

新三国トンネル環境検討委員会

第3回 検討資料

平成26年 9月5日

国土交通省関東地方整備局 高崎河川国道事務所

第3回 検討資料 目次

1. 第3回環境検討委員会の検討項目
2. 第2回環境検討委員会の概要
3. 第2回環境検討委員会の意見に対する検討結果
 3. 1 トンネルボーリングコア暴露試験結果について
 3. 2 ズリ活用地の地下水集排水対策について
 3. 3 ズリ活用地の盛土法面保護対策について
 3. 4 ズリ活用地浸出水やトンネル施工中濁水の処理方法について
4. 新三国トンネル環境検討委員会のまとめ
 4. 1 トンネル掘削ズリ処理対策
 4. 1. 1 トンネルズリ対策土量
 4. 1. 2 ズリ活用位置
 4. 1. 3 ズリ処理対策工法
 4. 1. 4 ズリ活用地の地盤改良方針と施設設置構成
 4. 1. 5 モニタリング計画
 4. 1. 6 漏出防止及び漏出したときの対策
 4. 1. 7 監視体制と各段階の行動計画
 4. 2 トンネル施工中及び完成後の排出水対策
 4. 2. 1 トンネル施工中及び完成後の排出水対策基本方針
 4. 2. 2 モニタリング計画
 4. 2. 3 施工中の排出水対策
 4. 2. 4 完成後の排出水対策

1. 第3回環境検討委員会の検討項目

トンネル掘削ズリ処理対策

第2回委員会の意見に対する回答・検討

- ① トンネルボーリングコア暴露試験結果について
- ② ズリ活用地の地下水集排水対策について
- ③ ズリ活用地の盛土法面保護対策について
- ④ ズリ活用地浸出水の処理方法について



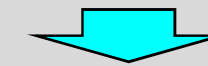
新三国トンネル環境検討委員会のまとめ

- ① トンネルズリ対策土量
- ② ズリ活用位置
- ③ ズリ処理対策工法
- ④ ズリ活用地の地盤改良方針と施設設置構成
- ⑤ モニタリング計画
- ⑥ 漏出防止及び漏出したときの対策
- ⑦ 監視体制と各段階の行動計画

トンネル施工中及び完成後の排水対策

第2回委員会の意見に対する回答・検討

- ① トンネル施工中濁水の処理方法について



- ① トンネル施工中及び完成後の排水対策基本方針
- ② モニタリング計画
- ③ 施工中の排水対策
- ④ 完成後の排水対策

2. 第2回環境検討委員会の概要

第2回環境検討委員会では、トンネル掘削ズリ処理対策の検討、トンネル施工中及び完成後の排水対策の検討について、審議が行われた。

■第1回委員会の意見に対する回答

第1回委員会での意見	事務局からの回答内容	第2回委員会審議結果
暴露試験について継続して実施している分析結果を確認すること	・土木研究所にて継続的に試験を実施している。 ・スレーキング等は認められないが、重金属類は継続して検出されている（口頭報告）	了承するが、第3回委員会で暴露試験結果を報告すること。
選定地のズリ処理容量 12 万 m ³ の根拠を示すこと	・支保パターンごとの岩種に変化率を乗じた締め固め後のズリ掘削土量は、12万1800m ³ である。 ・ズリ活用地の容量は、13万m ³ で設計を進めている。	了承。
シートの損傷リスクが考えられるので、自己修復機能を持たせたシートを検討して欲しい	・自己修復機能を持たせたベントナイト系遮水シートの2種を検討したが、本ズリ活用地の浸出水のpHを考慮した場合、費用に対して効果が薄いため採用しない。	了承。
FEM 沈下予測解析において、軟弱層として取り扱っていない dt-2 層の変形係数を N 値から設定している。これでも問題はないが、ボーリング原位置試験の実施結果から再検証することも検討して欲しい。	・今後のボーリング調査により、当該地盤の変形係数を孔内水平裁荷試験により再確認する。	了承。
地盤改良において六価クロムが溶出する懸念について対策資料を提示すること。	・地盤改良（中～深層混合処理）に使用する材料等について所定の試験を実施し、六価クロム溶出量が環境基準値を満たすようにする。	了承。

■第2回委員会の審議内容

検討項目	検討結果	審議結果	第2回委員会結果 意見
①トンネル掘削ズリ処理対策	・モニタリング計画（地点・頻度・項目）の提案 ・浸出水処理の基本方針と処理フローの提案 ・漏出防止対策及び漏出したときの応急対策方法の提案。 ・監視体制と各段階の行動計画の提案	事務局案とするが右記を配慮すること。	・地下水観測井を事前に設置し観測体制に入ること ・地下水集排水施設の構造については、 <u>遮水工に揚圧力が作用しないような（ズリ活用地内がドライとなるような）構造を提案してほしい。</u> ・ズリ活用地の盛土法面が崩れて表面遮水工に影響を及ぼす恐れがあるため、 <u>十分な法面保護対策を計画してほしい。</u> ・ズリ活用地浸出水の処理方法として凝集沈殿法を選定しているが、説明の一部に分かり難い部分（処理方式の適用性）があるので、分かり易く書き改めてほしい。 ・本モニタリング内容は、ズリ処理対策工の効果確認と位置づけられ、そのモニタリング終了時期はズリ処理工事終了後、最低2年間確認することで良い。しかし、 <u>施設管理として漏出の無いことを確認する目的で、それ以降のモニタリングも必要と考えられる。このため、別途検討しておくことが望ましい。</u>
②トンネル施工中・完成後の排水対策	・トンネル施工中のモニタリング計画（地点・頻度・項目）、排水処理方法、緊急時対策の提案 ・トンネル完成後のモニタリング計画（地点・頻度・項目）、排水処理方法の提案	事務局案とするが右記を配慮すること。	・トンネル施工中濁水の処理方法として凝集沈殿法を選定しているが、説明の一部に分かり難い部分（処理方式の適用性、重金属類の処理方法）があるので、分かり易く書き改めてほしい。

3. 第2回環境検討委員会の意見に対する検討結果

3. 1 トンネルボーリングコア暴露試験結果について

第2回委員会での意見： 第3回委員会で暴露試験結果を報告すること。

高崎河川国道事務所により実施された曝露試験（2010年12月6日～2011年12月8日；群馬県沼田市）を土木研究所で引き継ぎ、2011年12月28日より現在まで茨城県つくば市にて継続して試験を実施している。供試試料および試験結果の概要は別紙に示す。

3. 2 ズリ活用地の地下水集排水対策について

第2回委員会での助言：

地下水集排水施設の構造については、遮水工に揚圧力が作用しないような（ズリ活用地内がドライとなるような）構造を提案してほしい。

（1）地下水集排水施設の重要性

表面遮水工を設置する新三国トンネルズリ活用地では、遮水工下部の地下水（湧水を含む）の排除を適切に行わないと揚圧力が働いて遮水工を破損する恐れがある。また、ズリ活用地周辺の地下水位が上昇すると、地山の緩みによるすべりの誘発や揚圧力によるズリ活用地内への地下水浸透の原因となる。

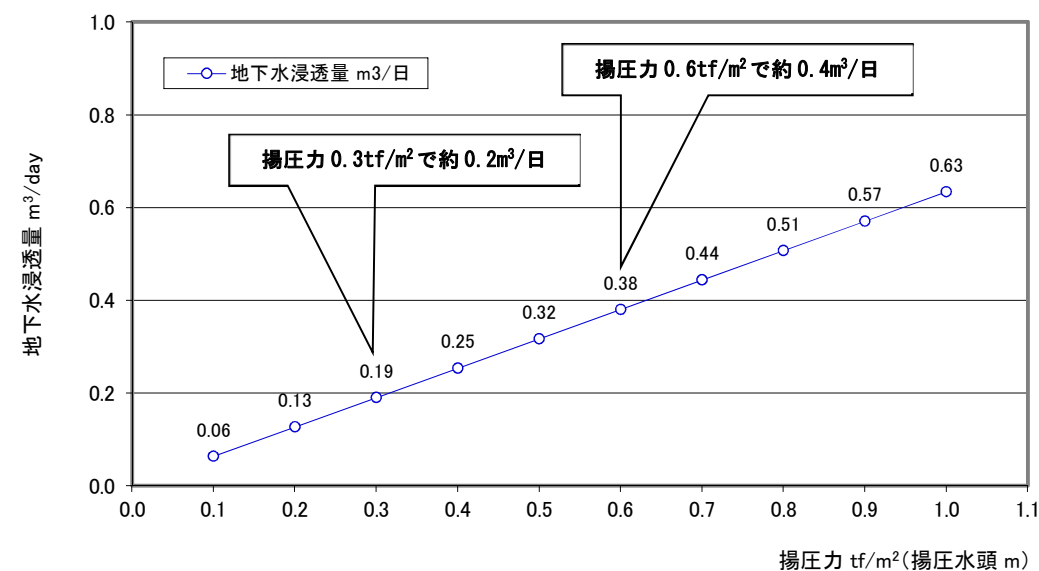
従って、地下水集排水施設は、長期安定した遮水機能を保持する上で、また埋立完了後のズリ活用地内をドライにする上で、極めて重要度の高い施設と位置付けられる。

（2）揚圧力と地下水浸透量の関係

ズリ活用地の北側法面部遮水工は地山（大部分が礫を多く含む崖錐堆積物 dt-2 層）と接するが、地山の地下水位が法面部遮水工より低位に想定されること、また法面部には処分場設計要領に従った $\phi 150\text{mm}$ の暗渠排水工が約 20m 間隔で網目状に設置されること等から、揚圧力が働く可能性は小さい。

一方、底部では、法面部や底部からの地下水が集中すること、また地盤改良に伴い排水性が悪くなること等から、地下水排除を適切に行わないと底部遮水工に揚圧力を与える可能性がある。

ズリ活用地の底部遮水工に揚圧力が作用した場合の揚圧力と地下水浸透量の関係を、**図 3.2-1** に示す。同図から、遮水シートの透水係数が 10^{-9}cm/s と極めて小さい（ほぼ不透水性）にも拘わらず、底部遮水工全体に揚圧力が継続的に作用した場合には、揚圧力 $0.3\text{tf/m}^2 \uparrow$ （上向きの揚圧水頭 30cm $\uparrow$ ）で約 $0.2\text{m}^3/\text{日}$ （1 日にドラム缶約 1 本分相当量）の浸透量が、揚圧力 $0.6\text{tf/m}^2 \uparrow$ （上向きの揚圧水頭 60cm $\uparrow$ ）で約 $0.4\text{m}^3/\text{日}$ （1 日にドラム缶約 2 本分相当量）の浸透量が生じることが分かる。埋立完了後においてこのような状態が恒常的に発生すれば、活用地内に浸透した地下水の汲み上げ（水質が悪い場合には処理も必要）や水質モニタリングが半永久的に必要となる。



注 1：地下水浸透量は、ダルシー式 $[Q=k \times i \times A]$ により計算。

注 2：遮水シートの厚さ t ・透水係数 k は、 $t=3\text{mm}$ （1.5mm $\times$ 2 枚）・ $k=10^{-9}\text{cm/s}$ と仮定。

注 3：浸透面積 A は、埋立地底部面積 $A=2,200\text{m}^2$ と仮定（右図の青メッシュ部）。

注 4：動水勾配 i は、 $[i=U（揚圧水頭） \div t（遮水シートの厚さ）]$ により計算。

図 3.2-1 ズリ活用地の底部遮水工に揚圧力が作用した場合の揚圧力と地下水浸透量の関係

（3）地下水集排水施設の構造の見直し

・当初計画では、ズリ活用地底部（地盤改良範囲を除く）、法面部・小段部に、有孔管と砕石フィルター材からなる暗渠排水構造（支線 $\phi 150\text{mm}$ 、幹線 $\phi 350\text{mm}$ ）を基本とした地下水集排水施設を計画していた。

・今回、第 2 回環境検討委員会の指導を受け、遮水工に揚圧力が作用しないように（ズリ活用地内がドライとなるように）、法面部地山や底部基盤からの地下水が集中するズリ活用地底部全面（地盤改良範囲を除く下図の青メッシュ部）に地下水排水層として、厚さ 30cm の砕石ドレーン層（単粒度砕石 30 $\sim$ 20mm）を増設する方向で、当初計画を見直した（**図 3.2-2**）。

・この面状砕石ドレーン層の増設により、 $\phi 150\text{mm}$ 地下水集排水管支線（底面）に局所的な目詰りが生じた場合でも、砕石ドレーン層内の間隙を介した $\phi 350\text{mm}$ 地下水集排水管幹線（底面）への地下水重力排水が自然に行われ、より安全度の高い地下水集排水機能が担保される。なお、ズリ活用地の施工に当たっては、現場の湧水・地下水状況に応じて次のような施工対応を取り、地下水集排水機能の長期安定保持に万全を尽くす。

- 1) 底部面や法面部の掘削中に湧水箇所が発見された場合には、湧水箇所をカバーするように暗渠排水工や砕石層の追加設置などの施工対応を適宜行う。
- 2) 施工中の地下水集排水量から見て現計画の $\phi 350\text{mm}$ 地下水集排水管幹線の流下能力（ $0.1\text{m}^3/\text{s}$ ）が不足していると判断された場合には、集排水幹線の増設（集排水幹線の 2 条化）などの施工対応を行う。

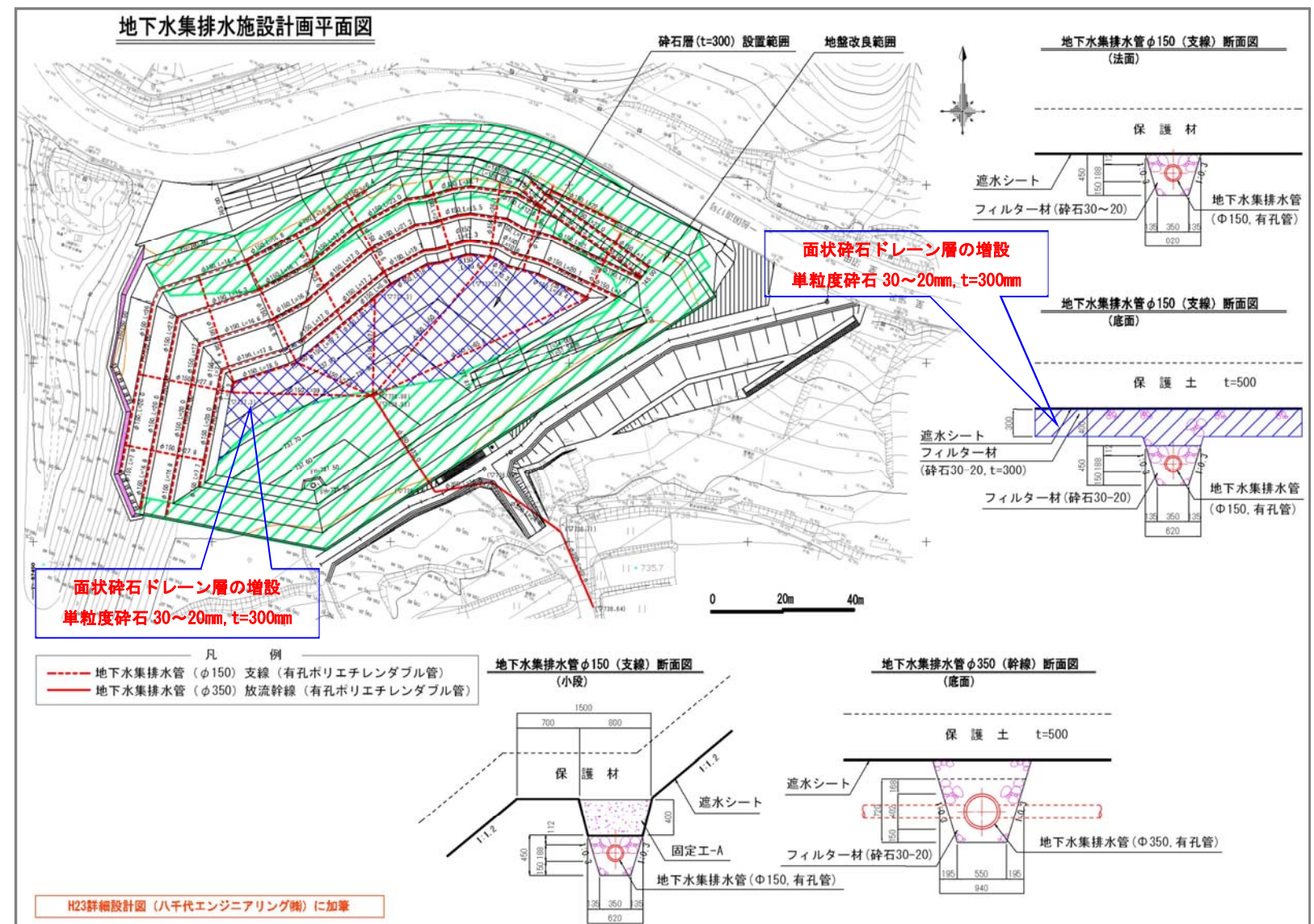


図 3.2-2 ズリ活用地の地下水集排水施設計画の見直し（案）

3. 3 ズリ活用地盛土法面の法面保護対策について

第2回委員会での助言：

ズリ活用地の盛土法面が崩れて表面遮水工に影響を及ぼす恐れがあるため、十分な法面保護対策を計画してほしい。

(1) 盛土法面保護対策の必要性と盛土法面表層の要求事項

ブリ活用地の盛土法面が大雨・大雪・地震や暴風などによって局所的に崩れた場合には、崩壊部一帯の表面遮水工が破損し、活用地内に埋め立てられたトンネル掘削ブリの一部が外部に漏れ出す恐れがあるため、十分な盛土法面保護対策を講じる必要がある。

盛土法面保護対策の計画に当っては、次のような盛土法面表層の要求事項を総合的にバランスさせることが肝要となる。

- ① 十分な覆土による表面遮水工破損や埋立ズリ漏出の防止
- ② 排水性悪化に伴う土の強度低下による表層崩壊の防止
- ③ 大雨・大雪による表層浸食・崩壊の防止
- ④ 地震による表層崩壊の防止
- ⑤ 暴風時における法面に生育する樹木の倒木による表層崩壊の防止
- ⑥ 穿孔動物の侵入による表層崩壊の防止

（２）本ズリ活用地における盛土法面保護対策

本ズリ活用地においては、前述の盛土法面表層の要求事項に対して、次のような構造対応を基本とした総合的な盛土法面保護対策を計画した（**全体標準断面模式図**）。なお、法面保護工については、長期維持管理性を重視し、法面緑化工（植生工）ではなくコンクリート系シール工を基本とした。

- ① 十分な覆土による表面遮水工破損や埋立ズリ漏出の防止：
→ 盛土法面・小段部・上部平地部共に遮水シートを敷設して 1.0m以上の覆土厚を取り、更に法面部には小堤を配置し、表面遮水工破損や埋立ズリ漏出に対する高位の安全性を確保。
- ② 排水性悪化に伴う土の強度低下による表層崩壊の防止：
→ 雨水集排水設備（排水側溝など）により、表流水を排除し排水性悪化を防止。
- ③ 大雨・大雪による表層浸食・崩壊の防止：
→ 緩めの法勾配（1：1.8）と小段配置（長大法面の回避）により安定性を確保。コンクリート系シールによる法面保護を行い、表層浸食を防止。
- ④ 地震による表層崩壊の防止： → 同上。
- ⑤ 暴風時における法面に生育する樹木の倒木による表層崩壊の防止：
→ コンクリート系シールによる法面保護を行い、低茎草本や低木類などの法面植生を防止。
- ⑥ 穿孔動物の侵入による表層崩壊の防止：
→ コンクリート系シールによる法面保護を行い、穿孔動物の侵入並びに穿孔を防止。

全体標準断面模式図

上部平地部

国道

ガードレール

埋設シート

埋設シート

最終覆土 (舗装含み厚1000mm以上)

① 法面覆土+小堤

① 遮水シート+上面保護土 (厚200mm)

FH=760

1000

9000

③ 小段 法面部

③ 平場部 (小段)

③, ④, ⑤, ⑥ コンクリート系シール

② 雨水集排水設備

① 最終覆土 (舗装含み厚1000mm以上)

埋設シート

FH=755

① 1:1.8

③, ④

① 1:1.0

③, ④, ⑤, ⑥ コンクリート系シール

② 雨水集排水設備

FH=750

③, ④

① 1:1.0

FH=745

① 1:1.2

FH=740

底面保護土 (厚500mm)

【トンネルズリ埋立】

① 遮水シート+上面保護土 (厚200mm)

【切土】

貯留構造物

表層地盤改良工

深層地盤改良工

遮水シート固定工 地下水集排水管幹線

遮水シート固定工 地下水集排水管支線

浸出水集排水管幹線

遮水シート固定工 地下水集排水管支線

凡例

保護土

トンネルズリ埋立

3. 4 り活用地浸出水やトンネル施工中濁水の処理方法について

第2回委員会での助言：

り活用地浸出水やトンネル施工中濁水の処理方法として凝集沈殿法を選定しているが、説明の一部に分かり難い部分（処理方式の適用性、重金属類の処理方法）があるので、分かり易く書き改めてほしい。

・・・ 以下、第2回委員会資料 [5.1 トンネル施工中の排水対策] に加筆 ・・・

(3) 処理方法

① 重金属類2種（一律排水基準を僅かに超える可能性のある鉛、砒素）については、今回採用予定である凝集沈殿プロセスを組み込んだ濁水処理設備にて処理可能と判断される（表 5.1.2-4）。なお、濁水処理水の水質モニタリングにおいて、これらの重金属類が排水基準値を満足しない場合には、重金属用の凝集剤や砂ろ過装置などを適宜追加する。

なお、下表に示す砂ろ過法は、単独では重金属類の処理には「適用不可」であるが、凝集沈殿法と砂ろ過法を組み合わせることにより、凝集沈殿池で沈降（一次除去）しきれなかった浮遊性の微小フロックが砂ろ過装置で捕捉（二次除去）され、重金属類除去効果が向上します。

表 5.1.2-4 処理方式の適用性

水質項目 処理法	BOD	COD	SS	T-N	色	重金属	備考
回転円板法	◎	○	△	△	△	△	
接触ばっ気法	◎	○	△	△	△	△	
活性汚泥法	◎	○	△	△	△	△	
生物ろ過法	◎	○	◎	△	△	△	
生物学的脱窒素法	◎	○	△	◎	△	△	
凝集沈殿法	○	◎	◎	△	◎	○	今回採用
砂ろ過法	△	△	◎	×	△	×	
活性炭吸着法	◎	◎	○	△	◎	○	
オゾン酸化法	×	○	×	×	◎	×	
キレート吸着法	×	×	×	×	×	◎	

適用性大←◎○△→小 適用不可×
「厚生省水道環境部監修 廃棄物最終処分場指針解説，平成元年版，p.158」

②施工中濁水の処理フロー

・施工中濁水の処理フローについては、以下を基本採用する（図 5.1.2-1, 2, 3）。なお、前述したように、濁水処理水の水質モニタリングにおいて、これらの重金属類が排水基準値を満足しない場合には、重金属類用凝集剤や砂ろ過装置などを適宜追加する。

