

廃棄物埋設施設における
許可基準規則への適合性について

1 号廃棄物埋設施設の覆土の終了予定時期の
変更に伴う漏出防止機能への影響

2026 年 9 月

日本原燃株式会社

目 次

1. はじめに	1
2. 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 第十三条第一号及びその解釈	2
3. 廃棄物埋設施設における漏出防止機能	3
(1) 漏出防止機能の基本的考え方	3
(2) 漏出防止機能の設計方針	3
4. 漏出防止機能の管理	5
(1) 漏出防止機能の管理体制	5
(2) 漏出防止機能の管理状況	5
(3) 漏出防止機能の管理に関する今後の対応	6
5. 漏出防止機能の機能維持期間	7
(1) 事業変更許可申請書への埋設設備の耐久性の記載	7
(2) 埋設設備の漏出防止機能を期待できる期間	9
(3) 許可基準規則における要求事項への対応	10
(4) 埋設設備の耐久性に係る評価	12
(5) 浅地中処分施設の健全性に係る IAEA 要求事項	13
(6) 海外の浅地中処分施設における操業期間の設定	16
(7) 漏出防止機能の機能維持期間に関する考え方	17
6. まとめ	18

添付資料 1 漏出防止機能の管理に関連する保安規定の記載（抜粋）

添付資料 2 1号排水・監視設備からの排水実績と保修状況について

添付資料 3 埋設設備の耐久性評価について

1. はじめに

本資料は、廃棄物埋設事業変更許可申請書（2026 年 4 月 22 日申請）（以下、「本申請」という。）に関して、「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、「許可基準規則」という。）への適合性を説明するものである。

本申請においては、1 号廃棄物埋設施設の覆土終了予定時期を変更している。

1 号廃棄物埋設施設においては、覆土完了（埋設の終了）まで「放射性物質の漏出を防止する機能」（以下、「漏出防止機能」という。）を維持することとしている。

また、「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」（移行抑制機能）については、埋設設備は収着性を、覆土は低透水性・収着性を有する設計としており、覆土の終了予定時期の変更による移行抑制機能に関する設計への影響はない。

そのため、本資料において、本申請の変更後の許可基準規則への適合性として、1 号廃棄物埋設施設の覆土終了定時期の変更が漏出防止機能に影響がないことを説明する。

2. 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 第十三条第一号
及びその解釈

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
(ピット処分又はトレンチ処分に係る廃棄物埋設地) 第十三条 ピット処分又はトレンチ処分に係る廃棄物埋設地は、次の各号に掲げる要件を満たすものでなければならない。 一 ピット処分に係る廃棄物埋設地は、外周仕切設備を設置する方法、その表面を土砂等で覆う方法その他の人工バリアを設置する方法により、 <u>埋設する放射性廃棄物の受入れの開始から埋設の終了までの間にあっては廃棄物埋設地の限定された区域からの放射性物質の漏出を防止する機能</u> 、埋設の終了から廃止措置の開始までの間にあって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を <u>有する</u> ものであること。

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
第 13 条(ピット処分又はトレンチ処分に係る廃棄物埋設地) 2 第 1 項第 1 号に規定する「 <u>廃棄物埋設地の限定された区域からの放射性物質の漏出を防止する</u> 」とは、雨水や地下水の浸入を防止する構造及び放射性物質の漏出を防止する構造が相まって、 <u>廃棄物埋設地の限定された区域から放射性物質が漏えいしない状況（工学的に有意な漏えいがない状況）を達成</u> することをいう。

3. 廃棄物埋設施設における漏出防止機能

(1) 漏出防止機能の基本的考え方

漏出防止機能の考え方について、以下のとおりである。

- 埋設する廃棄体は、「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」に定められた廃棄体に係る技術上の基準を満足するものであり、容器の構造、定置までの取扱い、強度等から、変形・損傷や外部からの雨水及び地下水の浸入が生じ難い構造と考えられるため、容易に廃棄体内の放射性物質が容器の外へ漏えいすることはない。
- しかし、埋設設備への定置後において、廃棄体周辺が水で満たされ液相に連続性がある状態となると、廃棄体内の放射性物質は水を媒体として溶出・移行し、廃棄物埋設地の外に漏えいすることが考えられる。
- このため、廃棄体にできるだけ水を近づけない設計とすることとしている。
- 埋設設備内への雨水及び地下水の浸入を防止すること並びに埋設設備内に浸入した水を廃棄体と接触することなく適切に排水することにより、雨水及び地下水の浸入を防止する設計と、万一、廃棄体と水が接触した場合にも放射性物質の漏出を防止する設計が相まって、廃棄物埋設地の限定された区域(埋設設備)から放射性物質が漏えいしない状況を達成できる設計としている。

(2) 漏出防止機能の設計方針

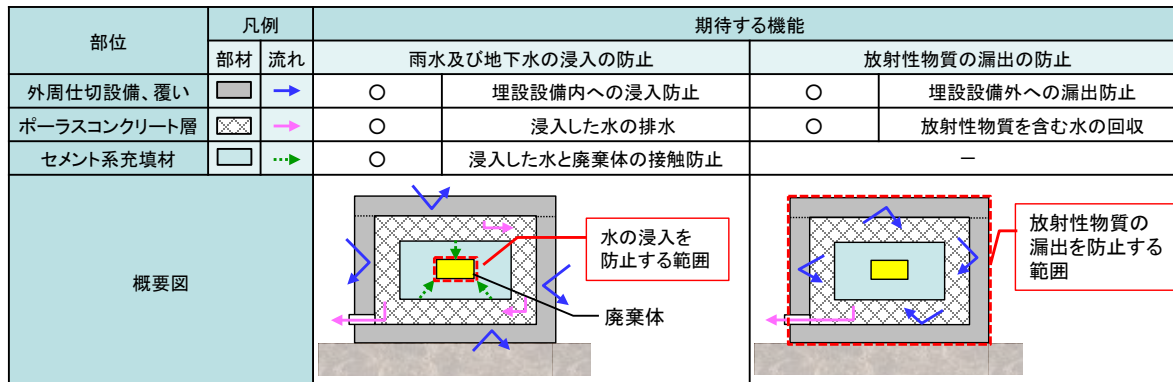
「(1) 漏出防止機能の基本的考え方」を踏まえ、漏出防止機能及びその監視の設計方針について、以下のとおりとしており、本申請において変更はない。

- 漏出防止機能は、埋設する放射性廃棄物の受入れの開始から覆土完了までの間において、水を媒体とした放射性物質の環境への漏出を防止するため、雨水及び地下水が廃棄体と接触しないよう浸入を防止する設計と、万一、廃棄体と水が接触した場合にも放射性物質の漏出を防止する設計が相まって、廃棄物埋設地の限定された区域(埋設設備)から放射性物質が漏えいしない状況を達成できる設計とする。
- 雨水及び地下水の浸入の防止として、埋設設備内への水の浸入の防止、浸入した水の排出及び廃棄体と水の接触の防止を行う設計とする。外周仕切設備及び覆いの低透水性により埋設設備内への水の浸入を防止する設計とする。

また、仮に埋設設備内に水が浸入した場合においても、ポーラスコンクリート層により集水し、埋設設備外に排出して回収するとともに、セメント系充填材により廃棄体と水の接触を防止する設計とする。

- 放射性物質の漏出の防止として、埋設設備外への水の漏出防止及び放射性物質を含む水の回収を行う設計とする。外周仕切設備及び覆いの低透水性により埋設設備外への水の漏出を防止する設計とする。また、放射性物質を含む水はポーラスコンクリート層により集水し、埋設設備外へ排出して回収する設計とする。回収した水は、放射性物質の濃度が周辺監視区域外の水中の濃度限度を十分下回ることを確認して、排水口から事業所外へ放出する。
- 埋設設備からの放射性物質の漏えいを監視し、埋設設備の漏出防止機能が維持されていることを確認するため、廃棄物埋設地に排水・監視設備を設置し、管理建屋に放射能測定装置及び放射線サーベイ機器を設置する。

上記の漏出防止機能の設計方針の概要図を第 1 図に示す。



第 1 図 漏出防止機能の設計方針についての概要図

4. 漏出防止機能の管理

(1) 漏出防止機能の管理体制

当社は保安規定の「第 26 条 埋設設備の排水の監視」等に基づき、漏出防止機能に関連して、以下の保全活動を行っている。（保安規定の詳細は添付資料 1 参照）

- ・ 排水量の監視
- ・ 排水中の放射性物質の濃度及び必要に応じて線量の監視
- ・ 有意な濃度の放射性物質又は有意な排水量の変動が認められた場合には、調査計画を定め、調査を実施する
- ・ 調査の結果、必要と認められた場合に埋設設備の修復を行う

ここで、排水中の放射性物質の有意な濃度とは、目標検出限界値を旧線量告示(昭和 63 年 7 月 26 日科学技術庁告示第 20 号)で定められる周辺監視区域外の水中の濃度限度（以下、「水中濃度限度」という。）の 1/100 として、第 1 表のとおり設定している。

第 1 表 排水中の放射性物質の有意な濃度

[単位：Bq/cm ³]	トリチウム	コバルト 60	セシウム 137
有意な濃度 (目標検出限界値)	6.0×10^{-1}	1.0×10^{-3}	7.0×10^{-4}
(参考) 水中濃度限度	6.0×10^1	1.0×10^{-1}	7.0×10^{-2}

また、有意な排水量の変動とは、埋設設備内の廃棄体に水が接触することが想定される状況として、ポーラスコンクリート層の排水能力を上回るものとして、1 号埋設設備では、950L 以上/日/埋設設備としている。

(2) 漏出防止機能の管理状況

前項に示す監視の結果、操業開始後、2025 年度末現在まで、有意な濃度の放射性物質及び有意な排水量の変動は認められていない。埋設設備近傍の地下水からの放射性物質を監視するような状況ではなく、漏出防止機能は健全に維持できている。

なお、事業変更許可取得後の 2022 年 4 月に 1 号 3-E 埋設設備からの排水中に N. D. レベルをわずかに超える濃度の Cs-137 が検出されたことがあったものの、雨水浸入経路として特定した覆いコンクリートのひび割れの保修を実施したことにより当該埋設設備からの排水量が減少し放射性物質の検出はなかったことを確認している。

一方で、これまでに埋設設備からの排水は認められており、保安規定の「第 22 条 施設管理」に基づく点検・保全計画を踏まえ、必要に応じて保修を実施し、排水量の低減を図ってきた。

これまでの排水実績と保修状況について添付資料 2 に示す。

(3) 漏出防止機能の管理に関する今後の対応

前項のとおり、有意な濃度の放射性物質及び有意な排水量の変動は認められておらず、漏出防止機能は健全に維持された状態である。

これまで埋設設備からの排水が認められた場合においても保修により排水量の低減を行っており、今後も保安規定に基づく施設管理を実施していくことにより埋設設備の漏出防止機能を維持できると考えている。

ここではさらに、万が一のリスクとして、仮に、有意な濃度以上の放射性物質が認められた場合の公衆へ影響を評価する。

有意な濃度以上の放射性物質があったとしても、回収管理し、廃棄施設にて処理し、水中濃度限度を十分に下回ることを確認して放出することとしている。

「第十七条（旧第十三条） 廃棄施設」での許可基準規則への適合性として、「液体廃棄物中の放射性物質が移行する尾駁沼の水産物摂取による内部被ばく」の線量評価を実施しており、この場合の公衆の受ける線量の評価結果は、約 $1.7 \times 10^{-2} \mu\text{Sv/y}$ である。平常時に廃棄物埋設施設から公衆の受ける線量の基準値 $50 \mu\text{Sv/y}$ より小さいことから、そのリスクは十分小さい。

また、排水を回収管理できず、一部が廃棄物埋設地から環境中に放出された場合を想定する。

廃棄物埋設地から岩盤に流出する場合については、「第十三条（旧第十条） ピット処分又はトレンチ処分に係る廃棄物埋設地」での許可基準規則への適合性として実施した、廃止措置開始前までの「平常時における廃棄物埋設地からの放射性物質の漏出に伴い公衆の受ける線量」の評価を参考とすることができる。

今回の想定する状態を直接評価するものではないが、埋設設備から岩盤への流出水量を $2,500\text{m}^3/\text{y}$ （廃棄物埋設地当たり）と設定した条件での 1 号廃棄物埋設地の「地下水中の放射性物質が移行する尾駸沼の水産物摂取による内部被ばく」の線量評価結果は、約 $1.9\mu\text{Sv}/\text{y}$ である。平常時に廃棄物埋設施設から公衆の受ける線量の基準値 $50\mu\text{Sv}/\text{y}$ より小さいことから、工学的に有意な漏えいは生じないと考える。

上記のとおり、有意な濃度の放射性物質が認められた場合においても公衆の受ける線量は十分小さいと考えられるが、排水状況を踏まえて以下のような監視を実施し、公衆へ影響を与えないよう、必要に応じて埋設設備の修復などの対策を行う計画とする。

- ・ 埋設設備からの排水に対する、その量と放射性物質の濃度の監視
- ・ 周辺監視区域近傍の地下水採取孔による地下水中の放射性物質の濃度の監視
- ・ 必要に応じて、埋設設備近傍に設ける地下水採取孔を用いた地下水中の放射性物質の濃度の監視強化

5. 漏出防止機能の機能維持期間

(1) 事業変更許可申請書への埋設設備の耐久性の記載

埋設設備の耐久性については、事業変更許可申請書の添付書類五のロ（4）「放射性物質の漏出の防止及び低減に関する設計」において、「漏出防止機能を確保する期間」に対して以下を記載している。

- ・ 劣化・損傷に対する抵抗性を有するよう鉄筋かぶり及び材料配合の設計を行うこと
- ・ 劣化抵抗性を有していることを「コンクリート標準示方書（設計編）」に基づく耐久性照査によって確認すること（対象項目：中性化、塩害及び凍害）

劣化・損傷に対する抵抗性については、添付書類五のニにおいて、「漏出防止機能」に係る埋設設備の各構成部位に対する要求性能・設計要件を整理しており、漏出防止機能を確保するため、外周仕切設備、内部仕切設備及び覆いに対して以下の設計対応を実施している。

- ・ 鉄筋かぶり：中性化に対して必要なかぶりを持たせる
- ・ 材料配合：塩害及び凍害に対して劣化抵抗性を持たせる

事業変更許可（2021 年 7 月）後に行った「コンクリート標準示方書（設計編）」に基づく耐久性照査や、保安規定の下部要領に基づき実施した診断調査による耐久性評価の結果、埋設設備は 100 年程度の期間、劣化抵抗性を有していることを確認している。

放射性廃棄物の浅地中処分に係る IAEA SSG-29 の要求事項では、機能維持／耐久性を考慮した設計と設計変更時の安全評価の更新の必要性を規定しているが、海外の浅地中ピット処分施設の事例を調査したところ、調査した範囲内では、埋設設備の機能維持や耐久性の観点から操業期間（年数）を定めている事例は確認されなかった。これは、埋設設備の操業期間は耐久性や設計寿命の観点から定まるものではなく、埋設設備の容量や年間の廃棄体受入れ数量に依存すると推定される。

上記を踏まえ、「漏出防止機能を確保する期間」に対して確認するとしている耐久性照査の対象期間を延長し、「漏出防止機能を確保する期間」を十分に包含する期間に対して劣化抵抗性を有していることを確認することが読み取れるよう、添付書類五のロ(4)の記載を見直すこととする

なお、「漏出防止機能を確保する期間」の長さ（年数）は、添付書類二のハ(3)「設計及び工事並びに運転及び保守の経験」に記載する各廃棄物埋設施設の運転開始時期及び工事計画の主要工程に表示する各廃棄物埋設地の覆土完了時期より把握できる。

これらの詳細について、下記(2)～(7)に示す。

(2) 埋設設備の漏出防止機能を期待できる期間

1号埋設施設の事業許可時点（1990年）において、埋設設備の漏出防止を期待できる期間については、以下のとおり規制側との共通認識を得ていたものと理解している。⁽¹⁾

