

東海低レベル放射性廃棄物埋設事業所

第二種廃棄物埋設事業許可申請

第二種廃棄物埋設施設の位置、構造及び

設備の基準に関する規則第十五条

(監視測定設備)

への適合性について

2022年8月

日本原子力発電株式会社

目次

1	はじめに	1
2	設計対象設備	4
3	第二種埋設許可基準規則への適合のための設計方針	4
4	第二種埋設許可基準規則への適合性説明	7

添付資料 1 第十五条 監視測定設備 第三号 地下水の水位その他の
廃棄物埋設地及びその周囲の状況の監視及び測定の考
え方

1 はじめに

本資料は、東海低レベル放射性廃棄物埋設事業所 第二種廃棄物埋設事業許可申請について、「第二種廃棄物埋設施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則」（以下「第二種埋設許可基準規則」という。）第十五条及び「第二種廃棄物埋設施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則の解釈」（以下「第二種埋設許可基準解釈」という。）第15条への適合性を説明するものである。

第二種埋設許可基準規則第十五条及び第二種埋設許可基準解釈第15条の要求事項を第1表に示す。

第1表 第二種埋設許可基準規則及び第二種埋設許可基準解釈の要求事項 (1/2)

第二種埋設許可基準規則	第二種埋設許可基準解釈
<p>(監視測定設備)</p> <p>第十五条 事業所には、次に掲げる事項を監視し、及び測定し、並びに必要な情報（第二号に掲げる事項に係るものに限る。）を適切な場所に表示できる設備を設けなければならない。</p> <p>一 中深度処分を行う場合にあつては廃棄物埋設地から漏えいする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、ピット処分又はトレンチ処分を行う場合にあつては廃棄物埋設地から漏えいする放射性物質の濃度又は線量</p>	<p>第15条 (監視測定設備)</p> <p>1 第1号に規定する「廃棄物埋設地から漏えいする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」及び「廃棄物埋設地から漏えいする放射性物質の濃度又は線量」を監視し、及び測定できる設備は、次に掲げる要件を満たすものをいう。</p> <p>三 トレンチ処分に係る廃棄物埋設施設は、埋設する放射性廃棄物の受入れの開始から廃止措置の開始までの間において、廃棄物埋設地から漏えいする放射性物質の濃度又は線量を監視及び測定できる設計であること。</p> <p>2 上記1の設備は、次に掲げる要件を満たすものをいう。</p> <p>一 測定期間及び使用環境に適応して実用上必要な精度で監視及び測定ができる性能を有し、かつ、人工バリア及び天然バリアの機能を著しく損なわないものであること。</p> <p>二 廃止措置の開始以降において設備を設置した場所を經由した放射性物質の異常な漏えいが生じるおそれがある場合は、異常な漏えいが生じないように当該設備の解体及び埋戻しを行うことができるものであること。</p>

第1表 第二種埋設許可基準規則及び第二種埋設許可基準解釈の要求事項 (2/2)

第二種埋設許可基準規則	第二種埋設許可基準解釈
<p>二 事業所及びその境界付近における放射性物質の濃度及び線量</p>	<p>4 第2号に規定する「事業所及びその境界付近における放射性物質の濃度及び線量」を監視し、及び測定できる設備は、埋設する放射性廃棄物の受入れの開始から廃止措置の開始までの間において、廃棄物埋設施設からの直接ガンマ線及びスカイシャインガンマ線による周辺環境における放射線量並びに操業に伴い周辺環境に放出される放射性物質の濃度等を監視及び測定できる設計であること。</p>
<p>三 地下水の水位その他の廃棄物埋設地及びその周囲の状況</p>	<p>5 第3号に規定する「地下水の水位その他の廃棄物埋設地及びその周囲の状況」を監視し、及び測定できる設備は、事業規則第19条の2に規定する定期的な評価等に必要データを取得するため、人工バリア及び天然バリアの機能並びにこれらに影響を及ぼす地下水の状況等の監視及び測定項目を選定し、埋設する放射性廃棄物の受入れの開始から廃止措置の開始までの間において、監視及び測定できる設計であること。ただし、実際の環境と類似した環境下での原位置試験等の間接的な方法により人工バリア及び天然バリアの機能並びにこれらに影響を及ぼす地下水の状況等のデータを取得できる場合は、当該方法によることができる。</p>

2 設計対象設備

第二種埋設許可基準規則第十五条の設計対象設備は、東海低レベル放射性廃棄物埋設事業所（以下「事業所」という。）に設置する監視測定設備とする。

2. 1 第二種埋設許可基準規則第十五条第一号に基づく監視測定設備

埋設する放射性廃棄物の受入れの開始から廃止措置の開始までの間における設計対象は、廃棄物埋設地から漏えいする放射性物質の濃度又は線量の監視測定設備である。

2. 2 第二種埋設許可基準規則第十五条第二号に基づく監視測定設備

埋設する放射性廃棄物の受入れの開始から廃止措置の開始までの間における設計対象は、周辺監視区域の境界付近における放射性物質の濃度及び線量の監視測定設備である。

2. 3 第二種埋設許可基準規則第十五条第三号に基づく監視測定設備

埋設する放射性廃棄物の受入れの開始から廃止措置の開始までの間における設計対象は、廃棄物埋設地の外への放射性物質の漏出を低減する機能（以下「漏出低減機能」という。）及び天然バリア（廃棄物埋設地周辺の地盤）に關係する地下水の水位その他の廃棄物埋設地及びその周囲の状況の監視測定設備である。

3 第二種埋設許可基準規則への適合のための設計方針

3. 1 廃棄物埋設施設の特徴

(1) 取り扱う放射性廃棄物は、固体状の放射性廃棄物であって、中性子線的作用によって放射化された金属及びコンクリート又は原子炉冷却材等で汚染された金属及びコンクリートであり、これらの放射性廃棄物は容器等に収納又はこん包されたものである。このため、容器等が損傷しなければ、放射性物質は漏えいすることはない。

(2) 埋設する放射性廃棄物は、容器等に収納又はこん包した状態で取り扱う。

(3) 表面遮水は、埋設する放射性廃棄物の受入れの開始から最終覆土完了までの間において、漏出低減機能を維持する設計とする。また、側部低透水性覆土は、埋設する放射性廃棄物の受入れの開始から廃止措置の開始までにおいて、漏出低減機能を維持する設計とし、最終覆土は、最終覆土完了から廃止措置の開始までにおいて、漏出低減機能を維持する設計とする。

3. 2 廃棄物埋設地から漏えいする放射性物質の濃度又は線量の監視測定設備

埋設する放射性廃棄物の受入れの開始から廃止措置の開始までの間において、廃棄物埋設地からの放射性物質の漏えいを監視及び測定する設備を設置する。

埋設する放射性廃棄物の受入れの開始から廃止措置の開始までの間において、廃棄物埋設地近傍の地下水採取孔から採取した地下水中の放射性物質の濃度を測定できる設備をもつ設計とする。

埋設する放射性廃棄物の受入れの開始から廃止措置の開始までの間において、周辺監視区域境界付近における地下水採取孔から採取した地下水中の放射性物質の濃度を監視及び測定できる設備をもつ設計とする。

3. 3 事業所及びその境界付近における放射性物質の濃度及び線量の監視測定設備

埋設する放射性廃棄物の受入れの開始から廃止措置の開始までの間において、事業所及びその境界付近における廃棄物埋設地からの直接ガンマ線及びスカイシャインガンマ線の放射線量を監視及び測定する設備を、事業所内及び周辺監視区域境界付近に設置する。

(1) 周辺監視区域境界付近における直接ガンマ線及びスカイシャインガンマ線の放射線量の監視測定設備

埋設する放射性廃棄物の受入れの開始から廃止措置の開始までの間において、周辺監視区域境界付近における直接ガンマ線及びスカイシャインガンマ線による放射線量を監視及び測定できる設備をもつ設計とする。

(2) 周辺監視区域境界付近における地下水中の放射性物質の濃度の監視測定設備

事業所には、廃棄施設を設置せず、操業に伴い周辺環境に放出される放射性物質はないが、埋設する放射性廃棄物の受入れの開始から廃止措置の開始までの間において、周辺監視区域境界付近における地下水採取孔から採取した地下水中の放射性物質の濃度を監視及び測定できる設備をもつ設計とする（3. 2で示す設備と兼用）。

(3) 放射性物質の濃度及び線量の表示

公衆を放射線から防護するため、事業所及びその境界付近における放射性物質の濃度及び線量を廃棄物埋設地近傍に表示する設計とする。

3. 4 地下水の水位その他の廃棄物埋設地及びその周囲の状況の監視測定設備

事業所には、「核燃料物質又は核燃料物質によつて汚染された物の第二種廃棄物埋設の事業に関する規則」第十九条の二に規定する「廃棄物埋設施設の定期的な評価等」（以下「定期的な評価等」という。）に必要なデータを取得するため、人工バリアの漏出低減機能及び廃棄物埋設地周辺の地盤に影響を及ぼす廃棄物埋設地及びその周囲の状況を対象として監視及び測定する設備を設置する。

地下水の水位その他の廃棄物埋設地及びその周囲の状況の監視測定設備の設計方針について、以下に示すとともに、その詳細を添付資料1に示す。

廃棄物埋設地の漏出低減機能が維持されていることを確認するため、埋設する放射性廃棄物の受入れの開始から廃止措置の開始までの間において、人工バリアの低透水性の変化を監視及び測定できる設備をもつ設計とする。

バリアの損傷を防止する観点から、廃棄物埋設地近傍で低透水性の状態変化を確認する類似環境下での原位置試験を行うとともに、必要に応じそれを補完する室内試験を実施できる設計とする。

4 第二種埋設許可基準規則への適合性説明

4. 1 廃棄物埋設地から漏えいする放射性物質の濃度又は線量の監視測定設備

廃棄物埋設地から漏えいする放射性物質の濃度の監視測定設備を第2表に示す。

第2表 廃棄物埋設地から漏えいする放射性物質の濃度の監視測定設備

監視測定対象	監視測定場所	監視測定設備
地下水中の放射性物質の濃度	廃棄物埋設地近傍	地下水採取孔
	周辺監視区域境界付近	
	周辺監視区域内	試料放射能測定装置(発電所共用)

埋設する放射性廃棄物の受入れの開始から廃止措置の開始までの間において、廃棄物埋設地からの放射性物質の漏えいを監視するため、廃棄物埋設地近傍及び周辺監視区域境界付近に地下水採取孔を設置し、周辺監視区域内に

試料放射能測定装置（Ge半導体測定装置及び液体シンチレーションカウンタ）を設置する（発電所共用）。ここで、放射性物質の濃度を測定する対象核種は、主要な放射性物質のうち移行しやすさ及び測定のしやすさの観点からH-3、Co-60、Cs-137とするが、状況に応じて対象核種を追加で設定する。

4. 2 事業所及びその境界付近における放射性物質の濃度及び線量の監視測定設備

事業所及びその境界付近における放射性物質の濃度及び線量の監視測定設備を第3表に示す。

第3表 事業所及びその境界付近における放射性物質の濃度及び線量の監視測定設備

監視測定対象	監視測定場所	監視測定設備
地下水中の放射性物質の濃度	廃棄物埋設地近傍	地下水採取孔※
	周辺監視区域境界付近	
	周辺監視区域内	試料放射能測定装置（発電所共用）※
直接ガンマ線及びスカイシャインガンマ線の放射線量	モニタリングポイント （周辺監視区域境界付近）	積算線量計

※：第2表に示す「地下水中の放射性物質の濃度」の監視測定設備と兼用

(1) 周辺監視区域境界付近における直接ガンマ線及びスカイシャインガンマ線の放射線量の監視測定設備

埋設する放射性廃棄物の受入れの開始から廃止措置の開始までの間において、周辺監視区域境界付近における線量を監視するため、周辺監視区域境界付近のモニタリングポイントに積算線量計を設置する。

また、周辺監視区域を廃止した後は、事業所の境界付近に直接ガンマ線及びスカイシャインガンマ線の放射線量を監視及び測定する設備を設置する。

(2) 事業所及びその境界付近における放射性物質の濃度及び線量の監視測定設備

埋設する放射性廃棄物の受入れの開始から廃止措置の開始までの間において、事業所及びその境界付近の放射性物質の漏えいを監視するため、周辺監視区域境界付近に地下水採取孔を設置し、周辺監視区域内に試料放射能測定装置（Ge半導体測定装置及び液体シンチレーションカウンタ）を設置する（4.1で示す設備と兼用）。