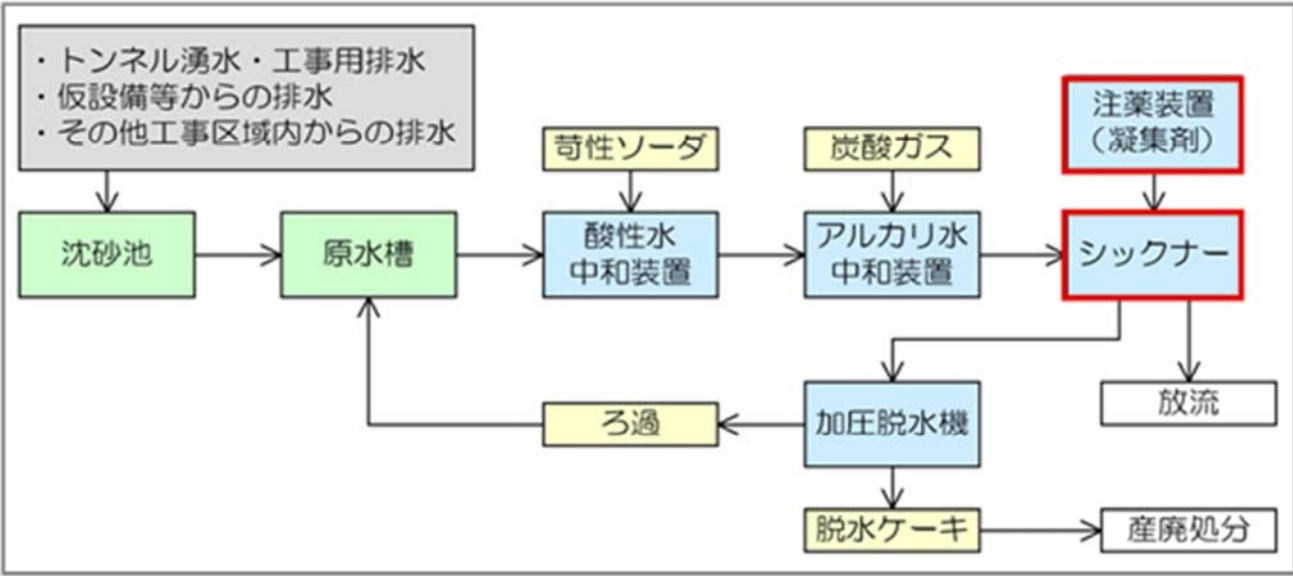


図 5.1.2-1 濁水処理フロー図 図中、赤枠□は重金属類処理系

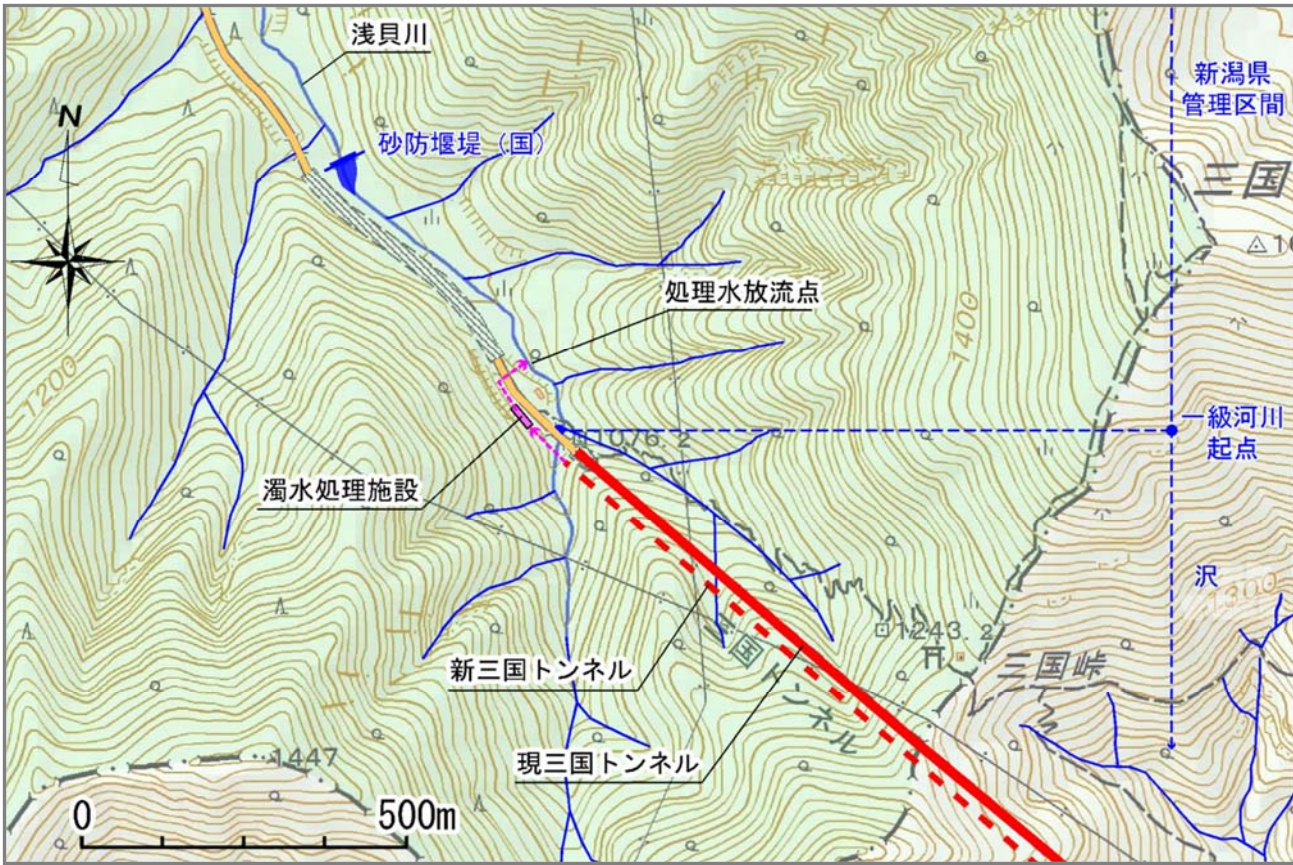


図 5.1.2-2 濁水処理設備配置概念図

4. 新三国トンネル環境検討委員会のまとめ

4. 1 トンネル掘削ズリ処理対策

「新三国トンネル環境検討委員会」にて審議・承認された事項を以下にまとめる。

4. 1. 1 トンネルズリ対策土量

【検討・提案・審議内容】

- トンネル地山は、熱水変質を受け、重金属類を溶出しやすい特性を有しており、土壌溶出量試験、曝露試験等からほぼ全区間で重金属類が溶出する可能性がある。



■重金属類の溶出対策を要するトンネル掘削ズリ土量は、全量（約 12 万 m³）とする。

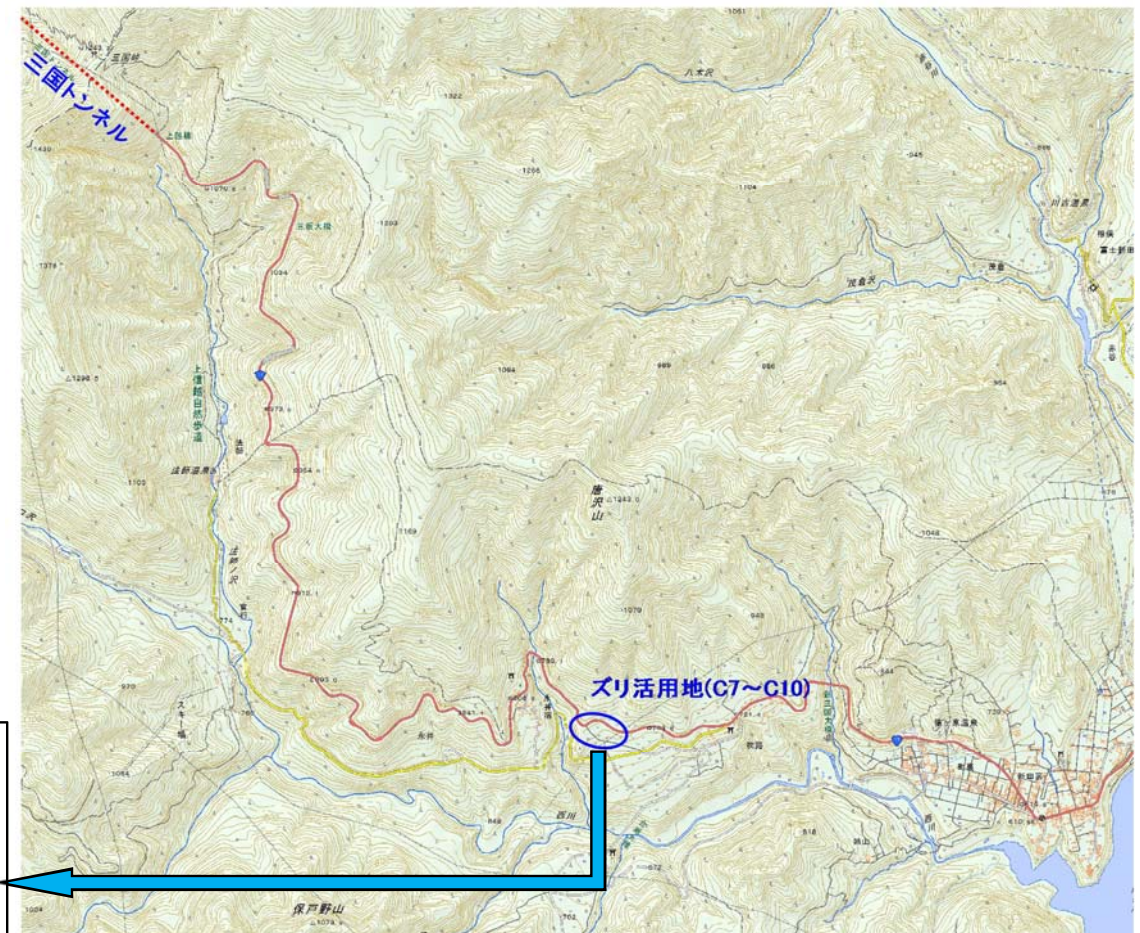
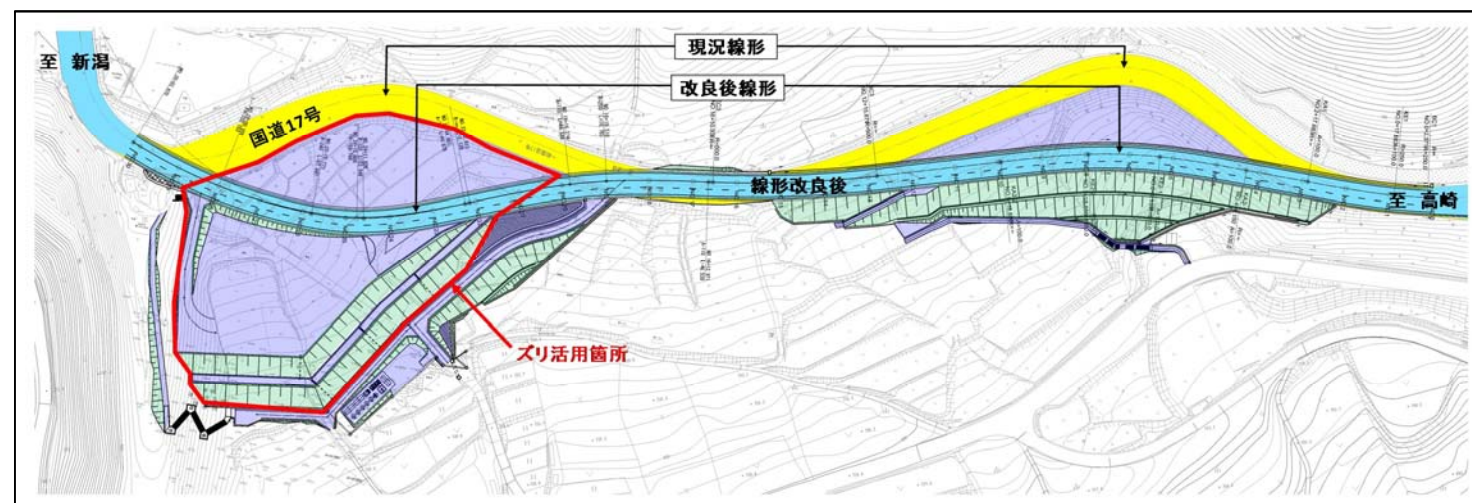
4. 1. 2 ズリ活用位置

【検討・提案・審議内容】

- トンネル掘削ズリは、道路線形改良の盛土材として活用する。
- 活用地は、線形改良の必要性、三国トンネル近傍、候補地とトンネルの地質の類似性（環境リスク発現の最小化）から、三国防災事業区間とした。
- 線形改良候補のカーブ箇所を 50 箇所抽出し、地形、周辺の地すべり地形・集落・水利用有無、生態系などより、6 箇所を一次選定した。
- 6 箇所のうち、緩斜面のため遮水工法が適用できる地点を 2 箇所選定した。[-C2~-C1, C7~C10]
- ズリ全量は締め固め後で約 12 万 1800m³、C7~C10 区間では 13 万 m³ の収容が可能である。



■ズリ活用位置は、線形改良による車両走行の安全性の向上がより高く、全量埋め立て可能な、みなかみ町永井地先 C7~C10 区間の 1 箇所とする。



4. 1. 3 ズリ処理対策工法

【検討・提案・審議内容】

- ・「建設工事における自然由来重金属等含有岩石・土壌への対応マニュアル」に記載の工法から、実績、遮水性、確実性等を勘案し、遮水工法（二重遮水シート工法、遮水シート+ベントナイト層工法）、不溶化工法、吸着工法を抽出し比較検討した（下表参照）。
- ・二重遮水シート工法案が選択されたが、遮水シートの損傷リスクが考えられるため、自己修復機能を持たせたシートの採用も提案された。
しかし、本活用地の浸出水 pH 条件等から自己修復機能を持たせたシートは効果的でないことが確認された。



■トンネル掘削ズリからの重金属類溶出を防止するズリ処理対策工法は、二重遮水シート工法とする。

	第1案 遮水工① 二重遮水シート工法	第2案 遮水工② 遮水シート+ベントナイト層工法	第3案 不溶化工法	第4案 吸着工法
概念図 〔ズリ処理量 約12万m ³ 〕				
工法概要	・重金属含有ズリを遮水シートによって封じ込める工法。 ・遮水構造は「対応マニュアル」に準拠し、遮水シートを二重構造として計画。 ・対象土が第二溶出基準超過のものにも適用できる。 ・盛土上面にもシートを配置し、雨水等の侵入を防止。またシートの紫外線劣化を防止するため保護土を計画。	・重金属含有ズリを二重遮水シートとベントナイト混合土層で封じ込める工法。 ・対象土が第二溶出基準超過のものにも適用できる。 ・盛土上面にも混合土を配置し雨水等の侵入を抑制。また混合土の乾燥を抑制するため保護土を計画。	・重金属含有ズリを薬剤と現場混合処理して、処理土を順次埋め立て。薬剤混合処理により重金属類を難溶性に変え溶出抑制する工法。 ・対象土が第二溶出基準以下のものに適用できる。 ・盛土上面には、雨水等の侵入抑制や土の飛散防止のため保護土を計画。	・重金属含有ズリの底面に、吸着材と砂等を混合した吸着層を造成。吸着層に重金属含有水を浸透通させることにより重金属類を吸着除去する工法。 ・対象土が第二溶出基準以下のものに適用できる。 ・盛土上面には、雨水等の侵入抑制や土の飛散防止のため保護土を計画。
新三国トンネルのズリ処理における諸特性	①掘削ズリの化学的特性（水質特性）： ・掘削ズリ中の硫化鉱物類の酸化に伴う酸性水の発生リスクがある。 ・ヒン岩・泥岩等の岩ズリからのカドミウム・鉛・セレン・砒素等の重金属類の溶出リスクがある。 ②掘削ズリの物理的特性（土質特性）： ・掘削ズリは、一般土砂とは異なり、不定亜角礫状でφ200mm前後の粒度シェアが卓越する傾向となる。 ③ズリ活用地の埋立形態特性： ・ズリ活用地の埋立形態は、支持基盤や埋立容量等の関係から、盛土形態ではなく盛土・掘込併用形態にせざるを得ない。 ④ズリ活用地の支持基盤特性： ・ズリ活用地の支持基盤は、支持力や掘削深さ等の関係から、崖錐堆積物層(dt-1層、dt-2層)とローム層(tfc層)となる。 ・崖錐堆積物層(dt-1層)とローム層(tfc層)ではズリ盛土に伴い10～90cm程度の圧密沈下が予想されるため、この部分には圧密沈下を抑制するための地盤改良が必要となる。 ⑤ズリ活用地一帯の地下水特性： ・地下水位は、ボーリング調査により掘込深度の下方に想定されているが、季節的に上昇する可能性がある。 ・ズリ活用地の下流側一帯には、水田や畑が点在し、用水路や井戸が現存している。 青線：右断面図位置 ③支持基盤や埋立容量等の関係から、盛土形態は無理。 (図中点線は盛土形態の場合の底面) ④圧密沈下を抑制するため、この部分に地盤改良が必要。 (L=700.000) ⑤地下水位は、掘込深度の下方に想定されているが、季節的に上昇する可能性あり。 地下水位は123年7月ボーリング調査による トンネル掘削ズリ埋立部 地盤改良部（崖錐改良工+層底型深層混合改良工）			

4. 1. 4 ズリ活用地の地盤改良方針と施設設置構成

【検討・提案・審議内容】

- ・ズリ活用計画地周辺には、赤谷層の泥岩(Ams)及びヒン岩中心相(Po)を基盤として、その上位に崖錐堆積物(dt-2)、ローム(tfc)が、表層に崖錐堆積物(dt-1)が広く分布する。
- ・ローム(tfc)、崖錐堆積物(dt-1)は平均N値がそれぞれ4、10程度と軟弱な地層である。
- ・両地層を軟弱地盤として沈下予測解析を行った結果、沈下量は最大96.8cmと予測され、遮水シート破損の許容沈下量10cmを大きく上回り、地盤改良が必要である(図4.1.4-1)。
- ・地盤改良による六価クロム溶出の懸念はあるが、地盤改良(中～深層混合処理)に使用する材料等について所定の試験を実施し、六価クロム溶出量が環境基準値を満たすようにする。
- ・盛土を行ったときの常時及び地震時において安定解析を行った結果、目標安全率を上回る(図4.1.4-2)。
- ・FEM沈下予測解析において、軟弱層として取り扱っていないdt-2層の変形係数をN値から設定している。これに対して、今後のボーリング調査により、当該地盤の変形係数を孔内水平裁荷試験により再確認する。
- ・貯留構造物、地下水集排水施設、遮水工、浸出水集排水施設、雨水集排水施設、浸出水処理施設、環境モニタリング施設を設置する(図4.1.4-3)。
- ・浸出水処理施設の処理方式は凝集沈殿法とし、現場の水質状況を確認しながら必要に応じて重金属類用の凝集剤や砂ろ過装置などを適宜追加する方針とする。処理水は一律排水基準及び群馬県条例を遵守して処理し、現存する農業用水路とは別に新設する排水路に排出する。(P11)

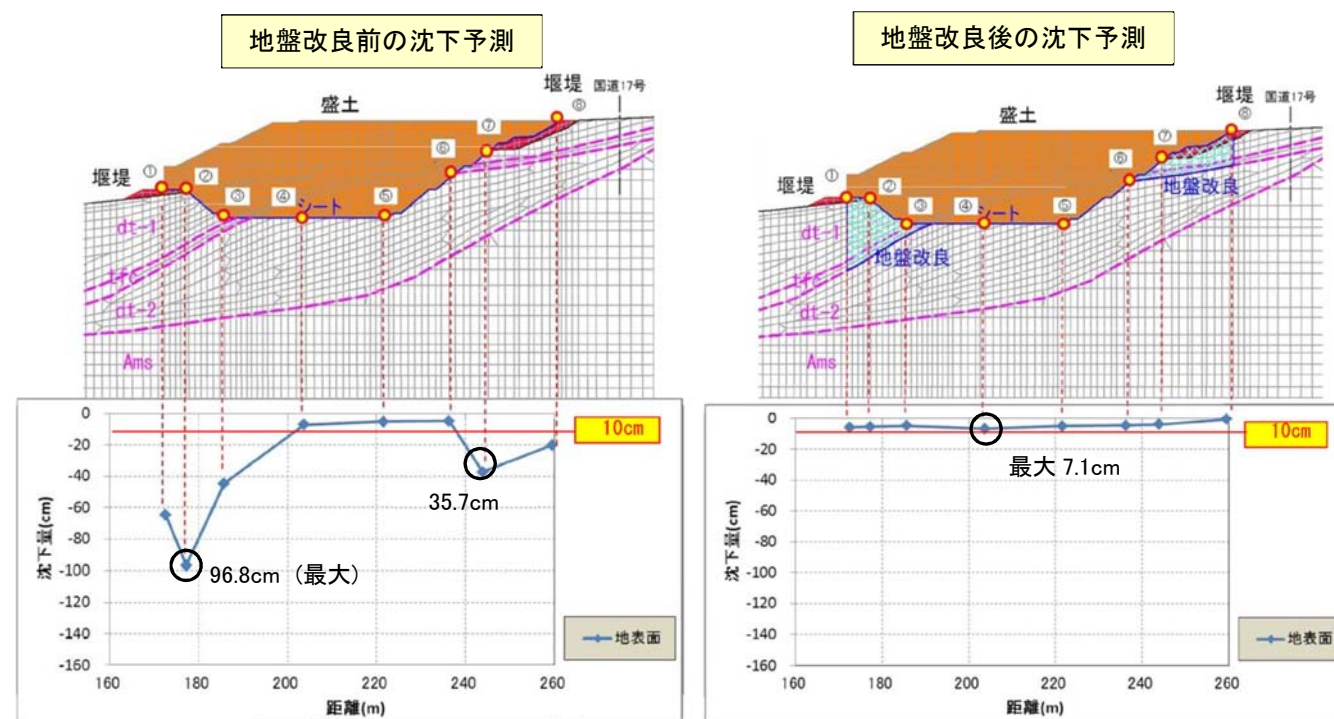


■ローム(tfc)、崖錐堆積物(dt-1)を軟弱層として地盤改良が必要である。

■FEM沈下予測解析において、軟弱層として取り扱っていないdt-2層の変形係数をN値から設定しているが、地盤改良は重要な施設であるので原位置試験による確認が必要である。

■二重遮水シート工法でのズリ活用地の施設構成として、①貯留構造物、②地下水集排水施設、③遮水工、④浸出水集排水施設、⑤雨水集排水施設、⑥浸出水処理施設、⑦環境モニタリング施設を設置する。

■浸出水処理施設の基本方針は、P11の内容を了承する。



- ・沈下の予測解析の結果、沈下量は最大96.8cmと予測され、遮水シート破損の許容沈下量10cmを大きく上回る。
- ・改良後($q_u=700\text{kN/m}^2$ 、改良率78.5%)では、沈下量は10cm以下に収まった。

図4.1.4-1 沈下予測解析結果

状態	目標安全率	最小安全率	判定
常時	1.25	1.672	OK
L1地震時	1.0	1.411	OK
L2地震時	1.0	1.097	OK

- ・ズリ埋め立てによる基礎地盤を含むすべり安定性を検討した。
- ・検討は、常時及び地震時(設計水平振動)の条件で解析した。
- ・安定解析の結果、全ての状態で目標安全率を満足する。

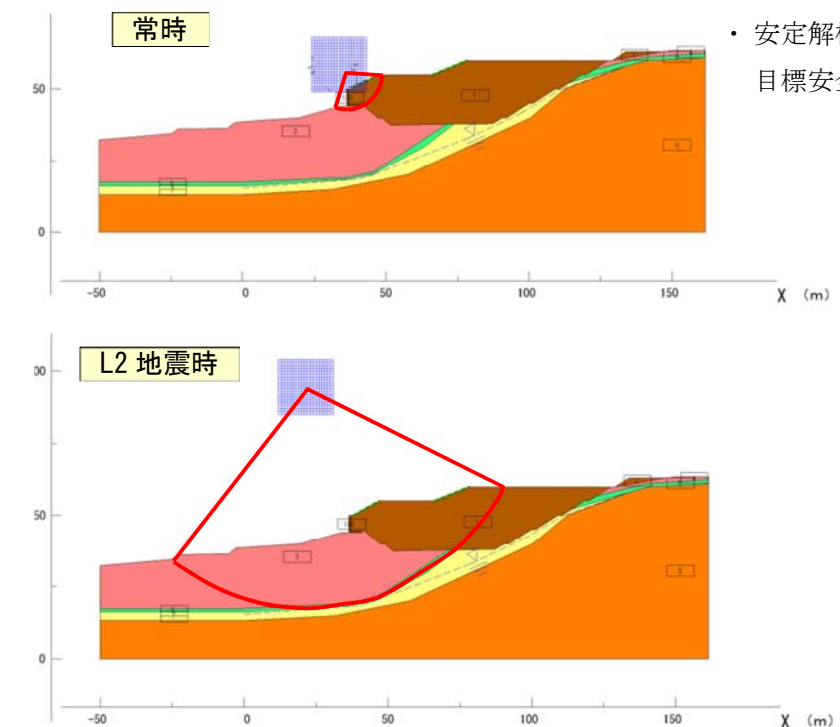


図4.1.4-2 盛土安定解析結果(円弧すべり)

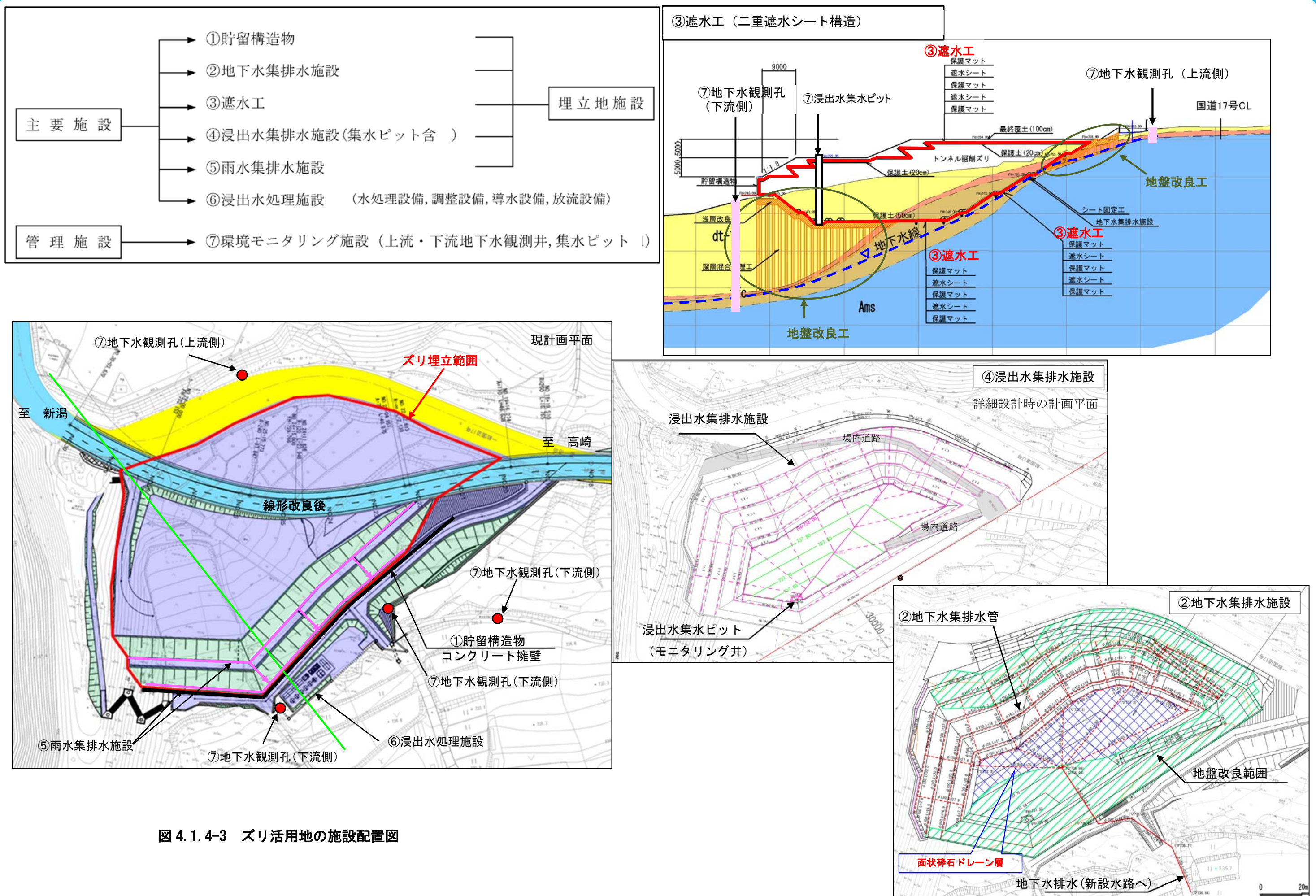


図 4.1.4-3 ズリ活用地の施設配置図

■ 浸出水処理の基本方針

- ズリ活用地で発生する浸出水は、「水質汚濁防止法に基づく一律排水基準」及び「群馬県^①の生活環境を保全する条例（平成12年3月23日、条例50号）による上乗せ基準」を遵守して処理し、現存する農業用水路とは別に新設する排水路に排出する。
- ズリは無機質であることから、生物化学的酸素要求量（BOD）や化学的酸素要求量（COD）の影響は生じ難いと考えられる。従って、主な処理対象は、酸性水に係わる水素イオン濃度（pH）、造成工事に伴う細粒土砂やクラッシングされたズリの微細な屑などに起因した浮遊物質（SS）とする。
- 重金属類については、ボーリングコアを用いた土壌溶出試験では砒素が、暴露試験では砒素の他、カドミウムとセレンが一律排水基準を超過する傾向が見られた。
- 今回計画では、濁水処理法として採用実績の多い凝集沈殿法を選定する（表 4.1.4-1）。同法は、SS 成分の凝集時にある程度の重金属類を取り込んで共沈させることが知られている。従って、現段階では、SS と重金属類の処理方式として一般的なプロセス要素を有した凝集沈殿法を選定し、重金属類対応については現場の水質状況を確認しながら、必要に応じて重金属類用の凝集剤や砂ろ過装置などを適宜追加する。
なお、下表に示す砂ろ過法は、単独では重金属類の処理には「適用不可」であるが、凝集沈殿法と砂ろ過法を組み合わせることにより、凝集沈殿池で沈降（一次除去）しきれなかった浮遊性の微小フロックが砂ろ過装置で捕捉（二次除去）され、重金属類除去効果が向上されます。