- ・ 埋設設備の設計は、以下の項目を考慮し閉じ込め機能（漏出防止機能）を維持する設計としている
 - ✓ 地震力、自重、土圧等の荷重に対して十分な強度を有する設計とすること
 - ✓ コンクリート標準示方書に準拠して設計、施工すること
 - ✓ 地下水中には、劣化を早める化学的性質は認められないこと
- ・ 一般的に、品質管理の行き届いた鉄筋コンクリート構造物は、数十年以上の期間その健全性を保つことができる
- ・ 以上のことから、埋設設備について、土圧等の荷重に対して十分な強度を有することおよび十分な管理のもと施工することで、数十年以上の期間、健全性を保つことができる
- ・ 第1段階から第2段階終了までの間（40～45年後までの間）、万一コンクリートが劣化してコンクリートピットから地下水が浸入した場合でも、地下水が廃棄体に達することなく排水できるように排水・監視設備を設ける設計とするため、埋設設備の外に放射性物質が容易に漏出することはない
- ・ 万一、埋設設備の外に放射性物質が漏出した場合、第1段階では埋設設備の修復を行う

⁽¹⁾ 日本原燃産業株式会社六ヶ所事務所における廃棄物埋設の事業に係る公開ヒアリング（平成2年4月 原子力安全委員会）

参考

廃棄物事業許可申請書（1990 年 11 月 15 日許可、関連箇所一部抜粋）

ロ 安全設計

(1) 閉じ込めの機能に関する安全設計

(i) 廃棄物埋設地

廃棄物埋設地においては、以下に示す設計を行うことにより、第 1 段階において放射性物質が埋設設備の外へ漏出することを防止するものとする。

埋設設備は、鉄筋コンクリート造とし、十分な地耐力を有する地盤に設置する。

埋設設備を構成する外周仕切設備、内部仕切設備及び覆いは、地震力、自重、土圧等の荷重に対し、十分な構造上の安定性を有するよう、許容応力度法により設計する。

なお、使用するコンクリートは「土木学会 コンクリート標準示方書」に準拠して設計、施工を行う。

また、埋設設備は、廃棄体定置後、セメント系充てん材により区画内を充てんする。

廃棄物埋設地に設置する排水・監視設備により、仮に埋設設備の外周仕切設備及び覆いから地下水が浸入した場合でも、その水が廃棄体に達することなく排水ができるよう考慮した設計とする。

廃棄物埋設地周辺の地下水には、埋設設備のコンクリート及びセメント系充てん材に対し、閉じ込めの機能に影響を与えるような化学的性質は認められない。

(3) 許可基準規則における要求事項への対応

(i) 許可基準規則での要求事項

漏出防止機能の維持期間は許可基準規則において「埋設する放射性廃棄物の受入の開始から埋設の終了までの間」とされている。

また、許可基準規則の解釈第 13 条第 1 項（改正前：第 10 条第 1 項（2021 年 7 月許可時点））において、以下のとおり、BAT、劣化・損傷に対する抵抗性及び機能維持性に係る要求事項が規定されている。

- ・ 設計時点において合理的かつ利用可能な最善の建設・施工技術によるものであること
- ・ 劣化・損傷に対する抵抗性を考慮すること
- ・ 劣化・損傷が生じた場合にも機能が維持できる（安全上支障のない期間内において速やかに修復できることが確実であることを含む。）構造・仕様であること

(ii) 劣化・損傷に対する抵抗性の考慮

「劣化・損傷に対する抵抗性の考慮」に関する要求事項の対応として、既許可（2021 年 7 月）の事業変更許可申請書の添付書類五では、漏出防止機能を確保する期間に対して以下を記載している。

- ・ 劣化・損傷に対する抵抗性を有するよう鉄筋かぶり及び材料配合の設計を行うこと
- ・ 劣化抵抗性を有していることを「コンクリート標準示方書（設計編）」に基づく耐久性照査によって確認すること（対象項目：中性化、塩害及び凍害）

（iii）漏出防止機能に係る要求性能及び設計要件

事業変更許可申請書の添付書類五において、「漏出防止機能」に係る埋設設備の各構成部位に対する要求性能・設計要件（第2表参照）を整理している。

漏出防止機能を確保するため、外周仕切設備、内部仕切設備及び覆いに対して耐久性を考慮した以下の設計対応を実施することとしている。

- ・ 鉄筋かぶり：中性化に対して必要なかぶりを持たせる
- ・ 材料配合：塩害及び凍害に対して劣化抵抗性をを持たせる

これまでの排水回収・放射性物質の監視の状況から、1号埋設設備の漏出防止機能は維持できており、今後も施設管理を通じて維持可能と考えている。

第2表 埋設設備の要求性能及び設計要件

（事業変更許可申請書（2021年7月許可）・添付書類五 添5ニ-第1表の一部）

安全機能	要求性能		仕切設備 外周	仕切設備 内部	支持 廃棄体	セメント系 充填材	覆い	仮蓋 コンクリート	内部防水 ^{*5}	設計要件
	技術要件 (必要な特性)	設計項目								
漏出防止機能	透水特性	低透水性	水結合材比	○	—	—	○	— ^{*1}	—	緻密なコンクリートであること(基質部)。
			断熱温度上昇量	○	—	— ^{*3}	○	— ^{*1}	—	温度変化によるひび割れの抑制を考慮すること。
		ひび割れ抑制 ^{*3}	自己収縮ひずみ	○	—	— ^{*3}	○	— ^{*1}	—	自己収縮によるひび割れの抑制を考慮すること。
			乾燥収縮ひずみ	○	—	— ^{*3}	○	— ^{*1}	—	乾燥収縮によるひび割れの抑制を考慮すること。
			鉄筋量	○	—	—	○	— ^{*1}	—	最大ひび割れ幅を低減すること。
		充填性	スランブフロー	—	—	○	—	—	—	必要な流動性を有すること。
			ブリーディング	—	—	○	—	—	—	材料分離抵抗性を有すること。
		防水性 ^{*4}	遮水性	—	—	—	—	—	○	水の浸入及び漏出を防止すること。
			ひび割れ追従性	—	—	—	—	—	○	コンクリートのひび割れに追従すること。
	力学特性	力学的安定性	圧縮強度	○	○	○ ^{*2}	○	○	—	必要な構造強度を有すること。
			鉄筋強度	○	○	○ ^{*2}	—	○	—	必要な構造強度を有すること。
		耐久性	鉄筋かぶり	○	○	—	—	○	—	中性化に対して必要なかぶりを有すること。
			材料配合	○	○	—	—	○	—	塩害及び凍害に対して劣化抵抗性を有すること。

*1：防水シート等の併用により区画内に水を浸入させないよう考慮する。

*2：セメント系充填材を充填できるよう、ポーラスコンクリート層と廃棄体の間の厚さを確保する。

*3：充填性を確保した上でひび割れ抑制の観点についても考慮する。

*4：分配係数は、材料仕様、施工の際に取得する分配係数データ又は代替指標となるデータにより管理する。

*5：埋設設備7,8群。

(4) 埋設設備の耐久性に係る評価

(i) 概要

最新のコンクリート標準示方書に基づき、1号埋設設備の耐久性評価（耐久性照査、診断調査）を実施した。

漏出防止機能を確保する期間を十分に包含する期間として、コンクリート標準示方書の耐久性照査での上限である100年においても中性化は進行しないこと、塩害及び凍害の観点からも問題ないことを確認した。

保安規定の下部要領に基づく診断調査により確認した中性化及び塩害の進行状況が、コンクリート標準示方書に基づく想定時劣化状況よりも小さく、問題ないことを確認した。

ここでは、耐久性照査については覆土終了予定時期を変更する1号埋設設備に対して実施し、診断調査については至近の2023年度に実施したもののうち、最も早い時期に施工した1号埋設設備に対する結果を参照している。

その他の埋設設備についても問題ないことを確認している。

これらの詳細については、添付資料3に示す。

(ii) 耐久性照査の結果

耐久性評価（1号埋設設備）の結果の概要を以下に示す。

- 中性化：「コンクリート標準示方書」における上限の100年を適用した結果、照査値が0.89であり、基準値1.0を下回ることを確認した。
- 塩害：廃棄物埋設地は海岸から3kmに位置し、塩害環境下ではないが、仮に塩害影響があるとして、海岸から1kmと仮定した場合の照査値が0.90であり、基準値1.0を下回ることを確認した。
- 凍害：照査値が0.71であり、基準値1.0を下回ることを確認した。

(iii) 診断調査の結果

実際の埋設設備（1号埋設設備5,6群、建設後27～28年経過時点）を対象に中性化、塩害、凍害に対する調査を実施した。

診断調査の結果を以下に示す。

- 中性化：中性化深さの実測値は、経過年数27年で求めた耐久性照査の結果の1/5程度であり、実際の埋設設備は照査で確認した以上の耐

久性を有することを確認した。

- 塩害：コンクリート表面の塩化物イオン濃度の実測値（最大値）は照査で仮定した値の 1/3 程度であり問題ないことを確認した。
- 凍害：有意な表面の凍害劣化（スケーリング）は見られず、今後も有意な劣化は生じないと想定できるとした。

(5) 浅地中処分施設の健全性に係る IAEA 要求事項

浅地中処分施設の健全性に係る IAEA の要求事項として、下記の SSR-5 及び SSG-29 を確認した。

【IAEA 要求事項：SSR-5（放射性廃棄物の処分）】

◆ SSR-5: Disposal of Radioactive Waste（放射性廃棄物の処分）

- 放射性廃棄物処分にに関して 26 の要件を規定
- 処分施設の耐久性に関し、「要件 16：処分場の設計」において以下を規定
 - ✓ 処分施設とその人工バリアは、危険性を伴う廃棄物を閉じ込め、母岩となる地層および/または地表環境と物理的、化学的に適合し、立地環境によりもたらされるそれらの特質を補完する閉鎖後の安全特質をもたらすように設計されなければならない。施設とその人工バリアは、操業期間中の安全をもたらすように設計されなければならない。
 - ✓ 4.31. レイアウトは、廃棄物が最も適した位置に定置されるように設計されなければならない。廃棄物中に核分裂性物質が存在する場合、未臨界配置を維持することが、設計上の考慮の一部でなければならない。地層処分施設の立坑や密閉などの主要な特質が適切に配置されなければならない。施設内で利用される材料は、施設内の支配的条件下（例えば、化学と温度の条件）で劣化に耐えるものでなければならない。また、処分システムのいかなる要素の安全機能に対する好ましくない影響を制限するために選択されなければならない。
- 「要件 18：処分場の操業」において以下のとおり安全機能が保持される

ような方法で操業することを要求

- ✓ 処分施設は、操業期間中の安全を維持するように、また、閉鎖後の安全上重要であるセーフティケースで想定された安全機能が保持されるような方法で、許認可条件および関連する規制要件に従って操業されなければならない。
- ✓ 4.35. 処分施設の安全上重要な全ての作業（operations）と活動は、制限と制御（control）に従わなければならない。緊急時計画が用意されなければならない。様々な手順と計画が、文書化されなければならない。文書化は、適切な管理手順（control procedures）に従わなければならない。セーフティケースは、第2章に定められた安全目的と規準が満たされていることを確保するために利用される設計および操業管理計画の双方を扱わなければならない。正当化しなければならない。さらに、施設固有の規準が規制機関あるいは操業者によって定められるかもしれない。

「IAEA 安全基準 No. SSR-5 放射性廃棄物の処分（日本語翻訳版）」（2012 年 7 月 公益財団法人 原子力安全研究協会）

<https://www.nsra.or.jp/rwdsrca/iaea/NSRA_SSR-5.pdf>

【IAEA 要求事項：SSG-29（放射性廃棄物の浅地中処分施設）】

◆ SSG-29: Near Surface Disposal Facilities for Radioactive Waste（放射性廃棄物の浅地中処分施設）

- 放射性廃棄物の浅地中処分施設の開発、操業、閉鎖及び規制上の管理について、SSR-5 に定められた安全要件を満たすためのガイダンスと勧告を示すことを目的として作成された安全指針
- SSR-5 の「要件 16：処分施設の設計」を以下のとおり具体化。機能維持／耐久性を考慮した設計と設計変更時の安全評価の更新の必要性を規定
 - ✓ 6.19. 浅地中処分施設は、工学的な適用において通常考慮される時間枠よりもはるかに長い期間にわたって機能することが期待されている。類似の材料が自然界で振る舞ってきた状況、あるいは古代の

人工遺物と人為的建造物が時間とともにどのように振る舞ってきたかの状況の調査は、施設の長期性能の評価の信頼性に寄与するために実施されるべきである。長期にわたる材料の耐久性を裏付けるための技術的な正当化も、所与の適用状況における材料に対して適切な試験によって展開されるべきである。（略）。

- ✓ 6.20. 施設の設計は、操業期間と閉鎖後期間の両方における安全をもたらすことが求められる。それはまた、モニタリング、セキュリティ、同時並行して行われる活動（掘削及び廃棄物の定置）、及び求められれば、回収可能性と可逆性のための要件も考慮するべきである。施設の閉鎖計画及び制度的管理措置の実施は、施設の設計の初期段階において考慮されるべきである。施設の設計は、設計要件の影響が操業時及び閉鎖後の安全の評価において適切に評価されることを可能にできる十分に詳細かつ正確なものとするべきである。施設の設計は、施設開発、操業及び閉鎖の各段階にわたって変化し徐々にいっそう詳細なものになるので、その設計の変更が規制規準との適合に及ぼす影響を評価するために、安全評価が更新されるべきである。

- SSR-5 の「要件 18：処分施設の操業」を以下のとおり具体化。機能維持を考慮した保全手順の整備や経年劣化の管理プログラムの必要性を規定

- ✓ 6.53. 構造物及び機器がその意図された機能（安全関連及び非安全関連）を施設の寿命を通して果たし続けることを保証するために、保全手順が整備されるべきである。安全上の重要な事項（例えば、廃棄物取扱い又は廃棄物管理のための機器）は、定められた手順に従って検査され、試験され、保全が行われるべきである。支援設備（機械、土木及び電気関係の構造物、設備及び機器）の定期保全も、定められた方針及び手順に従って実施されるべきである。
- ✓ 6.54. 浅地中処分施設はその最終閉鎖まで長期間にわたって操業することになるため、動的システムと静的システムのいずれについても経年劣化を管理するプログラム（例えば、予防保全プログラム）が実施されるべきである。動的機器は保守プログラムの焦点となる

べきである。経年変化管理プログラムは、操業段階並びに閉鎖後期間に健全性を維持することが要求される静的構造物（例えば、工学的特質）についても実施されるべきである。経年変化管理プログラムは、それがなければ閉鎖後に至るまで発見されないかもしれない建設及び操業に関する問題を発見できるように立案されるべきである。

「IAEA 安全基準 No. SSG-29 放射性廃棄物の浅地中処分（日本語翻訳版）」

（2025 年 9 月 原子力規制庁翻訳）

<<https://www.nra.go.jp/data/000478019.pdf>>

（6）海外の浅地中処分施設における操業期間の設定

海外における操業期間の設定状況について調査した。

海外における低中レベル放射性廃棄物処分場のうち、経済産業省 資源エネルギー庁の資料⁽²⁾からピット処分施設を抜粋して第 3 表に整理した。

操業期間の記載はあるものの、処分施設の耐用年数に関する記載は見当たらなかった。

IAEA 要求事項より、機能維持や耐久性を考慮した設計は行うものの、耐用年数の観点で操業期間を設定しているものではないと推定される。

⁽²⁾ : 「諸外国における放射性廃棄物関連の施設・サイトについて 改訂新版 第 21 版」
（令和 8 年（2026 年）3 月発行）

https://www.rwmc.or.jp/library/file/waste_2026.pdf

第3表 海外における低中レベル廃棄物処分施設の状況

国名	廃棄物区分	処分実施主体	処分施設	操業期間	耐用年数
フランス	短寿命 低中レベル 放射性 廃棄物	ANDRA	ラ・マンシュ処分場 (閉鎖済、モニタリング期間)	1969～1997 (28年間)	記載なし
			オーブ処分場 (操業中)	1992～ (60年間)	記載なし
英国	低レベル 放射性 廃棄物	NRS 社	ドーンレイ処分場 (旧施設：受入終了) (新施設：操業中)	【旧施設】 1959～1997 (※1) (38年間) 【新施設】 2015～	記載なし
アメリカ	低レベル 放射性 廃棄物	WCS 社	WCS テキサス低レベル 放射性廃棄物処分場	2012～2044 (32年間) (※2)	記載なし

※1：正確には廃棄物の受入れ期間。今後閉鎖措置を実施予定

※2：当初は許可取得時から15年を許可期間としていた。その後2回許可期間を更新して現在の期間としている

(7) 漏出防止機能の機能維持期間に関する考え方

上記の耐久性評価及び海外の浅地中ピット処分施設の事例調査の結果を踏まえ、「漏出防止機能を確保する期間」に対して確認するとしている耐久性照査の対象期間を延長し、「漏出防止機能を確保する期間」を十分に包含する期間に対して劣化抵抗性を有していることを確認することが読み取れるよう、下記のとおり添付書類五のロ(4)の記載を見直すこととする。

