

噴出防止工について

1 事前調査

1.1 調査の目的

竹の内産廃処分場における2箇所の観測井戸 (No.3 及びNo.5) 付近におけるガス溜りの分布状況を把握し、浸透水をともなったガスの噴出事象を防止する対策の詳細設計に資する情報を得る。

1.2 調査の内容

1.2.1 調査方法

調査方法は弾性波トモグラフィを採用した。弾性波トモグラフィは地表で起振させたときに生じるP波をボーリング孔内及び地表に設置した受信機で観測し、その伝搬速度から地盤の速度分布を調べることによって地盤の物性値の違いを可視化するものである。一般に空隙があると弾性波速度は低下することから、調査結果からガスの滞留場所をある程度特定できるのではないかと考えた。

1.2.2 調査地点

No.3 及びNo.5 地点における縦横断方向の2測線で弾性波トモグラフィを実施した。また、比較対象のため、Loc.1bの縦断方向の1測線で実施した (図1 参照)。

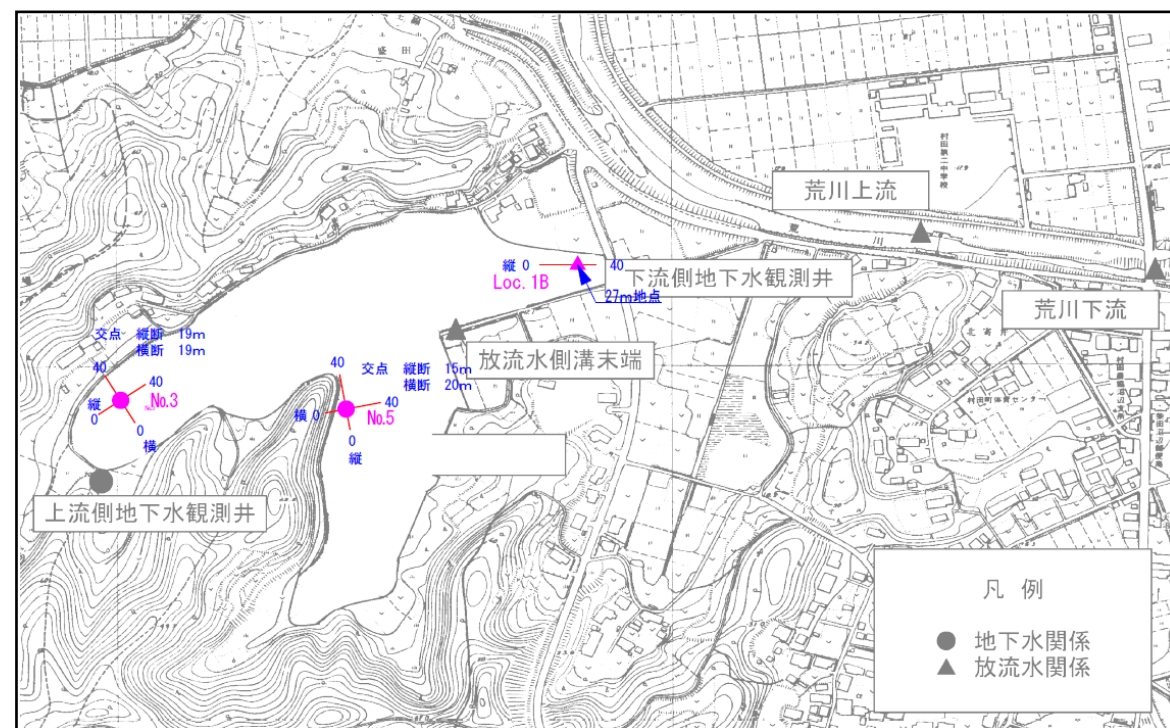


図1 弾性波トモグラフィの調査位置

1.2.3 調査時期

現地計測：7月 8日 (月) ~ 7月 9日 (火) 2日間
 室内解析：7月16日 (水) ~ 7月26日 (金) 約2週間

1.2.4 弾性波トモグラフィについて

弾性波トモグラフィ探査とは、医学分野で用いられているX線CTの手法を地盤や岩盤の弾性波探査に応用し、詳細な弾性波速度分布断面を求めようとする探査法である。弾性波トモグラフィ探査は、調査対象領域を取り囲むように測定を行い、対象領域を透過してきた弾性波の初動走時の情報を用い、領域内の速度分布を逆解析 (インバージョン) 手法により求める。そのため、弾性波探査やボーリング孔内を利用したPS検層法などと比較し、より詳細な速度分布を断面図として得ることができる。

