理解の変化あるいは改善により、より制約の少ない及びコストが低い操業アプローチをもたらすことになる。

8.10. 定置作業の完了後ではあるが処分施設の最終閉鎖前には、セーフティケースで特定された重要な安全機能の継続的な性能を確認するために、直接の証拠（すなわち、測定可能なパラメータによって）もしくは間接的な証拠（すなわち、予測モデルの開発のために使用される科学的根拠を高めることによって、あるいはパイロット/実証処分施設からのデータ収集を通して）のいずれかによって、モニタリングとサーベイランスのデータが収集されるべきである。得られたデータは、処分システムが想定どおりに機能していることを検証するために利用されるべきである。これは、重要な構成要素が、セーフティケースの中で特定されたように、又は規制機関により規定されたように機能を果たしていること及び実際の状態が閉鎖後の安全のための重要な想定と整合していることを意味する。例えば、得られたデータ

は、処分システムが指定された期間にわたって受動的な安全状態に維持されていることを検証することによって、能動的な制度的管理を終了させる決定を支援することに利用されることがある。

見込まれる結果からの逸脱

8.11. 8.9 項で述べられているように、操業時セーフティケースは、施設の開発段階における不確かさに対処するために、一連の保守的な想定に基づいて構築されることがよくある。したがって、性能を確認するために行われるモニタリングとサーベイランスは、セーフティケースのために利用されたものとは異なるデータを提供する可能性があることが想定され、一般にはより現実的であることが想定される。同様に、安全評価に組み込まれた保守的傾向のために、環境モニタリングデータは、セーフティケースの中で予測されたレベルの枠内にとどまると見込まれるかもしれない。しかし、モニタリング結果はまた、パラメータの変動又は安全評価の中では想定されていない事象の出現など、見かけ上の又は実際の矛盾を示すこともある。そのような種類の結果は事前の想定を確認するものとは思われないため、「想定外」として分類することができるだろう。規制機関及び他の利害関係者に対するモニタリング結果とそれに関連した不確かさについての情報伝達も、プロセスの早い時点で開始されるべきである。これは、モニタリング計画の開始前に潜在的な不確かさについて説明する方が、モニタリングが始まってから説明しようとするよりも一般的に容易だからである。

8.12. モニタリングからの想定外の結果は、処分システムの安全が損なわれていることを必ずしも示すものではない。測定のエラーである可能性が排除されれば、現在のセーフティケースにおけるその重要性を決定するために情報を注意深く解析すべきである。安全評価の複雑さは、モニタリング結果との比較が直感に反する結果を生み出すかもしれないことを意味する。例えば、安全評価で用いられている保守的な偏りを伴う地下水輸送モデルは、汚染物質のプルームの先端の重要性を無視する又は軽く扱うことがある。これはセーフティケースで考慮されなければならないが、汚染物質の早期到着というモデル結果と整合しないモニタリング所見は、慎重な解釈を必要とするかもしれない。

8.13. 想定外の結果はまた、セーフティケースには反映されていない新たな情報を暗示するものであることがある。このような新たな情報は一般に、十分には理解されていない特質、事象及びプロセス、もしくは以前は重要であると考えられていなかった特質、事象及びプロセスと関連することになる。想定外の結果がこのカテゴリーに属することが確定した場合は、この課題を更に調査するために、モニタリングとサーベイランスの計画を修正して実施すべきであ

る。場合によっては、想定外の結果をよく理解するための新たな研究に着手するのが適切かもしれない。セーフティケースは、新たな知識を反映するために更新されるべきである。想定外の結果が生じた場合、これらは規制機関に懸念を抱かせ、処分施設の安全について利害関係者の信頼に影響を及ぼすことがある。この点では、信頼性を維持するための、適切で透明性及び誠実さのあるコミュニケーションの必要性が重視されるべきである。

8.14. 8.12 項で示されている例などの理由により、性能の規準を満たさないことは、修復措置又は防護措置が必要であることを必ずしも意味しない。例えば、定置された廃棄物の回収のための意思決定に、その被ばく状況が明白ではない因子（たとえば、腐食の指標）が結びつけられる可能性があるが、意思決定のためには、こうした性能指標よりも重要な他の因子があるかもしれない（例えば、廃棄物を回収する間の作業者の防護）。

8.15. 想定外の結果への対応においては、等級別アプローチが採用されるべきである。対応は、全くの無措置というものから、空間的及び時間的な傾向を特定する及び／あるいは確認するためのサンプリング頻度の引き上げ、設計又は手順の変更、相当の修復措置もしくは定置された廃棄物の回収に至るまで、様々であろう。個々の測定結果をあまりに重視することよりもむしろ、傾向を特定することに重点を置くべきである。廃棄物の回収などの措置は、修復活動に伴うリスクの考慮を含めた極めて入念な検討及び正当化の後にのみ行うべきである。廃棄物回収の決定は、廃棄物の取扱い、処理及び保管のための適当な施設が時宜を得て利用可能であるかどうかに応じて、更に、廃棄物を別の場所に移す場合は、適当な処分サイトが利用可能かどうかに応じて判断されるべきである。

モニタリングとサーベイランスの計画の定期レビュー

8.16. モニタリングとサーベイランスの計画の設計は、計画の定期的な変更を考慮に入れた反復プロセスとすべきである。セーフティケースと裏付けとなる安全評価は、モニタリングとサーベイランスの計画をレビューする際に利用されるべき有用なツールである。モニタリングとサーベイランスの計画は、新たなデータ源、新たな種類のデータ、新たな技術及び新たな規制要件を組み込むことができるように、柔軟性があるように設計されるべきである。研究及び開発の結果は、モニタリングとサーベイランスの計画の焦点及び性質に影響することがある。

9. マネジメントシステム

9.1. モニタリングとサーベイランスの計画は、参考文献[21]に定められているマネジメントシステムのための要件及び参考文献[17]に与えられている勧告を満たすものとするべきである。モニタリングとサーベイランスに関して特に注意を払うべきマネジメントシステムの要素は、以下のとおりである。

- － 長期間にわたる資源確保の連続性を保証すること。
- － 人員の適格性確認に至るプロセス、モニタリングとサーベイランス計画を実施するためのプロセス及びそれから導き出されたデータを規制プロセスの中で利用するためのプロセスを確立して文書化すること。
- － 処分施設計画の継続期間にわたって記録を管理すること。