(下線：追加箇所)

(4) 放射性物質の漏出の防止及び低減に関する設計 (略) (iii) 廃棄物埋設地に関する設計の留意事項 b. 劣化・損傷に対する抵抗性を考慮すること (a) 埋設設備及び排水・監視設備 埋設設備及び排水・監視設備は、漏出防止機能を確保する期間に対して、劣化・損傷に対する抵抗性を有するよう鉄筋かぶり及び材料配合の設計を行う。また、<u>漏出防止機能を確保する期間を十分に包含する期間に対して劣化抵抗性を有していることを「コンクリート標準示方書(設計編)」</u> ③に基づく耐久性照査によって確認する。対象項目は、設計条件及び立地
--

条件を考慮し、耐久性に影響があると考えられる中性化、塩害及び凍害とする。

- ・ 中性化に対する劣化抵抗性を有するために、中性化深さが鋼材腐食発生限界深さに達しない設計とすること。
- ・ 塩害に対する劣化抵抗性を有するために、コンクリート表面塩化物イオン濃度の設計値が鋼材腐食発生限界濃度に達しない設計とすること。
- ・ 凍害における内部損傷及び表面損傷に対する劣化抵抗性を有する設計とすること。

6. まとめ

以下のことから、当社は、1号廃棄物埋設施設の覆土終了予定時期の変更は廃棄物埋設施設の漏出防止機能に影響がなく、本申請の変更後においても廃棄物埋設施設は許可基準規則への適合性を有していると考えます。

- ・ 漏出防止機能の設計方針に変更がないこと
- ・ 排水・監視設備からの排水回収は問題なくできており、操業開始以降、埋設設備からの排水から有意な濃度の放射性物質を検出しておらず、漏出防止機能は健全に維持されていること
- ・ 埋設設備からの排水量が増加した時期もあるが、保修によりその量は減少している。今後も保安規定に基づく施設管理を適切に実施することで漏出防止機能を維持できると考えていること
- ・ 仮に排水から放射性物質が検出される状況を想定しても公衆の受ける線量は十分に小さいものの、監視を実施・強化し、公衆へ影響を与えないよう、必要に応じた対策を行う計画とすること
- ・ 耐久性評価の結果、「漏出防止機能を確保する期間」を十分に包含する期間に対して劣化抵抗性を有していること

以 上

漏出防止機能の管理に関連する
保安規定の記載（抜粋）

以下、「日本原燃株式会社 濃縮・埋設事業所 廃棄物埋設施設保安規定」（第 30 次改正、2026 年 3 月 19 日施行）より抜粋。

第 5 章 施設管理

（施設管理計画）

第 22 条 埋設施設について事業許可（変更許可）を受けた設備に係る事項及び埋設規則第 6 条を含む要求事項への適合を維持し、埋設施設の安全を確保するため、以下の施設管理計画を定める。また、施設管理の対象とする設備を供用終了する場合は、あらかじめ表 1 に示す文書に解体・撤去等、必要な措置を定める。

（第 5 章以下略）

第 6 章 廃棄物埋設地の保全

（埋設設備の排水の監視）

第 26 条 運営課長は、別表 5 に定めるところにより排水・監視設備において排水の状況を監視し、排水があった場合には、放射線管理課長及び評価技術課長に通知する。

2 放射線管理課長は、前項の排水があった場合には、別表 6 に定めるところにより排水中の放射性物質の濃度及び必要に応じて線量を測定し、その結果を評価技術課長に通知する。

3 評価技術課長は、前項の結果より、埋設された廃棄体に起因する有意な放射性物質が排水中に検出された場合又は有意な排水量の変動があった場合には、埋設設備近傍の地下水中の放射性物質濃度の監視を行う等の調査計画を定め、事業部長の承認を受けた上で、関係課長に通知する。

4 事業部長は、前項の承認を行うに当たっては、埋設施設安全委員会に諮問し、廃棄物取扱主任者の確認を受ける。

5 評価技術課長は、関係課長の協力を得て、前項の調査計画に基づいて調査を実施し、その結果及び埋設設備の修復の必要性の有無を事業部長及び廃棄物取扱主任者に報告するとともに、関係課長に通知する。

（埋設設備の修復）

第 27 条 建設課長は、前条第 5 項により修復の必要があると認められた場合には、修復

に関連する設備等の管理担当課長と協議するとともに、廃棄物取扱主任者に報告する。

- 2 建設課長は、修復を行う場合は、次の各号に定める事項を記載した修復計画書を作成し、事業部長の承認を得る。

- (1) 修復の目的

- (2) 修復対象設備

- (3) 修復工程

- (4) 修復実施体制

- (5) 修復の内容及び保安上必要な措置

- 3 事業部長は、前項の承認を行うに当たっては、埋設施設安全委員会に諮問し、廃棄物取扱主任者の確認を受ける。

(埋設設備の修復後の措置)

第 28 条 建設課長は、前条の規定に基づく修復を行った場合は、当該設備が埋設規則第 6 条に定める技術上の基準に適合することを確認し、その結果を廃棄物取扱主任者に報告するとともに、関係課長に通知する。

- 2 建設課長は、前条第 2 項に基づき修復を行った場合は、前項の結果を事業部長に報告する。

(周辺監視区域の地下水の監視)

第 29 条 放射線管理課長は、別表 7 に定めるところにより、別図 2 に示す場所に設置する地下水採取孔において採取する地下水中の放射性物質の濃度及び必要に応じて線量を測定し、「平成 27 年原子力規制委員会告示第 8 号(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。)第 8 条に定める周辺監視区域外における水中の濃度限度を超えていないことを監視する。

- 2 建設課長は、別表 8 に定めるところにより、別図 2 に示す場所において地下水の水位を観測する。

(第 6 章以下略)



ただし、所定の地下水採取孔における監視及び所定の地下水位測定孔における観測が不可能な場合は、それぞれ当該場所近傍における別の場所により代替させる。

別図 2 地下水採取孔及び地下水位測定孔の設置場所（第 29 条関係）

別表 5 排水・監視設備における排水の状況の監視頻度（第 26 条関係）

監視頻度	1 回／週
------	-------

ただし、この監視は廃棄体を定置した埋設設備から実施する。

別表 6 排水・監視設備における排水の測定対象核種と測定頻度（第 26 条関係）

測定各種	測定頻度
トリチウム コバルト 60 セシウム 137	1 回／3 月

ただし、測定に必要な所定量の排水がない場合はこの限りでない。

別表 7 地下水採取孔における地下水の測定対象核種と測定頻度（第 29 条関係）

測定各種	測定頻度
トリチウム コバルト 60 セシウム 137	1 回／月

ただし、この測定は廃棄物埋設地の近傍の地下水採取孔においては覆土完了後に実施する。

別表 8 地下水の水位の観測頻度（第 29 条関係）

観測頻度	1 回／月
------	-------

ただし、この観測は廃棄物埋設地及びその近傍の地下水位測定孔においては覆土完了後に実施する。

以 上

1 号排水・監視設備からの 排水実績と保修状況について

目 次

1. はじめに	1
2. 排水監視について	1
(1) 排水監視の方法について	1
3. 排水の状況について	1
(1) 1号排水・監視設備の排水実績	3
(2) 有意な排水量の変動との関係	7
(3) 1号3群埋設設備の排水の傾向について	8
(4) まとめ	11

別紙1 排水・監視設備構造

別紙2 1号埋設設備の排水状況

別紙3 主な保修工法の概要

1. はじめに

排水・監視設備による排水の監視は 1993 年 5 月から開始しており、排水された水から有意な濃度の放射性物質は検出されておらず、有意な排水量の変動もなく、漏出防止機能は健全に維持されている。

本資料では 2025 年度末までの排水状況及び保修対策について整理した。

2. 排水監視について

(1) 排水監視の方法について

(i) 監視方法

排水・監視設備の排水管出口部に取り付けた 20L の容器により、埋設設備からの排水を回収する。（排水・監視設備の構造は別紙 1 参照）

(ii) 監視頻度

週 1 回排水状況を確認する。

(iii) 記録事項

「確認年月日」、「埋設設備番号」、「排水の有無」、「排水量」等を記録する。

(iv) 監視強化

埋設設備からの排水を回収するため、10L/(排水管・週)を超える排水があった場合は、監視・採取頻度の増加及び排水管バルブの開閉操作による監視強化を行う。

(v) 調査・保修

排水中の放射性物質が有意な濃度以上であった場合、または有意な排水量の変動があった場合、調査を行い、原因を特定した場合は必要に応じて保修を行う。

3. 排水の状況について

1 号埋設設備の排水量について年度ごとに整理した結果を図 1 に示す。（埋設設備毎の排水量については別紙 2 参照）

現在までの排水中に有意な濃度の放射性物質は検出されておらず、有意な排水量の変動もないが、いくつかの埋設設備において、覆いや側壁のひび割れが要因と考えられる排水が認められたことから、施設管理として、ひび割れの状況についての調査及

びそれに基づく保守を行うことで排水の低減を行っている（別紙 3「主な保守工法の概要」参照）。

現在までの排水量の状況は以下に示すとおりである。

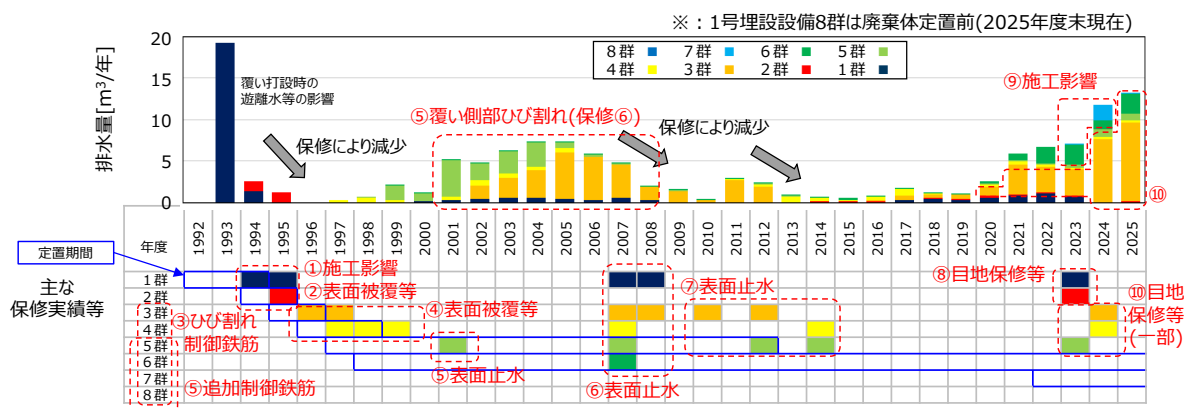


図 1 1号埋設設備の排水と保守実績の状況

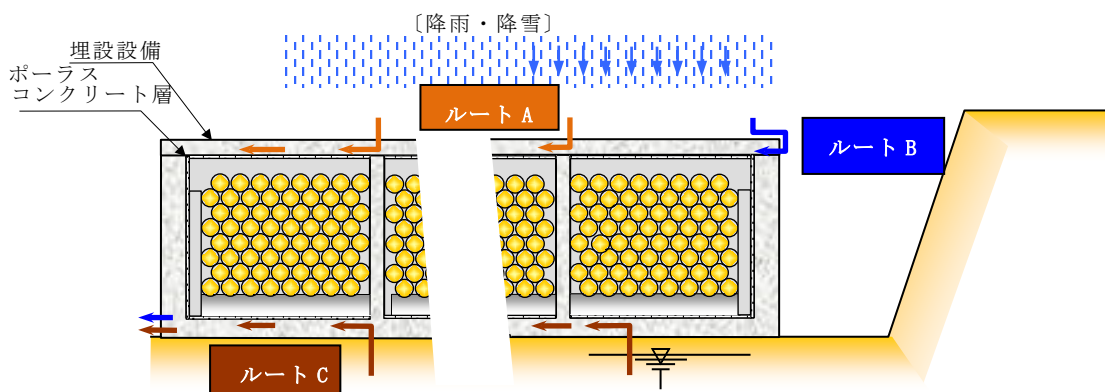
(図中の○数字は「(1) 1号排水・監視設備の排水実績」の説明と対応)



図 2 1号廃棄物埋設地（2025年8月撮影）

埋設設備からの排水の起源は、降雨・降雪によるものと地下水によるものが考えられ、図 3 に示すルート A～C により埋設設備へ浸入するものと考えられる。

なお、廃棄体は放射性廃棄物をセメント系充填材等で金属製の容器に固型化したものであり、その容器が損傷しない限り、放射性物質が漏えいすることはないことから、容易に内容物が漏れ出る状況にはない。



ルート A：覆い頂部の目地からの浸入

ルート B：覆い側部からの浸入

ルート C：底版からの浸入

図 3 想定される水の浸入経路

(1) 1 号排水・監視設備の排水実績

(以下、○数字は図 1 と対応)

- ①1, 2 群では、定置完了直後に排水が発生している。これは、覆いコンクリート打設に伴う遊離水による排水が主な要因であったことから、その後は排水量を削減できる施工方法に変更した。
- ②1, 2 群では、側壁と覆いにひび割れがあり、それが要因と考えられる排水があった。1994 年度～1995 年度にかけて表面被覆及びひび割れ注入工法による保守を実施した結果、保守直後に排水の発生が収束した。
- ③ひび割れ発生抑制のため、3 群以降に対しては、ひび割れ制御鉄筋を覆い及び側壁に設置した。その結果、3 群以降の初期の排水量は低減した。
- ④1996 年度～1999 年度にかけて 3, 4 群についても表面被覆及びひび割れ注入工

法による保修を実施した結果、これらの保修直後に排水の発生が収束した。

- ⑤2001 年度の台風時に 5-A 埋設設備で排水を確認した。覆い側部のひび割れを水の浸入経路とみなし保修を実施したところ排水量は低減した。5-A 埋設設備の覆い側部のひび割れ発生原因としては、覆いと側壁は突起部(噛み合わせ部)が設けられており、覆いが温度降下により収縮した際に突起部に応力集中が生じひび割れが発生したと推定された(図 4)。5-C 以降の覆い施工には追加制御鉄筋を入れた(図 5)。1 群から 4 群の表面被覆完了以後の 2000 年度以降にいくつかの埋設設備で同様の覆い側部からと考えられる継続的な排水が確認された。



図 4 覆い側部のひび割れ状況(左)と保修(右)

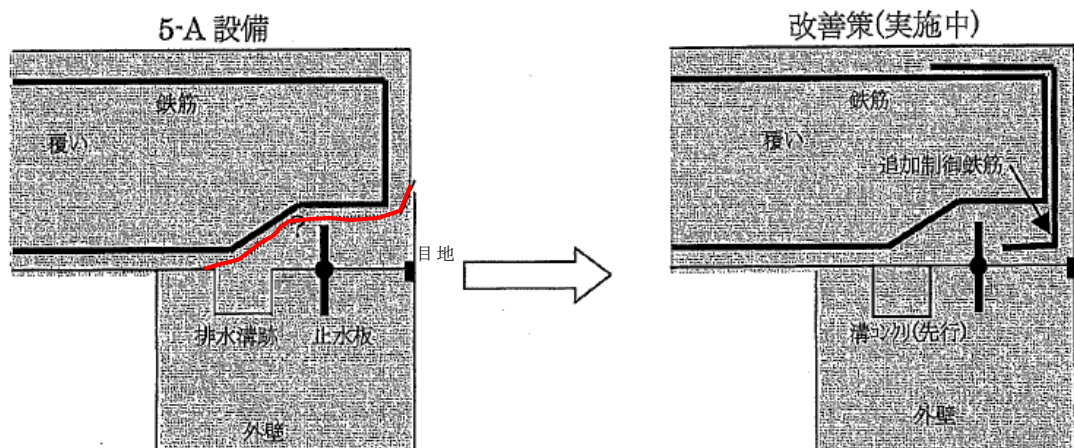


図 5 追加制御鉄筋による止水対策

- ⑥2007 年度～2008 年度にかけて覆いに表面止水工法による保修を実施した結果、排水量は低減した。
- ⑦2010 年度以降も排水量の増加が見られる箇所において、表面止水工法による保