➤ 測定方法

弾性波トモグラフィの測定方法を図2に模式図として示す。測定機器はPS検層や弾性波探査で使用するものと同じで、本調査の測定は、ハイドロフォンを多連にした受振ケーブルを孔内に吊り下げて実施した。

弾性波の発振源としては、火薬、スパーカー、エアガン、機械的打撃等が使用されるが、本調査においては、地表をカケヤにて起振した。

➤ 解析方法

図3に弾性波トモグラフィにおける反復法の解析の流れを示す。

まず、BPT (逆投影) 法により初期モデルを与える。初期モデルに対してシミュレーション計算を行なって理論走時を求め、測定した初動走時との差 (走時残差) が小さくなるように初期モデルを修正する。次に新しく修正されたモデルに対して同様の手順を繰り返し、徐々にモデルを真の速度分布に近づけていく反復計算を行なう。走時残差からモデルの速度修正量を求める方法としてさまざまな方法が提唱されているが、本調査では解の収束が比較的緩やかで安定的なSIRT (同時反復) 法を用いている。

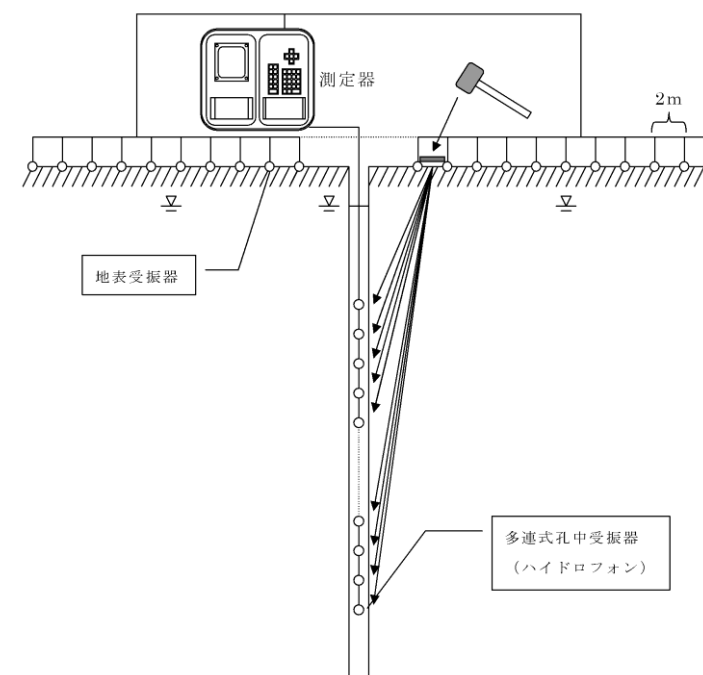


図2 弾性波トモグラフィの模式

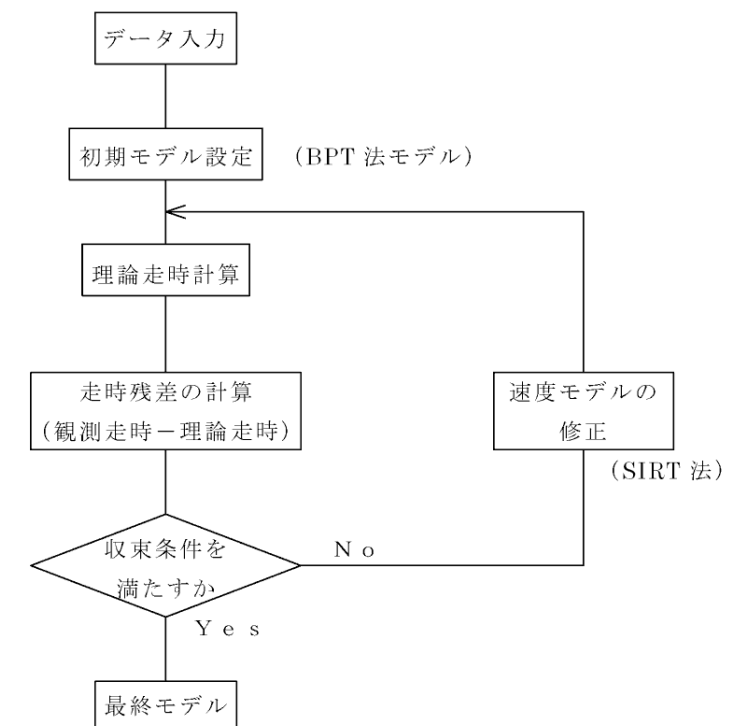


図3 弾性波トモグラフィの解析の流れ

1.3 調査結果

1.3.1 No.3における弾性波トモグラフィの結果

- 図 4-1 及び 4-2 に示したとおり、解析断面のP波速度値は、0.25～0.55 (km/s) を示し、地下水が飽和した地盤の速度値 (1.6 km/s) と比較して小さい値であった。
- トモグラフィ探査の下限付近 (標高 0m付近) のP波速度値は 0.55 (km/s) を示した。
- 最もP波速度が小さい範囲は、地下水面より低く、標高 14m付近に確認され、その大きさは、深度方向は約 2m、横断方向は約 16m、縦断方向は約 22mであった。

