

2015.1.21
南海トラフ巨大地震中部地域地盤災害研究委員会
災害廃棄物の処理と有効利活用WG（WG3）第2回講演会
名古屋大学理学南館大講堂坂田・平田ホール（101室）

『災害廃棄物から再生された 復興資材の有効活用ガイドライン』の論点

③ 『モニタリング盛土報告』

（一社）泥土リサイクル協会
グループ統括 中村 吉男

モニタリング盛土

～高度選別された津波堆積土砂の利用上の課題の抽出～

- 粘土シルト分を主体とする粘性土
→含水比の高低により力学特性が著しく変化する。
（施工性及び室内試験と現地試験の整合性）
- 環境安全性
→海成堆積物を起源とする津波堆積物には、
基準値を超過する重金属（鉛・ヒ素など）が含有する。
- 循環資材との混合による津波堆積土の改良
→津波堆積土と石炭灰・製紙焼却灰・スラグの混合土の
性状評価（力学的・化学的安定性の向上性）。

津波堆積土砂(気仙沼ブロック)

熱しゃく減量5%を閾値とした資源化处理
(石灰・石膏を添加して選別の効率化を図っている)



<実証試験対象資材>

①津波堆積土 : TD

- ・大成JV気仙沼ブロック処理土10mmアンダー通過分

②津波堆積土+再生碎石(災害がれき) : TR

- ・大成JV気仙沼ブロック再生碎石40mmアンダー

③津波堆積土+石炭灰(クリンカ) : TC