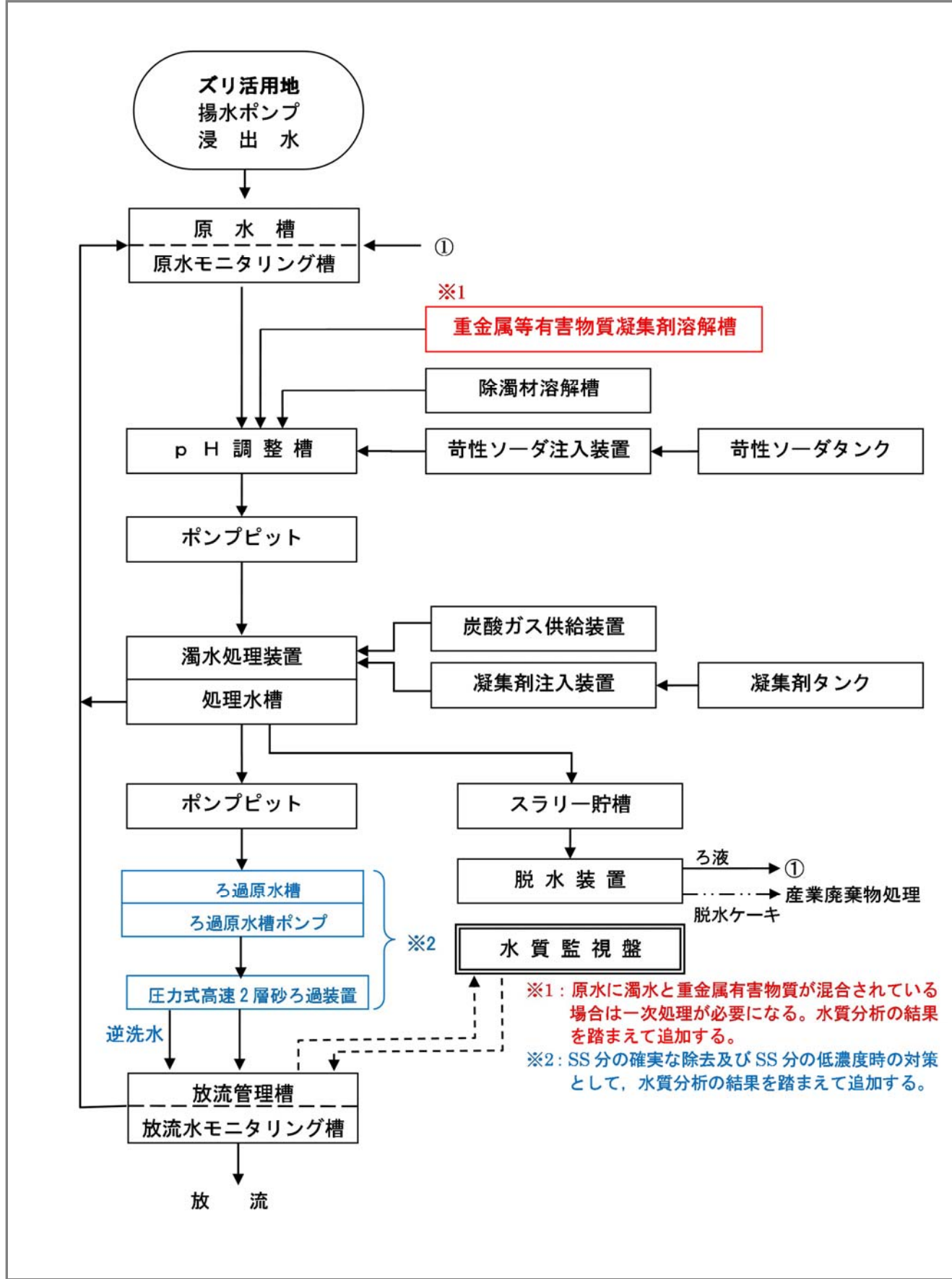
表 4.1.4-1 処理方式の適用性

水質項目 処理法	BOD	COD	SS	T-N	色	重金属	備考
回転円板法	◎	○	△	△	△	△	
接触ばっ気法	◎	○	△	△	△	△	
活性汚泥法	◎	○	△	△	△	△	
生物ろ過法	◎	○	◎	△	△	△	
生物学的脱窒素法	◎	○	△	◎	△	△	
凝集沈殿法	○	◎	◎	△	◎	○	今回採用
砂ろ過法	△	△	◎	×	△	×	
活性炭吸着法	◎	◎	○	△	◎	○	
オゾン酸化法	×	○	×	×	◎	×	
キレート吸着法	×	×	×	×	×	◎	

適用性大←◎○△→小 適用不可×
「厚生省水道環境部監修 廃棄物最終処分場指針解説、平成元年版、p.158」

- 浸出水処理施設の処理能力・系列は、ズリ活用地内の浸出水内部貯留の最小化や処理機器の故障時対応などを考慮し、60m³/h（30m³/h × 2 系列）とする。

□ 浸出水処理フロー



4. 1. 5 モニタリング計画

【検討・提案・審議内容】

- ・施工前：周辺地下水・井戸水・水路水について、事前調査を行い、バックグラウンド値を得ておく。水質項目はpH・EC・重金属類のほか、井戸水・水路水については利用目的（飲料水簡易項目、農業用水項目）による水質項目を実施する。着工まで期間が短いことから、水位は自記観測とし、水質分析は調査頻度を月1回として、項目は基準項目全てを実施する。
- ・施工中：ズリ活用地からの浸出水と地下水排水を追加モニタリングし、浸出水に関してはなくなるまで継続する。浸出水と地下水排水の重金属類水質分析は簡易機器を用いた毎日の観測とする。水質分析項目は、トンネル付近のボーリングコア溶出試験及び施工前調査により検出された項目について実施する。飲料水項目・農業用水項目は施工に関連すると考えられる項目を抽出して実施する。
- ・完成後：浸出水処理施設撤去後のモニタリング終了時期については、水位や水質がある程度一定となった状態でのモニタリング結果がバックグラウンド値・基準値を上回らないことを少なくとも2年確認すればモニタリングを完了する。

[図 4.1.5-1 モニタリング位置, 表 4.1.5-1 モニタリング項目・頻度 参照]



- 上記内容のモニタリング計画を了承する。
- ただし、完成後の長期的な漏出水の有無の確認については、それまでのモニタリング結果を踏まえ、検討を行う。

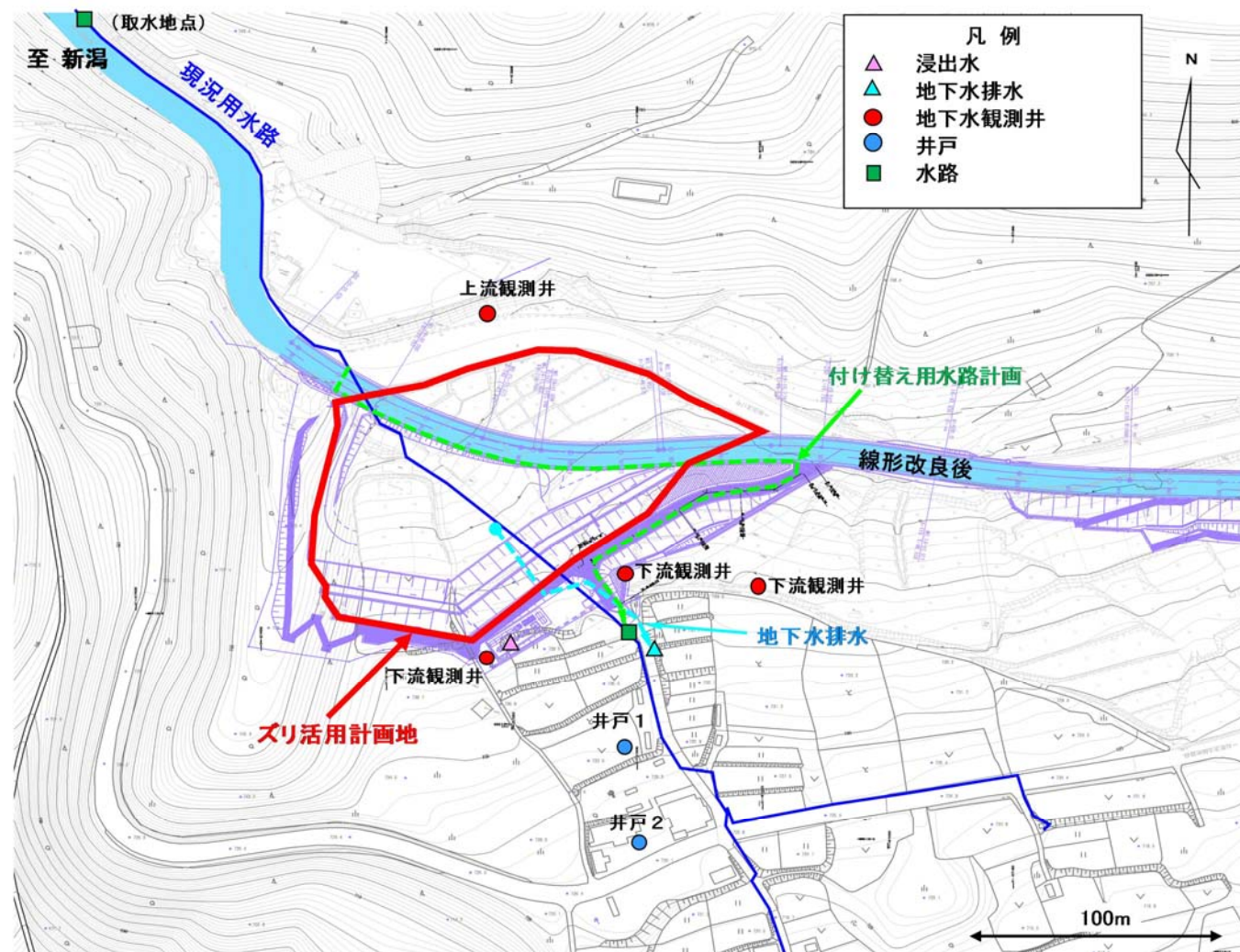


図 4.1.5-1 モニタリング位置

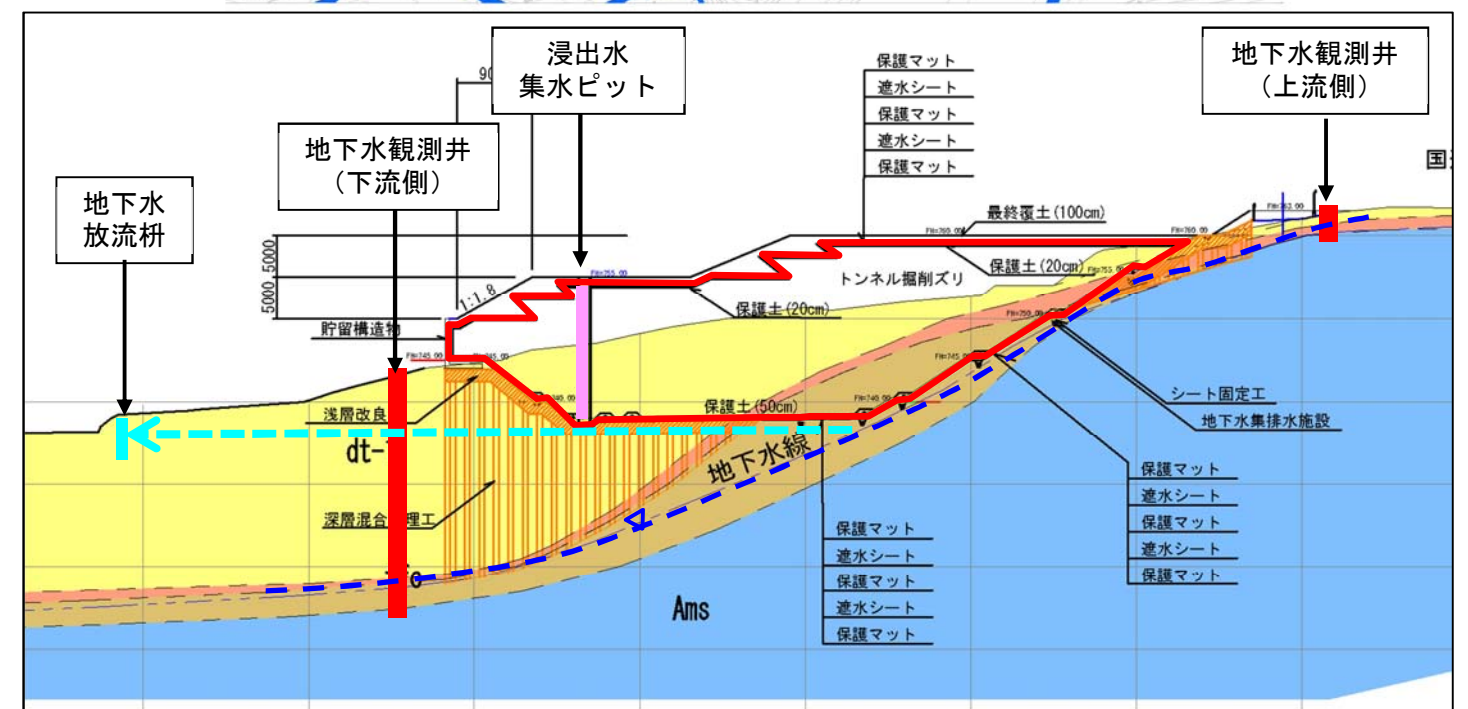


表 4.1.5-1 モニタリング項目

項目	地点	観測項目	施工前 (掘削前まで)		施工中 (埋立て前まで)		施工中 (埋立て開始～道路完成まで)		完成後				記事
			頻度	方法	頻度	方法	頻度	方法	(浸出水がなくなるまで)		(浸出水処理施設撤去後)		
									頻度	方法	頻度	方法	
地下水	・上流観測井 〔1孔〕 ・下流側観測井 「3孔(浅層地下水が確認 された場合は浅孔も実施)」	pH,EC	1回/月	携帯計	1回/月	携帯計	1回/月	携帯計	1回/月	携帯計	1回/1～3ヶ月	携帯計	
		重金属類 ¹⁾	1回/月	室内分析	1回/月	室内分析	1回/月	室内分析	1回/月	室内分析	1回/1～3ヶ月	室内分析	
		主要溶存イオン ⁴⁾	1回/3ヶ月	室内分析	1回/3ヶ月	室内分析	1回/3ヶ月	室内分析	1回/3ヶ月	室内分析	1回/3ヶ月	室内分析	
		水位	自動計測	自記計	自動計測	自記計	自動計測	自記計	自動計測	自記計	自動計測	自記計	
井戸	・井戸1 (水質は採水可能時のみ) ・井戸2	pH,EC	1回/月	携帯計	1回/月	携帯計	1回/月	携帯計	1回/月	携帯計	1回/1～3ヶ月	携帯計	・井戸1は水位観測により湛水が継続して確認された時点で実施する。
		重金属類 ¹⁾	1回/月	室内分析	1回/月	室内分析	1回/月	室内分析	1回/月	室内分析	1回/1～3ヶ月	室内分析	
		主要溶存イオン ⁴⁾	1回/3ヶ月	室内分析	1回/3ヶ月	室内分析	1回/3ヶ月	室内分析	1回/3ヶ月	室内分析	1回/3ヶ月	室内分析	
		飲料水項目 ²⁾	1回/月	室内分析	1回/月	室内分析	1回/月	室内分析	1回/月	室内分析	1回/1～3ヶ月	室内分析	
		水位	自動計測	自記計	自動計測	自記計	自動計測	自記計	自動計測	自記計	自動計測	自記計	
水路水	水路上下流 (2地点)	pH,EC	1回/月	携帯計									・用水路は地表に位置するため、ズリ処理地からの汚染水は流入せず水質影響は小さいと考えられるが、施工中後の水質変化有無の情報があったときに対応するため、施工前にバックグラウンドを把握しておく。
		重金属類 ¹⁾	1回/月	室内分析			・施工中～通常管理時に水質変化等の情報があった場合には、適宜追加実施する。						
		主要溶存イオン ⁴⁾	1回/3ヶ月	室内分析									
		農業用水項目 ³⁾	1回/月	室内分析									
		流量	1回/月	容器法									
浸出水	水処理施設 (原水、放流水)	pH,EC,濁度(SS)	－	－			自動計測	自記計	自動計測	自記計	－	－	・濁度計測からSSへ換算する。
		重金属類 ¹⁾	－	－			1回/日	簡易機器	1回/日	簡易機器	－	－	・測定は簡易機器によるが、1回/1ヶ月は確認のため室内分析を実施する。
		主要溶存イオン ⁴⁾					1回/3ヶ月	室内分析	1回/3ヶ月	室内分析			
	集水ピット	水位	－	－			自動計測	自記計	自動計測	自記計	－	－	
地下水排水	排出地点	排水量	－	－			1回/日	容器法	1回/日	容器法	1回/1～3ヶ月	容器法	・排水があれば、排水量と水質を調査
		pH,EC	－	－			1回/日	携帯計	1回/日	携帯計	1回/1～3ヶ月	携帯計	
		主要溶存イオン ⁴⁾					1回/3ヶ月	室内分析	1回/3ヶ月	室内分析	1回/3ヶ月	室内分析	
		重金属類 ¹⁾	－	－			1回/日	簡易機器	1回/日	簡易機器	1回/1～3ヶ月	室内分析	・測定は簡易機器によるが、1回/1ヶ月は確認のため室内分析を実施する。

※浸出水処理施設撤去後のモニタリング期間について、観測値が定常化した状態でバックグラウンド値・基準値を上回らないことを少なくとも2年確認すれば上記モニタリングを完了するが、長期的な漏出有無の確認については、それまでのモニタリング結果を踏まえて検討を行う。

※モニタリング結果は、近隣の気象観測所の雨量データとともにとりまとめる。

■水質分析項目

区分	施工前(掘削前まで)	施工中～施工後
	分析項目	水質分析項目
1)重金属類+pH	カドミウム、六価クロム、シアン、総水銀、アルキル水銀、セレン、鉛、ヒ素、フッ素、ホウ素、亜鉛、pH	カドミウム、六価クロム、セレン、鉛、ヒ素、フッ素、ホウ素、亜鉛、pH
2)飲料水簡易項目等	大腸菌、一般細菌、塩化物イオン、TOC、臭気、色度、濁度、鉄、マンガン	色度、濁度、鉄、マンガン
3)農業用水等項目	COD、SS、銅、全窒素、DO、EC、鉄、マンガン	SS、全窒素、EC、鉄、マンガン
4)主要溶存イオン項目	重碳酸イオン、塩化物イオン、硫酸イオン、硝酸イオン、ナトリウムイオン、カリウムイオン、カルシウムイオン、マグネシウムイオン	

※水温は、基礎的項目として採水時に測定を実施する。
※重金属濃度の測定には浮遊性物質が濃度に影響するため、試料水のフィルタリングを行う

観測頻度区分

	自動計測
	毎日
	1回/月
	1回/1～3ヶ月。少なくとも1年間は1回/1ヶ月。水質の定常化が確認された後は1回/3ヶ月。
	1回/3ヶ月

4. 1. 6 漏出防止及び漏出したときの対策

【検討・提案・審議内容】

(1) 漏出防止対策

- ・漏出防止対策については、第1回検討委員会の審議結果を受けて、「建設工事における自然由来重金属等含有岩石・土壌への対応マニュアル」に記載の工法から、遮水性（ズリ活用地からの重金属等汚染水の漏出防止性）や長期確実性・安定性に優れる二重遮水シート工法を採用する。

(2) 漏出した時の応急対策

- ・ズリ活用地の埋立中及び埋立完了後において環境基準を超過するような地下水汚染が確認された場合には、活用地周辺の水・土壌環境汚染や人への健康被害の防止を目的として、応急的に汚染の拡散を防止する対策（応急対策）を講じる必要がある。
- ・ズリ活用地及び活用地周辺の地下水汚染は、活用地に埋め立てられた重金属含有ズリから流出する浸出水が遮水シートの破損部から地下水系へ漏出することによって発生すると予想されることから、漏出した時の応急対策メニューとしては、次の2つが基本となってくる

《応急対策の基本メニュー》

- ①浸出水の汲み上げと浸出水処理 ②汚染地下水の汲み上げと汚染水処理 ・（その他流入水対策など）



■上記内容の漏出防止及び漏出したときの対策を了承する。

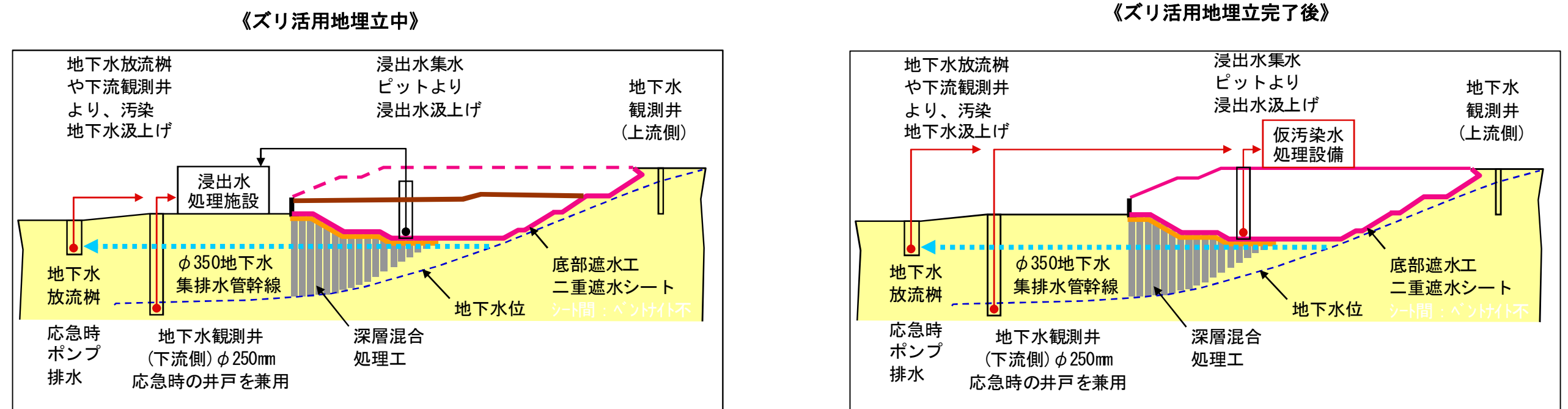


図 4.1.6-1 ズリ活用地の埋立中及び埋立完了後において漏出した時の応急対策の概要

4. 1. 7 監視体制と各段階の行動計画

重金属を含むトンネルズリの処理対策として二重遮水シート工法を採用することにより、浸出水が周辺へ漏出することは無いと考えられるが、万が一、遮水シートが破損したときの漏出に備えて、監視体制と各段階の行動計画を検討した。

【検討・提案・審議内容】

- ・ズリ活用地埋立中～埋立完了後における汚染水が漏出した時の対策・各段階の行動計画・水質監視体制フローを図 4.1.7-1 に示す。
- ・遮水シート破損等によって汚染水が漏出した時には、まず、地下水放流桝（地下水集排水幹線の出口）での、次いで下流観測井での水質悪化が予想されることから、本計画では両者の重金属類モニタリングに重点を置いた計画とした。
- ・漏出したときの行動をコントロールする水質判定指標は重金属類とし、重金属類の環境基準超過時は、関連機関へ情報報告するとともに、応急対策，原因調査，対策検討を行う。
検討にあたっては、専門家へ相談し意見を伺う。（図 4.1.7-1）



■上記内容の監視体制と各段階の行動計画を了承する。

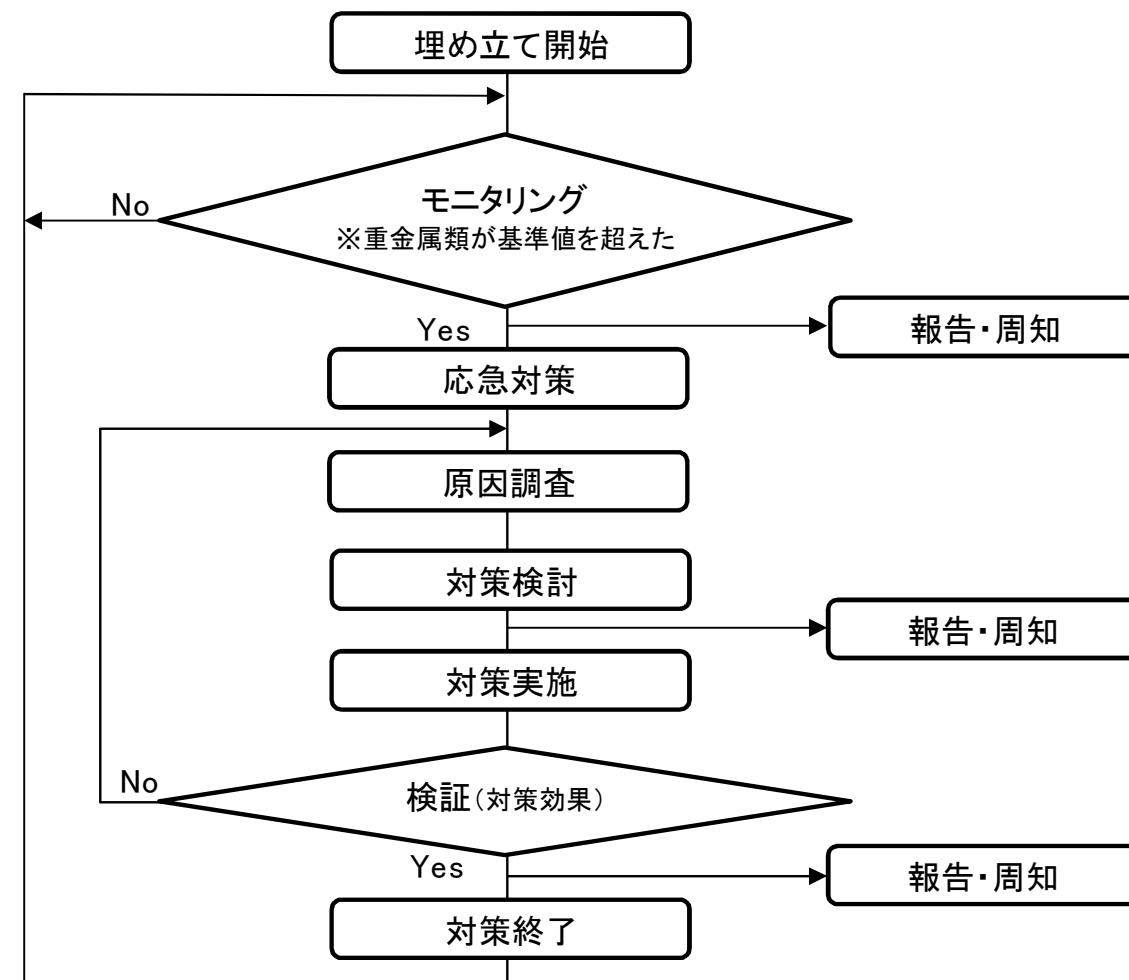


図 4. 1. 7-1 漏出したときの対策・各段階の行動計画・監視体制フロー

●水質異常の判定は、重金属類の分析結果を基本とする。

- ① pH は、ズリ活用地から地下水系への酸性汚染水の大量漏出がない限り有意な低下を示し難いため、基本水質判定指標として不適である。
よって、pH は、バックグラウンド値把握、無漏出時/漏出時の時系列水質監視のための参考指標と位置付ける。
- ② EC は、現地地下水の EC と重金属類のデータが相当量蓄積されて両者間の相関特性が明らかになっていない現状では、基本水質判定指標として不適である。
よって、EC は、バックグラウンド値把握、無漏出時/漏出時の時系列水質監視のための参考指標と位置付ける。