9.2. 政府機関にとって、数十年ないし数百年にわたる資源の継続した確保のために特別な準備を行うことは、実行可能なことではない又はその必要もないかもしれない。実際、民間企業が、廃棄物処分施設のための資源を確保する責任当事者であることが多い。許認可条件として、規制機関により財政的な保証が要求されることがあるかもしれない。それでも、政府が処分施設の最終的な所有権と責任を有することが、恒久性のある制度的管理であると考えられ、又、資源の確保に関する必要条件を構成する。

9.3. 処分施設のモニタリングとサーベイランスの計画は、施設の供用期間全体にわたって行われることになる決定を支援するデータを提供することができるべきである。処分施設の供用期間は極めて長いため、当然のように、確立されるマネジメントシステムは、データ収集の連続性、データの管理の連続性、そしてデータの収集及び解釈に関する新たなアプローチへの適応性を維持するようなものであるべきということになる。一部のタイプのモニタリングとサーベイランスは、それが有用であるためには、一貫した長期的な資金供給を要求するものであり、マネジメントシステムは資金の必要な連続性を確保するためのアプローチを確立するものとするべきである。例えば、多くのフィールド実験は、信頼できる有用なデータを生み出すまでに何年も必要とすることがある。そのような実験は、信頼できるセーフティケースを確立するために重要なものとなりうるが、期間の限られた資金供給という制約を受けることによって、実験があまりに早く終了してその有用性が限定されるかもしれない。マネジメントシステムは、必要であれば、財源及び資格ある人材のための適切な計画立案を確保するための規定を追加して設けるべきである。

9.4. マネジメントプロセスは、データの品質を確立するために必要なものである。そのようなデータが規制上の決定において利用される場合、データの品質確認は、データとその解釈の追跡可能性と透明性を可能にする一連の手順からなるべきである。セーフティケースの中で利用されるデータは、以下のいくつかの起源の1つに由来することがある。

- ・ マネジメントシステムが適用されている処分施設計画内で収集されたデータ
- ・ マネジメントシステムが適用されていない研究プログラムの一環として収集されたデータ
- ・ マネジメントシステムの存在に先立つ、歴史的に収集されたデータ
- ・ 考慮中の処分施設計画と必ずしも特に関連するわけではない、一般的な知識、理解又は測定を反映した文献からの情報

9.5. マネジメントシステムは、上記データの情報のそれぞれの品質を保証するための明確なプロセスを確立すべきである。たとえば、歴史的なデータの品質を保証するには、それらが正確かつ追跡可能なものであることを確保するために原データをレビューするためのマネジメントプロセスを確立することが必要かもしれない。

9.6. マネジメントシステムは、処分施設計画の継続期間にわたって、データ管理、記録保存及び文書保管するためのプロセスを確立すべきである。マネジメントシステムに関する具体的な勧告は、文献[17]に示されている。処分施設の開発のための計画は極めて長い。また、処分施設の供用期間全体を通して収集されるサーベイランスデータは、施設の供用期間の後期に行われる決定のために必要とされることになるため、マネジメントシステムはモニタリングとサーベイランスのデータの長期にわたる追跡可能性と透明性をもたらすべきである。

9.7. 施設の供用期間の後半におけるモニタリングとサーベイランスの必要性を予測するため及びその後の計画立案と措置に情報提供できるモニタリングデータを収集するために、準備がなされるべきである。

[原文空白]

参考文献

- [1] EUROPEAN ATOMIC ENERGY COMMUNITY, FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS, INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, INTERNATIONAL LABOUR ORGANIZATION, INTERNATIONAL MARITIME ORGANIZATION, OECD NUCLEAR ENERGY AGENCY, PAN AMERICAN HEALTH ORGANIZATION, UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME, WORLD HEALTH ORGANIZATION, Fundamental Safety Principles, IAEA Safety Standards Series No. SF-1, IAEA, Vienna (2006).
- [2] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Disposal of Radioactive Waste, IAEA Safety Standards Series No. SSR-5, IAEA, Vienna (2011).
- [3] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Classification of Radioactive Waste, IAEA Safety Standards Series No. GSG-1, IAEA, Vienna (2009).
- [4] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Geological Disposal Facilities for Radioactive Waste, IAEA Safety Standards Series No. SSG-14, IAEA, Vienna (2011).
- [5] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Near Surface Disposal Facilities for Radioactive Waste, IAEA Safety Standards Series No. SSG-29, IAEA, Vienna (2014).
- [6] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Radiation Protection and Safety of Radiation Sources: International Basic Safety Standards — Interim Edition, IAEA Safety Standards Series No. GSR Part 3 (Interim), IAEA, Vienna (2011).
- [7] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Environmental and Source Monitoring for Purposes of Radiation Protection, IAEA Safety Standards Series No. RS-G-1.8, IAEA, Vienna (2005).
- [8] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Monitoring and Surveillance of Residues from the Mining and Milling of Uranium and Thorium, Safety Reports Series No. 27, IAEA, Vienna (2002).
- [9] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Surveillance and Monitoring of Near Surface Disposal Facilities for Radioactive Waste, Safety Reports Series No. 35, IAEA, Vienna (2004).
- [10] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Programmes and Systems for Source and Environmental Radiation Monitoring, Safety Reports Series No. 64, IAEA, Vienna (2010).
- [11] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Monitoring of Geological Repositories for High Level Radioactive Waste, IAEA-TECDOC-1208, IAEA, Vienna(2001).
- [12] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Borehole Disposal Facilities for Radioactive Waste, IAEA Safety Standards Series No. SSG-1, IAEA, Vienna (2009).
- [13] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, The Safety Case and Safety Assessment for Disposal of Radioactive Waste, IAEA Safety Standards Series No. SSG-23, IAEA, Vienna (2012).
- [14] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Nuclear Security Recommendations on Physical Protection of Nuclear Material and Nuclear Facilities, IAEA Nuclear Security Series No. 13, IAEA, Vienna (2011).