- ・東北電力(株)原町火力発電所

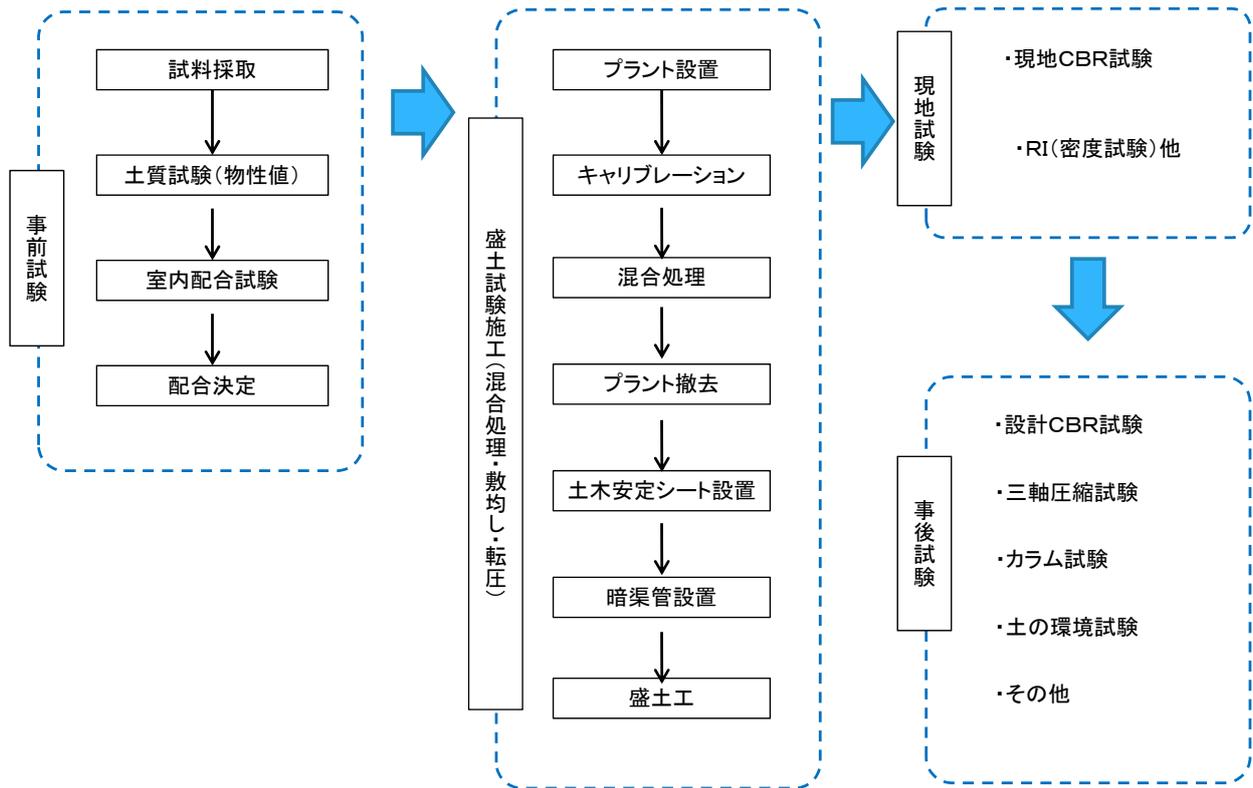
④津波堆積土+製鋼スラグ : TS

- ・新日鐵住金(株)君津製鉄所

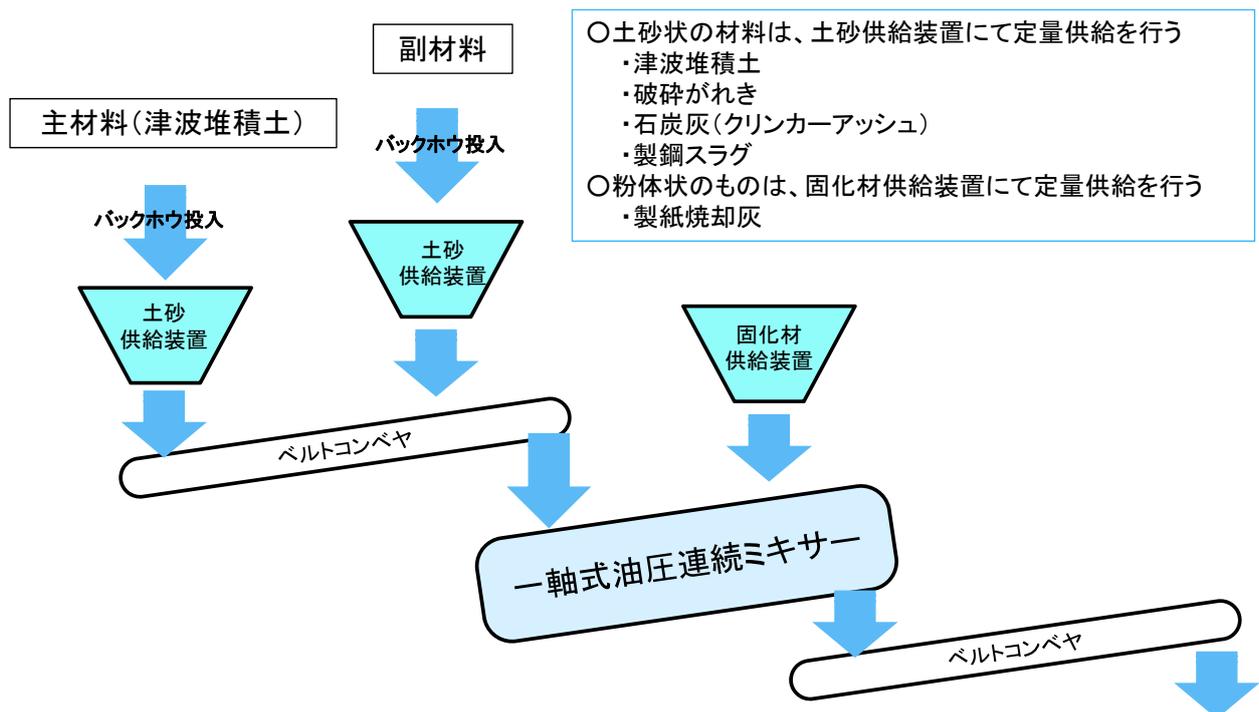
⑤津波堆積土+製紙焼却灰を主原料とした石灰系固化材 : TP

- ・日本製紙(株)岩沼工場
- ・アグロジャパン大垣工場で固化材を製造

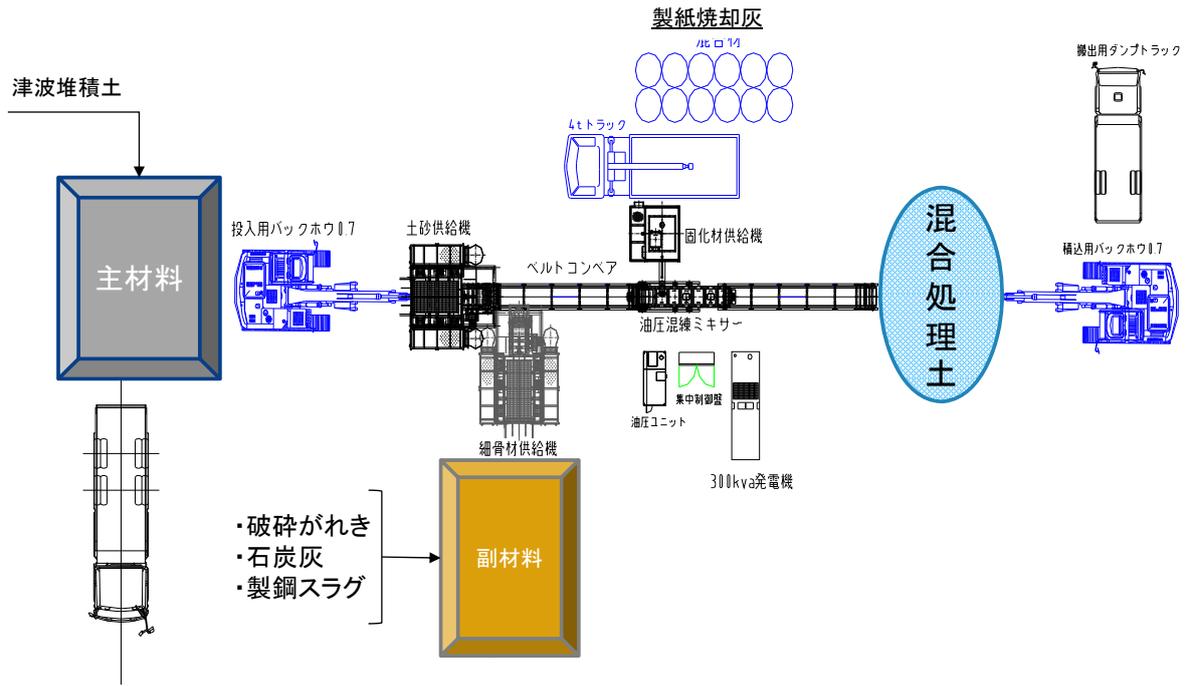
FS試験盛土実施フロー



混合処理の概要



混合処理プラント



7

混合処理状況

8

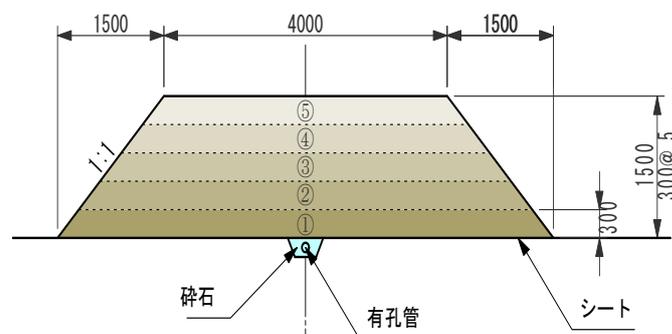
混合処理の状況(動画)



9

転圧仕様

撒出し機種：7t級ブルドーザー
転圧機種：15t級タイヤローラー
仕上り厚：30cm
転圧回数：4～6回
層数：5層



- ①層(基層盛土)：8回転圧
②～④層目：4、6、8回転圧毎に沈下量(レベル測量)およびRI密度の確認
⑤層目：6回転圧後沈下量(レベル測量)、RI密度測定、現場CBR試及び砂置換法による現場密度測定および現場透水試験の実施。

10

盛土状況



暗渠管設置



単粒碎石埋戻し



敷均し(ブルドーザ)



締固め(タイヤローラー)