4. 2 トンネル施工中～完成後の排水対策

4. 2. 1 トンネル施工中及び完成度の排水対策基本方針

【検討・提案・審議内容】

○トンネル排水の現状特性（図 4.2.1-1 参照）

- ・現トンネルの排出量は約 1,600m³/日である（既往調査の結果）。
- ・新トンネル完成後の現・新トンネルの総排出量は約 1,800m³/日と現状（約 1,600m³/日）に比べて 10%程度増加の見込みである。
- ・新潟側坑口における現トンネル排水は、環境基準値（pH6.5～8.5，類型 AA：自然環境保全）を下回る pH3～5 の酸性水である。
- ・現トンネルの排水・地下水は極微量の重金属類（砒素，ふっ素，総亜鉛）を含有し、総亜鉛は環境基準値を超過している。
- ・現トンネルボーリングコアの溶出試験では一律排水基準・環境基準の基準値を超過する重金属類（カドミウム，鉛，セレン，砒素，ふっ素）が確認されている。
⇒新トンネルの建設に伴い、自然由来の重金属類を含む酸性水が発生・増加し、周辺水質環境に影響を及ぼすことが懸念される。

○河川水の現状特性（図 4.2.1-1 参照）

- ・現トンネル排水は pH3～5 の酸性を示すが、トンネル排水と関係のない沢でも同様に pH3～5 の酸性を呈する箇所がある。
- ・現トンネル排水放流地点下流側の河川水の pH は、下流に向うにつれて上昇（中性化）する傾向を示すものの、下流側 1.7km まで、全体として酸性環境下にある。
- ・トンネル周辺の河川水の pH3～6 は、「環境基本法の環境基準（pH6.5～8.5，類型 AA1）：自然環境保全」と比較して、同基準の規定範囲を超過している。
⇒トンネル周辺の浅貝川上流区間一帯の河川水は全体として酸性環境下にあり、pH のバックグラウンド値は環境基準（pH6.5～8.5，類型 AA：自然環境保全）を満足しない概ね pH3～6 の範囲にある。



【委員会審議結果】

下記提案内容を了承する。

○トンネル施工中の排水（濁水）対策基本方針

- 新トンネル施工中は、「生コンクリート製造業の用に供するバッチャープラントを設置する事業場」相当として取り扱い、「水質汚濁防止法の一律排水基準」並びに「新潟県の上乗せ排水基準」，「湯沢町の（指導的）排水規制」に適合するように排水（濁水）処理を行う。
- トンネル施工中の排水（濁水）の処理水は、濁水処理施設等の仮設備の設置位置（現三国トンネル新潟側坑口北方）などを考慮して、一級河川浅貝川の立石橋下流区間（新潟県管理区間）に放流する。

○トンネル完成後の排水対策基本方針

- 新トンネル完成後の排水対策方針は、浅貝川上流部の現状水質レベルを超過した場合に、対策を行うことを基本とする。具体的には、新トンネル施工中の新・現トンネル排水と河川水のモニタリング結果により、対応策を最終決定する。
- トンネル完成後の排水は、現三国トンネル排水放流先直上流の一級河川浅貝川起点（立石橋下流端付近）上流の沢に放流する。

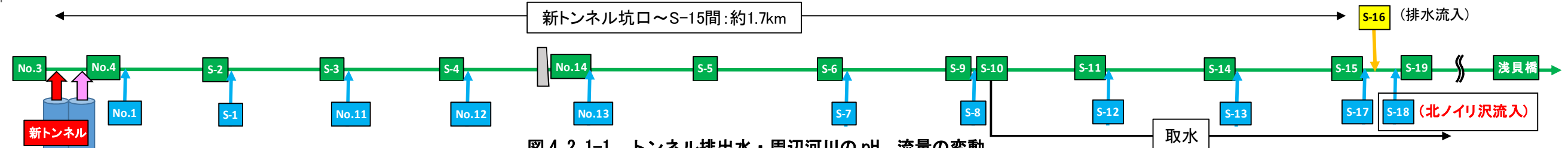
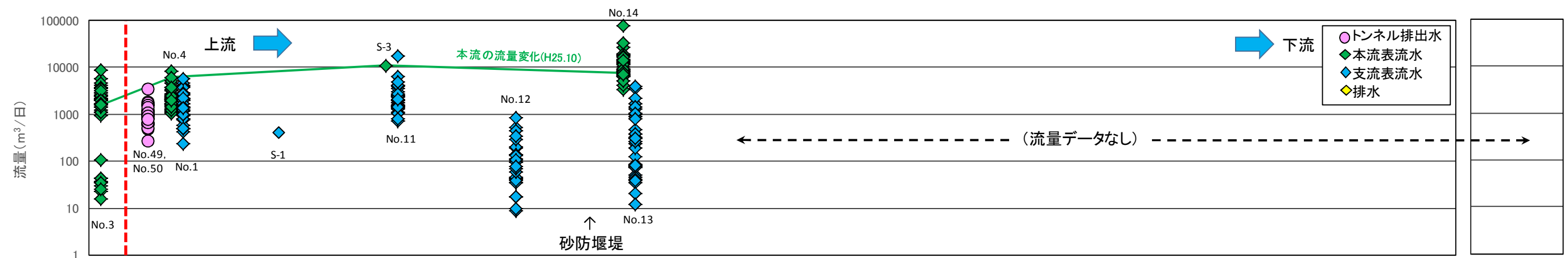
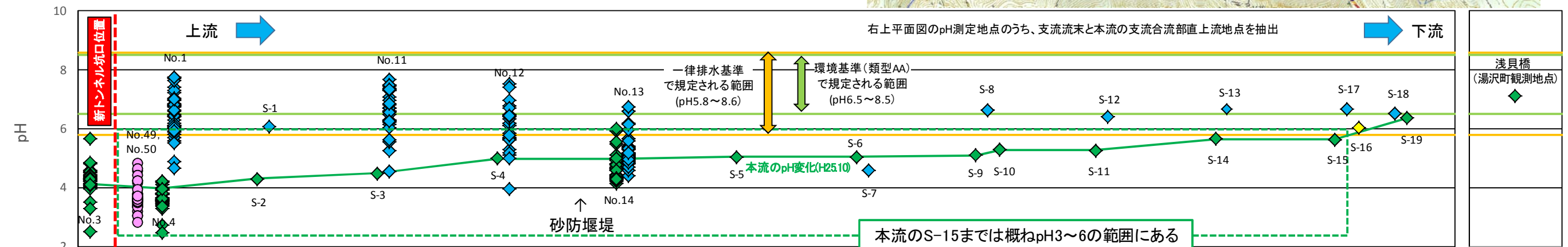
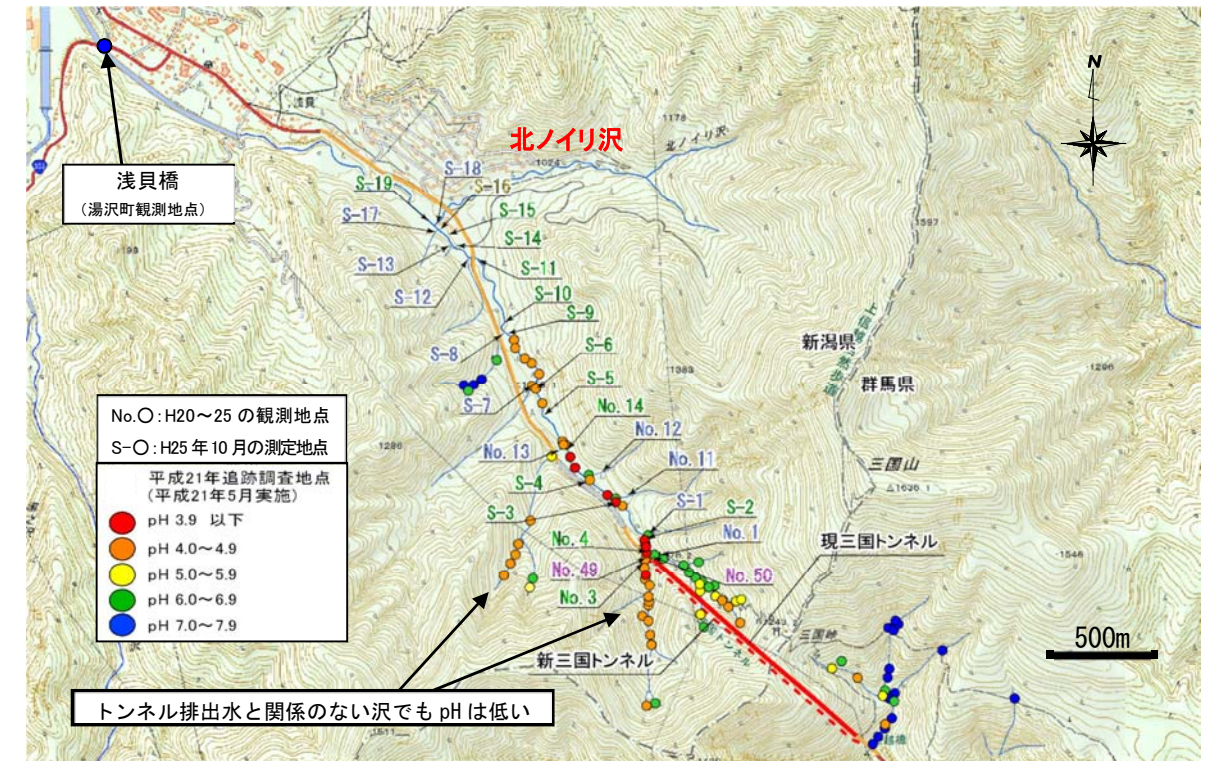


図 4. 2. 1-1 トンネル排水・周辺河川の pH, 流量の変動
(観測期間は平成 20 年～平成 25 年で、観測頻度は季節変動等を把握するため 4～12 回/年で実施されている。)

4. 2. 2 モニタリング計画

【検討・提案・審議内容】

- トンネル施工中は、新トンネル施工に伴う処理水の性状把握・緊急対応の有無に重きを置いた処理水のモニタリングと、周辺環境におよぶ施工の影響評価のための周辺河川・現トンネル排出水のモニタリングを行う。河川・現トンネル排出水のモニタリングはバックグラウンドを把握するため、施工前から実施する。
- トンネル完成後は、新トンネル排出水の性状把握・周辺環境が現状レベルを保持していることを把握するため、定期的なモニタリングを行う。モニタリングは、水質・流量の定常化が少なくとも1年間のモニタリングによって確認した後に、トンネル排出水が周辺環境の現状レベルの保持に悪影響を及ぼしていないことを少なくとも2年間にわたり確認して完了する。

〔図 4.2.2-1,2 モニタリング位置, 表 4.2.2-1 モニタリング項目・頻度 参照〕



- 左記モニタリング計画を了承する。
- ただし、施工後の長期的な水質・流量の確認については、それまでのモニタリング結果を踏まえ、検討を行う。

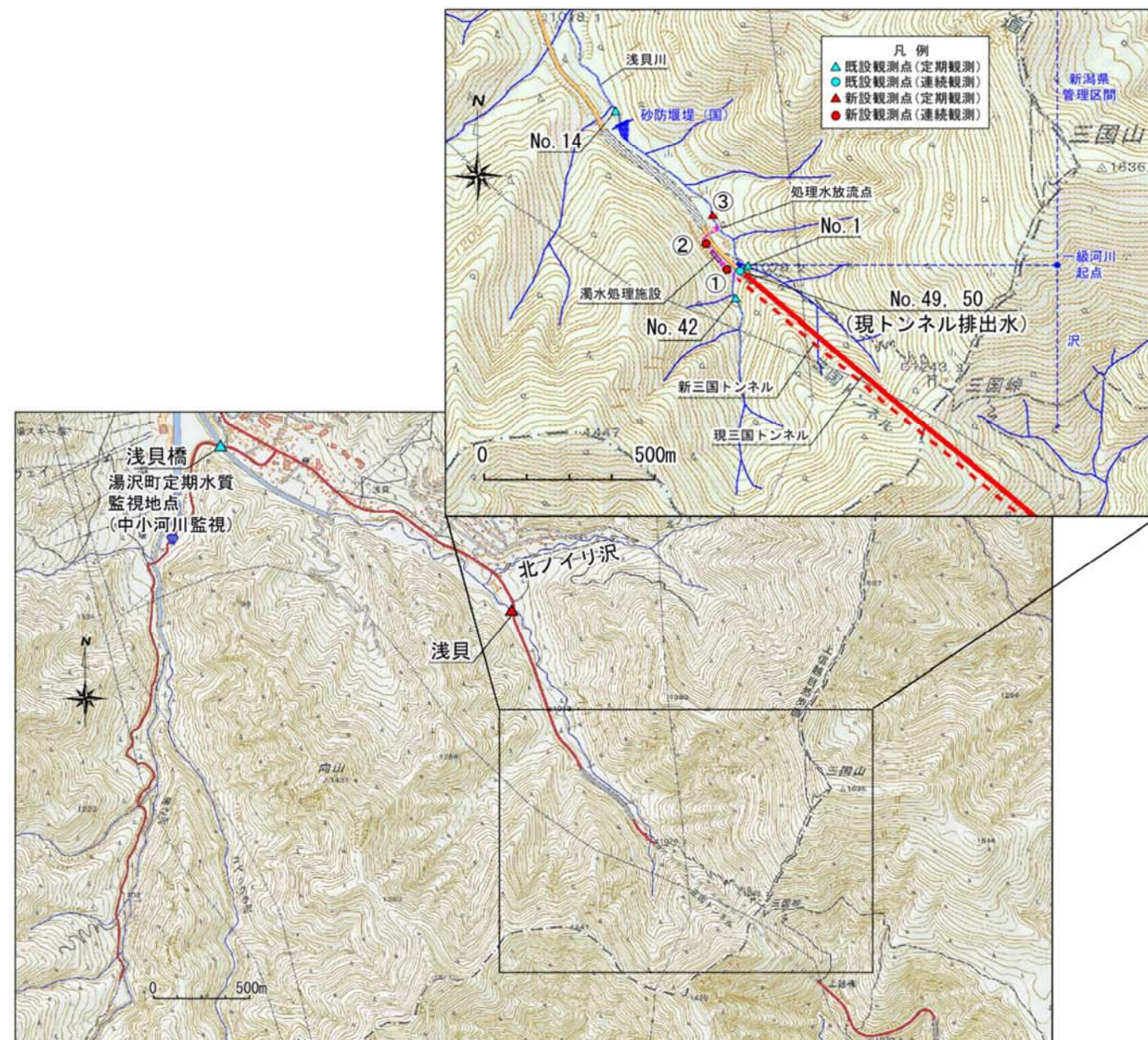


図 4. 2. 2-1 トンネル施工中のモニタリング地点

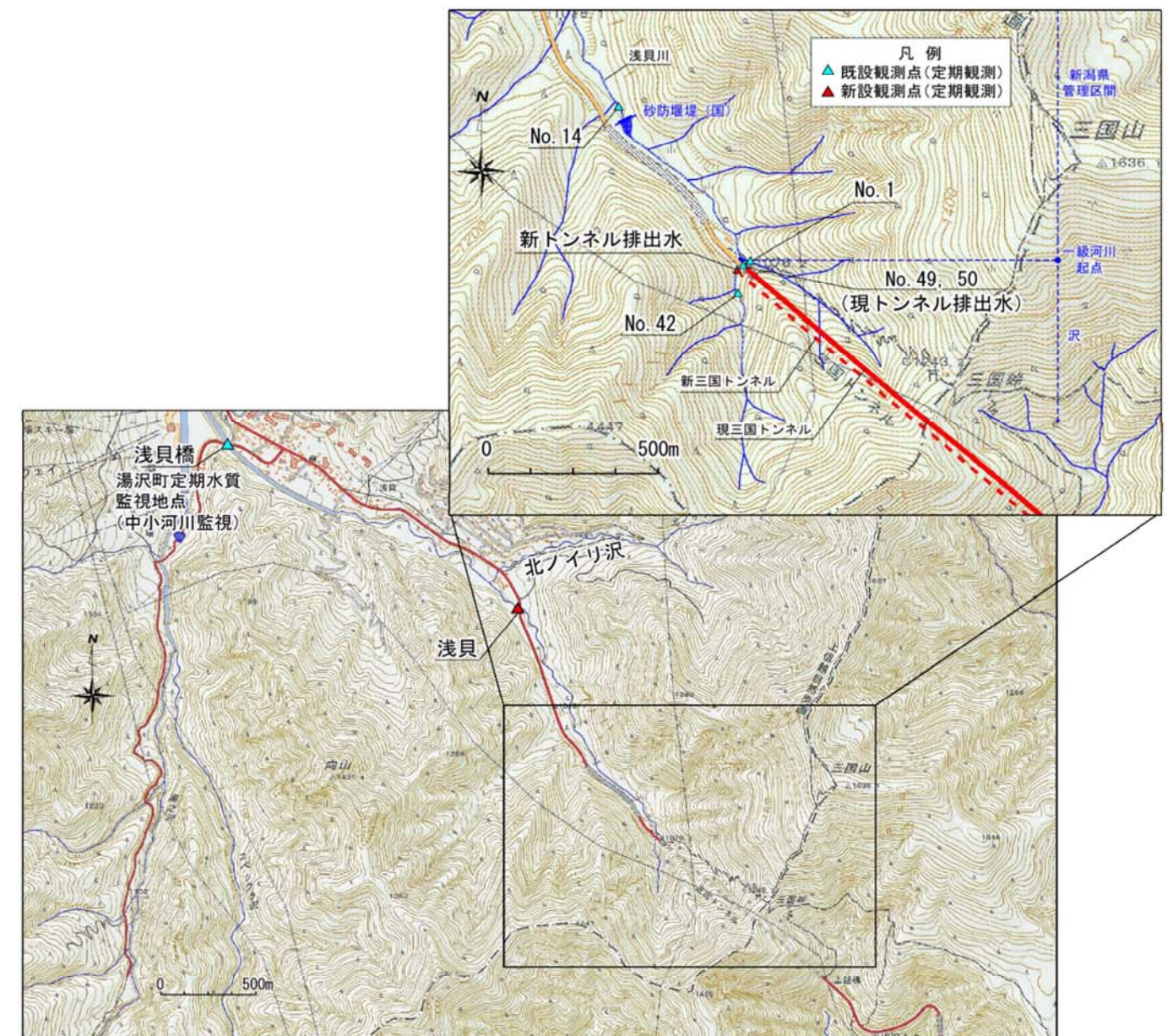


図 4. 2. 2-2 トンネル完成後のモニタリング地点

表 4.2.2-1 モニタリング項目

項目	地点	観測項目	施工前		施工中		施工後		記事
			頻度	方法	頻度	方法	頻度	方法	
河川水	・浅貝 ・No.1, 14, 42 ・③(施工前～施工中)	pH, EC, 水温	1回/月	携帯計	1回/月	携帯計	1回/1～3ヶ月	携帯計	・③は施工前～施工中のみ実施。
		流量	1回/月	携帯計	1回/月	携帯計	1回/1～3ヶ月	携帯計	
		浮遊物質	1回/月	室内分析	1回/月	室内分析	1回/1～3ヶ月	室内分析	
		重金属類 ¹⁾	1回/月	室内分析	1回/月	室内分析	1回/1～3ヶ月	室内分析	
		BOD			1回/月	室内分析			
		主要溶存イオン ²⁾	1回/3ヶ月	室内分析	1回/3ヶ月	室内分析	1回/3ヶ月	室内分析	
新トンネル 排水	・施工中:①, ② ・完成後:新トンネル排水	pH, EC, 水温			1回/日	携帯計	1回/1～3ヶ月	携帯計	・完成後はモニタリングピットにおいて観測を実施。
		流量			1回/日	携帯計	1回/1～3ヶ月	携帯計	
		浮遊物質			1回/日	携帯計	1回/1～3ヶ月	室内分析	
		重金属類 ¹⁾			1回/日	携帯計	1回/1～3ヶ月	室内分析	
		BOD			1回/月	室内分析			
		主要溶存イオン ²⁾			1回/3ヶ月	室内分析	1回/3ヶ月	室内分析	
現トンネル 排水	・No.49, 50	pH, EC, 水温	1回/月	携帯計	1回/日	携帯計	1回/1～3ヶ月	携帯計	
		流量	1回/月	携帯計	1回/日	携帯計	1回/1～3ヶ月	携帯計	
		浮遊物質	1回/月	室内分析	1回/日	携帯計	1回/1～3ヶ月	室内分析	
		重金属類 ¹⁾	1回/月	室内分析	1回/日	携帯計	1回/1～3ヶ月	室内分析	
		BOD			1回/月	室内分析			
		主要溶存イオン ²⁾	1回/3ヶ月	室内分析	1回/3ヶ月	室内分析	1回/3ヶ月	室内分析	

※モニタリング結果は、近隣の気象観測所の雨量データとともにとりまとめる。

■水質分析項目の細目

項目	施工前～施工中
1)重金属類	カドミウム, 鉛, 砒素, ふっ素, ほう素, セレン, 亜鉛
2)主要溶存イオン項目	重炭酸イオン, 塩化物イオン, 硫酸イオン, 硝酸イオン, ナトリウムイオン, カリウムイオン, カルシウムイオン, マグネシウムイオン

* 重金属濃度の測定には浮遊物質が濃度に影響するため、試料水のフィルタリングを行う

* 1回/日の観測では携帯型計測機器を用いたモニタリングを主体とするが、測定値の確認のため1回/月程度の室内分析を併用する。

観測頻度区分

	1回/日
	1回/月
	1回/1～3ヶ月。少なくとも1年間は1回/1ヶ月。水質の定常化が確認された後は1回/3ヶ月。
	1回/3ヶ月

○トンネル施工前：バックグラウンドの把握に着目する。

○トンネル施工中：トンネル排水の水質が「水質汚濁防止法の一律排水基準」ならびに「新潟県の上乗せ排水基準」に適合するか否かに着目する。

○トンネル完成後：主に pH が浅貝川の現状水質レベルの保持に悪影響を及ぼすか否か、重金属類の濃度が環境基準（トンネル排水は一律排水基準）に適合するか否かに着目する。

○モニタリング終了時期：トンネル排水が周辺環境の現状レベルの保持に悪影響を及ぼしていないことを少なくとも2年間にわたり確認して完了するが、その後の長期的な水質・流量の確認については、それまでのモニタリング結果を踏まえ、検討を行う。

4. 2. 3 施工中の排出水対策

【検討・提案・審議過程】

- 施工中濁水の想定処理水量は 48m³/h とする。
- 施工中濁水の処理対象とする水質項目は、①pH、②生物化学的酸素要求量 (BOD)、③浮遊物質 (SS)、④重金属類 2 種 (鉛、砒素) とする。
- 処理方法は、凝集沈殿法を主体とし、モニタリング結果から排水基準を満足しないと判断される場合には、重金属類用の凝集剤と砂ろ過装置を組み合わせたシステムを適宜追加する。
- 緊急時対策として濁水処理設備 2 系列を先行設置することを基本とする。

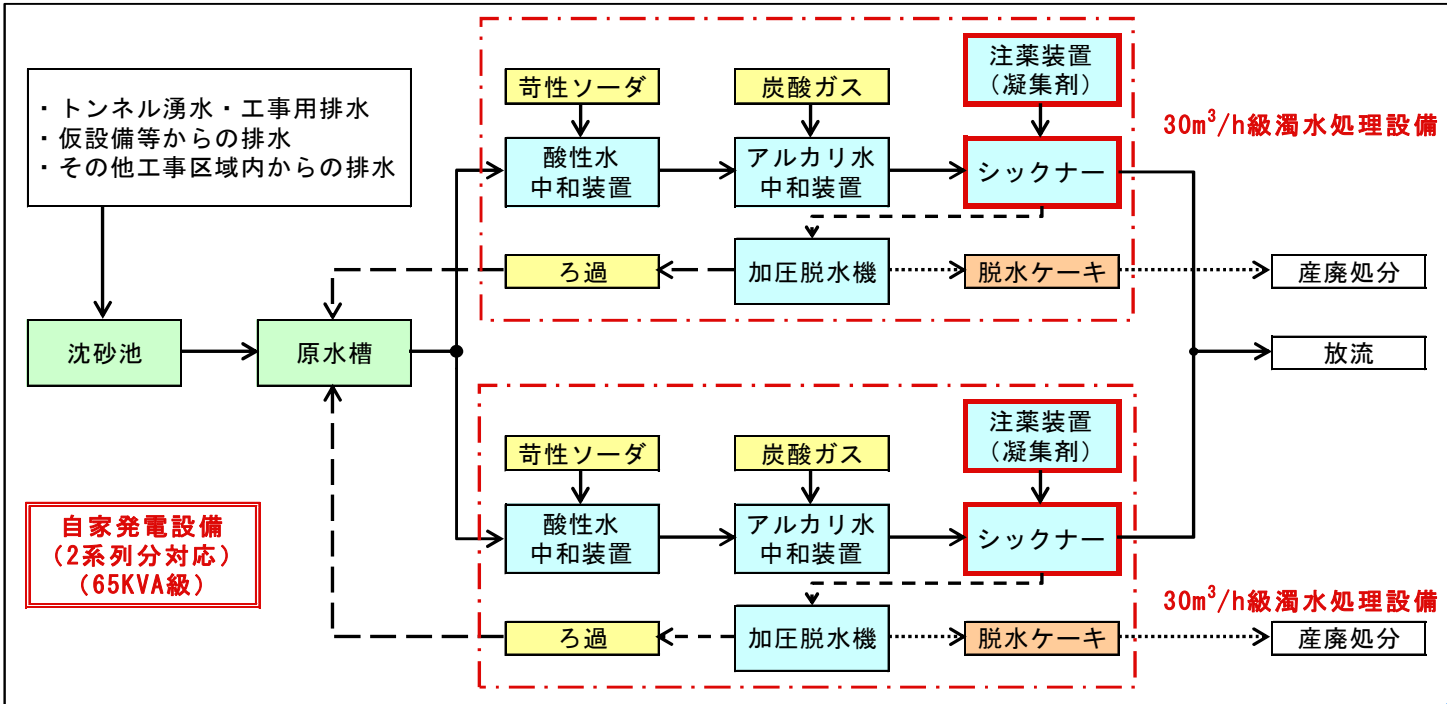


■ 施工中の排出水対策計画を了承する。

表 4. 2. 3-1 濁水処理設備の設置方法案と水量・水質モニタリング、水量・水質傾向等の関係

項 目	新トンネル施工中		
水量・水質 モニタリング			
水量 増加↑			
水質 悪化↑	※現トンネルの側溝排水のpH分布は、新潟県側において低下傾向が顕著。 		
30m³/h級 処理設備 2 系列 先行設置	ハックアップ 30m³/h級 30m³/h級	→ → → (予 備) → → → → → → 稼 働 → → →	ハックアップ 30m³/h級? 30m³/h級 30m³/h級 → 水量・水質モニタリング結果を見て増設 → → → → (稼働/予備) → → → → → → → 稼 働 → → →
トンネル工事 進捗状況	← 準備工 →	← トンネル掘進工 (新潟側) →	← トンネル掘進工 (群馬側) →

→ 時間



図中の赤枠□は重金属処理系

図 4. 2. 3-1 自家発電設備を常設した 2 系列処理システム系の概念

4. 2. 4 完成後の排水対策

【検討・審案・審議内容】

- トンネル坑口付近の車道外にモニタリングピットを常設する。
- 緊急対策としては、水質の急変にはモニタリングピットへの薬剤の投入、水量の急増には水質を確認したうえでモニタリングピットを利用した簡易処理等を実施する。