- [15] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Nuclear Security Recommendations on Radioactive Material and Associated Facilities, IAEA Nuclear Security Series No. 14, IAEA, Vienna (2011).
- [16] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Occupational Radiation Protection, IAEA Safety Standards Series No. RS-G-1.1, IAEA, Vienna (1999).
- [17] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, The Management System for the Disposal of Radioactive Waste, IAEA Safety Standards Series No. GS-G-3.4, IAEA, Vienna (2008).
- [18] EUROPEAN COMMISSION, Thematic Network on the Role of Monitoring in a Phased Approach to Geological Disposal of Radioactive Waste, Final Report, Rep. EUR 21025 EN, EC, Luxembourg (2004).
- [19] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Preparedness and Response for a Nuclear or Radiological Emergency, IAEA Safety Standards Series No. GS-R-2, IAEA, Vienna (2002).
- [20] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, IAEA Safety Glossary: Terminology Used in Nuclear Safety and Radiation Protection, 2007 Edition, IAEA, Vienna (2007).
- [21] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, The Management System for Facilities and Activities, IAEA Safety Standards Series No. GS-R-3, IAEA, Vienna (2006).

添付資料I

地層処分計画のために収集されるモニタリングとサーベイランス情報の例

I-1. 地層処分施設の建設及び操業に先立って、更にそれらの期間中に、モニタリング計画が策定されて実施さなければならない。そうした計画の目的は、施設の操業中における作業員及び公衆の防護並びに環境の防護の確保に必要な条件を確認するために必要な情報を収集、更新するとともに、閉鎖後の施設の安全を低下させるような条件が存在しないことを確認することにある。モニタリング計画の前提条件は、モニタリングの過程で（受動的）安全バリアの機能が損なわれないことである。

I-2. 参考文献[I-1]に述べられているように、放射性廃棄物処分施設においてモニタリングされることになるパラメータは、以下のような様々なカテゴリーに分類することができる。

- ・ ベースラインの傾向の設定に必要なパラメータ
- ・ 廃棄物パッケージの挙動並びに関連する緩衝材及びシール材の挙動
- ・ 処分施設の構造物と人工バリアの劣化
- ・ 処分施設の建設によって引き起こされたニアフィールドの化学的及び物理的擾乱並びに導入された物質、地下水と母岩との間の相互作用
- ・ 周囲の地圏並びに大気の化学的及び物理的变化
- ・ 放射性汚染物質及びその他の汚染物質のレベル

I-3. モニタリングされたパラメータは環境データベースに記録されるものとする。全ての工学的構造物又は天然バリア、機能及びプロセスについてのモニタリングは、それらがセーフティケースにとって重要なものであると特定される場合に要求されることを強調しておく。

ベースラインの傾向の設定

I-4. 一定のモニタリング活動は、処分施設の建設及び操業によって引き起こされる摂動が蓄積し始める前に、処分施設開発計画のできるだけ早い時期に開始することが期待されている。この早期情報が重要なのは、これは処分システムの「擾乱されていない」環境や、

自然の性質及び特性の理解を増進することを可能にするためである。

I-5. ベースラインモニタリングは、連続的又は定期的な観測によって引き続きモニタリングされることになるパラメータの初期値に関係する。ベースラインモニタリングの範囲には、基礎地球科学、工学及び環境上の観点並びに処分施設の操業時及び閉鎖後の安全評価の観点から、潜在的に重要な状態及びパラメータの決定が含まれる。このモニタリングの範囲は、その有意性に関して調査の対象となっているため将来的に課題となる可能性があるベースラインのためのパラメータを記録することができるように、十分に幅広いものである必要がある[I-2]。たとえば、モニタリングは、建設及び操業期間の間に岩盤及び地下水システムにおいて起こる変化を評価するために、また閉鎖後段階においては、処分施設の存在が自然のプロセス及び環境に及ぼすかもしれないいかなる影響も評価するために利用されることになる。実際には、モニタリング計画はサイト調査段階に始まることになる。

I-6. ベースライン情報の確立との関連で主に重要な特性は、以下のとおりである。

- 母岩及び周囲の地層環境における地下水流動場（物質の特性、地下水圧の分布、動水勾配、涵養及び流出の領域など）
- 地下水の地球化学的特性（酸化還元、塩分濃度、主要及び微量元素の濃度、自然放射性核種の含有量など）
- 処分施設の一部となっている母岩の鉱物学
- 処分施設構造物の安定性に寄与する母岩の地盤力学的特性
- 適応可能であれば、処分施設の一部となっている母岩の物質輸送特性及び核種保持特性
- 処分施設システムの一部となっている母岩の不連続面（亀裂を含む）の特性
- 地下水、地表水、大気、土壌及び堆積物並びに動植物における自然放射能のバックグラウンドレベル
- 気象条件及び気候条件
- 水系及び浸透率を含む地表水系の水理学
- 自然生息地の生態学及び生態系

ベースラインデータは、確立される必要がある。重要なパラメータ値が上昇又は下降して

いくことが判明した場合、その傾向が確信を持って確認され、その傾向の理由が十分に良く理解されるまで、ベースラインモニタリングを継続することが必要になる。地上における環境指標のベースライン値の確立は比較的簡単である。一般に、測定のプロセスが測定されているパラメータに影響を及ぼすことはないためである（たとえば、気候因子や地表水理学に関する測定）。しかし、侵入型調査はそれ自体、サイト条件に依存してある程度自然の地下水系を擾乱することになる。例えば地下水圧や水化学的状態の変化など、処分施設の建設による後の影響を判断するためのベースライン状態の確立のためには、無擾乱状態が空間的にも時間的にも十分に特性調査されているという確信を得るのに十分な情報を地上探査段階において収集することが必要である。

定置された廃棄物パッケージの状態のモニタリング

I-7. 廃棄物パッケージの状態は廃棄物の回収可能性と関連しており、それゆえ廃棄物パッケージの健全性又は状態を示すパラメータのモニタリングは特に重要である。定置された廃棄物パッケージの状態は、腐食などの劣化現象及び廃棄物積み重ねの安定性、水分の再飽和（たとえば、緩衝材や廃棄物の）やガス発生などの影響に左右されることになる。

I-8. 廃棄物パッケージの状態の指標として利用するためにモニタリングすることができると思われるパラメータは、2つのカテゴリーに分類される。すなわち、直接測定することが可能なパラメータ（たとえば、腐食電流、ひずみ、粘土緩衝材の膨潤圧）及び環境パラメータ（たとえば、温度、湿度、水分再飽和圧力）である。一部の処分施設、特に LLW 及び ILW 処分施設の設計においては、廃棄物パッケージにできるだけ近いところの廃棄物由来ガスの解析が、廃棄物パッケージの健全性及び／又は既に定置された人工バリアの性能に関する有用な指標を提供する。