(3) 放射性物質の濃度及び線量の表示

公衆を放射線から防護するため、事業所及びその境界付近における放射性物質の濃度及び線量を表示する設備を廃棄物埋設地近傍に設置する。

4.3 地下水の水位その他の廃棄物埋設地及びその周囲の状況の監視測定設備

埋設する放射性廃棄物の受入れの開始から廃止措置開始まで地下水の水位その他の廃棄物埋設地及びその周囲の状況の監視測定設備を第4表に示すとともに、その詳細を添付資料1に示す。

第4表 地下水の水位その他の廃棄物埋設地及び

その周囲の状況の監視測定設備

監視測定項目	監視測定場所	監視測定設備
地下水の水位 (地下水の流向)	廃棄物埋設地周辺 の複数地点	観測孔
地下水の水位 (地下水流速)	廃棄物埋設地近傍の上流側 及び下流側	地下水位監視装置
地下水の水位 (埋設した放射性廃 棄物が直接地下水に 浸せきしていないこ と)	廃棄物埋設地近傍の上流側	地下水位監視装置
地下水の水位 (帯水層厚さ)	廃棄物埋設地近傍の下流側	地下水位監視装置
年間浸透水量	—※	—※

※：廃棄物埋設地の類似環境下での原位置試験及び必要に応じてそれを補完する室内試験によって確認を行う。

埋設する放射性廃棄物の受入れの開始から廃止措置の開始までの間において、廃棄物埋設地の漏出低減機能が維持されていることを確認するため、人工バリアの低透水性の変化を監視及び測定する設備をもつ設計とする。ただし、最終覆土の完了後において、人工バリアを直接測定することは、バリアの損傷（漏出低減機能の損失）が懸念される。バリアの損傷を防止する観点から、廃棄物埋設地近傍で人工バリアの低透水性の状態の変化を確認する類似環境下での原位置試験を行うとともに、必要に応じそれを補完する室内試験を実施する。この方法で、人工バリアを直接測定することによるバリアの損傷（漏出低減機能の損失）を防ぐことができる。

監視及び測定の対象とする項目は、廃棄物埋設地の安全性を確認する観点

から、線量評価パラメータのうち線量への感度が大きく、有意に変化が生じ得る可能性があるもの並びにこれらに関係する種々の影響因子及び前提条件から選定する。具体的な監視及び測定項目は、年間浸透水量とする。

また、廃棄物埋設地及びその周囲の状況の監視及び測定のため、廃棄物埋設地近傍（地下水流向の上流及び下流）に地下水位監視装置、周辺監視区域境界付近に観測孔を設置する（設置位置及び深度の考え方は「添付資料 1 参考資料 2, 3 地下水の水位等の監視及び測定」参照）。

具体的な監視及び測定項目は、地下水の水位（地下水の流向、地下水流速、埋設した放射性廃棄物が直接地下水に浸せきしていないこと、帯水層厚さ）とする。

4. 4 その他の主要な事項

(1) 監視測定設備における留意事項

監視測定設備は、「発電用軽水型原子炉施設における放出放射性物質の測定に関する指針」（昭和 53 年 9 月 29 日原子力委員会決定）に示されている測定下限濃度、測定頻度及び放射能計測方法を参考とする。廃棄物埋設地から漏えいする放射性物質の濃度の監視及び測定では、公衆に放射線障害が生じるおそれのある放射性物質の異常な漏えいの有無を判断するために、測定された放射性物質の濃度が、「核原料物質又は核燃料物質の製錬の事業に関する規則等の規定に基づく線量限度等を定める告示」（以下「線量告示」という。）に定められた周辺監視区域外の水中の濃度限度に対して十分に小さい（100 分の 1 程度）値以上となった場合に監視強化を行う。廃棄物埋設地から漏えいする放射性物質の濃度の監視及び測定において、放射性物質の濃度の測定は屋内で実施することを考慮し、監視測定設備は、実用上必要な精度として、「線量告示」に定められた周辺監視区域外の水中

の濃度限度に対して 100 分の 1 程度の測定ができる性能を目安に、この監視強化の判断を行うことができるような目標検出限界値を有した設計とする。また、測定期間が長期にわたることから、必要に応じて測定設備の更新を行う。

また、監視及び測定は、必要に応じて、定期的な評価の結果に基づいて見直す。

(2) 監視測定設備を設置した場所を経由した放射性物質の漏えいの対策

廃止措置の開始後に監視測定設備を設置した場所を経由した放射性物質の異常な漏えいが生じない対策として、廃棄物埋設地近傍に設置する地下水採取孔及び地下水位監視装置による監視及び測定が終了した後に、有害な空隙が残らないように、それぞれの孔内の埋戻しを行う。

4. 5 監視及び測定

(1) 廃棄物埋設地から漏えいする放射性物質の濃度の監視及び測定

埋設する放射性廃棄物の受入れの開始から廃止措置の開始までの間、廃棄物埋設地からの放射性物質の漏えいを監視、放射性物質の異常な漏えいを防止するために必要に応じて放射性物質の漏出低減機能を回復するための適切な措置を講ずる。

廃棄物埋設地からの放射性物質の漏えいの監視は、地下水採取孔から地下水を定期的に採取し、地下水中の放射性物質の濃度を測定し、「線量告示」に示されている周辺監視区域外における水中の濃度限度以下であることを確認する。

(2) 事業所及びその境界付近における放射性物質の濃度及び線量の監視及び測定

事業所及びその境界付近の放射性物質の漏えいを監視するため、周辺監視区域境界付近における地下水採取孔から地下水を定期的に採取し、地下水中の放射性物質の濃度を測定し、「線量告示」に示されている周辺監視区域外における水中の濃度限度以下であることを確認する。

周辺監視区域境界付近における直接ガンマ線及びスカイシャインガンマ線の放射線量の監視及び測定を行い、公衆の受ける線量が、線量告示に定められた周辺監視区域外の線量限度以下であることを確認する。

(3) 地下水の水位その他の廃棄物埋設地及びその周囲の状況の監視及び測定

定期的な評価等に必要データを取得するため、人工バリアの漏出低減機能及び天然バリア（廃棄物埋設地周辺の地盤）に影響を及ぼす廃棄物埋設地及びその地下水の状況等を監視及び測定し、必要に応じて廃棄物埋設地の保全のための措置を講ずる。監視及び測定の詳細については、添付資料1に示す。

(4) 監視測定設備の設置箇所

廃棄物埋設地から漏えいする放射性物質の濃度の監視測定設備として、廃棄物埋設地近傍に地下水採取孔を設置し、周辺監視区域境界付近における地下水中の放射性物質の濃度の監視測定設備として、周辺監視区域境界付近の地下水採取孔を設置する。

また、周辺監視区域内に試料放射能測定装置（発電所共用）を設置する。試料放射能測定装置（発電所共用）は、外部電源から受電する設備である。

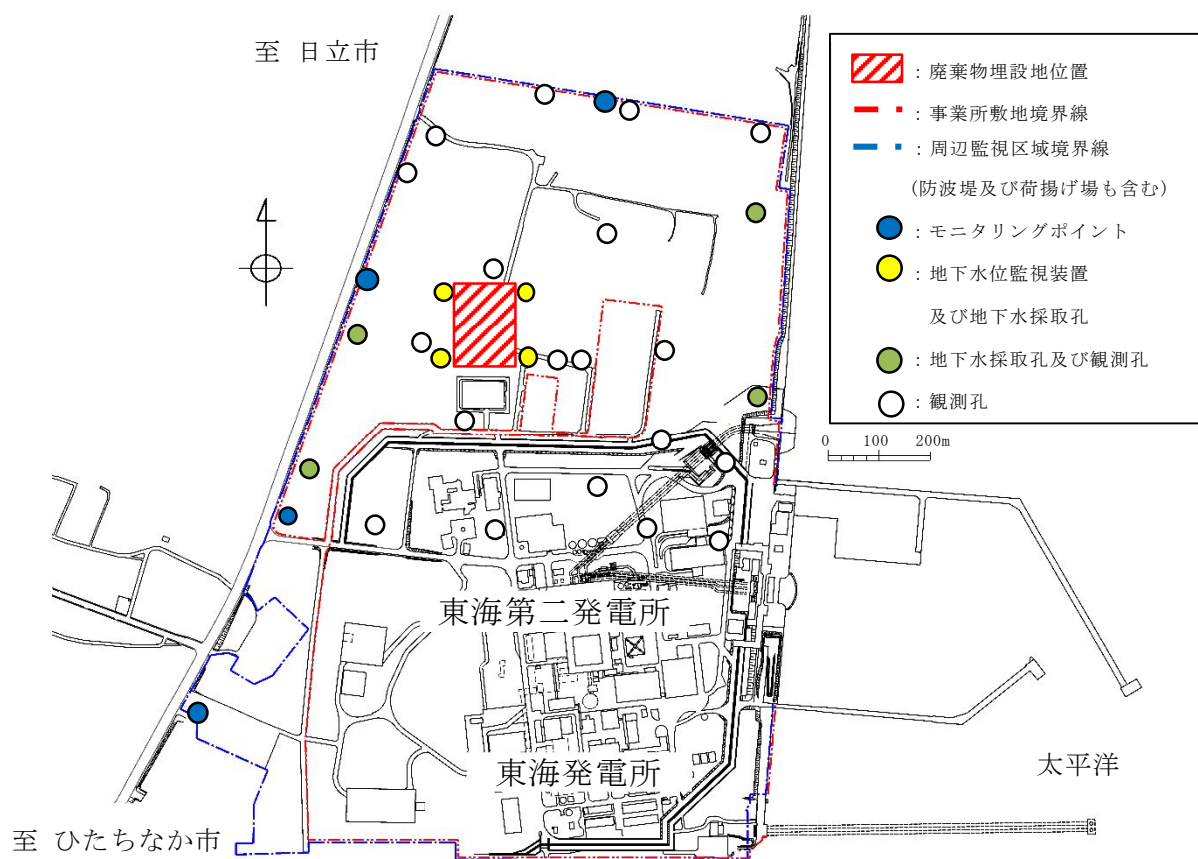
事業所及びその境界付近における放射性物質の濃度及び線量の監視測定設備として、周辺監視区域境界付近のモニタリングポイントに積算線量計を設置する。また、事業所及びその境界付近における放射性物質の濃度及び線量を表示する設備を廃棄物埋設地近傍に設置する。

地下水の水位その他廃棄物埋設地及びその周囲の状況の監視測定設備として、廃棄物埋設地近傍の地下水位監視装置、周辺監視区域境界付近の観測孔を設置する。

監視測定設備の設置箇所の概略図を第1図に示す。

地下水採取孔の深さは以下の考えに基づいて、数m～数10mとする。

- ・地下水の採取対象層を不圧帯水層とし、自由地下水を採取できる深さとすること
- ・廃棄物埋設地を通過した地下水の移行経路に該当する深さとすること
- ・地下水中の放射性物質の濃度を分析する上で必要な水量を確保できる深さとすること



第1図 廃棄物埋設施設の監視測定設備の設置箇所概略図
 (埋設する放射性廃棄物の受入れの開始から廃止措置開始まで)

以上

第十五条 監視測定設備

第三号 地下水の水位その他の
廃棄物埋設地及びその周囲の状況
の監視及び測定の考え方

目 次

1	地下水の水位その他の廃棄物埋設地及びその周囲の状況の監視目的..	1
2	漏出低減機能及び廃棄物埋設地周辺の地盤に関する監視及び測定....	3
2. 1	監視及び測定的位置付け.....	3
2. 2	監視及び測定の方法.....	7
2. 3	監視及び測定の対象とする項目及び方法.....	9

参考資料 1 線量評価パラメータと影響因子及び前提条件との関係

参考資料 2 漏出低減機能の監視及び測定具体的な方法の例

1 地下水の水位その他の廃棄物埋設地及びその周囲の状況の監視目的

定期的な評価等に必要データを取得し、人工バリア及び天然バリア（廃棄物埋設地周辺の地盤）の安全機能に係る地下水の水位その他の廃棄物埋設地及びその周囲の状況を監視及び測定するための設備を設ける。

