㊌第１０回　Ⅱ／４
令和元年１２月２２日

# 高度排水処理施設等における運転管理状況及び今後の運転管理方法

## １．概要

これまでに、「高度排水処理施設等における処理量アップ対策の状況（その２）」（㊌第９回　Ⅱ／２－４）において報告したとおり、高度排水処理施設及び屋外の処理施設で最大 330 ㎥／日の水処理が可能となっている。また、区画㉒㉓㉕㉗㉘㉙㉜㉝の揚水井については、令和元年 10 月から揚水を開始しており、高度排水処理施設等で処理を実施している。

今回、高度排水処理施設等における運転管理状況の報告に加え、第７回豊島廃棄物等処理事業フォローアップ委員会において、永田委員長から、「地下水の排水基準到達までの戦略的な施設運用等を検討」するようコメントがあったことも踏まえ、今後の運転管理方法について検討する。

## ２．高度排水処理施設等における運転管理状況

### （１）高度排水処理施設の運転管理状況

#### ①原水水質

高度排水処理施設で処理を円滑に行うため、原水水質を測定した結果を表１に示す。採水時点で調整槽に入っていた原水は集水井及び揚水井由来であり、いずれもベンゼン等の VOC 類を含んでいるが、調整槽内の曝気処理により、VOC 類は検出されなかった。

表１　調整槽（第３槽）における原水水質の状況(mg/L)

| 検査項目 | 高度排水処理施設<br>調整槽(第3槽)<br>R1.11.11 | 管理基準 |
|---|---|---|
| トリクロロエチレン | <0.01 | 0.1 |
| テトラクロロエチレン | <0.01 | 0.1 |
| ジクロロメタン | <0.02 | 0.2 |
| 四塩化炭素 | <0.002 | 0.02 |
| クロロエチレン | <0.002 | - |
| 1,2-ジクロロエタン | <0.004 | 0.04 |
| 1,1-ジクロロエチレン | <0.02 | 1 |
| シス-1,2-ジクロロエチレン | <0.04 | 0.4 |
| 1,1,1-トリクロロエタン | <0.3 | 3 |
| 1,1,2-トリクロロエタン | <0.006 | 0.06 |
| 1,3-ジクロロプロペン | <0.002 | 0.02 |
| ベンゼン | <0.01 | 0.1 |
| 1,4-ジオキサン | 0.43 | 0.5 |

(備考)検査方法は、平成10年6月16日付け環境庁・厚生省告示第1号に規定する方法による。

### ②処理水の水質

豊島における環境計測及び周辺環境モニタリングマニュアルに基づき、高度排水処理施設の排出口（処理水）を年一回測定している。今回、令和元年 11 月 28 日に採水した結果、表２に示すとおり管理基準を全て満足していた。

**表２　処理水の水質の状況(mg/L)**

| 検査項目 | 高度排水処理施設処理水 | | 管理基準 |
|---|---|---|---|
| | H30.10.30 | R1.11.28 | |
| 水素イオン濃度 (pH) | 7.0 | 7.9 | 5.0～9.0 |
| 化学的酸素要求量 (COD) | 4.2 | 4.1 | 30 |
| 浮遊物質量(SS) | <1 | <1 | 50 |
| 大腸菌群数 | 0 | 0 | 日間平均3000 |
| 油分(ノルマルヘキサン抽出物質含有量) | <0.5 | <0.5 | 30※1 |
| フェノール類含有量 | <0.02 | <0.02 | 5 |
| 銅含有量 | <0.3 | <0.3 | 3 |
| 亜鉛含有量 | <0.5 | <0.5 | 2 |
| 溶解性鉄含有量 | <0.05 | <0.05 | 10 |
| 溶解性マンガン含有量 | <0.4 | <0.4 | 10 |
| クロム含有量 | <0.2 | <0.2 | 2 |
| 窒素含有量 | 40 | 1 | 120 |
| 燐含有量 | <0.1 | 0.1 | 16 |
| カドミウム及びその化合物 | <0.003 | <0.003 | 0.03 |
| シアン化合物 | <0.1 | <0.1 | 1 |
| 鉛及びその化合物 | <0.01 | <0.01 | 0.1 |
| 有機燐化合物 | <0.1 | <0.1 | 1 |
| 六価クロム及びその化合物 | <0.05 | <0.05 | 0.5 |
| 砒素及びその化合物 | <0.01 | <0.01 | 0.1 |
| 水銀及びアルキル水銀その他の水銀化合物 | <0.0005 | <0.0005 | 0.005 |
| アルキル水銀化合物 | <0.0005 | <0.0005 | 検出されないこと |
| PCB | <0.0005 | <0.0005 | 0.003 |
| トリクロロエチレン | <0.01 | <0.01 | 0.1 |
| テトラクロロエチレン | <0.01 | <0.01 | 0.1 |
| ジクロロメタン | <0.02 | <0.02 | 0.2 |
| 四塩化炭素 | <0.002 | <0.002 | 0.02 |
| 1,2-ジクロロエタン | <0.004 | <0.004 | 0.04 |
| 1,1-ジクロロエチレン | <0.02 | <0.02 | 1 |
| シス-1,2-ジクロロエチレン | <0.04 | <0.04 | 0.4 |
| 1,1,1-トリクロロエタン | <0.3 | <0.3 | 3 |
| 1,1,2-トリクロロエタン | <0.006 | <0.006 | 0.06 |
| 1,3-ジクロロプロペン | <0.002 | <0.002 | 0.02 |
| チウラム | <0.006 | <0.006 | 0.06 |
| シマジン | <0.003 | <0.003 | 0.03 |
| チオベンカルブ | <0.02 | <0.02 | 0.2 |
| ベンゼン | <0.01 | <0.01 | 0.1 |
| セレン及びその化合物 | <0.01 | <0.01 | 0.1 |
| ほう素及びその化合物 | 4.0 | 9.1 | 230 |
| ふっ素及びその化合物 | <0.8 | <0.8 | 15 |
| アンモニア、アンモニウム化合物、亜硝酸化合物及び硝酸化合物 | 12 | <10 | 100 |
| 1,4-ジオキサン | <0.05 | <0.05 | 0.5 |
| ニッケル | <0.05 | <0.05 | 0.1 |
| ダイオキシン類 | 0.00020 | 0.000030 | 10 |

(備考)検査方法は、平成10年6月16日付け環境庁・厚生省告示第1号に規定する方法による。
※1　鉱油類にあっては5 mg/Lである。

## （２）屋外の処理施設の運転管理状況

### ①原水水質

調整槽（多目的水槽）における原水水質の状況を表３に示す。屋外の処理施設の運転管理の際は、原水水質を定期的に確認しながら処理を実施しており、引き続き、適切な運転管理を実施していく。

**表３　調整槽（多目的水槽）における原水水質の状況(mg/L)**

| 検査項目 | 調整槽 | | 調整槽(多目的水槽) | | | | | | | | | | 管理基準 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | R1.7.5 | R1.7.18 | R1.7.30 | R1.8.7 | R1.8.20 | R1.9.3 | R1.9.17 | R1.10.1 | R1.10.8 | R1.10.23 | R1.11.19 | R1.11.26 | |
| 化学的酸素要求量(COD) | － | － | 76 | 89 | 77 | 73 | 75 | 70 | 85 | 83 | 71 | 78 | 30 |
| 浮遊物質量(SS) | － | － | 2 | 25 | 11 | 13 | 13 | <1 | － | 38 | 5 | 14 | 50 |
| 油分(ノルマルヘキサン抽出物質含有量) | － | － | 3.1 | 3.5 | 3.0 | 3.1 | 3.5 | 3.6 | － | 3.9 | 3.0 | 3.8 | 30※2 |
| トリクロロエチレン | <0.01 | <0.01 | <0.01 | <0.01 | <0.01 | 0.04 | <0.01 | <0.01 | <0.01 | <0.01 | <0.01 | <0.01 | 0.1 |
| テトラクロロエチレン | － | － | <0.01 | <0.01 | <0.01 | <0.01 | <0.01 | <0.01 | <0.01 | <0.01 | <0.01 | <0.01 | 0.1 |
| ジクロロメタン | － | － | <0.02 | <0.02 | <0.02 | <0.02 | <0.02 | <0.02 | <0.02 | <0.02 | <0.02 | <0.02 | 0.2 |
| 四塩化炭素 | － | － | <0.002 | <0.002 | <0.002 | <0.002 | <0.002 | <0.002 | <0.002 | <0.002 | <0.002 | <0.002 | 0.02 |
| クロロエチレン | <0.002 | <0.002 | <0.002 | <0.002 | <0.002 | 0.002 | <0.002 | <0.002 | <0.002 | <0.002 | <0.002 | <0.002 | － |
| 1,2-ジクロロエタン | － | － | <0.004 | <0.004 | <0.004 | <0.004 | 0.007 | <0.004 | <0.004 | <0.004 | <0.004 | <0.004 | 0.04 |
| 1,1-ジクロロエチレン | － | － | <0.02 | <0.02 | <0.02 | <0.02 | <0.02 | <0.02 | <0.02 | <0.02 | <0.02 | <0.02 | 1 |
| シス-1,2-ジクロロエチレン | <0.04 | <0.04 | <0.04 | <0.04 | <0.04 | <0.04 | <0.04 | <0.04 | <0.04 | <0.04 | <0.04 | <0.04 | 0.4 |
| 1,1,1-トリクロロエタン | － | － | <0.3 | <0.3 | <0.3 | <0.3 | <0.3 | <0.3 | <0.3 | <0.3 | <0.3 | <0.3 | 3 |
| 1,1,2-トリクロロエタン | － | － | <0.006 | <0.006 | <0.006 | <0.006 | <0.006 | <0.006 | <0.006 | <0.006 | <0.006 | <0.006 | 0.06 |
| 1,3-ジクロロプロペン | － | － | <0.002 | <0.002 | <0.002 | <0.002 | <0.002 | <0.002 | <0.002 | <0.002 | <0.002 | <0.002 | 0.02 |
| ベンゼン | <0.01 | <0.01 | <0.01 | <0.01 | <0.01 | <0.01 | <0.01 | <0.01 | <0.01 | <0.01 | <0.01 | <0.01 | 0.1 |
| 1,4-ジオキサン | 0.38 | 0.50 | 0.48 | 0.49 | 0.47 | 0.50 | 0.49 | 0.46 | 0.49 | 0.49 | 0.39 | 0.43 | 0.5 |

(備考)検査方法は、平成10年6月16日付け環境庁・厚生省告示第1号に規定する方法による。

※1　黄色は管理基準超過である。

※2　鉱油類にあっては5 mg/Lである。

### ②処理水の水質

活性炭吸着塔処理水の水質の状況については、表４に示すとおりである。

処理水については、CODの簡易水質検査（パックテスト）又は簡易測定機による水質検査を毎日実施するとともに、簡易水質検査等でCODが20mg/L程度となった場合には公定法による水質検査を実施し、管理基準を満足することを確認している。1,4-ジオキサンについても定期的に水質検査を実施し、管理基準を満足することを確認している。

**表４　活性炭吸着塔における処理水の水質の状況(mg/L)**

| 検査項目 | 屋外処理施設 活性炭吸着塔後 | | | | | | | | | | | | | 管理基準 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | R1.5.14 | R1.7.11 | R1.7.18 | R1.7.30※3 | R1.8.7 | R1.8.20 | R1.9.3 | R1.9.17 | R1.10.1※3 | R1.10.8 | R1.10.23 | R1.11.19 | R1.11.26 | |
| 化学的酸素要求量(COD) | 16 | - | 36 | 5.3 | 7.5 | 10 | 19 | 27 | 4.0 | 5.8 | 16 | 6.5 | 20 | 30 |
| 浮遊物質量(SS) | <1 | - | 2.2 | <1 | <1 | <1 | <1 | <1 | <1 | - | <1 | 1 | <1 | 50 |
| 油分(ノルマルヘキサン抽出物質含有量) | 0.5 | - | 2.3 | <0.5 | <0.5 | <0.5 | <0.5 | 0.7 | <0.5 | - | 0.5 | <0.5 | 1.5 | 30※2 |
| トリクロロエチレン | <0.01 | <0.01 | <0.01 | <0.01 | <0.01 | <0.01 | <0.01 | <0.01 | <0.01 | <0.01 | <0.01 | <0.01 | <0.01 | 0.1 |
| テトラクロロエチレン | <0.01 | - | <0.01 | <0.01 | <0.01 | <0.01 | <0.01 | <0.01 | <0.01 | <0.01 | <0.01 | <0.01 | <0.01 | 0.1 |
| ジクロロメタン | <0.02 | - | <0.02 | <0.02 | <0.02 | <0.02 | <0.02 | <0.02 | <0.02 | <0.02 | <0.02 | <0.02 | <0.02 | 0.2 |
| 四塩化炭素 | <0.002 | - | <0.002 | <0.002 | <0.002 | <0.002 | <0.002 | <0.002 | <0.002 | <0.002 | <0.002 | <0.002 | <0.002 | 0.02 |
| クロロエチレン | <0.002 | <0.002 | <0.002 | <0.002 | <0.002 | <0.002 | <0.002 | <0.002 | <0.002 | <0.002 | <0.002 | <0.002 | <0.002 | - |
| 1,2-ジクロロエタン | <0.004 | - | <0.004 | <0.004 | <0.004 | <0.004 | <0.004 | <0.004 | <0.004 | <0.004 | <0.004 | <0.004 | <0.004 | 0.04 |
| 1,1-ジクロロエチレン | <0.02 | - | <0.02 | <0.02 | <0.02 | <0.02 | <0.02 | <0.02 | <0.02 | <0.02 | <0.02 | <0.02 | <0.02 | 1 |
| シス-1,2-ジクロロエチレン | <0.04 | <0.04 | <0.04 | <0.04 | <0.04 | <0.04 | <0.04 | <0.04 | <0.04 | <0.04 | <0.04 | <0.04 | <0.04 | 0.4 |
| 1,1,1-トリクロロエタン | <0.3 | - | <0.3 | <0.3 | <0.3 | <0.3 | <0.3 | <0.3 | <0.3 | <0.3 | <0.3 | <0.3 | <0.3 | 3 |
| 1,1,2-トリクロロエタン | <0.006 | - | <0.006 | <0.006 | <0.006 | <0.006 | <0.006 | <0.006 | <0.006 | <0.006 | <0.006 | <0.006 | <0.006 | 0.06 |
| 1,3-ジクロロプロペン | <0.002 | - | <0.002 | <0.002 | <0.002 | <0.002 | <0.002 | <0.002 | <0.002 | <0.002 | <0.002 | <0.002 | <0.002 | 0.02 |
| ベンゼン | <0.01 | <0.01 | <0.01 | <0.01 | <0.01 | <0.01 | <0.01 | <0.01 | <0.01 | <0.01 | <0.01 | <0.01 | <0.01 | 0.1 |
| 1,4-ジオキサン | 0.42 | 0.48 | 0.50 | <0.05 | <0.05 | 0.47 | 0.49 | 0.49 | <0.05 | 0.49 | 0.48 | <0.05 | 0.40 | 0.5 |

(備考)検査方法は、平成10年6月16日付け環境庁・厚生省告示第1号に規定する方法による。

※1　黄色は管理基準超過である。

※2　鉱油類にあっては5 mg/Lである。

※3　試運転時の処理水質であり、外部放流はしていない。

※4　累計処理水量を目安に活性炭を交換しており、R1.9.30交換時は累計5,759㎥、R1.11.15交換時は累計3,890㎥、であった。交換時期を表中の二重線で示している。

## ３．現在及び今後の運転管理方法

### （１）処理水の循環利用

現在、高度排水処理施設等に関して地下水の排水基準到達までの戦略的な施設運用等の検討を行っている。詳細については「今後の地下水浄化対策の進め方（その４）」（水第10回Ⅱ／５－３）で後述するが、図１に示すイメージを基本として、高度排水処理施設の処理水や屋外の活性炭吸着塔の処理水等を処分地に注水して循環利用することにより地下水浄化対策を促進するための検討を行い、順次実施している。

具体的には、令和元年10月に揚水井による浄化対策エリア（図１参照）に揚水井を設置し、揚水能力を強化したことに加え、今年度は降雨量が少なかったことに伴って処分地内の地下水位が徐々に低下しており、今後も乾季に入り、まとまった降雨量が見込めない状況であることを踏まえ、高度排水処理施設の処理水の全量を、令和元年11月６日から循環利用している。

また、屋外の活性炭吸着塔の処理水についても同様に、令和元年12月４日から試験を開始しており、揚水中のＣＯＤやベンゼン等を除去した上で、処理水の全量を処分地に注水して循環利用している。

なお、今後、再び処理水の一部又は全量を外部放流することとなった際には、高度排水処理施設運転・維持管理マニュアル等に従い、管理基準を満足することを確認して放流する。

図１　地下水浄化対策実施時の処理水の循環利用のイメージ

## （２）高度排水処理施設の処理能力増強の検討

現在、高度排水処理施設は設置から約 17 年が経過しており、経年劣化から、凝集膜ろ過装置については薬品洗浄を実施しても機能が十分に回復しない状況が顕著となっている。また、凝集膜ろ過装置の前後でのＣＯＤの除去率も 12%程度（原水 52mg/L に対し処理水 46mg/L）となっている。

この対策として、膜を更新する方法や、砂ろ過装置等を設置し処理水の一部をバイパスさせる方法等が考えられるため、現在、検討を進めている。

特に、砂ろ過装置等を設置して処理水の一部をバイパスさせる方法では、処理能力を 80 $m^3$／日から 130$m^3$／日に増強でき、これに伴って後段の UV オゾン装置における処理量もアップできる可能性があるため、1,4-ジオキサンの地下水浄化対策としても有効であると考えられる。

今後、凝集膜ろ過装置の状況や、砂ろ過装置等を設置し処理水の一部をバイパスさせる方法等の検討結果を踏まえ、効果が確認できたものについては積極的に実施し、高度排水処理施設の処理能力を増強していく。