修を行った結果、特に3群からの排水量は低減した。以降、一時的に監視強化を行った箇所はあるものの、2020年度頃まで排水量が少ない状況が継続した。

- ⑧2020年度頃から3群にて徐々に排水量の増加していること、1号埋設設備への覆土施工が近づいていることから、2023年度～2024年度に、1～5群を対象に覆い頂部及び側部の目地保修、並びに覆い側部へのひび割れ保修を計画した。1～2群ではすべての埋設設備について保修は完了し（図6、図7）、この結果、2017年度以降わずかに確認されていた1群での排水量は低減した。なお、埋設設備周辺の点検路構築工事との輻輳回避と、段階的な保修効果の確認のため、2025年度末現在で3～5群の保修は完了していない。作業中であった6群も含め、今後保修を行う。



図6 2023年度の1群埋設設備覆い側部への保修（左：保修中、右：保修後）



図7 2023年度の1群埋設設備覆い頂部への保修（左：保修中、右：保修後）

⑨2023 年度に 6-D 埋設設備にて排水量の増加を確認した。また、2024 年度に 7-A 及び 7-E 埋設設備にて排水量の増加を確認した。排水量が増加した時期では、それぞれの埋設設備にて、覆いの施工やモルタル充填を実施している。当該時期以降、排水量の増加は確認されなかったことから、これらの施工の影響と考えられる。施工時の遊離水の可能性のほか、施工時の振動や荷重により、ポーラスコンクリート層内にごくわずかに滞留していたと推定される水が移動した結果、排水として確認されたと推定される。なお、埋設設備に廃棄体を定置する際は、区画内に水のないことを確認していることから、滞留していたとされる水は、埋設設備の構築から定置前の間にポーラスコンクリート層へ浸入していたものと推定される。埋設設備への廃棄体の定置前には、仮蓋の上に設置する防水シートで埋設設備全体を覆っているが（図 8）、覆い重ねた防水シートの隙間からわずかに浸入したものと考えられる。



図 8 埋設設備上の防水シート（左奥は埋設クレーン）

⑩2020 年度以降、3-A 埋設設備にて排水量の増加を確認した。3 群については、⑥や⑦に示したとおり覆いの表面止水保修を実施しているが、当時から約 10 年経過している。⑧に示した通り、3 群の保修は完了しておらず、過去の保修部分の経年劣化により水が浸入した可能性がある。主な浸入経路として、これまでと同様に覆い側部のひび割れ部分と考えられる（原因は⑤で示したとおり、

5-C 埋設設備以前の覆いにはひび割れ抑制のための追加制御鉄筋が含まれていないことによるもの)。また、⑧のとおり、1 群では保修により排水量の低減を確認していることから、同様の保修を行うことにより、3 群においても排水量が低減していくものと推定される。3 群の排水状況の傾向については、後述する。このほか、定置や覆い等の施工を行っていない6 群においても排水が認められており、覆い側部の目地の経年劣化の影響が推定される。

(2) 有意な排水量の変動との関係

1 号埋設設備における 1 日あたりの排水量の状況を図 9 に示す。至近の 5 年では、覆い施工やモルタル充填に伴う一時的な排水量の増加（6-D, 7-A, 7-E）を除くと、3-A 埋設設備からの排水量は最大で約 300L/24h となっている。1 号埋設設備の場合、有意な排水量の変動は、1 埋設設備あたり 950L/24h 以上となる場合としており、これまでにその排水量に達したことはない。

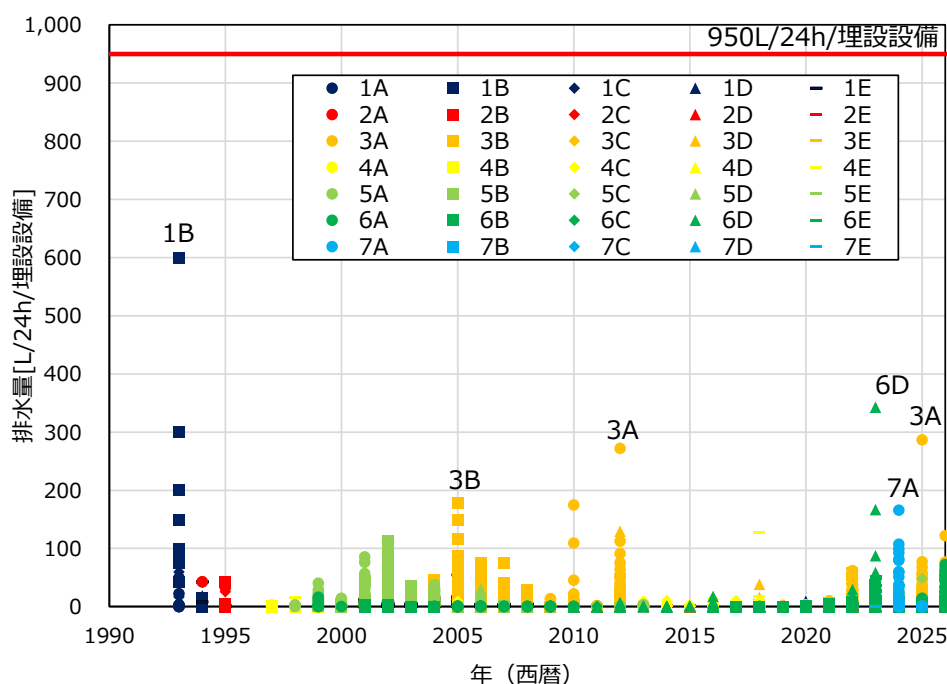


図 9 1 号埋設設備の排水量の状況（回収日を基準に 1 日あたりに換算）

(3) 1号3群埋設設備の排水の傾向について

1号3群の排水の傾向について図10に示す。2007年度～2008年度に実施した表面止水保修により、3-B埋設設備からの排水は低減した。その一方、3-A及び3-D埋設設備はその後排水が認められ、2010年度及び2012年度の保修で排水は低減した。

2020年度以降、特に3-A埋設設備については排水量が増加傾向となっており、特に冬から春にかけて増加している。2024年度に3群の覆い側部の一部について保修を実施しているが、排水量が多い状況が続いている。

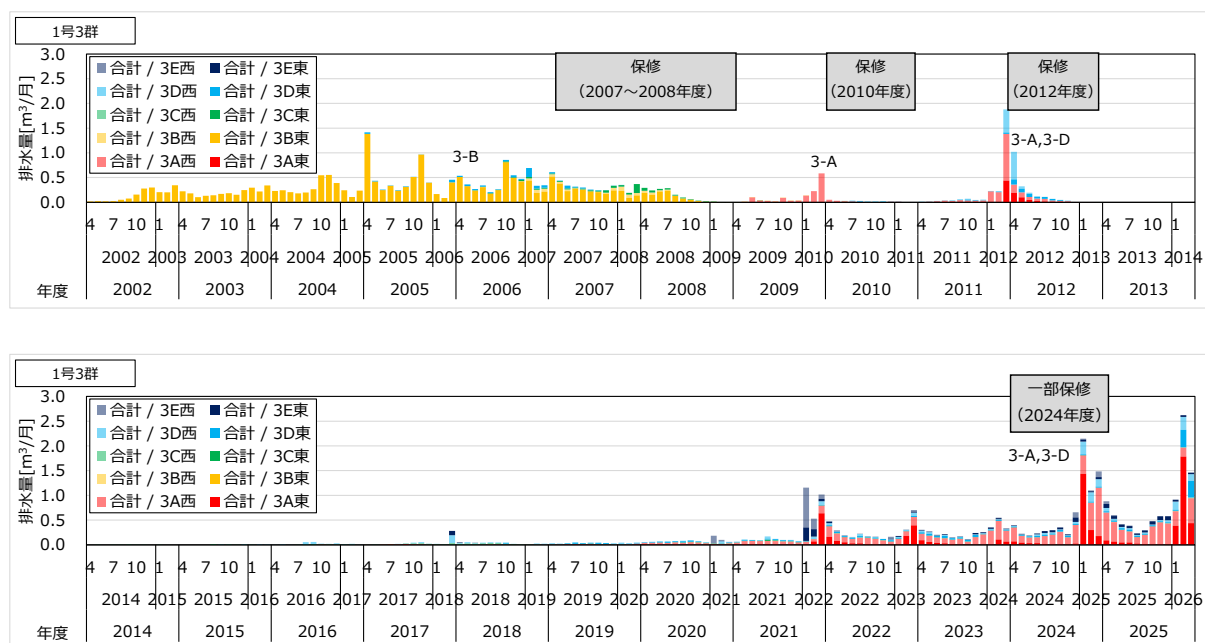


図10 1号3群埋設設備の2002年度～2025年度の排水量の変化
(上段：2002年度～2013年度、下段：2014年度～2025年度)

2020年度以降の敷地において観測した気温、降水量及び積雪の変化を図11に示す。これらの情報と3群の排水状況(図12)を踏まえると以下のことが推定される。

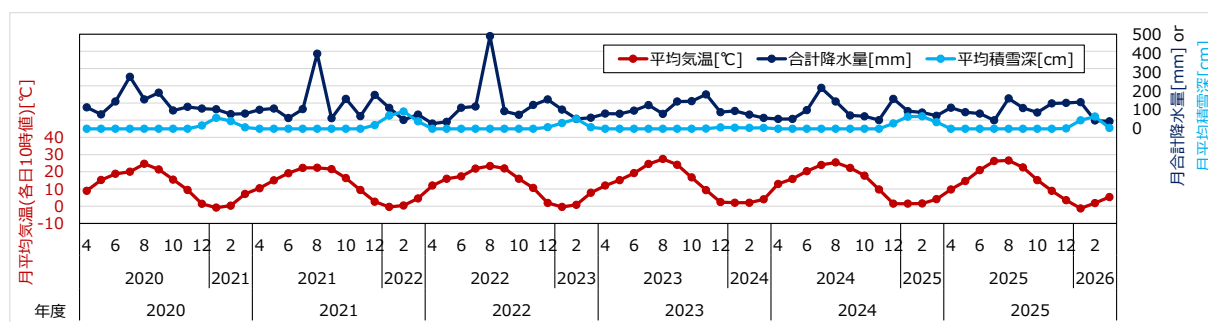


図 11 敷地の気温、降水量及び積雪の状況（2020 年度～2025 年度）

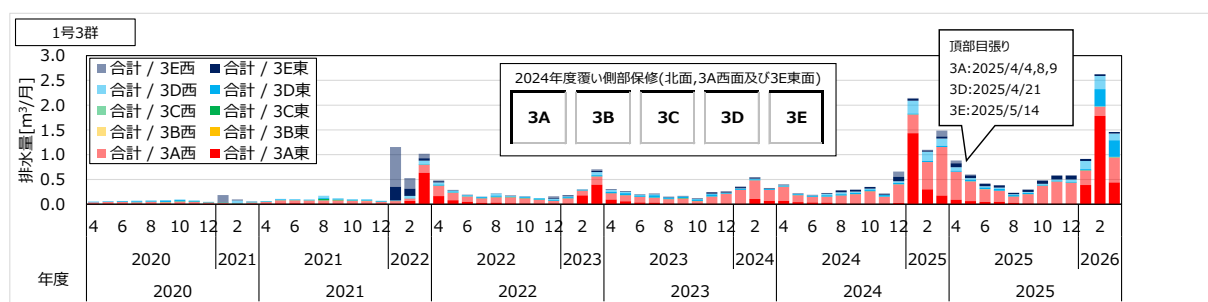


図 12 1 号 3 群埋設設備の排水量の状況（2020 年度～2025 年度）

- ・ 冬から春にかけて排水量が増加し、夏には減少するという季節変動が認められる。具体的には、気温及び積雪量に応じた変動があると認められる。その一方、降水量については排水量への明確な応答があるとは言えない。
- ・ 気温の低下に応じて、排水量の増加が認められている。気温の低下により目地材やコンクリートが収縮し、これによってわずかに生じていた間隙が拡がり水の浸入経路が形成された可能性がある。
- ・ 積雪に応じて、排水量の増加が認められている。埋設設備上の雪が徐々に解け、覆い頂部の目地、覆い側部のひび割れや目地から水が浸入した可能性がある。通常の降雨では、埋設設備表面を比較的速やかに水が流下していくが、埋設設備上部全面に覆った雪（図 13）は、解けきるまで徐々に水を供給し続けることになる。



図 13 冬季における埋設設備上部の積雪の状況（2025 年 1 月撮影）

- ・ 2024 年度に実施した 3 群の保修では、3-A 埋設設備の西面及び 3-E 埋設設備の東面ならびに 3-A～E 埋設設備の北面において、覆い側部の保修を実施している。これ以外の覆い側部及び覆い頂部の目地については、保修は完了していない（2025 年度末現在）。これまでの保修によって排水量の低減効果は表れていないことから、未保修である覆い側部・頂部からの浸入が推定される。
- ・ 覆い頂部からの水の浸入の可能性を調査するために、排水が認められていた 3-A、3-D 及び 3-E 埋設設備の覆い頂部の目地に対し、低温環境下でも防水効果のあるテープによる目張りを 2025 年 4 月から 5 月にかけて実施した。（図 14）2025 年 4 月以降、排水は減少傾向ではあるものの、目張りの効果であるとは確認できなかった。また、2026 年 1 月から 3 月にかけて再び排水量増加の傾向となったことから、水の浸入は覆い頂部からではなく、覆い側部のひび割れもしくは目地からである可能性が高いと考えられる。2024 年度及び 2025 年度の冬季の積雪量とその前年までと比べて多く、長期間覆い側部に水を供給し続け、排水量増加につながったと推定される。これは図 11 及び図 12 から分かるように 2021 年度の冬季の積雪量を見ても同様の傾向が読み取れる。2021 年度と 2024 年度、2025 年度との相対的な排水量の違いは、覆い側部保修箇所の経年劣

化の程度による違いと考えられる。

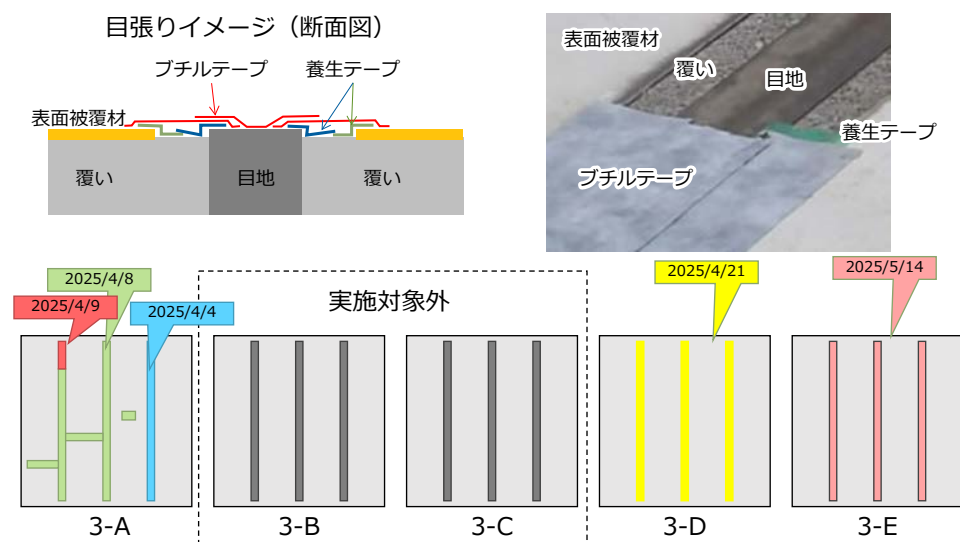


図 14 3 群覆い頂部の目張り (2025 年度)