地下水の水位その他の廃棄物埋設地及びその周囲の状況の監視及び測定については、第二種埋設許可基準規則第十三条第1項第二号に対して設計した廃棄物埋設地の状態に対して安全機能が維持されているかどうか、また、第二種埋設許可基準規則第十三条第1項第四号において評価した廃棄物埋設地が、廃止措置の開始までに廃棄物埋設地の保全に関する措置を必要としない状態に移行する見通しがあるかどうかについて、埋設する放射性廃棄物の受入れの開始から廃止措置の開始までの間における人工バリアの漏出低減機能（廃棄物埋設地の外への放射性物質の漏出を低減する機能）及び天然バリア（廃棄物埋設地周辺の地盤）を対象として監視及び測定をする。

監視の目的等を第1表の監視及び測定の概要に示す。第1表では、関連する第二種埋設許可基準規則第十五条第一号及び第二号に関する、漏えいの監視及び事業所境界付近の線量等の監視も併せて整理した。また、廃棄物埋設地及びその周囲の状況を測定し、定期的な評価等をする上で、必要な情報の収集についても整理した。

第1表 監視及び測定の概要

目的	安全機能	時期	監視及び測定対象	説明
(1) 漏えいの監視（第二種埋設許可基準規則第十五条第一号関連）設計上意図していない放射性物質の漏えいがないことの監視	漏出低減	埋設する放射性廃棄物の受入れの開始から廃止措置の開始まで	地下水中の放射性物質の濃度	廃棄物埋設地近傍及び周辺監視区域境界付近の地下水中の放射性物質の濃度を測定し確認する。
(2) 事業所境界付近の線量等の監視（第二種埋設許可基準規則第十五条第二号関連）公衆の放射線防護	遮蔽 漏出低減	埋設する放射性廃棄物の受入れの開始から廃止措置の開始まで	廃棄物埋設地からの移行による放射性物質の濃度，直接ガンマ線及びスカイシャインガンマ線による放射線量	廃棄物埋設施設からの直接ガンマ線及びスカイシャインガンマ線による放射線量の測定を行う。 周辺監視区域境界付近の地下水中の放射性物質の濃度を測定し確認する。
(3) 廃棄物埋設地及びその周囲の状況（第二種埋設許可基準規則第十五条第三号関連）廃止措置の開始までに，廃棄物埋設地の保全に関する措置を必要としない状態に移行する見通しを定期的な評価等で確認するための情報収集	漏出低減	埋設する放射性廃棄物の受入れの開始から廃止措置の開始まで	人工バリア及び天然バリア（廃棄物埋設地周辺の地盤）の状態の測定（測定項目は，漏出低減機能への影響度合い，測定の実現性から判断して設定）	<p>廃止措置終了直後に人為事象で掘削によって放射性物質が地表に移動したと仮定した評価の結果においても数十$\mu\text{Sv}/\text{y}$前後であり，自然事象は緩慢な事象であることから，廃止措置の開始までに，廃棄物埋設地の保全に関する措置を必要としない状態に移行する見通しの蓋然性は高く，この見通しの確認のための監視の必要性は低い。</p> <p>廃止措置の開始までに，廃棄物埋設地の保全に関する措置を必要としない状態に移行する見通しの結論へは影響しない可能性が高いが，当初の状態設定がより現実的に見直される可能性があるものは，バリアの状態の監視及び測定を行う。監視及び測定項目は，線量評価への影響が大きく，有意に変化が生じ得る可能性があるもので，測定によって状態設定の精度向上が見込まれるものから，できるだけ測定する効果のあるものを選定する。線量評価への影響は，全ての廃棄物が埋設されて総放射線量が確定し，かつ最終覆土が完成し，人工バリアの初期性能が確定した段階で決まることから，測定項目や測定期間，頻度は，定期的な評価等で都度見直す。</p>

2 漏出低減機能及び廃棄物埋設地周辺の地盤に関する監視及び測定

2. 1 監視及び測定の位置付け

人工バリアの漏出低減機能及び天然バリア（廃棄物埋設地周辺の地盤）の監視及び測定は、以下に示す廃棄物埋設地の設計・評価の状況を踏まえ、廃棄物埋設地のバリア機能に影響を与える廃棄物埋設地の様々な状態変化の監視及び測定結果から予測されるバリア機能の変化が、線量評価上（状態設定上）で想定している変化の範囲内であることについて確認することを目的とする。監視及び測定の対象とする項目は、廃棄物埋設地の安全性を確認する観点から、線量評価パラメータのうち線量への感度が大きく、有意に変化が生じ得る可能性があるものから選定する。さらに、これらに係る種々の影響因子及び前提条件からも選定する。

廃棄物埋設地は地表に近い位置に設置されることから、廃止措置の開始後における人為事象の影響を評価している。廃棄物埋設地の人為事象における影響は、廃止措置の開始直後に廃棄物を含む廃棄物埋設地を直接掘削し、地表に放射性物質が移動すると仮定した評価においても数十 $\mu\text{Sv}/\text{y}$ 前後の線量評価結果である。そのため、放射性物質の移動がより緩慢である自然現象によって生じる線量は、最も可能性が高い自然事象シナリオの $10\mu\text{Sv}/\text{y}$ 、最も厳しい自然事象シナリオの $300\mu\text{Sv}/\text{y}$ を下回る蓋然性は高いと考えられる。

また、廃止措置の開始までの期間における放射性物質の減衰によって、公衆に放射線障害を及ぼすリスクは十分に小さくなるものである。最も可能性が高い自然事象シナリオにおける居住者を対象とした廃棄物埋設地の放射性物質の移動挙動に係る各バリア材の機能喪失を仮定した線量評価結果を第 2 表及び第 1 図に示す。線量感度の大きいバリア機能（線量評価パラメータ）を対象に、最も可能性が高い自然事象シナリオの評価に対してバリア機能の

喪失を仮定した評価においても、線量は $300 \mu\text{Sv}/\text{y}$ を超えず、安全性を著しく損なうものではない。

これらのことから、廃止措置の開始までに、廃棄物埋設地の保全に関する措置を必要としない状態に移行する見通しについて、監視及び測定で確認する必要性は低い設計となっている。

しかし、上記の選定の考え方で選定した項目に対して、廃棄物埋設地の様々な状態変化の監視及び測定（データを拡充するための測定や直接測定できない場合は、廃棄物埋設地の類似環境下（以下「類似環境下」という。）での測定を含む。）を実施することで、バリア機能の変化が線量評価上（状態設定上）で想定している変化と相違あるか確認できる設計とする。さらに、事業許可時点の線量評価に対して、監視及び測定によるデータも含めた最新知見を反映し、評価の不確実性を低減する（信頼性向上）ことも考慮する。

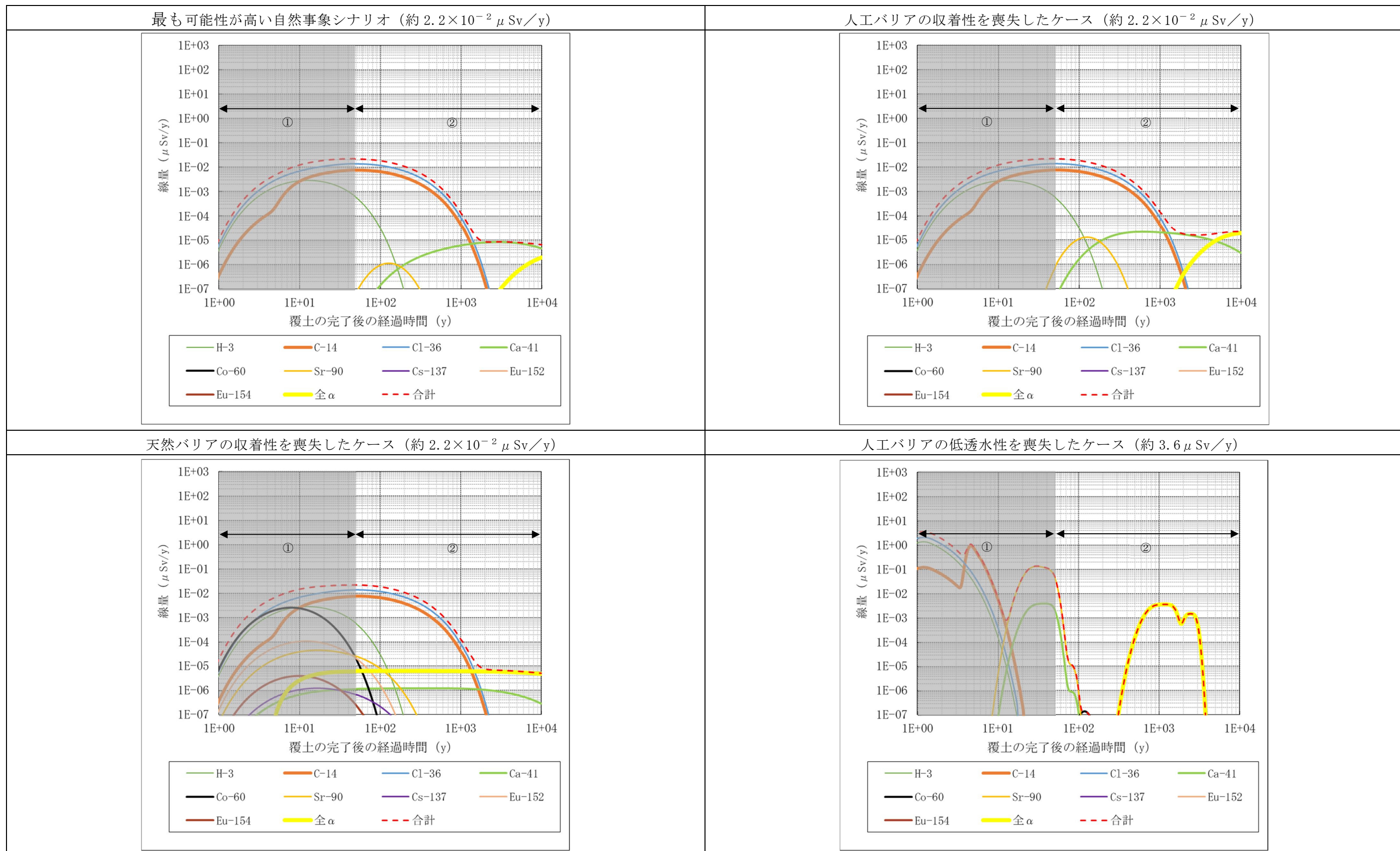
第2表 各バリア材の機能喪失を仮定した線量評価結果

考慮した 状態設定	状態設定に基づく線量評価 パラメータ設定値	設定の考え方		評価結果 ($\mu\text{Sv}/\text{y}$) (居住者 ^{*1})
人工バリアの収着性を喪失したケース	充填砂, 中間覆土の収着分配係数 (m^3/kg)	全核種 0	最終覆土完了時点から埋設トレンチ内の収着分配係数を全核種0と設定する。	約 2.2×10^{-2} 支配核種: C1-36 ^{*2}
天然バリアの収着性を喪失したケース	通気層土壌, 帯水層土壌の収着分配係数 (m^3/kg)	全核種 0	最終覆土完了時点から周辺地盤の収着分配係数を全核種0と設定する。	約 2.2×10^{-2} 支配核種: C1-36 ^{*2}
人工バリアの低透水性を喪失したケース	埋設トレンチへの浸透水量 ($\text{m}^3 / (\text{m}^2 \cdot \text{y})$)	0.26	最終覆土完了時点から降水量が全て浸透するとして設定 ^{*3} 。	約 3.6 支配核種: C1-36
最も可能性が高い自然事象シナリオ	—		—	約 2.2×10^{-2} 支配核種: C1-36 ^{*2}

※1：被ばく経路に関しては、最も可能性が高い自然事象シナリオにおける全ての被ばく経路を対象とした。本資料に記載した居住者は最も可能性が高い自然事象シナリオにおける評価対象個人である。

※2：C1-36は廃止措置開始後の評価において、収着分配係数を0として収着性を見込んでいない。全核種の収着分配係数を0としても、C1-36が支配核種であることは変わらない結果となっている。