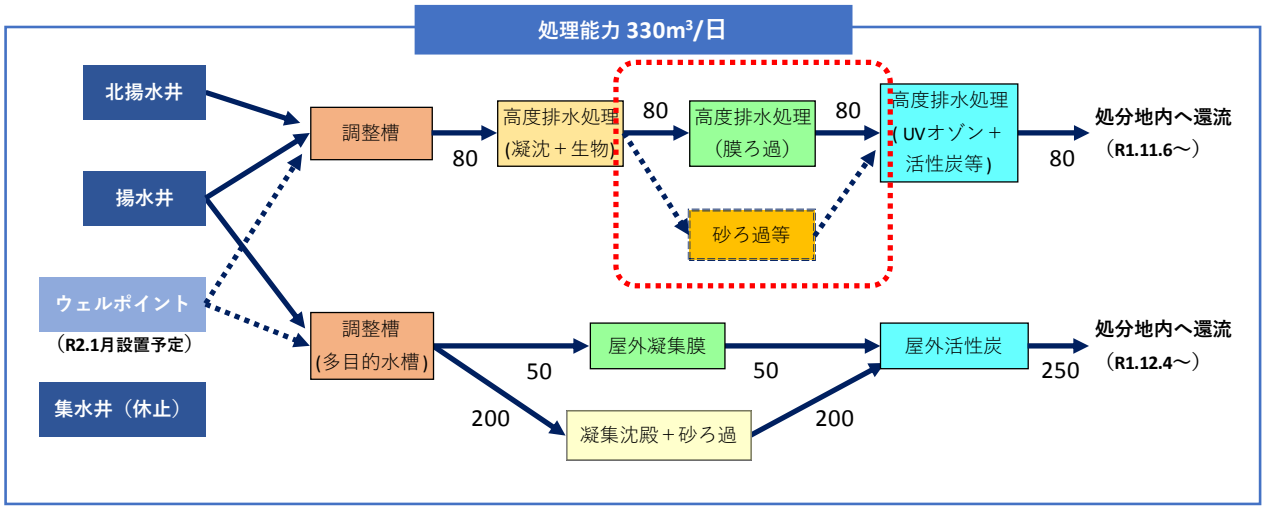



図２　高度排水処理施設等の処理フロー

㊌第 10 回 Ⅱ／５－1
令和元年１２月２２日

# 電気発熱法による浄化対策の検討結果

## １．概要

電気発熱法による浄化対策の結果及びその評価については、（水第９回Ⅱ／３）において報告した。検討会での審議の結果、電気発熱法による浄化対策により 1,4－ジオキサンが物理的に回収され、土壌中の 1,4－ジオキサン濃度が基準値以下にまで低下することは確認されたが、水質モニタリングの結果において、排水基準以下になることが確認できていないことが課題とされた。その要因としては、地下水流向上流側からの汚染地下水の流入の影響が考えられるため、図１に示す通り、地下水流向上流側に遮水矢板を設置するとともに、沖積下部を対象とした観測井戸を設置し（図２参照）、水蒸気回収を継続することとした。

今回は、地下水モニタリングにおける 1,4－ジオキサンの濃度変化とともに、熱活性過硫酸に注入より濃度上昇した鉛に対する継続監視結果を報告する。

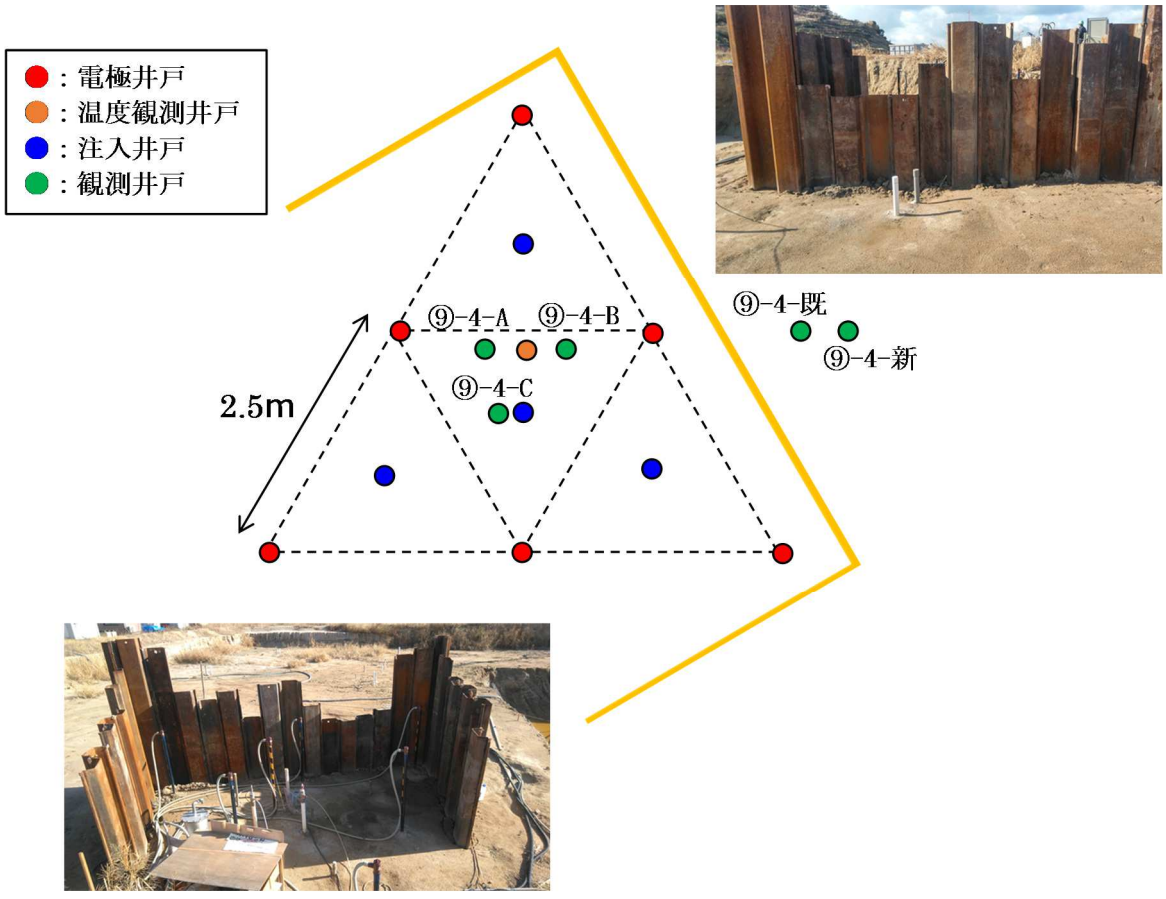



図１　⑨-4 における遮水矢板設置状況

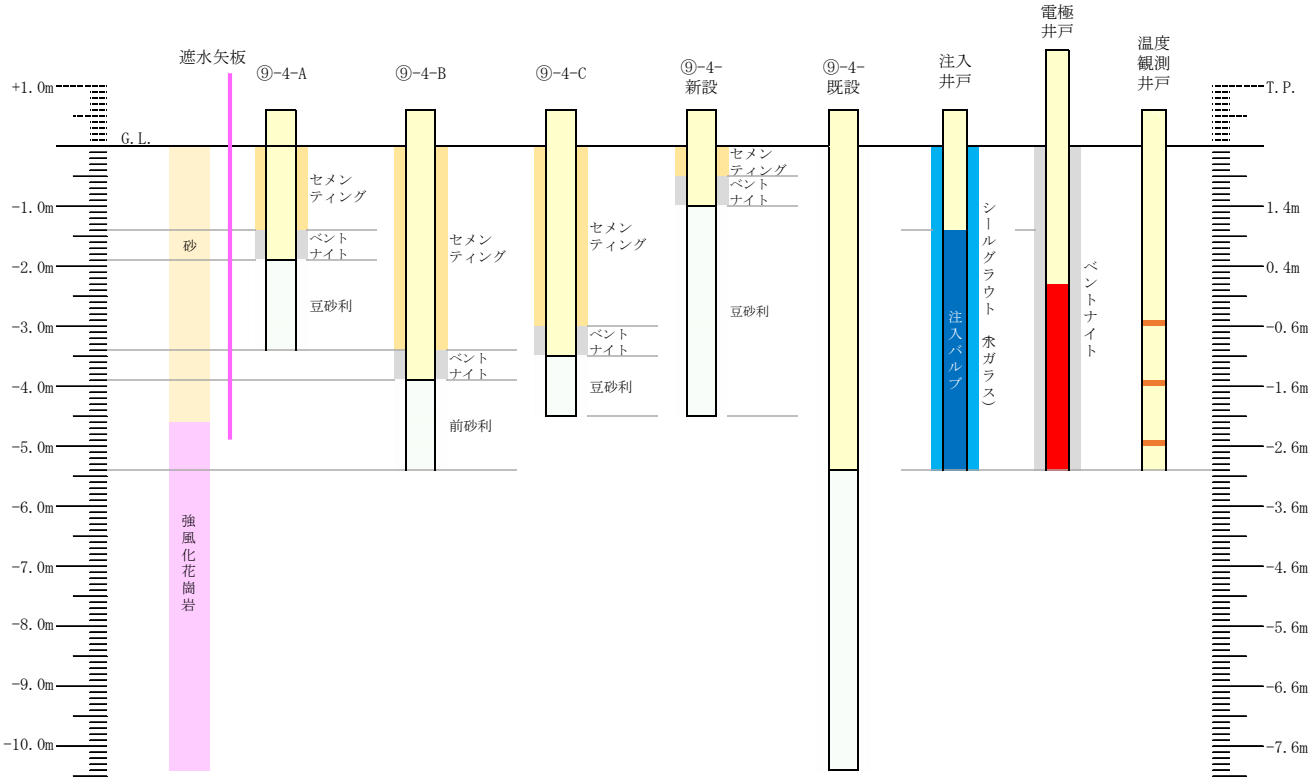



**図２　観測井戸等の断面構造**

## ２．対策内容

図１に示す通り 2.5m間隔に設置した電極井戸（●）に通電し、土壌温度を昇温するとともに、観測井戸（●）から、ガス吸引（水蒸気回収）を実施することで、水蒸気回収の効果について検証した。また、熱活性過硫酸による効果を確認するため、注入井戸（●）から、過硫酸ナトリウムの注入を令和元年 8 月 26 日～28 日に実施した。酸化剤注入後は、ガス吸引は停止した。その後、10 月 3 日よりガス吸引（水蒸気回収）を再開し、検討会での審議結果を踏まえ、10 月 31 日に遮水矢板の設置を完了した。更に 11 月 11 日からは通電エリア外からの汚染地下水の流入を防止するため、地下水位を下げないように真空圧を調整し水蒸気の回収を行った。

## ３．土壌温度及び 1,4－ジオキサン回収量の推移

令和元年 6 月 24 日から連続通電を開始した。通電後の土壌温度の推移を図 3 に示す。

過硫酸ナトリウム注入前（令和元年 8 月 26 日）までは、発熱シミュレーション結果と大きな違いはなく、計画通りに昇温した。

一方、過硫酸ナトリウム注入後は、土壌（地下水）の比抵抗値が極端に低下し、一旦は、今回の電源装置では印加電圧を上げることができなくなり、土壌温度を一定に保つのが限界となった。その後、過硫酸ナトリウムの影響が小さくなり、比抵抗値も徐々に上昇し、昇温が可能となった。

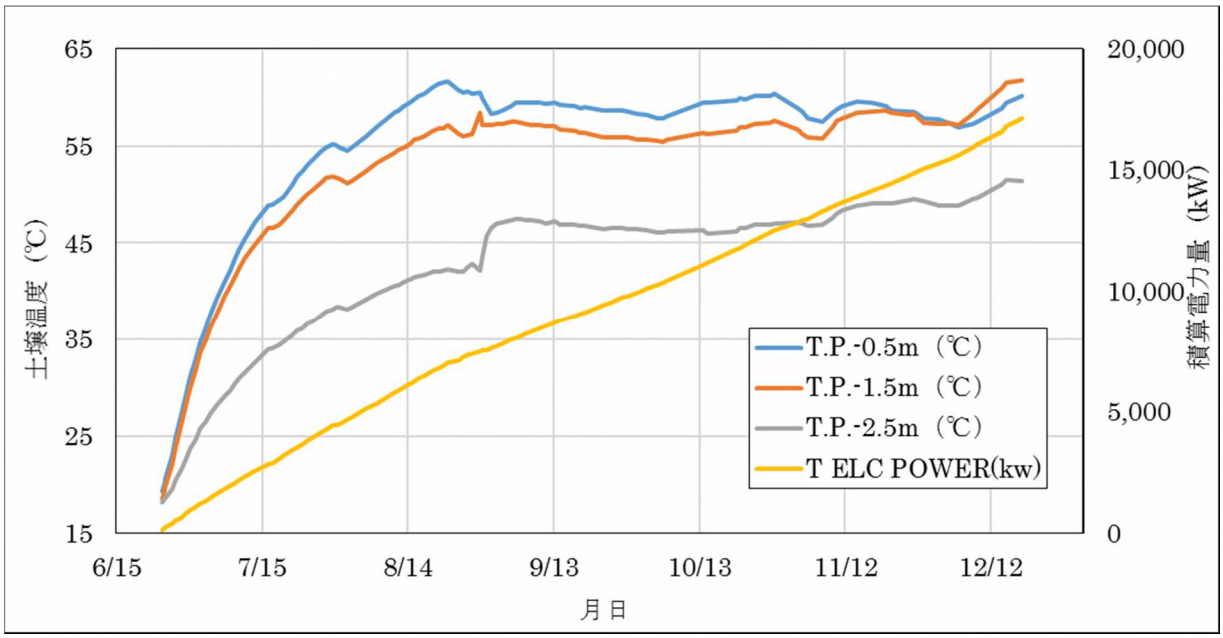



図３　区画⑨-4 における通電開始後の土壌温度及び積算電力量の推移

気液分離水回収量と土壌温度の推移を図４、気液分離水中の 1,4－ジオキサン濃度と回収量の推移を図５に示す。

当初、気液分離水の発生量自体もほとんどなかったが、土壌温度が 35℃程度以上となってからは、ほぼ一定の速度で気液分離水を回収することができた。なお、遮水矢板設置後については、発熱エリア外からの地下水の流入を防止するため、地下水位を下げないように真空圧を調整したため、気液分離水自体の回収量が減った。

次に気液分離水中の 1,4－ジオキサン濃度は、土壌温度の上昇に伴い一旦上昇した後、徐々に低下し約 1.5 ヵ月で発熱前の 27%にまで低下した。また、ガス吸引（水蒸気回収）再開後には、徐々に濃度低下し、最終の 12 月 4 日には、0.83mg/L となった。

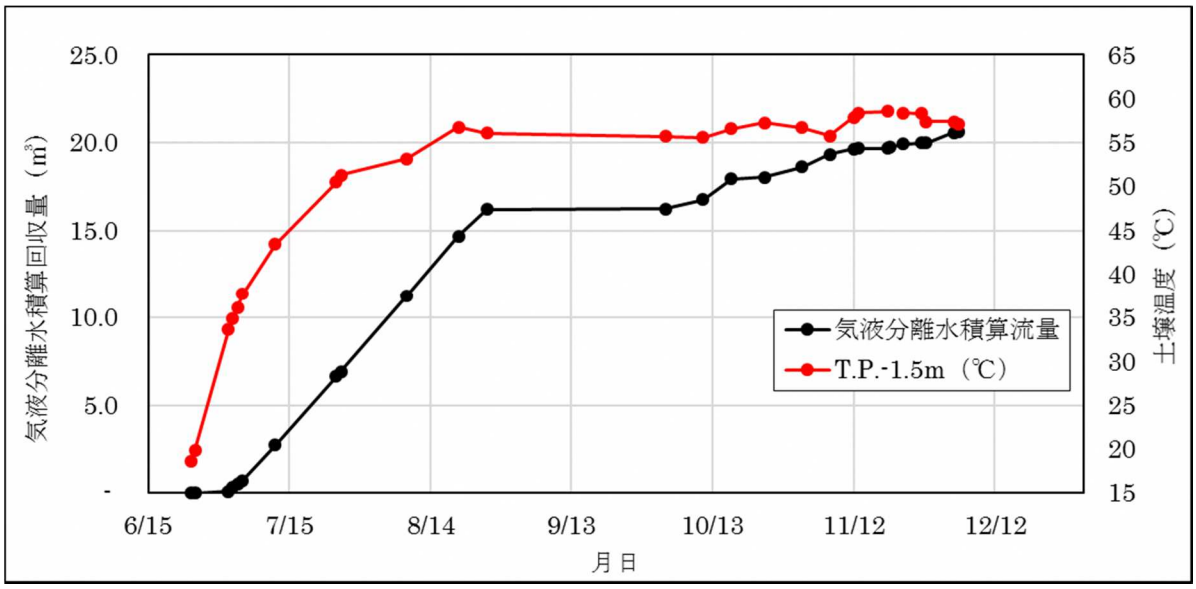



図４　気液分離水回収量と土壌温度の推移

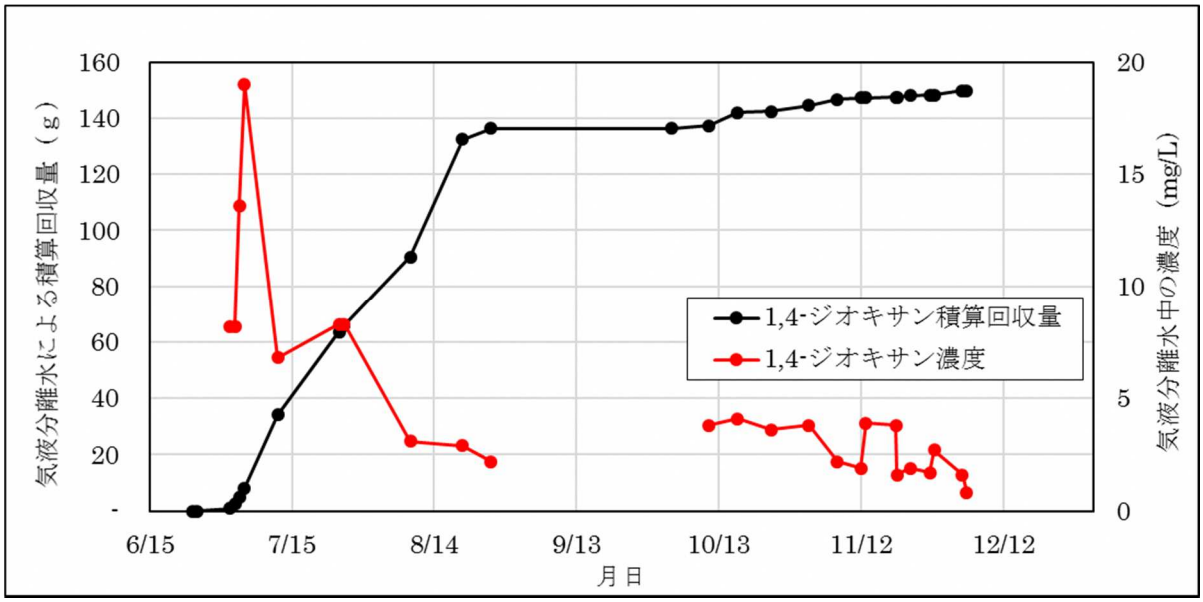



図５　気液分離水中の 1, 4－ジオキサン濃度と回収量の推移

## ３．水質モニタリング結果

各観測井戸から採取した地下水水質測定結果を表１、1,4－ジオキサン濃度の推移を図６に示す。

**【⑨－４－既設】**

発熱エリア外の観測井戸であり、遮水矢板の外側に位置する。スクリーンは沖積層から強風化花崗岩層に設置されている。

発熱エリア外であることから、濃度の低下傾向は確認されず、平均で 2.5 ㎎/L 程度で推移した。

**【⑨－４－Ａ】**

発熱エリア内の観測井戸であり、遮水矢板の内側に位置する。スクリーンは沖積層上部に設置されている。

土壌昇温前（対策前）は、50 ㎎/L を超える高濃度で確認されていたが、過硫酸ナトリウム注入後に、5 ㎎/L 以下にまで低下した。ガス吸引を再開し、遮水矢板を設置した後に更に濃度が低下し、一旦は排水基準以下となった。