11

モデル盛土完了状況



完了状況



完了状況

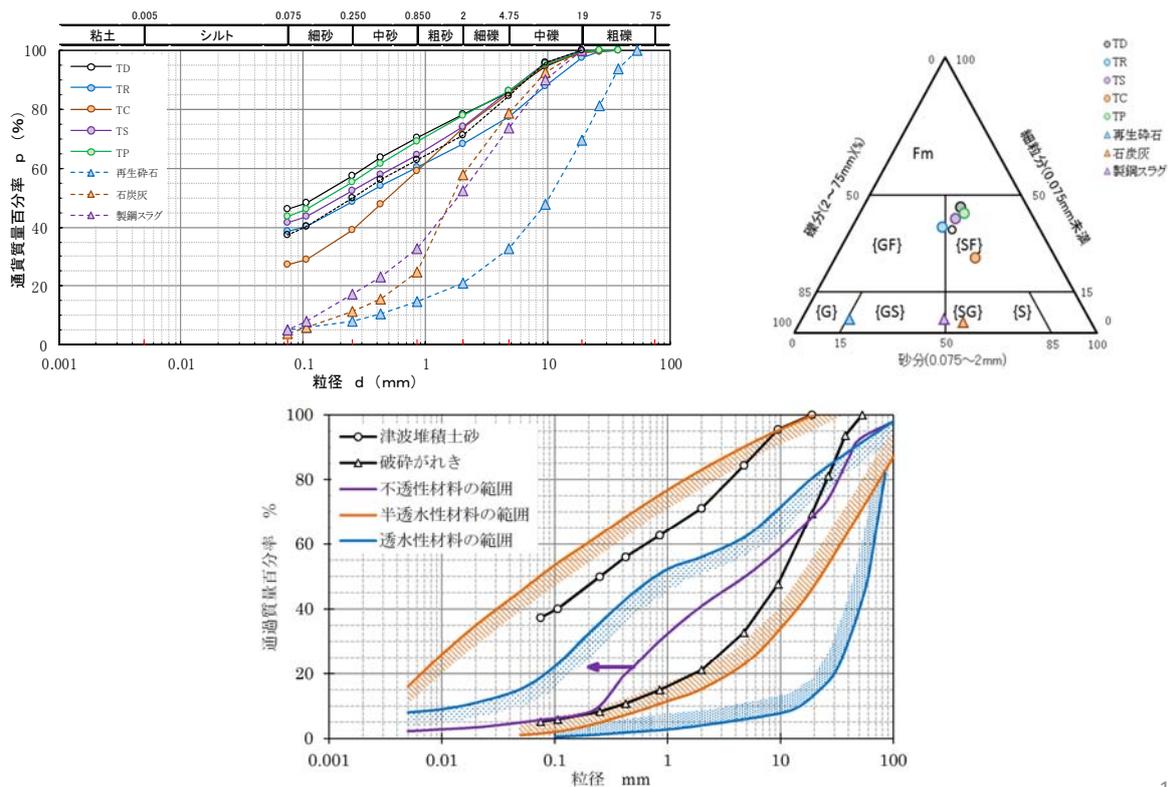
12

試験項目及び数量

| 項目 | 規格 | 数量* | 備考 |
|---------------------|---------------------|----------|---------------------------|
| 沈下量測定 | レベル測量 | 45 (225) | 5層×3転圧×3点 |
| 含水比試験 | JIS A 1203、JGS 0122 | 5 (25) | 5層毎撤出し時試料 |
| 粒度試験 | JIS A 1204 | 1 (5) | 5層撤出し時試料 |
| 密度 (R I) 測定 | JGS 1614 | 36 (180) | 4層 (2~5層) ×3転圧×3点 |
| 現場C B R試験 | JIS A 1222 | 3 (15) | 1回 (4層目) ×3転圧 |
| 現場密度試験 | JGS 1611 | 3 (15) | 1回 (4層目) ×3孔 |
| 現場透水試験 | JGS 1316 | 3 (15) | 〃 |
| 土粒子の密度試験 | JIS A 1202 | 1 (5) | 5層撤出し時試料 |
| 土懸濁液の pH 試験 | JGS 0211 | 1 (5) | 5層撤出し時試料 |
| 土の強熱減量試験 | JIS A 1226 | 1 (5) | 5層撤出し時試料 |
| カラム溶出試験 | | 1 (5) | 5層撤出し時試料 |
| 土の環境試験 | 環告 18号、19号 | 1 (5) | 5層撤出し時試料 |
| 突固めによる土の締固め試験 | JIS A 1210 | 1 (5) | 5層撤出し時試料 |
| C B R試験 | JIS A 1211 | 1 (5) | 5層撤出し時試料 |
| 三軸圧縮試験 | JGS 0520~0523 | 1 (5) | 攪乱試料、N=6回の平均密度に設定 |
| 土壌硬度 | — | 10 (20) | 津波堆積土砂単体及び破砕がれき混合土において実施。 |
| 植栽基盤土壌としての物理・化学適用試験 | 港湾緑地の植栽設計・施工マニュアル | 1 (2) | 津波堆積土砂単体及び破砕がれき混合土において実施。 |

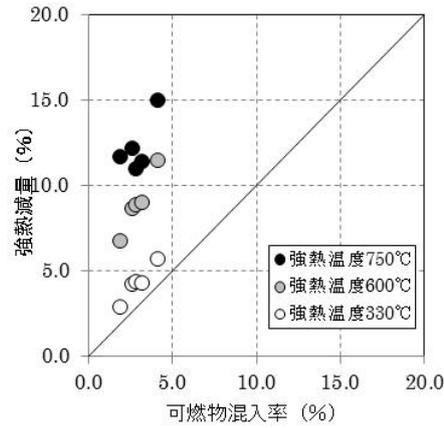
13

材料特性(1)



14

材料特性(2)

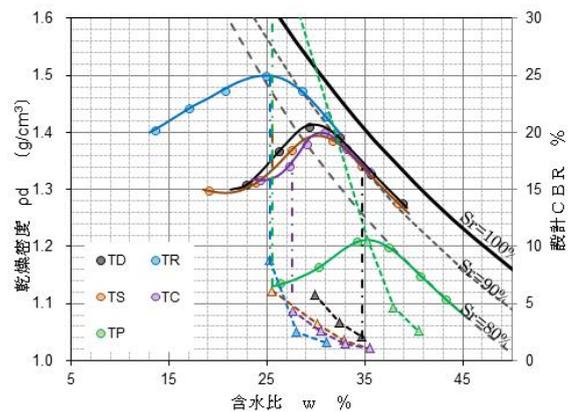
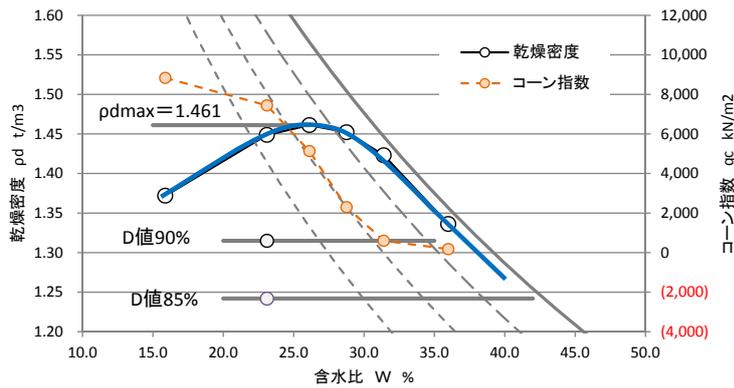


不燃物および土砂
粒径 5 mm以上
可燃物混入率 1.1%

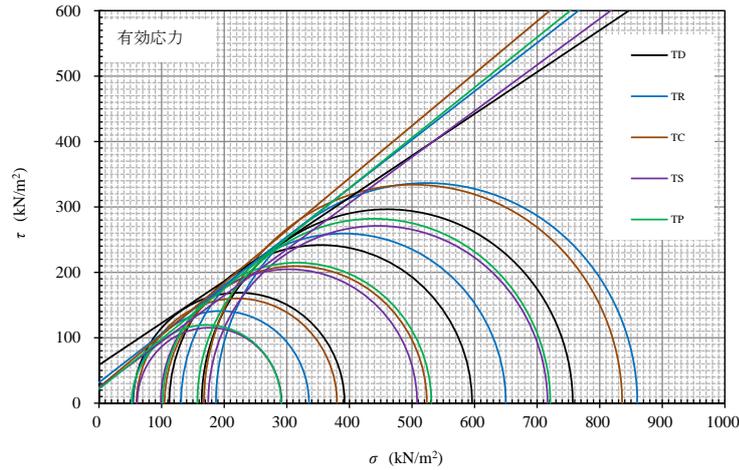


不燃物および土砂
粒径 2~5 mm
可燃物混入率 1.6%

材料特性(3)

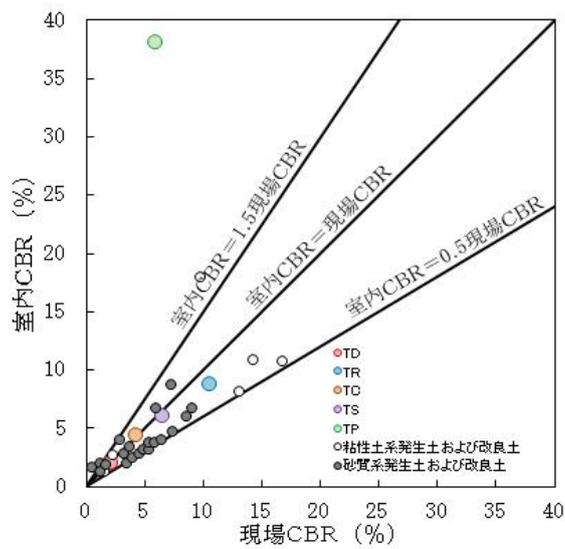


材料特性(4)