※3：浸透水低減対策が喪失した状態を想定し、地質環境の状態設定の「かん養量」をそのまま用いて設定した。



[凡例]
 ①：覆土の完了後から廃止措置の開始前まで
 ②：廃止措置の開始後から

第1図 各バリア材の機能喪失を仮定した線量評価グラフ

2. 2 監視及び測定の方法

監視及び測定の方法は、廃棄物埋設地を直接的に監視するものと、類似環境下での原位置試験及び必要に応じてそれを補完する室内試験による要素試験に大別される。廃棄物埋設地の漏出低減機能の観点からは、最終覆土及び側部低透水性覆土の低透水性が線量への感度も大きく重要である（第2表及び第3表参照）。低透水性を直接監視及び測定するためには、雨水等の年間浸透水量を測定又は評価する必要がある。しかし、最終覆土完了後において、人工バリアを直接測定することは、バリアの損傷（漏出低減機能の損失）が懸念されることから、状態変化を直接的に監視することは実質不可能である。

したがって、類似環境下での原位置試験を行うとともに、必要に応じてそれを補完する室内試験を実施し、漏出低減機能の変化を確認できる設計とする。

また、人工バリア（充填砂及び中間覆土（最上段を除く））及び天然バリア（廃棄物埋設地周辺の土壌）については、線量評価においては収着性を期待するが、線量への感度は小さい（第2表及び第3表参照）。したがって、監視及び測定は不要であるが、線量評価の前提である地下水の水位その他の廃棄物埋設地及びその周囲の状況を確認することによって、状態の変化を確認できる設計とする。

第3表 各バリアに期待する性能と線量評価パラメータ

バリア		性能	性能の内容	線量評価 パラメータ
人工バリア	充填砂	収着性	充填砂，中間覆土（最上段を除く）の収着性を期待することによって，廃棄物埋設地からの放射性物質の漏えい量を低減し，移行を遅延させる。基本的に収着性が大きい方が移行抑制効果は大きいですが，土地（土壌）の利用が想定される場合は，収着性が小さい方が線量低減に寄与する場合もある。	<ul style="list-style-type: none"> ・収着分配係数 ・体積（厚さ） ・間隙率 ・粒子密度 ・飽和度
	中間覆土 （最上段を除く）			
	最終覆土 側部低透水性覆土	低透水性	ベントナイト混合土を用いた最終覆土及び側部低透水性覆土に，低透水性を期待することによって，雨水等が廃棄物埋設地に浸透する量（年間浸透水量）を低減させる。	<ul style="list-style-type: none"> ・年間浸透水量
	表面遮水		遮水シートを用いて，低透水性を期待することによって雨水等が廃棄物埋設地に浸透する量（年間浸透水量）を低減させる。	
天然バリア	通気層土壌	収着性	通気層土壌，帯水層土壌の収着性を期待することによって，廃棄物埋設地からの放射性物質の漏えいの移行を遅延させる。基本的に収着性が大きい方が移行抑制効果は大きいですが，土地（土壌）の利用が想定される場合は，収着性が小さい方が線量低減に寄与する場合もある。	<ul style="list-style-type: none"> ・収着分配係数 ・体積（厚さ） ・間隙率 ・粒子密度 ・飽和度
	帯水層土壌			

2. 3 監視及び測定の対象とする項目及び方法

監視及び測定の対象とする項目は、廃棄物埋設地の安全性を確認する観点から、線量評価パラメータのうち線量への感度が大きく、有意に変化が生じ得る可能性があるものとする。また、これらのパラメータの設定については、第二種埋設許可基準規則第十三条 廃棄物埋設地のうち第1項第四号（廃止措置の開始後の評価）補足説明資料5（線量評価パラメータ）に示す。

これらの監視及び測定の項目は、設計時点の線量評価に基づいて選定するが、埋設した実績の放射エネルギー、最終覆土及び側部低透水性覆土の初期性能によって感度のあるパラメータや重要な影響因子及び前提条件が変わる可能性があることから、最終覆土が完了した時点で選定することが合理的である。

線量感度のあるパラメータについては、埋設した実績の放射エネルギー、最終覆土及び側部低透水性覆土の初期性能が確定した時点で、最も可能性が高い自然事象シナリオを対象とした廃棄物埋設地の放射性物質の移動挙動に係る線量評価パラメータ全てに関して、網羅的に感度評価を行うことによって見直す。線量評価パラメータと影響因子及び前提条件との関係を参考資料1に示す。

最終覆土及び側部低透水性覆土の初期の透水性は、施設確認の際の試験（代替指標での確認を含む）から確認できる。地下水面の位置や廃棄物埋設地近傍の動水勾配は、廃棄物埋設地近傍の地下水位監視装置及び観測孔による監視から確認できる。

しかし、管理期間内における実際の変化は緩慢であり、廃棄物埋設地近傍では有効な情報は得られないと考えられることから、バリア機能の変化に関する監視は、基本的に類似環境下での要素試験になると考えられる。類似環境下の試験は、実際の廃棄物埋設地とスケールが異なり、要素的な試験となる場合が多い。要素試験とすることで、実環境下での施設ではすぐに変化が

開始しないものを早い段階から変化を開始できる利点もある。いずれにしても、類似環境下での試験のスケール、環境下での状態変化の予測解析と測定結果を比較し、実際の施設の状態変化のモデルやパラメータの見直しに組み込むことを効果的に行う必要があり、埋設した実績の放射エネルギー、最終覆土及び側部低透水性覆土の初期性能が固まる段階までに計画を具体化する。

さらに、これらの監視及び測定の項目や監視及び測定の頻度は、定期的な評価の際に、最新の知見に基づき見直す。

現時点の知見に基づき、監視及び測定の項目を、施設確認等との関係で抽出し、監視及び測定の概要について具体的に整理したものを第4表及び参考資料2に示す。第4表において、監視及び測定を行う項目について、薄黒で塗りつぶして示した。

第4表 監視及び測定の項目の概要（1/2）

■：監視及び測定を行う

部位等	項目	状態設定，線量評価への感度	事業許可申請，確認での扱い	監視及び測定での扱い
漏えい監視	—	—	—	監視及び測定を行う（第二種埋設許可基準規則第十五条第一号関連）。
事業所境界付近の線量等の監視	—	—	—	監視及び測定を行う（第二種埋設許可基準規則第十五条第二号関連）。
地盤	移動距離 （廃棄物埋設地下流端から海までの距離）	—	事業変更許可申請時点までの調査で確認する。	（監視及び測定は行わない） 線量評価への影響は小さく，裕度を持った設定としており，監視及び測定は不要。
	収着分配係数	支配核種C 1-36が0で設定されており，他の核種の線量評価の影響は小さい（第2表 天然バリアの収着性を喪失したケース参照）。	事業変更許可申請時点までの試験結果から設定する。	（監視及び測定は行わない） 天然バリアの収着性の喪失を仮定したとしても著しく安全性を損なうことはなく（第2表），線量への感度は小さいため，監視及び測定は不要。
	支持力，変形	支持地盤の変形によって人工バリアが大きく変形，破壊した場合は状態設定への影響がある。	事業変更許可申請時点までの調査で地盤の支持力が十分にあることを確認する。	（監視及び測定は行わない） 事業許可の時点で十分に余裕があることを確認できることから，監視及び測定は不要。
地下水	地下水の水位 （地下水の流向）	東側の海岸方向に流れるが，仮に西側の陸側に流れたとしても，線量評価は基準を満足する。	施設確認では確認しない。	線量評価への影響は小さいが地下水の水位を確認することで流動方向を確認する（参考資料2，3 地下水の水位等の監視及び測定）。
	地下水の水位 （地下水流速）	地下水位の観測実績から小さく設定。	施設確認では確認しない。	線量評価の前提であることから，地下水の水位を確認する（参考資料2，3 地下水の水位等の監視及び測定）。
	地下水の水位 （帯水層厚さ）	地下水位の観測実績から小さく設定。	施設確認では確認しない。	線量評価の前提であることから，地下水の水位を確認する（参考資料2，3 地下水の水位等の監視及び測定）。
	地下水の水位	埋設した放射性廃棄物が直接地下水に浸せきしていないことが線量評価の前提となっている。	施設確認では確認しない。	線量評価の前提であることから，地下水の水位を確認する（参考資料2，3 地下水の水位等の監視及び測定）。
廃棄物	放射能量	線量への感度は大きい。	廃棄確認及び施設確認によって実績の放射能量が確定する。	（監視及び測定は行わない） 廃棄確認及び施設確認で確定するため，監視及び測定は不要。
	収着分配係数 （充填砂だけ）	充填砂について，支配核種C 1-36が0で設定しており，他の核種の線量評価の影響は小さい（第2表 人工バリアの収着性を喪失したケース参照）。	事業変更許可申請時に支配核種C 1-36は0で設定しており，他の核種は収着分配係数に与える環境の影響を考慮した試験等から小さく設定。	（監視及び測定は行わない） 人工バリアの収着性の喪失を仮定したとしても著しく安全性を損なうことはなく（第2表），線量への感度は小さいため，監視及び測定は不要。

第4表 監視及び測定の項目の概要（2/2）

■：監視及び測定を行う

部位等	項目	状態設定，線量評価への感度	事業許可申請，確認での扱い	監視及び測定での扱い
充填砂，中間覆土 （最上段除く）	収着分配係数	支配核種C 1-36が0で設定しており，他の核種の線量評価の影響は小さい（第2表 収着性を喪失したケース参照）。	事業変更許可申請時に支配核種C 1-36は0で設定しており，他の核種は収着分配係数に与える環境の影響を考慮した試験等から小さく設定。	（監視及び測定は行わない） 人工バリアの収着性の喪失を仮定したとしても著しく安全性を損なうことはなく（第2表），線量への感度は小さいため，監視及び測定は不要。
	年間浸透水量	線量評価への感度が大きい（第2表 人工バリアの低透水性を喪失したケース参照）。	事業変更許可申請では，線量基準を満足する設計目標である浸透水量を設定する。	年間浸透水量の線量への感度が大きいことから，監視測定を行う（又は直接の測定は困難であることから，雨水等の実績を踏まえた計算によって評価する）。 施設に直接に監視測定設備を設置すると，バリアの損傷等が懸念されるため，実施設ではなく，類似環境下での原位置試験で行う。
最終覆土，側部低透水性覆土	透水係数	線量への感度が大きい年間浸透水量に関係する。透水係数が大きくなった場合，施設通過流量が増える。埋設トレンチの陥没による最終覆土（低透水性土層）及び側部低透水性覆土の透水係数は，力学的影響をほとんど受けない。	施設確認で初期の透水係数と，仕様を確認する。透水係数の空間的ばらつきは，施工方法，品質管理方法で確認する。	（監視及び測定は行わない） 施設確認で確定するため，監視及び測定は不要。

以上

線量評価パラメータと影響因子及び

前提条件との関係

目 次

1	はじめに.....	1
2	各バリアの性能と線量評価パラメータの関係.....	1
3	漏出低減機能における線量評価パラメータとその影響因子.....	4

1 はじめに

人工バリア（漏出低減機能）及び天然バリア（廃棄物埋設地周辺の地盤）に関する監視及び測定の項目を選定するため、人工バリア及び天然バリアの各部材に期待する性能と線量評価パラメータの関係、線量評価パラメータの関連特性とその影響因子並びに線量への感度を整理する。

2 各バリアの性能と線量評価パラメータの関係

線量評価において廃棄物埋設地内の放射性核種 i の間隙水中濃度は以下の式を用いて評価しており、収着性を示す収着分配係数のほか、廃棄物埋設地内飽和度、間隙率及び粒子密度が人工バリアである廃棄物埋設地内の放射性核種 i の間隙水中濃度を決定するパラメータである。

