

日本原子力学会 2024春の年会

委員会セッション

低レベル放射性廃棄物処分の安全確保に向けた
最新の標準策定の取り組みについて

(3)改定標準の概要(L1施設の管理方法)

低レベル放射性廃棄物の埋設地に係る埋戻しの方法及び施設の管理方法
—中深度処分編:2023

2024年 3月26日

LLW埋設後管理分科会

標準の構成

序文

箇条1 適用範囲

箇条2 引用規格

箇条3 用語及び定義

箇条4 段階管理による安全確保の方策

4.1 一般

4.2 各段階において満たすべき基本安全機能

4.3 廃棄物埋設施設の建設と管理措置

4.4 基本安全機能と廃棄物埋設施設の建設及び管理措置との関係

4.5 段階移行要件及びその確認方法

箇条5 埋戻しの方法

5.1 一般

5.2 廃棄物埋設地の埋戻し

5.3 坑道の埋戻し

5.4 坑口の閉塞

箇条6 廃棄物埋設施設の管理方法

6.1 遮蔽に係る措置

6.2 漏えいの監視

6.3 飛散防止のための措置

6.4 地下水等の浸入防止のための措置

6.5 周辺監視区域における措置

6.6 廃棄物埋設地に係る保全

6.7 定期的な評価等

箇条7 記録

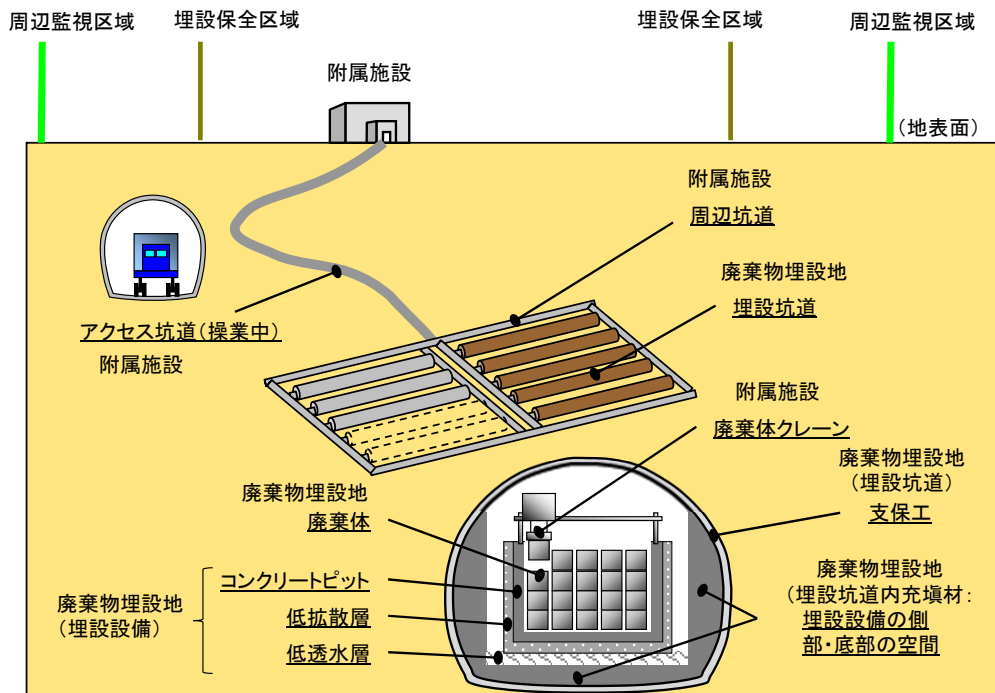
7.1 一般

7.2 第二種廃棄物埋設事業期間に保存する記録

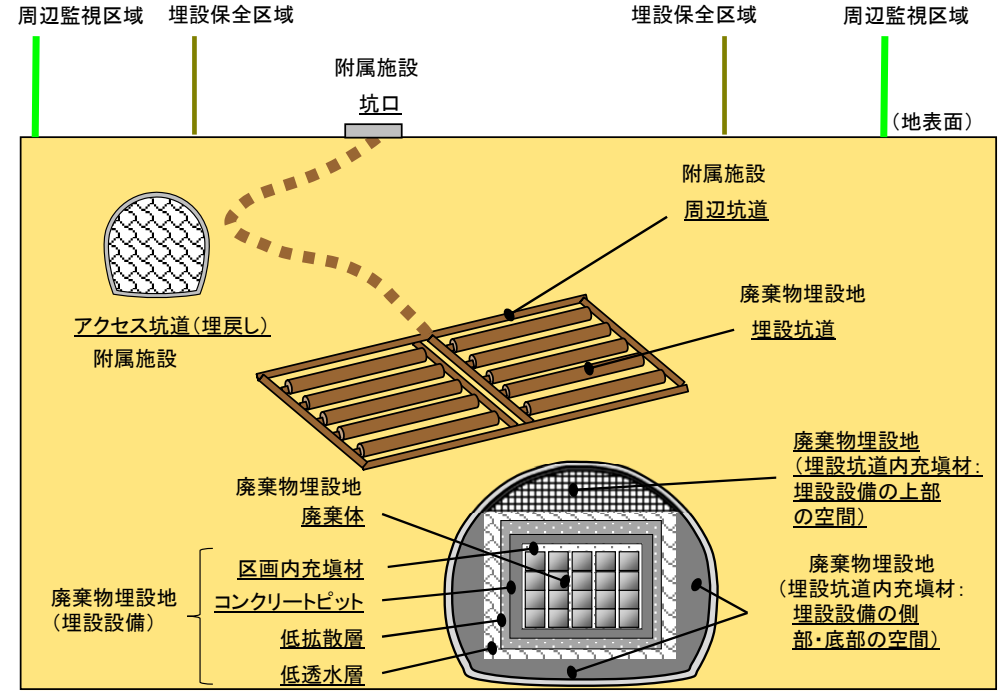
7.3 第二種廃棄物埋設事業の廃止時に移管する記録

箇条8 品質保証

本標準の参照処分場(中深度処分)



廃棄物の埋設段階



閉鎖措置段階 保全段階

本標準を適用する放射性廃棄物

- ・原子力発電所の運転及び廃止措置に伴って発生する放射能レベルの比較的高い炉心などの低レベル放射性廃棄物, MOX 燃料成型加工工場, 再処理工場の運転及び廃止措置に伴って発生する放射能レベルの比較的高い低レベル放射性廃棄物

箇条4 段階管理における安全確保の方策

【概要】

廃棄物埋施設には基本安全機能が求められる。第二種廃棄物埋設事業者は、基本安全機能を満足して、管理期間中の安全性及び廃止措置段階以降の長期間の安全性を確保するように廃棄物埋施設の設計を行い、安全評価によって公衆被ばくに対する安全性を確認する。また、基本安全機能を達成又は確認するために、廃棄物埋施設の建設を行い、その施設が設計どおりに建設されていることについて施設検査を行うとともに、管理措置を行う。この管理措置は、保安のために講ずべき措置として、放射線の影響が安全上支障のないレベル以下になることを確認するまでの間、放射能の減衰に応じて管理の内容を段階的に軽減しながら実施する(段階管理)。

ここで、廃棄物埋施設の建設のうち、廃棄物埋設地の埋戻しの完了が廃棄物の埋設段階から閉鎖措置段階への段階移行要件の一つであり、坑道の埋戻し及び坑口の閉塞の完了が閉鎖措置段階から保全段階への段階移行要件の一つである。