1.3.2 No.5における弾性波トモグラフィの結果概要

- 図 5-1 及び 5-2 に示したとおり、解析断面のP波速度値は、0.25～0.90 (km/s) を示し、地下水が飽和した地盤の速度値 (1.6 km/s) と比較して小さい値であった。
- トモグラフィ探査の下限付近、標高 5m付近のP波速度値は 0.90 (km/s) を示した。
- 最もP波速度が小さい範囲は、地下水面付近及び地下水面より上部の標高 18m付近に確認され、その大きさは、深度方向は約 3～6m、横断方向は約 20m、縦断方向は約 12mであった。

1.3.3 Loc. 1B 地点弾性波トモグラフィの結果概要

- 図 6 に示したとおり、解析断面のP波速度値は、0.55～0.95 (km/s) を示し、No.3 及びNo.5 と比較して大きい値を示した。

1.4 考察

- No.3 及びNo.5 周辺地盤のP波速度はともに地下水が飽和した地盤の速度値 (1.6 km/s) と比較して小さい値であった。既往文献では、地盤に 1～2%の空隙が存在するとP波速度は約 0.4～0.5 (km/s) まで小さくなることが報告されており、No.3 及びNo.5 付近の廃棄物層には Loc. 1B 付近に比べるとある程度の空隙が存在していると考えられた。
- No.3 及びNo.5 地点において確認された、地表近くに分布しているP波速度が特に小さい領域は、周囲よりも空隙が多く、空隙が発生ガスで満たされた状態 (ガス溜り) であると推定できた。
- 縦横断面図からガス溜りと思われる範囲を平面図であらわすと 図 7 の赤い斜線部の位置と推定され、噴出防止工はこの範囲内に施工することが効果的であると考えられた。