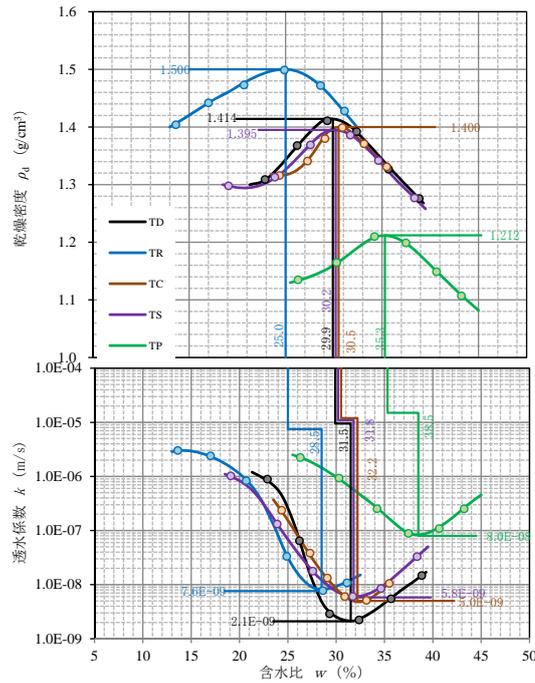


| 項目 | | TD | TR | TC | TS | TP |
|---------|----------------------|------|------|------|------|------|
| c | (kN/m ²) | 58.4 | 31.7 | 24.0 | 23.6 | 21.6 |
| ϕ' | (°) | 32.6 | 36.6 | 38.7 | 35.2 | 37.5 |

材料特性(5)



材料特性(6)

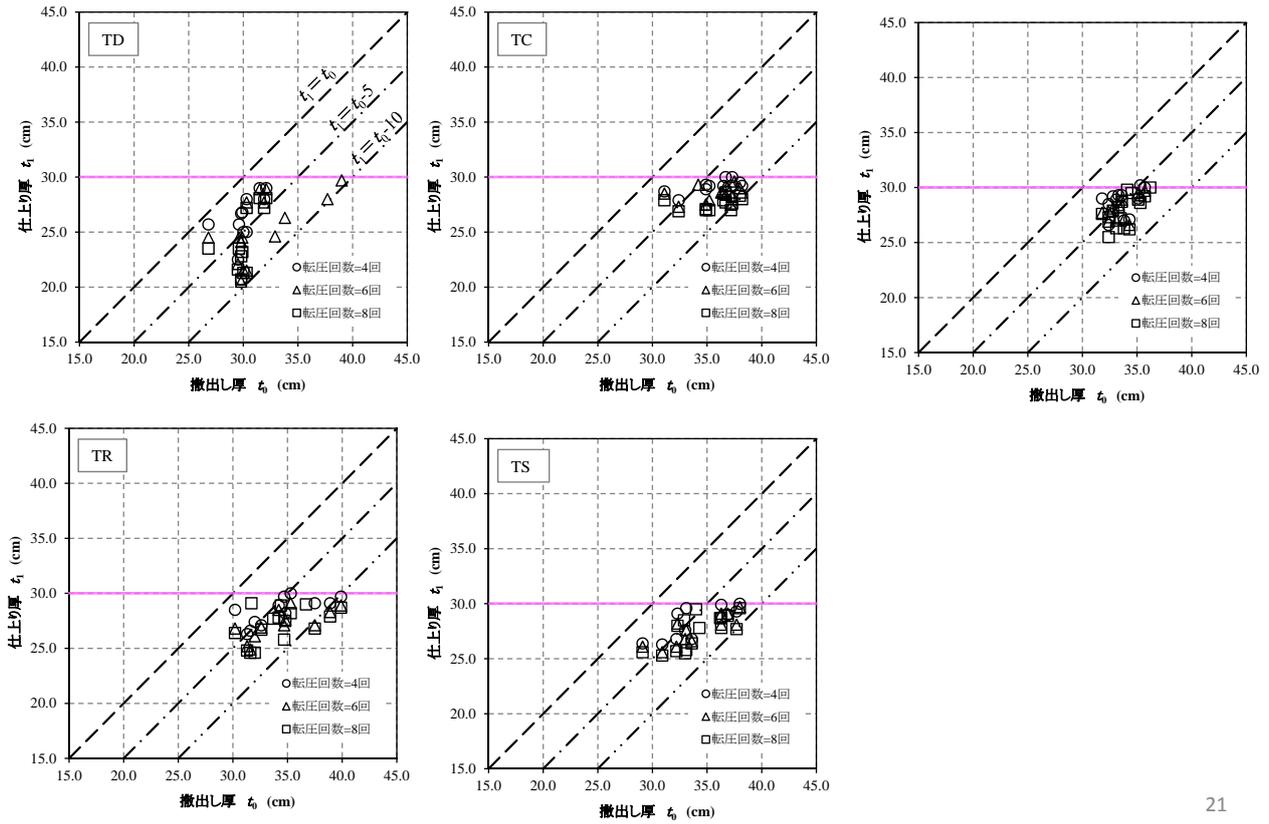


室内透水係数: $k=1 \times 10^{-6} \sim 10^{-9}$ m/s

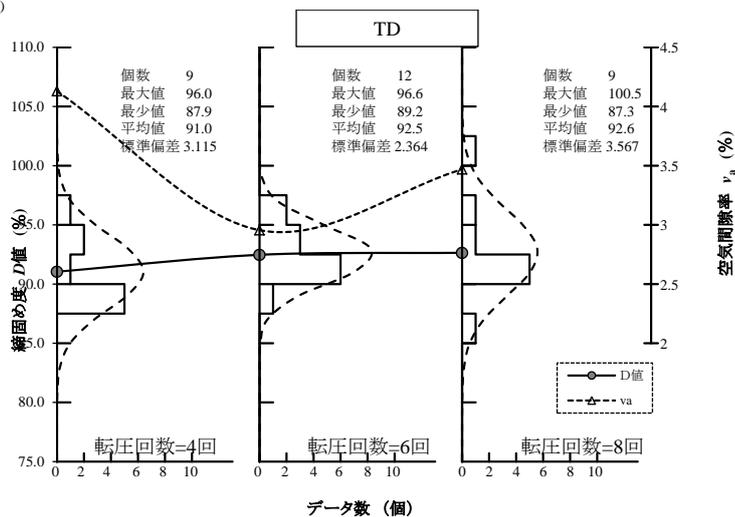
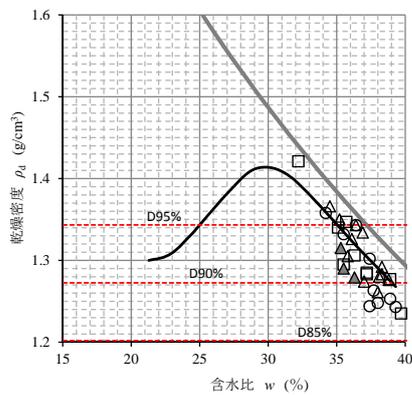
環境安全性: 汚染状態に関する基準を概ね満足している