この標準では、段階管理に関する要件を取りまとめる観点から、廃棄物埋設地及び坑道の埋戻しの方法並びに廃棄物埋施設の管理方法について規定する。

表1 各段階管理において満たすべき基本安全機能

基本安全機能	廃棄物の埋設段階	閉鎖措置段階	保全段階	廃止措置段階	廃止措置の終了以降の長期間
遮蔽 ^{a)}	←→				
漏出防止	←→	←→	←→	←→	
移動抑制 ^{b)}		←→	←→	←→	←→
離隔 ^{b)}		←→	←→	←→	←→
注 ^{a)} 遮蔽は、附属施設だけに適用される。 注 ^{b)} 移動抑制及び離隔は長期にわたって要求される機能である。					

表2 廃棄物埋設地施設の建設と管理措置の実施時期

廃棄物埋設施設の建設と管理措置		建設段階	廃棄物の埋設段階	閉鎖措置段階	保全段階
廃棄物埋設施設の建設	坑道及び埋設坑道の掘削 ^{a)}	←	→		
	埋設設備の施工 ^{a)}	←	→		
	廃棄物埋設地の埋戻し ^{a)}		←	→	
	坑道の埋戻し及び坑口の閉塞			←	→
	附属施設の建設 ^{b)}	←	→	→	→
管理措置	遮蔽その他適切な措置		←	→	
	漏えいの監視		←	→	→
	飛散防止のための措置		←	→	
	地下水等の浸入防止のための措置		←	→	
	周辺監視区域等に係る監視		←	→	→
	廃棄物埋設地に係る保全		←	→	→
	定期的な評価等	←	→	→	→
記録 ^{c)}		←	→	→	→

注記1 廃棄物埋設施設の建設のうちハッチングしている箇所及び建設段階はこの標準の対象範囲外

注記2 点線の矢印は、矢印で示している期間のうちの一部が対象となる（注^{b)} 参照）

注^{a)} 坑道及び埋設坑道の掘削、埋設設備の施工、廃棄物埋設地の埋戻しは並行して行われると想定

注^{b)} 管理建屋等の附属施設の建設は必要な時期に実施

注^{c)} 記録はこの標準では管理措置には当たらないとしているが、管理措置に係る重要な情報を含み得るので、表に含めている。

**表3 基本安全機能を達成するための実施項目及び
実施項目で達成できたかどうかを確認する方法**

基本安全機能	基本安全機能を達成するための 実施項目	実施項目で達成できたかどうかを 確認する方法
遮蔽	・附属施設の遮蔽体の施工^{a)} ・遮蔽その他適切な措置^{b)}	・遮蔽その他適切な措置^{b)}
漏出防止	・埋設設備の施工^{a)} ・地下水等の浸入防止のための措置	・廃棄物埋設地の保全 ・漏えいの監視
移動抑制	・埋設設備の施工^{a)} ・廃棄物埋設地の埋戻し^{c)} ・坑道の埋戻し	
離隔	・坑道及び埋設坑道の掘削^{a)} ・坑道の埋戻し ・坑口の閉塞	

注記 その他の管理措置として飛散防止のための措置，周辺監視区域に係る監視，定期的な評価等がある。

注^{a)} ハッチングをしている箇所は，廃棄物埋設施設の建設のうち，この標準では規定していない項目で，残りの項目は埋戻しの方法に該当する。

注^{b)} 遮蔽その他適切な措置が両者にまたがっているが，左側は遮蔽の措置そのもの，右側は巡視・点検などで遮蔽機能がとられていることの確認の措置を含むためである。

注^{c)} “廃棄物埋設地の埋戻し”によって確保される基本安全機能（この表では移動抑制と想定）及び“廃棄物埋設地の埋戻し”に対する具体的な規定については埋戻し方法及び仕様が明確になった時点で必要に応じて設定する。

表6 段階移行要件と確認方法

段階移行時期	段階移行要件	確認方法
廃棄物の埋設段階 → 閉鎖措置段階	埋戻した埋設坑道及びその周囲が安全上支障を来す放射性物質の漏出が生じないよう適切なものであること	埋設坑道の埋戻しの施工時・完了時の検査
	廃棄物埋設地からの放射性物質の漏えいの徴候を示す物質が確認されないこと	漏えいの監視の結果
	異常な漏えいがあったと認められる場合などにおける廃棄物埋設地の設備の修復その他の方法が適切なものであること	廃棄物埋設地の保全の結果
	最新の技術的知見を踏まえた評価によって、廃棄物埋設施設の長期的な安全性が確保される見通しがあること	定期的な評価等の結果 ^{a)}
閉鎖措置段階 → 保全段階	埋戻した坑道及びその周囲が安全上支障を来す放射性物質の漏出が生じないよう適切なものであること	坑道の埋戻しの施工時・完了時の検査
	廃棄物埋設地からの放射性物質の異常な漏えいの徴候がないこと	漏えいの監視の結果
	異常な漏えいがあったと認められる場合などにおける廃棄物埋設地の設備の修復その他の方法が適切なものであること	廃棄物埋設地の保全の結果
	最新の技術的知見を踏まえた評価によって、廃棄物埋設施設の長期的な安全性が確保される見通しがあること	定期的な評価等の結果 ^{a)}
	閉鎖措置の方法が、異常な漏えいがあった場合において当該漏えいを著しく拡大させるおそれがないものであること	閉鎖措置の確認
保全段階 → 廃止措置段階	廃棄物埋設地からの放射性物質の異常な漏えいの徴候が確認されていないこと	漏えいの監視の結果
	最新の技術的知見を踏まえた評価によって、廃棄物埋設施設の長期的な安全性が確保される見通しがあり、廃棄物埋設地の保全の措置を必要としない状況にあること	定期的な評価等の結果 ^{a)}
注 ^{a)} 安全審査の段階における評価の前提条件が大きく変わっていないことの確認結果		

箇条5 埋戻しの方法

5.1 一般

中深度処分では、埋設設備の周辺に生じる埋設坑道内の空間を埋設坑道内充填材で充填することによって廃棄物埋設地の埋戻しを行う。全ての廃棄物埋設地の埋戻しが完了した後、閉鎖措置として、坑道の埋戻し及び坑口の閉塞並びに地下に設置した廃棄物埋設施設のうち、残置しておかない対象となる附属施設の解体及び撤去を行う。

この標準では、廃棄物埋設地の埋戻しについては、埋設坑道内充填材に与える機能によって材料の選定及び施工の方法として規定する内容が異なってくることから、それらの技術的要件を示すまでとする。また、坑道の埋戻し及び坑口の閉塞については、技術的要件を規定したうえで、材料の選定方法及び施工方法について規定する。