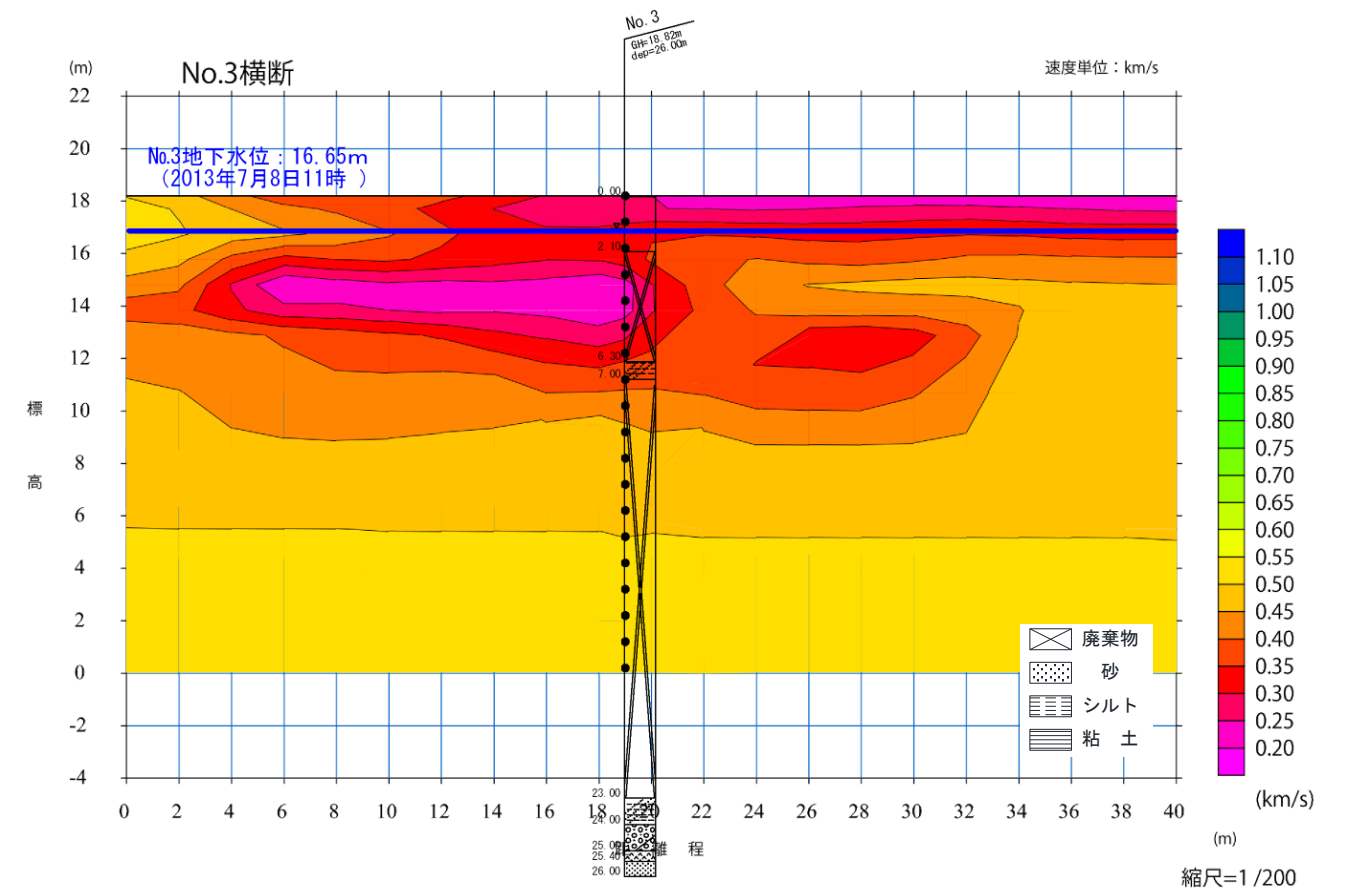


図 4-1 No.3 横断トモグラフィ解析結果

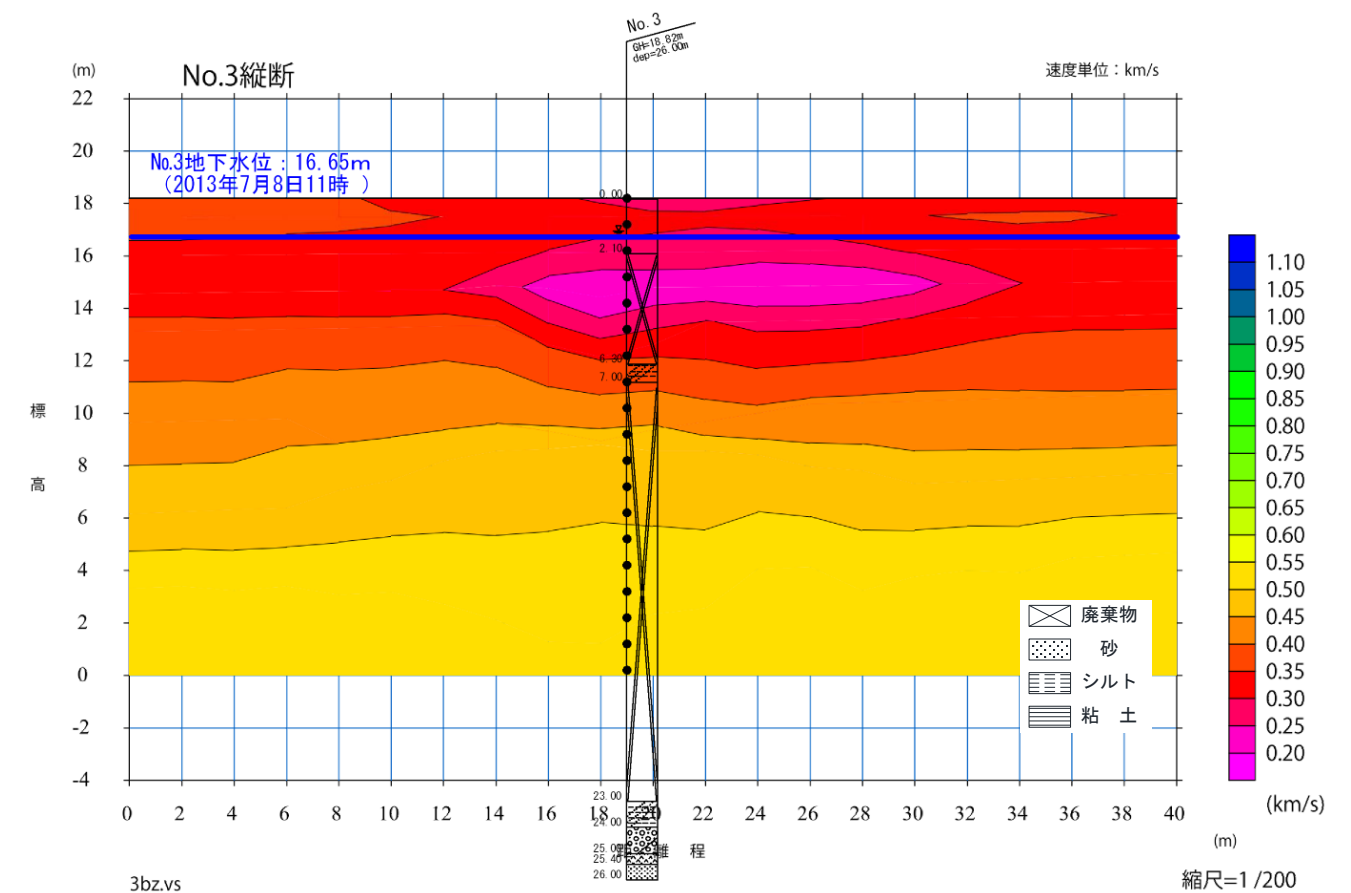


図 4-2 No.3 縦断トモグラフィ解析結果

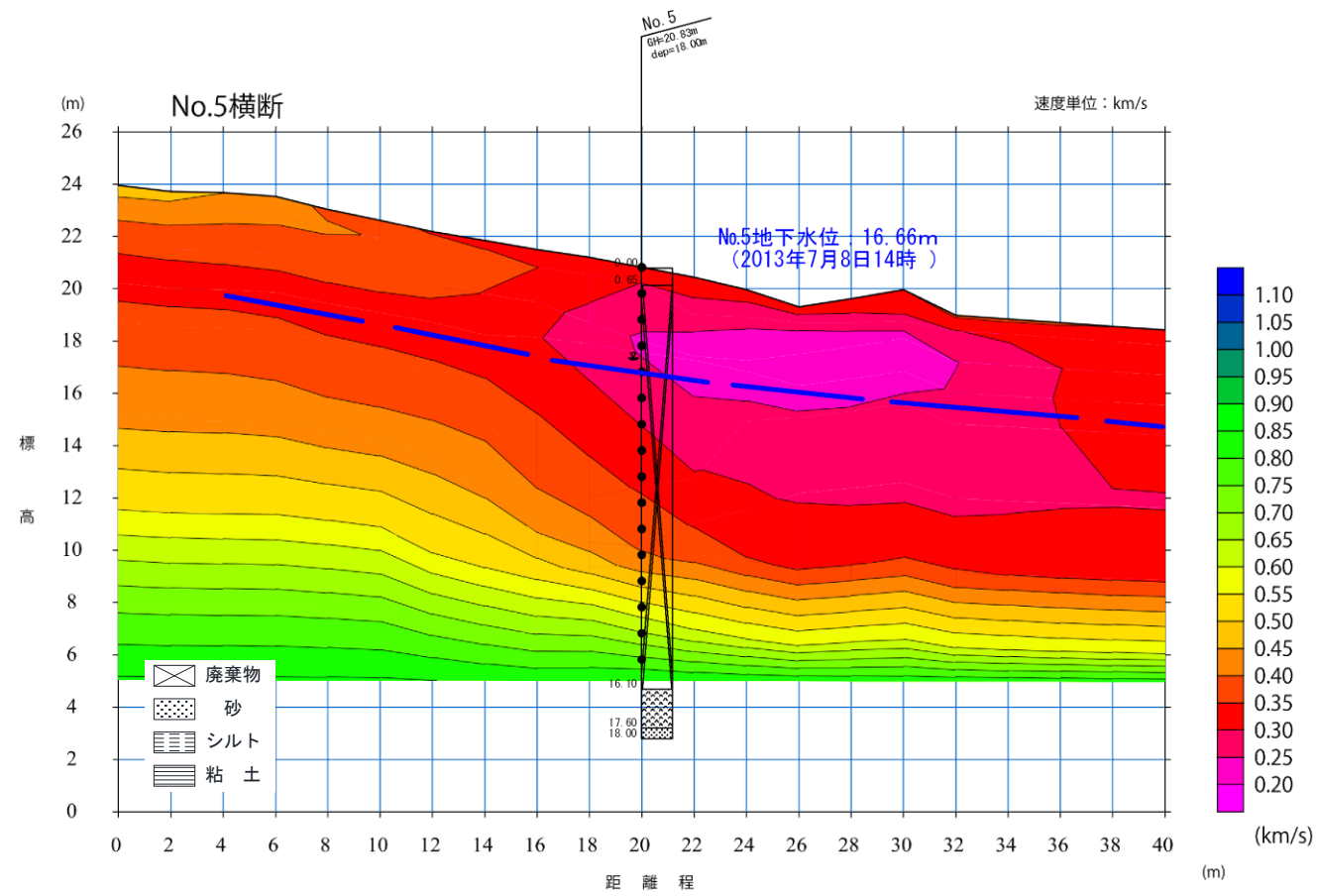