また、天然バリアについては、「廃棄物埋設地内の充填砂／中間覆土」を、「通気層土壌」及び「帯水層土壌」に変えて評価できるため、各土壌中の放射性核種 i の間隙水中濃度を決定するパラメータは、同じく通気層土壌及び帯水層土壌の飽和度、間隙率及び粒子密度となる。

$$R_D(i) * \frac{\partial C_D(z, t, i)}{\partial t} = P_D * \varepsilon_D * \theta_D * D_Z * \frac{\partial^2 C_D(z, t, i)}{\partial z^2} - V_D * \frac{\partial C_D(z, t, i)}{\partial z} - R_D(i) * \lambda(i) * C_D(z, t, i) \quad \dots (1)$$

$$R_D(i) = P_D * (\varepsilon_D * \theta_D + (1 - \varepsilon_D) * \rho_D * Kd_D(i)) \quad \dots (2)$$

$$C_D(z, 0, i) = \frac{A_W(i)}{S_D * H_D * R_D(i)} \quad \dots (3)$$

$$D_z = D$$

・・・(4)

- $R_D(i)$: 廃棄物埋設地内の放射性核種 i の平均収着係数 (－)
- $C_D(z, t, i)$: 時間 t における放射性核種 i の廃棄物埋設地内間隙水中濃度 (Bq/m³)
- P_D : 廃棄物埋設地内の充填砂／中間覆土の体積割合 (－)
- ε_D : 廃棄物埋設地内の充填砂／中間覆土の間隙率 (－)
- θ_D : 廃棄物埋設地内の飽和度 (%)
- D_z : z 方向の分散係数 (m²/y)
- V_D : 年間浸透水量 (m³ / (m²・y))
- $\lambda(i)$: 放射性核種 i の崩壊定数 (1/y) ; =ln2/ $T_{1/2}(i)$
- $T_{1/2}(i)$: 放射性核種 i の半減期 (y)
- ρ_D : 廃棄物埋設地内の充填砂／中間覆土の粒子密度 (kg/m³)
- $Kd_D(i)$: 廃棄物埋設地内の充填砂／中間覆土の放射性核種 i の収着分配係数 (m³/kg)
- $A_W(i)$: 廃棄物受入れ時の放射性核種 i の総放射エネルギー (Bq)
- S_D : 廃棄物埋設地平面積 (m²)
- H_D : 廃棄物層深さ (m)
- D : 分子拡散係数 (m²/y)

廃棄物埋設地からの放射性核種 i の漏出量は以下の式を用いて評価しており、年間浸透水量が、廃棄物埋設地からの放射性核種 i の漏出量を決定するパラメータである。

$$A_D(t, i) = S_D * V_D * C_D(z, t, i)|_{z=H_D} - S_D * \varepsilon_D * \theta_D * D_z \frac{\partial C_D(z, t, i)}{\partial z} \Big|_{z=H_D}$$

. . . (5)

- $A_D(t, i)$: 時間 t における放射性核種 i の年間漏出量 (Bq/y)
- S_D : 廃棄物埋設地平面積 (m²)
- V_D : 年間浸透水量 (m³ / (m²・y))
- $C_D(z, t, i)$: 時間 t における放射性核種 i の廃棄物埋設地内間隙水中濃度 (Bq/m³)
- H_D : 廃棄物層深さ (m)
- ε_D : 廃棄物埋設地内の充填砂 / 中間覆土の間隙率 (-)
- θ_D : 廃棄物埋設地内の飽和度 (%)
- D_z : z 方向の分散係数 (m² / y)

添付資料 1 「2. 2 監視及び測定の方法」の第 3 表「各バリアに期待する性能と線量評価パラメータ」に関連した重要パラメータである「年間浸透水量」、「各バリア材料の収着分配係数」に与える影響事象は、比較的緩慢に生じる廃棄物埋設地の周辺環境の変化によるものが主なものであり、短期間に著しくバリア機能が変化することは考え難い。

したがって、廃棄物埋設地近傍の変化を評価するために、「各バリア材料の収着分配係数」については、地下水の水質（放射性物質の濃度含む）及び温度、「年間浸透水量」については降水量等を確認することが考えられる。

線量評価パラメータの年間浸透水量及び収着分配係数に与える代表的な影響事象としては、地下水との反応による各バリア材・間隙水の変化が考えられる。しかし、各バリア材の変化を確認するために最終覆土完了後において、人工バリア及び天然バリアから材料を直接採取することは、バリアを損傷す

ることになり、バリア機能の損失が懸念されるため、状態変化を直接的に評価することは実質不可能である。したがって、「第二種廃棄物埋設の事業に関する安全審査の基本的考え方」について（22 安委決第 24 号平成 22 年 8 月 9 日原子力安全委員会決定）に基づき、類似環境下での原位置試験及びそれを補完する室内試験を行い、人工バリアの性能（収着性、透水特性）の変化を確認することが考えられる。また、天然バリアは、線量評価の前提である地下水の水位その他の廃棄物埋設地及びその周囲の状況を確認することによって性能の変化を確認することが考えられる。

3 漏出低減機能における線量評価パラメータとその影響因子

第 1 表及び第 2 表に長期状態において収着性及び透水特性に影響を及ぼす要因の抽出例を、第 3 表及び第 4 表に各材料の要求機能に対する項目関連性を示す。

添付資料 1「2. 2 監視及び測定の方法」の第 3 表「各バリアに期待する性能と線量評価パラメータ」に示す線量評価パラメータと及び第 2 表の影響要因の抽出例について、第 3 表及び第 4 表を踏まえ、その関係性を整理する。

これらを踏まえ類似環境下での原位置試験及びそれを補完する室内試験に対する監視及び測定の項目候補を抽出する。収着性における収着分配係数は、化学的要因となる pH、Eh を監視及び測定項目に考える。また、透水特性における透水係数は、線量評価パラメータである浸透水量を監視及び測定項目に考える。

第1表 長期状態において収着性に影響を及ぼす要因の抽出（例）

項目	長期状態における影響要因			影響機構
収着分配係数	充填砂／中間覆土材料の特性の変化	化学的影響	廃棄物と浸透水の反応	雨水等の浸透水が、コンクリート類の廃棄物との接触からカルシウム成分が溶出し、浸透水のpH, Ehが変化する。

第2表 長期状態において透水特性に影響を及ぼす要因の抽出（例）

項目	長期状態における影響要因			影響機構
浸透水量 (透水係数)	有効粘土密度の変化	力学的影響	陥没現象	覆土に厚さの減少及び変位に伴う透水性が変化した領域が発生する。

第3表 充填砂／中間覆土材料の要求機能に対する項目関連性

項目	長期において変化する項目		化学的環境要因
	代表的な項目	関連する項目	
収着分配係数	間隙率	密度	pH, Eh

第4表 ベントナイト系材料の要求機能に対する項目関連性

項目	長期状態における影響要因		力学的環境要因
	代表的な項目	関連する項目	
透水係数	間隙率 モンモリロナイト量	密度 強度, 剛性	廃棄物層の沈下量

以上

漏出低減機能の 監視及び測定具体的な方法の例

目 次

1	はじめに.....	1
2	監視及び測定について.....	1
2. 1	監視測定設備の構成.....	1
2. 2	監視及び測定の項目.....	4
3	地下水の水位における監視及び測定.....	5
3. 1	地下水の水位等の監視測定設備.....	5
3. 2	地下水の水位等の監視測定設備の設置場所.....	10
3. 3	地下水位の監視及び測定の方法.....	18
4	年間浸透水量の監視及び測定.....	22

1 はじめに

人工バリア（漏出低減機能）及び天然バリア（廃棄物埋設地周辺の地盤）に関する監視及び測定の方法の案を整理する。

2 監視及び測定について

2. 1 監視測定設備の構成

定期的な評価等で将来のバリア機能（人工バリア（漏出低減機能）及び天然バリア（廃棄物埋設地周辺の地盤））の初期性能からの経年的変化が、想定している変化の範囲内であることを確認するために、以下を対象として監視及び測定を行う。

- ・ 廃棄物埋設地周囲に放射性物質の異常な漏えいがないことを監視及び測定する。
- ・ 廃棄物埋設地周囲の地下水流れに異常な変化がないことを監視及び測定する。
- ・ 表面遮水，最終覆土，側部低透水性覆土の状態変化を監視及び測定する。

上記のうち，廃棄物埋設地周囲の放射性物質の異常な漏えいについては，地下水採取孔を，地下水流れについては，地下水位監視装置及び観測孔を用いて監視及び測定を行う。

最終覆土，側部低透水性覆土の状態変化は，次に示す理由から直接的に測定が困難なため，類似環境下での原位置試験及び必要に応じてそれを補完する室内試験によって，監視及び測定する。表面遮水については定期点検によって監視を行う。

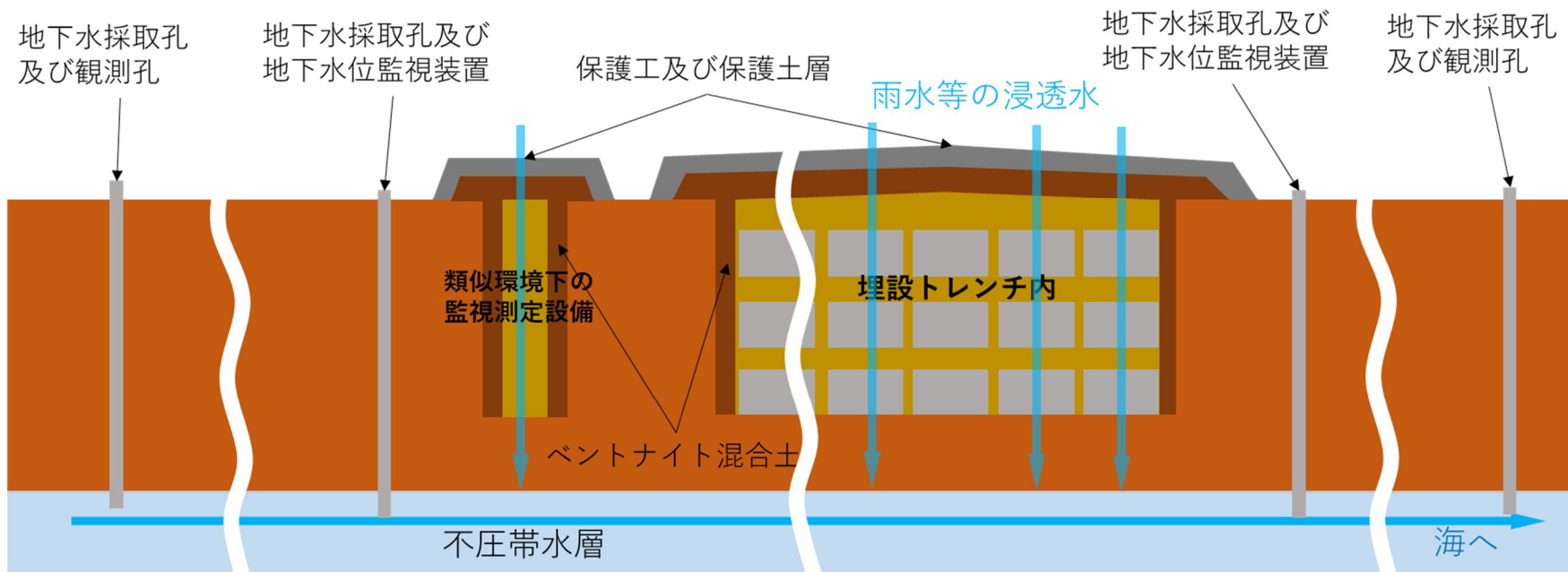
- ・最終覆土，側部低透水性覆土をボーリングや開削によって直接サンプリングして測定することで，バリア機能を損傷する可能性がある。
- ・最終覆土，側部低透水性覆土に計器を直接埋め込み測定することは，バリア機能を損傷する可能性があること，及び廃止措置の開始までの長期間測定することが不可能である。

なお，収着性については，収着分配係数の線量評価への影響が小さいため，監視及び測定は行わない。

廃棄物埋設地と類似した環境とするために，以下の事項を考慮する。

- ・廃棄物埋設地の近傍で埋設トレンチと同程度の深度，構造とすることで，地下水環境（水理，化学）及び，有効拘束圧（力学）を再現する。
- ・類似環境下での原位置試験の測定結果を補完するための室内試験を必要に応じて行う。
- ・廃棄物埋設地の類似環境下で廃棄物埋設地からの影響を受けない場所に設置する。