| 特定有害物質 | 汚染状態に関する基準 ^(注1) | TD | TR | TC | TS | TP |
|-----------------|----------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| 四塩化炭素 | 0.002 以下 | 0.0002 未満 |
| 1,2-ジクロロエタン | 0.004 以下 | 0.0004 未満 |
| 1,1-ジクロロエチレン | 0.02 以下 | 0.002 未満 |
| シス-1,2-ジクロロエチレン | 0.04 以下 | 0.004 未満 |
| 1,3-ジクロロプロペン | 0.002 以下 | 0.0002 未満 |
| ジクロロメタン | 0.02 以下 | 0.002 未満 |
| テトラクロロエチレン | 0.01 以下 | 0.0005 未満 |
| 1,1,1-トリクロロエタン | 1.0 以下 | 0.001 未満 |
| 1,1,2-トリクロロエタン | 0.006 以下 | 0.0006 未満 |
| トリクロロエチレン | 0.03 以下 | 0.002 未満 |
| ベンゼン | 0.01 以下 | 0.001 未満 |
| カドミウム | 0.01 以下 | 0.001 未満 |
| 六価クロム化合物 | 0.05 以下 | 0.01 未満 | 0.01 | 0.01 未満 | 0.01 未満 | 0.01 |
| シアン化合物 | 検出されないこと | 検出されず | 検出されず | 検出されず | 検出されず | 検出されず |
| 水銀 | 検出されないこと ^(注2) | 0.0005 未満 |
| セレン | 0.01 以下 | 0.002 未満 |
| 鉛 | 0.01 以下 | 0.005 未満 | 0.005 未満 | 0.005 未満 | 0.005 未満 | 0.005 |
| 砒素 | 0.01 以下 | 0.009 | 0.009 | 0.009 | 0.009 | 0.005 未満 |
| ふっ素 | 0.8 以下 | 0.14 | 0.10 | 0.15 | 0.39 | 1.4 |
| ほう素 | 1.0 以下 | 0.13 | 0.08 | 0.16 | 0.04 | 0.02 未満 |
| シマジン | 0.003 以下 | 0.0003 未満 |
| チオベンカルブ | 0.02 以下 | 0.002 未満 |
| チウラム | 0.006 以下 | 0.0006 未満 |
| ポリ塩化ビフェニル (PCB) | 検出されないこと | 検出されず | 検出されず | 検出されず | 検出されず | 検出されず |
| 有機りん化合物 | 検出されないこと | 検出されず | 検出されず | 検出されず | 検出されず | 検出されず |

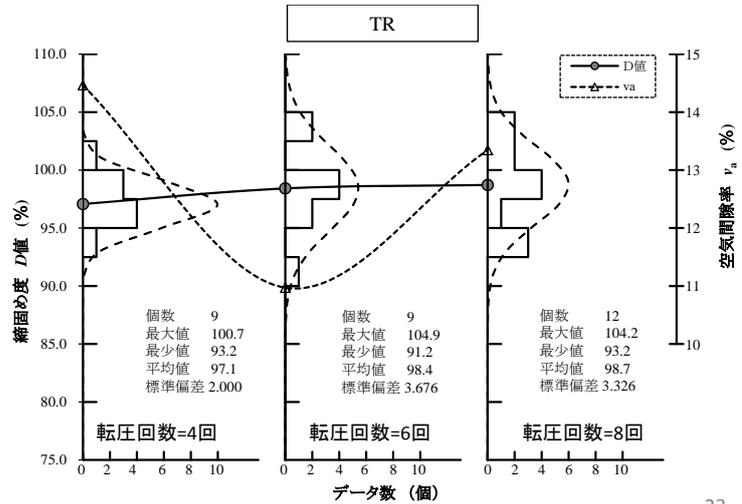
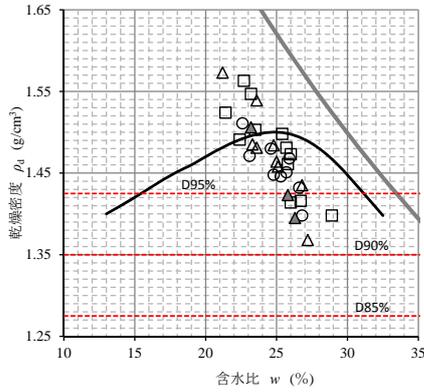
現地転圧試験(1)



現地転圧試験(2)



現地転圧試験(3)