- ・ 一方、積雪がない状態においても一定程度の排水量が認められている。雪解けによって地盤に浸透した水が地下水となり、埋設設備下部から浸入していると推定される。

(4) まとめ

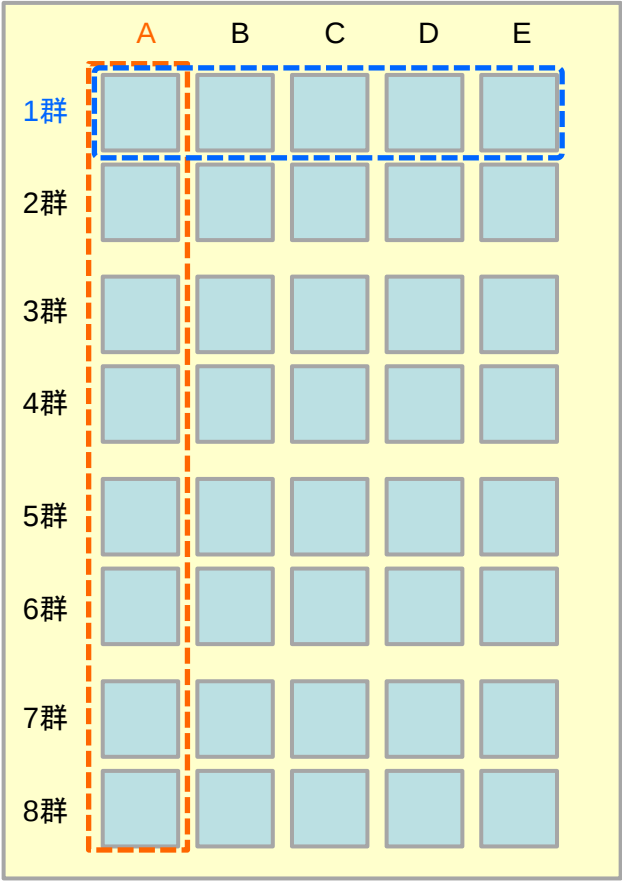
これまでの 1 号埋設設備の排水実績を整理した。

有意な排水量の変動に至っていないものの、至近の 3 群において排水は継続して確認されている。今後も同様に保守を行うことで、水の浸入を低減できると考えている。

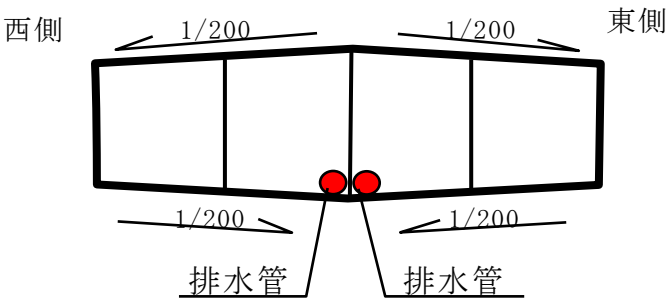
また、埋設設備下部からの浸入の可能性はあるが、設計どおりポーラスコンクリート層を経由して排水し、回収されることから問題はない。

以 上

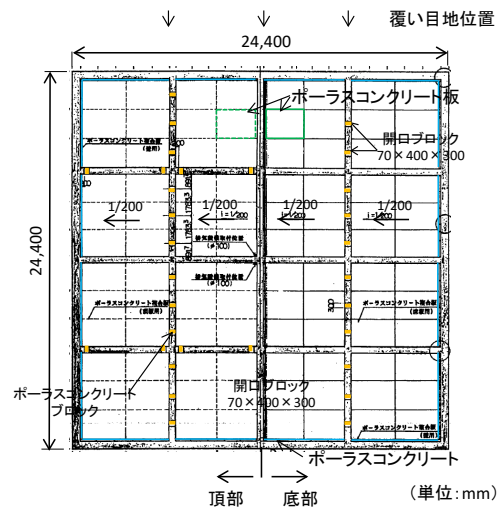
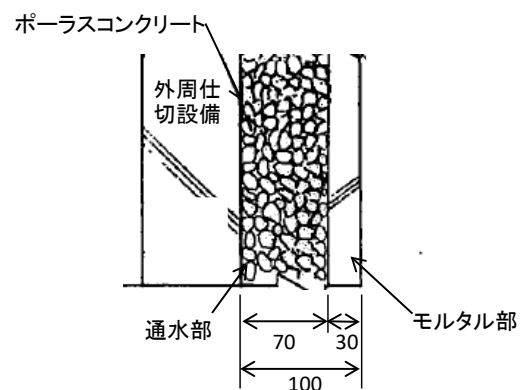
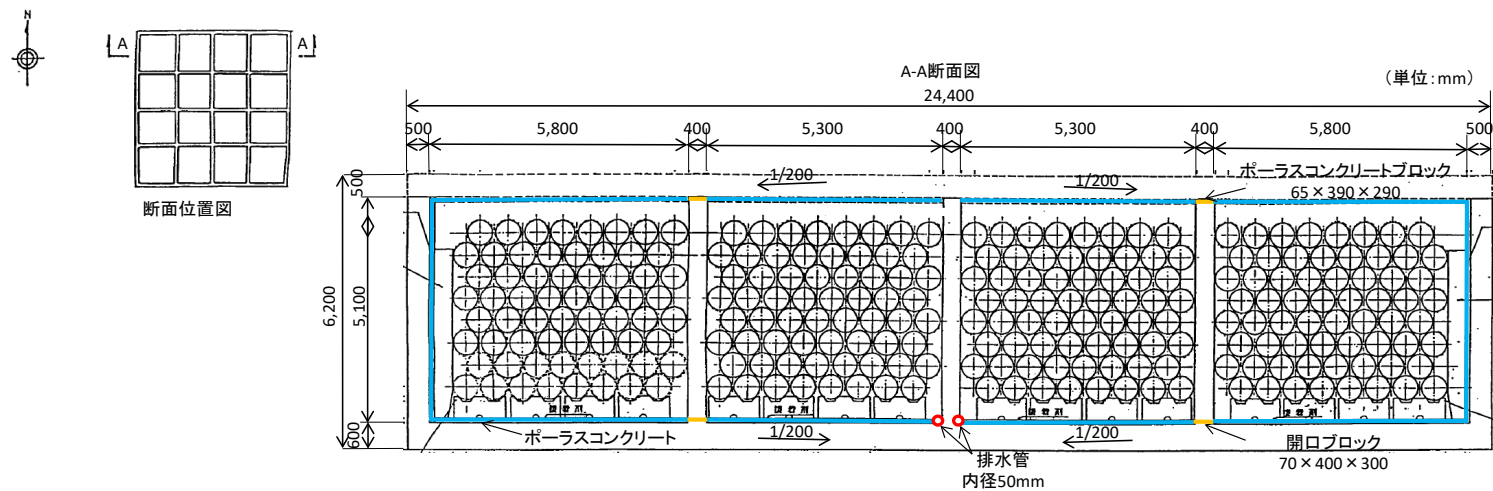
排水・監視設備構造



第 1 図 1 号埋設設備設置平面図



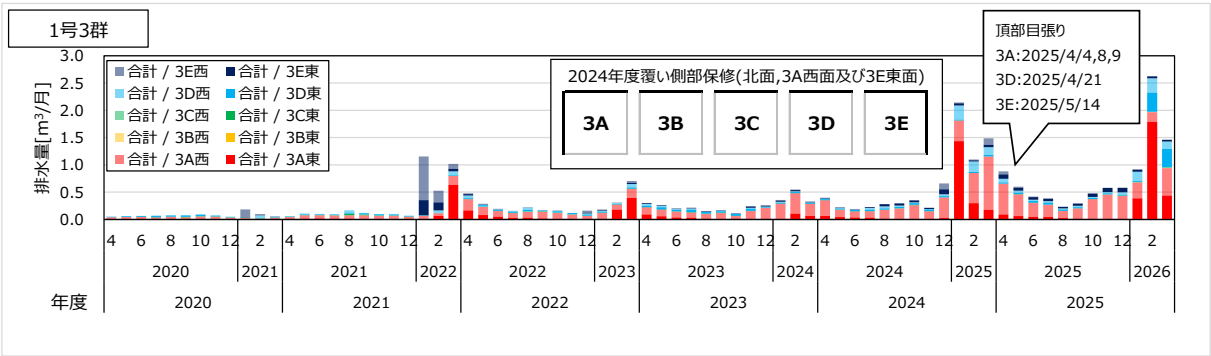
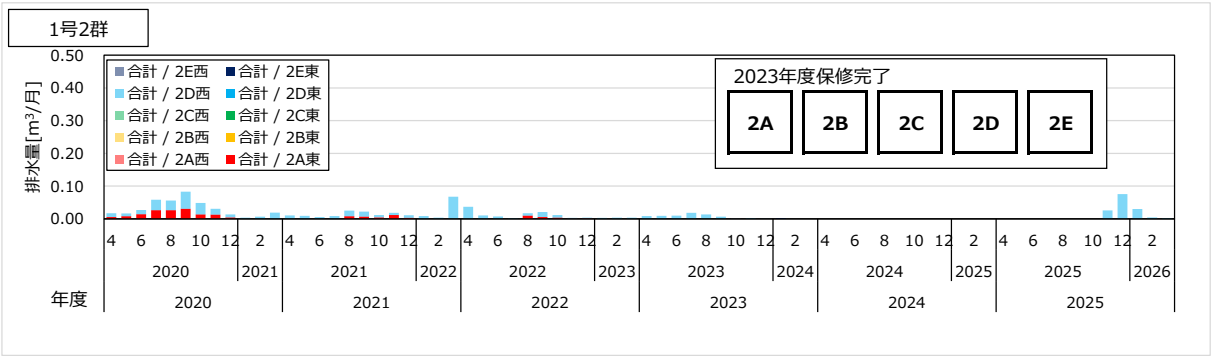
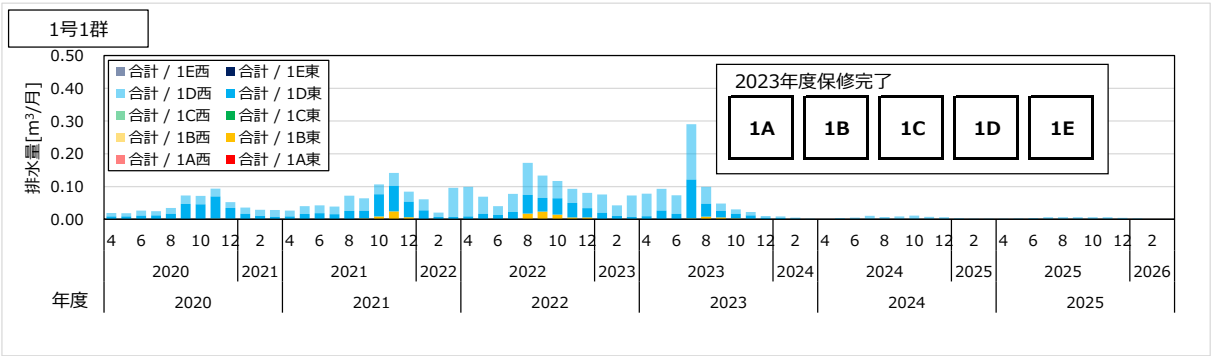
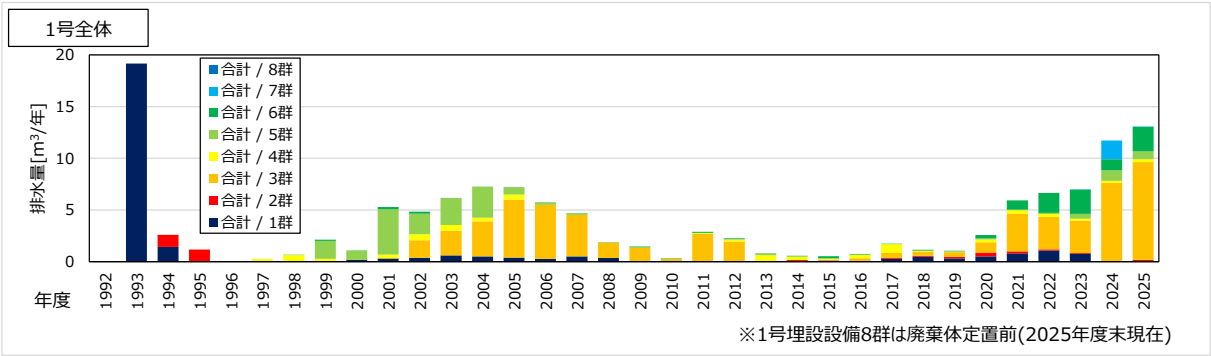
第 2 図 1 号集水構造断面図

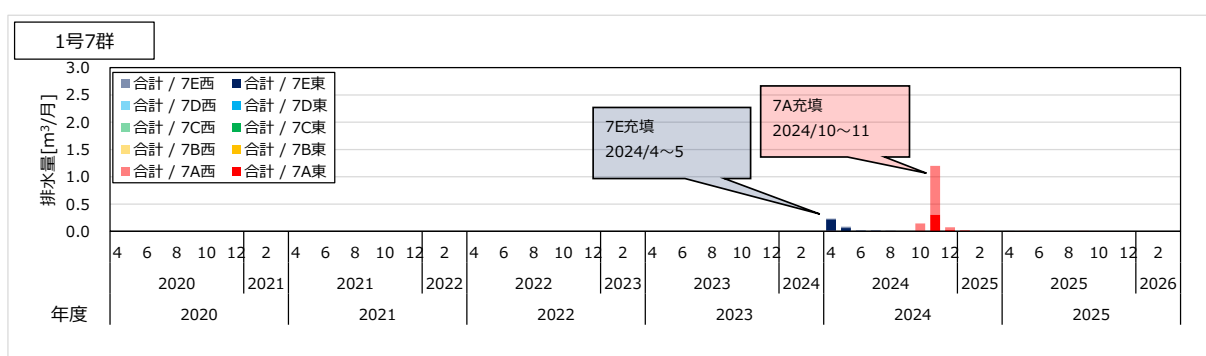
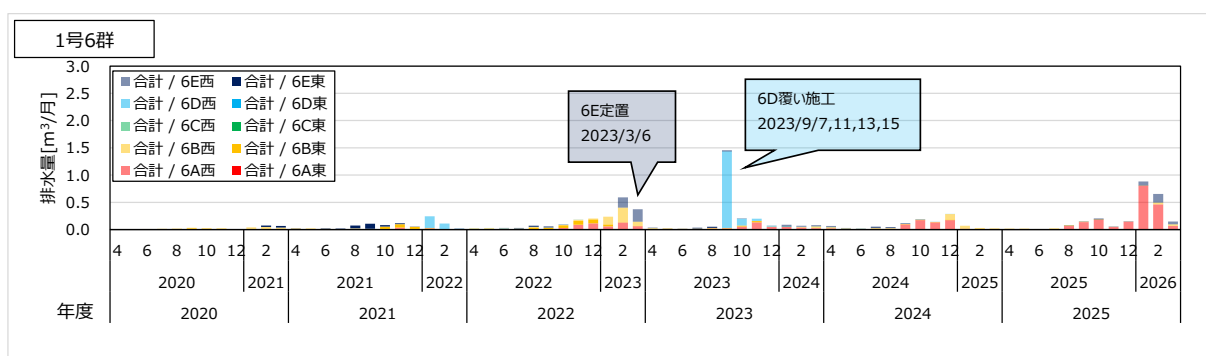
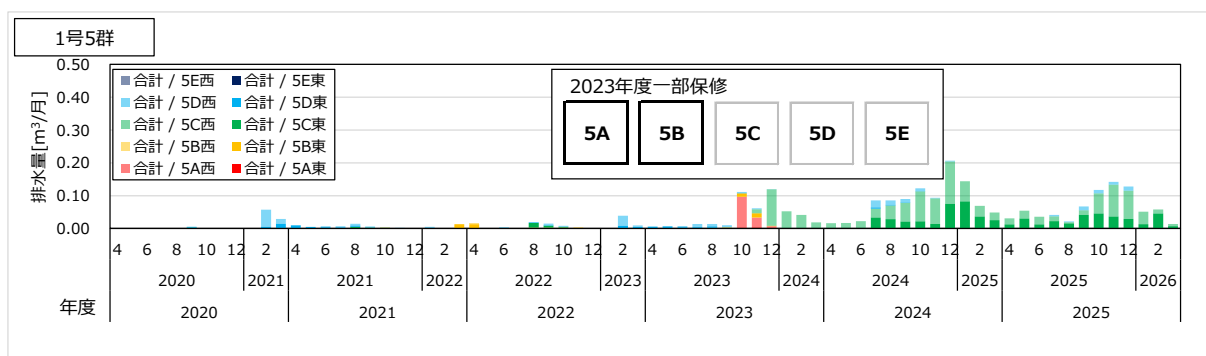
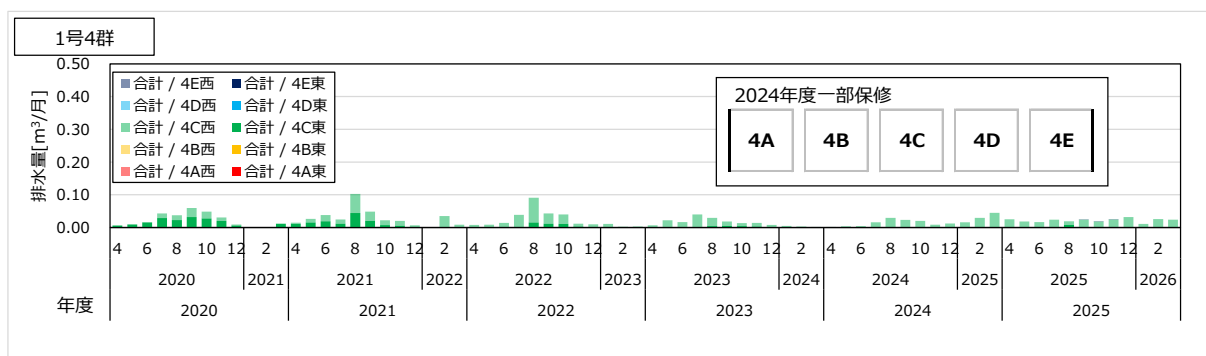