閉鎖措置の実施に際しては、事前に、閉鎖措置計画を記載した申請書を原子力規制委員会に提出し、認可を受ける必要がある。



・DOPASプロジェクト

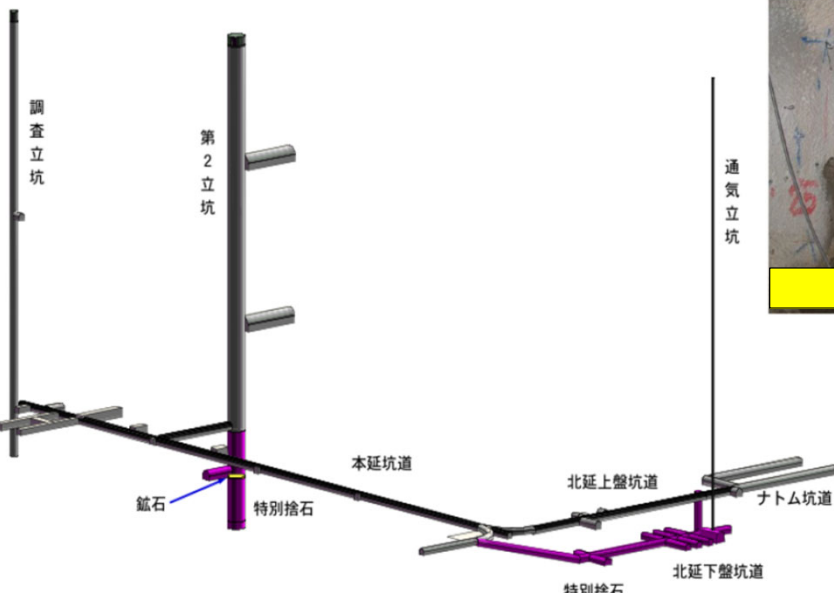
欧州8か国が参画するプラグ及びシールシステムを試験するための技術開発プロジェクト

・LUCOEXプロジェクト

Nagra, ANDRA, SKB, Posivaの4社が、安全で信頼性の高い技術的実現可能性を示すために実施したプロジェクト

・SKB,Posivaの埋戻しプロジェクト

埋戻しにブロックを設置する方法について検討



附属書E; 国内における埋戻し方法の事例(東濃鉱山)

附属書F; 諸外国における埋戻し方法の検討事例。

箇条5 埋戻しの方法

5.2 廃棄物埋設地の埋戻し

【技術的要件】

- ・申請時の安全評価で想定した埋設坑道内充填材の機能を満足すること
- ・その技術的要件に従って土質系材料及び／又はセメント系材料から使用材料を選定するとともに施工方法を選定する

埋戻し材の主たる要求機能

要求機能		段階	機能の内容	技術要件
基本安全機能	移動抑制	埋戻し後	低透水性によって、処分施設を通過する地下水流量の低減を行うこと ^{a)}	力学特性
			連続した地下水移動経路を形成しないこと 周辺岩盤よりも低い透水性を有すること ^{b)} 隙間なく充填されること ^{c)}	透水特性
注 ^{a)} 埋戻し材の“低透水性によって、処分施設を通過する地下水流量の抑制を行うこと”という機能に対する技術要件は、“埋戻し後以降の長期にわたり緩衝材の膨潤変形を十分小さい水準に抑制すること(力学特性)”としている。				
注 ^{b)} (社)土木学会の報告書[2]に示された機能に加え、本確認試験で追加した機能。				
注 ^{c)} (社)土木学会の報告書[2]に示された機能に加え、AESJ-SC-F019:2010[12]を参考にして、本確認試験で追加した機能。				

上部埋戻し材の要求機能、技術要件及び設計仕様項目

要求機能	段階	技術要件	設計仕様項目
基本安全機能	移動抑制(低透水性)	埋戻し後	透水特性
			透水係数

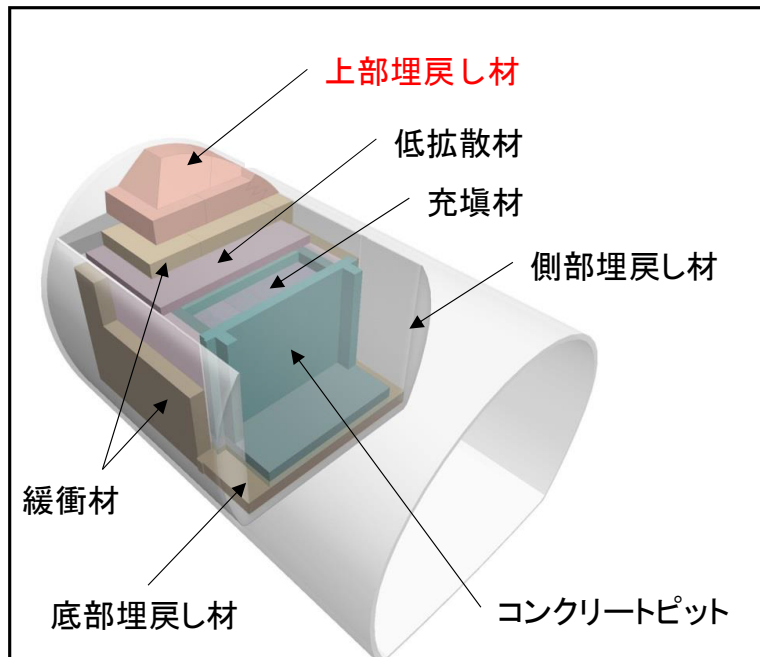
上部埋戻し材の要求機能、技術要件及び設計仕様項目

要求機能	管理項目	管理目標値	備考
移動抑制 (低透水性)	透水係数	$1 \times 10^{-8} \text{m/s}$ 以下	原地盤よりも小さい値
	乾燥密度	材料ごとに設定	検討課題の一つ