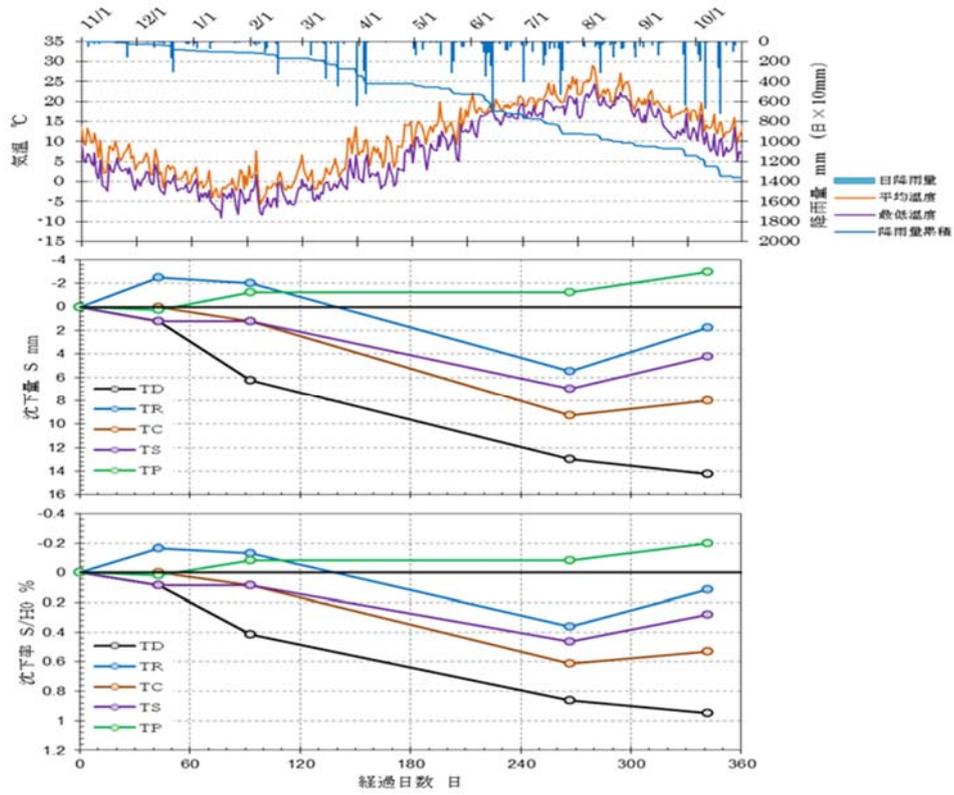
23

モニタリング調査項目

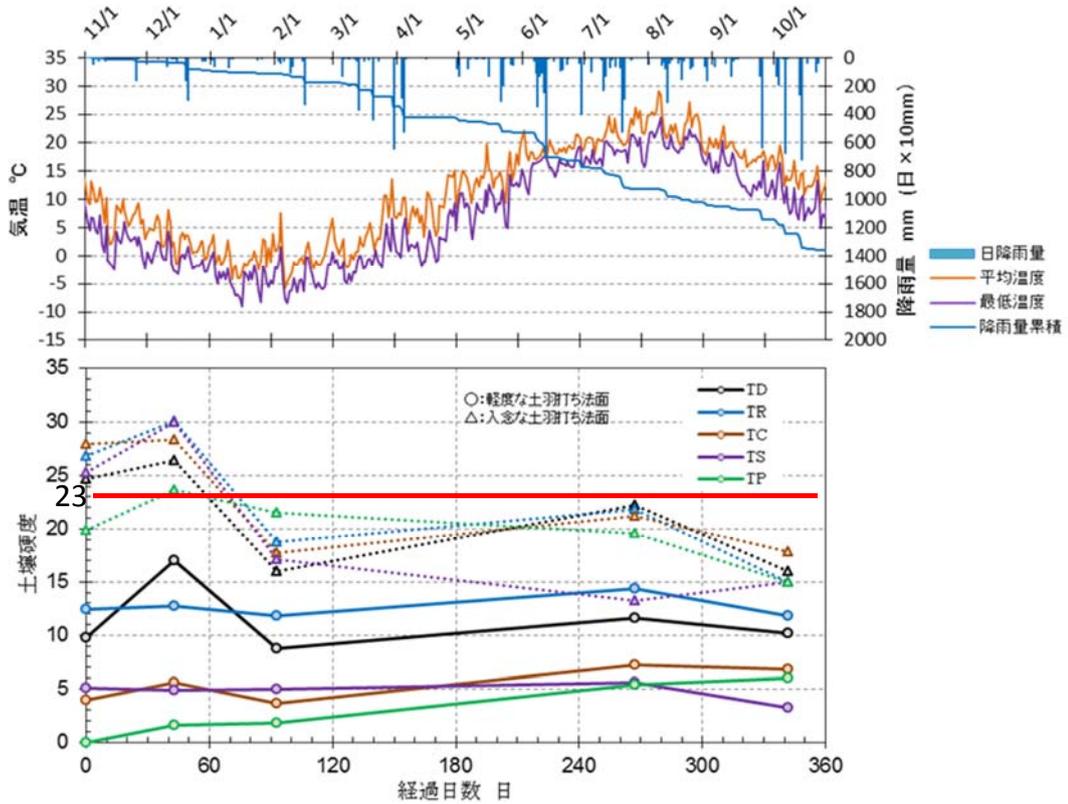
- ・**沈下量測定**: 天端4測点のレベル測量による沈下量の計測。
- ・**土壌硬度**: 貫入式土壌硬度計を用い検証盛土法面(東面:軽度な土羽うち法面, 北面:入念な土羽打ち法面)の土壌硬度の計測。
- ・**植生調査**: 検証盛土での植生・植被の調査。
- ・**現場CBR試験**: 検証盛土天端でJIS A 1222に準拠して実施。
- ・**土懸濁液のpH試験**: JGS 0211に準拠し実施した。検体は、軽度な土羽打ち法面に対し表層・GL-0.1m・GL-0.3mの3地点から採取。
- ・**浸出水の分析**: 検証盛土に設けた底設暗渠に連結した貯留水の水質調査(平成15年3月6日環境省告示第17号)。

24

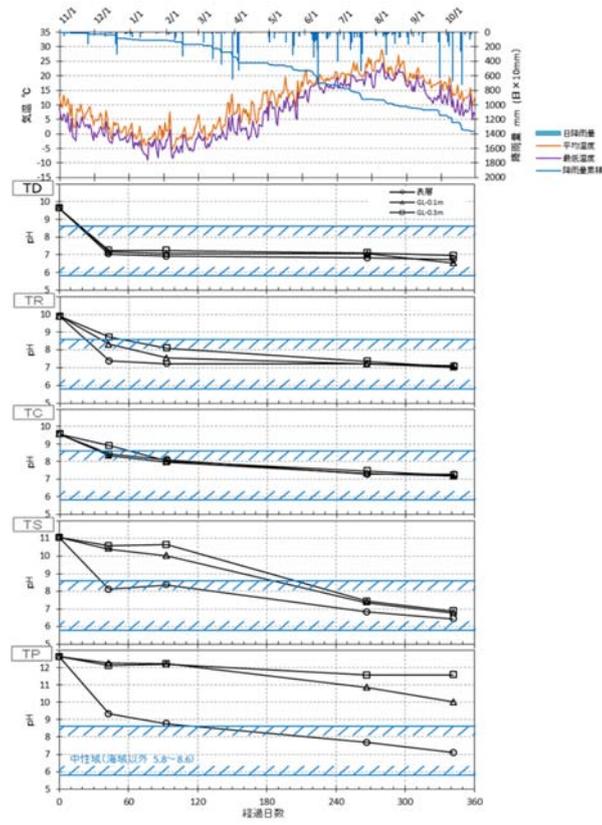
モニタリング結果(1)



モニタリング結果(2)



モニタリング結果(3)



27

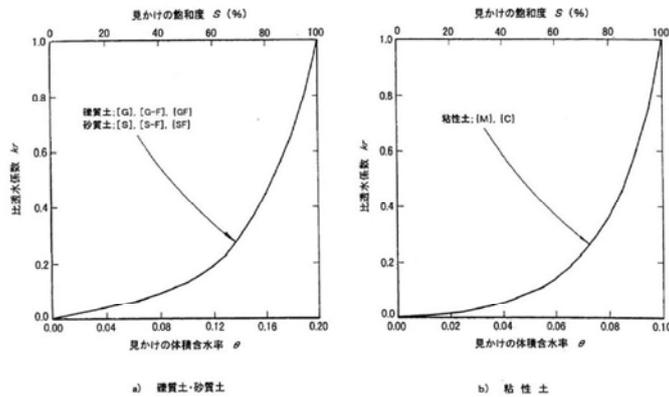
モニタリング結果(4)

| | 撮影日 : H26. 7. 24 | 撮影日 : H26. 10. 7 | 主な植生 |
|----|------------------|------------------|--|
| TD | | | アカバナ科 イネ科 タデ科 ナス科 その他 |
| TR | | | アカバナ科 ツユクサ科 イネ科 タデ科 カツヤグサ科 ヤマゴボウ科 キク科 その他 |
| TC | | | イネ科 アカザ科 キク科 その他 |
| TS | | | ウリ科 カツヤグサ科 その他 |
| TP | | | 苔類 |