第4図 ポーラスコンクリート詳細図(1号)

第5図 ポーラスコンクリート・開口ブロック、ポーラスコンクリートブロック平面配置図

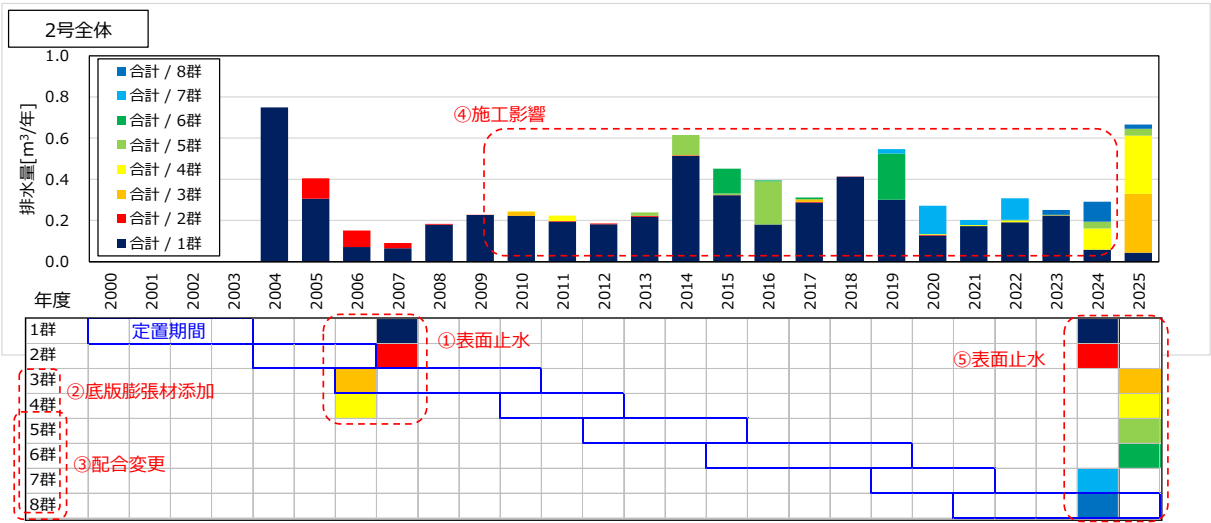
1 号埋設設備の排水状況





【参考】2号埋設設備の排水と保修状況

2号埋設設備の排水の監視は2003年11月から開始している。1号埋設設備における経験を踏まえ、2号埋設設備ではあらかじめひび割れ制御鉄筋を導入しており、排水量としては1号埋設設備に比べ十分少ない。なお、これまでに有意な排水量の変動（1埋設設備あたり1,450L/24h）に至ったことはない。第1図中の丸数字は後述の番号の記述と対応している。



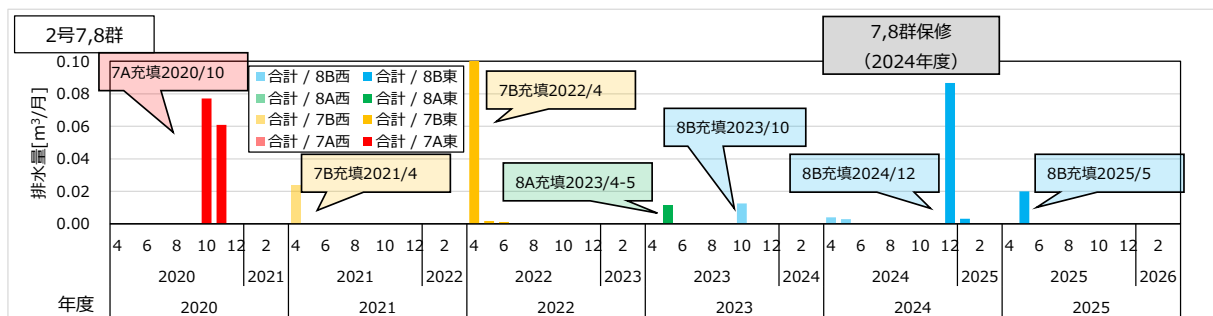
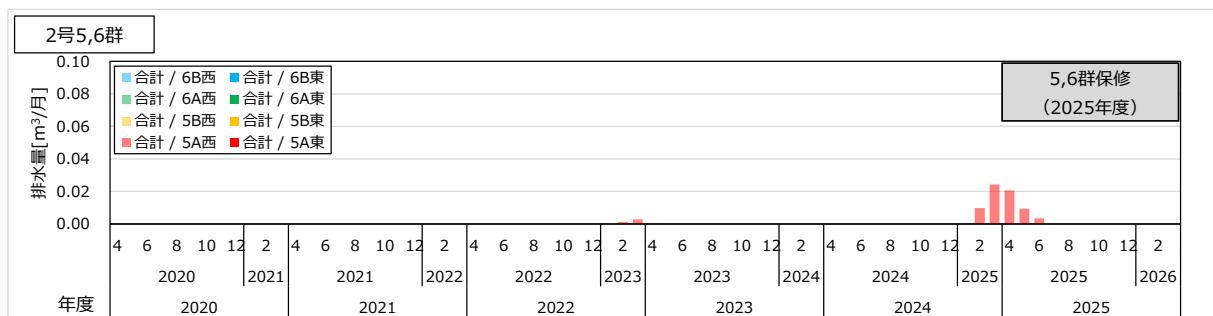
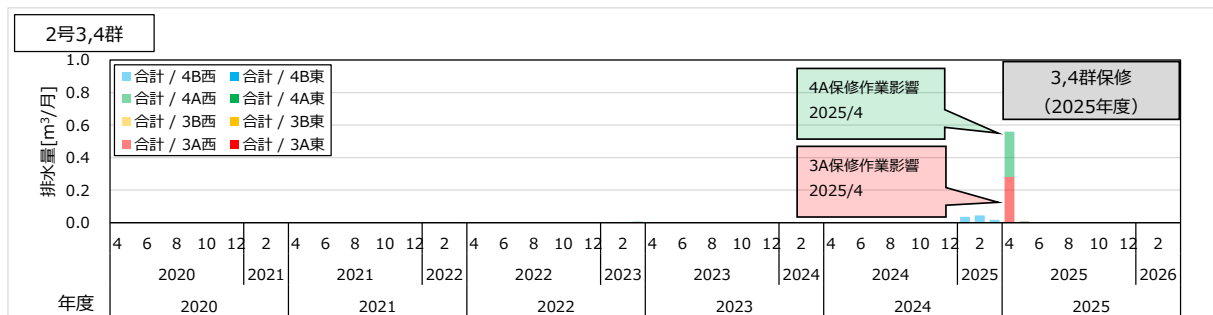
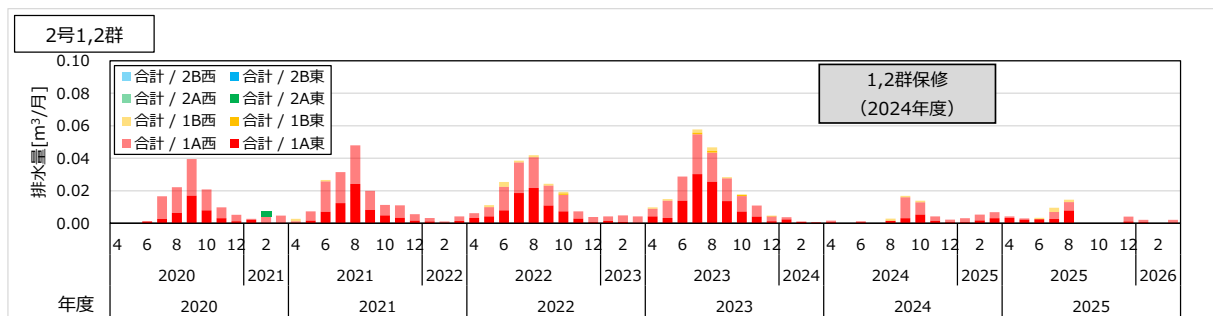
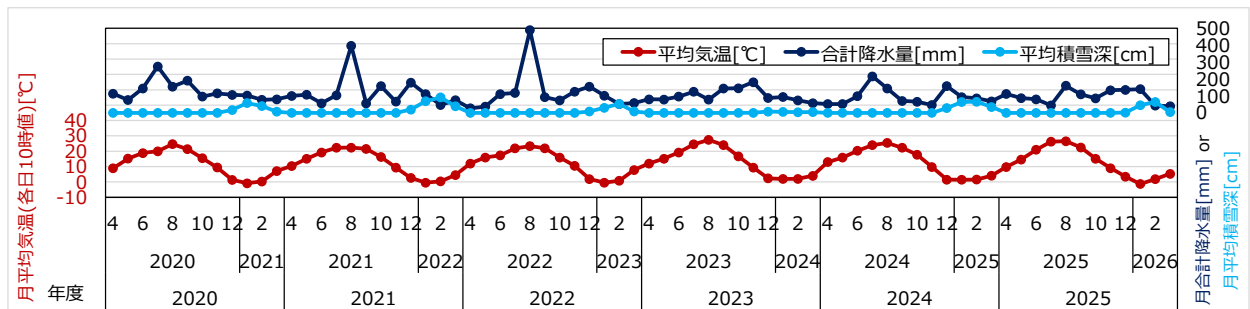
第1図 2号埋設設備の排水と保修状況



第2図 2号廃棄物埋設地（2025年8月撮影）

- ① 2004 年から 1, 2 群にてわずかに排水が認められていた。これを踏まえ、2006～2007 年度にかけてひび割れが確認されていた底版側部のひび割れを保修した。明確な効果は確認できなかったが、排水量自体は少ない状況が続いていたことから経過観察とした。
- ② 1, 2 群の埋設設備では、底版打設時にひび割れを確認していた。2 号の埋設設備は 1 号に比べ大型化したことから、岩着部の拘束に対し自己収縮による影響が顕著となったと推定される。これを踏まえ、3 群以降の底版コンクリートには膨張材を添加した。底版打設後の観察では、2 群に比べひび割れの発生が抑制されていることを確認している。
- ③ さらにひび割れ抑制のため、5 群以降では、4 群までの高炉スラグ配合から変更し、中庸熱セメント（フライアッシュ 30%置換）を使用した。高炉スラグ配合と比較して熱膨張係数が小さいなどにより温度変化によるひずみ量が小さくなった結果、ひび割れ幅低減に寄与していることを確認している。
- ④ 各群では、廃棄体の定置後に行うモルタル充填等に伴い排水を確認している。これは 1 号でも確認された遊離水や滞留水によるものと推定される。一方、1-A 埋設設備についてはごくわずかであるが、継続的に排水があり至近の状況では夏季に比較的排水が多いという季節変動が認められる。これは、冬季に排水量が増加した 1 号 3-A 埋設設備とは逆の傾向である。排水量としては微量であることから、直接的な水の浸入というよりは、結露水である可能性⁽³⁾も推定される。ただし、排水量自体は極めて少なく問題はない。
- ⑤ 2024 年度～2025 年度にひび割れ・目地の保修を実施し 1 群の排水量は減少した。なお 2025 年度に 3, 4 群の排水量が増加しているが、目地撤去時に行った埋設設備表面の高圧洗浄による影響であることを確認している。5 群においては 2024 年度末に排水の増加を確認しているが、2025 年度の保修により当該年度において排水は認められていない。

⁽³⁾ 湿度を含んだ高い温度の空気が埋設設備内に供給され、埋設設備内で冷やされたのちに結露し、ポーラスコンクリート層で回収されるというものであるが、具体的にその事象を裏付けるものは確認できていない。⑤に示す目地・ひび割れの保修で排水量は減少したことから、これらの部位の保修が埋設設備内外への気液の流れに影響し、埋設設備内への水分の供給バランスを変化させた可能性がある。なお、1 群は埋設地への進入路が近く、上流の道路から集められた雨水等が地表水または地下水として埋設設備近傍に供給されやすい状況であることや、②のとおり 1 群では底版にひび割れが発生していたことから、1 群埋設設備底版付近へ地下水が集まりやすい状況にはある。



主な保修工法の概要

	表面被覆工法	注入工法	ひび割れ表面止水工法
概要	埋設設備の表面に発生したひび割れ（平均的なひび割れ幅：0.1～0.2mm 程度）に対して、表面被覆工法による保修を実施することで、水密性の確保及び耐久性を維持することとした。 なお、幅 0.2mm 以上のひび割れ部は、注入工法実施後に表面被覆を施した。	埋設設備の表面に発生したひび割れ（幅 0.2mm 以上）に対して、樹脂系の注入材を低圧注入した。	埋設設備の表面に発生したひび割れ（幅 0.2mm 以上）に対して、表面をシリコンシーリング材で閉塞した。 表面被覆を実施しているものについては表面被覆材を撤去後に実施した。
工法	工法：アロンウォール工法 コンクリートのひび割れ表面に塗膜を構成し、ひび割れ部からの水の浸入を遮断することによりコンクリート構造物の防水性を回復させ、耐久性の低下を防止することを目的とする工法である。 	工法：注入工法（低圧） コンクリートのひび割れ部に注入材を注入し、ひび割れ部からの水の浸入を遮断することによりコンクリート構造物の水密性を回復させ、耐久性の低下を防止することを目的とする工法である。 	工法：表面シール工法 コンクリートのひび割れ表面にシリコンシーリング材を貼付し、ひび割れ部からの水の浸入を遮断することによりコンクリート構造物の防水性を回復させ、耐久性の低下を防止することを目的とする工法である。 
選定理由	表面被覆材：屋外環境における耐久性及び原子力関連施設での実績を踏まえ、アクリルゴム系の表面被覆材を使用した。	注入材：施工性及び乾燥収縮に対する抵抗性が高い樹脂系の注入材料を使用した。	シリコンシーリング材：施工性、耐寒性、コンクリート構造物での施工実績を踏まえ、シリコンシーリング材を使用した。
対象箇所	底部を除く全面（1号 1-4 群）	覆い、側壁、底版に確認されたひび割れ	覆い、側壁、底版に確認されたひび割れ

その他、覆い天端部及び側部の目地シールの交換並びに構築時に底版の断面修復を実施している。

埋設設備の耐久性評価について

目 次

1. はじめに	1
2. 耐久性照査	2
(1) 照査の前提条件	2
(2) 中性化	3
(3) 塩害	4
(4) 凍害	6
3. 診断調査	8
(1) 実施概要	8
(2) 中性化試験（中性化）	9
(3) 塩分含有量試験（塩害）	9
(4) 表面観察（凍害、アルカリ骨材反応、ひび割れ）	11
(5) 強度推定試験	11
4. 自主的な影響評価	12
(1) 強度低下	12
(2) 放射線劣化	13
5. その他の埋設設備の耐久性評価	14
(1) 耐久性照査	16
(2) 診断調査	17
(3) 自主的な影響評価	20

1. はじめに

本申請に当たり、埋設設備が有する耐久性について改めて評価を実施した、「本文 5. (4) 埋設設備の耐久性に係る評価」の詳細について、本資料で補足する。

今回の評価は 3 つの区分に分類され、「耐久性照査」「診断調査」「自主的な影響評価」である。

耐久性詳細については、事業変更許可申請書において当社埋設設備で考慮すべきとした 3 項目（中性化、塩害、凍害）について、設計段階での耐久性の見通しを得るものとして実施した。

診断調査については、保安規定の下部要領に基づき実施しているものであり、現状の埋設設備の状況の評価した。

自主的な影響評価については、他の原子力施設において実施されている経年劣化評価を参考に上記以外に影響しうる項目について影響の有無を確認した。

これら一連の概要をまとめると、表 1 のとおりとなる。

表 1 埋設設備の耐久性評価の概要

区分	位置づけ	評価項目	結果の概要
耐久性照査	基本設計段階で実施	中性化、塩害、凍害	100 年程度の期間に対して劣化抵抗性を有することを確認
診断調査	保安規定の下部要領に基づき実施（1 回 / 5 年）（※）	中性化、塩害、凍害、アルカリ骨材反応	- 中性化、塩害：耐久性照査での想定以上の進行は見られない - 凍害、アルカリ骨材反応：劣化・損傷は見られない
自主的な影響評価	他の原子力施設の経年劣化評価を参考として実施	強度低下、放射線劣化	- 強度低下：推定圧縮強度が設計基準強度以上である - 放射線劣化：当施設で取り扱う廃棄体による放射線劣化の影響はない