図 5-1 No. 5 横断 トモグラフィ解析結果

縮尺=1/200

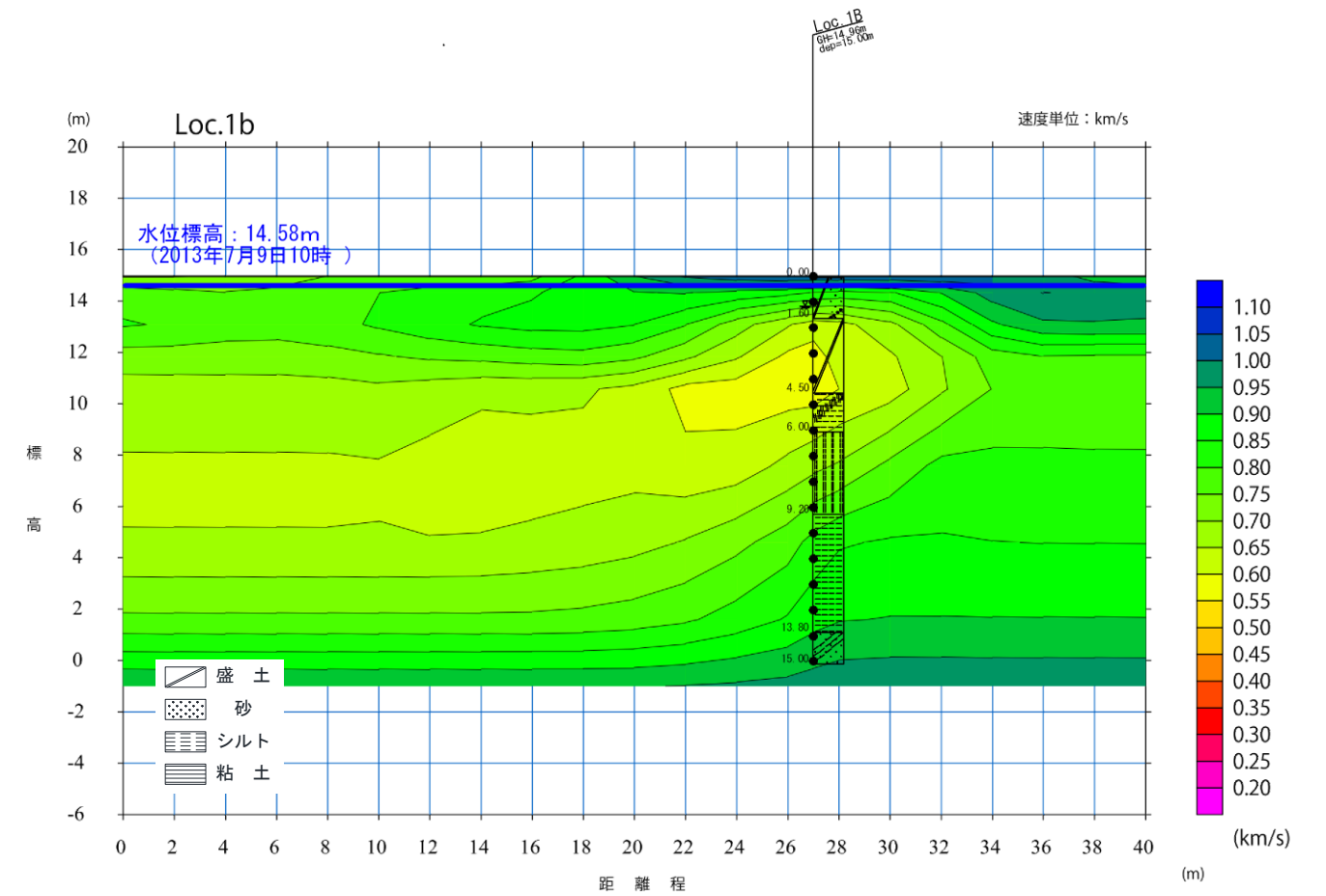


図 6 Loc. 1b 縦断 トモグラフィ解析結果

縮尺=1/200

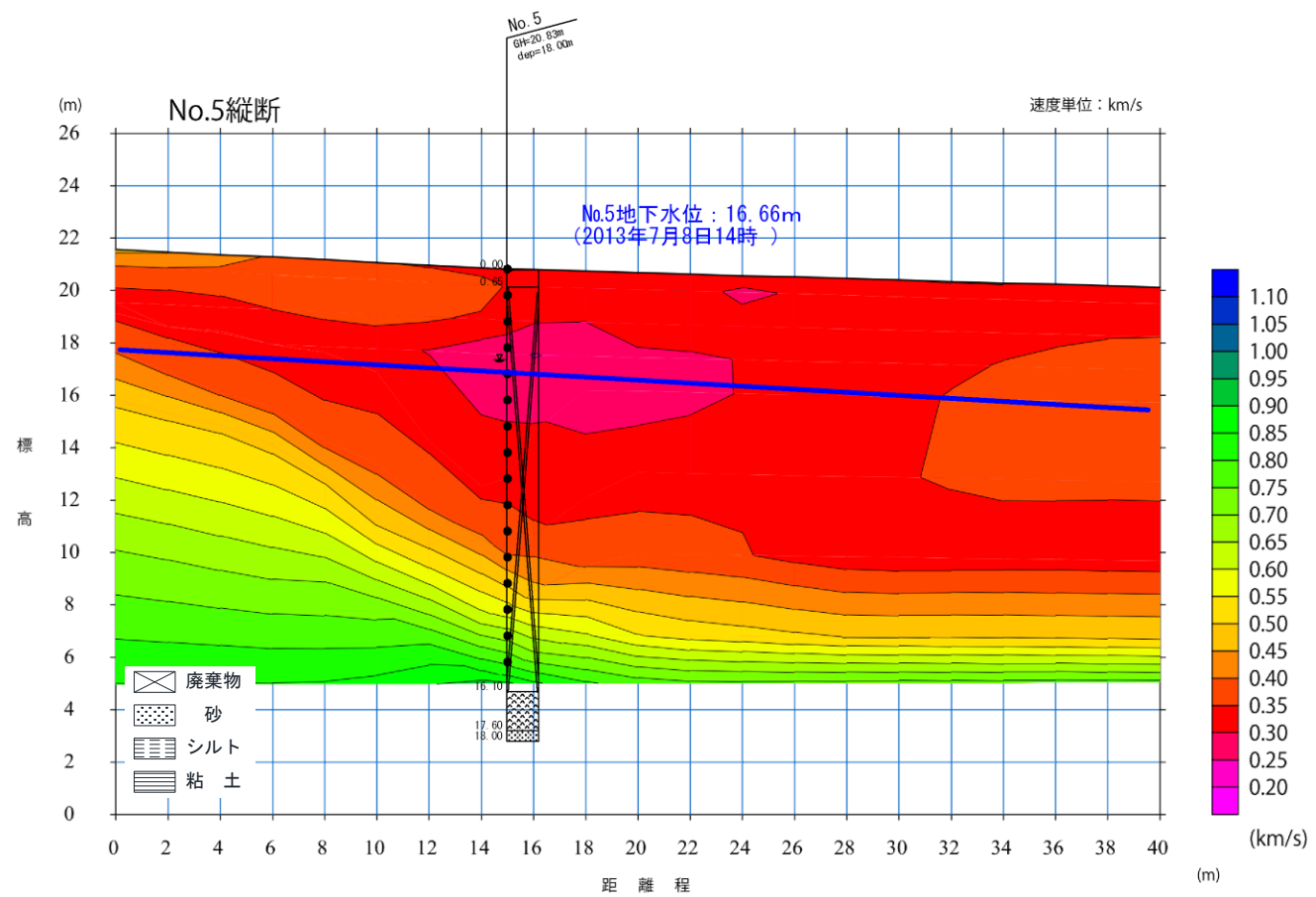


図 5-2 No. 5 縦断 トモグラフィ解析結果