■完成後の排水対策計画を了承する。

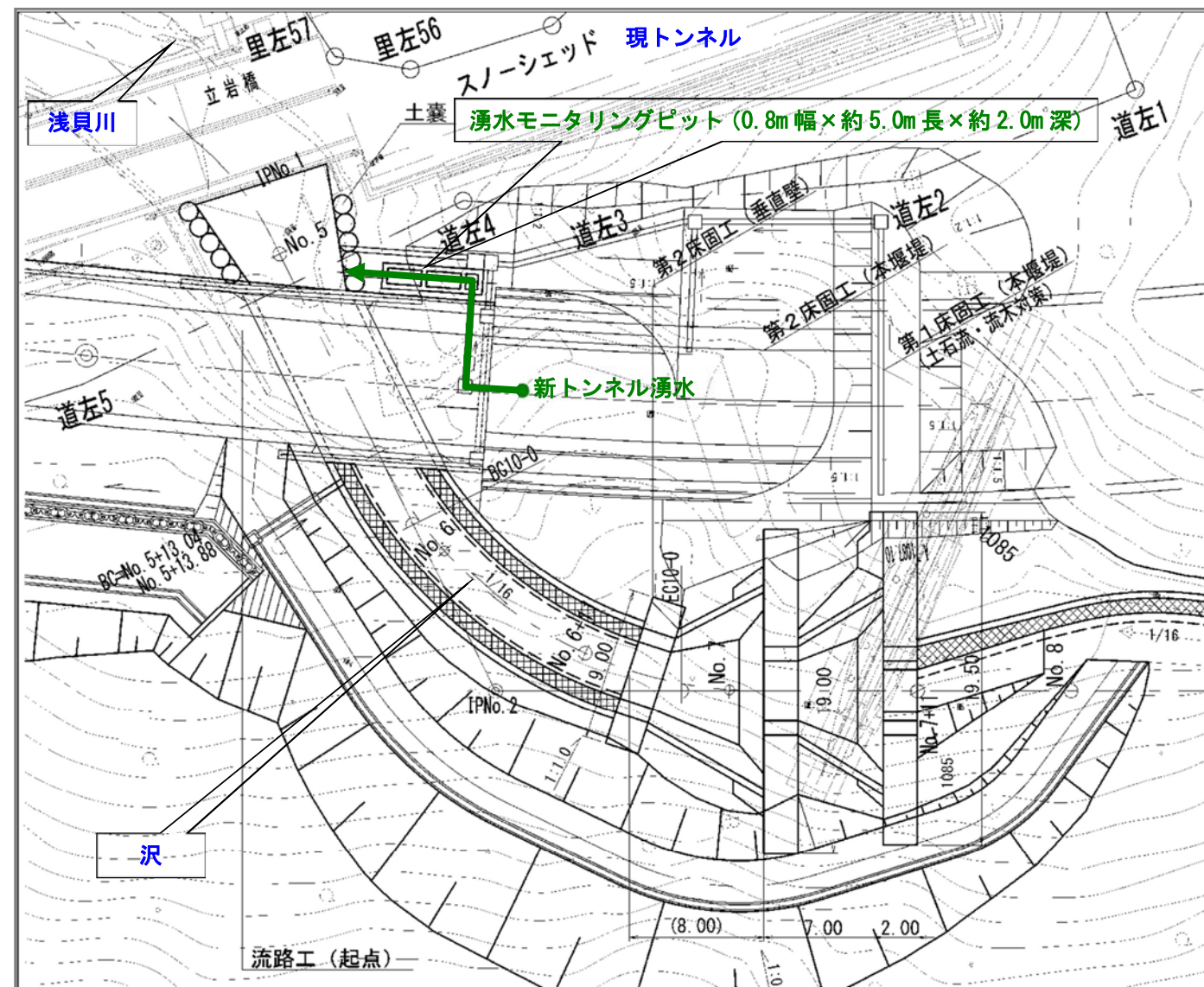


図 4. 2. 4-1 モニタリングピット設置予定位置

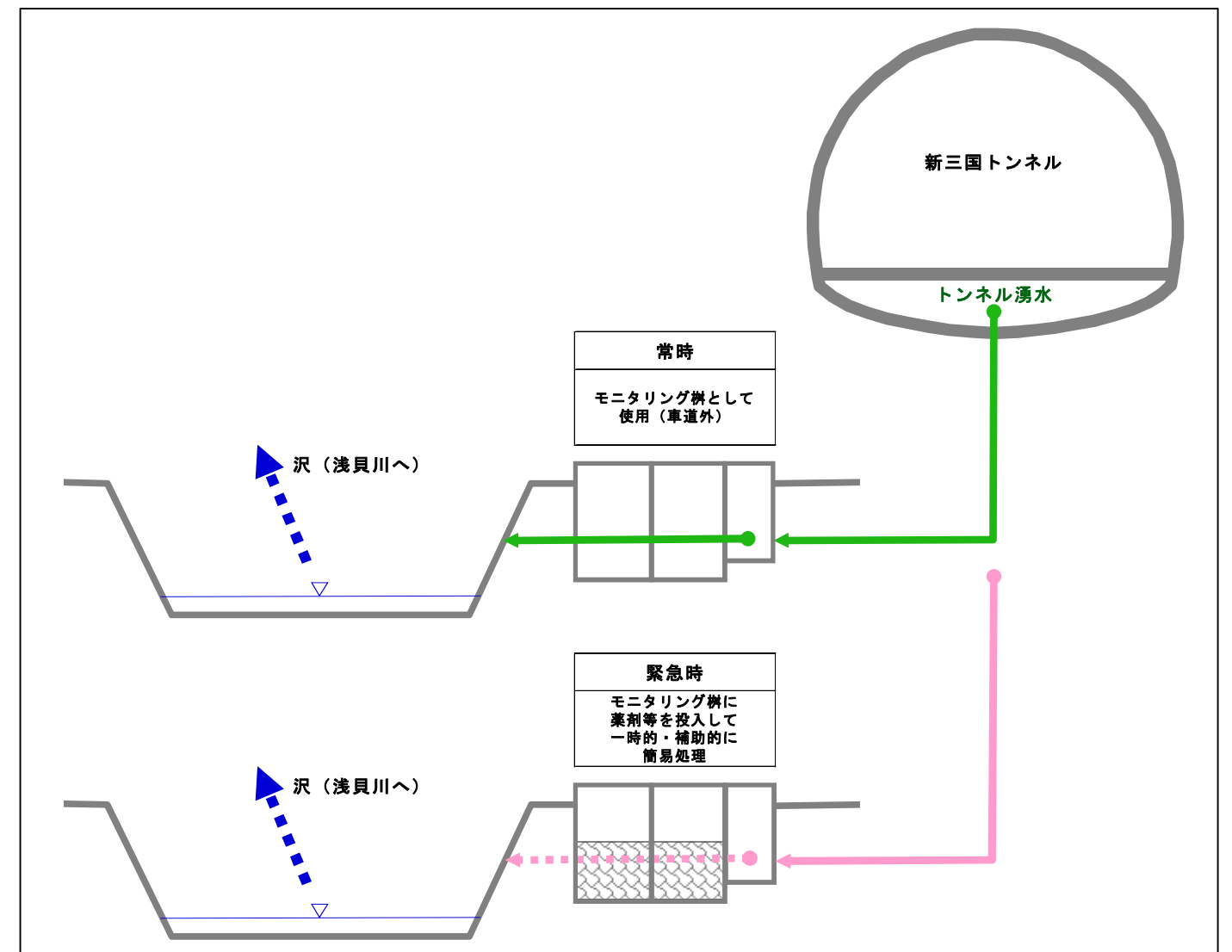


図 4. 2. 4-2 緊急時の一時的・補助的な簡易処理の概念

新三国トンネル曝露試験結果

土木研究所 地質チーム

高崎河川国道事務所により実施された曝露試験（2010年12月6日～2011年12月8日；群馬県沼田市）を土木研究所で引き継ぎ、2011年12月28日より現在まで茨城県つくば市にて継続して試験を実施している。供試試料および試験結果の概要を表1に示す。

試料は、三国トンネル周辺でボーリングにより採取された岩石試料を粉砕したものである。2mm目のふるいを通すように調整された試料を細粒試料とした。また、26.5mm目のふるいを通し9.5mm目のふるいに残った試料を粗粒試料とした。本地域の岩石は酸性水の発生が懸念されたことから、細粒試料に炭酸カルシウムを混合したものも参考に供試した。試料の岩種は泥岩、ひん岩縁辺相、およびひん岩中心相と区分されたものである。これらの細粒試料について短期溶出試験を行った結果、一部の試料について土壌溶出量基準値を超過した。

一方曝露試験の結果（図1～14）は、すべての試料で何らかの元素が土壌溶出量基準値を一時的にせよ超過し、特に砒素、セレン、ふっ素については一部の試料で高濃度の重金属等の溶出が確認された。また、すべてのひん岩試料で非常に強い酸性の浸出水が得られた。

細粒試料と粗粒試料の比較（図15～25）では、細粒のものの方が高濃度の重金属等の溶出が見られるものと予想されたが、一部の試料で粗粒試料が高濃度となった。その原因としては、試料の不均質性による可能性が考えられる。

細粒試料とそれに炭酸カルシウムを混合したものとの比較（図26～36）では、炭酸カルシウムによる中和作用が働き、浸出水が中性付近でほぼ安定した結果が得られた。また炭酸カルシウムを混合したものでは混合しないものに比べて重金属等の溶出が抑制された。

なお水銀についてはすべての検体で検出下限値以下であった。

表 1 供試試料、短期溶出試験結果および曝露試験結果一覧

曝露 供試体 試料名	岩種 (ざり試料名)	試料 調製	細粒試料の短期溶出試験結果 (土壌溶出量基準値超過元素)		細粒試料の曝露試験結果 曝露期間：2010.12.6～2014.7.9	
			採取直後試料 (mg/L)	1・2年経過試料 (mg/L)	土壌溶出量基準値超 過 元 素 の 最 大 値 (mg/L)	最低 pH
M1	泥岩 (S1)	細粒	As 0.11	As 0.038	As 0.069	6.1
M2	ひん岩縁辺 相 (S2+S10)	細粒	As 0.018-0.063	As 0.018-0.019	Cd 0.022, Pb 0.062, As 0.039, Se 0.023, F 1.5	2.8
M3	ひん岩縁辺 相 (S3)	細粒	基準値を満足	基準値を満足	Cd 0.25, Pb 0.018, As 0.62, Cr ⁶⁺ 0.15, Se 0.17, F 10, B 3.0	1.9
M4		粗粒			Cd 0.99, Pb 0.025, As 0.21, Se 0.062, B 1.5	2.2
M5	ひん岩縁辺 相 (S4a)	細粒	基準値を満足	Se 0.026	Cd 0.072, Pb 0.011, As 0.12, Se 0.53, F 7.9, B 1.7	1.8
M6	ひん岩縁辺 相 (S4)	細粒	基準値を満足	基準値を満足	Cd 0.024, As 0.54, Cr ⁶⁺ 0.41, Se 0.29, F 1.1, B 3.2	1.5
M7		粗粒			Cd 0.014, Pb 0.015, As 1.3, Cr ⁶⁺ 0.14, Se 0.095, F 1.6, B 1.7	2.1
M8		細粒＋ 炭カル			Pb 0.015, Se 0.092, F 1.8	3.7
M9	ひん岩中心 相 (S5)	細粒	基準値を満足	基準値を満足	Cd 0.034, Pb 0.077, As 1.2, Se 0.022, F 14, B 1.9	1.8
M10		粗粒			Cd 0.035, Pb 0.036, As 0.50, Se 0.13, F 5.6, B 1.8	2.0
M11		細粒＋ 炭カル			Pb 0.043, Se 0.16	6.2
M12	ひん岩縁辺 相 (S6a)	細粒	As 0.014, F 1.5	基準値を満足	Cd 0.043, Pb 0.023, As 5.3, Cr ⁶⁺ 0.07, Se 0.12, F 15, B 1.9	2.0
M13		粗粒			Pb 0.022, As 0.056, F 1.7	2.5
M14	ひん岩縁辺 相 (S8a)	細粒	基準値を満足	Cd 0.021	Cd 0.082, Pb 0.025, As 0.14, Cr ⁶⁺ 0.057, Se 0.18, F 1.9	2.3
M15		粗粒			Cd 0.037, Pb 0.075, Cr ⁶⁺ 0.083	2.5
M16	ひん岩縁辺 相 (S11)	細粒	基準値を満足	基準値を満足	Cd 0.084, Pb 0.023, As 0.012, Se 0.042	3.4
M17	泥岩 (S12)	細粒	基準値を満足	基準値を満足	Cd 0.012, Pb 0.023, As 0.012, Se 0.042	3.0
M18		粗粒			Pb 0.022	3.1
M19		細粒＋ 炭カル			Pb 0.020	6.3

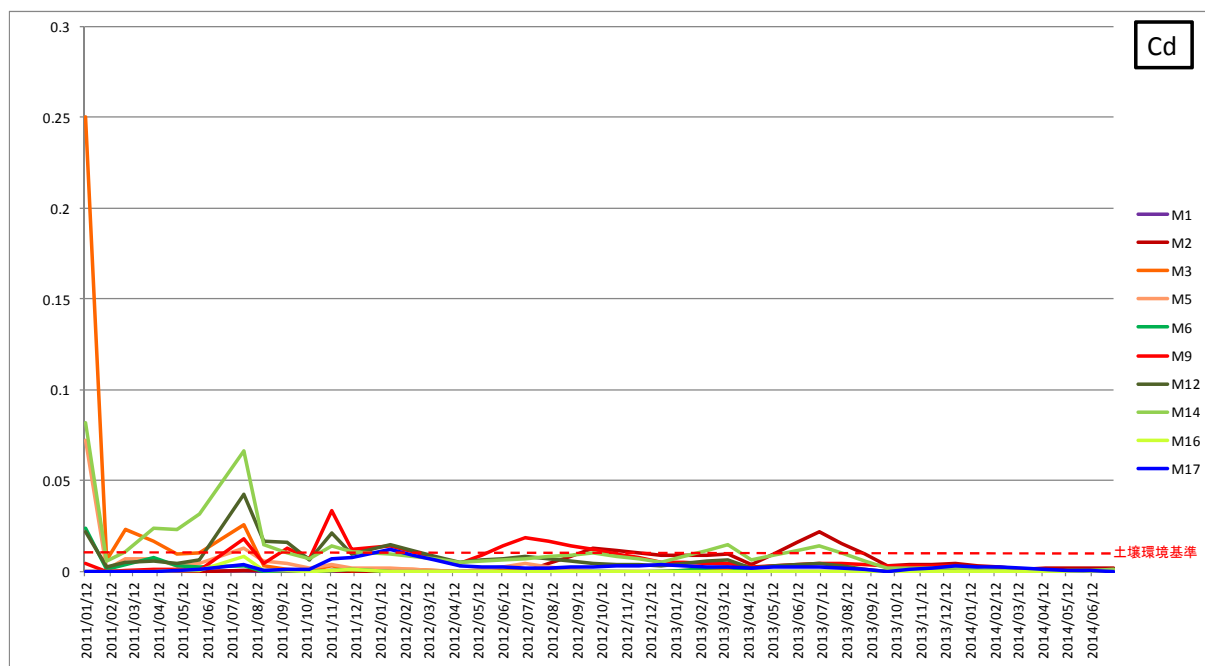


図 1 細粒試料の曝露試験結果 (カドミウム[mg/L]; Cd)

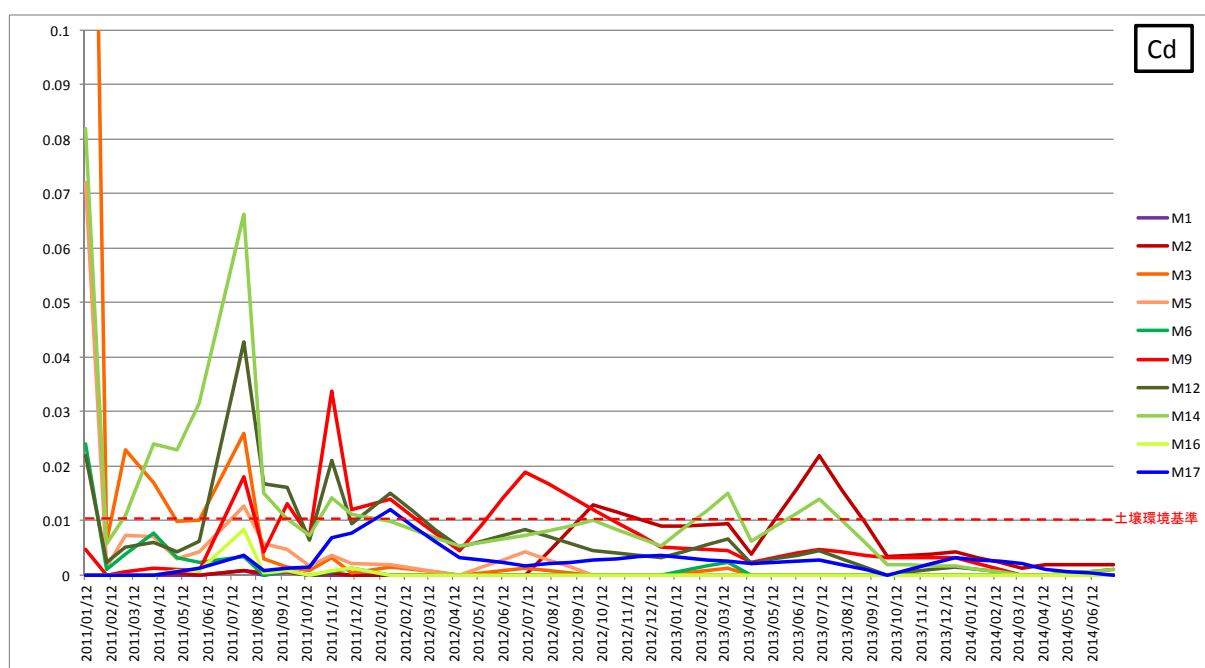


図 2 細粒試料の曝露試験結果 (カドミウム[mg/L]; 低濃度部拡大)

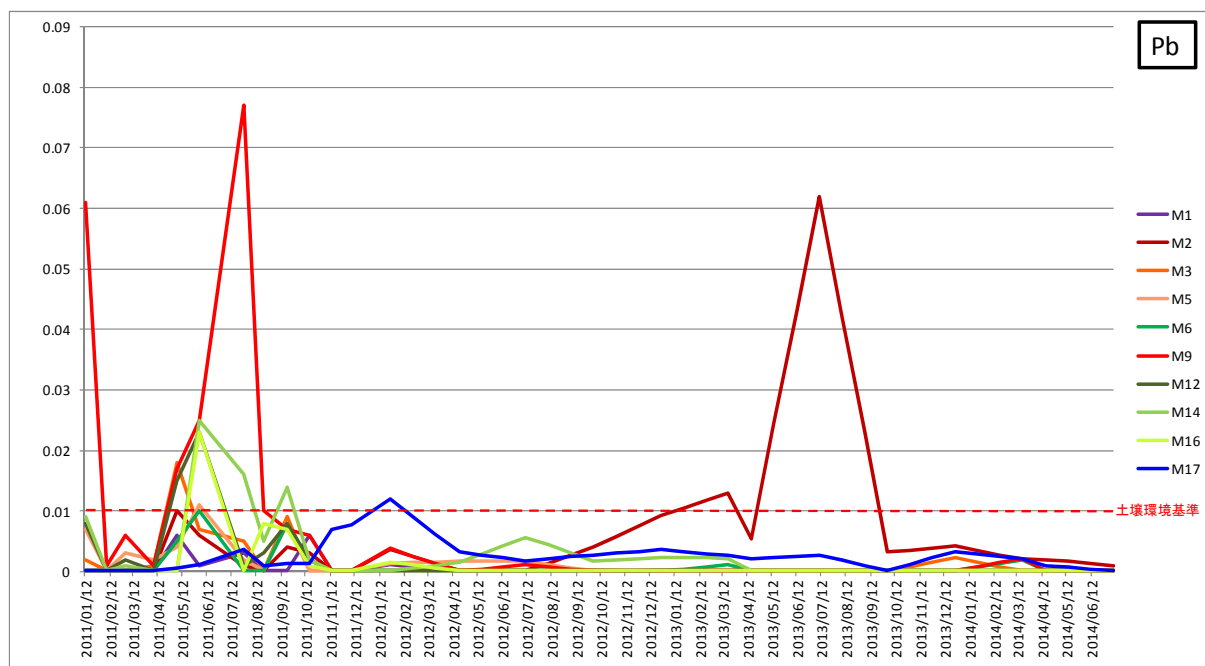


図 3 細粒試料の曝露試験結果 (鉛[mg/L]; Pb)

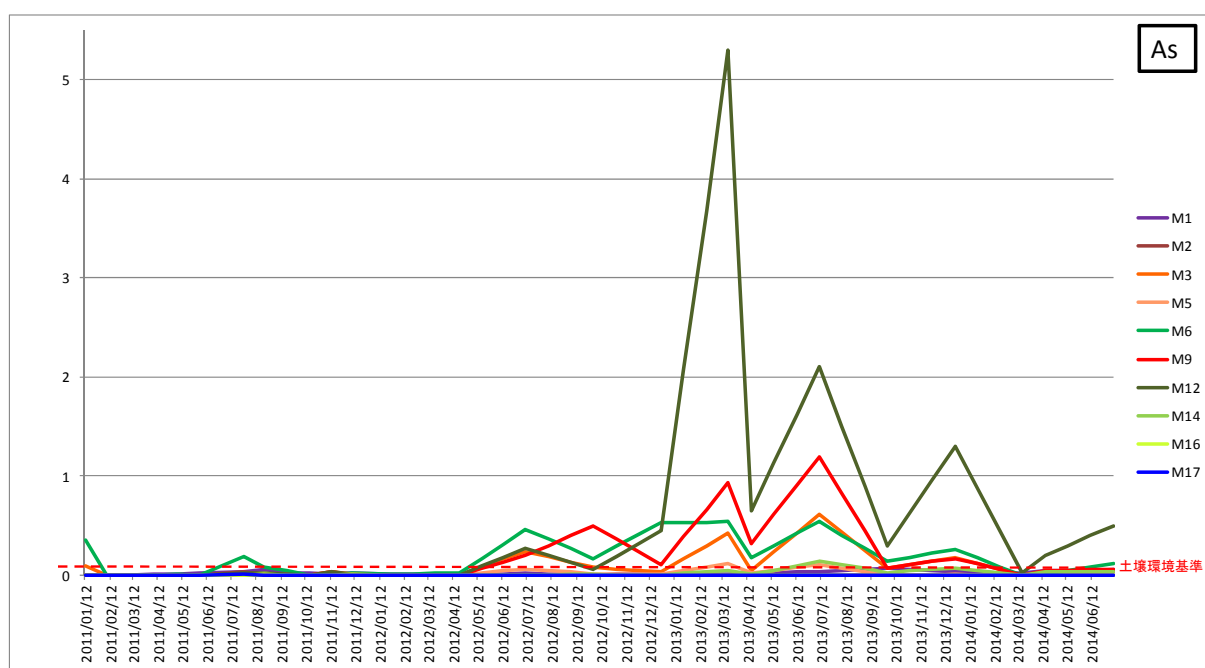


図 4 細粒試料の曝露試験結果 (砒素[mg/L]; As)

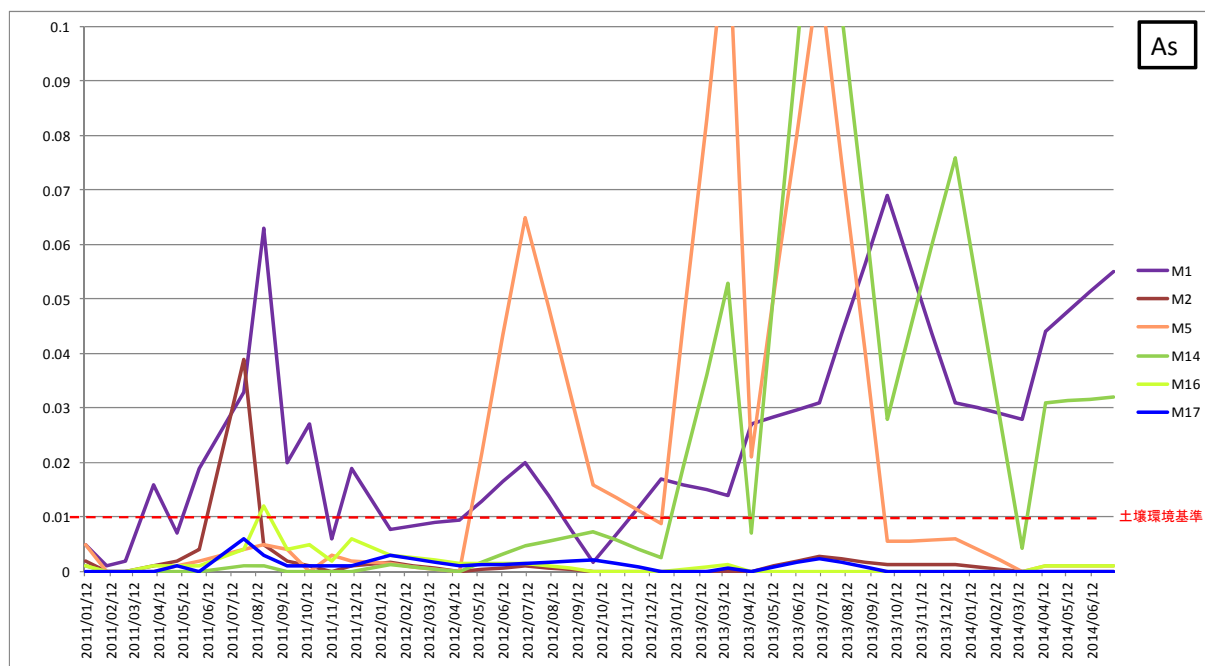


図 5 細粒試料の曝露試験結果 (砒素[mg/L]; 低濃度拡大)