ベントナイト混合土; 混合率、乾燥密度等の施工目標設定

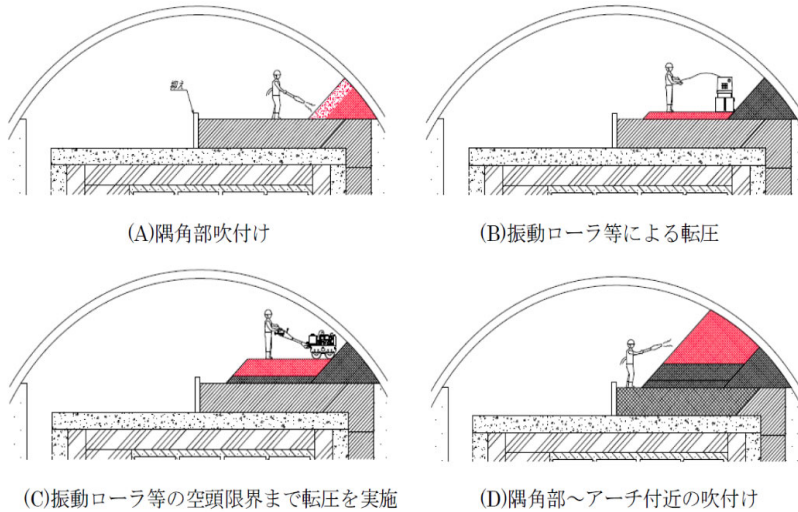
附属書G; 国内の確認試験による埋設坑道内充填材の施工事例



確認試験施設の構築状況

箇条5 埋戻しの方法

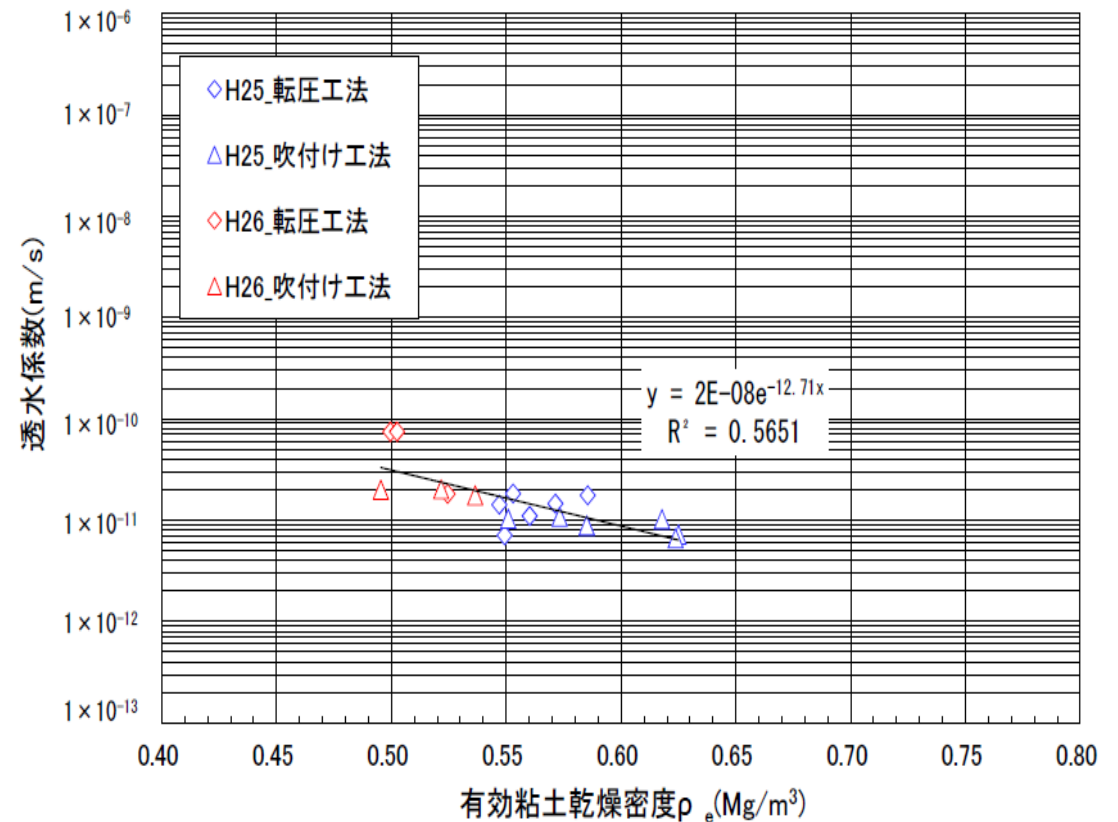
5.2 廃棄物埋設地の埋戻し



上部埋戻し材の施工手順の例



上部埋戻し材の施工例



施工後の上部埋戻し材の有効粘土密度と透水係数の関係

附属書G; 国内の確証試験による埋設坑道内充填材の施工事例

箇条5 埋戻しの方法

5.3 坑道の埋戻し

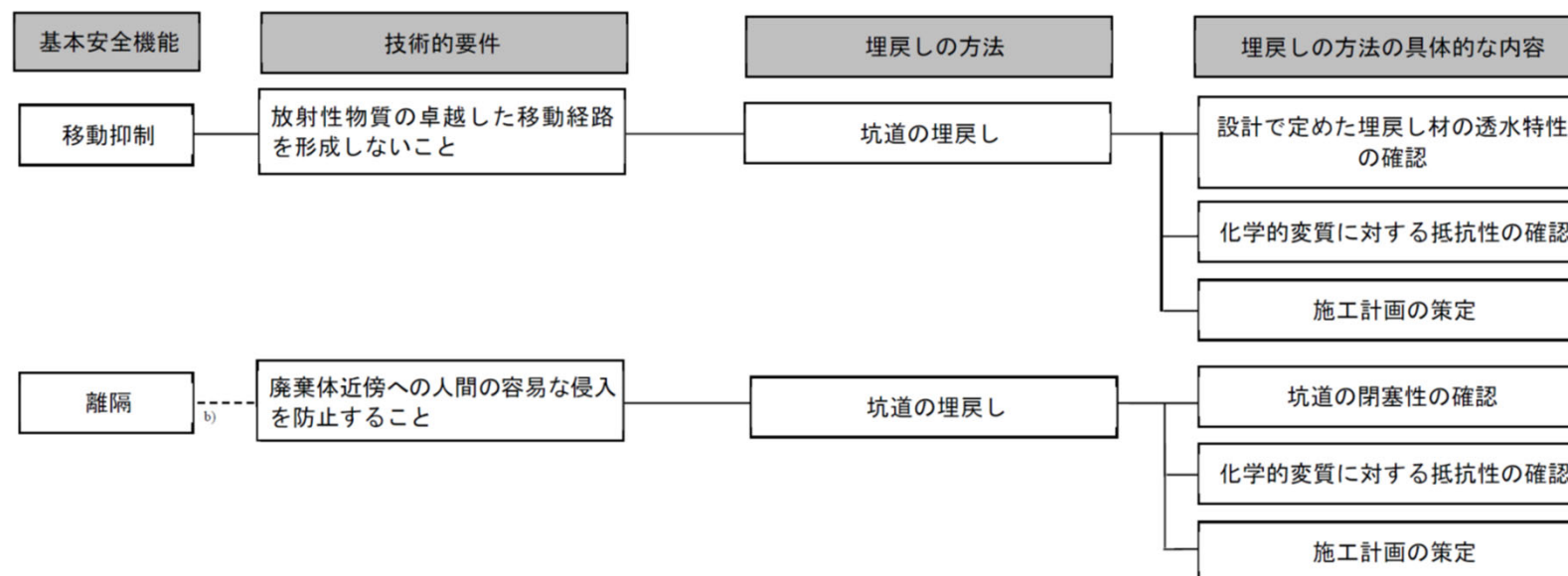
	廃棄物の埋設段階	閉鎖措置段階	保全段階	廃止措置段階	廃止措置の終了以降の長期間
管理措置	坑道の埋戻し			a)	a)
基本安全機能	移動抑制				
	離隔				

—— 管理措置を実施する時期
 === 管理措置と関連付けられる基本安全機能が要求される期間

注記1 この段階の時期を示す棒グラフは、単純に下図で説明している当該の管理措置を実施する時期とその管理措置と関連付けられる基本安全機能が要求される期間の範囲を示したものであり、管理措置と基本安全機能の全般的な関係は箇条4で説明している。

注記2 坑道の埋戻しが閉鎖措置段階の終了付近の時期までとしているのは、次工程として坑口の閉塞があるためである（表C.1、図H3参照）。

注 a) この標準の適用範囲外



注記 坑道の埋戻しに関しては、施工管理、施工時の品質管理を含む。

注 b) 図中の点線は、管理措置の目的が基本安全機能の離隔の確保の前提となるものであることを示す。

附属書H; 坑道の埋戻しの技術的要件及び具体的な内容(閉鎖措置段階)