地下水の水位その他の廃棄物埋設地及びその周囲の状況における監視測定設備例のイメージを第1図に示す。



第 1 図 監視測定設備例のイメージ

2. 2 監視及び測定の項目

監視及び測定の項目は、人工バリア（漏出低減機能）及び天然バリア（廃棄物埋設地周辺の地盤）と評価パラメータの関係及び評価パラメータの関連特性、関連パラメータ及び影響因子を踏まえて設定する（参考資料1 各バリアの性能と線量評価パラメータの関係を参照）。設定に当たっては、線量評価への感度があるものを基本とし、廃止措置の開始までの間での状態の変化の想定に応じ、監視及び測定頻度を定め、定期的な評価で、監視及び測定の項目と頻度は必要に応じて見直す。

各バリアにおける監視及び測定の項目の関係を第1表に示す。また、監視及び測定の項目は第2表に示すように整理する。

第1表 各バリアにおける監視及び測定の項目の関係

対象	技術要件	監視及び測定の項目	監視測定設備
人工バリア及び天然バリア(廃棄物埋設施設全体)	収着性 低透水性	放射性物質の濃度	地下水採取孔
		地下水の水位（地下水流動場，動水勾配，埋設した放射性廃棄物が直接地下水に浸せきしていないこと，帯水層厚さ）	地下水位監視装置 観測孔
人工バリア （表面遮水，最終覆土及び側部低透水性覆土）	低透水性	年間浸透水量	定期点検，類似環境下での原位置試験及び必要に応じてそれを補完する室内試験

第2表 監視及び測定の項目の概要

監視及び測定的项目	設置場所	監視測定設備	監視頻度
地下水の水位 (地下水の流向)	廃棄物埋設地周辺の複数地点	観測孔	1月に1回を基本とし、監視及び測定の状態から必要に応じて見直す。
地下水の水位 (地下水流速)	廃棄物埋設地の上流側及び下流側	地下水位監視装置	
地下水の水位 (埋設した放射性廃棄物が直接地下水に浸せきしていないこと)	廃棄物埋設地の上流側	地下水位監視装置	
地下水の水位 (帯水層厚さ)	廃棄物埋設地の下流側	地下水位監視装置	
放射性物質の濃度	廃棄物埋設地の上流及び下流、事業所の敷地境界	地下水採取孔	
年間浸透水量	—※	—※	10年に1回を基本とし、監視及び測定の状態から必要に応じて見直す。

※：廃棄物埋設地の類似環境下での原位置試験及び必要に応じてそれを補完する室内試験によって確認を行う。

3 地下水の水位における監視及び測定

3.1 地下水の水位等の監視測定設備

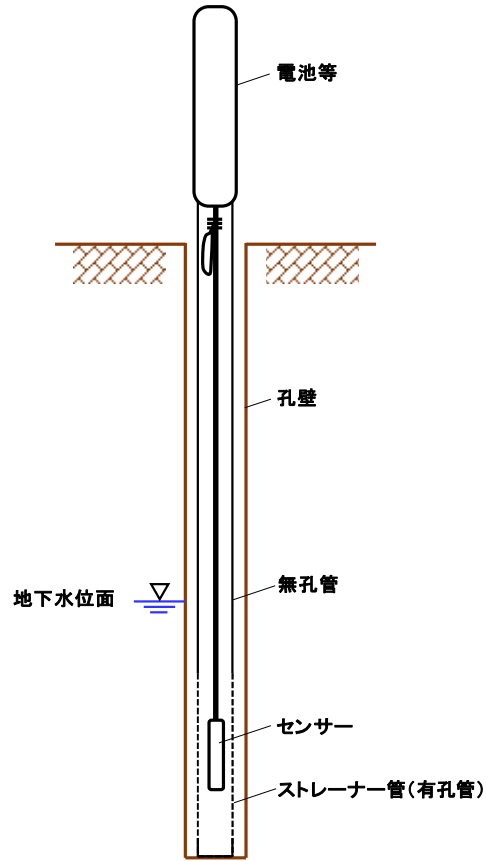
埋設する放射性廃棄物の受入れの開始から廃止措置の開始までの間において、廃棄物埋設地及びその周囲の状況の監視測定のため、地下水位を監視及び測定し、地下水流動場（地下水の流向）、地下水流速（動水勾配）、埋設した放射性廃棄物が直接地下水に浸せきしていないこと、帯水層厚さを確認する。

地下水流速（動水勾配）、埋設した放射性廃棄物が直接地下水に浸せきしていないこと、帯水層厚さの確認には、地下水位監視装置を使用し、地下水流動場（地下水の流向）の確認には観測孔を使用する。また、放射性物質の濃度の確認には、地下水採取孔を使用する。

（１）地下水位監視装置

地下水位監視装置は、地下水の水位（不圧帯水層の水位）を測定するため、観測対象とする地層に対してストレーナー管（有孔管）を設置し、それ以外を無孔管で保護した孔（観測孔）にデータ記録装置を備えたセンサー式水位計を設置した装置とする。なお、必要に応じて手動式の水位計を使用する。

地下水位監視装置の概念図を第２図に、センサー式水位計の例を第３図に、センサー式水位計の仕様の例を第３表に示す。



第 2 図 地下水位監視装置の概念図



第 3 図 センサー式水位計の例

第3表 センサー式水位計の仕様の例

	普及型MODEL-4677
圧力センサの材質	SUS-316
プローブの材質	SUS-316
プローブの外径(mm)	φ25×290
水位測定範囲	10m用 20m用 35m用
水位測定精度	±0.1%FS
圧力センサゼロ点温度ドリフト	±0.04%FS/°C
水位分解能	1mm
メモリ容量(512KB)	52000データ
測定間隔	1分～10日 (1分単位で設定可能)
プローブ動作温度 ^{※1}	0～50°C

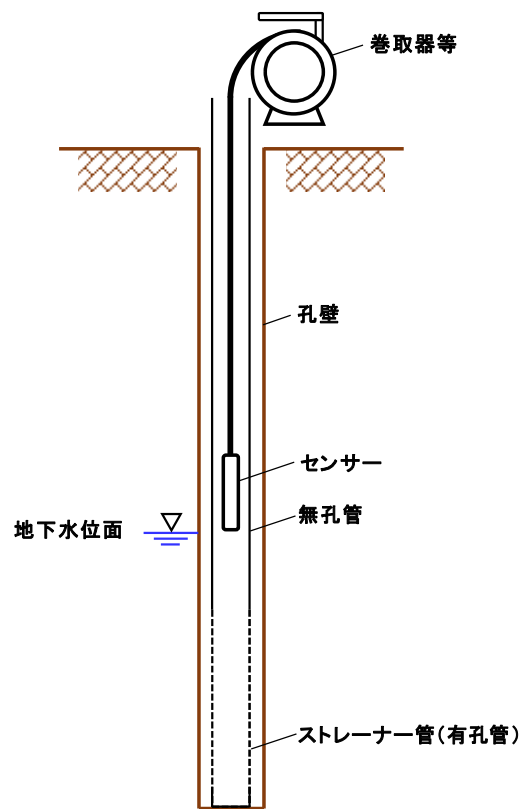
※1:凍結を除く

出典：応用地質株式会社

(2) 観測孔

観測孔は、地下水（不圧帯水層の地下水）の流向を把握するための情報として地下水の水位を測定するために、観測対象とする地層に対してストレーナー管（有孔管）を設置し、それ以外を無孔管で保護した孔を設置する。