**【⑨－４－Ｂ】**

発熱エリア内の観測井戸であり、遮水矢板の内側に位置する。スクリーンは沖積層下部から風花崗岩層上部に設置されている。

発熱エリア内であるが、顕著な濃度低下が確認されていないのは、浄化対象としていない風化花崗岩層からの 1,4－ジオキサンの供給があるためと考えられる。

**【⑨－４－Ｃ】**

発熱エリア内の観測井戸であり、遮水矢板の内側に位置する。スクリーンは沖積層下部に設置されている。

遮水矢板設置前に新設した観測井戸であり、矢板設置前には 4.5mg/L の濃度で確認されたが、徐々に低下し、排水基準と同程度となった。

以上の水質モニタリング結果により、電気発熱法により土壌温度を昇温し、ガス（水蒸気）回収（水蒸気）することで、沖積層地下水中の１，４－ジオキサンについても排水基準に適合させることが可能であることがわかった。なお、過硫酸ナトリウム注入後、一旦、地下水中の鉛が排水基準を超過したが、ガス回収再開後には、排水基準以下にまで濃度低下したため、上記の１，４－ジオキサンの濃度低下は、熱活性過硫酸による効果ではなく、物理的な水蒸気回収による効果であると考えられる。

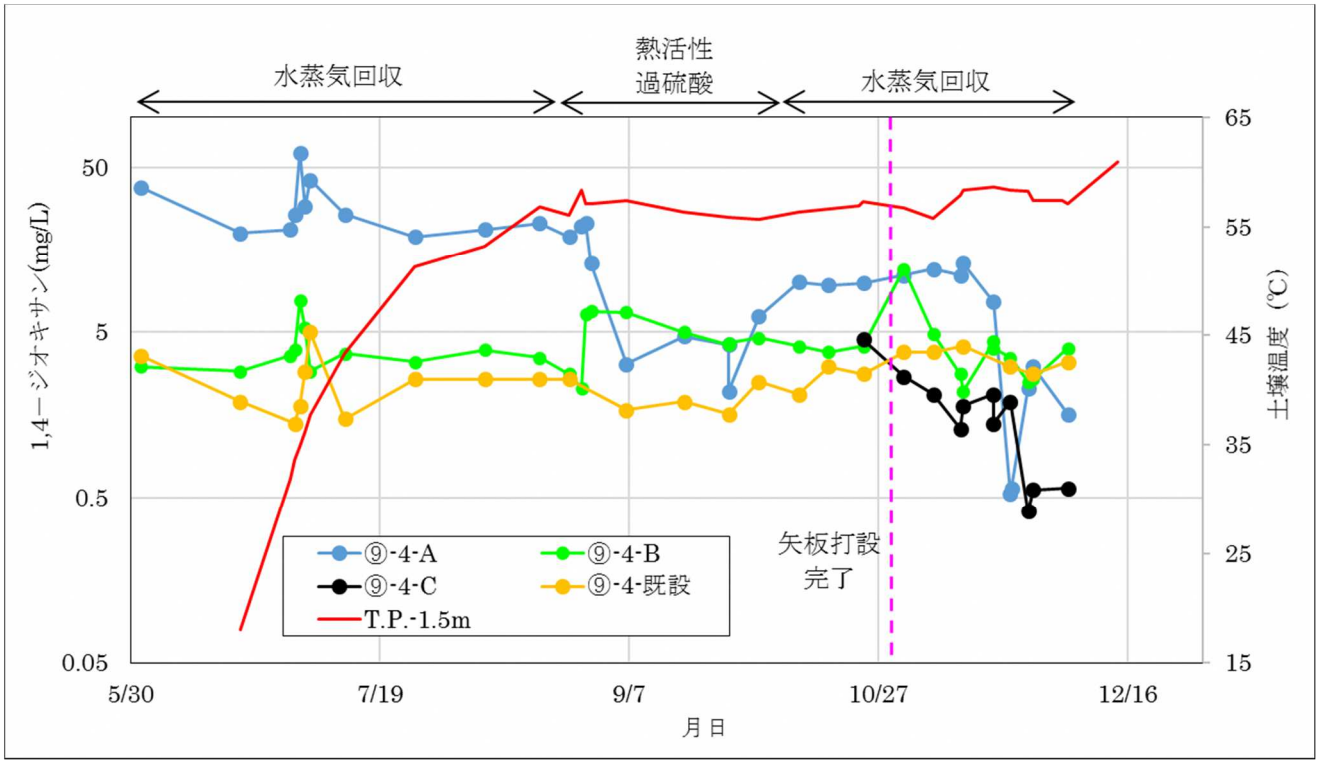



図６　地下水中の 1, 4－ジオキサン濃度の推移

# 表１　水質モニタリング結果一覧

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ⑨-4-A | 採水日 | 6/1 | 6/21 | 7/1 | 7/2 | 7/3 | 7/4 | 7/5 | 7/12 | 7/26 | 8/9 | 8/20 | 8/26 | 8/28 | 8/29 | 8/30 | 9/6 | 9/18 |
| | pH | － | 7.0 | 5.7 | 5.8 | 5.6 | 5.5 | 5.6 | 6.0 | 6.2 | 5.7 | 5.6 | 5.7 | 5.9 | 2.9 | 1.9 | 1.5 | 2.1 |
| | ベンゼン(mg/L) | 0.10 | 0.073 | 0.026 | 0.022 | 0.023 | 0.017 | 0.024 | 0.28 | 0.052 | 0.18 | 0.020 | 0.040 | 0.053 | 0.021 | 0.003 | 0.011 | 0.054 |
| | クロロエチレン(mg/L) | 0.010 | 0.0007 | 0.0005 | 0.0002 | <0.0002 | <0.0002 | <0.0002 | <0.0002 | <0.0002 | 0.0003 | <0.0002 | 0.0004 | 0.0015 | <0.0002 | <0.0002 | <0.0002 | 0.0008 |
| | 1,4－ジオキサン(mg/L) | 38 | 20 | 21 | 26 | 61 | 29 | 42 | 26 | 19 | 21 | 23 | 19 | 22 | 23 | 13 | 3.2 | 4.7 |
| | 鉛(mg/L) | 0.002 | <0.001 | － | － | － | － | － | <0.001 | <0.001 | <0.001 | <0.001 | <0.001 | － | 0.068 | 3.0 | 5.8 | 0.46 |
| | 砒素(mg/L) | 0.034 | 0.022 | － | － | － | － | － | 0.042 | 0.041 | 0.037 | 0.043 | 0.053 | － | 0.044 | 0.054 | 0.064 | 0.040 |
| ⑨-4-B | 採水日 | 5/29 | 6/21 | 7/1 | 7/2 | 7/3 | 7/4 | 7/5 | 7/12 | 7/26 | 8/9 | 8/20 | 8/26 | 8/28 | 8/29 | 8/30 | 9/6 | 9/18 |
| | pH | － | 7.2 | 7.0 | 7.0 | 7.2 | 6.9 | 7.1 | 7.1 | 6.8 | 6.9 | 6.8 | 7.0 | － | 2.7 | 2.6 | 2.3 | 3.1 |
| | ベンゼン(mg/L) | 0.052 | 0.059 | 0.053 | 0.056 | 0.058 | 0.058 | 0.028 | 0.27 | 0.10 | 0.41 | 0.13 | 0.15 | － | 0.037 | 0.027 | 0.035 | 0.067 |
| | クロロエチレン(mg/L) | <0.0002 | <0.0002 | <0.0002 | <0.0002 | <0.0002 | 0.0005 | 0.0007 | 0.0006 | 0.0007 | 0.0007 | 0.0005 | 0.0005 | － | <0.0002 | <0.0002 | 0.0016 | 0.0023 |
| | 1,4－ジオキサン(mg/L) | 3.1 | 2.9 | 3.6 | 3.9 | 7.7 | 5.3 | 2.9 | 3.7 | 3.3 | 3.9 | 3.5 | 2.8 | － | 6.4 | 6.7 | 6.6 | 5.0 |
| | 鉛(mg/L) | <0.001 | <0.001 | － | － | － | － | － | <0.001 | <0.001 | <0.001 | <0.001 | <0.001 | － | 0.12 | 0.096 | 0.028 | 0.047 |
| | 砒素(mg/L) | 0.030 | 0.039 | － | － | － | － | － | 0.048 | 0.089 | 0.084 | 0.10 | 0.090 | － | 0.048 | 0.049 | 0.036 | 0.036 |
| ⑨-4-C | 採水日 | 5/29 | 6/21 | 7/1 | 7/2 | 7/3 | 7/4 | 7/5 | 7/12 | 7/26 | 8/9 | 8/20 | 8/26 | 8/28 | 8/29 | 8/30 | 9/6 | 9/18 |
| | pH | － | － | － | － | － | － | － | － | － | － | － | － | － | － | － | － | － |
| | ベンゼン(mg/L) | － | － | － | － | － | － | － | － | － | － | － | － | － | － | － | － | － |
| | クロロエチレン(mg/L) | － | － | － | － | － | － | － | － | － | － | － | － | － | － | － | － | － |
| | 1,4－ジオキサン(mg/L) | － | － | － | － | － | － | － | － | － | － | － | － | － | － | － | － | － |
| | 鉛(mg/L) | － | － | － | － | － | － | － | － | － | － | － | － | － | － | － | － | － |
| | 砒素(mg/L) | － | － | － | － | － | － | － | － | － | － | － | － | － | － | － | － | － |
| ⑨-4-既存 | 採水日 | 5/28 | 6/21 | 7/1 | 7/2 | 7/3 | 7/4 | 7/5 | 7/12 | 7/26 | 8/9 | 8/20 | 8/26 | － | － | － | 9/6 | 9/18 |
| | pH | 6.9 | 6.8 | － | 6.8 | 6.7 | 6.6 | 6.6 | 6.6 | 6.5 | 6.7 | 6.8 | 6.8 | － | － | － | 6.8 | 6.9 |
| | ベンゼン(mg/L) | 0.34 | 0.23 | － | 0.26 | 0.46 | 0.54 | 0.45 | 0.53 | 0.28 | 0.49 | 0.31 | 0.45 | － | － | － | 0.24 | 0.23 |
| | クロロエチレン(mg/L) | 0.0008 | 0.0005 | － | 0.0005 | 0.0006 | 0.0015 | 0.0029 | 0.0010 | 0.0015 | 0.0012 | 0.0007 | 0.0007 | － | － | － | 0.0023 | 0.0019 |
| | 1,4－ジオキサン(mg/L) | 3.6 | 1.9 | － | 1.4 | 1.8 | 2.9 | 5.0 | 1.5 | 2.6 | 2.6 | 2.6 | 2.6 | － | － | － | 1.7 | 1.9 |
| | 鉛(mg/L) | － | 0.002 | － | － | － | － | － | <0.001 | 0.004 | <0.001 | <0.001 | <0.001 | － | － | － | 0.004 | 0.004 |
| | 砒素(mg/L) | － | 0.020 | － | － | － | － | － | 0.008 | 0.012 | 0.012 | 0.018 | 0.017 | － | － | － | 0.016 | 0.018 |
| ⑨-4-新設 | 採水日 | 5/28 | 6/21 | 7/1 | 7/2 | 7/3 | 7/4 | 7/5 | 7/12 | 7/26 | 8/9 | 8/20 | 8/26 | － | － | － | 9/6 | 9/18 |
| | pH | － | － | － | － | － | － | － | － | － | － | － | － | － | － | － | － | － |
| | ベンゼン(mg/L) | － | － | － | － | － | － | － | － | － | － | － | － | － | － | － | － | － |
| | クロロエチレン(mg/L) | － | － | － | － | － | － | － | － | － | － | － | － | － | － | － | － | － |
| | 1,4－ジオキサン(mg/L) | － | － | － | － | － | － | － | － | － | － | － | － | － | － | － | － | － |
| | 鉛(mg/L) | － | － | － | － | － | － | － | － | － | － | － | － | － | － | － | － | － |
| | 砒素(mg/L) | － | － | － | － | － | － | － | － | － | － | － | － | － | － | － | － | － |