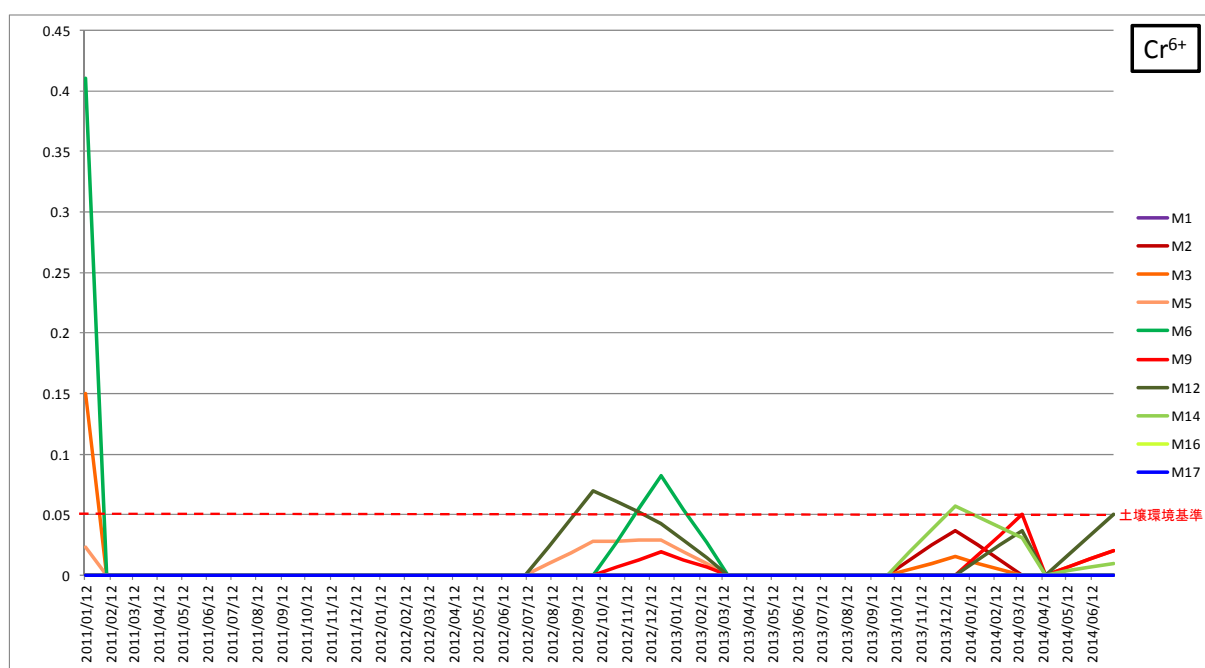


図 6 細粒試料の曝露試験結果 (6価クロム[mg/L]; Cr⁶⁺)

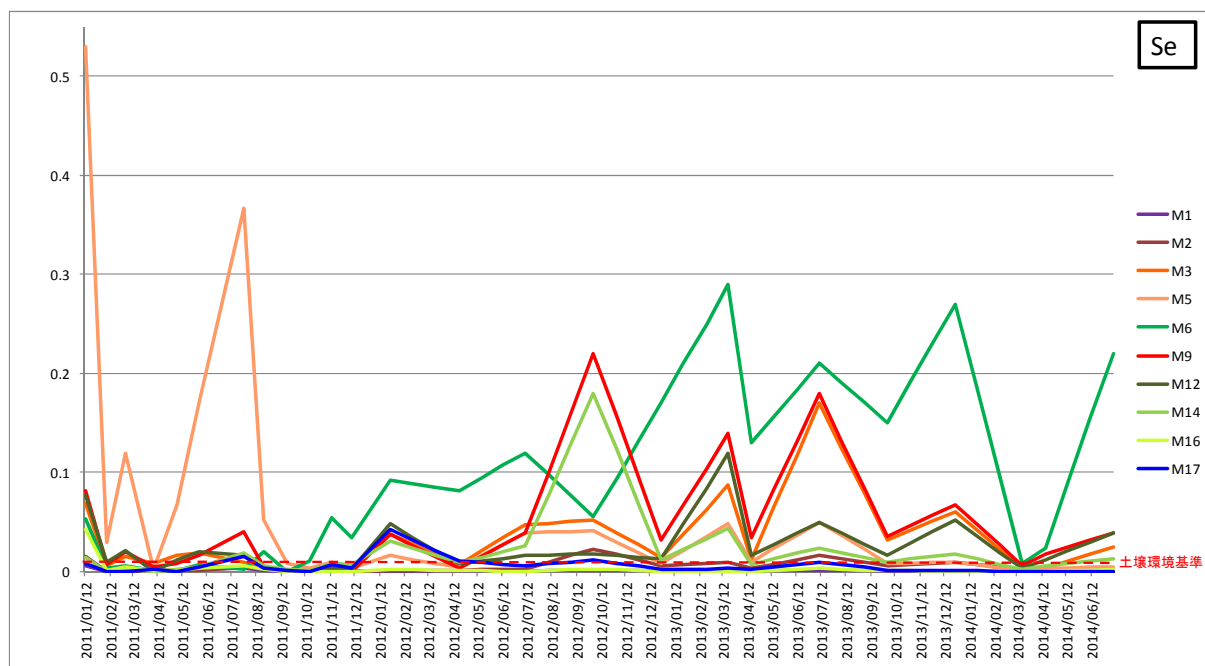


図 7 細粒試料の曝露試験結果 (セレン[mg/L]; Se)

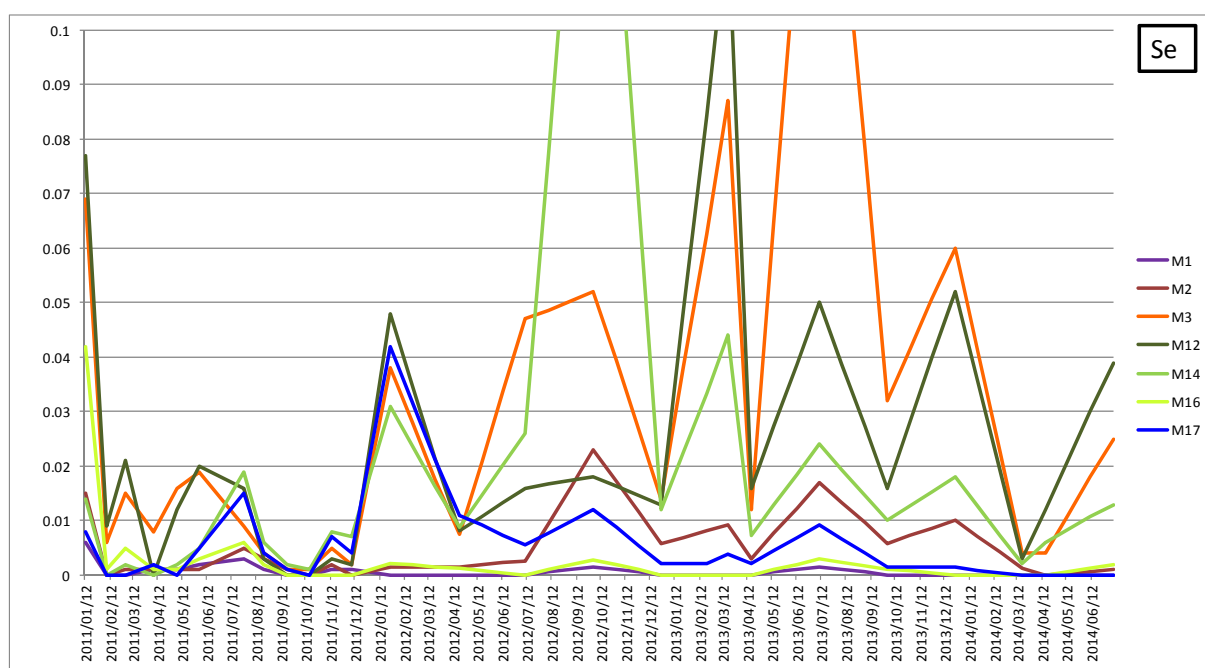


図 8 細粒試料の曝露試験結果 (セレン[mg/L]; 低濃度部拡大)

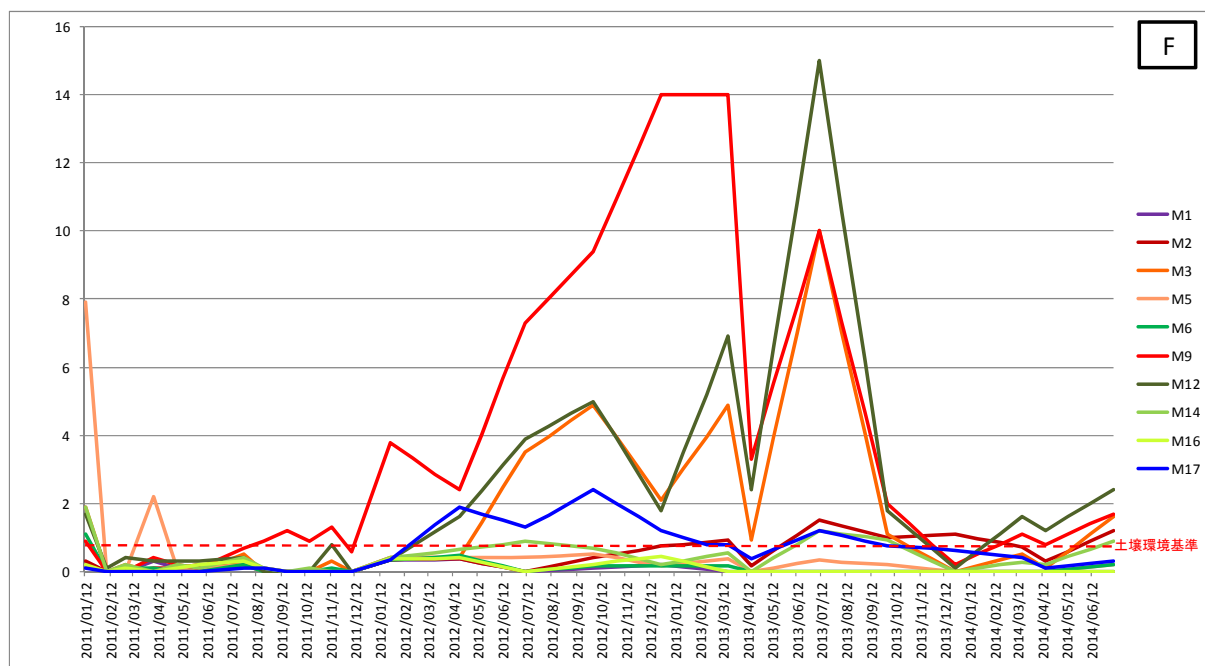


図 9 細粒試料の曝露試験結果（ふっ素[mg/L]; F)

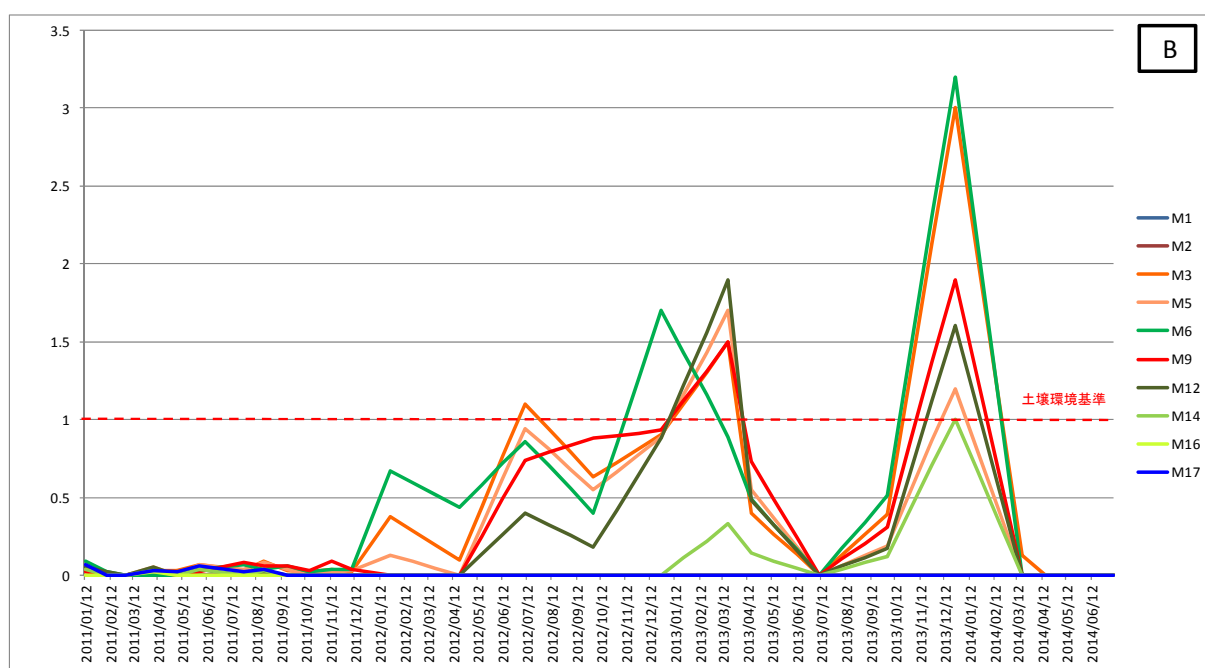


図 10 細粒試料の曝露試験結果（ほう素[mg/L]; B)

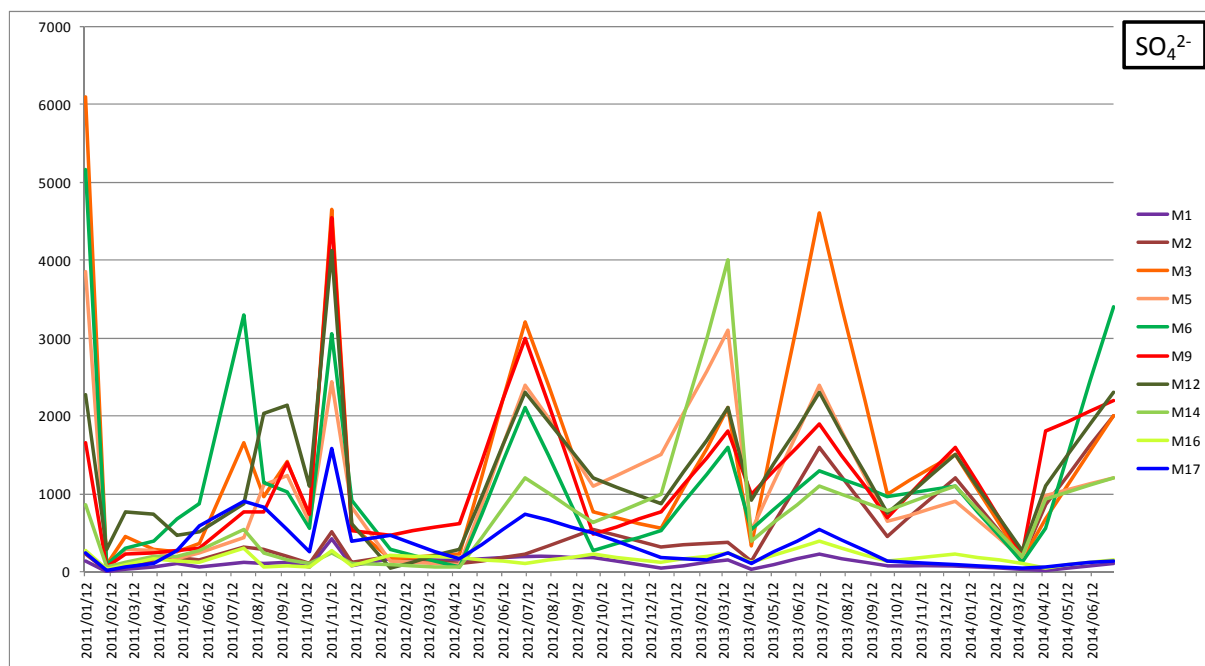


図 11 細粒試料の曝露試験結果（硫酸イオン[mg/L]; SO₄²⁻）

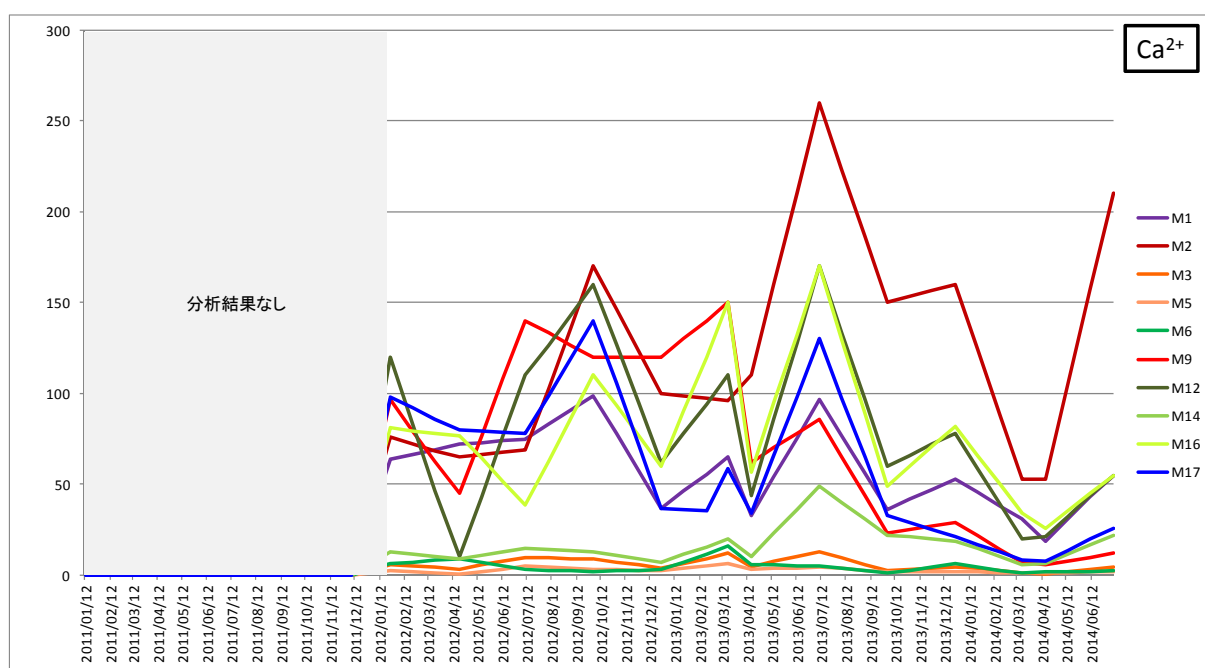


図 12 細粒試料の曝露試験結果（カルシウムイオン[mg/L]; Ca²⁺）

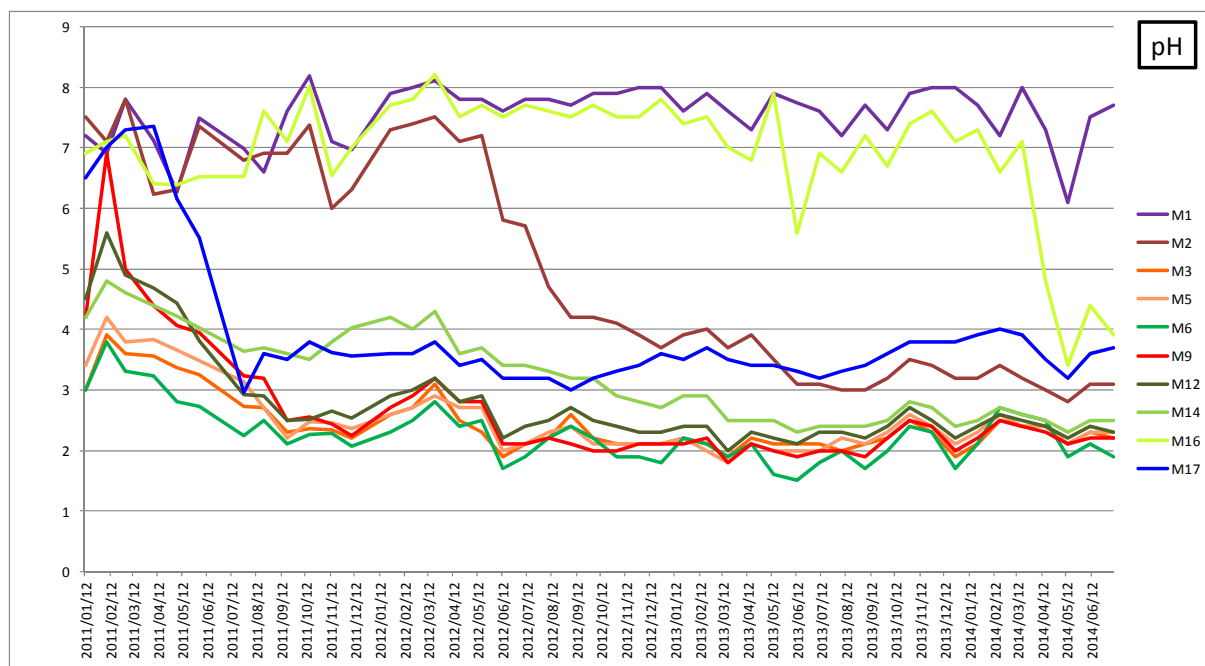


図 13 細粒試料の曝露試験結果（水素イオン濃度指数; pH)

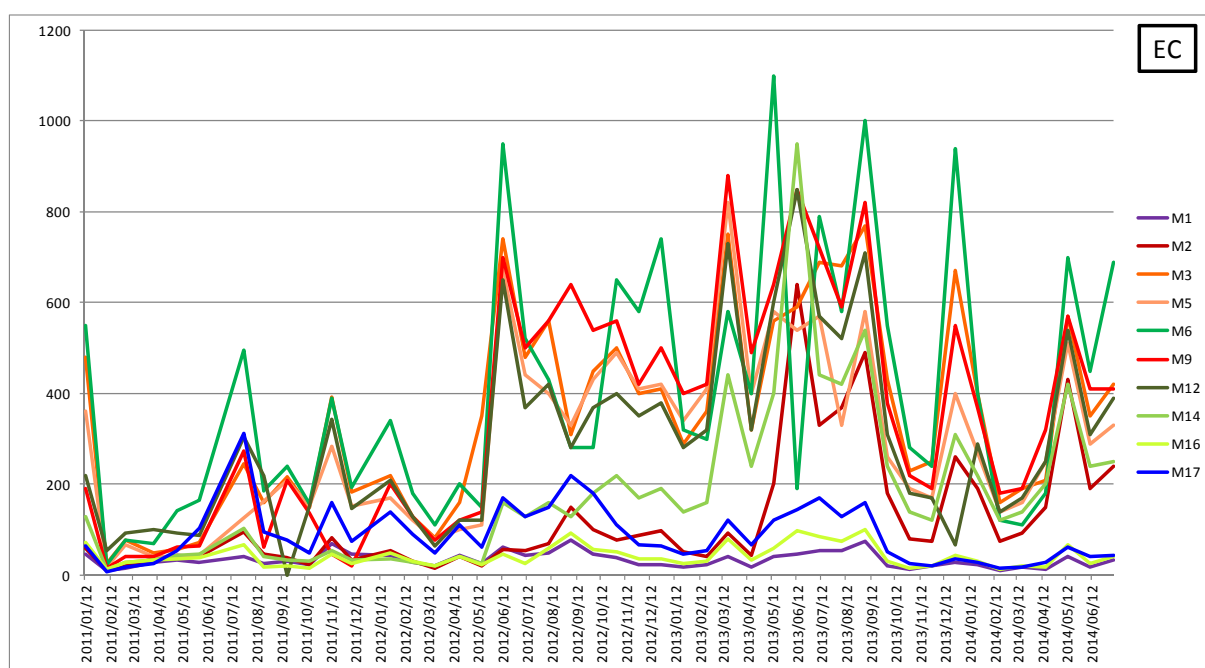


図 14 細粒試料の曝露試験結果（電気伝導率[mS/m]; EC)

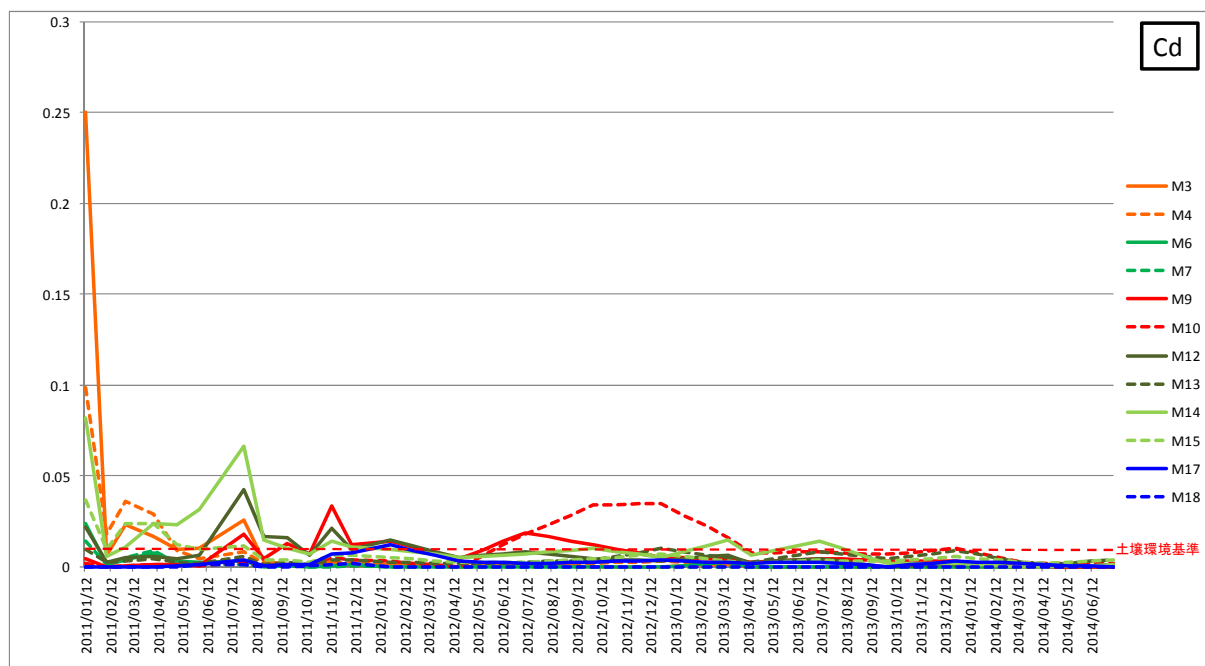


図 15 細粒試料と粗粒試料の曝露試験結果比較 (カドミウム[mg/L]; Cd)

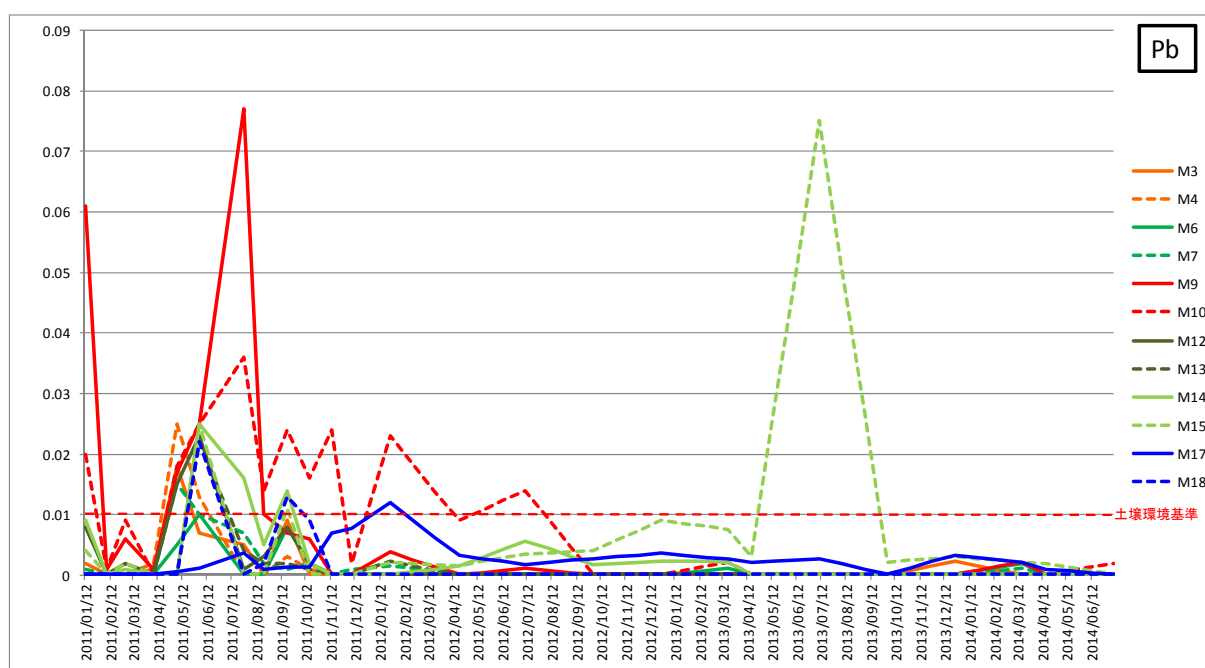


図 16 細粒試料と粗粒試料の曝露試験結果比較 (鉛[mg/L]; Pb)