箇条5 埋戻しの方法

5.4 坑口の閉塞

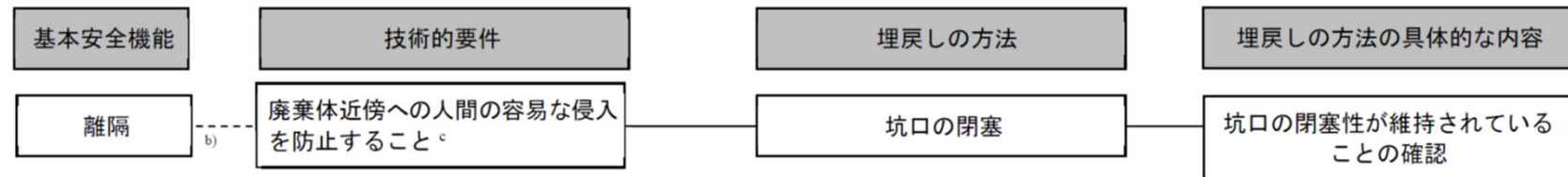
		廃棄物の埋設段階	閉鎖措置段階	保全段階	廃止措置段階	廃止措置の終了以降の長期間
管理措置	坑口の閉塞				a)	a)
基本安全機能	離隔					

—— 管理措置を実施する時期
 === 管理措置と関連付けられる基本安全機能が要求される期間

注記1 この段階の時期を示す棒グラフは、単純に下図で説明している当該の管理措置を実施する時期とその管理措置と関連付けられる基本安全機能が要求される期間の範囲を示したものであり、管理措置と基本安全機能の全般的な関係は箇条4で説明している。

注記2 坑口の閉塞を閉鎖措置段階の終了付近の時期としているのは、前工程として坑道の埋戻しがあるためである（表C.1、図H.2参照）。

注 a) この標準の適用範囲外



注 ^{b)} 図中の点線は、管理措置の目的が基本安全機能の離隔の確保の前提となるものであることを示す。

注 ^{c)} 坑口の閉塞の管理措置の目的は、少なくとも管理期間の間を必須とする。

附属書H; 坑口の閉塞の技術的要件及び具体的な内容(閉鎖措置段階)

箇条6 廃棄物埋設施設の管理方法

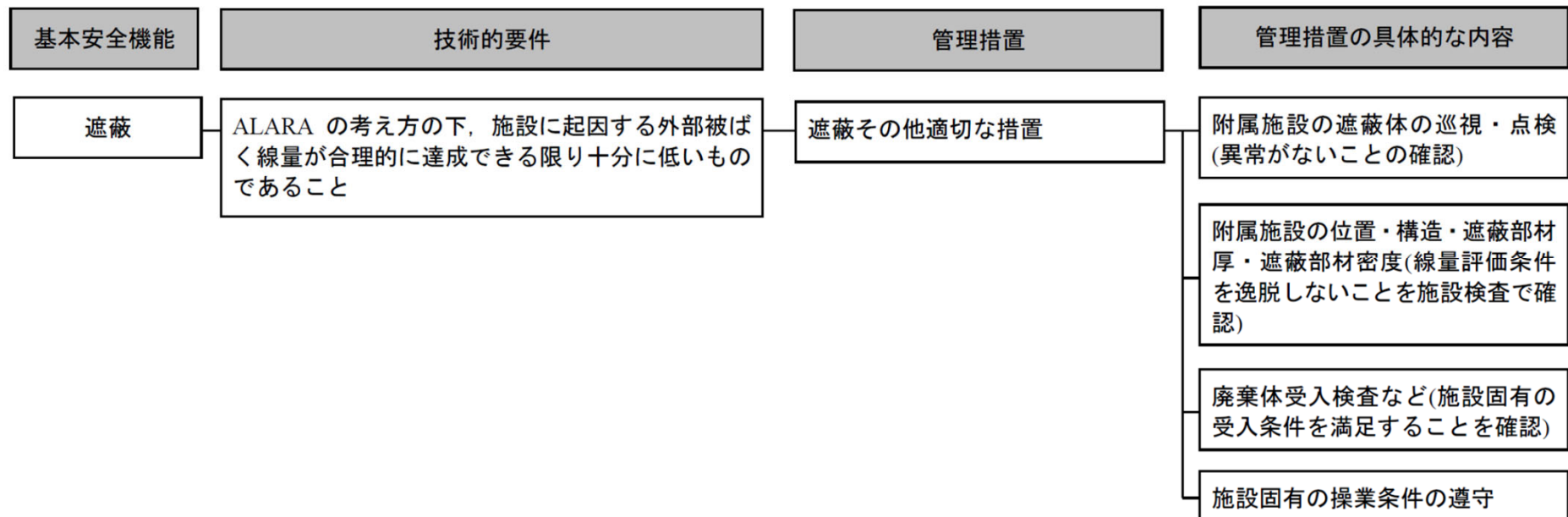
6.1 遮蔽に係る措置

		廃棄物の埋設段階	閉鎖措置段階	保全段階	廃止措置段階	廃止措置の終了以降の長期間
管理措置	遮蔽その他適切な措置				a)	a)
基本安全機能	遮蔽					

 管理措置を実施する時期
 管理措置と関連付けられる基本安全機能が要求される期間

注記 この段階の時期を示す棒グラフは、単純に下図で説明している当該の管理措置を実施する時期とその管理措置と関連付けられる基本安全機能が要求される期間の範囲を示したものであり、管理措置と基本安全機能の全般的な関係は箇条4で説明している。

注 a) この標準の適用範囲外



附属書K 遮蔽その他適切な措置の技術的要件及び具体的な内容(廃棄物の埋設段階)

箇条6 廃棄物埋設施設の管理方法

6.2 漏えいの監視

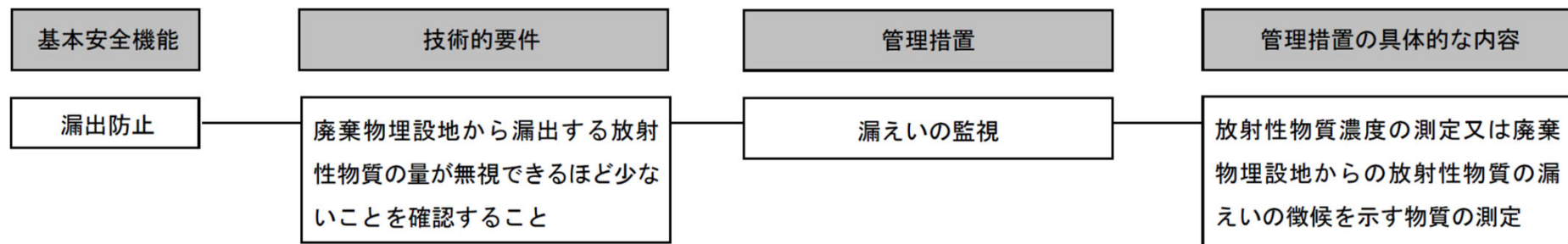
実施時期	廃棄物の埋設段階	閉鎖措置段階・保全段階
漏出防止の範囲	廃棄物埋設地内	廃棄物埋設地内
監視対象	湧水, 裏面排水	近傍地下水
測定項目	放射性物質の濃度又は廃棄物埋設地からの放射性物質の漏えいの徴候を示す物質	放射性物質の濃度又は廃棄物埋設地からの放射性物質の漏えいの徴候を示す物質

		廃棄物の埋設段階	閉鎖措置段階	保全段階	廃止措置段階	廃止措置の終了以降の長期間
管理措置	漏えいの監視				a)	a)
基本安全機能	漏出防止					

管理措置を実施する時期
 管理措置と関連付けられる基本安全機能が要求される期間

注記 この段階の時期を示す棒グラフは、単純に下図で説明している当該の管理措置を実施する時期とその管理措置と関連付けられる基本安全機能が要求される期間の範囲を示したものであり、管理措置と基本安全機能の全般的な関係は箇条4で説明している。