# 表１　水質モニタリング結果一覧（続き）

| | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ⑨-4-A | 採水日 | 9/27 | 9/27 | 10/3 | 10/11 | 10/17 | 10/24 | 11/1 | 11/7 | 11/12 | 11/13 | 11/19 | 11/19 | 11/22 | 11/26 | 11/27 | 12/4 |
| | pH | 2.4 | 2.5 | 2.3 | 2.2 | 2.5 | 2.4 | 3.0 | 2.5 | 2.3 | 2.6 | 2.7 | － | 6.5 | 2.7 | 2.7 | 3.5 |
| | ベンゼン(mg/L) | 0.030 | 0.008 | 0.012 | 0.010 | 0.007 | 0.012 | 0.003 | 0.009 | 0.006 | 0.005 | 0.010 | － | 0.002 | 0.003 | 0.002 | 0.003 |
| | クロロエチレン(mg/L) | 0.0004 | <0.0002 | 0.0021 | 0.0018 | 0.0008 | 0.0017 | <0.0002 | 0.0004 | <0.0002 | <0.0002 | <0.0002 | － | <0.0002 | 0.0002 | <0.0002 | <0.0002 |
| | 1,4－ジオキサン(mg/L) | 4.2 | 2.2 | 6.2 | 10 | 9.6 | 9.9 | 11 | 12 | 11 | 13 | 7.6 | － | 0.53 | 2.3 | 3.1 | 1.6 |
| | 鉛(mg/L) | 0.48 | 0.11 | 0.49 | 0.066 | － | 0.099 | － | 0.10 | － | 0.28 | － | － | 0.003 | － | － | 0.027 |
| | 砒素(mg/L) | 0.039 | 0.034 | 0.045 | 0.037 | － | 0.058 | － | 0.049 | － | 0.038 | － | － | 0.003 | － | － | 0.021 |
| ⑨-4-B | 採水日 | 9/27 | 9/27 | 10/3 | 10/11 | 10/17 | 10/24 | 11/1 | 11/7 | 11/12 | 11/13 | 11/19 | 11/19 | 11/22 | 11/26 | 11/27 | 12/4 |
| | pH | 3.5 | 4.4 | 3.2 | 4.3 | 5.0 | 3.8 | 3.3 | 3.7 | 3.6 | 3.3 | 3.6 | 3.6 | 4.2 | 3.6 | 3.6 | 3.6 |
| | ベンゼン(mg/L) | 0.053 | 0.10 | 0.10 | 0.11 | 0.14 | 0.075 | 0.11 | 0.12 | 0.095 | 0.006 | 0.073 | 0.008 | 0.002 | 0.027 | 0.004 | 0.018 |
| | クロロエチレン(mg/L) | 0.0007 | 0.0018 | 0.0015 | 0.0011 | 0.0008 | <0.0002 | 0.0012 | 0.0007 | 0.0003 | <0.0002 | 0.0015 | <0.0002 | <0.0002 | 0.0003 | <0.0002 | <0.0002 |
| | 1,4－ジオキサン(mg/L) | 4.2 | 4.3 | 4.6 | 4.1 | 3.8 | 4.1 | 12 | 4.9 | 2.8 | 2.2 | 4.4 | 4.0 | 3.5 | 2.5 | 2.6 | 4.0 |
| | 鉛(mg/L) | 0.098 | 0.014 | 0.022 | 0.022 | － | 0.033 | － | 0.051 | － | 0.039 | － | － | 0.023 | － | － | 0.016 |
| | 砒素(mg/L) | 0.035 | 0.044 | 0.041 | 0.048 | － | 0.058 | － | 0.046 | － | 0.034 | － | － | 0.037 | － | － | 0.046 |
| ⑨-4-C | 採水日 | 9/27 | 9/27 | 10/3 | 10/11 | 10/17 | 10/24 | 11/1 | 11/7 | 11/12 | 11/13 | 11/19 | 11/19 | 11/22 | 11/26 | 11/27 | 12/4 |
| | pH | － | － | － | － | － | 3.2 | 3.9 | 4.4 | 4.5 | 4.2 | 4.6 | 5.3 | 4.4 | 7.5 | 6.4 | 6.6 |
| | ベンゼン(mg/L) | － | － | － | － | － | 0.023 | 0.042 | 0.051 | 0.024 | 0.023 | 0.032 | 0.037 | 0.034 | <0.001 | <0.001 | 0.003 |
| | クロロエチレン(mg/L) | － | － | － | － | － | <0.0002 | <0.0002 | 0.0004 | <0.0002 | <0.0002 | 0.0011 | 0.0006 | 0.0004 | <0.001 | <0.001 | <0.0002 |
| | 1,4－ジオキサン(mg/L) | － | － | － | － | － | 4.5 | 2.7 | 2.1 | 1.3 | 1.8 | 2.1 | 1.4 | 1.9 | 0.41 | 0.56 | 0.57 |
| | 鉛(mg/L) | － | － | － | － | － | 0.23 | － | 0.027 | | 0.034 | － | － | 0.035 | － | － | <0.001 |
| | 砒素(mg/L) | － | － | － | － | － | 0.058 | － | 0.054 | | 0.038 | － | － | 0.042 | － | － | 0.004 |
| ⑨-4-既存 | 採水日 | 9/27 | － | 10/3 | 10/11 | 10/17 | 10/24 | 11/1 | 11/7 | 11/12 | 11/13 | 11/19 | 11/19 | 11/22 | 11/26 | 11/27 | 12/4 |
| | pH | 6.8 | － | 6.6 | 6.6 | 6.3 | 6.3 | 5.4 | 6.2 | | 6.2 | － | － | 6.1 | － | 6.1 | 6.0 |
| | ベンゼン(mg/L) | 0.37 | － | 0.41 | 0.40 | 0.60 | 0.51 | 0.44 | 0.33 | | 0.21 | － | － | 0.38 | － | 0.45 | 0.35 |
| | クロロエチレン(mg/L) | 0.0031 | － | 0.0051 | 0.0047 | 0.0018 | 0.0027 | 0.0032 | 0.0025 | | 0.0013 | － | － | 0.0092 | － | 0.010 | 0.0065 |
| | 1,4－ジオキサン(mg/L) | 1.6 | － | 2.5 | 2.1 | 3.1 | 2.8 | 3.8 | 3.8 | | 4.1 | － | － | 3.1 | － | 2.8 | 3.3 |
| | 鉛(mg/L) | <0.001 | － | <0.001 | <0.001 | － | <0.001 | － | <0.001 | | <0.001 | － | － | <0.001 | － | － | <0.001 |
| | 砒素(mg/L) | 0.020 | － | 0.016 | 0.017 | － | 0.016 | － | 0.014 | | 0.012 | － | － | 0.014 | － | － | 0.009 |
| ⑨-4-新設 | 採水日 | 9/27 | － | 10/3 | 10/11 | 10/17 | 10/24 | 11/1 | 11/7 | 11/12 | 11/13 | 11/19 | 11/19 | 11/22 | 11/26 | 11/27 | 12/4 |
| | pH | － | － | － | 6.3 | 6.0 | 5.9 | 5.4 | 6.5 | | 6.4 | － | － | 6.3 | － | 6.3 | 6.3 |
| | ベンゼン(mg/L) | － | － | － | 0.061 | 0.068 | 0.063 | 0.071 | 0.040 | | 0.037 | － | － | 0.049 | － | 0.043 | 0.034 |
| | クロロエチレン(mg/L) | － | － | － | <0.0002 | 0.0003 | 0.0003 | 0.0002 | <0.0002 | | <0.0002 | － | － | <0.0002 | － | 0.0003 | 0.0007 |
| | 1,4－ジオキサン(mg/L) | － | － | － | 1.7 | 2.5 | 2.8 | 1.8 | 1.9 | | 2.2 | － | － | 3.3 | － | 2.3 | 2.8 |
| | 鉛(mg/L) | － | － | － | 0.014 | － | 0.02 | － | 0.020 | | 0.017 | － | － | <0.001 | － | － | <0.001 |
| | 砒素(mg/L) | － | － | － | 0.014 | － | 0.018 | － | 0.015 | | 0.017 | － | － | 0.017 | － | － | 0.016 |

㊌第１０回Ⅱ／５－２
令和元年１２月２２日

# 地下水汚染領域中の土壌の掘削・除去による浄化対策の検討結果

## １　概要

第９回豊島処分地地下水・雨水等対策検討会において審議・了承を得た「今後の処分地の地下水浄化対策の進め方（その３）」（水第９回Ⅱ／４）に従って、区画⑨の TOC が高い範囲の沖積層の土壌は、地下水汚染領域中の土壌及び地下水を掘削し除去する対策が比較的容易な深度であることから、区画⑨-8 において試験的に土壌及び地下水を除去する方法の検討を行った。

今回、区画⑨-8 における土壌及び地下水の除去の状況及び湧水等の分析結果について報告する。

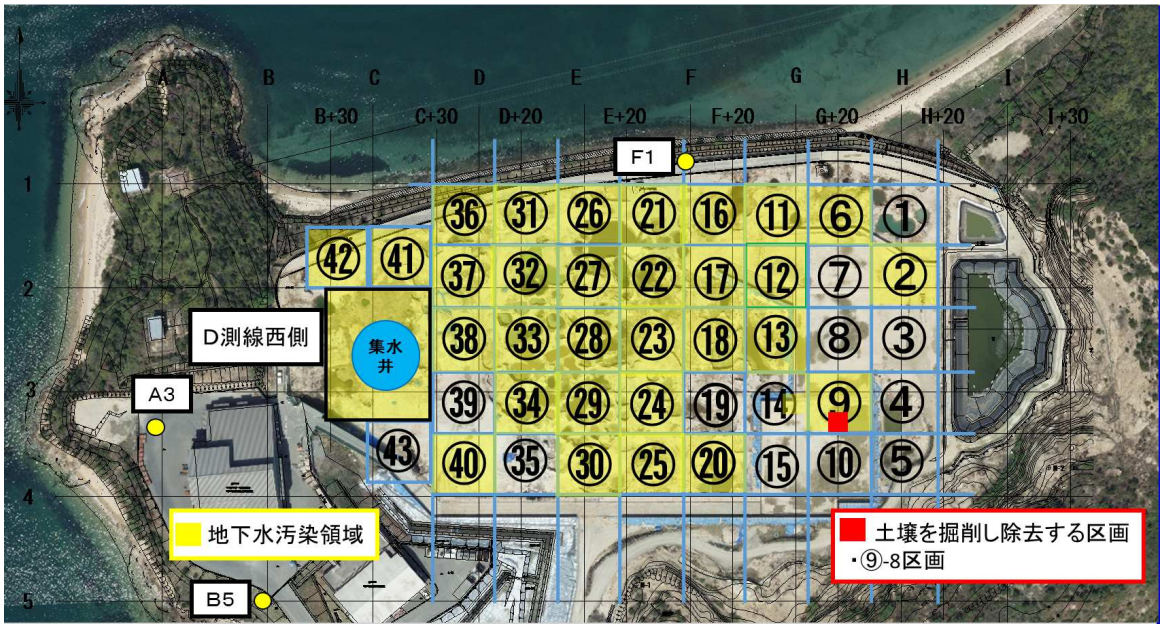



図１　平面図

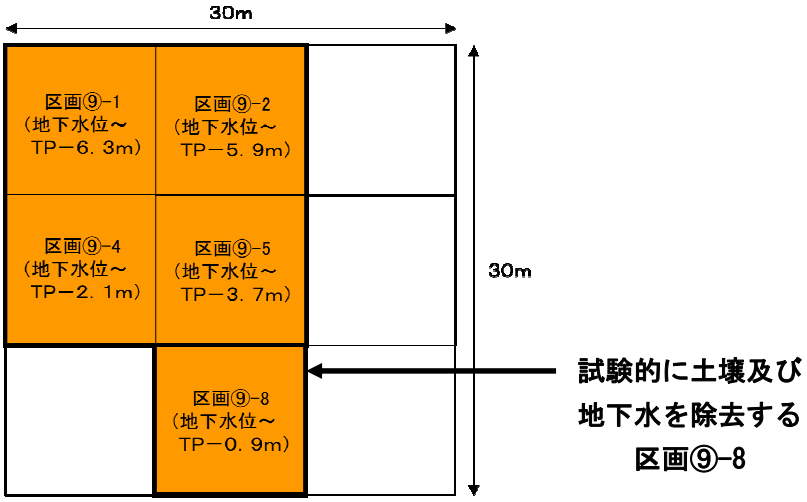



図２　区画⑨の TOC が高い範囲（括弧内は対象深度）

## 2　区画⑨-8 における土壌及び地下水の除去の検討

つぼ堀り拡張区画の浄化対策の際に活用した「地下水汚染（つぼ堀り拡張区画）の掘削・運搬マニュアル」を参考にして、区画⑨-8 の地下水位から TP-0.9m までの対象土壌及び地下水の除去を実施した。土壌及び地下水の除去のイメージ図を図３に示す。

まず、対象土壌の上部にあった区画⑨-8 の地盤面（TP+2.5m）から観測孔で確認された地下水位（TP+0.7m）までの土壌を掘削して土壌調査を行ったところ、土壌溶出量基準（1,4-ジオキサンについては土壌環境基準）を満足することが確認されたため、処分地内で埋め戻しなどに有効利用した。土壌の土壌溶出量調査結果を表１に示す。

続いて、区画⑨-8 北側において、地下水位（TP+0.7m）よりも深い深度の掘削を進めたところ、TP-0.5m 付近において側面から湧水が確認されたが、微量であり水中ポンプを使用することなく、花崗岩層（TP-0.9m）まで沖積層の土壌及び地下水を除去することができた。

今回、TP-0.9m 付近においても湧水はほとんどなかったことから、区画⑨においてバックホウを用いて、沖積層の土壌及び地下水を除去することは可能であると考える。また、今回よりも深い層まで土壌及び地下水の除去を行う場合は、安全面に配慮して、掘削面の崩落及び地下水の湧出防止のために、水中ポンプを設置しての地下水位の管理や矢板の設置等が必要となる可能性がある。

なお、区画⑨-8 北側において除去した土壌（約 80 ㎥）は、積替え施設に保管して、５地点混合によりサンプリングを行って土壌調査を実施した結果、土壌の土壌溶出量基準を満足していることが確認されたため、処分地内で埋め戻しなどに有効利用した。また、湧水の水質調査の結果、表２に示すとおりベンゼン及び 1,4-ジオキサンが排水基準を超過していた。

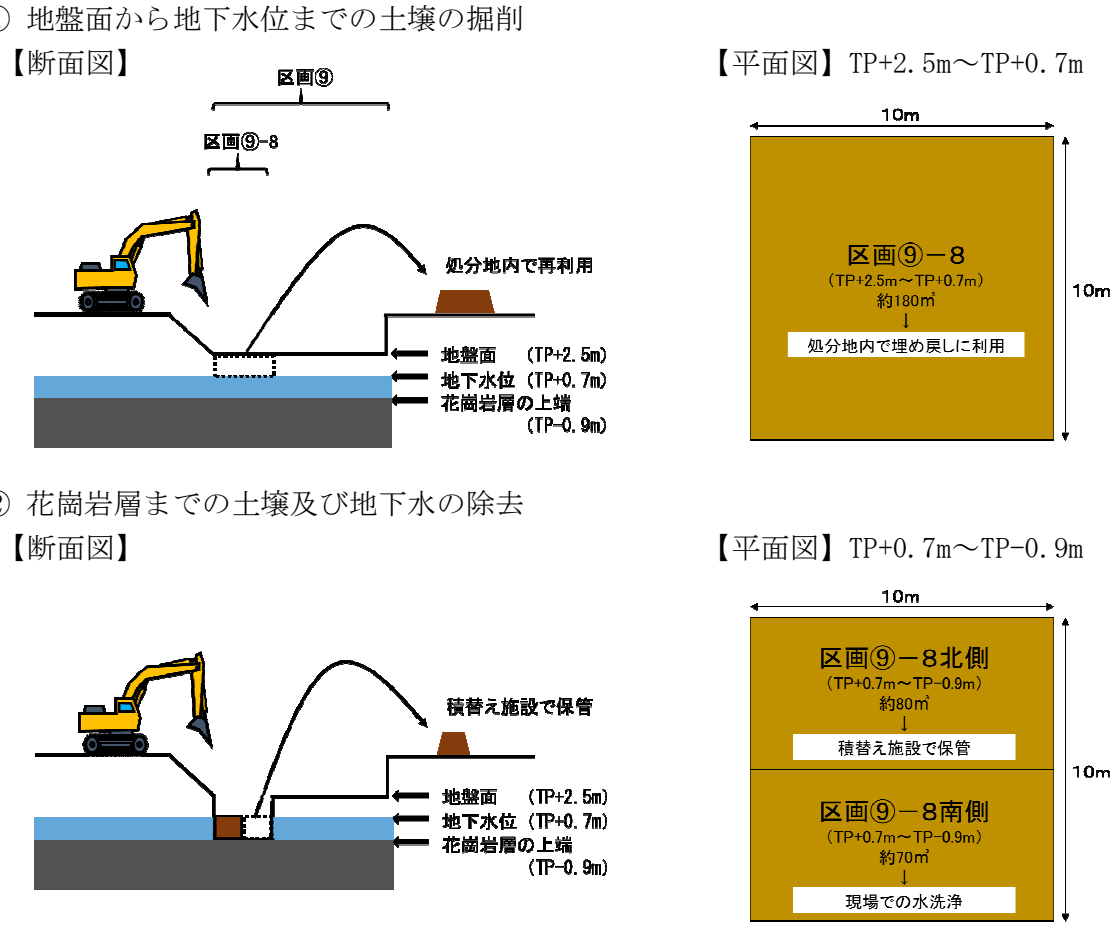



図３　土壌等の除去のイメージ図

表１　区画⑨-8 における土壌の土壌溶出量調査結果

| 項目 | 検査結果（mg/L） | | 土壌溶出量基準 | 土壌の完了判定基準 |
|---|---|---|---|---|
| | TP+2.4～+0.7m | TP+0.7～-0.9m | | |
| | R1.10.28 | R1.10.28 | | |
| トリクロロエチレン | <0.001 | <0.001 | 0.03 | 0.3 |
| シス-1,2-ジクロロエチレン | <0.004 | <0.004 | 0.04 | 0.4 |
| クロロエチレン | <0.0002 | <0.0002 | 0.002 | (0.02) |
| ベンゼン | <0.001 | <0.001 | 0.01 | 0.1 |
| 1,4-ジオキサン | <0.005 | 0.028 | (0.05) | (0.5) |

（注1）黄色は土壌溶出量基準値超過、橙色は土壌の完了判定基準値超過である。
（注2）廃棄物等の掘削完了判定マニュアルにおける土壌の完了判定基準。
（注3）1,4-ジオキサンについては、土壌の土壌溶出量基準及び完了判定基準が定められていないため、暫定的に土壌環境基準値（0.05mg/L）及びその10倍の値（0.5mg/L）により評価した。
（注4）クロロエチレンについては、完了判定基準が定められていないため、暫定的に土壌溶出量基準の10倍の値（0.02mg/L）により評価した。

表２　区画⑨-8 における湧水の水質調査結果

| 項目 | 検査結果（mg/L） | 地下水環境基準 | 排水基準 |
|---|---|---|---|
| | 湧水 | | |
| | R1.10.28 | | |
| TOC | 560 | ― | ― |
| ベンゼン | 0.47 | 0.01 | 0.1 |
| 1,4-ジオキサン | 1.7 | 0.05 | 0.5 |

（注1）橙色は排水基準値超過である。

写真１　土壌の除去の状況

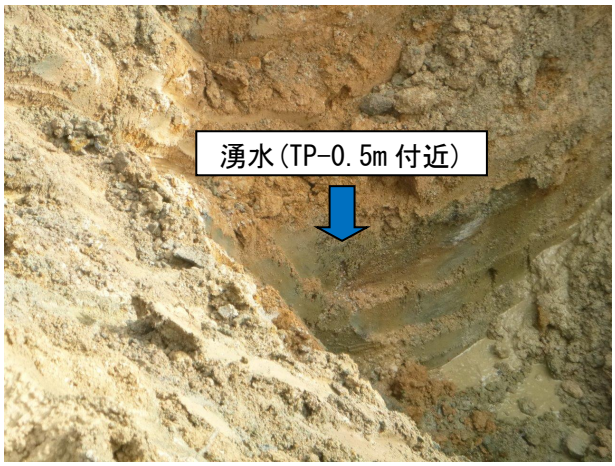



写真２　湧水の確認

写真３　花崗岩層までの土壌等の除去の状況

写真４　区画⑨-8 北側の土壌（約 80 ㎥）

## ３　試験室における水洗浄の検討

### （１）試験室での水洗浄の手順

区画⑨-8 北側の TP+0.7m から TP-0.9m の土壌を試験室に持ち帰り、次に示す手順で水洗浄を実施した。なお、洗浄に使用する水の量が異なる２条件（土壌：水＝1：1、土壌：水＝1：3）で実施した。