処分施設の構造物及び人工バリアのモニタリング

I-9. 処分施設の構造安定性の変化が、自然のプロセス及び人間活動の結果として生じることがある。周囲の領域を継続してモニタリングすることが、処分施設の安定性の評価又はその構造物や周囲の母岩の全ての動きの検知に寄与することがある。

I-10. モニタリングされるパラメータは、以下のとおりである。

- － 力学特性
- － 応力
- － ひずみ
- － 地下の開口部における従来型の方法による以下の観測項目
 - ・ 岩盤応力
 - ・ 支保工の変形及び荷重
 - ・ 壁面と覆工の変形
 - ・ 亀裂

I-11. 人工バリアは、廃棄物を隔離して閉じ込めるためにその周囲に定置される低透水性又は侵入抵抗性を含むあらゆる物質から構成される。人工バリアには、シール及び埋め戻し材の一部分並びに処分施設構造物の一部分が含まれる。

処分施設によって引き起こされる擾乱

I-12. 処分施設の建設は、先在する自然システムを擾乱することになる。その後の処分施設操業段階は、更に変化を引き起こすことになる。これらの変化のいくつかは、現れるまで何年も要するかもしれない。したがって、モニタリング計画は、例えば以下のような効果に起因する、処分施設の環境の変化に関係することになる。

- － 開削活動の結果としての力学的擾乱
- － 開削及び排水に起因する水理学的及び水化学的擾乱
- － 発熱性廃棄物の定置によって引き起こされる熱力学的影響
- － 処分施設の建設及び操業によって引き起こされる化学反応を原因とする地球化学的擾乱（主として空気の侵入であるが、同時に、埋戻し材、鉄筋やグラウト及び吹付けコンクリートのような補強材、シール材、廃棄物自体及び／又は廃棄物パッケージの構成要素の導入もある）

I-13. 母岩においてモニタリングされるパラメータは、以下の通りである。

- － 母岩における力学的擾乱
 - － 応力場
 - － 変形
 - － 亀裂
- － 水理学的擾乱
 - － 透水性
 - － 水圧
 - － 水分飽和度
- － 地球化学的擾乱
 - － 組成（間隙水及び鉱物学）
 - － pH 値
 - － 酸化還元電位
 - － 核種保持特性
 - － 生物学的変化
- － 熱的擾乱
 - － 温度分布
 - － 温度分布から得られる熱伝導率

放射性核種の放出のモニタリング

I-14. 実際には、地層処分施設の状態が通常の変遷を遂げるものとした場合、廃棄物パッケージ、人工バリア又は処分坑道からの放射性核種の放出をモニタリングすることは現実的でない。なぜなら、廃棄物容器の予想される供用期間は数千年であるためである。施設の状態が別の変遷を遂げた場合にのみ、放射性核種が比較的短い時間枠の中で放出されることが可能である。汚染物質の流動化や放出を比較する対象としてのベースラインを得るには、人工バリア、母岩及び地圏にわたって測定される以下のパラメータについての情報を得ることが必要である。

- － 浸出液のレベル

- － 地下水中放射能濃度
- － 潜在的な汚染領域における動水勾配並びに流れの速度と方向
- － 地下水面のレベル
- － 河川水の流量（これは水理学的状態に影響を及ぼす可能性があるだろう）
- － 帯水層の涵養
- － 水の化学組成

地圏の変化

I-15. 処分施設の周囲の地圏は、多くの異なる道筋で処分施設の存在に反応することになる（例えば、力学的、水理学的及び化学的に）。測定可能な関連パラメータは、温度、応力、地下水化学、地下水圧、溶質化学及び鉱物学である。これらのパラメータはしばしば、地上のサイト特性調査及び母岩の地下調査の間に掘削されるボーリング孔を利用して測定できることになる。処分施設の換気に反応した多くの鉱物学的変化は、処分施設のごく近くに限定される可能性が高い。

I-16. 地球物理学的手法が利用されることがある。例えば、

- － 電解質の存在によって地下水中のバックグラウンドを超える電気伝導率部分のブルームの輪郭を描き出すための、地盤の電磁地球物理学的測定
- － ラドンエマノメトリ法
- － 空中放射線分析法

I-17. 特に重要なのは、例えば主要な透水性亀裂の連続性など、隔離システムの長期性能に直接関係するかもしれない岩盤構造の水理学的及び力学的挙動の変化である。ここでもまた、これらの特質の調査は、地上のサイト特性調査及び母岩の地下調査の間に掘削されるボーリング孔によるものになる可能性が高い。

I-18. 飽和層に位置する処分施設の場合、処分施設が開放されている間、地下水は、処分施設の周囲又は、処分施設の中を通して流れることになる。しかし、処分施設の水分再飽和（もしくは、ことによると処分施設の一部の水分再飽和）後、地下水は処分施設を通過してから元の地圏へと流れることになる。これは、地圏における地球化学的变化を生じさせることになる。たとえば多量にセメントを利用するものなど、一部の処分施設概念の場合、これらの変化は甚大なものになるかもしれない。

環境データベースの開発

I-19. 数十年の期間にわたる環境データの蓄積は、処分施設の上の土地が他の用途の土地利用に適合することの評価を容易にする。

I-20. 潜在的な関連パラメータは以下のとおりである。

- － 気象学
- － 排水、水利用及び水質を含む水理学
- － 生物相、堆積物及び水域を含めた環境の様々な部分における放射性核種及びその他の汚染物質の濃度
- － その場所の地域生態学
- － 削剥、局所的な侵食や勾配の変化などの地形学的プロセス
- － 縦方向及び横方向の地盤運動速度、地震事象や地熱の流れなどの地殻変動活動
- － 周辺地域における土地利用

I-21. これらのパラメータは全て、地上から測定されることがある。データ取得は連続的で何年にも及ぶものと見込まれる。

データ収集の代替手法

I-22. モニタリングにおける全ての制約を考慮した方法を特定することができない場合は、代替戦略を用いなければならないようになる。広範に機器を配置した実証又はパイロット施設を処分施設の境界内もしくは同じ母岩内の近くに建設するオプションは、評価することができるかもしれない。これは、実際の隔離バリアのいかなる破壊も回避することになるだろう。論理的には、この実証は処分施設の操業許可の前に行われる必要があるであろうが、しかしいくつかの地層処分計画において、処分施設における操業と並行して、このような実証及び関連モニタリングを継続することが提案されている。このような戦略の想定される 1 つの利点は、全体的な処分システムの性能に関する想定信頼性のさらなる確認をもたらすことであろう。