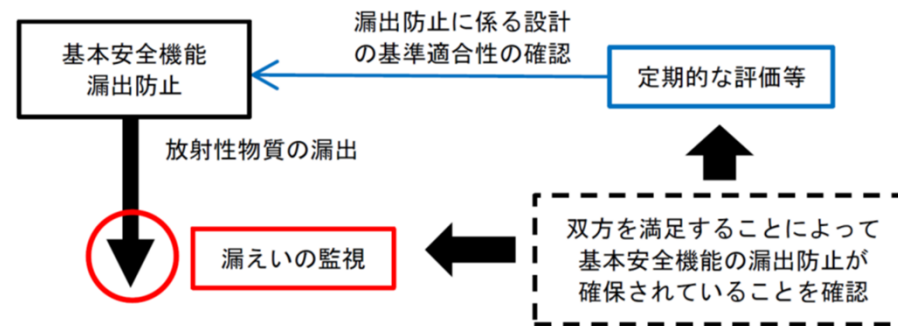
注 a) この標準の適用範囲外



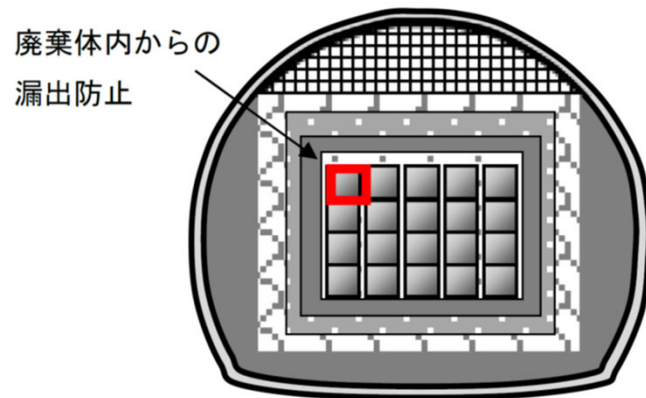
附属書M 漏えいの監視の技術的要件及び具体的な内容

箇条6 廃棄物埋設施設の管理方法

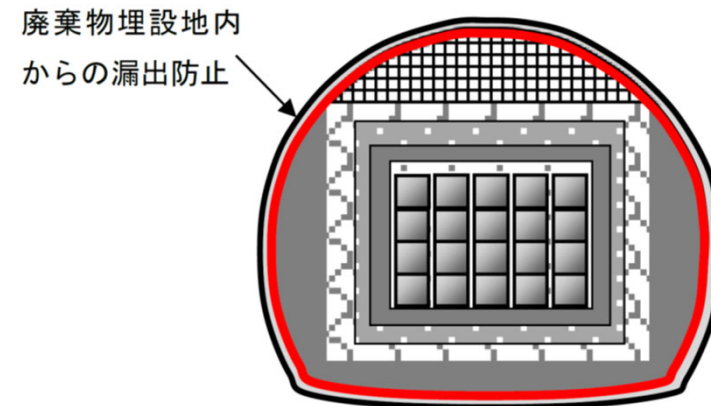
6.2 漏えいの監視



基本安全機能の漏出防止の確保の考え方



(廃棄物の埋設段階, 閉鎖措置段階, 保全段階, 廃止措置段階)
廃棄体だけで漏出防止する場合の漏出防止の範囲



(廃棄物の埋設段階, 閉鎖措置段階, 保全段階, 廃止措置段階)
人工バリア全体で漏出防止する場合の漏出防止の範囲

漏出防止の範囲

附属書N 漏出防止に係る監視の考え方

箇条6 廃棄物埋設施設の管理方法

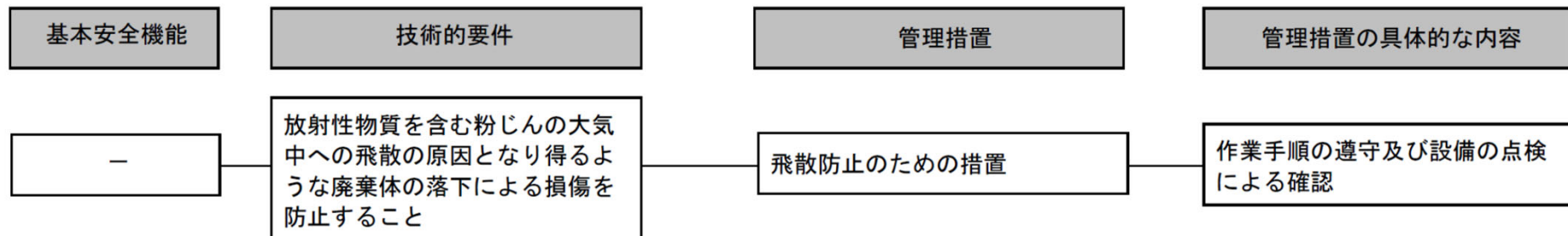
6.3飛散防止のための措置

		廃棄物の埋設段階	閉鎖措置段階	保全段階	廃止措置段階	廃止措置の終了以降の長期間
管理措置	飛散防止のための措置				a)	a)
基本安全機能	—					

 管理措置を実施する時期
 管理措置と関連付けられる基本安全機能が要求される期間

注記 この段階の時期を示す棒グラフは、単純に下図で説明している当該の管理措置を実施する時期とその管理措置と関連付けられる基本安全機能が要求される期間の範囲を示したものであり、管理措置と基本安全機能の全般的な関係は箇条4で説明している。

注 a) この標準の適用範囲外



注記 別途、廃棄体の技術基準として、想定される最大高さから落下した場合においても、放射性物質が容易に飛散又は漏えいしないことが求められている。その他、必要に応じて、飛散防止のための措置を講じる。

附属書U 飛散防止のための措置の技術的要件及び具体的な内容(廃棄物の埋設段階)

箇条6 廃棄物埋設施設の管理方法

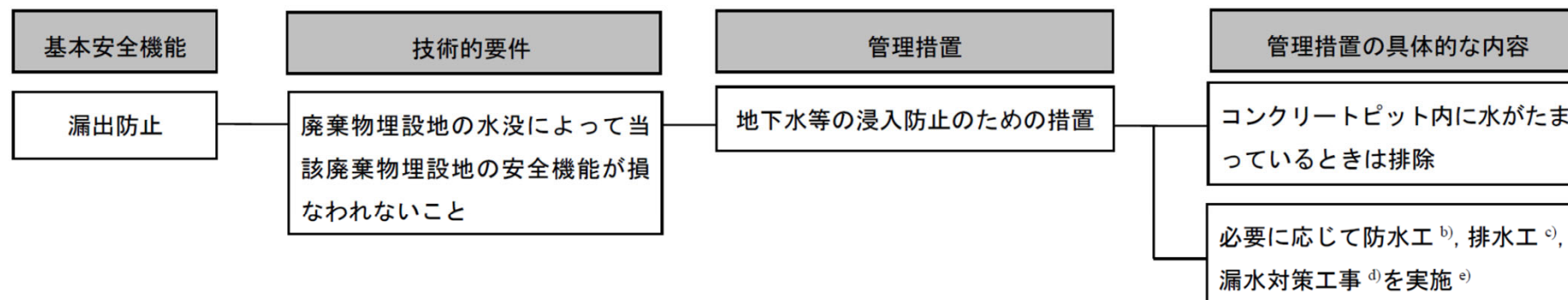
6.4 地下水等の浸入防止のための措置

		廃棄物の埋設段階	閉鎖措置段階	保全段階	廃止措置段階	廃止措置の終了以降の長期間
管理措置	地下水等の浸入防止のための措置				a)	a)
基本安全機能	漏出防止					