【試験室での水洗浄の手順】

手順①　試験用土壌 1L（1.7kg）に対して、水を 1L 又は 3L 注ぐ。

手順②　5 分静置後水切りし、土壌を採取する。

手順③　採取した土壌及び洗浄に使用した水を調査した。

写真５　洗浄前（元土壌）

写真６　洗浄試験①（土壌：水＝1：1）

写真７　洗浄試験②（土壌：水＝1：1）

写真８　水切り後（土壌：水＝1：1）

### （２）試験室での水洗浄の状況

試験室での水洗浄前後の土壌の土壌溶出量調査結果及び洗浄水の水質調査結果を表３及び表４に示す。洗浄水の 1,4-ジオキサンは地下水環境基準値を超過しており、水洗浄により洗浄水中に 1,4-ジオキサンが移行したと考えられる。

表３　洗浄前後の土壌溶出量調査結果（試験室での水洗浄）

| 項目 | 検査結果(mg/L) | | | 土壌溶出量基準 | 土壌の完了判定基準 |
|---|---|---|---|---|---|
| | 洗浄前（元土壌） | 洗浄後 | | | |
| | | 土壌:水=1:1 | 土壌:水=1:3 | | |
| トリクロロエチレン | <0.001 | <0.001 | <0.001 | 0.03 | 0.3 |
| 1,2-ジクロロエチレン | <0.004 | <0.004 | <0.004 | 0.04 | 0.4 |
| クロロエチレン | <0.0002 | <0.0002 | <0.0002 | 0.002 | (0.02) |
| ベンゼン | <0.001 | <0.001 | <0.001 | 0.01 | 0.1 |
| 1,4-ジオキサン | 0.028 | 0.017 | 0.011 | (0.05) | (0.5) |

（注1）黄色は土壌溶出量基準値超過、橙色は土壌の完了判定基準値超過である。
（注2）廃棄物等の掘削完了判定マニュアルにおける土壌の完了判定基準。
（注3）1,4-ジオキサンについては、土壌の土壌溶出量基準及び完了判定基準が定められていないため、暫定的に土壌環境基準値(0.05mg/L)及びその10倍の値(0.5mg/L)により評価した。
（注4）クロロエチレンについては、完了判定基準が定められていないため、暫定的に土壌溶出量基準の10倍の値(0.02mg/L)により評価した。

表４　洗浄水の水質調査結果（試験室での水洗浄）

| 項目 | 検査結果(mg/L) | | 地下水環境基準 | 排水基準 |
|---|---|---|---|---|
| | 洗浄水（土壌:水=1:1） | 洗浄水（土壌:水=1:3） | | |
| ベンゼン | <0.001 | <0.001 | 0.01 | 0.1 |
| 1,4-ジオキサン | 0.24 | 0.086 | 0.05 | 0.5 |

（注1）黄色は環境基準値超過である。

### （３）試験室での水洗浄の効果

洗浄前後の土壌の土壌溶出量調査結果及び洗浄水の水質調査結果から、土壌及び洗浄水中の 1,4-ジオキサン量（DXA 量）を算定した結果を表５に、洗浄前後の DXA 量の収支を図４に示す。

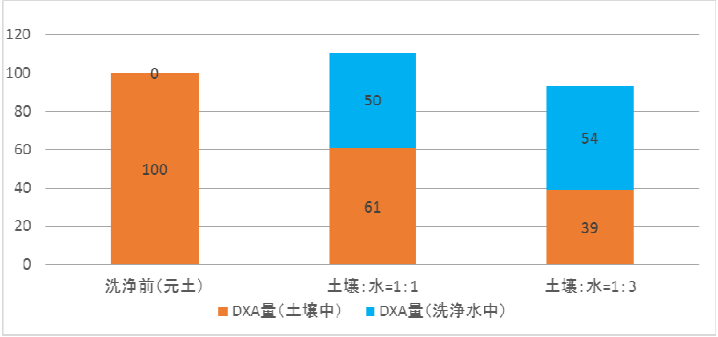
試験室での１回の水洗浄により、元土壌の土壌溶出量調査で溶出した DXA 量の約５割が洗浄水に移行している結果となった。また、洗浄水の水量によって、移行する DXA 量に大きな違いは見られなかった。（土壌：水＝1：1 では洗浄水に移行した DXA 量：0.24mg、土壌：水＝1：3 では洗浄水に移行した DXA 量：0.26mg）

試験室での水洗浄の結果から、土壌に水を注ぎ攪拌することなく５分静置するだけでも、ある程度の 1,4-ジオキサンが洗浄水中に移行しており、一定の洗浄効果が得られた。

表５　土壌及び洗浄水中の DXA 量（試験室での水洗浄）

| 項目 | | 洗浄前(元土壌) | 土壌:水=1:1 | | 土壌:水=1:3 | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 土壌 | 土壌 | 洗浄水 | 土壌 | 洗浄水 |
| 土壌 | 土壌量(kg) | 1.7 | 1.7 | | 1.7 | |
| | 土壌溶出量試験結果(mg/L) | 0.028 | 0.017 | | 0.011 | |
| | 土壌中のDXA量(mg) | 0.48 | 0.29 | | 0.187 | |
| 水 | 洗浄水量(L) | | | 1 | | 3 |
| | 水質試験結果(mg/L) | | | 0.24 | | 0.086 |
| | 洗浄水中のDXA量(mg) | | | 0.24 | | 0.26 |
| 元土に対するDXA量の比率(%) | | 100 | 61 | 50 | 39 | 54 |

図４　DXA 量の収支（試験室での水洗浄）



## 4　区画⑨-8 における水洗浄の検討

### （１）現場（区画⑨-8）での水洗浄の手順

区画⑨-8 南側の TP+0.7m から TP-0.9m の土壌（約 70 ㎥）及び地下水を現場で試験的に水洗浄した。現場での水洗浄のフロー図及びイメージ図を図５及び図６に示す。

なお、洗浄水にはベンゼン及び 1,4-ジオキサンの濃度が検出下限値未満の水（貯留トレンチ貯留水）を使用し、洗浄水を入れ替えながら３回水洗浄を実施した。

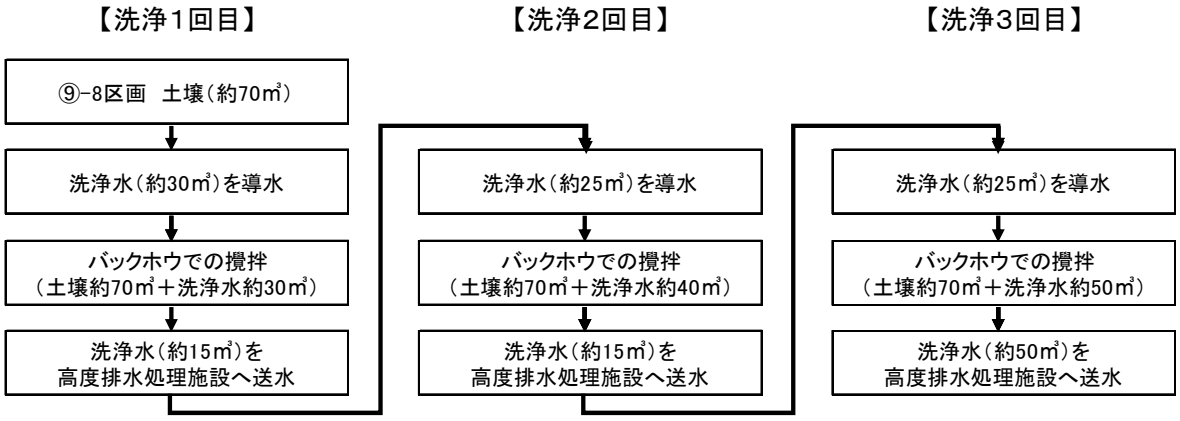
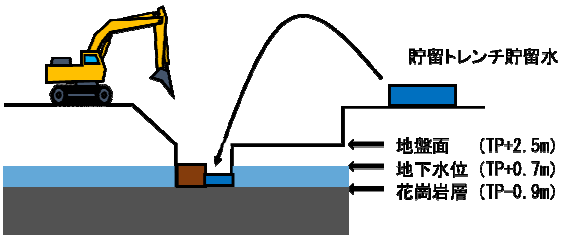
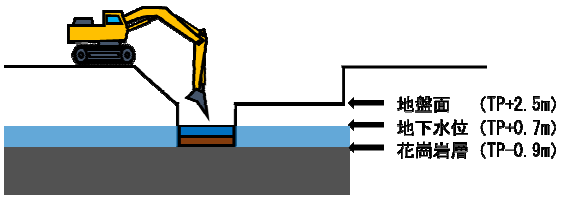



図５　現場での水洗浄のフロー

① 洗浄水（貯留トレンチ貯留水）の導水




② バックホウでの攪拌




③ 洗浄水を高度排水処理施設へ送水（以下①②③を２回繰り返し実施）

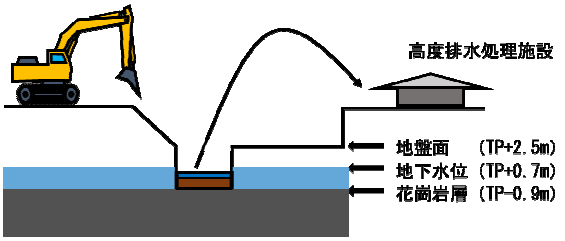



図６　現場での水洗浄のイメージ図

写真９　洗浄水の導水状況

写真１０　バックホウでの攪拌（洗浄１回目）

写真１１　静置後（洗浄２回目）

写真１２　洗浄水の送水状況（洗浄３回目）

写真１３　バックホウでの攪拌（洗浄３回目）

写真１４　バックホウでの攪拌後（洗浄３回目）

## （２）現場（区画⑨-8）での水洗浄の状況

洗浄前後の土壌の土壌溶出量調査結果及び洗浄水の水質調査結果を表６及び表７に示す。

２回目の洗浄水は1,4-ジオキサン等が排水基準値を超過しており、水洗浄により洗浄水中に1,4-ジオキサンが移行したと考えられる。なお、３回目の洗浄水は排水基準値を満足していた。

表６　洗浄前後の土壌溶出量調査結果（現場での水洗浄）

| 項目 | 検査結果（mg/L） | | 土壌溶出量基準 | 土壌の完了判定基準 |
|---|---|---|---|---|
| | 洗浄前（元土壌） | 洗浄後（現場） | | |
| | R1.10.28 | R1.11.28 | | |
| トリクロロエチレン | <0.001 | <0.001 | 0.03 | 0.3 |
| シス-1,2-ジクロロエチレン | <0.004 | <0.004 | 0.04 | 0.4 |
| クロロエチレン | <0.0002 | <0.0002 | 0.002 | (0.02) |
| ベンゼン | <0.001 | <0.001 | 0.01 | 0.1 |
| 1,4-ジオキサン | 0.028 | <0.005 | (0.05) | (0.5) |

（注1）黄色は土壌溶出量基準値超過、橙色は土壌の完了判定基準値超過である。

（注2）廃棄物等の掘削完了判定マニュアルにおける土壌の完了判定基準。

（注3）1,4-ジオキサンについては、土壌の土壌溶出量基準及び完了判定基準が定められていないため、暫定的に土壌環境基準値（0.05mg/L）及びその10倍の値（0.5mg/L）により評価した。

（注4）クロロエチレンは、完了判定基準が定められていないため、暫定的に土壌溶出量基準の10倍の値（0.02mg/L）により評価した。

表７　洗浄水の水質調査結果（現場での水洗浄）

| 項目 | 検査結果（mg/L） | | | | | | 地下水環境基準 | 排水基準 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 貯留トレンチ貯留水（洗浄水） | 洗浄1回目 | 洗浄2回目 | | 洗浄3回目 | | | |
| | | 撹拌後 | 撹拌後 | 静置後 | 撹拌後 | 静置後 | | |
| | R1.10.23 | R1.10.28 | R1.10.29 | R1.10.30 | R1.10.30 | R1.10.31 | | |
| TOC | － | 73 | － | 260 | 110 | － | ― | ― |
| ベンゼン | <0.001 | 0.052 | 0.057 | 0.25 | 0.031 | 0.040 | 0.01 | 0.1 |
| 1,4-ジオキサン | <0.005 | 0.22 | 0.57 | 0.81 | 0.33 | 0.36 | 0.05 | 0.5 |

（注1）黄色は環境基準値超過、橙色は排水基準値超過である。

### （３）現場での水洗浄の効果

洗浄前の土壌の土壌溶出量調査結果及び洗浄水の水質調査結果から、土壌及び洗浄水中のDXA量を算定した結果を表８に示す。また、洗浄前後のDXA量の収支を図７に示す。

元土壌の土壌溶出量調査で溶出したDXA量と算定された洗浄水中のDXA量及び洗浄後の土壌中のDXA量の合計は、ほぼ等しい値となった。水洗浄を３回実施することで、土壌及び地下水中の1,4-ジオキサンが洗浄水中に移行しており、一定の洗浄効果が得られた。

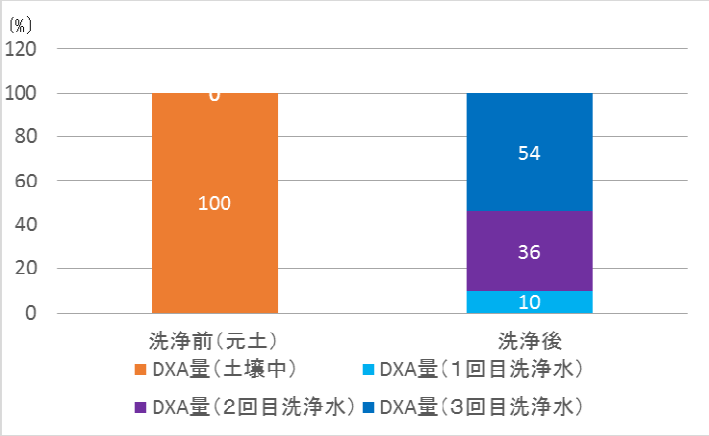
今回の現場で実施した水洗浄と同様の方法で、土壌及び地下水中の1,4-ジオキサン等を除去することが可能であると考えられる。

表８　土壌及び洗浄水中のDXA量（現場での水洗浄）

| 項目 | | 洗浄前（元土壌） | 洗浄1回目 | 洗浄2回目 | 洗浄3回目 | 洗浄後土壌 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 土壌 | 洗浄水 | 洗浄水 | 洗浄水 | 土壌 |
| 土壌 | 土壌量（t） | 119 | | | | 119 |
| | 土壌溶出量試験結果（mg/L） | 0.028 | | | | <0.005 |
| | 土壌中のDXA量（g） | 33 | | | | 0 |
| 水 | 洗浄水量（㎥） | | 30 | 40 | 50 | |
| | 洗浄水送水量（㎥） | | 15 | 15 | 50 | |
| | 水質試験結果（mg/L） | | 0.22 | 0.81 | 0.36 | |
| | 送水した洗浄水中のDXA量（g） | | 3.3 | 12 | 18 | |
| 元土に対するDXA量の比率（%） | | 100 | 10 | 36 | 54 | 0 |

（注1）土壌の比重は1.7とした。

図７　DXA量の収支（現場での水洗浄）



㊌第１０回Ⅱ／５－３
令和元年１２月２２日

# 今後の処分地の地下水浄化対策の進め方（その４）

## １．概要

処分地の地下水浄化対策については、第９回豊島処分地地下水・雨水等対策検討会において審議・了承を得た「今後の処分地の地下水浄化対策の進め方（その３）」（水第９回Ⅱ／４）に従い、順次作業を進めている。

今回、「電気発熱法による浄化対策の検討結果」（水第１０回Ⅱ／５－１）及び「地下水汚染領域中の土壌の掘削・除去による浄化対策の検討結果」（水第１０回Ⅱ／５－２）を踏まえ、区画⑨及び⑭-6 における地下水浄化の具体的な実施方法を決定するとともに、地下水の排水基準到達までの戦略的な施設運用等についての検討結果を取りまとめた。

## ２．浄化対策を実施する地点

浄化対策を実施する地点を図１に示す。

図１　浄化対策を実施する地点

## ３．地点別の対策等

区画⑨及び⑭-6 における地下水浄化対策の進め方については次の通りである。また、今後の処分地の地下水浄化対策の進め方について取りまとめた図を更新し、別紙に示す。

## （１）区画⑨及び⑭-6 における地下水浄化対策の進め方

TOC 濃度が高い範囲の浄化対策について、「電気発熱法による浄化対策の検討結果」（水第１０回Ⅱ／５－１）及び「地下水汚染領域中の土壌の掘削・除去による浄化対策の検討結果」（水第１０回Ⅱ／５－２）の検討結果を比較すると、どちらも実施可能な浄化対策であるが、対象となる土壌は比較的浅い深度に存在することから、後者の『地下水汚染領域中の土壌の掘削・除去による浄化対策』を実施する方が、浄化対策完了までの期間がより短くなると考えられる。

検討の結果、区画⑨-1、⑨-2、⑨-4、⑨-5、⑨-7 及び⑭-6 の沖積層については、地下水汚染領域中の土壌及び地下水を除去し、それ以外の地下水汚染領域については、フェントン試薬の注入による化学処理を実施することとする。浄化対策の具体的な実施方法について、以下に示す。

### １）TOC 濃度が高い範囲（地下水汚染領域中の土壌及び地下水の除去）

区画⑨-1、⑨-2、⑨-4 及び⑨-5 の沖積層は、TOC 濃度が高いためフェントン試薬の注入による化学処理では浄化が十分に進行しない可能性が高く、また、対象となる土壌は比較的浅い深度に存在することから、当該土壌及び地下水を除去する。

具体的な施工方法としては、必要に応じて山留め壁を設置する等、安全面に配慮した工法により、水中ポンプを設置して釜場の地下水位を管理しながら、バックホウで対象深度の土壌及び地下水を除去し、安全な高さまで地下水汚染のない土壌で埋め戻しを行う。

また、隣接する区画⑨-7 及び⑭-6 についても、作業の安全性及び効率化の観点と、対象となる沖積層の深度が浅いことから、当該土壌及び地下水を除去することとする。土壌及び地下水を除去する範囲を図１に示す。