I-23. 下の表 I-1 は、地層処分施設の開発の様々な期間における、モニタリングされる必要があるパラメータについてまとめたものである。

表 I-1 地層処分施設の開発の様々な期間にモニタリングされるパラメータ

モニタリングされることになるパラメータ／プロセス	操業前期間 (サイト選定及び施設建設を含む)	操業期間 (閉鎖を含む)	閉鎖後期間 ^a
ベースライン (初期値)			
母岩及び周囲の地圏における地下水流動場：			
－地下水圧の分布			
－動水勾配			
－流れ方向			
－透水性			
－涵養及び流出の領域			
地下水の地球化学的特性			
－酸化還元反応		X	
－塩分濃度		X	
－主要及び微量元素の濃度		X	
－自然放射性核種の含有量／バックグラウンド放射能		X	
		X	
処分施設の一部となっている母岩の鉱物学的特性		X	
処分施設構造物の安定性に寄与する母岩の力学的特性		X	

表 I-1 地層処分施設の開発の様々な期間にモニタリングされるパラメータ (続き)

モニタリングされることになるパラメータ/プロセス	作業前期間 (サイト選定及び施設建設を含む)	作業期間 (閉鎖を含む)	閉鎖後期間 ^a
処分施設の一部となっている母岩の核種保持特性及び水理特性	X		
処分施設の一部となっている母岩の不連続面 (亀裂を含む) の特性調査	X		
地下水、地表水、大気、土壌及び堆積物並びに動植物における自然放射能のバックグラウンドレベル	X		
周囲の地圏及び大気中の化学的及び物理的变化	X		
気象及び気候条件	X		
水系及び浸透率を含む地表水系の水理学	X		
自然生息地の生態学及び生態系	X	X	
処分施設構造物の力学特性		X	

59 頁の脚注参照

表 I-1 地層処分施設の開発の様々な期間にモニタリングされるパラメータ (続き)

モニタリングされることになるパラメータ／プロセス	作業前期間 (サイト選定及び施設建設を含む)	作業期間 (閉鎖を含む)	閉鎖後期間 ^a
人工バリアの力学特性		X	
人工バリアの核種保持特性及び水理学的特性		X	
ベースラインパラメータの継続中のモニタリング		X	X
廃棄物パッケージの健全性			
直接測定が可能なパラメータ：			
－腐食			
－ひずみ		X	(X)
－廃棄物パッケージに対する圧力 (すなわち、粘土緩衝材の膨潤圧)			
環境パラメータ：			
－温度			
－湿度		X	(X)
－水分再飽和			
－廃棄物由来ガスの特性			

表 I-1 地層処分施設の開発の様々な期間にモニタリングされるパラメータ (続き)

モニタリングされることになるパラメータ/プロセス	操業前期間 (サイト選定及び施設建設を含む)	操業期間 (閉鎖を含む)	閉鎖後期間 ^a
処分施設構造物及び人工バリア			
処分施設構造物及び人工バリアの構造安定性：			
－力学特性			
－応力			
－ひずみ		X	(X)
－地下の開口部における従来型の観測による			
・岩盤応力			
・支保工の変形及び荷重			
・壁面と覆工の変形			
・亀裂			
人工バリア (すなわち、埋め戻し材及びシール) の挙動：			
－水分再飽和率			
－以下における変化			
・水理学的特性		X	(X)
・力学特性 (膨潤を含む)			
・化学的特性			
・熱的特性			

59 頁の脚注参照

表 I-1 地層処分施設の開発の様々な期間にモニタリングされるパラメータ (続き)

モニタリングされることになるパラメータ／プロセス	作業前期間 (サイト選定及び施設建設を含む)	作業期間 (閉鎖を含む)	閉鎖後期間 ^a
処分施設への水の浸入又は処分施設を通る水の浸透を防止するため		X	(X)
処分施設 (建設、廃棄物の定置及び人工バリア) によって引き起こされる擾乱			
母岩における機械的擾乱:			
- 応力場	X	X	(X)
- 変形			
- 亀裂			
地球化学的擾乱:			
- 土壌組成 (間隙水及び鉱物学)			
- pH レベル	X	X	(X)
- 酸化還元反応			
- 核種保持特性			
- 生物学的変化			

表 I-1 地層処分施設の開発の様々な期間にモニタリングされるパラメータ (続き)

モニタリングされることとなるパラメータ/プロセス	操業前期間 (サイト選定及び施設建設を含む)	操業期間 (閉鎖を含む)	閉鎖後期間 ^a
水理学的擾乱：			
－透水性	X	X	(X)
－水圧			
－水分飽和度			
熱的擾乱：			
－温度分布		X	(X)
－熱伝導率			
放射性核種放出のモニタリング		X	(X)
浸出液のレベル		X	X
地下水における放射能濃度		X	X
潜在的な汚染領域の範囲			
潜在的な汚染域における動水勾配、流れの速度及び方向		X	X

59 頁の脚注参照

表 I-1 地層処分施設の開発の様々な期間にモニタリングされるパラメータ (続き)

モニタリングされることになるパラメータ／プロセス	作業前期間 (サイト選定及び施設建設を含む)	作業期間 (閉鎖を含む)	閉鎖後期間 ^a
地下水面のレベル		X	X
帯水層の涵養及び流出		X	X
水の化学組成		X	X
地圏の変化			
力学特性：			
－応力			
－ひずみ			
－亀裂 (優先経路を作り出しうると思われる連結性)		X	X
水理特性：			X
－地下水圧			
化学的特性：			
－溶質化学		X	X
－鉱物学			

表 I-1 地層処分施設の開発の様々な期間にモニタリングされるパラメータ (続き)

モニタリングされることになるパラメータ／プロセス	作業前期間 (サイト選定及び施設建設を含む)	作業期間 (閉鎖を含む)	閉鎖後期間 ^a
熱的特性： －温度		X	X
環境データベースの開発			
気象学	X	X	X
排水、水利用、水質を含む水理学	X	X	X
生物相、堆積物及び水域を含めた様々な環境コンパートメントにおける放射性核種及びその他の汚染物質の濃度	X	X	X
その場所の生態学	X	X	X
削剥、局所的な侵食や勾配の変化などの地形学的プロセス	X	X	X
垂直及び側方の地盤運動速度、地震事象や地熱熱流などの地殻変動活動	X	X	X