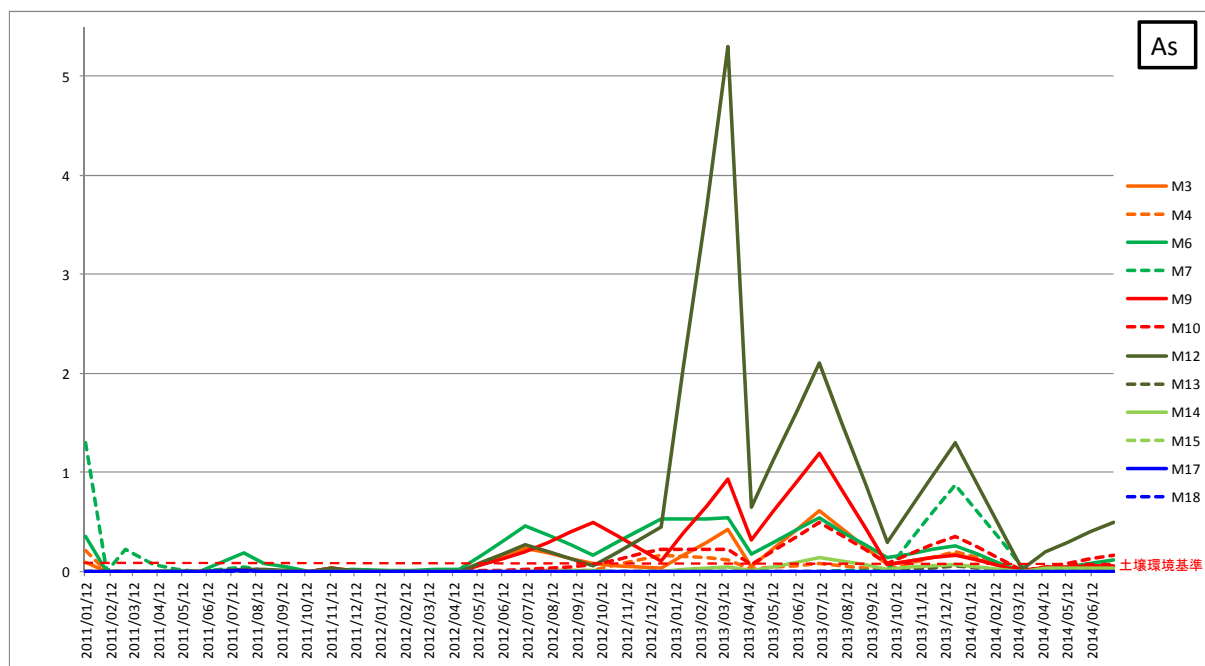


図 17 細粒試料と粗粒試料の曝露試験結果比較 (砒素[mg/L]; As)

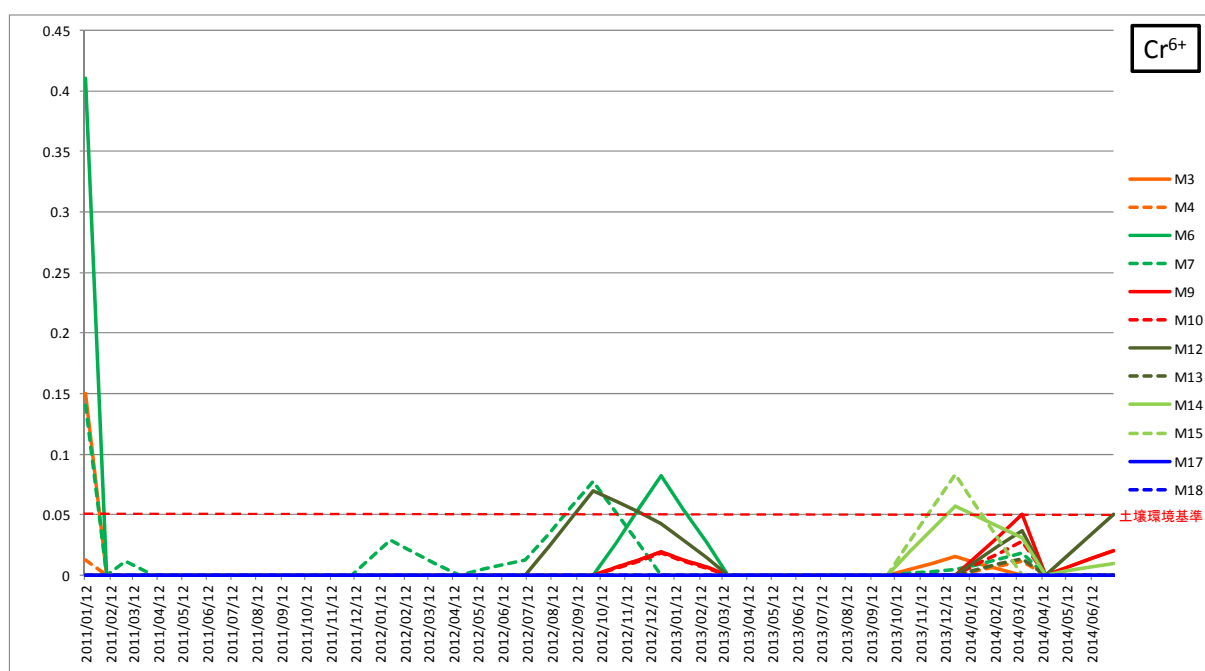


図 18 細粒試料と粗粒試料の曝露試験結果比較 (六価クロム[mg/L]; Cr⁶⁺)

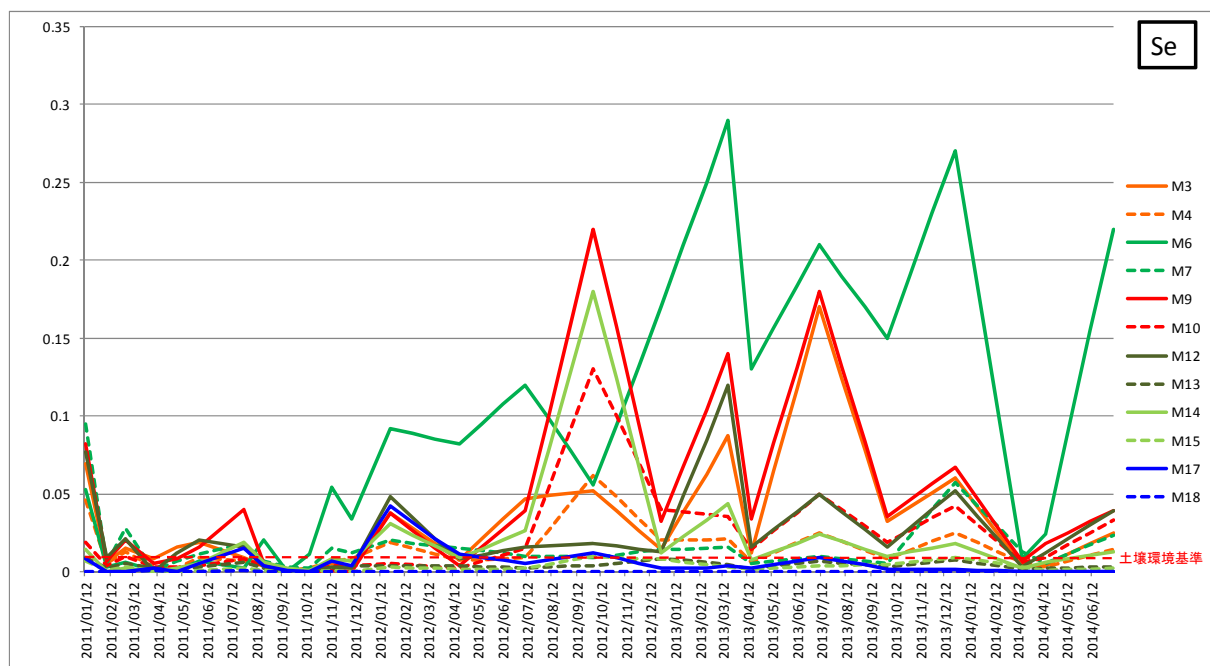


図 19 細粒試料と粗粒試料の曝露試験結果比較 (セレン[mg/L]; Se)

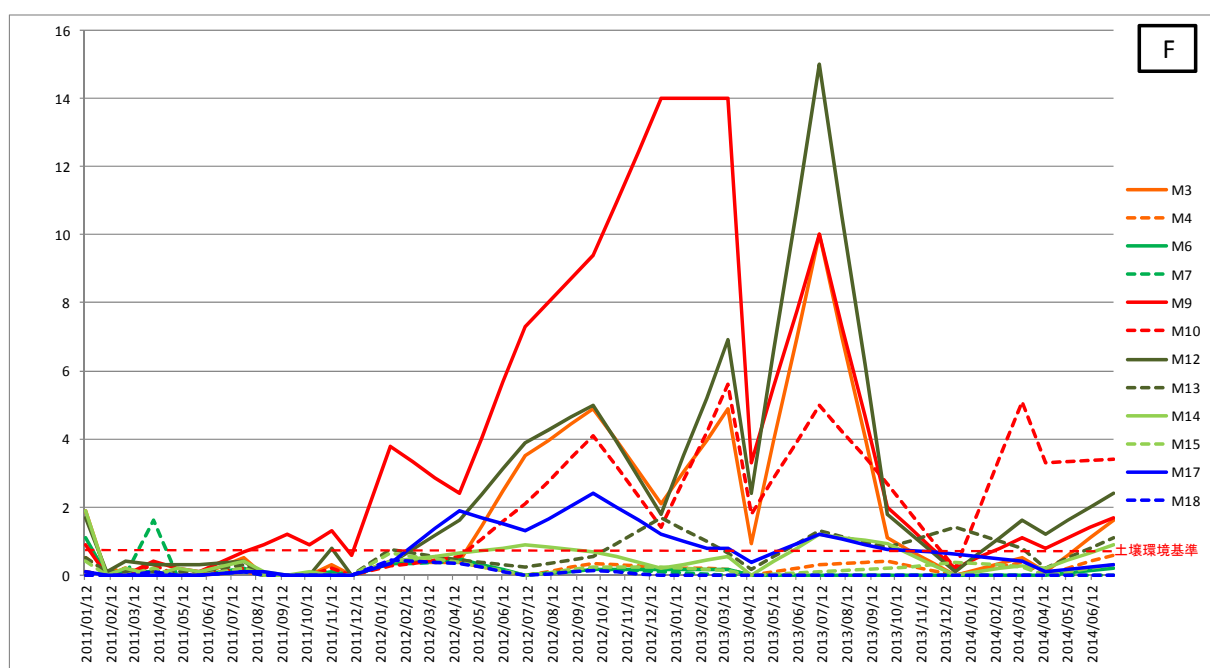


図 20 細粒試料と粗粒試料の曝露試験結果比較 (ふっ素[mg/L]; F)

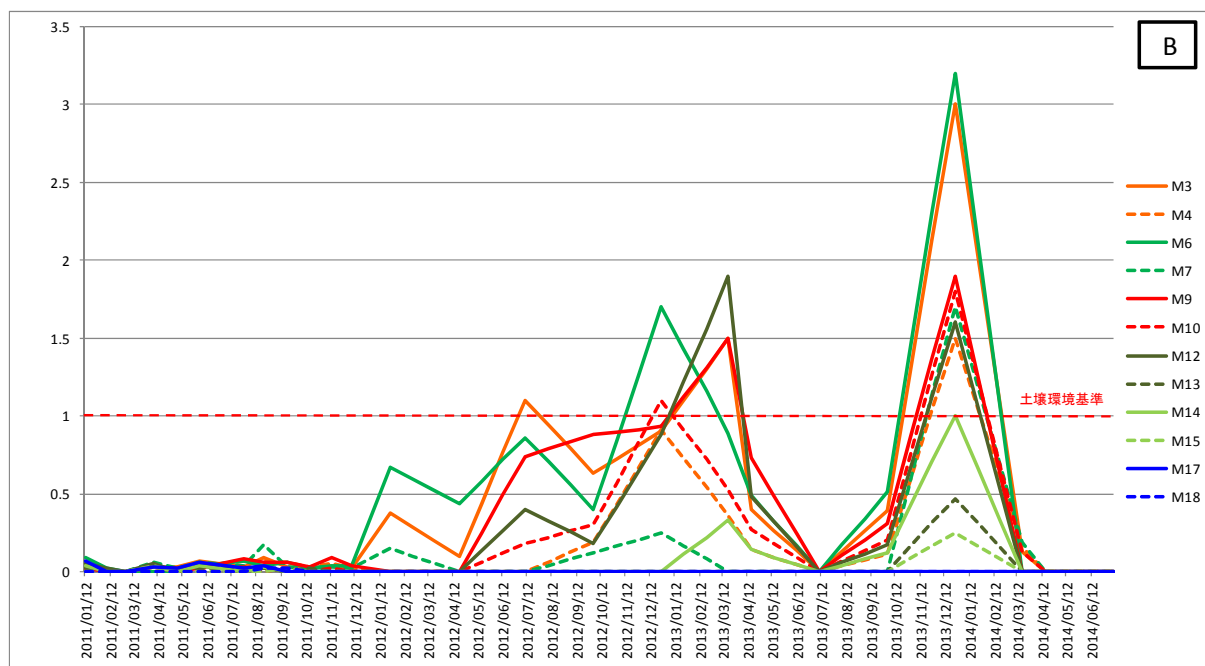


図 21 細粒試料と粗粒試料の曝露試験結果比較 (ほう素[mg/L]; B)

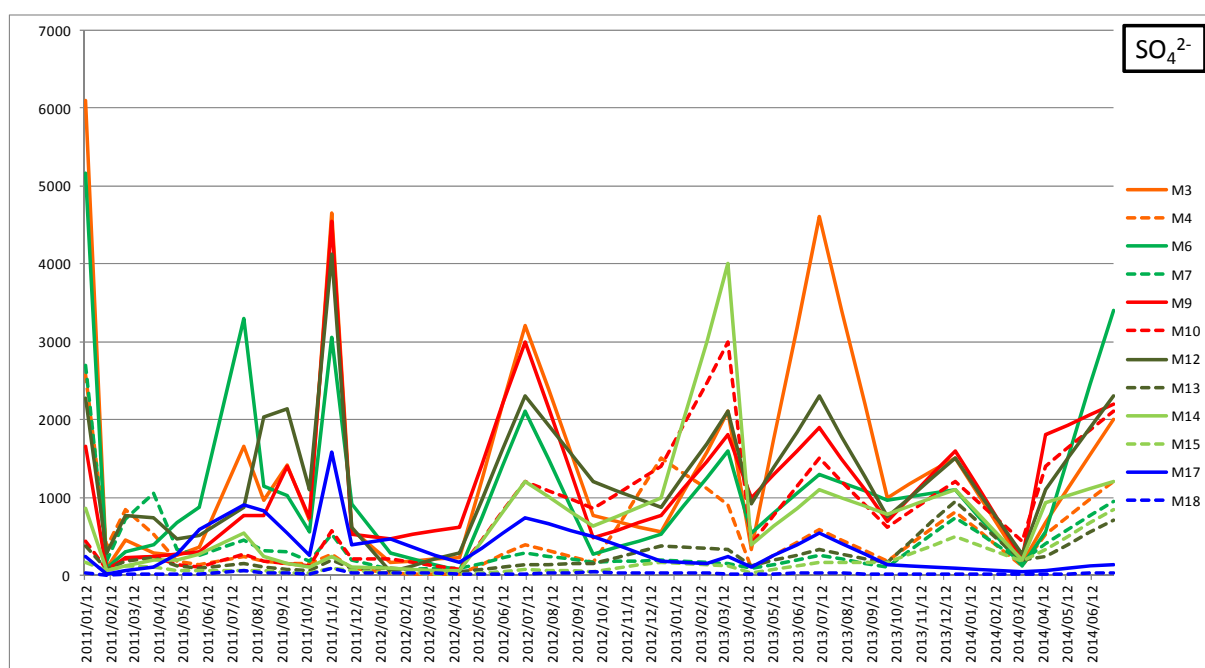


図 22 細粒試料と粗粒試料の曝露試験結果比較 (硫酸イオン[mg/L]; SO₄²⁻)

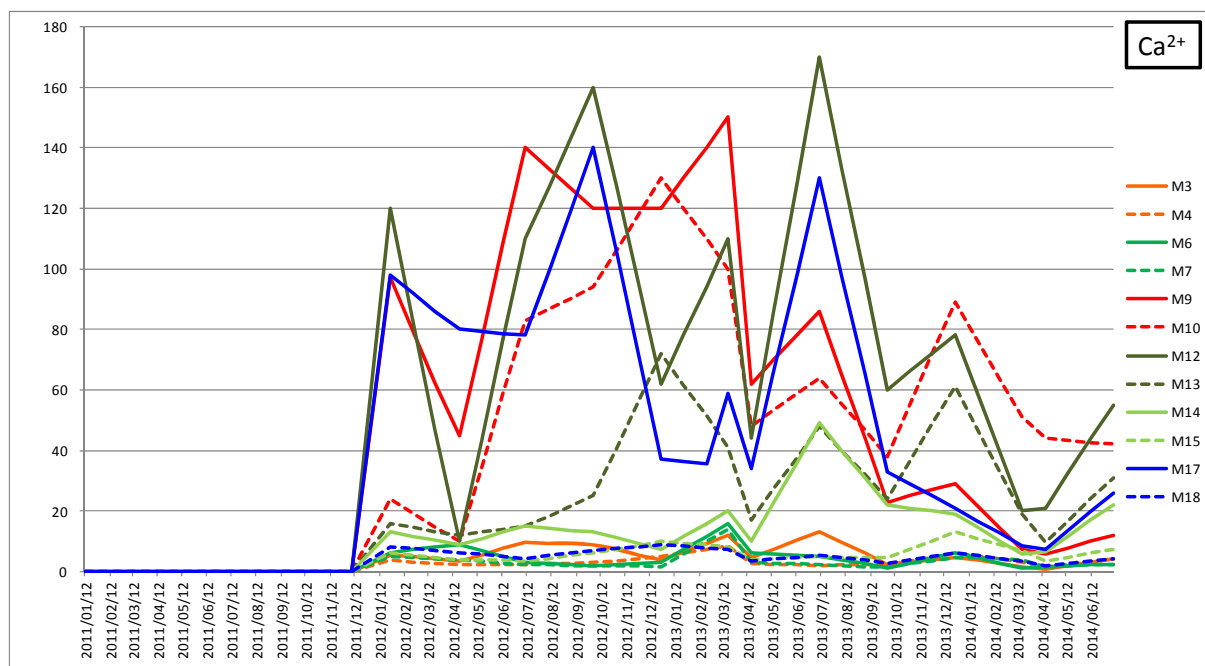


図 23 細粒試料と粗粒試料の曝露試験結果比較 (カルシウムイオン[mg/L]; Ca²⁺)

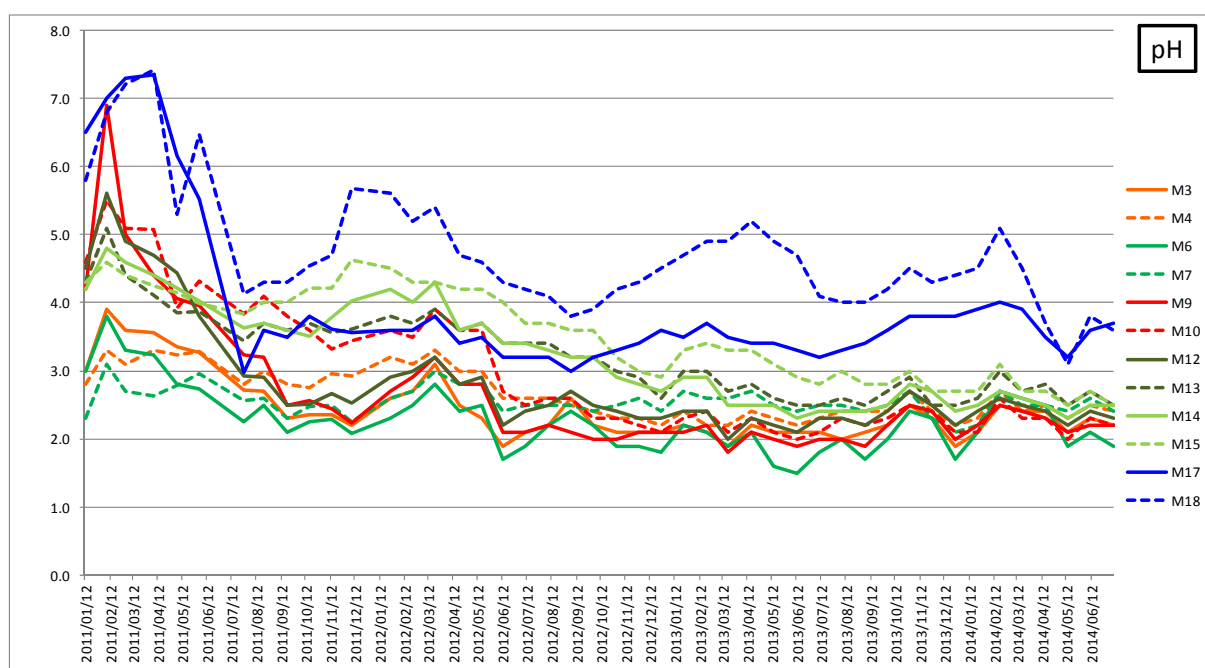


図 24 細粒試料と粗粒試料の曝露試験結果比較 (水素イオン濃度指数; pH)

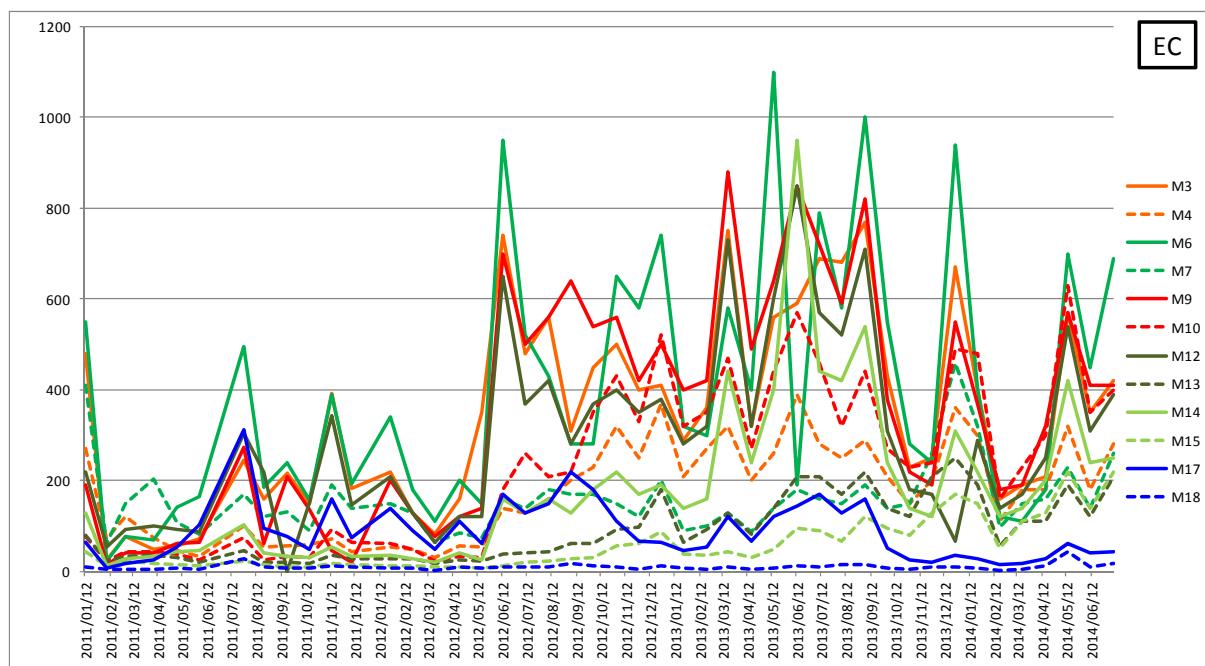


図 25 細粒試料と粗粒試料の曝露試験結果比較（電気伝導率[mS/m]; EC)

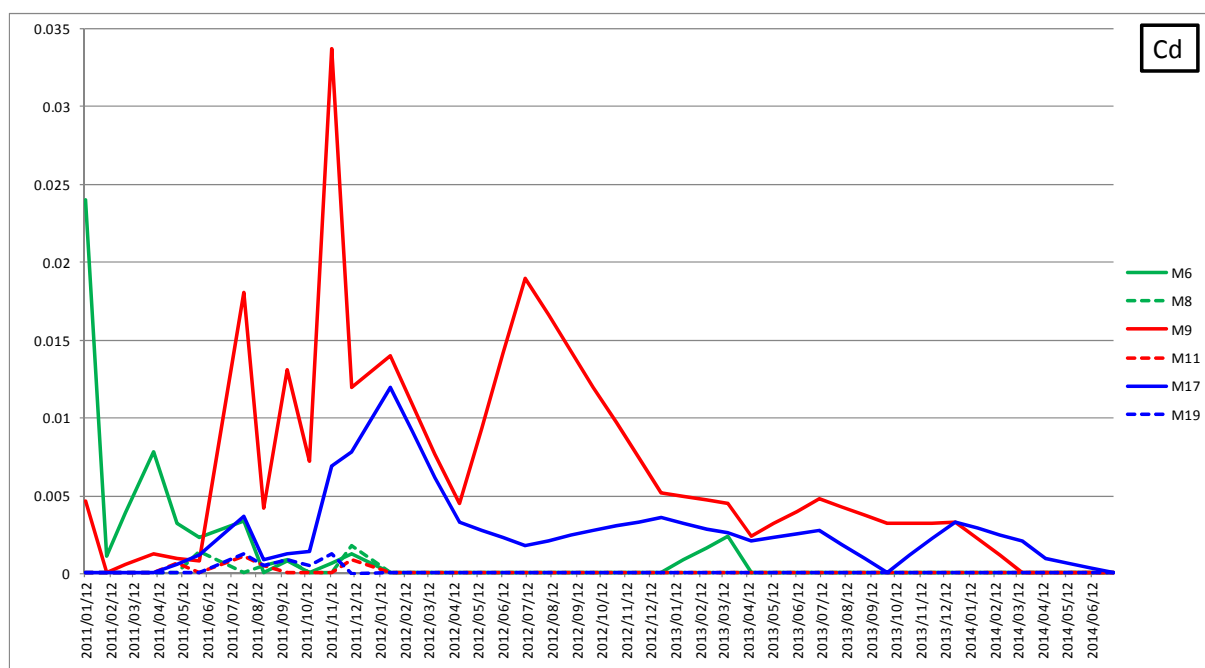


図 26 細粒試料と炭酸カルシウム添加試料の曝露試験結果比較（カドミウム[mg/L]; Cd)