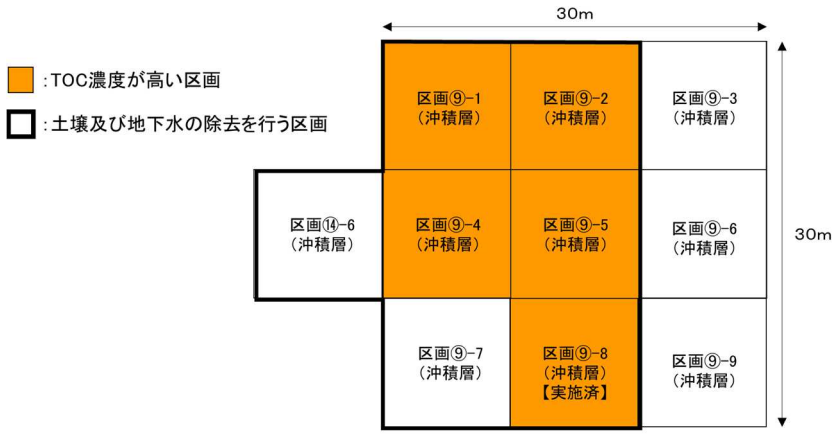



**図１　土壌及び地下水の除去等を行う区画（沖積層）**

掘削した土壌のうち、表１～４に示す土壌溶出量試験結果において、「地下水汚染（つぼ堀拡張区画）の掘削・運搬マニュアル」に定める基準値を超過している深度の土壌については、積替え施設又は区画⑨内で保管しながら、新貯留トレンチ若しくは現場で水洗浄等を行い、同基準値を満足していることを確認後、処分地内で埋戻しなどに有効利用する。

新貯留トレンチでの水洗浄は、同マニュアルを参考にして実施し、現場での水洗浄は、区画⑨-8 で試験的に実施した際と同じく、土壌の１／３～１／２程度の洗浄水を導水し、バックホウを用いて洗浄後、洗浄水を高度排水処理施設へ送水する手順を３回程度繰り返し行う。

なお、区画⑨及び⑭-6 の風化花崗岩層において、地下水汚染が確認されている地点については、原則として、フェントン試薬の注入による化学処理を実施する。

表１　小区画（⑨-1）における土壌溶出量試験結果
（水第６回 Ⅱ／４ 表 15 の再掲）

| 地点 | TP（m） | トリクロロエチレン | シス-1, 2-ジクロロエチレン | クロロエチレン | ベンゼン | 1, 4-ジオキサン | 備考 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ⑨－1 | +1.5 | <0.001 | <0.004 | <0.0002 | <0.001 | <0.005 | |
| | +0.5 | <0.001 | <0.004 | <0.0002 | <0.001 | <0.005 | |
| | −0.5 | <0.001 | <0.004 | <0.0002 | 0.002 | 0.38 | |
| | −1.5 | <0.001 | <0.004 | <0.0002 | 0.002 | 0.16 | |
| | −2.5 | <0.001 | <0.004 | <0.0002 | 0.030 | 0.067 | |
| | −3.5 | <0.001 | <0.004 | <0.0002 | 0.031 | 0.037 | |
| | −4.5 | <0.001 | <0.004 | <0.0002 | 0.032 | 0.040 | |
| | −5.5 | <0.001 | <0.004 | <0.0002 | 0.027 | 0.034 | |
| | −6.5 | <0.001 | <0.004 | <0.0002 | 0.001 | 0.034 | 強風化花崗岩 |
| | −7.5 | <0.001 | <0.004 | <0.0002 | 0.009 | 0.011 | 強風化花崗岩 |
| | −8.5 | <0.001 | <0.004 | <0.0002 | <0.001 | 0.010 | 強風化花崗岩 |
| | −9.2 | <0.001 | <0.004 | <0.0002 | <0.001 | <0.005 | 強風化花崗岩 |
| (参考1)土壌の完了判定基準(※1) | | 0.3 | 0.4 | − (※2) | 0.1 | − (※3) | |
| (参考2)土壌溶出量基準 | | 0.03 | 0.04 | 0.002 | 0.01 | − (※3) | |

※ TP以外の単位はmg/L、また、黄色は土壌溶出量基準値超過、橙色は土壌の完了判定基準値超過である。

※1 廃棄物等の掘削完了判定マニュアルにおける土壌の完了判定基準

※2 クロロエチレンについては、完了判定基準に定められていないため、暫定的に土壌溶出量基準の10倍の値(0.02mg/L)で評価した。

※3 1,4-ジオキサンについては、土壌の土壌溶出量基準及び完了判定基準が定められていないため、暫定的に土壌環境基準値(0.05mg/L)及びその10倍の値(0.5mg/L)により評価した。

表２　小区画（⑨-2）における土壌溶出量試験結果
（水第６回 Ⅱ／４ 表 16 の再掲）

| 地点 | TP（m） | トリクロロエチレン | シス-1, 2-ジクロロエチレン | クロロエチレン | ベンゼン | 1, 4-ジオキサン | 備考 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ⑨－2 | +1.5 | <0.001 | <0.004 | <0.0002 | <0.001 | <0.005 | |
| | +0.5 | <0.001 | <0.004 | <0.0002 | <0.001 | <0.005 | |
| | −0.5 | <0.001 | <0.004 | <0.0002 | <0.001 | 0.058 | |
| | −0.9～−1.1 | <0.001 | <0.004 | <0.0002 | 0.012 | 0.19 | 土質の境界 |
| | −1.5 | <0.001 | <0.004 | <0.0002 | 0.018 | 0.14 | |
| | −2.5 | <0.001 | <0.004 | <0.0002 | <0.001 | 0.031 | |
| | −2.8 | <0.001 | <0.004 | <0.0002 | <0.001 | 0.024 | 土質の境界 |
| | −3.5 | <0.001 | <0.004 | <0.0002 | <0.001 | 0.026 | |
| | −4.5 | <0.001 | <0.004 | <0.0002 | 0.001 | 0.036 | |
| | −5.5 | <0.001 | <0.004 | <0.0002 | 0.004 | 0.062 | |
| | −6.5 | <0.001 | <0.004 | <0.0002 | <0.001 | 0.040 | 強風化花崗岩 |
| | −7.5 | <0.001 | <0.004 | <0.0002 | <0.001 | <0.005 | 強風化花崗岩 |
| | −8.5 | <0.001 | <0.004 | <0.0002 | <0.001 | <0.005 | 強風化花崗岩 |
| | −9.5 | <0.001 | <0.004 | <0.0002 | <0.001 | <0.005 | 強風化花崗岩 |
| | −9.7 | <0.001 | <0.004 | <0.0002 | <0.001 | <0.005 | 強風化花崗岩 |
| (参考1)土壌の完了判定基準(※1) | | 0.3 | 0.4 | − (※2) | 0.1 | − (※3) | |
| (参考2)土壌溶出量基準 | | 0.03 | 0.04 | 0.002 | 0.01 | − (※3) | |

※ TP以外の単位はmg/L、また、黄色は土壌溶出量基準値超過、橙色は土壌の完了判定基準値超過である。

※1 廃棄物等の掘削完了判定マニュアルにおける土壌の完了判定基準

※2 クロロエチレンについては、完了判定基準に定められていないため、暫定的に土壌溶出量基準の10倍の値(0.02mg/L)で評価した。

※3 1,4-ジオキサンについては、土壌の土壌溶出量基準及び完了判定基準が定められていないため、暫定的に土壌環境基準値(0.05mg/L)及びその10倍の値(0.5mg/L)により評価した。

表３　小区画（⑨-4）における土壌溶出量試験結果
（水第６回 Ⅱ／４ 表４の再掲）

| 地点 | TP（m） | トリクロロエチレン | シス-1, 2-ジクロロエチレン | クロロエチレン | ベンゼン | 1, 4-ジオキサン | 備考 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ⑨－4 | +1.5 | <0.001 | <0.004 | <0.0002 | <0.001 | 0.018 | |
| | +1.0 | <0.001 | <0.004 | <0.0002 | <0.001 | 0.034 | |
| | +0.5 | <0.001 | <0.004 | <0.0002 | <0.001 | 0.098 | |
| | 0.0 | <0.001 | <0.004 | <0.0002 | <0.001 | 0.39 | |
| | −0.5 | <0.001 | <0.004 | <0.0002 | <0.001 | 0.54 | |
| | −1.0 | <0.001 | <0.004 | <0.0002 | <0.001 | 0.54 | |
| | −1.5 | <0.001 | <0.004 | <0.0002 | <0.001 | 0.56 | |
| | −2.0 | <0.001 | <0.004 | <0.0002 | <0.001 | 0.30 | |
| | −2.5 | <0.001 | <0.004 | <0.0002 | <0.001 | 0.075 | 強風化花崗岩 |
| | −3.0 | <0.001 | <0.004 | <0.0002 | <0.001 | 0.011 | 強風化花崗岩 |
| | −3.5 | <0.001 | <0.004 | <0.0002 | <0.001 | 0.005 | 強風化花崗岩 |
| | −4.0 | <0.001 | <0.004 | <0.0002 | <0.001 | 0.015 | 強風化花崗岩 |
| | −4.5 | <0.001 | <0.004 | <0.0002 | <0.001 | 0.009 | 強風化花崗岩 |
| | −5.0 | <0.001 | <0.004 | <0.0002 | 0.001 | 0.011 | 強風化花崗岩 |
| | −5.5 | <0.001 | <0.004 | <0.0002 | <0.001 | 0.004 | 強風化花崗岩 |
| | −6.0 | <0.001 | <0.004 | <0.0002 | <0.001 | 0.007 | 強風化花崗岩 |
| | −6.5 | <0.001 | <0.004 | <0.0002 | <0.001 | <0.005 | 強風化花崗岩 |
| | −7.0 | <0.001 | <0.004 | <0.0002 | <0.001 | <0.005 | 強風化花崗岩 |
| | −7.5 | <0.001 | <0.004 | <0.0002 | <0.001 | <0.005 | 強風化花崗岩 |
| | −8.0 | <0.001 | <0.004 | <0.0002 | <0.001 | <0.005 | 強風化花崗岩 |
| (参考1)土壌の完了判定基準(※1) | | 0.3 | 0.4 | − (※2) | 0.1 | − (※3) | |
| (参考2)土壌溶出量基準 | | 0.03 | 0.04 | 0.002 | 0.01 | − (※3) | |

※ TP以外の単位はmg/L、また、黄色は土壌溶出量基準値超過、橙色は土壌の完了判定基準値超過である。

※1 廃棄物等の掘削完了判定マニュアルにおける土壌の完了判定基準

※2 クロロエチレンについては、完了判定基準に定められていないため、暫定的に土壌溶出量基準の10倍の値(0.02mg/L)で評価した。

※3 1,4-ジオキサンについては、土壌の土壌溶出量基準及び完了判定基準が定められていないため、暫定的に土壌環境基準値(0.05mg/L)及びその10倍の値(0.5mg/L)により評価した。

表４　小区画（⑨-5）における土壌溶出量試験結果
（水第６回 Ⅱ／４ 表５の再掲）

| 地点 | TP（m） | トリクロロエチレン | シス-1, 2-ジクロロエチレン | クロロエチレン | ベンゼン | 1, 4-ジオキサン | 備考 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ⑨－5 | +1.5 | <0.001 | <0.004 | <0.0002 | <0.001 | <0.005 | |
| | +1.0 | <0.001 | <0.004 | <0.0002 | <0.001 | <0.005 | |
| | +0.5 | <0.001 | <0.004 | <0.0002 | <0.001 | <0.005 | |
| | 0.0 | <0.001 | <0.004 | <0.0002 | <0.001 | 0.018 | |
| | −0.5 | <0.001 | <0.004 | <0.0002 | <0.001 | 0.032 | |
| | −1.0 | <0.001 | <0.004 | <0.0002 | 0.001 | 0.046 | |
| | −1.5 | <0.001 | <0.004 | <0.0002 | 0.013 | 0.15 | |
| | −1.7 | <0.001 | <0.004 | <0.0002 | 0.014 | 0.10 | 土質の境界 |
| | −2.0 | <0.001 | <0.004 | <0.0002 | 0.008 | 0.15 | |
| | −2.5 | <0.001 | <0.004 | <0.0002 | <0.001 | 0.17 | |
| | −3.0 | <0.001 | <0.004 | <0.0002 | <0.001 | 0.088 | |
| | −3.5 | <0.001 | <0.004 | <0.0002 | <0.001 | 0.086 | |
| | −4.0 | <0.001 | <0.004 | <0.0002 | 0.16 | 0.091 | |
| | −4.5 | <0.001 | <0.004 | <0.0002 | 0.003 | 0.018 | 強風化花崗岩 |
| | −5.0 | <0.001 | <0.004 | <0.0002 | 0.012 | 0.007 | 強風化花崗岩 |
| | −5.5 | <0.001 | <0.004 | <0.0002 | 0.002 | <0.005 | 強風化花崗岩 |
| | −6.0 | <0.001 | <0.004 | <0.0002 | <0.001 | <0.005 | 強風化花崗岩 |
| | −6.5 | <0.001 | <0.004 | <0.0002 | <0.001 | <0.005 | 強風化花崗岩 |
| | −7.0 | <0.001 | <0.004 | <0.0002 | <0.001 | <0.005 | 強風化花崗岩 |
| | −7.5 | <0.001 | <0.004 | <0.0002 | 0.001 | <0.005 | 強風化花崗岩 |
| | −8.0 | <0.001 | <0.004 | <0.0002 | 0.002 | <0.005 | 強風化花崗岩 |
| (参考1)土壌の完了判定基準(※1) | | 0.3 | 0.4 | − (※2) | 0.1 | − (※3) | |
| (参考2)土壌溶出量基準 | | 0.03 | 0.04 | 0.002 | 0.01 | − (※3) | |

※ TP以外の単位はmg/L、また、黄色は土壌溶出量基準値超過、橙色は土壌の完了判定基準値超過である。

※1 廃棄物等の掘削完了判定マニュアルにおける土壌の完了判定基準

※2 クロロエチレンについては、完了判定基準に定められていないため、暫定的に土壌溶出量基準の10倍の値(0.02mg/L)で評価した。

※3 1,4-ジオキサンについては、土壌の土壌溶出量基準及び完了判定基準が定められていないため、暫定的に土壌環境基準値(0.05mg/L)及びその10倍の値(0.5mg/L)により評価した。

### ２）TOC 濃度が低い範囲（フェントン試薬の注入による化学処理）

１）に記載した、地下水汚染領域中の土壌及び地下水の除去を実施する範囲以外の地下水汚染領域については、地下水中の TOC 濃度が低いことや先行浄化の状況を踏まえ、フェントン試薬の注入による化学処理を実施する。

具体的には、区画②㉚及びＤ測線西側と同じく、注入井戸を２ｍ間隔で設置し、二重管ダブルパッカー工法を用いた低圧・低流量注入を行う。また、薬剤注入バルブを 0.33ｍ毎に設置し、地下水汚染領域の深度に対して薬剤を注入する。

薬剤注入は２回を予定しており、10ｍメッシュの区画の中央付近に設置した観測井戸により浄化効果を確認した上で２回目を実施する。

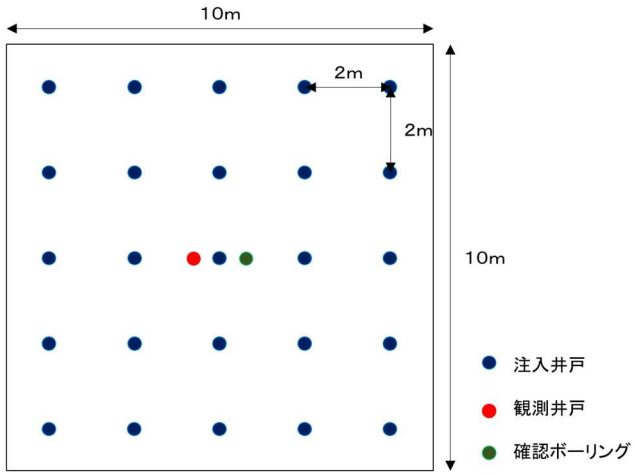



**図２　化学処理のイメージ（10ｍメッシュ区画内）**

### ３）風化花崗岩層における追加的対策

風化花崗岩層において、化学処理により十分な浄化効果が期待できない地点が確認された場合には、対策深度が深く地下水汚染領域の土壌及び地下水を除去する対策が困難なことから、対策範囲を限定して電気発熱法による浄化対策の実施を検討する。

電気発熱法による浄化対策の具体的な実施方法としては、電極井戸を設置して通電し、土壌温度を昇温するとともに、観測井戸からガス吸引（水蒸気回収）を実施する。

なお、区画②㉚及びＤ測線西側において、化学処理により十分な浄化効果が期待できない地点が確認された場合にも、対策範囲を限定して電気発熱法による浄化対策の実施を検討することが考えられる。

## ４．地下水の排水基準到達までの戦略的な施設運用等の検討

### （１）地下水浄化対策の促進のための処理水等の活用

これまで、揚水浄化対策の実施の際は、集水井や揚水井等の揚水を高度排水処理施設等で処理し、処理水については外部放流を行ってきた。

一方で、高度排水処理施設処理水等における処理量アップ対策の実施により、揚水浄化対策を強化したことや、昨年度よりも降雨量が少なかったことに伴って北揚水井からの揚水量がほとんど無い状態となっており、処分地の地下水位は徐々に低下している。これに加えて、今後、乾季に入ることから、まとまった降雨量が見込めない状況となっている。

第７回豊島廃棄物等処理事業フォローアップ委員会において、永田委員長から、「地下水の排水基準到達までの戦略的な施設運用等を検討」するようコメントがあったことも踏まえ、高度排水処理施設の処理水や屋外の活性炭吸着塔の処理水等を処分地に注水して循環利用することにより地下水浄化対策を促進するための検討を行い、順次実施している。