59 頁の脚注参照

表 I-1 地層処分施設の開発の様々な期間にモニタリングされるパラメータ (続き)

モニタリングされることになるパラメータ／プロセス	作業前期間 (サイト選定及び施設建設を含む)	作業期間 (閉鎖を含む)	閉鎖後期間 ^a
周辺地域における土地利用	X	X	X

^a 作業期間の間に測定されるパラメータは、閉鎖後期間の間もモニタリングが継続されることがあるが、長期間の安全に影響することがない限り範囲は縮小される。これは、(X)により示される。

添付資料 I の参考文献

- [I-1] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Monitoring of Geological Repositories for High Level Radioactive Waste, IAEA-TECDOC-1208, IAEA, Vienna (2001).
- [I-2] EUROPEAN COMMISSION, Thematic Network on the Role of Monitoring in a Phased Approach to Geological Disposal of Radioactive Waste, Final Report, Rep. EUR 21025 EN, EC, Luxembourg (2004).

添付資料 II

浅地中処分計画のためのモニタリングとサーベイランスプログラムの例

はじめに

II-1. プスポクスズィラギ (Püspökszilágy) にある放射性廃棄物処理処分施設は、ハンガリーの放射性廃棄物管理機関 (PURAM) によって1998年7月から運営されてきた。それ以前、サイトの操業が認められた1976年からは、同施設は国立公衆衛生・医療サービス組織によって運営されていた。同施設の任務は、ハンガリーにおいて小規模な生産者から発生する中レベル及び低レベル放射性廃棄物を収容することである。

II-2. サイトは、バルト海の海面から200～250mの高度にある丘陵の尾根に位置しており、地下水面上の厚さ約30mの不均質な第四紀堆積物（シルト及び粘土、低透水性）上にある。サイトは、南西はNemedi川、北東はSzilagyi川が境界となっている。施設は、最も近い村プスポクスズィラギ (Püspökszilágy) から1.5km離れている。

II-3. 施設はRadon型の浅地中処分施設である。放射性廃棄物の貯蔵及び処分のために、鉄筋コンクリート製の貯蔵ボルト（タイプA及びC、II-4及びII-5参照）及び炭素鋼／ステンレス鋼製の貯蔵井（タイプB及びD、II-6及びII-7参照）が用意されている。

II-4. 鉄筋コンクリート構造（壁厚40cm）であるAタイプの処分システムは、放射性固体廃棄物の処分用である。ボルトは4つあり（AI～AIV）、それぞれのボルトは70m³のセルからなる。これは廃棄物の定置の間は防護屋根によって覆われており、その後暫定的に密閉され、2m厚の粘土層によって覆われる。最終カバーはまだ設計中である。

II-5. Cタイプの処分システムは、固化された有機溶剤及び生物廃棄物の貯蔵用であるが、最近は中性子源の一時貯蔵に使用されている。これはそれぞれ1.5m³の8つのセルからなり、防護屋根によって覆われている。

II-6. Bタイプのシステムは、使用廃止密封線源の貯蔵用である。直径40mmの16の貯蔵井からなり、直径100mmの16の貯蔵井（深さ6m）がコンクリートモノリス構造内に設置されている。

II-7. Dタイプのシステムは、半減期が30年を超える使用廃止密封線源（ ^{226}Ra 及び ^{241}Am ）の貯蔵用である。これは、直径200mmの4つの貯蔵井及び直径100mmの16の貯蔵井（鋼内張りで、深さ6m）からなる。

操業前のモニタリングとサーベイランス活動

II-8. 処分施設が操業を開始する前の1974～1976年に、処分施設周辺の環境の最も重要な地点（すなわち、水路沿い及び地下水中）について基準レベル（すなわち、操業前のバックグラウンド値）が特定された。

II-9. 近くの村、施設が設置されている丘陵の周囲を流れる2つの小川沿い、丘陵の斜面上、そして施設の領域内においてサンプリング点が決定された。

II-10. モニタリングには、 ^{137}Cs の測定、異なる環境試料中の全ガンマ及びベータ放射能濃度が含まれた。

初期操業時のモニタリングとサーベイランス活動

II-11. 処分施設の操業の第一段階においては、モニタリングプログラムは以下の場所におけるサンプリングで構成された。

- 10箇所地下水モニタリング井戸（水）
- 地表水流沿いの8地点（水及び底質）
- 雨水採集ため池内（水及び底質）
- 植物サンプリングのための6地点
- エアロゾル及び降下物のための2箇所
- 食物試料（魚及び乳）のための2箇所

II-12. 1991年に、同サイトは3360m³から5040m³に拡張された。これに伴って、以下の機能についてのモニタリングシステムの拡張が実施された。

- － 水理地質学的（地下水）モニタリング：18の井戸が追加建設され、合計で28の井戸が地下水面の変化のモニタリングのために使われてきた。
- － 4箇所の固定測定点での地表モニタリングシステム
- － 浅地中放射線モニタリング（土壌中のガンマ放出同位体の放射能を監視するための、処分ポールト周囲におけるそれぞれ深さ7mの16の井戸）
- － 同位体水理学測定：地下水及び地表水における³H、¹⁴C、⁹⁰Sr及び化学組成
- － 2つの小川沿いの2箇所の横断面における水流測定
- － 新たな雨水採集用ため池のモニタリング

II-13. 収集されたデータの2年平均（1990～1991年）を用いて、基本レベルが計算された。

II-14. これらの新たな結果は、操業時モニタリング計画に組み込まれた。

II-15. システムの初期安全評価は1995年に実施されたが、それと同時に、さらなる入力データの収集を目的として気象観測システムが設置された。

操業時モニタリングとサーベイランス

II-16. 操業のための放射線学的モニタリング計画は操業前モニタリング計画とおおむね同様であるが、サンプリング頻度は一般に低減される。結果の定期レビュー並びにサンプリング及び測定手順に関する新たな勧告に基づいて、サンプリング頻度、測定される核種の範囲、そして使用されるモニタリング井戸が多少変更された。