※ 2020 年 9 月の保安規定第 24 次改正に伴う施設管理の導入により実施頻度を具体化。
改正以前は必要に応じて実施するとしていた

今回の評価において、耐久性照査については覆土終了予定時期を変更する 1 号埋設設備に対して実施し、診断調査については至近の 2023 年度に診断調査を実施したものうち、最も早い時期に施工した 1 号埋設設備に対する結果を参照している。

これらの耐久性評価の内容を「2. ～4. 」に示し、「2. ～4. 」に示す埋設設備以外の評

価内容については、「5.」に示す。

2. 耐久性照査

(1) 照査の前提条件

埋設設備が劣化抵抗性を有することを確認するため、コンクリート標準示方書(設計編)⁽⁴⁾の標準2編3章の耐久性照査の項目を参考に照査を実施する。ここでは、部材のうち暴露期間の長い外周仕切設備及び覆いの照査を示す。コンクリート標準示方書(設計編)⁽¹⁾に示される照査の項目は以下の観点から対象を選定する。

- ・鋼材腐食に対するひび割れ幅の評価については、排水量等の監視の観点で施設管理されており、さらに1号埋設設備7,8群及び3号埋設設備においては外周仕切設備及び覆いにおいて最大ひび割れ幅の設計目標値を0.1mmとしていることから対象外とする。
- ・化学的侵食に対する照査については、立地条件及び使用状況から侵食性物質が周囲にないことから対象外とする。

したがって、耐久性照査の対象を中性化、塩害及び凍害とする。

コンクリートの配合は、各要求機能を満足する設計とし、以降の耐久性照査は、表2に示す配合を使用する。

表 2 外周仕切設備及び覆いの配合 (1号埋設設備)

照査用配合					
水結合材比 (%)	単位量(kg/m ³)				
	水	結合材*1	混和材*2	細骨材*3	粗骨材
55	159	290	85	852	973

*1 普通ポルトランドセメント 45%及び高炉スラグ微粉末 55%の混合セメントとし、必要に応じて膨張材を置換する。また、施工時には所定のフレッシュ性状確保のため結合材料に比例して混和剤を添加する。

*2 石灰石微粉末

*3 陸砂と砕砂の混合品

⁽⁴⁾ 2022 年制定コンクリート標準示方書 (設計編)

(2) 中性化

中性化と水の浸透に伴う鋼材腐食に対する照査は中性化深さを用いて行う。中性化深さが照査期間中に鋼材腐食発生限界深さに達しないことを確認することで、鋼材腐食に対する照査とする。ここでいう照査期間は、ケースに応じて設定するものとし、表 3 に示す。

中性化に伴う鋼材腐食に対する照査は、中性化深さの設計値 y_d の鋼材腐食発生限界深さ y_{lim} に対する比に構造物係数 γ_i を乗じた値が、1.0 以下であることを確かめることにより行う。

中性化深さの設計値 y_d を表 4 に示す。中性化深さの設計値 y_d は安全係数 γ_{cb} を 1、コンクリートの材料係数 γ_c を 1.3、中性化速度係数 α_k を配合に応じた設定として算出する。

鋼材腐食発生限界深さ y_{lim} を表 5 に示す。鋼材腐食発生限界深さ y_{lim} は設計かぶりを 75mm、施工誤差を 10mm、中性化残りを 10mm として算出する。

照査結果を表 6 に示す。照査結果は、判定値 1.0 以下であり、中性化深さが照査期間中に鋼材腐食発生限界深さに達しないことから、中性化に対する劣化抵抗性を有する。

表 3 照査期間

ケース	照査期間
現状評価の場合	27 年
最大期間の場合	100 年

表 4 中性化深さの設計値

ケース	γ_i	γ_{cb}	α_k	β_e	γ_c	y_d
現状評価の場合 (27 年時)	1.0	1.0	2.34	1.6	1.3	25.3
最大期間の場合 (100 年時)	1.0	1.0	2.34	1.6	1.3	48.7

表 5 鋼材腐食発生限界深さ(単位:mm)

設計かぶり	施工誤差	中性化残り	y_{lim}
75	10	10	55

表 6 中性化の照査結果

ケース	y_d/y_{lim}	判定
現状評価の場合 (27 年時)	0.46	≤ 1.0 OK
最大期間の場合 (100 年時)	0.89	≤ 1.0 OK

γ_i : 構造物係数(1.0 : 健全性評価のため)

y_{lim} : 鋼材腐食発生限界深さ(mm)

(施工誤差などを考慮したかぶり : 設計かぶり－施工誤差 10mm－中性化残り 10mm)

y_d : 中性化深さの設計値(mm)

$$y_d = \gamma_{cb} \cdot \alpha_k \cdot \beta_e \cdot \gamma_c \cdot \sqrt{t}$$

α_k : 中性化速度係数の特性値 (mm/ $\sqrt{\text{年}}$)

$$\alpha_k = -3.57 + 9.0 \cdot W/B$$

W/B : 有効水結合材比

高炉スラグ微粉末の場合 : 単位水量/(ポルトランドセメント量+0.7×結合材量)

β_e : 環境作用の程度を表す係数(一般に 1.6)

γ_c : コンクリートの材料係数(一般に 1.3)

γ_{cb} : 中性化深さの設計値のばらつきを考慮した安全係数(一般に 1.0)

t : 中性化に対する耐用年数(供用期間に対し保守的に設定)

(3) 塩害

埋設設備は、海岸から約 3km に位置している。コンクリート標準示方書(設計編)には、一般に海岸から 1.0km 以上離れている場合は、構造物に塩分が飛来しない条件とあり、海岸からの距離とコンクリート表面塩化物イオン濃度の関係(表 7)では海岸から 1km の距離における値までしか示されていない。したがって、埋設設備は、外部から塩害の影響を受けない環境であり、埋設設備に対して塩害の影響はない。

(参考)

埋設設備の重要性を考慮し、海岸 3km の位置における塩害による影響の可能性を念のため確認する。

本施設が海岸から約 3km に位置することを加味し、コンクリート表面塩化物イオン濃度の設計値 C_o の鋼材腐食発生限界濃度 C_{lim} に対する比が、1.0 以下であることを確認する。

塩化物イオン濃度の設計値 C_d は、埋設設備が海岸から約 3km に位置することから、コンクリート標準示方書(設計編)で示される表 8 のうち、最も海岸から距離の遠い 1.0km の値を採用し、飛来塩分濃度 1.5kg/m^3 とする。

鋼材腐食発生限界濃度 C_{lim} を表 8 に、照査結果を表 9 に示す。確認結果は、判定値 1.0 以下であり、コンクリート表面塩化物イオン濃度の設計値が鋼材腐食発生限界濃度に達しないことから、塩害の影響はない。

表 7 コンクリート表面塩化物イオン濃度 $C_o(\text{kg/m}^3)$

		飛沫 帯	海岸からの距離				
			汀線付近	0.1km	0.25km	0.5km	1.0km
飛来塩分が 多い地域	北海道、東北、北陸、沖縄	13.0	9.0	4.5	3.0	2.0	1.5
飛来塩分が 少ない地域	関東、東海、近畿、中国、四国、九州		4.5	2.5	2.0	1.5	1.0

表 8 鋼材腐食発生限界濃度

W(水)	C(セメント)	$C_{lim}(\text{kg/m}^3)$
159	290	1.67

C_{lim} : 鋼材腐食発生限界濃度 (kg/m^3)

以下の式を用いて定めてよい。(高炉セメント B 種相当、フライアッシュセメント B 種相当を使用する場合)

$$C_{lim} = -2.6(W/C) + 3.1$$

表 9 塩害の照査

部材	C_o/C_{lim}	判定
側壁・覆い	0.90	≤ 1.0 OK

(4) 凍害

凍害に対する照査は、内部損傷と表面損傷(スケーリング)に対する照査に分けて行う。

(i) 内部損傷

内部損傷に対する照査は、構造物内部のコンクリートが劣化を受けた場合に関して、凍結融解試験における相対動弾性係数の最小限界値 E_{min} とその設計値 E_d の比に構造物係数 γ_i を乗じた値が、1.0 以下であることを確かめることにより行う。

凍結融解試験における相対動弾性係数の設計値 E_d を表 10 に示す。凍結融解試験における相対動弾性係数の設計値 E_d は、凍結融解試験における相対動弾性係数の特性値 E_k をコンクリートの材料係数 γ_c で除した値である。凍結融解試験における相対動弾性係数の特性値 E_k は、水結合材比率が 55% 以下であることから表 11 より 85%、コンクリートの材料係数 γ_c は 1.0 として算出する。

凍結融解試験における相対動弾性係数の最小限界値 E_{min} は、部材の凍結融解がしばしば繰り返され、露出状況にあり、断面厚さが一般であることから、表 12 より 60% とする。

照査結果を表 13 に示す。照査結果は、判定値 1.0 以下であり、内部損傷が構造物の性能に影響を与えないことから、内部損傷に対する劣化抵抗性を有する。

表 10 凍結融解試験における相対動弾性係数の設計値 E_d

部材	E_k	γ_c	E_d
側壁・覆い	85	1.0	85

表 11 コンクリートの凍結融解試験における相対動弾性係数とそれを満足するための水結合材比(%)

	水結合材比(%)			
	65	60	55	45 以下
凍結融解試験における相対動弾性係数(%)	60	70	85	90

表 12 凍害に関するコンクリート構造物の性能を満足するための凍結融解試験結果における相対動弾性係数の最小限界値 E_{min} (%)

	凍結融解がしばしば繰り返される場合		氷点下の気温となることがまれな場合	
	薄い	一般	薄い	一般
(1)連続してあるいはしばしば水で飽和される場合	85	70	85	60
(2)普通の露出状況にあり(1)に属さない場合	70	60	70	60

表 13 内部損傷の照査

部材	E_{min}/E_d	判定
側壁・覆い	0.71	≤ 1.0 OK

(ii) 表面損傷(スケーリング)

一般に、表面損傷(スケーリング)に対する照査は、構造物表面のコンクリートが劣化を受けた場合に関して、コンクリートのスケーリング量の設計値とその限界値の比に構造物係数を乗じた値が、1.0 以下であることの確認が行われる。コンクリートのスケーリングは、我が国では海水の影響のある海岸構造物や凍結防止剤を散布する道路構造物で問題となっている。

埋設設備は、海水の影響のある海岸構造物や凍結防止剤を散布する道路構造物でないため、スケーリング量の設計値は僅かな値にとどまり、表面損傷が構造物の性能に影響を与えないことから、内部損傷に対する劣化抵抗性を有する設計とする。

なお、スケーリングやポップアウトといった表面に表れる損傷については、構造物の性能に有意な影響がでないよう、適切に保修を実施する。

3. 診断調査

(1) 実施概要

1号廃棄物埋設施設に対して実施した診断調査の詳細を示す。本診断調査は、保安規定の下部要領に定める実施頻度（1回/5年）に基づき実施した。

- ・実施期間：2023年度（建設後27～28年）
- ・実施箇所：1号埋設設備5,6群
- ・実施項目：
 - ✓ 中性化試験（中性化）
 - ✓ 塩分含有量試験（塩害）
 - ✓ 表面観察（凍害、アルカリ骨材反応）
 - ✓ 強度推定試験

中性化、塩害、凍害、アルカリ骨材反応については、保安規定の下部要領により定められた項目である一方で、強度推定は下部要領によらないがこれらの点検と合わせて実施したものである。

なお、中性化と塩害の削孔は埋設設備と同配合の岩着コンクリートに対して実施した。

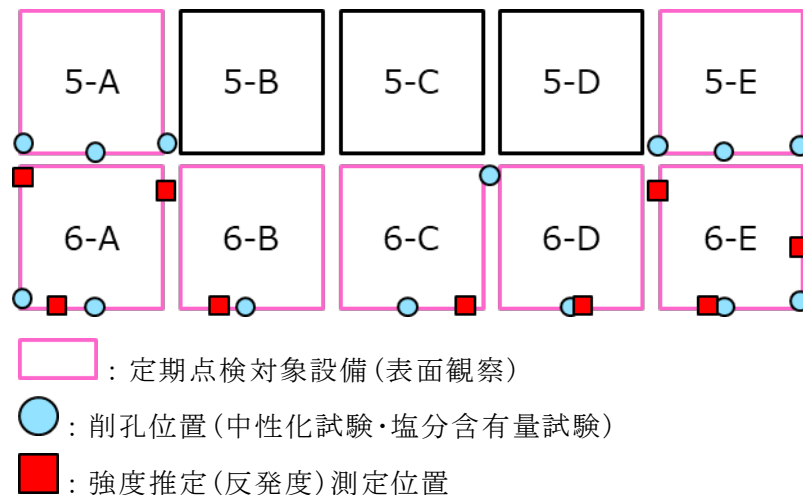


図 1 診断調査の実施箇所イメージ

(2) 中性化試験（中性化）

(i) 測定方法

中性化深さの測定は、NDIS3419:2011「ドリル削孔粉を用いたコンクリート構造物の中性化深さ試験方法」に準じて行う。試験位置は、事前に鉄筋探査機を使用し内部鉄筋に影響しない位置とする。中性化の測定は、振動式携帯電気ドリルを用い、コンクリートに直径 10mm 程度の孔を削孔した時に生じる削孔粉を、フェノールフタレイン溶液を含ませた試験紙に触れさせ、赤紫色に変色するところまでの深さを測定する。

削孔数は、一試験箇所当たり 3 孔を標準とし、3 孔の平均値を算出し中性化深さとする。

(ii) 測定結果

測定結果を表 14 に示す。

測定値の最大値は 4.6mm であり、当該コンクリートの配合において、照査の式で建設後 27 年経過時点で想定される中性化深さ 25.3mm（表 6 参照）に対して 1/5 程度であった。

表 14 中性化深さの測定結果（1 号埋設設備）

	最大	最小	平均
中性化深さ (mm)	4.6	1.8	2.6

(3) 塩分含有量試験（塩害）

(i) 試料採取方法（現場作業）

試料採取は、刃径 $\phi 20\text{mm}$ のハンマードリルを用いて、表面から深さ方向に「20mm ピッチ」で 1 箇所当たり 5 試料（深度）採取する。採取した試料は深度毎に保管袋に封入し、試験室に運搬する。

(ii) 試料作成（室内試験）

削孔ドリルで採取した試料を「 $149\mu\text{m}$ 以下」まで粉砕し、試験試料とする。

(iii) 測定方法（室内試験）

JIS A 1154「硬化コンクリート中に含まれる塩化物イオンの測定方法」のうち、塩化物イオン選択電極を用いた電位差滴定法により全塩化物イオン量を測定する。な

お、コンクリートの単位容積質量は、一般的な値 $2,300\text{kg/m}^3$ を使用して、下式より単位容積質量当たりの全塩化物イオン量に換算する。

$$C = C'/10 \cdot p$$

C : 単位容積質量当たりの全塩化物イオン量 (kg/m^3)

C' : 全塩化物イオン量定量分析結果 (wt%)

p : コンクリートの単位容積質量 (g/cm^3)

(iv) 測定結果 (室内試験)

測定結果を表 15 に示す。

1 号 5～6 群に用いているセメント種類は高炉セメント B 種相当 (BB 種)、水セメント比 W/C は 0.55 であることから、腐食発生限界塩化物イオン濃度は 1.67kg/m^3 と算定され、測定結果はいずれも腐食発生限界塩化物イオン濃度を下回っていた。

表面塩化物イオン濃度に関し深さ 0～20 mm の最大値が 0.43kg/m^3 であり、照査で仮定した表面塩化物イオン濃度 1.5kg/m^3 (表 7 参照) に対して 1/3 程度であった。

腐食発生限界塩化物イオン濃度 (C_{lim}) 算出式

- ・ 普通ポルトランドセメント (N) を用いた場合

$$C_{lim} = -3.0(W/C) + 3.4$$

- ・ 高炉セメント B 種相当、フライアッシュセメント B 種相当 (BB) を用いた場合

$$C_{lim} = -2.6(W/C) + 3.1$$

C_{lim} : 腐食発生限界塩化物イオン濃度 (kg/m^3)