#### ①　高度排水処理施設の処理水の活用

揚水井による浄化対策エリアでは、揚水井による揚水浄化の実施の際に必要に応じて注水井を設置することとしており、自然浸透によりどの程度の注水が可能であるかを確認するため、図３のとおり井戸側を注水井として設置し、高度排水処理施設の処理水の注水試験を令和元年 11 月 19 日から実施した。

その結果、井戸側からの自然浸透により、高度排水処理施設の処理水の全量（約 80 ㎥／日）を継続して注水することが可能であったことから、注水を実施しながら揚水井を稼働させて揚水浄化を実施している。

なお、高度排水処理施設の処理水については、化学処理を実施する際の注入井戸等の削孔水としても活用しており、今後、薬剤の希釈水（約 40 ㎥／日）として活用する予定である。

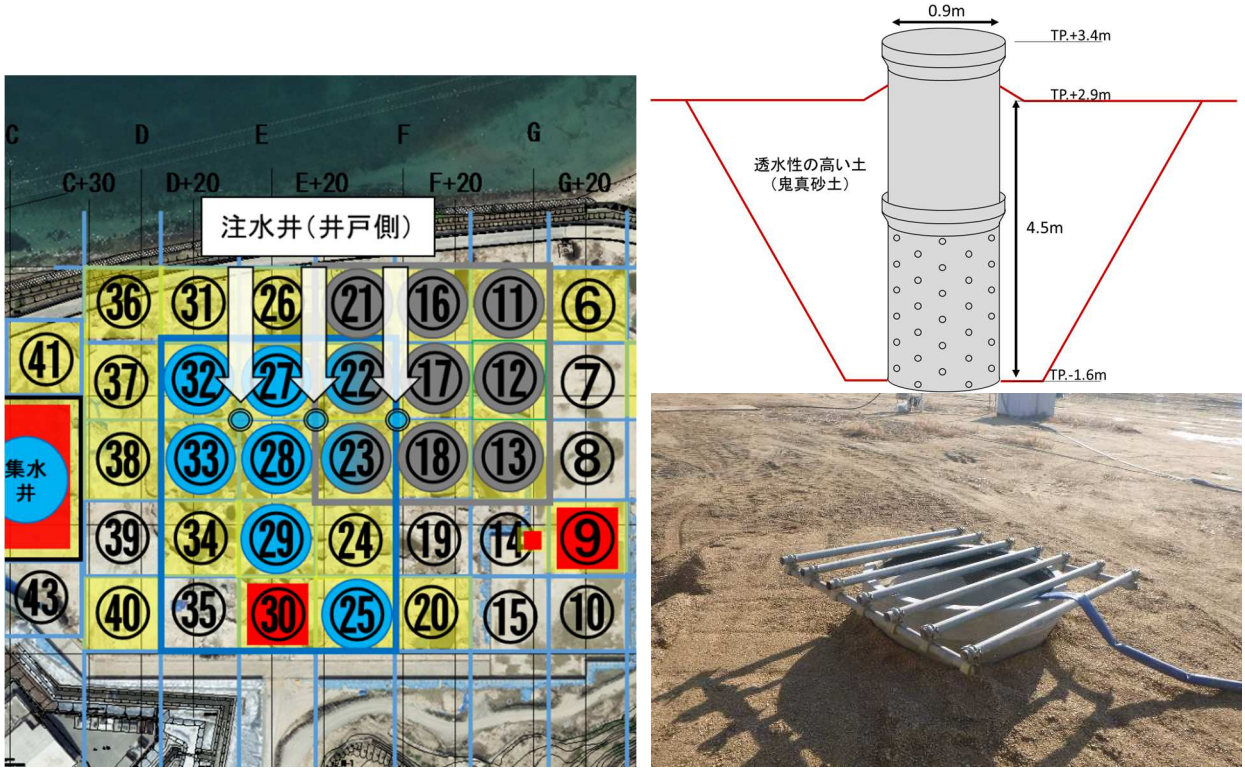



図３　注入井（井戸側）の設置位置及び設置状況

②屋外の活性炭吸着塔の処理水の活用

ウェルポイント等による浄化対策エリアでは、揚水浄化の実施の際に注水井を設置して揚水及び注水の運転管理を行いながら、屋外の活性炭吸着塔の処理水を循環させて揚水浄化を行うこととしている。これに先立ち、揚水井㉒㉓㉗㉘及び注水井（井戸側）を活用し、屋外の活性炭吸着塔の処理水の循環が可能であるかを確認するための試験を令和元年 12 月４日から実施している。

具体的には、揚水井㉒㉓㉗㉘からの揚水を、高度排水処理施設等の屋外活性炭を経由する処理フロー（調整槽でのばっ気→凝集沈殿→砂ろ過→活性炭）で処理し、その処理水を自然浸透により注水井（井戸側）に注水した際の運転管理状況について確認中である。

図４に示すとおり、令和元年 12 月 18 日時点で、高度排水処理施設の処理水約 80 ㎥／日を循環させながら、活性炭吸着塔の処理水約 100 ㎥／日の循環が可能であることを確認しており、注水井を増やすことによって処理水の循環量をさらに増やすことが可能であると考えている。

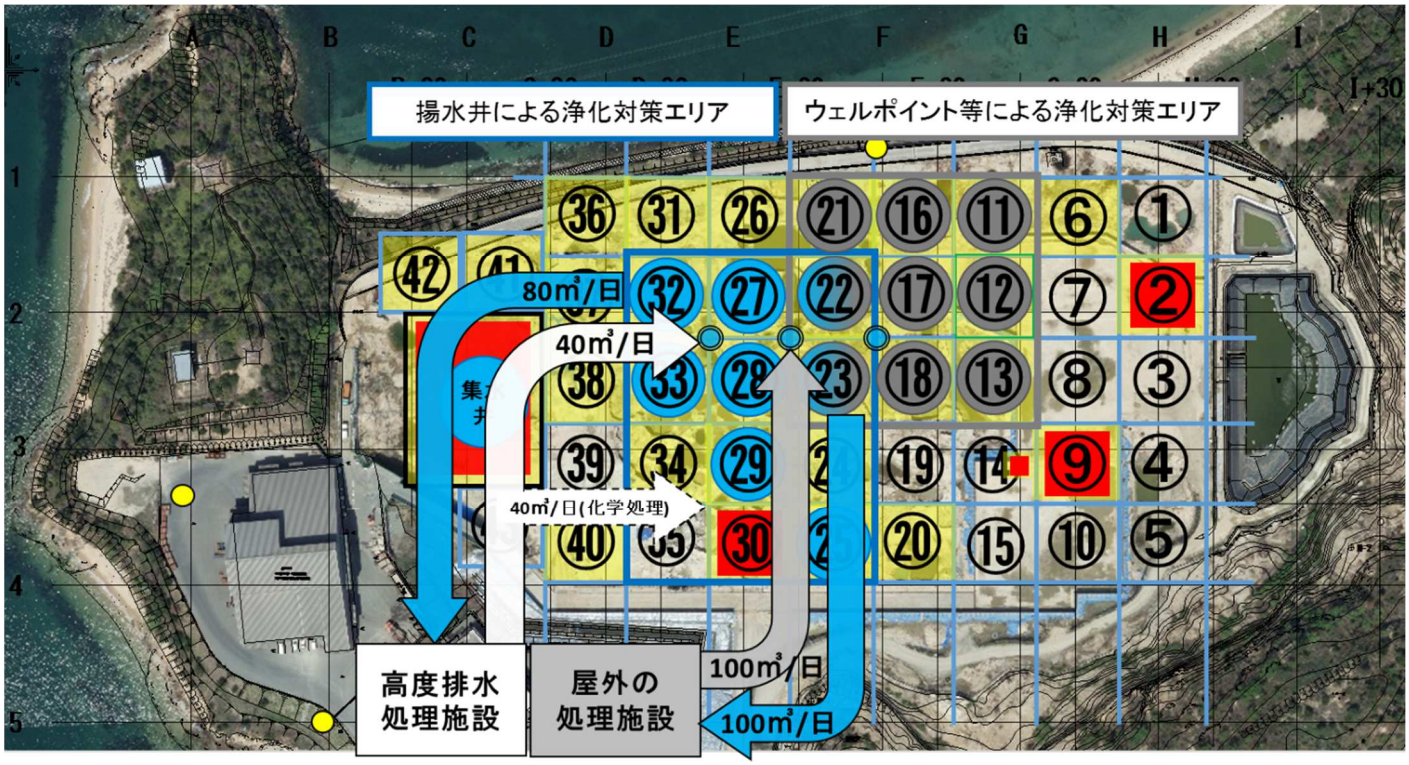



図４　高度排水処理施設等の処理水の循環の状況（R1.12.18 時点）

③雨水等の活用

処分地の雨水対策については、「処分地の雨水対策の状況（その２）」（水第８回Ⅱ／２－５）で報告したとおり、自然流下により表面水をスムーズに排水できていることを確認するとともに、貯留トレンチについては貯留量を確保しながら運用している。

現在、貯留トレンチには雨水のみが貯留（約 1,600 ㎥、R1.12.18 時点）されている状況であり、高度排水処理施設の雨水水槽の雨水（約 100 ㎥）や沈砂池２貯留水（約 540 ㎥）についても活用が可能であると考えられるため、これらの雨水等についても、必要に応じて処分地への循環を行う予定としている。

（２）地下水浄化対策実施時の処理水の循環のイメージ

今後、ウェルポイント等による浄化対策エリアにおいて、処理水等を積極的に循環させる予定としており、処理水等を処分地に注水して循環利用するための検討結果を踏まえ、地下水浄化対策実施時の揚水量と処理施設の能力のバランスについて、図５に示すイメージを基本として進めていく予定としている。

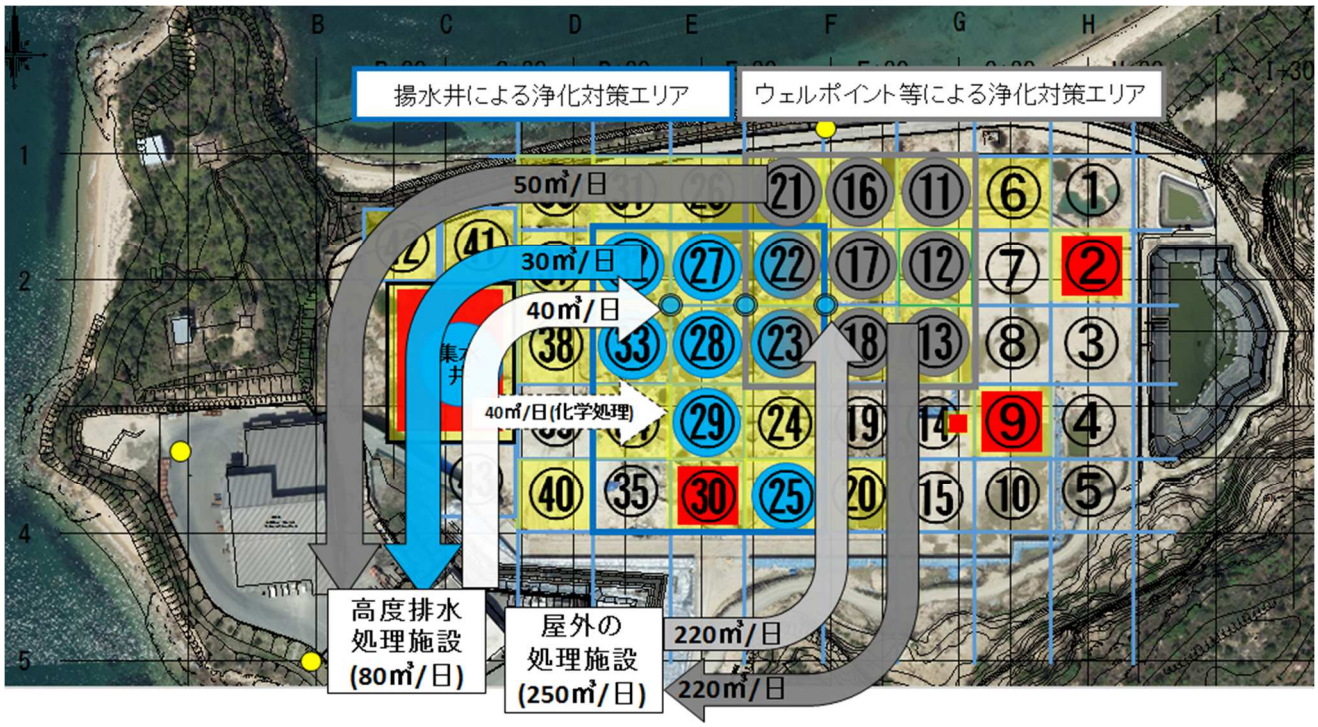



図５　地下水浄化対策実施時の処理水の循環のイメージ

## ５．今後の予定

現在、地下水の排水基準到達までの戦略的な施設運用等の検討結果も踏まえ、別紙に示す今後の処分地の地下水浄化対策の進め方のとおり地下水浄化対策を実施中であり、その進捗状況について本検討会で報告し、検討会の指導・助言を得ながら対策を進めていく。

別紙

| 地点 | A3、B5、F1 |
|---|---|
| 浄化方法 | 化学処理<br>揚水浄化（揚水井） |
| 浄化対象 | ○砒素（A3） ○1,4-ジオキサン（B5、F1） |
| 浄化対策の内容 | ○A3について、地下水に砒素が溶出しないよう、重金属類を吸着除去する天然ゼオライトを用いて化学処理を実施中。<br>○B5について、過硫酸の注入による化学処理を実施中。<br>○F1について、トリータビリティー試験を実施しフェントン試薬の注入による浄化効果を確認済。<br>○浄化対策後に引き続き水質モニタリングを実施し、必要に応じて揚水浄化や化学処理等の浄化対策を追加で実施する。 |
| 進捗状況 | 実施中（R1.8～） ※A3、B5において浄化確認のための薬剤を注入 |

| 地点 | 区画㉒㉓㉕㉗㉘㉙㉜㉝ |
|---|---|
| 浄化方法 | 揚水浄化（揚水井） |
| 浄化対象 | ○1,4-ジオキサン |
| 浄化対策の内容 | ○揚水井による揚水浄化を実施する。<br>・1,4-ジオキサン等の汚染が存在している地下水汚染領域の深度までを対象<br>・直径0.15mの揚水井を区画㉒㉓㉕㉗㉘㉙㉜㉝の中央付近に計8本設置<br>・各揚水井の実揚水量について、揚水井設置後に確認<br>・水質モニタリングにより浄化効果を確認しながら揚水浄化を実施 |
| 進捗状況 | 実施中（R1.10～） |

| 地点 | 区画⑪⑫⑬⑯⑰⑱㉑㉒㉓ |
|---|---|
| 浄化方法 | 揚水浄化（ウェルポイント等） |
| 浄化対象 | ○ベンゼン |
| 浄化対策の内容 | ○ウェルポイント等による揚水浄化を実施する。<br>・高濃度のベンゼン汚染が存在しているTP0～-3mの深度を対象<br>・ウェルポイント等を5m間隔で設置（30mメッシュの区画内に計36本）<br>・注水井戸を10m間隔で設置（30mメッシュの区画内に計9本）<br>・高度排水処理施設の処理水等を注水として活用<br>・30mメッシュ3区画分の揚水浄化を同時に1ヶ月以上実施<br>・揚水量が1日当たり最大270㎥となるよう揚水及び注水の運転を管理<br>・30mメッシュ1区画当たりの累計揚水量2,700㎥以上（9区画全体の累計揚水量24,300㎥以上）<br>・水質モニタリングにより浄化効果を確認しながら揚水浄化を実施<br>・浄化対策後の注水を実施しない時期についても水質モニタリングを実施 |
| 進捗状況 | 実施予定（R2.1～） |

| 地点 | 区画② |
|---|---|
| 浄化方法 | 化学処理 |
| 浄化対象 | ○トリクロロエチレン等の有機塩素系化合物 ○ベンゼン ○1,4-ジオキサン |
| 浄化対策の内容 | ○フェントン試薬の注入による化学処理を実施する。<br>・排水基準超過が確認された10mメッシュの区画を対象<br>・注入井戸を2m間隔で設置<br>・二重管ダブルパッカー工法を用いた低圧・低流量注入<br>・薬剤注入バルブを0．33m毎に設置<br>・地下水汚染領域の深度に対して薬剤を注入<br>・薬剤注入は2回（1回目の浄化効果を確認した上で2回目を実施）<br>・10mメッシュの区画の中央付近に設置した観測井戸により浄化効果を確認 |
| 進捗状況 | 実施中（R1.11～） |

| 地点 | D測線西側 |
|---|---|
| 浄化方法 | 化学処理<br>揚水浄化（集水井） |
| 浄化対象 | ○トリクロロエチレン等の有機塩素系化合物 ○ベンゼン ○1,4-ジオキサン |
| 浄化対策の内容 | ○フェントン試薬の注入による化学処理を実施する。<br>・排水基準超過が確認された10mメッシュの区画を対象<br>・注入井戸を2m間隔で設置<br>・二重管ダブルパッカー工法を用いた低圧・低流量注入<br>・薬剤注入バルブを0．33m毎に設置<br>・地下水汚染領域の深度に対して薬剤を注入<br>・薬剤注入は2回（1回目の浄化効果を確認した上で2回目を実施）<br>・10mメッシュの区画の中央付近に設置した観測井戸により浄化効果を確認<br>○化学処理の実施中は、集水井による揚水浄化を一時的に休止する。<br>○化学処理を実施後に、集水井による揚水浄化を実施する。 |
| 進捗状況 | 実施中（R1.11～） |

| 地点 | 区画㉚ |
|---|---|
| 浄化方法 | 化学処理 |
| 浄化対象 | ○1,4-ジオキサン |
| 浄化対策の内容 | ○フェントン試薬の注入による化学処理を実施する。<br>・排水基準超過が確認された10mメッシュの区画を対象<br>・注入井戸を2m間隔で設置<br>・二重管ダブルパッカー工法を用いた低圧・低流量注入<br>・薬剤注入バルブを0．33m毎に設置<br>・地下水汚染領域の深度に対して薬剤を注入<br>・薬剤注入は2回（1回目の浄化効果を確認した上で2回目を実施）<br>・10mメッシュの区画の中央付近に設置した観測井戸により浄化効果を確認 |
| 進捗状況 | 実施中（R1.11～） |

| 地点 | 区画⑨（⑭-6） |
|---|---|
| 浄化方法 | TOCが高い範囲：土壌及び地下水を掘削し除去する対策<br>TOCが低い範囲：化学処理 |
| 浄化対象 | ○ベンゼン ○1,4-ジオキサン ○クロロエチレン |
| 浄化対策の内容 | ＜TOCが高い範囲＞<br>○地下水汚染領域の土壌の掘削・除去による浄化対策を実施する。<br><br>＜TOCが低い範囲＞<br>○フェントン試薬の注入による化学処理を実施する。<br>（区画②㉚、D測線西側と同様） |
| 進捗状況 | 実施予定（R2.1～） |