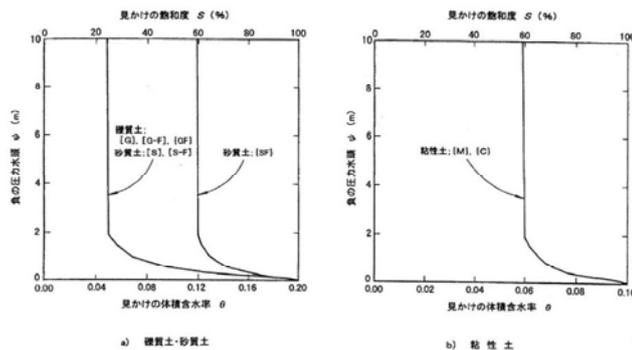
28

飽和透水係数及び比貯留係数

| 名称 | | 飽和透水係数 (m/s) | | 比貯留係数 | 備考 |
|-------|----|------------------------|------------------------|-----------------------|--------------|
| | | kv | kh | 1/m | |
| 盛土 | TD | 8.30×10^{-9} | 2.08×10^{-7} | 1.00×10^{-3} | 津波堆積土 |
| | TR | 3.40×10^{-8} | 8.50×10^{-7} | 1.00×10^{-3} | + 碎石 碎石 |
| | TC | 5.60×10^{-9} | 1.40×10^{-7} | 1.00×10^{-3} | + 石炭灰 |
| | TS | 2.40×10^{-8} | 6.00×10^{-7} | 1.00×10^{-3} | + 製鋼スラグ |
| | TP | 1.60×10^{-6} | 4.00×10^{-5} | 1.00×10^{-3} | + 製紙スラッジ 焼却灰 |
| ドレーン | | 1.00×10^{-5} | 2.50×10^{-4} | 1.00×10^{-4} | 碎石 |
| 遮水シート | | 1.00×10^{-11} | 1.00×10^{-11} | 1.00×10^{-3} | |
| 基礎地盤 | | 1.00×10^{-5} | 2.50×10^{-4} | 1.00×10^{-4} | 碎石 |

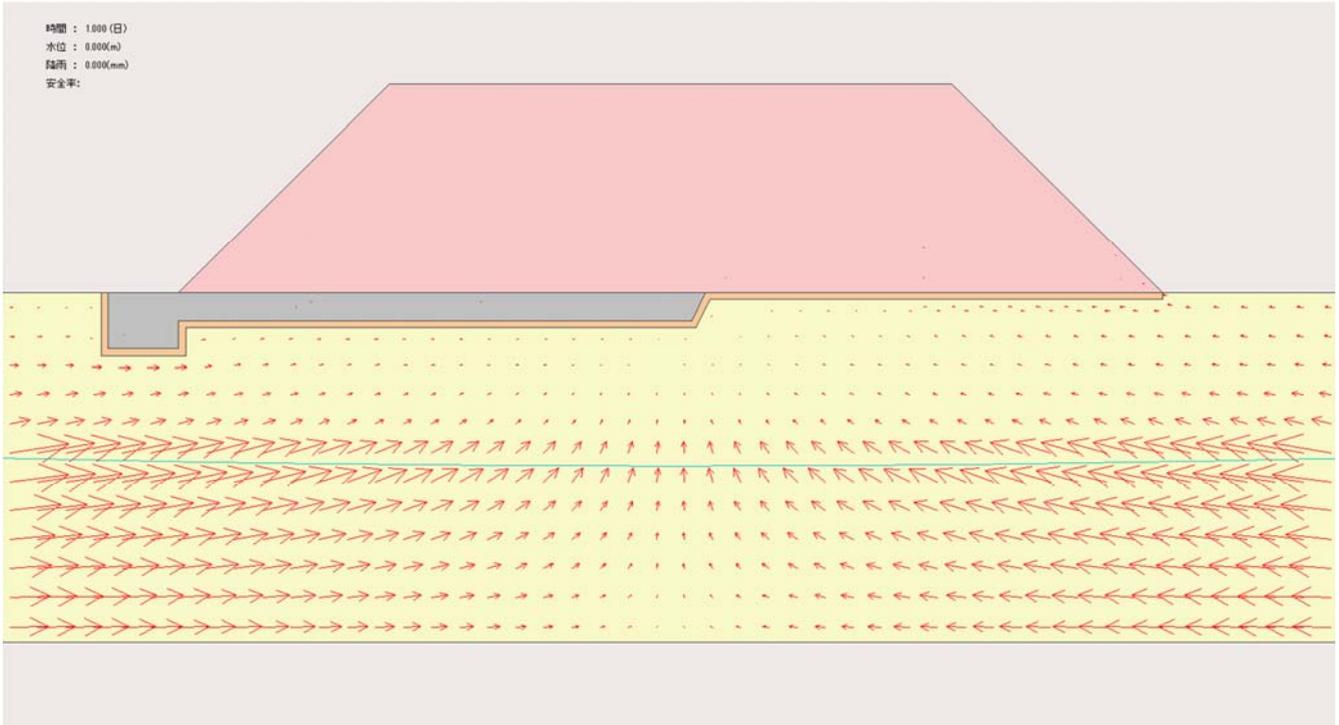


浸透流計算に用いた体積含水率と比透水係数の関係

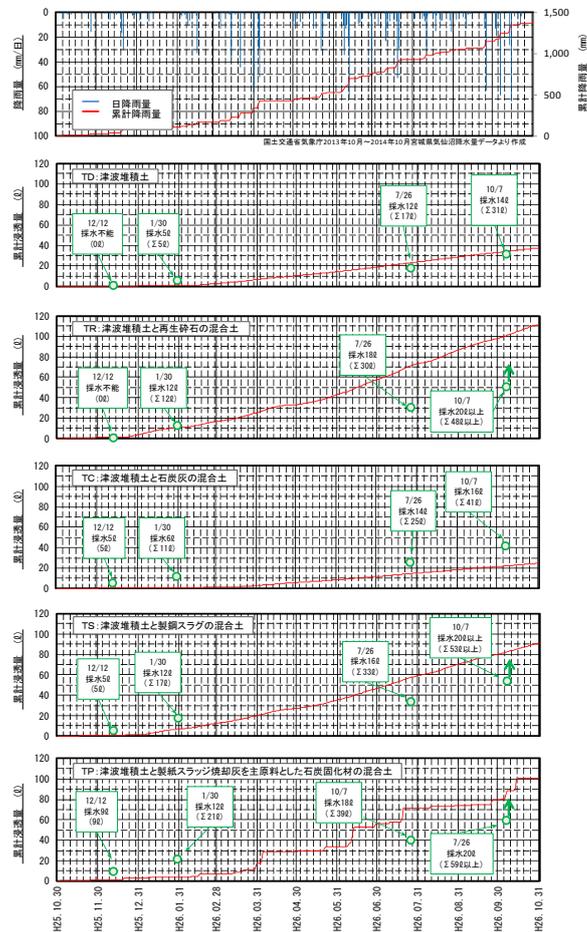


浸透流計算に用いた体積含水率と負の圧力水頭の関係

降雨浸透解析(動画)



33



34

環境安全性 (浸出水の分析)

| 特定有害物質 | | 指定基準 ¹⁾ |
|---------------------|--------------|--------------------------------------|
| | | 地下水基準 (mg/L) |
| 第2種特定有害物質 (重金属等) | カドミウム及びその化合物 | 0.01 以下 |
| | 六価クロム化合物 | 0.05 以下 |
| | 水銀及びその化合物 | 水銀が0.0005 以下、かつ、 アルキル水銀が検出されないこと。 |
| | セレン及びその化合物 | 0.01 以下 |
| | 鉛及びその化合物 | 0.01 以下 |
| | 砒素及びその化合物 | 0.01 以下 |
| | ふっ素及びその化合物 | 0.8 以下 |
| ほう素及びその化合物 | 1 以下 | |
| 汚濁指標 | 水素イオン濃度 (pH) | 5.8~8.6 (排水基準) 6.0~7.5 (農業用水基準) |
| | 電気伝導率 (EC) | 0.3 mS/cm 以下 (農業用水基準) |
| | 全有機炭素 (TOC) | 3 以下 (水道水質基準) |