II-17. 測定のために必要とされるサンプリング作業は、サイトの全域に、また水路に沿って20kmの境界内に及ぶ。

II-18. 最初の包括的な安全評価は2000年に実施され、これは1970年代に実施された地質学的調査及び1976～2000年に収集されたモニタリングデータに基づくものであった。この安

全評価の結果として、斜面の安定性に関して若干の懸念が示されたため、斜面の侵食可能性の調査がモニタリング計画に含まれた。

II-19. 後に、同サイトの許認可更新プロセスにおいて、規制機関はさらなる地質学的調査を要請し、これは2006年と2007年に実施された。

II-20. 2000年には、いくつかの地下水モニタリング井戸においてトリチウム濃度レベルの上昇が測定された。これは地元住民の被ばくに何ら影響を及ぼさなかったが、詳細な調査を行うために、操業モニタリングのために建築された井戸に加えて、連続モニタリングのための6つのモニタリング井戸が設置された。トリチウムの起源及び主たる経路が特定され、さらなる監視が行われた。

II-21. 2004年には、処理及び貯蔵建屋の改修に続いて、新たなエアロゾル及び土壌サンプリング点が設置された。

II-22. 施設の通常操業時には、エアボーン又は液体放射性物質の放出は、いずれも管理区域内に位置する作業建屋及び貯蔵建屋からのみ生じることが予測される。発生した少量の液体廃棄物は密閉タンクに貯蔵されており、これらのタンクからの放出は現在まで起きていない。

II-23. エアボーン放出モニタリングは、排気筒内に取り付けられたサンプリングユニットを用いた放出物質の測定によって実施される。通常操業条件下では放出は微小であり、バックグラウンド値と区別することができない。貯蔵建屋及び作業建屋からの放出も、卓越風の方向に沿って様々な位置に取り付けられたモニタリング装置によって監視される。

II-24. 施設の環境モニタリング活動は、いくつかの研究所によって実施される。最も重要な基本測定は、施設内部の研究所によって実施される。特殊な測定及び環境試料中の測定困難な同位体の検出は、ハンガリーの他の研究機関によって行われる。植物、動物、土壌、底質／泥、エアロゾル、降下物、地表水及び地下水の試料が、ガンマスペクトロメトリー及び全ベータ計数を用いた測定のために、施設の環境モニタリング研究所によって、40の異なるサンプリング箇所から定期的に採取される。

II-25 試料は、更に30の地下水モニタリング井戸からも採取される。施設のすぐ近くで採取された植物、土壌及び動物試料の高感度な測定値は、外部機関によって分析される。

II-26. モニタリングシステムのデータは、1976と1977年に特定された参照レベルと比較される。

II-27. 毎年、ほぼ600の試料が施設の周辺から採取される。およそ1000件の試験の結果は、自然バックグラウンド値からのいかなる検出可能な逸脱も示さなかった。このことは、管轄当局及び独立機関によって行われる対照試験によっても確認された。

II-28. 施設の周辺から収集された放射線学的情報は、国のデータベースに記録される。

II-29. モニタリングシステムの概要を表II-1に示す。

閉鎖後モニタリングのための計画

II-30. 現在のところ、閉鎖後モニタリングの要件は十分には定められていない。最終的には、それらの要件は、処分サイト及び周辺地域の物理的、生物学的及び地球化学的特質をしかるべく考慮して、規制機関によって指定されることになる。

表II-1. 貯蔵及び処分のモニタリングシステムの概要

サンプリングされる環境媒体	モニタリングの位置	モニタリングの種類	サンプリング方法	測定方法	比較対象
空気	最も近い村の中心部	環境	毎週のエアフィルター交換 降下物サンプリングボウル	全ベータ計数、及びガンマスペクトロメトリー	基準レベル
空気	処分区域の風下側	環境／線源	毎週のエアフィルター交換 毎週の降下物サンプリング 2か月ごとのシリカゲルへの ³ Hの吸着 及び水酸化バリウムによる ¹⁴ Cの吸着	全アルファ及び全ベータ計数 並びにガンマスペクトロメトリー トリチウム、放射性炭素及び ⁹⁰ Sr測定	基準レベル
空気	処理及び貯蔵建屋の風下100 m距離	環境／線源	フィルターテープの定期的な研究室への送致 シリカゲルへの ³ Hの吸着及び水酸化バリウムによる ¹⁴ Cの吸着	全アルファ及びベータ計数 並びにトリチウム、放射性炭素と ⁹⁰ Sr測定	基準レベル
空気	処理及び貯蔵建屋の排気筒	線源	毎週のエアフィルター交換 2か月ごとのシリカゲルへの ³ Hの吸着 及び水酸化バリウムによる ¹⁴ Cの吸着	全ベータ計数及びガンマスペクトロメトリー トリチウム、放射性炭素と ⁹⁰ Sr測定	放出限度

表II-1. 貯蔵及び処分のモニタリングシステムの概要（続き）

サンプリングされる環境媒体	モニタリングの位置	モニタリングの種類	サンプリング方法	測定方法	比較対象
空気	処理・貯蔵建屋の地下及び1階	線源	フィルターテープの定期的な研究室への転送	アルファ及びベータエアロゾル濃度の連続測定	放射線防護限度
地表水	最も近い村の中心部における小川1の上流	環境	年に二回の手動サンプリング	ガンマスペクトロメトリー及び全ベータ、 ³ H測定	基準レベル
地表水	小川1のサイトより上流	線源	年に二回の手動サンプリング及びポンピング	全ベータ計数及びガンマスペクトロメトリー、並びにトリチウム、放射性炭素、 ⁹⁰ Sr、誘導結合プラズマ (ICP) 測定	基準レベル
地表水	小川1のサイトから下流	環境	年に二回の手動サンプリング	全ベータ計数及びガンマスペクトロメトリー、並びにトリチウム測定	基準レベル
地表水	小川1沿いの養魚池	環境	年に二回の手動サンプリング	全ベータ計数及びガンマスペクトロメトリー	基準レベル