図　今後の処分地の地下水浄化対策の進め方（令和元年１２月時点）

㊌第１０回　Ⅱ／６
令和元年１２月２２日

# 処分地全域での地下水における排水基準の到達の確認手法の検討

## １．概要

処分地の地下水浄化対策については、「豊島処分地における地下水浄化対策等に関する基本的事項」（以下「基本的事項」という。平成 29 年 10 月９日 豊島廃棄物等処理事業フォローアップ委員会）に従い、産廃特措法による国の支援が受けられる令和４年度までに地下水浄化等の目標を達成するための最大限の努力を行っており、まずは処分地全域に渡って地下水の水質を排水基準に到達させるための対策として、図１に示す浄化対策を実施中である。

第７回豊島廃棄物等処理事業フォローアップ委員会において、永田委員長から、「処分地全域での地下水における排水基準の到達の確認手法の確立」についての対応の要請があったことや、基本的事項において、「排水基準に到達」とは、「豊島処分地地下水・雨水等検討会が、別に定める規定に従って、汚染物質の濃度が排水基準値を満たすと認めた場合をいう」と定義されていることから、今回、基本的な考え方を整理するとともに、排水基準の到達の確認手法について検討した。

なお、「排水基準に到達」の具体的な確認手法として、水質モニタリング方法について検討しているが、基本的事項において定義されている「排水基準達成の確認」の際の水質モニタリング方法については、地点や頻度等を含めて、別途検討を要するものであることに留意する必要がある。

## ２．「排水基準に到達」の確認手法についての基本的な考え方

「排水基準に到達」の確認手法については、『排水基準超過が確認された地点の地下水が、地下水浄化対策の実施により、排水基準以下となることの確認』を基本とすることが考えられる。

具体的には、「排水基準に到達」の確認手法とは、地下水汚染地点において、化学処理や揚水浄化等の地下水浄化対策後に水質モニタリングを実施し、地下水中の汚染物質の濃度が排水基準を満たすことを確認する手法であるため、それを初めて確認した時点を「排水基準に到達」とする。

なお、これまでに実施したＤ測線西側の水質モニタリング結果において、「排水基準に到達」後に再び排水基準を超過する事例が確認されているため、「排水基準達成の確認」の際の水質モニタリングにおける排水基準超過の取扱いや対応等については、別途検討を要するものであることに留意する必要がある。

## ３．現在の処分地及び地下水浄化対策の状況

### （１）処分地の状況

処分地の地層は、帯水層を含めて過去に人為的に攪乱されている経緯がある。

帯水層は、地下水を含む地層のことを指し、地層を構成する粒子間の間隙が大きいと、その地層が地下水によって満たされる。また、帯水層の底面は、帯水層を満たす地下水の受け皿となっている難透水性の地層の直上部を指し、粘土やシルトを主体とする難透水性の地層や地盤が帯水層の底面となるためには、それらの地層が連続して一定の厚さで分布する必要がある。

しかしながら、処分地の地層は過去に人為的に攪乱されており、さらに、既存のボーリング調査結果において難透水性の地層や地盤が連続して一定の厚さで分布していないことが確認されていることからも、難透水性の地層や地盤が帯水層の底面として十分に機能していないことが考えられる。

### （２）地下水浄化対策の状況

これまでに、地下水概況調査（H27.5～H29.10、浅い層を対象に実施）において汚染が無いにもかかわらず、地下水汚染領域の把握のための調査（H30.2～R1.6、深い層を対象に実施）において汚染が有る地点が複数確認されている。

このことは、難透水性の地層や地盤が帯水層の底面として十分に機能していない可能性を支持する結果であるため、処分地の帯水層を明確には区別せず、概ね一体となっているとみなして地下水浄化対策を実施している。

## ４．水質モニタリング方法

水質モニタリング方法については、次のとおりとすることが考えられる。

### １）地下水汚染地点

○Ｄ測線西側
○高濃度汚染地点３区画（区画②⑨（⑭-6）㉚）
○高濃度汚染地点を除く 27 区画（区画⑥⑪⑫⑬⑯⑰⑱⑳㉑㉒㉓㉔㉕㉖㉗㉘㉙㉛㉜㉝㉞㊱㊲㊳㊵㊶㊷）
○Ａ３、Ｂ５、Ｆ１

### ２）地下水計測点

地下水汚染領域の把握のための調査において、30ｍメッシュの区画毎に地下水調査を実施した結果、排水基準を超過していた地点に観測孔を設置している。今後、本観測孔を地下水計測点とし、排水基準を超過していた地点が排水基準に到達することを確認する。

なお、化学処理を実施する区画については、10ｍメッシュの区画毎に観測孔を設置して水質モニタリングを実施し浄化効果を確認する予定としていることから、本観測孔の水質モニタリング結果を活用する。

### ３）観測孔の設置深さ

観測孔の設置深さについては、国のガイドライン※において、実施措置の効果を確認するための観測井の設置深さの基本的な考え方について、「実施措置の効果を確認する観測井の設置深さは、原則として測定対象となる帯水層の底部までとする。なお、測定対象となる帯水層の底部が不明あるいは非常に深い場合、実施措置の効果を的確に把握できる帯水層の範囲までとする。」とされている。

この考え方を参考として、地下水汚染地点に設置済又は設置予定の観測孔は、不透水層となる岩着の深さまで又は地下水汚染領域の深さまでとする。なお、30ｍメッシュの区画毎及び 10ｍメッシュの区画毎の観測孔は、この考え方に従い設置済である。

※「土壌汚染対策法に基づく調査及び措置に関するガイドライン（改訂第３版）」（平成 31 年３月 環境省水・大気環境局土壌環境課）

### ４）水質モニタリング項目

水質モニタリング項目については、既存調査における水質モニタリングと同様に、過去に排水基準超過が確認された項目（ベンゼン、1,4-ジオキサン、トリクロロエチレン、1,2-ジクロロエチレン及びクロロエチレン）を対象とする。

### ５）水質モニタリング頻度

これまでに、「豊島における環境計測」において地下水調査を年４回（春、夏、秋、冬）ないし年２回（夏、冬）実施していることを踏まえ、水質モニタリング頻度については、原則として、３か月に１回以上実施することにより「排水基準に到達」を確認する。

なお、化学処理を実施する区画については、薬剤注入前から薬剤注入３週間後までの期間中に複数回の水質モニタリングを予定しており、薬剤注入３週間後の水質モニタリング結果を活用する。

## ５．処分地全域での地下水における排水基準の到達の確認手法（案）

処分地全域での地下水における排水基準の到達の確認手法について、具体的に次のとおり実施していくこととする。

### （１）Ｄ測線西側

Ｄ測線西側については、排水基準超過が確認された 10ｍメッシュの区画を対象に、フェントン試薬の注入による化学処理を実施中であり、10ｍメッシュの区画毎に観測孔を設置し、過去に排水基準超過が確認された項目を対象にして水質モニタリングを行うことにより浄化効果を確認する予定としている。

観測孔における水質モニタリングは、化学処理の実施期間中に複数回の実施を予定しており、薬剤注入後の水質モニタリング結果において、汚染物質の濃度が排水基準を満足することを確認した時点を「排水基準に到達」とする。

また、集水井を設置している（C+10, 2+40）の 10ｍメッシュの区画については、集水井の水質モニタリングを継続して実施し、汚染物質の濃度が排水基準を満足することを確認した時点を「排水基準に到達」とする。

なお、「排水基準に到達」後に実施する水質モニタリングについては、Ｄ測線西側を代表すると考えられる地点を複数設定し、継続していくことが考えられ、これまでに観測井や揚水井を設置して水質モニタリングを実施していた（B+40, 2+10）、（C, 2+40）、（C, 3）の地点や集水井等が候補地点として想定されるが、具体的な対応については、化学処理による浄化効果等を踏まえ、別途検討する必要がある。

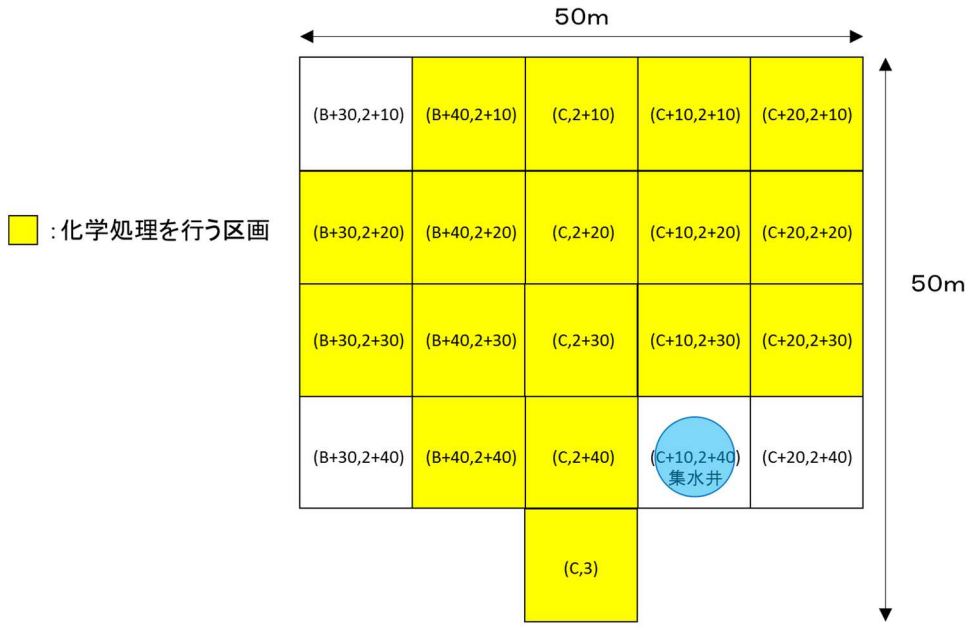



図２　地下水浄化対策を行う範囲（Ｄ測線西側）

（２）高濃度汚染地点３区画（区画②⑨（⑭-6）㉚）

区画②㉚については、Ｄ測線西側と同様に、フェントン試薬の注入による化学処理を実施中であり、薬剤注入後の水質モニタリング結果において、汚染物質の濃度が排水基準を満足することを確認した時点を「排水基準に到達」とする。

なお、「排水基準に到達」後に実施する水質モニタリングについては、区画②㉚を代表すると考えられる地点として、30ｍメッシュの区画の中央である②-5 及び㉚-5 において継続していくことが考えられるが、具体的な対応については、化学処理による浄化効果等を踏まえ、別途検討する必要がある。

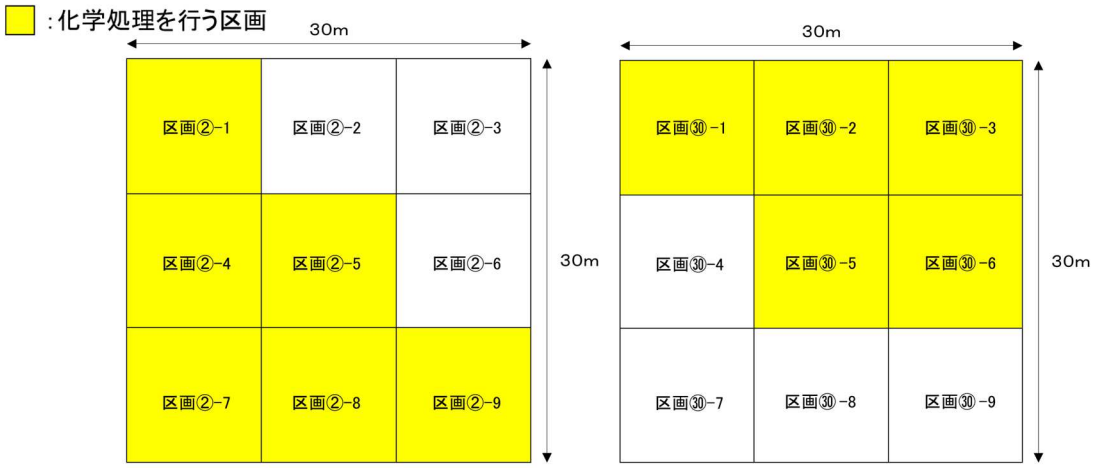



図３　地下水浄化対策を行う範囲（区画②㉚）

また、区画⑨（⑭-6）については、区画⑨-1、⑨-2、⑨-4、⑨-5、⑨-7 及び⑭-6 の沖積層の土壌を掘削・除去し、それ以外の地下水汚染領域については、フェントン試薬の注入による化学処理を実施予定としており、これらの浄化対策後の水質モニタリング結果において、汚染物質の濃度が排水基準を満足することを確認した時点を「排水基準に到達」とする。

なお、「排水基準に到達」後に実施する水質モニタリングについては、区画⑨を代表すると考えられる地点として、30ｍメッシュの区画の中央である⑨-5 において継続していくことが考えられるが、具体的な対応については、化学処理による浄化効果等を踏まえ、別途検討する必要がある。

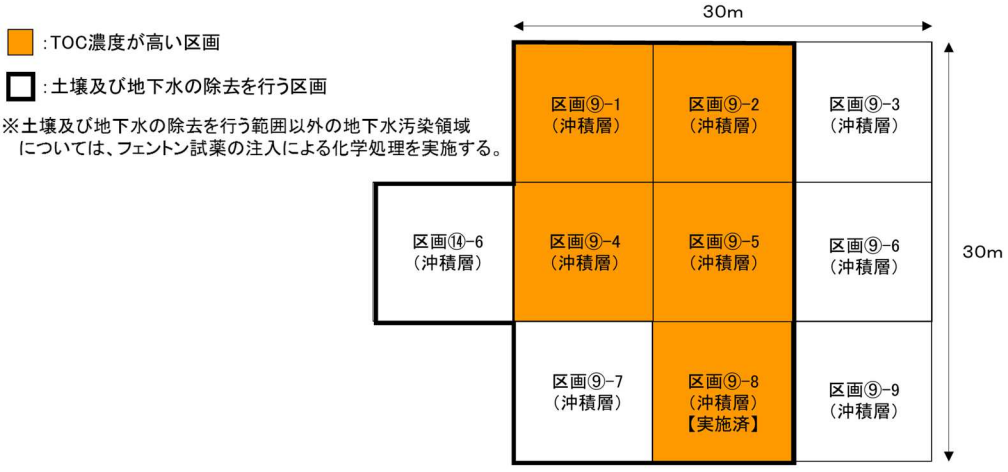



図４　地下水浄化対策を行う範囲（区画⑨、⑭-6）

（３）高濃度汚染地点を除く 27 区画（区画⑥⑪⑫⑬⑯⑰⑱⑳㉑㉒㉓㉔㉕㉖㉗㉘㉙㉛㉜㉝㉞㊱㊲㊳㊵㊶㊷）

高濃度汚染地点を除く 27 区画については、ウェルポイント等による揚水浄化（区画⑪⑫⑬⑯⑰⑱㉑㉒㉓の計９区画）及び揚水井による揚水浄化（区画㉒㉓㉕㉗㉘㉙㉜㉝の計８区画）を実施する予定としており、これらの浄化対策後に、30ｍメッシュの区画の中央に設置した観測孔において、過去に排水基準超過が確認された項目を対象にして水質モニタリングを３か月に１回以上実施し、汚染物質の濃度が排水基準を満足することを確認した時点を「排水基準に到達」とする。

これらの揚水浄化対策の実施と、Ｄ測線西側における化学処理後の集水井による揚水浄化対策の実施により、処分地全体の汚染濃度は低下し、直接的な対策を実施しない地点（区画⑥⑳㉔㉖㉛㉞㊱㊲㊳㊵㊶㊷の計 12 区画）においても濃度は低下するものと想定しているが、十分な浄化効果が期待できない地点が確認された際や、地下水浄化対策中に新たな地下水汚染が見つかった際には、汚染物質や汚染濃度に応じて、対策範囲を限定して部分的にウェルポイント等による揚水浄化やフェントン試薬の注入による化学処理を追加実施し、汚染物質の濃度が排水基準を満足することを確認していく。

なお、令和元年５月、７月及び 11 月に、30ｍメッシュの区画の中央に設置した観測孔において水質モニタリングを実施しており、処分地全域での地下水の状況を定期的に把握している。

図５ 高濃度汚染地点を除く 27 区画（赤塗りの区画を除く黄塗りの区画）

（４）Ａ３、Ｂ５、Ｆ１

Ａ３、Ｂ５及びＦ１については、豊島における環境計測において、Ａ３及びＢ５については年４回、Ｆ１については年２回の水質モニタリングを継続して実施しており、汚染物質の濃度が排水基準を満足することを確認した時点を「排水基準に到達」とする。

## ６．今後の予定

今後、化学処理や揚水浄化等の地下水浄化対策を早急に実施していくことにより、処分地全域での地下水における排水基準の到達を目指す。