35

モニタリング結果(6)

| 分析項目名 | 単位 | TD | | | | | | | | | | TS | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----------|-------|--|----------|------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|------------|-----------|------------|-----------|------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|------------|-----------|-----------|-----------|
| | | 2013/10/30 | | 2013/12/17 | | 2014/1/30 | | 2014/8/26 | | 2014/10/8 | | 2014/10/25 | | 2013/10/30 | | 2013/12/17 | | 2014/1/30 | | 2014/8/26 | | 2014/10/8 | | 2014/10/25 | | | |
| | | 土壌汚染対策法 地下水基準 | 浸出試験 | 検出濃度 | 検出濃度 | 検出濃度 | 検出濃度 | 検出濃度 | 検出濃度 | 検出濃度 | 検出濃度 | 検出濃度 | 検出濃度 | 検出濃度 | 浸出試験 | 検出濃度 | 検出濃度 | 検出濃度 | 検出濃度 | 検出濃度 | 検出濃度 | 検出濃度 | 検出濃度 | 検出濃度 | 検出濃度 | 検出濃度 | |
| カドミウム | mg/L | 0.01 以下 | 0.001 | 0.0003未満 | 0.0003未満 | 0.0003未満 | 0.0003未満 | 0.0003未満 | 0.0003未満 | 0.0003未満 | 0.0003未満 | 0.0003未満 | 0.0003未満 | 0.001未満 | 0.0003未満 | 0.0003未満 | 0.0003未満 | 0.0003未満 | 0.0003未満 | 0.0003未満 | 0.0003未満 | 0.0003未満 | 0.0003未満 | 0.0003未満 | 0.0003未満 | 0.0003未満 | |
| 鉛 | mg/L | 0.01 以下 | 0.005未満 | 0.005未満 | 0.005未満 | 0.005未満 | 0.005未満 | 0.005未満 | 0.005未満 | 0.005未満 | 0.005未満 | 0.005未満 | 0.005未満 | 0.001未満 | 0.0003未満 | 0.0003未満 | 0.0003未満 | 0.0003未満 | 0.0003未満 | 0.0003未満 | 0.0003未満 | 0.0003未満 | 0.0003未満 | 0.0003未満 | 0.0003未満 | 0.0003未満 | |
| 六価クロム化合物 | mg/L | 0.05 以下 | 0.01未満 | 0.01未満 | 0.01未満 | 0.01未満 | 0.01未満 | 0.01未満 | 0.01未満 | 0.01未満 | 0.01未満 | 0.01未満 | 0.01未満 | 0.005未満 | 0.005未満 | 0.005未満 | 0.005未満 | 0.005未満 | 0.005未満 | 0.005未満 | 0.005未満 | 0.005未満 | 0.005未満 | 0.005未満 | 0.005未満 | 0.005未満 | |
| 砒素 | mg/L | 0.01 以下 | 0.005 | 0.005 | 0.005 | 0.005 | 0.005 | 0.005 | 0.005 | 0.005 | 0.005 | 0.005 | 0.005 | 0.009 | 0.010 | 0.005未満 | 0.005未満 | 0.005未満 | 0.005未満 | 0.005未満 | 0.005未満 | 0.005未満 | 0.005未満 | 0.005未満 | 0.005未満 | 0.005 | |
| 水銀 | mg/L | 0.0005 以下 | 0.0005未満 | 0.0005未満 | 0.0005未満 | 0.0005未満 | 0.0005未満 | 0.0005未満 | 0.0005未満 | 0.0005未満 | 0.0005未満 | 0.0005未満 | 0.0005未満 | 0.0005未満 | 0.0005未満 | 0.0005未満 | 0.0005未満 | 0.0005未満 | 0.0005未満 | 0.0005未満 | 0.0005未満 | 0.0005未満 | 0.0005未満 | 0.0005未満 | 0.0005未満 | 0.0005未満 | |
| セレン | mg/L | 0.01 以下 | 0.002未満 | 0.002 | 0.002 | 0.002未満 | 0.002 | 0.002 | 0.002 | 0.002 | 0.002 | 0.002 | 0.002 | 0.002 | 0.004 | 0.002未満 | 0.002 | 0.002 | 0.002 | 0.002 | 0.002 | 0.002 | 0.002 | 0.002 | 0.002 | 0.002 | |
| ふっ素 | mg/L | 0.8 以下 | 0.14 | 0.08 | 0.08 | 0.08 | 0.08 | 0.08 | 0.08 | 0.08 | 0.08 | 0.08 | 0.08 | 0.08 | 0.08 | 0.08 | 0.08 | 0.08 | 0.08 | 0.08 | 0.08 | 0.08 | 0.08 | 0.08 | 0.08 | 0.08 | |
| ほう素 | mg/L | 1.0 以下 | 0.13 | 0.07 | 0.07 | 0.07 | 0.07 | 0.07 | 0.07 | 0.07 | 0.07 | 0.07 | 0.07 | 0.04 | 0.13 | 0.05 | 0.05 | 0.05 | 0.05 | 0.05 | 0.05 | 0.05 | 0.05 | 0.05 | 0.05 | 0.05 | |
| 水素イオン濃度 | - | 5.8~8.6 (排水基準) 6.0~7.5 (農業用水基準) | 9.6 | 6.9(23°C) | 6.9(23°C) | 7.6(23°C) | 7.3(23°C) | 7.3(23°C) | 7.3(23°C) | 7.3(23°C) | 7.3(23°C) | 7.3(23°C) | 7.3(23°C) | 8.9 | 6.9(23°C) | 7.6(23°C) | 7.3(23°C) | 7.3(23°C) | 7.3(23°C) | 7.3(23°C) |
| 電気伝導率 | mS/cm | 30~50 以下 (農業用水基準) | - | 680 | 170 | 350 | 350 | 350 | 350 | 350 | 350 | 350 | 350 | - | 680 | 170 | 500 | 500 | 500 | 500 | 500 | 500 | 500 | 500 | 500 | 500 | 500 |
| 有機炭素(TOC) | mg/L | 3以下 (水道水質基準) | - | 120 | 9 | 35 | 35 | 35 | 35 | 35 | 35 | 35 | 35 | - | 180 | 13 | 85 | 85 | 85 | 85 | 85 | 85 | 85 | 85 | 85 | 85 | 85 |
| 塩化物イオン | mg/L | 200mg/L 以下 (水道水質基準) | - | - | - | - | - | - | 280 | 280 | 280 | 280 | 280 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 520 | 520 | 520 | |

36

モニタリング結果(7)

浸出水の分析

H26.10.25採取

| 分析項目 | 単位 | 土壤汚染対策法 地下水基準 | TD | TR | TC | TS | TP |
|------|------|------------------|------|-----|-----|------|------|
| ほう素 | mg/L | 1以下 | 0.51 | 1.5 | 1.3 | 0.51 | 0.29 |

土壤の分析

H26.10.25採取

| 分析項目 | 単位 | 土壤汚染対策法 地下水基準 | TD | TR | TC | TS | TP |
|------|------|------------------|------|------|------|------|------|
| ほう素 | mg/L | 1以下 | 0.28 | 0.21 | 0.34 | 0.21 | 0.02 |

THANK YOU FOR YOUR KIND
ATTENTION.