表II-1. 貯蔵及び処分のモニタリングシステムの概要（続き）

サンプリングされる環境媒体	モニタリングの位置	モニタリングの種類	サンプリング方法	測定方法	比較対象
地表水	最も近い村の中心部における小川2の上流	環境	小川1と同様	小川1と同様	基準レベル
地表水	小川2のサイトより上流	環境	小川1と同様	小川1と同様	基準レベル
地表水	小川2のサイトから下流	環境	小川1と同様	小川1と同様	基準レベル
地表水	取水河川の前後	環境	年1回の手動サンプリング	全ベータ計数及びガンマススペクトロメトリー	基準レベル
地表水	取水河川沿いの20 km	環境	年1回の手動サンプリング	全ベータ計数及びガンマススペクトロメトリー	基準レベル
雨水	90 m ³ の雨水採集用ため池（管理区域内）	線源	ため池が満杯になったときに手動サンプリング	全ベータ計数及びガンマススペクトロメトリー、並びにトリチウム、放射性炭素、 ³ H測定	放出限度

表II-1. 貯蔵及び処分のモニタリングシステムの概要（続き）

サンプリングされる環境媒体	モニタリングの位置	モニタリングの種類	サンプリング方法	測定方法	比較対象
雨水	60 m ³ の雨水採集用ため池（管理区域内）	線源	ため池が満杯になったときに手動サンプリング	全ベータ計数及びガンマスペクトロメトリー	放出限度
地下水	サイト周囲の斜面（23箇所の井戸）	環境	年に二回の手動サンプリング及びポンピング	³ H、 ¹⁴ C、全ベータ計数、ガンマスペクトロメトリー、 ⁹⁰ Sr、ICP測定	基準レベル
地下水	施設内部（10箇所の井戸）	線源	年に二回の手動サンプリング及びポンピング	³ H、 ¹⁴ C、全ベータ計数、ガンマスペクトロメトリー、 ⁹⁰ Sr、ICP測定	基準レベル
地下水	上へ向かう尾根（バックグラウンド）（3箇所の井戸）	環境（バックグラウンド）	年に二回の手動サンプリング及びポンピング	³ H、 ¹⁴ C、全ベータ計数、ガンマスペクトロメトリー、 ⁹⁰ Sr、ICP測定	基準レベル
地下水	管理区域内（6箇所の井戸）	線源	³ Hについては毎月、その他については年に二回の手動サンプリング及びポンピング	³ H、 ¹⁴ C、全ベータ計数、ガンマスペクトロメトリー、 ⁹⁰ Sr、ICP測定	基準レベル
沈殿物	泉沿い	環境	水からの泥の採取、底生生物を除く	全ベータ計数、ガンマスペクトロメトリー	基準レベル

表II-1. 貯蔵及び処分のモニタリングシステムの概要（続き）

サンプリングされる環境媒体	モニタリングの位置	モニタリングの種類	サンプリング方法	測定方法	比較対象
土壌	サイト内部（11箇所）	線源	年1回の手動サンプリング	全ベータ計数、ガンマスペクトロメトリー	基準レベル
土壌	サイト内部（6箇所）	線源	年1回の手動サンプリング	⁹⁰ Sr、全ベータ計数、ガンマスペクトロメトリー	基準レベル
土壌	サイト外部（4箇所）	環境	年1回の手動サンプリング	全ベータ計数、ガンマスペクトロメトリー	基準レベル
植物	泉沿い	環境	年2回の手動サンプリング	全ベータ計数、ガンマスペクトロメトリー	基準レベル
植物	サイト内部（5箇所）	環境	年2回の手動サンプリング	全ベータ計数、ガンマスペクトロメトリー、 ⁹⁰ Sr測定	基準レベル
動物	湖から	環境	全ての魚類のサンプリング、 在来魚のみ年2回	全ベータ計数、ガンマスペクトロメトリー、 ⁹⁰ Sr測定	基準レベル
動物	サイト内部	環境	サイトの羊、年に一度	全ベータ計数、ガンマスペクトロメトリー、 ⁹⁰ Sr測定	基準レベル

表II-1. 貯蔵及び処分のモニタリングシステムの概要（続き）

サンプリングされる環境媒体	モニタリングの位置	モニタリングの種類	サンプリング方法	測定方法	比較対象
水理地質学	26箇所の井戸内	環境	年2回の手持ち機器による測定	井戸内の水面水位	基準レベル
水理地質学	8箇所の井戸内	環境	設置された連続的な検出器	井戸内の水面水位	基準レベル
水理地質学	2つの小川における2横断面	環境	年2回の手持ち機器による測定	サイトに対する小川の上流及び下流の流出のモニタリング	基準レベル
放射線	6箇所における原位置	環境	年1回	原位置ガンマスペクトロメトリー	基準レベル
放射線	処分場所における線量計 (7)	線源	設置された検出器で継続的に	連続ガンマ線量率測定	放射線防護上の限度
放射線	建屋内の線量計 (23)	線源	設置された検出器で継続的に	連続ガンマ線量率測定	放射線防護上の限度
気象学	処分ボルトの隣	環境	自動気象観測ステーション	風、気温、蒸気、降水量	—
測地学	4箇所の固定測定点	環境	手持ち機器による測定	地表面のモニタリング、地表の移動のモニタリング	基準レベル

表II-1. 貯蔵及び処分モニタリングシステムの概要（続き）

サンプリングされる環境媒体	モニタリングの位置	モニタリングの種類	サンプリング方法	測定方法	比較対象
侵食	斜面	環境	設置された検出器で継続測定	雨の量及び侵食された土壌のモニタリング	—
排水	処分ボールドの下	サーベイランス	年2回の水の手動サンプリング	トリチウム測定、ガンマスペクトロメトリー	—

[原文空白]

文書起草及びレビューの協力者

Berkovskyy, V.	International Atomic Energy Agency
Bernier, F.	Federal Agency for Nuclear Control, Belgium
Bruno, G.	International Atomic Energy Agency
Dupuis, C.	Institute for Radiological Protection and Nuclear Safety, France
Hart, J.	Federal Agency for Nuclear Control, Belgium
Hioki, K.	Japan Atomic Energy Agency, Japan
Jakubick, A.	Wismut GmbH, Germany
Jova Sed, L.	International Atomic Energy Agency
Killey, R.W.D.	Atomic Energy of Canada Limited, Canada
Kozak, M.W.	Monitoring Scientific LLC, United States of America
Lush, D.	EcoMetrix, Inc., Canada
Mayer, S.	National Radioactive Waste Management Agency, France
McEwen, T.	T. McEwen Consulting, United Kingdom
Moeller, K.	International Atomic Energy Agency
Rendell, P.	Nuclear Decommissioning Authority, United Kingdom
Rowat, J.H.	International Atomic Energy Agency
Ruhrmann, G.	RuhrmannConsult, Germany