 管理措置を実施する時期
 管理措置と関連付けられる基本安全機能が要求される期間

注記 この段階の時期を示す棒グラフは、単純に下図で説明している当該の管理措置を実施する時期とその管理措置と関連付けられる基本安全機能が要求される期間の範囲を示したものであり、管理措置と基本安全機能の全般的な関係は箇条4で説明している。

注 a) この標準の適用範囲外



注 b) 覆工内面に漏水を生じさせないように適切な湧水対策を行った後に防水シートなどを施工[2]。

注 c) トンネル湧水などを停滞させることなく排水するための裏面排水工など[2]。

注 d) 防水工を施工したにもかかわらず打ち継ぎ目などから覆工内面に漏水が生じたときには、止水又は導水を行って漏水に対処[2]。

注 e) 防水工、排水工、漏水対策工については、必要に応じて、建設段階から実施する。

附属書V 地下水等の浸入防止のための措置の技術的要件及び具体的な内容(廃棄物の埋設段階)

箇条6 廃棄物埋設施設の管理方法

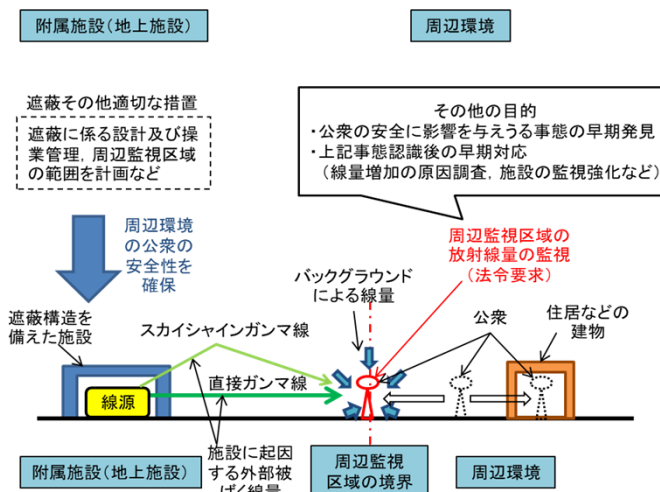
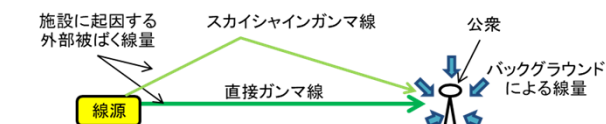
6.5 周辺監視区域における措置

周辺監視区域に係る監視

監視対象	周辺地下水中の放射性物質濃度	施設に起因する外部被ばく線量: 附属施設(地上施設)の線源
監視場所	周辺監視区域境界付近	周辺監視区域境界付近
監視頻度	1回/月	1回/月
注記 この標準では規定しないが、法令要求として附属施設の排気・排水における放射性物質濃度、降雨、地下水の水位の監視がある(附属書W)。		

周辺監視区域に係る監視の管理項目の抽出

管理措置の目的	措置	管理項目
周辺地下水中の放射性物質濃度が周辺監視区域外の濃度限度を超えないようにすること	周辺地下水中の放射性物質濃度が周辺監視区域外の濃度限度を超えないようにすることの監視	周辺地下水中 ^{a)} の放射性物質濃度の測定 ^{b)}
施設に起因する外部被ばく線量が周辺監視区域外の線量限度を超えないようにすること	施設に起因する外部被ばく線量が周辺監視区域外の線量限度を超えないようにすることの監視	周辺監視区域 ^{c)} の放射線量の測定 ^{b)}
注 ^{a)} 周辺監視区域の廃止後は近傍地下水中の放射性物質濃度の測定を実施 注 ^{b)} 平常時の変動幅を超える場合は原因究明を行い、必要に応じて監視を強化 注 ^{c)} 周辺監視区域の廃止後は必要に応じて敷地境界付近など適切な場所を実施		