W/C : 水セメント比 (埋設設備岩着コンクリート配合) (-)

適用範囲 0.30～0.55

表 15 単位容積当たりの全塩化物イオン量の測定結果（1号埋設設備）

（単位：kg/m³）

深さ (mm)	最大	最小	平均	判定
0～20	0.43	0.10	0.20	≦1.67 OK
20～40	0.15	0.03	0.07	
40～60	0.12	0.05	0.07	
60～80	0.10	0.06	0.08	
80～100	0.10	0.05	0.08	

（4）表面観察（凍害、アルカリ骨材反応）

（i）測定方法

埋設設備の各設備の側部（覆い、側壁、底版）4面を対象とし目視点検により観察を行う。

（ii）測定結果

乾燥収縮が原因と想定される線状のひび割れを確認したものの、アルカリ骨材反応に特有の亀甲状のひび割れは認められなかった。

また、2023年度よりも過去に実施した2018年までの調査においては、凍害（スケーリング）による目立った劣化は無く、2023年度での目視確認によってもその状況の進展はなかった。

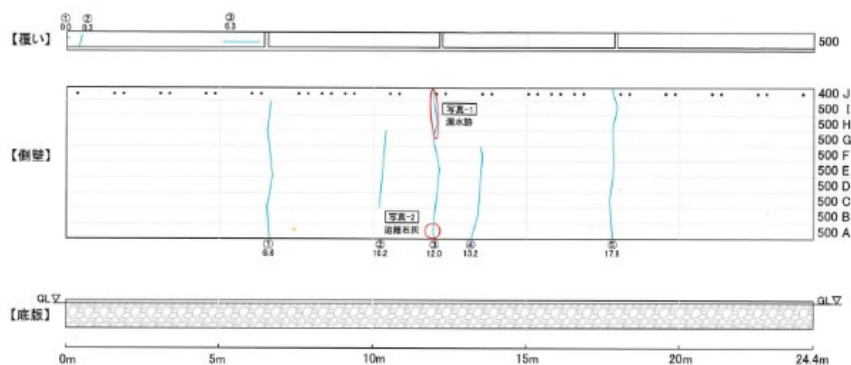


図 2 ひび割れ観察例（1号 6-A 北面展開図）

（5）強度推定試験

（i）測定方法

本強度推定は、コンクリート壁面にリバウンドハンマー内の重錘を圧縮スプリ

ングにより衝突させ、躯体表面の硬度による跳ね返り量(反発度 R)を測定する「反発度法(JIS A 1155)」により実施する。

測定は、各壁面の任意の平面で「1 測点/9 点(打撃)」を行った「 R 値」の平均値により得られた数値を「土木学会式」に基づき、推定強度「 F_c 値」を計算して推定圧縮強度を算出する。

$$F_c = 1.27R - 18 \quad \cdots \text{土木学会式 (日本材料学会式)}$$

F_c : 圧縮強度の推定値 (N/mm^2)

R : リバウンドハンマーの測定結果の平均値 (反発度値)

(ii) 測定結果

測定結果を表 16 に示す。リバウンドハンマーの測定結果から得られた推定圧縮強度のいずれも設計基準強度 24.6N/mm^2 を上回ることを確認した。

表 16 推定圧縮強度の照査結果 (1 号埋設設備)

No	基準反発度 (R)	推定圧縮強度 (N/mm^2)	判定
1	45.1	39.3	$\geq 24.6\text{N/mm}^2$ OK
2	43.9	37.7	
3	43.1	36.8	
4	39.9	32.7	
5	47.2	42.0	
6	46.8	41.4	
7	51.0	46.8	
8	41.6	34.8	
9	39.3	32.0	
最大		46.8	
最小		32.0	
平均		38.2	

4. 自主的な影響評価

(1) 強度低下

他の原子力施設の経年劣化の評価において実施されていた強度低下について自主的な影響評価を実施した。

「3. 診断調査」において強度推定試験を実施していることから、その結果を踏まえ、以下のとおり、影響はないと評価した。

- ・ 一般にコンクリートは水和反応の進行により強度が増進していく性質がある

- ・ 一方で、外部環境による低下の可能性は考えられるが、施工後 27～28 年現在において、リバウンドハンマー法による反発度試験をした結果、推定圧縮強度の平均値が 38.2N/mm^2 であり、設計基準強度 24.6N/mm^2 より大きい値であることを確認
- ・ 使用条件および環境に変化がなく、繰り返し荷重を受けるような構造物でもないことから、事象の進展は考えられない

(2) 放射線劣化

他の原子力施設の経年劣化の評価において実施されていた放射線劣化について自主的な影響評価を実施した。

本施設で取り扱う廃棄体の表面線量当量率は最大 10mSv/h と小さく、放射線による影響が確認されている照射量（※1）に至ることはないため、影響はないと評価した。

※1 放射線による影響が生じないことが確認されている範囲：中性子線照射量 $1.0 \times 10^{20}\text{n/cm}^2$ 以下、ガンマ線照射線量 $2 \times 10^8\text{Gy}$ 以下（※2）

本施設において中性子線の照射はない。ガンマ線については、廃棄体の最大表面線量当量率 10mSv/h で算出すると 100 年でも $9 \times 10^3\text{Gy}$ 程度

$(10\text{mSv/h} \times 24\text{h/日} \times 365.25\text{日/年} \times 100\text{年} \times 1\text{Gy/Sv} \div 9 \times 10^3\text{Gy})$

※2 Hilsdorf, Kropp, and Koch 「The Effects of Nuclear Radiation on the Mechanical Properties of Concrete」 American Concrete Institute Publication SP 55-10.1978

5. その他の埋設設備の耐久性評価

上記 2. ～4. の内容は、1 号埋設設備 5, 6 群を代表して実施したものであった。他の埋設設備（1 号埋設設備 5, 6 群以外、2 号および 3 号埋設設備）においても耐久性を有することを説明するため、耐久性評価に影響する要因（配合、施工時期、診断調査実施時期）を踏まえ、必要な範囲で残りの埋設設備の耐久性を説明する。

必要な範囲の選定について、以下および表 17 に示す。

- ・ 耐久性照査については、配合によってその結果が変わる。当社の埋設設備では、2 種類（BB55、MF30（※））の基本配合を採用してきた。BB55 は 1 号 1-6 群及び 2 号 1-4 群で使用されたものであり、「2.」において、100 年以上の耐久性を有するものとして評価した。そのため、ここでは MF30 の耐久性照査を実施する。

※ BB55：高炉セメント B 種（高炉スラグ 55%置換）（対象設備：1 号埋設設備 1 ～6 群、2 号埋設設備 1～4 群）

MF30：中庸熟フライアッシュセメント（フライアッシュ 30%置換）（対象設備：1 号埋設設備 7, 8 群、2 号埋設設備 5～8 群、3 号埋設設備）

- ・ 診断調査については、至近（2023 年）では、1 号 5, 6 群及び 2 号に対して実施している。1 号 1～4 群については、2018 年までに実施している。また、1 号 7, 8 群と 3 号については 2021 年以降の構築であり、施工後 5 年未満であることから、診断調査は未実施である。このため、ここでは、異なる配合・廃棄物埋設地である 2 号埋設設備に対する診断調査結果を示す。また、参考として 1 号 1 ～4 群に対して実施した 2018 年までの診断調査の概要も示す。

表 17 評価ケースの選定

埋設設備		基本 配合	施工 時期	診断 調査	記載対象 (耐久性照査)	記載対象 (診断調査)
1 号	1～4 群	BB55	1991 ～1994 年	2018 年 実施	－ (1 号 5, 6 群と同じ配 合)	△ (配合・施工時期に大きな差が ないため、2023 年の 1 号 5, 6 群の診断結果に包含できるが、 参考に概要を記載)
	5, 6 群	BB55	1995 ～1996 年	2023 年 実施	○ (診断調査を実施した ものを対象として選 定)	○ (至近での診断調査のなかで施 工時期が最も早い設備として選 定)
	7, 8 群	MF30	2021 年～	未実施	－ (2 号 5～8 群と同じ配 合)	－ (未実施のため対象外)
2 号	1～4 群	BB55	1999 ～2005 年	2023 年 実施	－ (1 号 5, 6 群と同じ配 合)	△ (1 号 5, 6 群と同じ配合ではあ るが、2 号 5～8 群と合わせて 実施しているため合わせて結果 を整理するものとして選定)
	5～8 群	MF30	2010 年 ～2014 年	2023 年 実施	△ (異なる配合として選 定)	△ (異なる配合に対する結果とし て選定)
3 号		MF30	2022 年～	未実施	－ (2 号 5～8 群と同じ配 合)	－ (未実施のため対象外)

○：代表ケースとして「2.～4.」にて説明

△：その他のケースとして「5.」にて説明

－：対象外

(1) 耐久性照査

前述のとおり、これまで当社の埋設設備では BB55 と MF30 の 2 種類の基本配合を用いてきた。BB55 と MF30 のなかでも、施工時期により配合のマイナーチェンジはあるが、耐久性照査の結果に影響を与えるような変更はない。

BB55 については、「2.」において実施し、劣化抵抗性を有することを確認しているため、ここでは、MF30 について説明する。

「2.」の手法に則り、表 18 に示す照査用配合にて実施した。

表 18 外周仕切設備及び覆いの配合 (MF30)

照査用配合					
水結合材比 (%)	単位量 (kg/m ³)				
	水	結合材*1	混和材*2	細骨材*3	粗骨材
46.5	155	333	60	798	966

*1 中庸熟ポルトランドセメント 70%及びフライアッシュ 30%の混合セメントとし、必要に応じて膨張材を置換する。また、施工時には所定のフレッシュ性状確保のため結合材料に比例して混和剤を添加する。

*2 石灰石微粉末

*3 陸砂と砕砂の混合品

照査の結果を表 19 に示す。

いずれも基準値を下回っており、MF30 について 100 年程度の劣化抵抗性を有することを確認した。

表 19 耐久性照査結果 (MF30)

照査項目	照査値	判定
中性化 (100 年時)	$y_d/y_{lim} = 0.92$	≤ 1.0 OK
塩害	$C_0/C_{lim} = 0.80$	≤ 1.0 OK
凍害	$E_{min}/E_d = 0.71$	≤ 1.0 OK

(2) 診断調査

前述のとおり、2023 年度に実施した診断調査のうち、説明できていない 2 号埋設設備の診断調査結果について説明する。

ここでは 2 号埋設設備のうち、配合毎に暴露期間の長いものとして、1, 2 群（施工後 22～23 年）と 5, 6 群（施工後 11～12 年）に対する結果を以下に示す。

また、中性化と塩害の削孔試験は、同時期に施工された埋設設備と異なる配合（普通ポルトランドセメント）の岩着コンクリートに対して実施していることから、当該環境において、照査で推定される進行度合いに対する相対評価を行うものとしている。

(i) 中性化試験（中性化）

中性化試験の結果は表 20 のとおりである。

測定値の最大値は 6.5 及び 7.2mm であり、当該コンクリートの配合において、照査の式で、建設後 22 年（1, 2 群）経過時点で想定される中性化深さ 10.5mm、11 年（5, 6 群）経過時点で想定される中性化深さ 16.8mm に対して 1/2～2/3 程度であった。

表 20 中性化深さの測定結果（2 号埋設設備）

中性化深さ (mm)	最大	最小	平均
1, 2 群	6.5	1.6	3.1
5, 6 群	7.2	1.6	5.0

(ii) 塩分含有量試験（塩害）

塩分含有量試験の結果は表 21、表 22 のとおりである。

普通ポルトランドセメントの場合の腐食発生限界塩化物イオン濃度は 1.85kg/m^3 （1, 2 群）、 1.40kg/m^3 （5, 6 群）であり、腐食発生限界塩化物イオン濃度を下回っていることを確認した。

照査で仮定した表面塩化物イオン濃度 1.5kg/m^3 に対して、0～20mm での実測の最大値は 0.32kg/m^3 であり、1/5 程度であった。

表 21 単位容積当たりの全塩化物イオン量の測定結果（2号埋設設備 1, 2 群）

(単位：kg/m³)

深さ (mm)	最大	最小	平均	判定
0～20	0.32	0.14	0.23	≦1.85 OK
20～40	0.26	0.02	0.17	
40～60	0.16	0.08	0.12	
60～80	0.13	0.07	0.10	
80～100	0.14	0.06	0.11	

表 22 単位容積当たりの全塩化物イオン量の測定結果（2号埋設設備 5, 6 群）

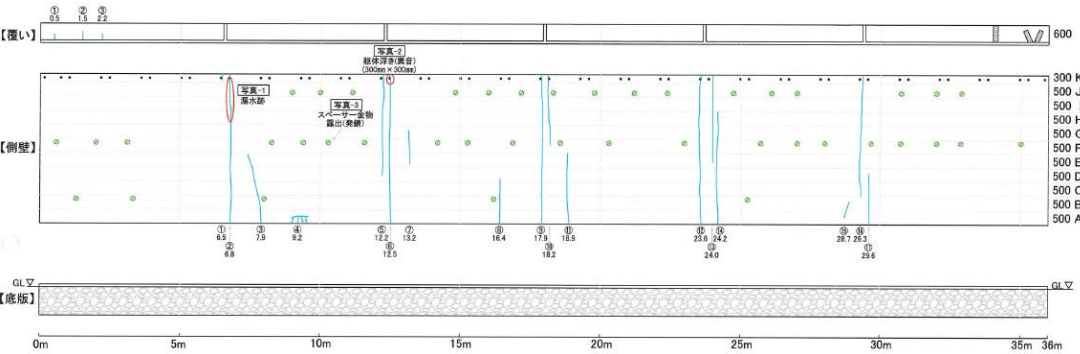
(単位：kg/m³)

深さ (mm)	最大	最小	平均	判定
0～20	0.28	0.15	0.22	≦1.40 OK
20～40	0.31	0.10	0.21	
40～60	0.21	0.09	0.15	
60～80	0.18	0.10	0.15	
80～100	0.22	0.08	0.13	

(iii) 表面観察（凍害、アルカリ骨材反応、ひび割れ）

乾燥収縮が原因と想定される線状のひび割れを確認したもの、アルカリ骨材反応に特有の亀甲状のひび割れは認められなかった。

また、目視確認において、凍害（スケーリング）による目立った劣化は見られなかった。



(iv) 強度推定試験

測定結果を表 23 に示す、推定圧縮強度のいずれも設計基準強度 24.6N/mm^2 を上回ることを確認した。

表 23 強度推定試験の結果 (2 号埋設設備)

実施点数		33 箇所
推定圧縮強度 (N/mm^2)	最大	48.3
	最小	28.9
	平均	37.6
判定		$\geq 24.6\text{N/mm}^2$ OK

(v) 2018 年の診断調査結果

2018 年までに実施した 1 号 1~4 群に対する診断調査の結果概要を以下に示す。

本診断調査は、当時の下部要領の実施目的（埋設設備の保全を目的とした保修や診断調査等を行う場合（必要に応じて））に基づき実施した。

中性化については、埋設設備以外の近傍のコンクリート構造物において中性化深さを測定しており、最も進行している位置での平均値が 7.8mm であった。建設後 20 年後の測定値 7.8mm を基に外挿評価をすると、鉄筋位置での腐食開始は建設後 100 年後以降と評価している。

塩害については、埋設設備以外の近傍のコンクリート構造物において、コンクリート中の塩化物イオン量を測定しており、コンクリート表面の塩化物イオン濃度が $0.5\sim 0.6\text{kg/m}^3$ 程度と鉄筋腐食が開始する塩化物イオン濃度に達していないことから塩害が劣化の要因と考えられないと評価している。

アルカリ骨材反応については、ひび割れの目視観察において、アルカリ骨材反応に特有の亀甲状のひび割れは認められなかったことから、アルカリ骨材反応が劣化の要因と考えられないと評価している。

凍害については、軽微な表面の劣化（スケーリング）があるものの、凍害による目立った劣化は見られなかったと評価している。

強度推定試験も実施しており、いずれも設計基準強度以上（最小値 $38\text{N/mm}^2 \geq$ 設計基準強度 24.6N/mm^2 ）であり問題ないとしている。

(3) 自主的な影響評価

強度低下については、(2)(iv)に示すとおり、2号埋設設備においても設計基準強度を上回る結果が得られていることから問題ない。

放射線劣化については、評価の条件とした廃棄体の表面線量当量率 10mSv/h は、1号～3号において共通であり、影響はないと評価できる。

以上