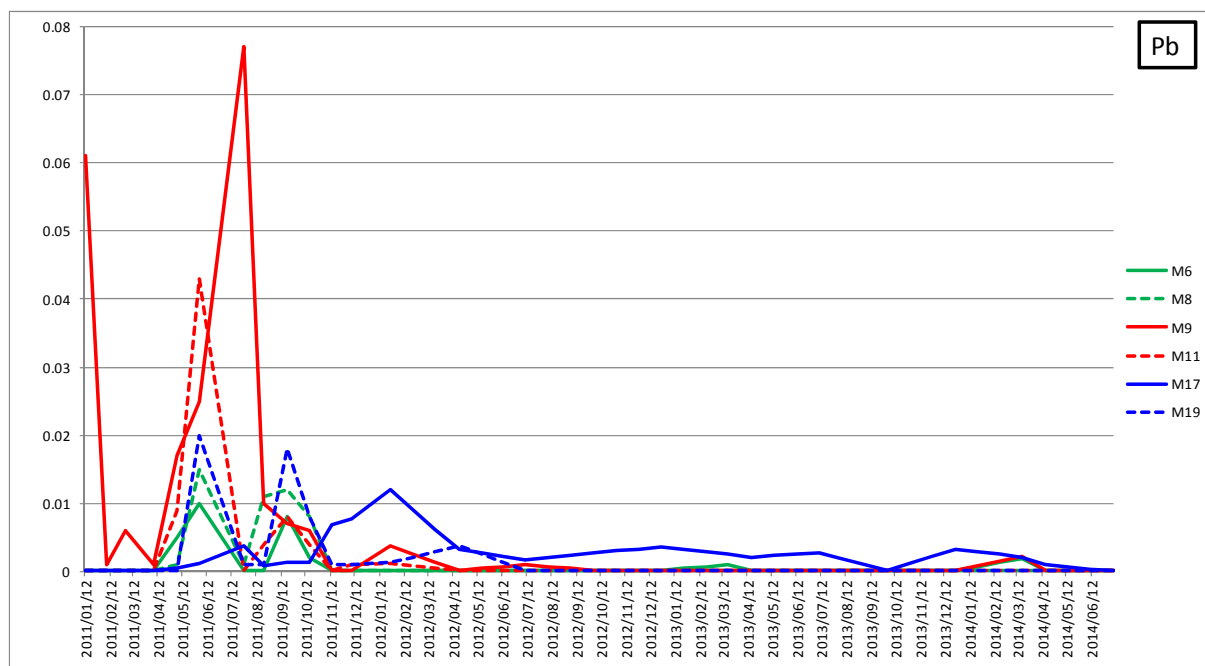


図 27 細粒試料と炭酸カルシウム添加試料の曝露試験結果比較 (鉛[mg/L]; Pb)

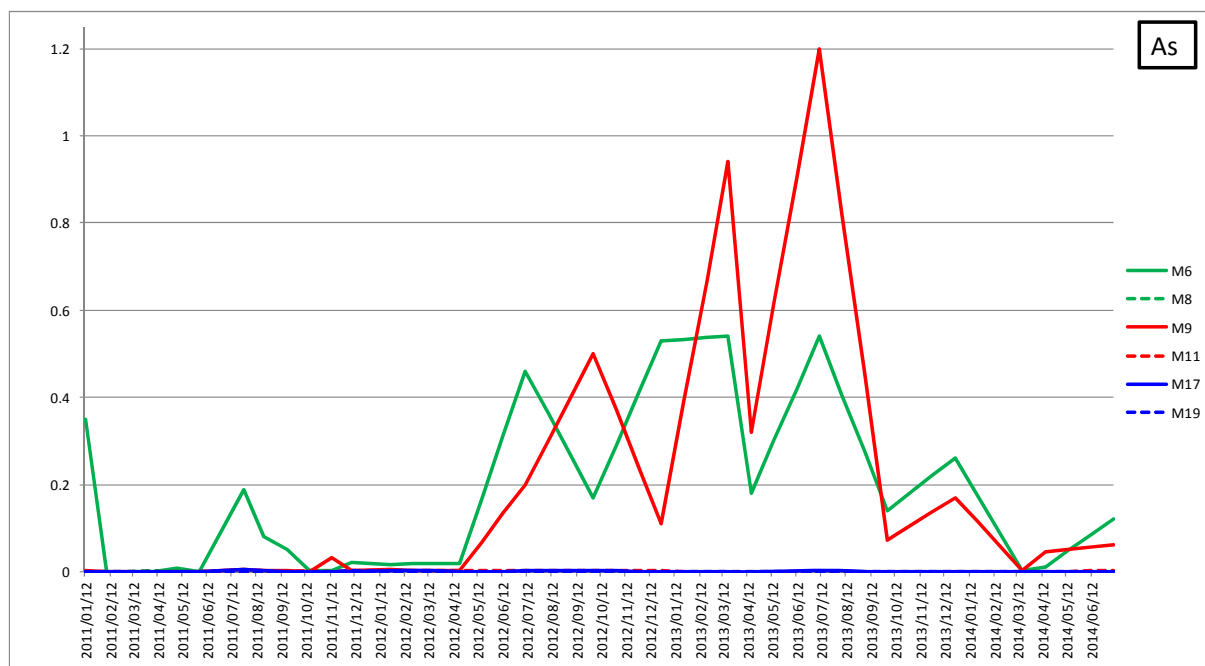


図 28 細粒試料と炭酸カルシウム添加試料の曝露試験結果比較 (砒素[mg/L]; As)

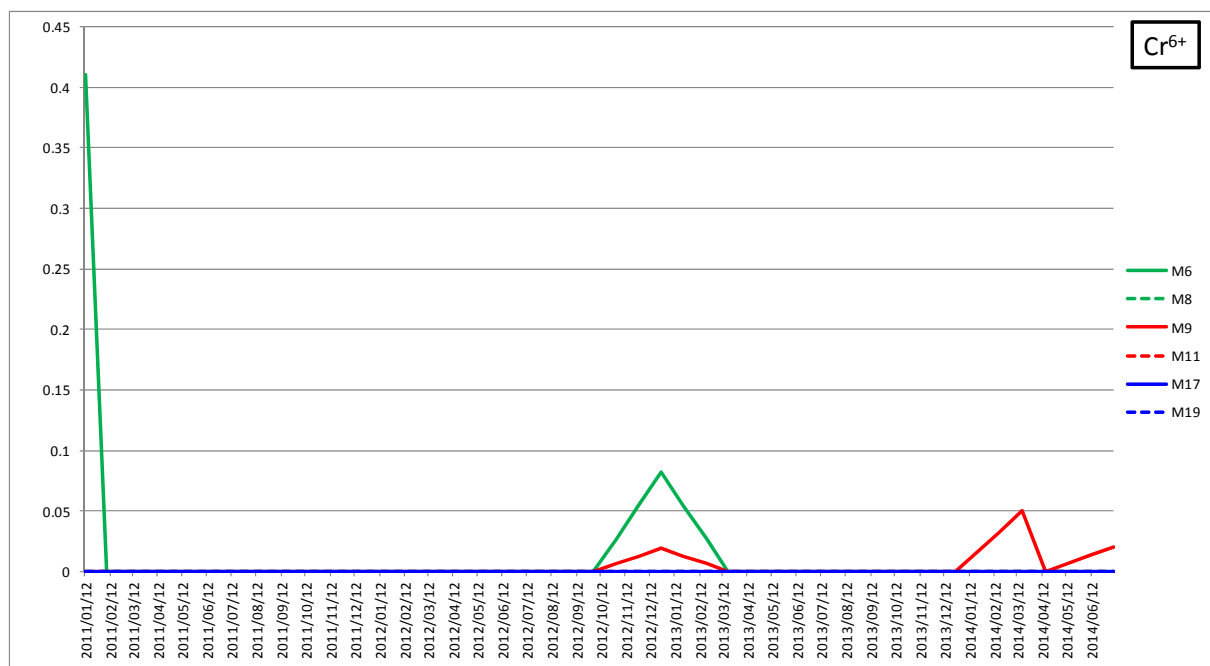


図 29 細粒試料と炭酸カルシウム添加試料の曝露試験結果比較 (六価クロム[mg/L]; Cr⁶⁺)

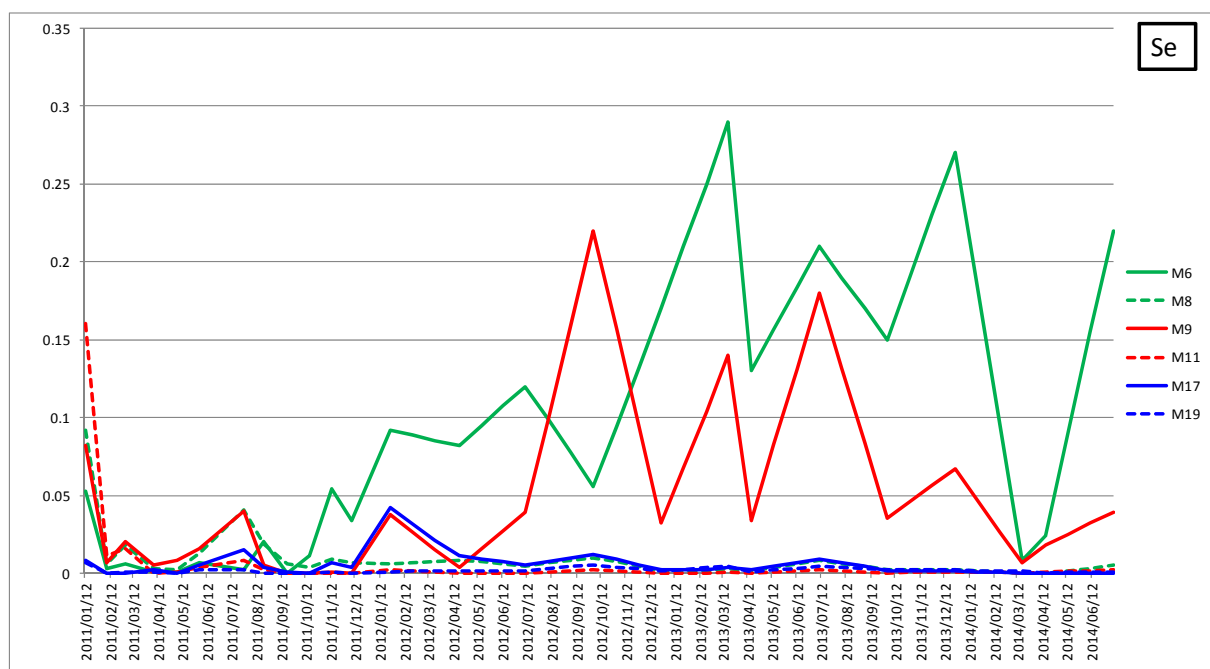


図 30 細粒試料と炭酸カルシウム添加試料の曝露試験結果比較 (セレン[mg/L]; Se)

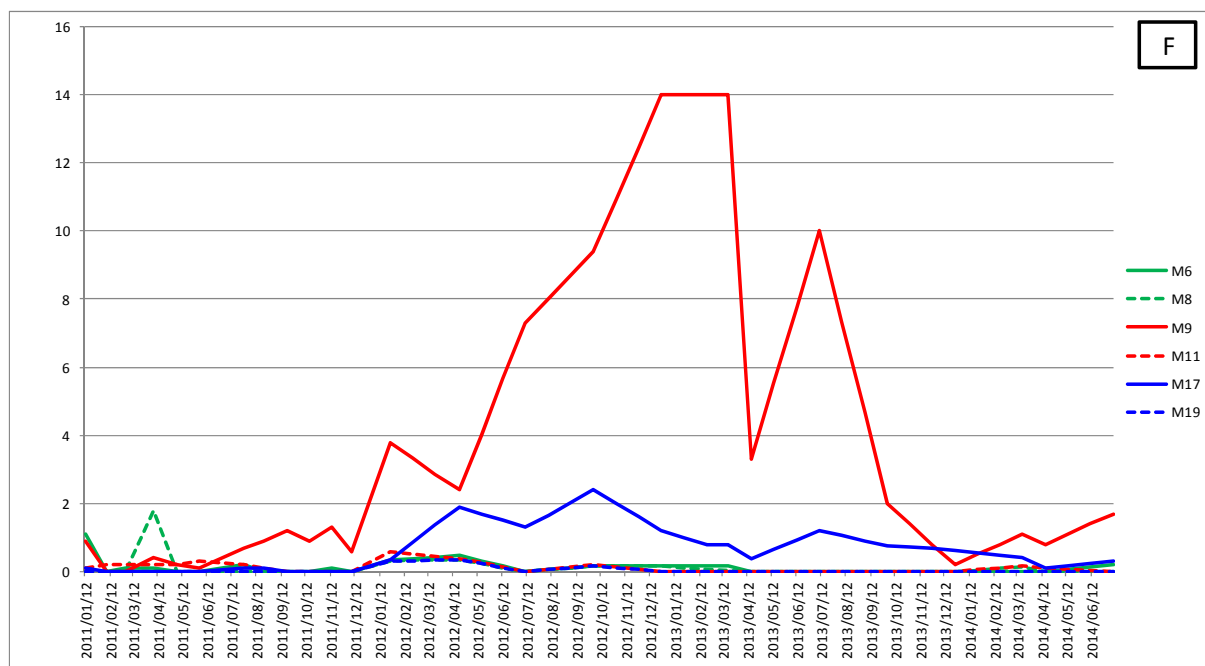


図 31 細粒試料と炭酸カルシウム添加試料の曝露試験結果比較（ふっ素[mg/L]; F)

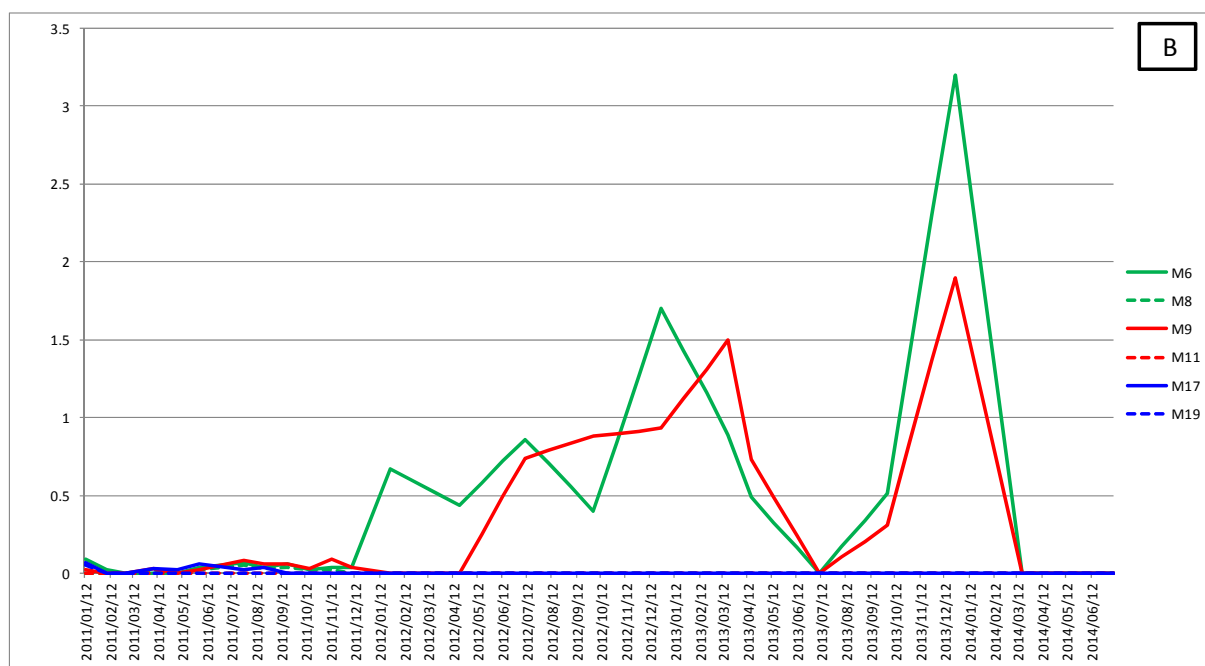


図 32 細粒試料と炭酸カルシウム添加試料の曝露試験結果比較（ほう素[mg/L]; B)

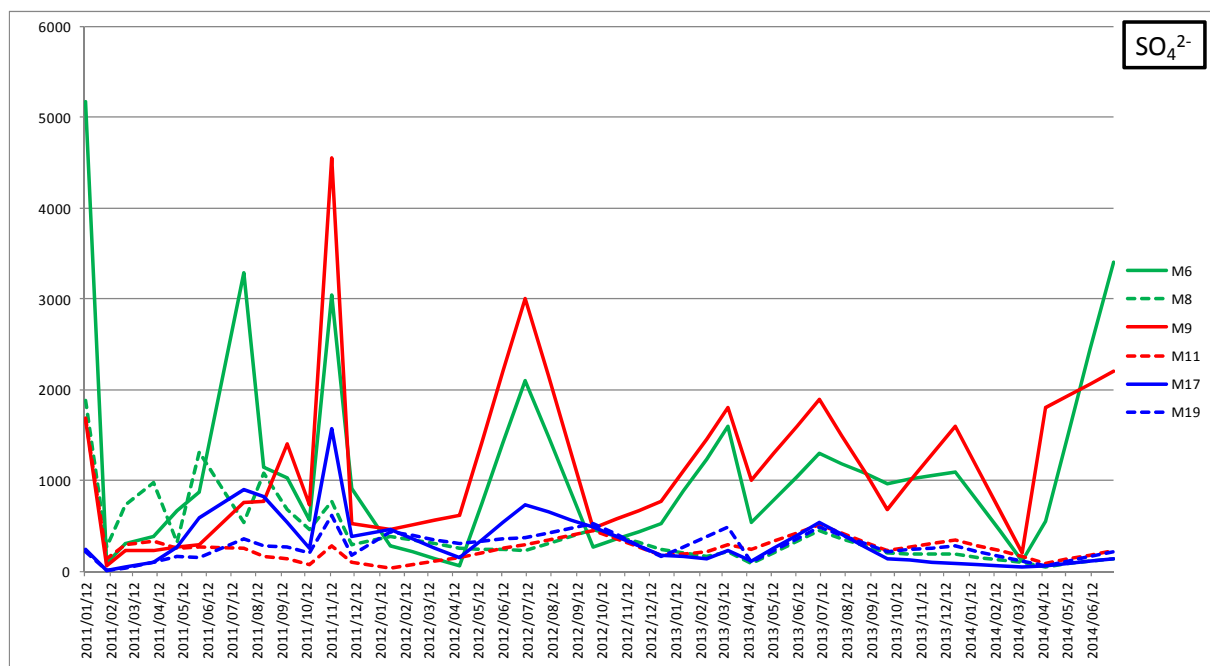


図 33 細粒試料と炭酸カルシウム添加試料の曝露試験結果比較 (硫酸イオン[mg/L]; SO_4^{2-})

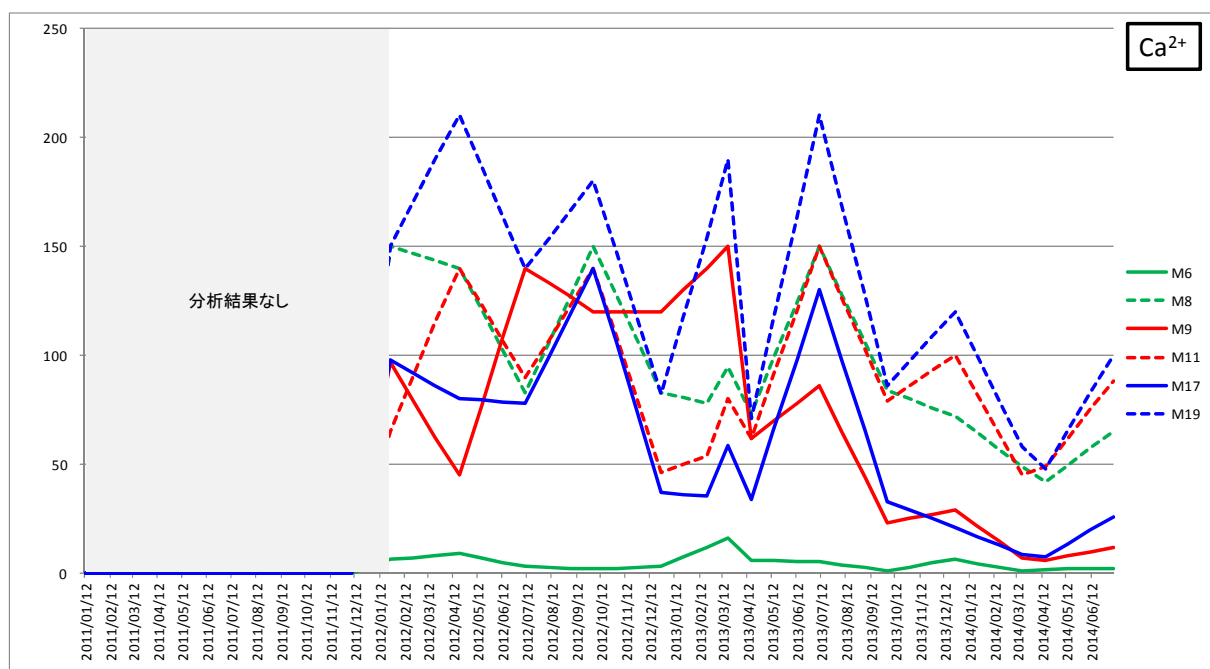


図 34 細粒試料と炭酸カルシウム添加試料の曝露試験結果比較 (カルシウムイオン
[mg/L]; Ca^{2+})

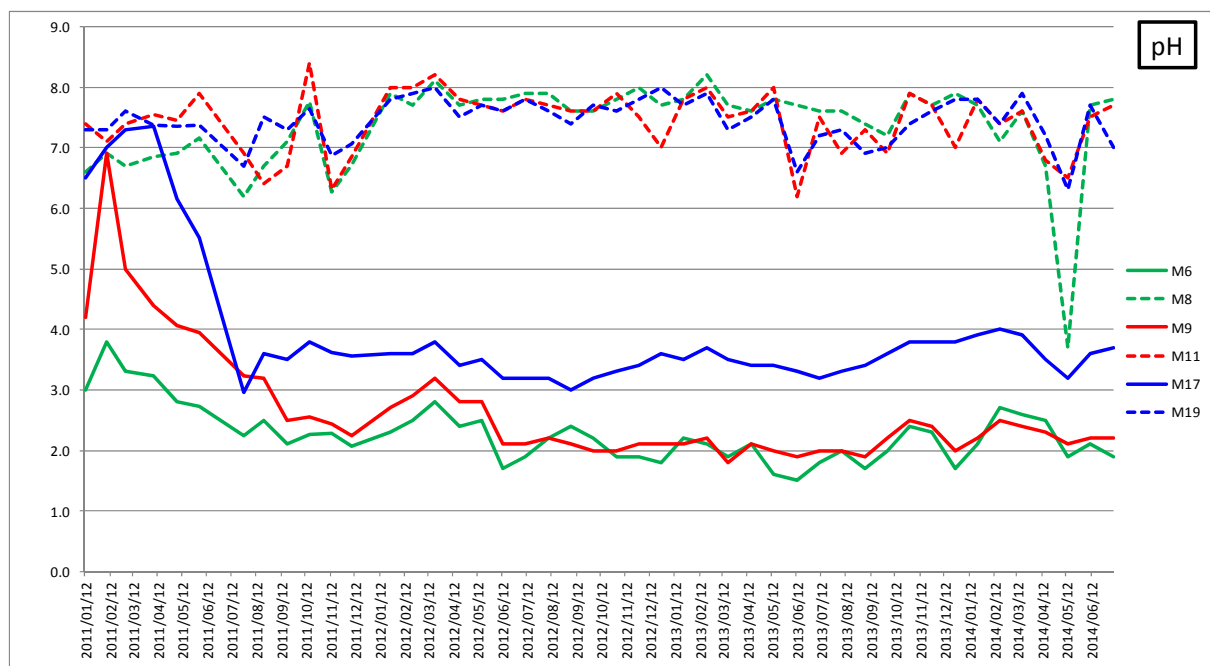


図 35 細粒試料と炭酸カルシウム添加試料の曝露試験結果比較 (水素イオン濃度指数; pH)

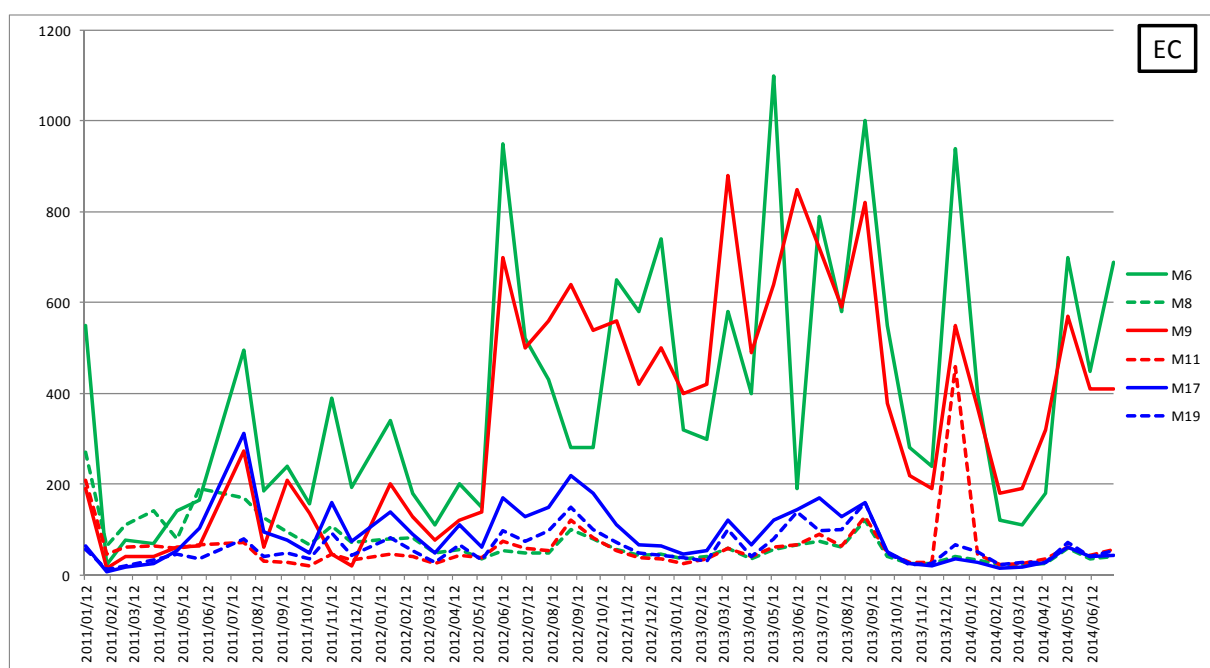


図 36 細粒試料と炭酸カルシウム添加試料の曝露試験結果比較 (電気伝導率[mS/m]; EC)