なお、地下水の水位は、手動式の水位計又はセンサー式の水位計を使用する。観測孔の概念図を第4図に、手動式の水位計の例を第5図に示す。



第4図 観測孔の概念図



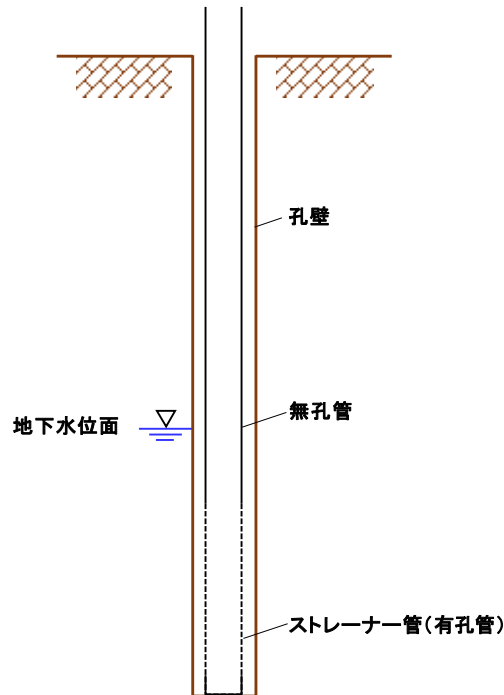
出典：ヤマコ測定機株式会社

第5図 手動式の水位計の例

(3) 地下水採取孔

地下水採取孔は、地下水の放射性物質の濃度を監視及び測定するために、

地下水の採取を行う場所に，ストレーナー管（有孔管）を設置し，それ以外を無孔管で保護した孔を設置する。地下水採取孔の概念図を第 6 図に示す。



第 6 図 地下水採取孔の概念図

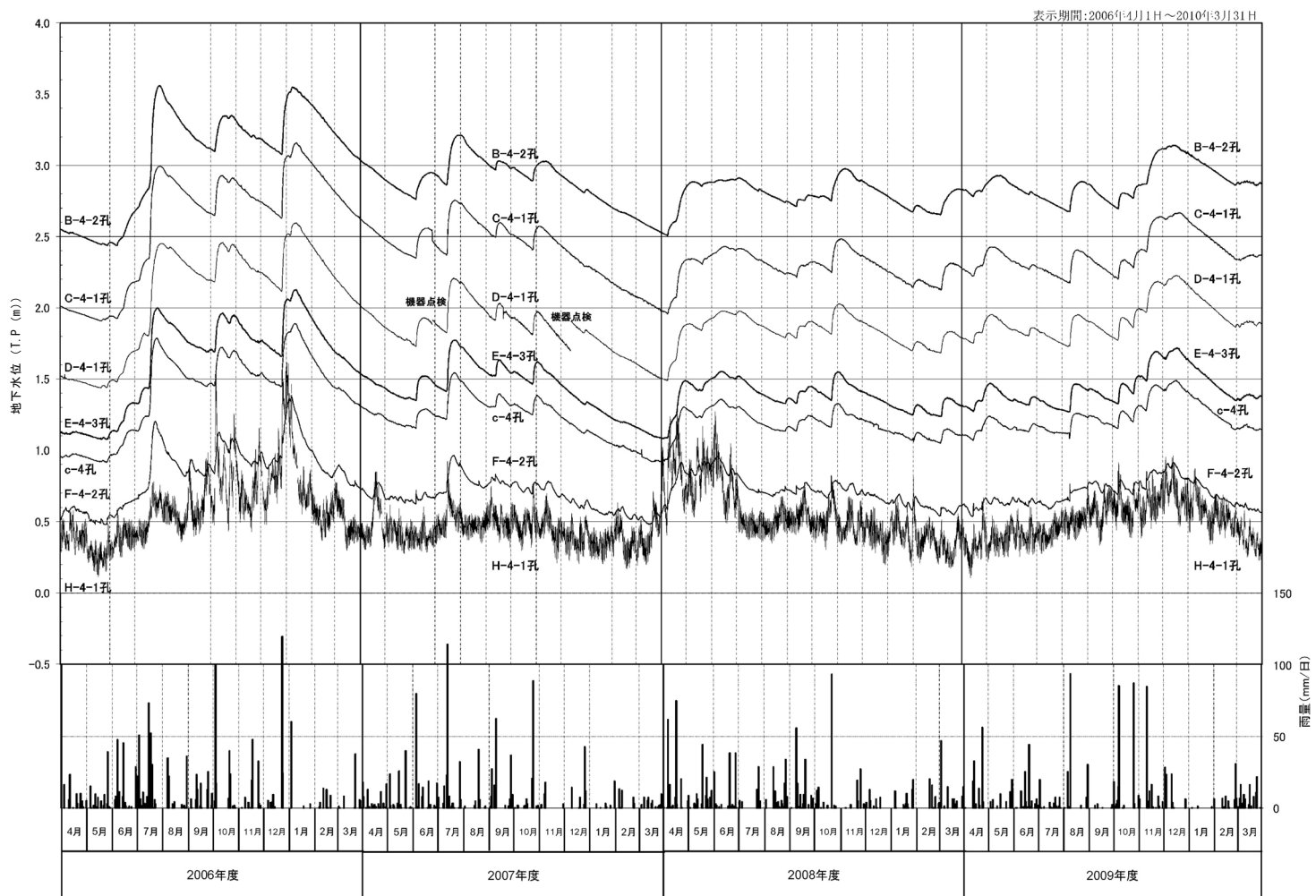
3. 2 地下水の水位等の監視測定設備の設置場所

(1) 地下水位調査結果

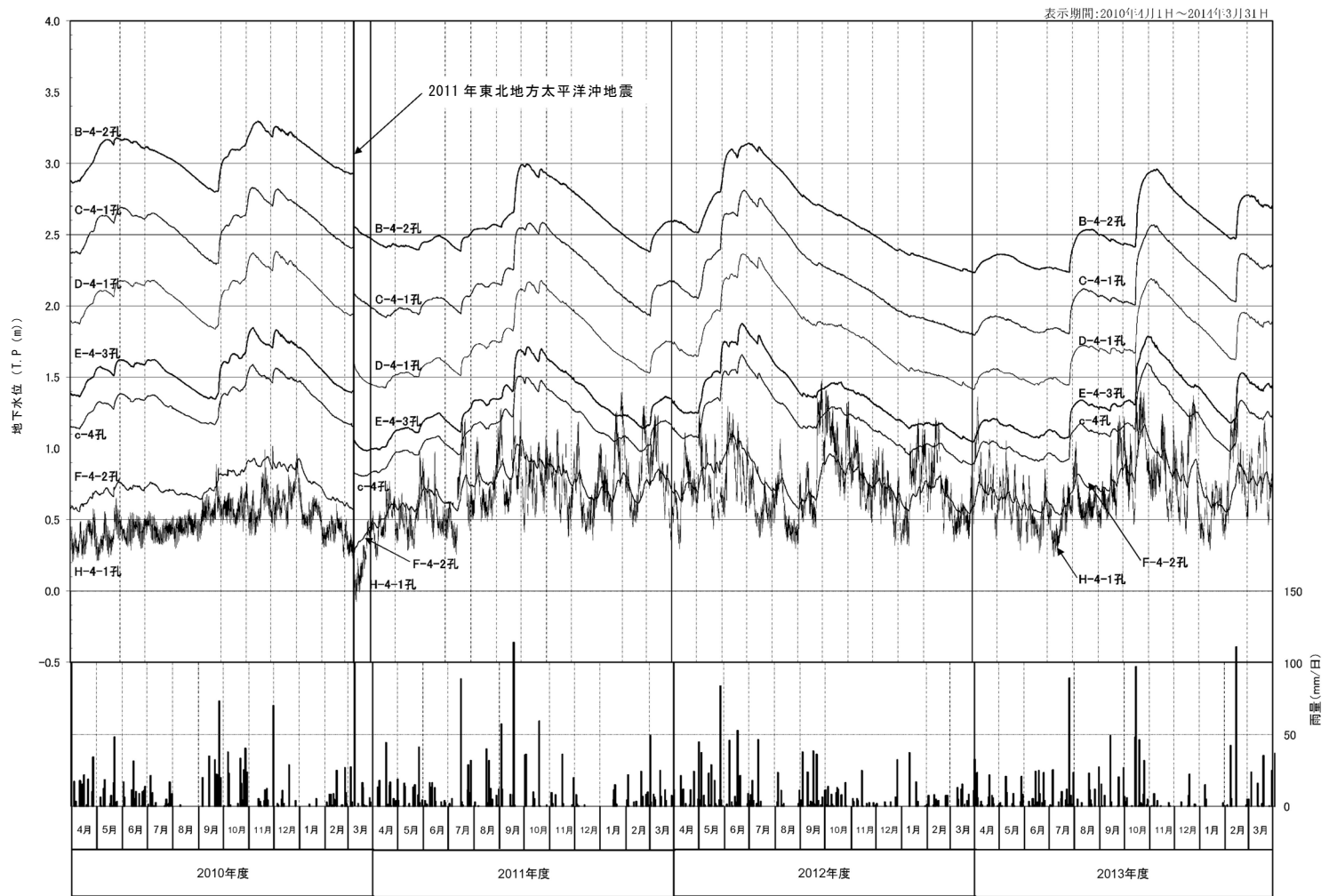
本施設位置付近における地下水位の状態を把握するため，地下水位調査等を実施している。敷地の地下水位変動図を第 7 図に示す。

本施設位置直下の地下水は T.P. 約 +1.3m～約 +2.6m であり年間変動幅は約 1.2m である。

敷地の地下水位等高線は，おおむね海岸線に平行で海側方向に低下していることから，地下水は定常的に海側に向かって流動していると考えられる。動水勾配最大時，最小時及び平均時の地下水位等高線図を第 8 図，第 9 図及び第 10 図に示す。

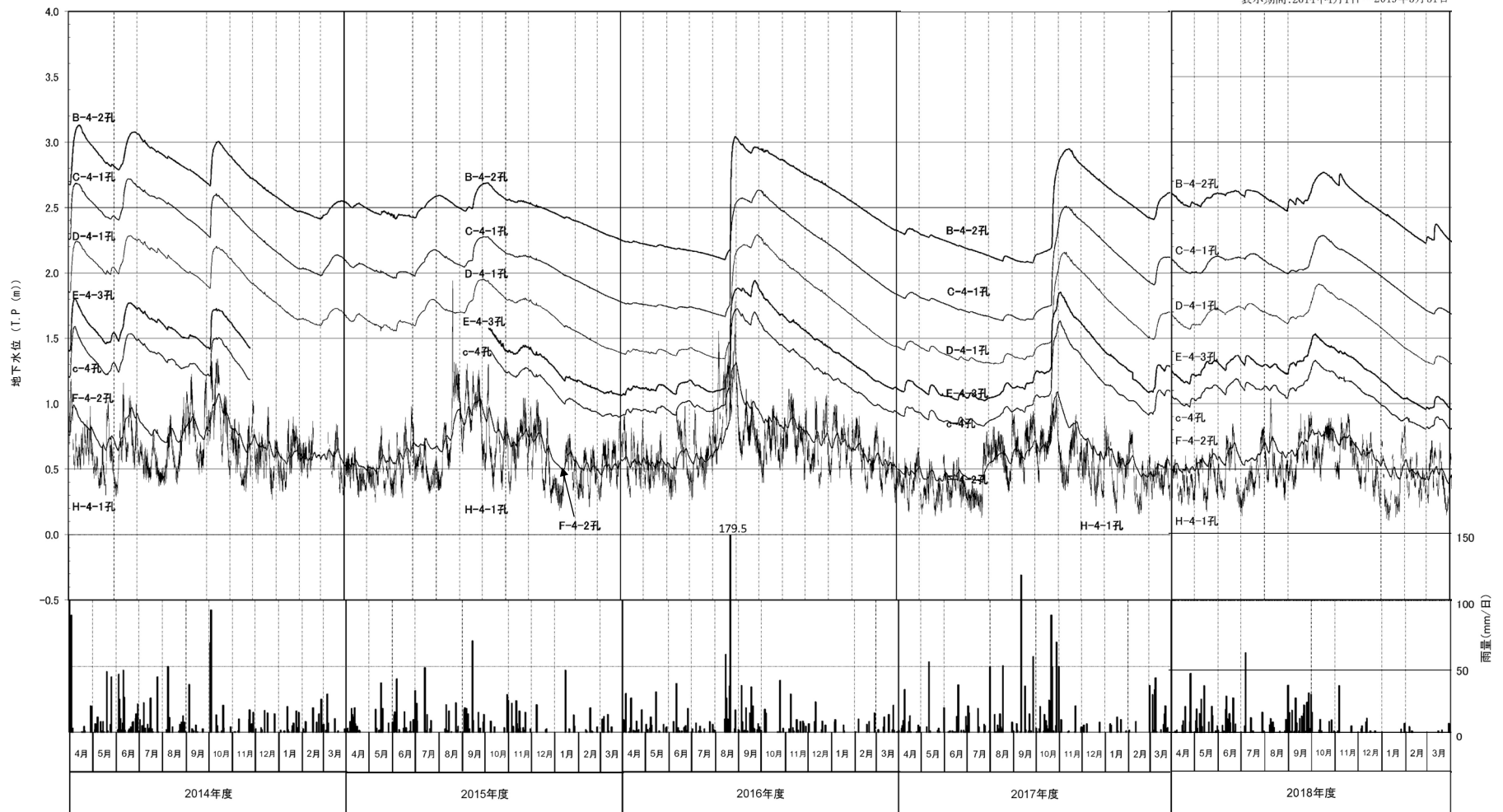


第 7 図 地下水水位変動図 (1 / 3)



第 7 図 地下水水位変動図 (2 / 3)

表示期間:2014年4月1日～2019年3月31日

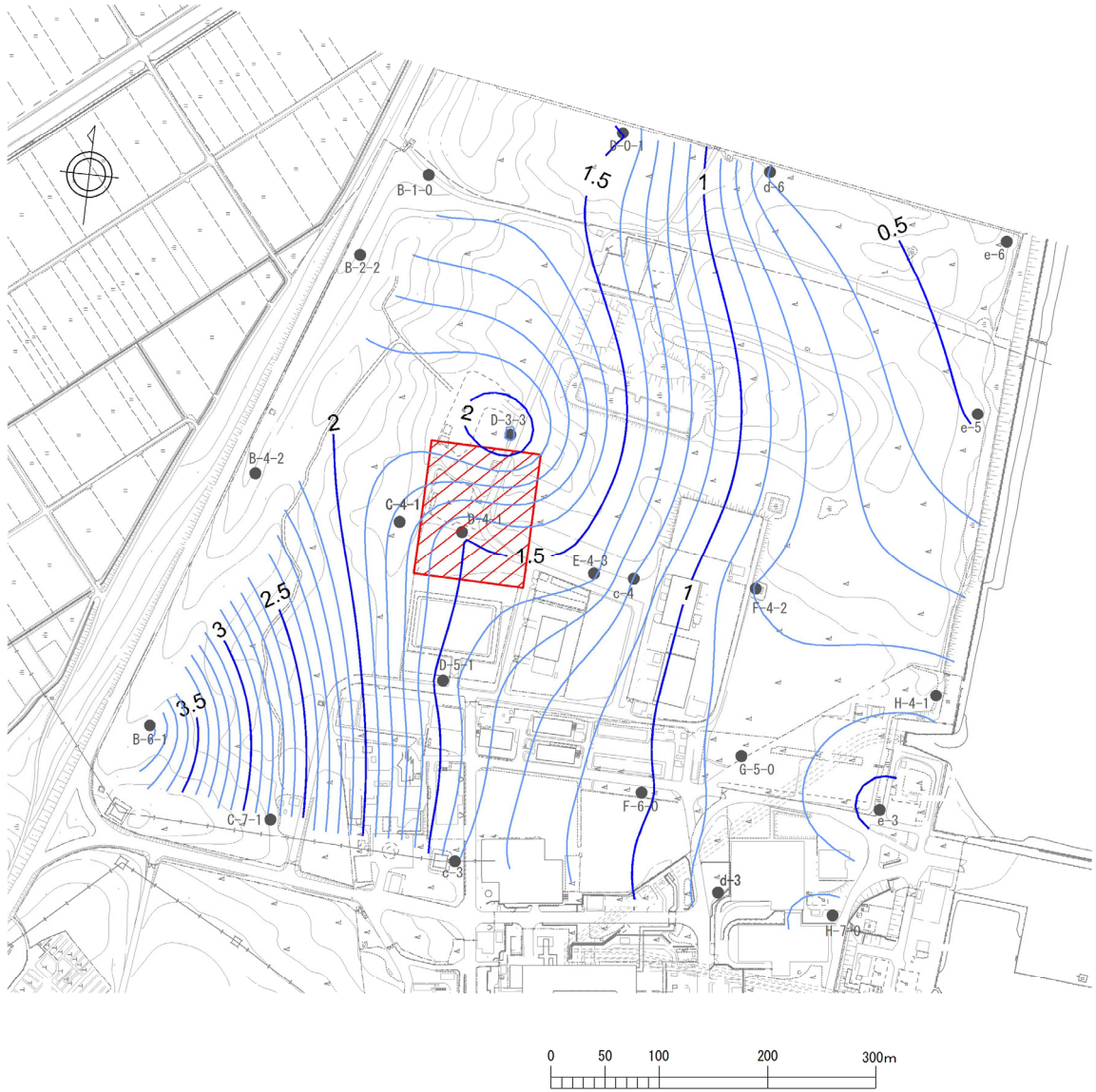


参 2-13

第 7 図 地下水位変動図 (3 / 3)