周辺監視区域の放射線量の監視に係る模式図

附属書W 周辺監視区域に係る監視の考え方

箇条6 廃棄物埋設施設の管理方法

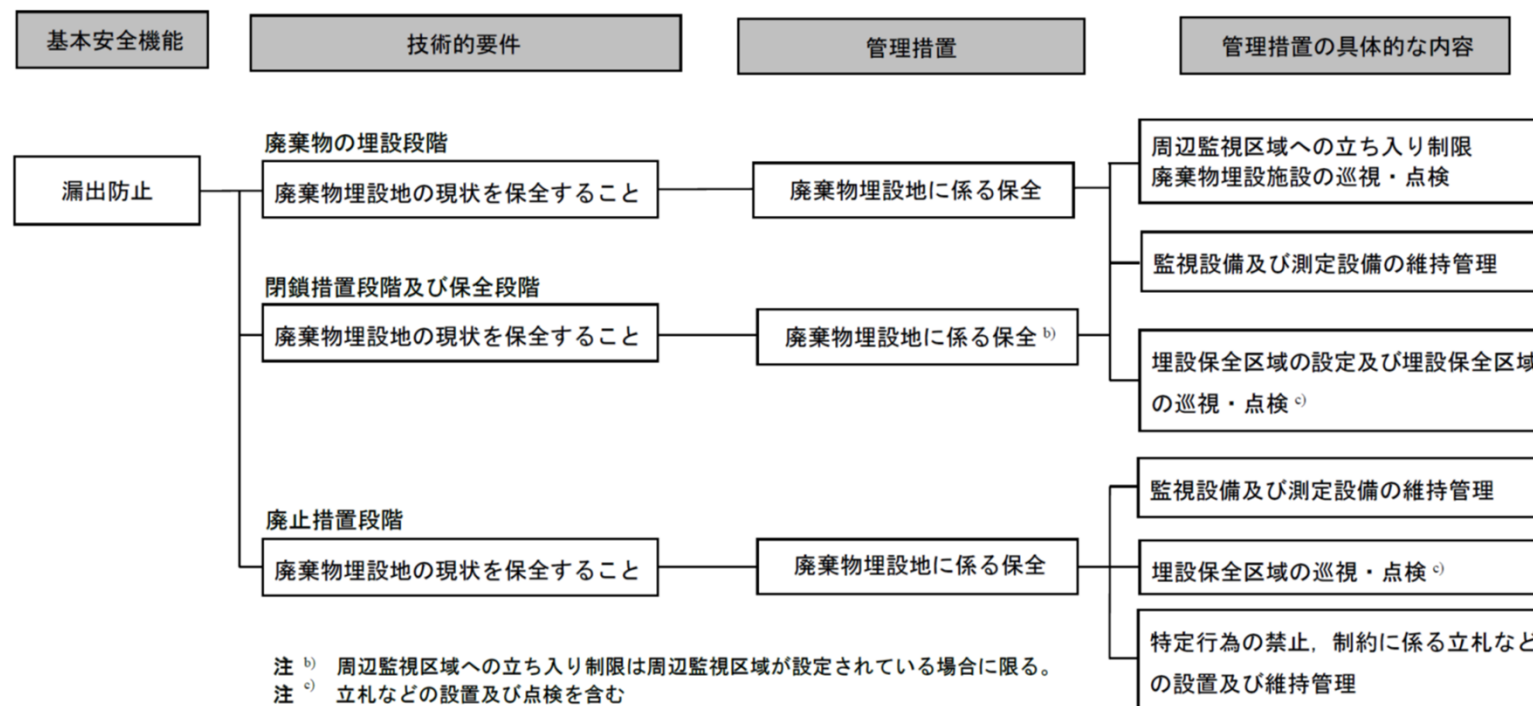
6.6 廃棄物埋設地に係る保全

		廃棄物の埋設段階	閉鎖措置段階	保全段階	廃止措置段階	廃止措置の終了以降の長期間
管理措置	廃棄物埋設地の保全				a)	a)
基本安全機能	漏出防止					

管理措置を実施する時期
 管理措置と関連付けられる基本安全機能が要求される期間

注記 この段階の時期を示す棒グラフは、単純に下図で説明している当該の管理措置を実施する時期とその管理措置と関連付けられる基本安全機能が要求される期間の範囲を示したものであり、管理措置と基本安全機能の全般的な関係は箇条4で説明している。

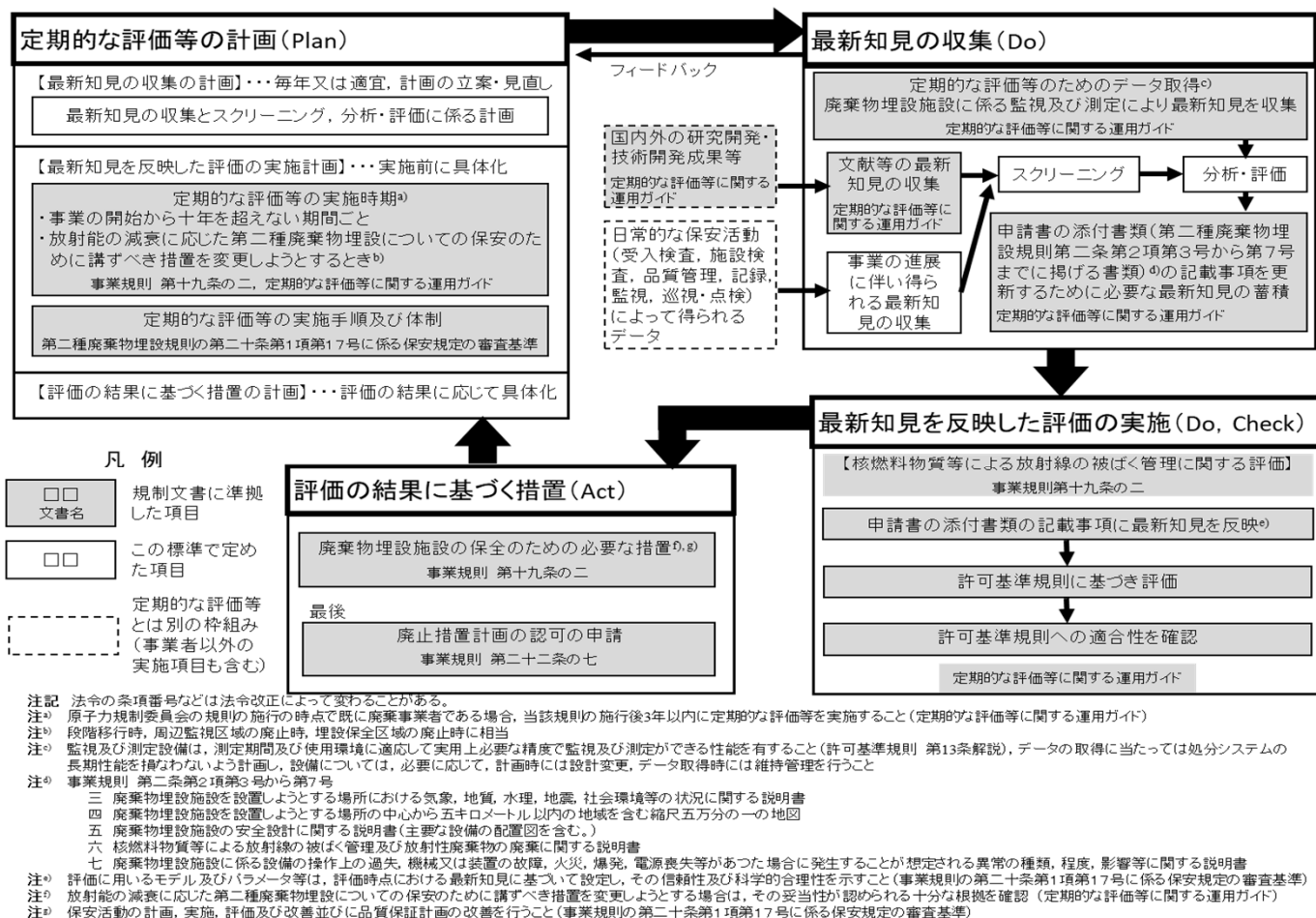
注^{a)} この標準の適用範囲外



附属書X 廃棄物埋設地に係る保全の技術的要件及び具体的な内容(廃棄物の埋設段階、閉鎖措置段階、保全段階)

箇条6 廃棄物埋設施設の管理方法

6.7 定期的な評価等



定期的な評価等のPDCAサイクル

附属書AC 定期的な評価等に係る基本安全機能と最新知見との関係の整理

箇条7 記録

【概要】

低レベル放射性廃棄物処分における記録管理は、廃棄物埋設地の適正な維持管理のために必要な記録を適切に保存することによって廃棄物埋設地の保全、第二種廃棄物埋設事業の廃止以降の廃棄物埋設地の安全性を保証するために必要なものであり、ここに管理期間及び事業廃止時において保管すべき記録の項目及びその保存方法についての留意事項を規定する。

第二種廃棄物埋設事業期間に保存する記録	
記録の項目	低レベル放射性廃棄物の埋設において取得される情報を対象に、それらの安全確保上の重要度を検討し、管理期間終了まで保存する記録項目を選定する。
記録の保存方法	管理期間中にあっては、人が直接知覚でき、保存性に配慮した素材によって記録を作成するとともに、バックアップとして、電磁的方法によって記録を作成し、保存してもよい。
記録の保存期間	廃棄物埋設地の保全に支障を来す事象を抑制するために必要な情報及び廃止措置に必要な情報の記録の保存期間は、原子力規制委員会の廃止措置の終了確認を受けるまでとする。
第二種廃棄物埋設事業の廃止時に移管する記録	
記録の項目	廃棄物埋設施設に関する記録情報は将来世代の人々が、現世代が残した廃棄物埋設地の不認知による偶発的な侵入を避けるため、また廃棄物埋設施設及びその周辺の区域の再利用を考える場合に有用なものとする。
記録の保存方法	第二種廃棄物埋設事業の廃止以降の記録にあっては、長期的な保存の必要性があることから耐久性のある素材を用いるなどの記録の保存方法を採用することが望ましい。