第 8 図 地下水位等高線図
 (C-4-1~c-4 ; 動水勾配最大時, 2007/2/14 14 時)



第9図 地下水位等高線図

(C-4-1~c-4 ; 動水勾配最小時, 2017/10/23 4時)



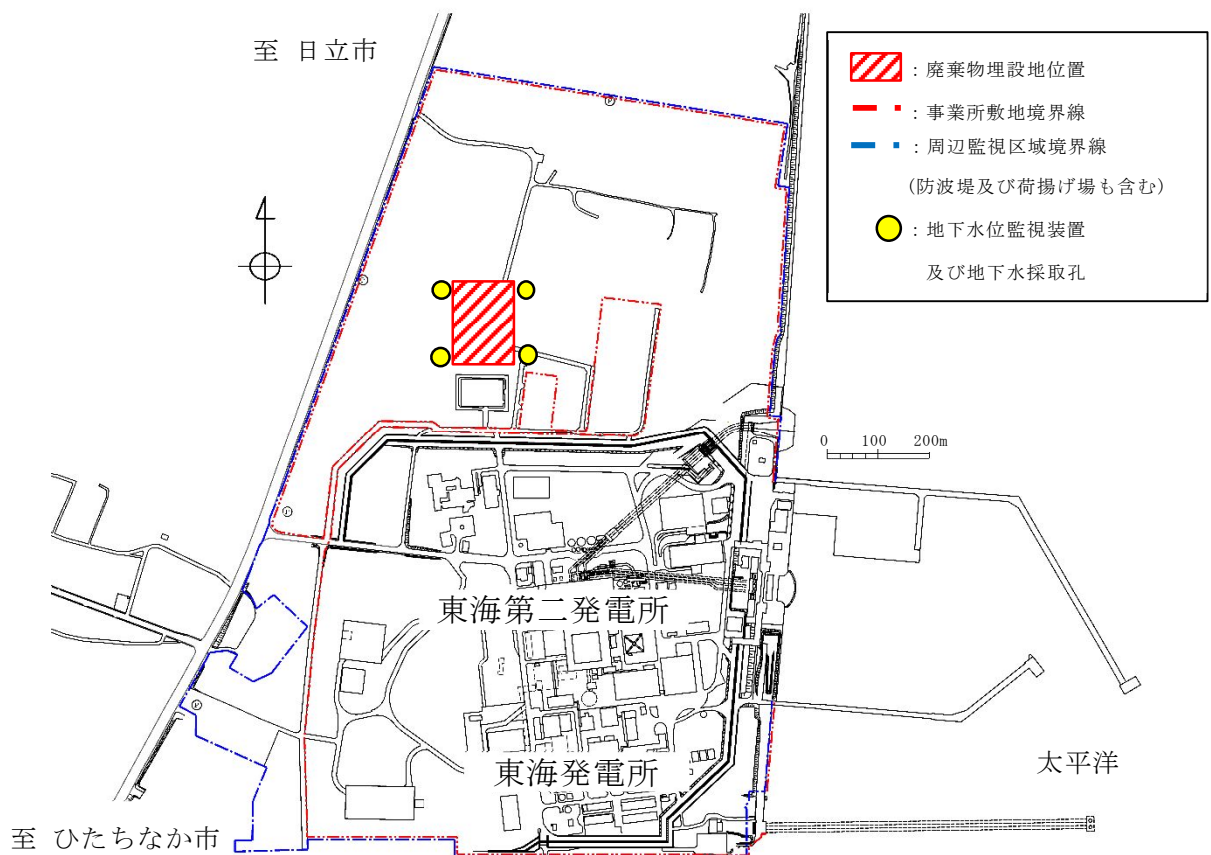
第 10 図 地下水位等高線図

(C-4-1~c-4 ; 動水勾配平均時, 2006/7/10 10 時)

(2) 地下水位等の監視測定設備の設置場所

地下水位調査結果から地下水は定常的に海に向かって流動していると考えられること、監視及び測定項目の測定内容及び方法の整理結果から廃棄物埋設地の上流及び下流側の地下水を測定する必要があると整理されることから、地下水位監視装置は廃棄物埋設地近傍の西側と東側に、二カ所ずつ設置する。

また、地下水の流向を確認するための観測孔を廃棄物埋設地周辺に設ける。地下水位監視装置及び地下水採取孔の位置を第 11 図に、地下水採取孔及び観測孔の設置位置案を第 12 図に示す。



第 11 図 地下水位監視装置及び地下水採取孔の位置



第 12 図 地下水採取孔及び観測孔の設置位置案

3. 3 地下水位の監視及び測定の方法

地下水位の監視の頻度は、季節変動の影響を評価できるように1月に1回とする。

測定孔の深さについては、降雨等による地下水位の変動を考慮しても測定できる深さとする。

測定頻度については、「核燃料物質又は核燃料物質によって汚染された物の第二種廃棄物埋設の事業に関する規則」第十三条の要求及び地下水位の季節変動を考慮して設定する。

測定精度については、測定期間及び使用環境に適応して実用上必要な精度で測定できる性能をもつ監視設備及び測定設備を用いる。

以下に各測定項目の監視方法、測定位置、測定方法について説明する。

(1) 地下水の流向

地下水は定常的に海側に向かって流動していること(地下水の流向)は、地下水位等高線(地下水位コンター)によって把握できると考える。

地下水の水位は、雨量等によって変化すると想定されるため、地下水の水位を測定するが、地下水位等高線(地下水位コンター)を把握するためには複数地点での水位が必要になるため、廃棄物埋設地周辺の複数地点の地下水の水位を測定する。

監視方法、測定位置、測定方法の考え方について第4表に示す。なお、監視及び測定の項目、監視測定設備やその位置、頻度等は、定期的な評価等の結果に基づき、必要に応じ見直すものとする。

第4表 地下水の流向を確認するための地下水位の監視及び測定の考え方

項目	考え方
監視方法	地下水は定常的に海側に向かって流動していること(地下水の流向)を、地下水位等高線(地下水位コンター)によって確認する。
測定位置	地下水位等高線(地下水位コンター)を把握するため、廃棄物埋設地周辺の複数地点
測定方法	手動式の水位計又はセンサー式の水位計を用いて測定する。

(2) 地下水流速

線量評価に用いた地下水流速は、地下水が流れる土壌の透水係数と動水勾配(2点間の損失水頭と距離から算出)から算出した流速である。

透水係数は、土の種類や状態等によって変わると考えられるが、土の種

類は変わらず、地下の土壌の状態が変わることは想定し難いことから透水係数の大幅な変化は想定し難い。

動水勾配は、距離（動水勾配を算出する際の2点間の距離）は固定であるため損失水頭の変化に左右される。

損失水頭は、対象とする地下水が帯水層を流れる地下水であることから、地下水の水位差であらわされ、地下水の水位はかん養源と考える雨量等によって変化すると想定される。

透水係数の大幅な変化は想定し難いため、監視及び測定項目からは除外し、動水勾配については、廃棄物埋設地の上流側及び下流側の地下水の水位を測定する。

監視方法、測定位置、測定方法の考え方について第5表に示す。なお、監視及び測定項目、監視測定設備やその位置、頻度等は、定期的な評価等の結果に基づき、必要に応じ見直すものとする。

第5表 地下水流速を確認するための地下水位の監視及び測定の考え方

項目	考え方
監視方法	廃棄物埋設地近傍の地下水流れの上流側と下流側の地下水位の差と距離から動水勾配を求め、敷地全体の平均的な動水勾配と比較検討して想定外事象の有無を確認する。
測定位置	廃棄物埋設地における地下水の動水勾配を確認することから、廃棄物埋設地近傍の地下水流れの上流側と下流側とする。
測定方法	センサー式の水位計を用いて測定する。必要に応じて手動式の水位計を使用する。

(3) 埋設した放射性廃棄物への直接地下水の浸せき

埋設した放射性廃棄物が直接地下水に浸せきしていないことは、地下水の水位によって決まる。

地下水の水位は、雨量等によって変化すると想定されるため、地下水の水位を測定するが、廃棄物埋設地の建設着手後は廃棄物埋設地直下の地下水の水位は測定することが出来ないため、廃棄物埋設地直下より地下水の水位が高くなると考えられる廃棄物埋設地の上流側の地下水の水位を測定する。

監視方法、測定位置、測定方法の考え方について第6表に示す。なお、監視及び測定の項目、監視測定設備やその位置、頻度等は、定期的な評価等の結果に基づき、必要に応じ見直すものとする。

第6表 埋設した放射性廃棄物が直接地下水に浸せきしていないことを確認するための地下水位の監視及び測定の考え方

項目	考え方
監視方法	廃棄物埋設地直下より地下水の水位が高くなると考えられる廃棄物埋設地の上流側の地下水の水位を測定し、確認する。
測定位置	廃棄物埋設地近傍の地下水流れの上流側とする。
測定方法	センサー式の水位計を用いて測定する。必要に応じて手動式の水位計を使用する。

(4) 帯水層厚さ

線量評価に用いた帯水層厚さは、廃棄物埋設地直下の地下水の水位等から設定した厚さである。地下水の水位は、雨量等によって変化すると想定されるため、地下水の水位を測定する。

しかし、廃棄物埋設地の建設着手後は廃棄物埋設地直下の地下水の水位を測定することが出来ないため、廃棄物埋設地直下より地下水の水位が低くなると考えられる廃棄物埋設地の下流側の地下水の水位を測定する。

監視方法、測定位置、測定方法の考え方について第7表に示す。なお、

監視及び測定の項目，監視測定設備やその位置，頻度等は，定期的な評価等の結果に基づき，必要に応じ見直すものとする。

第7表 帯水層厚さを確認するための地下水位の監視及び測定の考え方

項目	考え方
監視方法	廃棄物埋設地直下より地下水の水位が低くなると考えられる廃棄物埋設地の下流側の地下水の水位を測定し，確認する。
測定位置	廃棄物埋設地近傍の地下水流れの下流側とする。
測定方法	センサー式の水位計を用いて測定する。必要に応じて手動式の水位計を使用する。

4 年間浸透水量の監視及び測定

埋設する放射性廃棄物の受入れの開始から最終覆土完了までの間における表面遮水の低透水性については，表面遮水に用いる遮水シートについて規定の点検方法を実施することで，定期的に健全性を確認することによって年間浸透水量を監視する。

埋設する放射性廃棄物の受入れの開始から廃止措置の開始までの間における側部低透水性覆土及び最終覆土完了から廃止措置の開始までの間における最終覆土の低透水性は，類似環境下での原位置試験及び必要に応じてそれを補完する室内試験を実施し，人工バリアの低透水性の変化を年間浸透水量の評価によって確認する。

第8表に年間浸透水量に関する監視及び測定の考え方を示す。なお，監視及び測定項目，監視測定設備やその位置，頻度等は，定期的な評価等の結果に基づき，必要に応じ見直すものとする。

第8表 年間浸透水量に関する監視及び測定の実態

項目	考え方		
	表面遮水	側部低透水性覆土	最終覆土
監視方法	規定のマニュアルによる定期点検	類似環境下における埋設トレンチ内の浸透水量を水分計センサーやサンプリングによって評価する。	
監視及び測定期間	廃棄物受入れ開始から廃止措置の開始までの間	廃棄物受入れ開始から廃止措置の開始までの間	廃棄物受入れ開始から廃止措置の開始までの間
位置	埋設トレンチ上部	埋設トレンチの環境と類似させるために、廃棄物埋設地近傍で埋設トレンチと同程度の深度、構造の監視測定設備を設置する。	
測定方法	—	水分センサー計を用いて複数箇所です中の体積含水率を測定する。また、必要に応じてサンプリングによって確認する。	
監視及び測定頻度	規定のマニュアルに定める頻度で実施	廃棄物受入れ開始から廃止措置の開始までの間で、必要な頻度で実施する。	

以上