縮尺=1/200

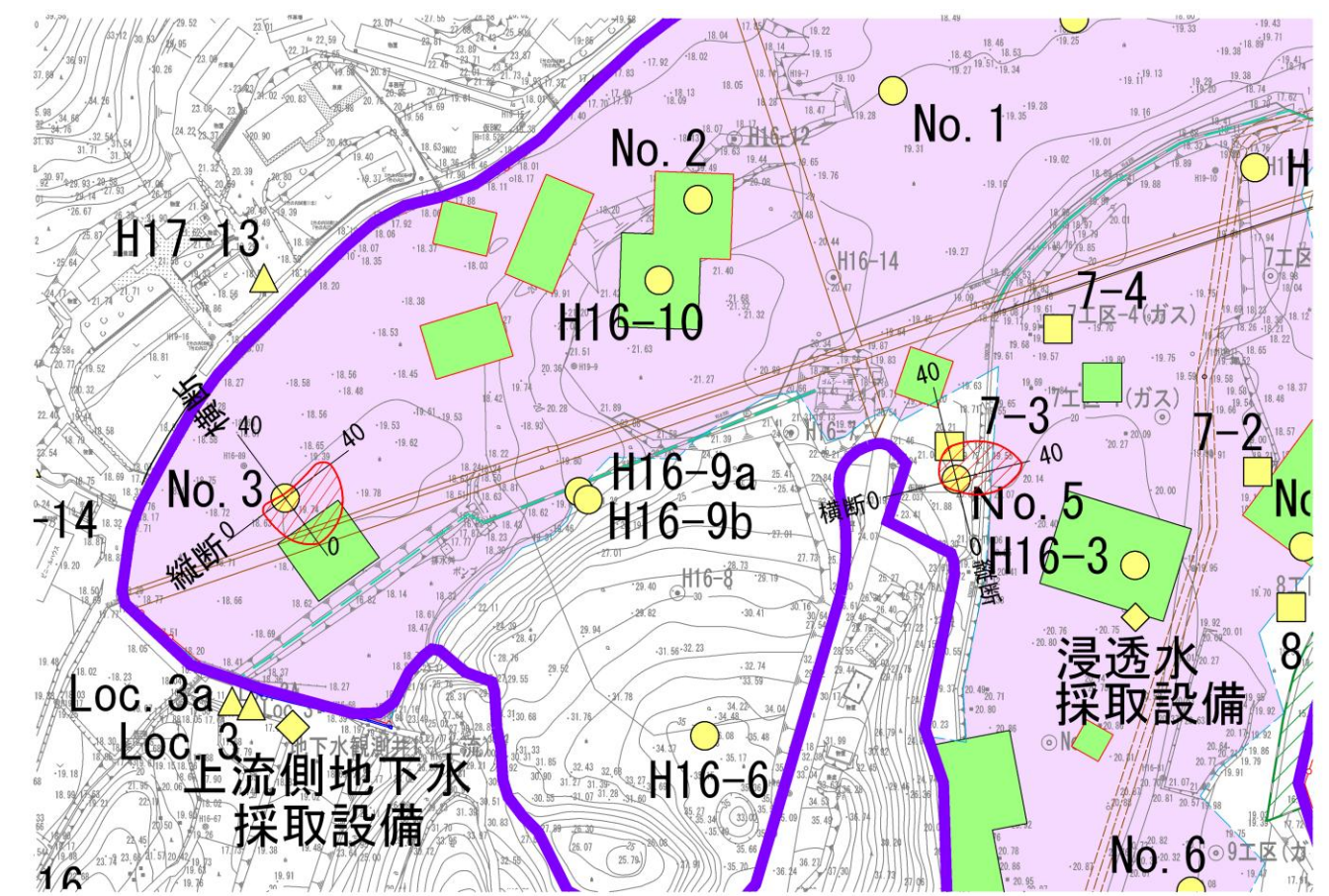


図 7 ガス溜り位置平面図

2 噴出防止工の内容

2.1 ガス抜き方法

2.1.1 ガス抜き方法の比較検討

事前調査において、No.3及びNo.5ともにガス溜り範囲が確認されたことを踏まえ（図8参照）、ガス抜き効果の高い対策手法を検討した。

No.3、No.5ともにガス溜りは比較的浅い層にあると推測されたが、噴出の原因となるガスは深い層でも発生していると考えられ、効率的にガスを抜くためには深部で発生しているガスと浅部で滞留しているガスの両方を対象とした対策とする必要がある。

当初比較検討対象としていた「ガス抜き管方式」は挿入した管の深さまでのガスを対象としており、「トレンチ方式」は5m程度の浅い部分のガスを対象としている。処分場の状況と事前調査結果を踏まえ、深部に達するガス抜き管を設置して廃棄物層全般のガス抜きを行うことを基本対策とし、これに加えて、浅いところに存在するガス溜りを対象としたガス抜き対策を追加した「深部までのガス抜き管+浅部までのガス抜き管（計2本）」と「深部までのガス抜き管+トレンチ」の3ケースを比較検討した。

比較検討の結果を表1に示す。

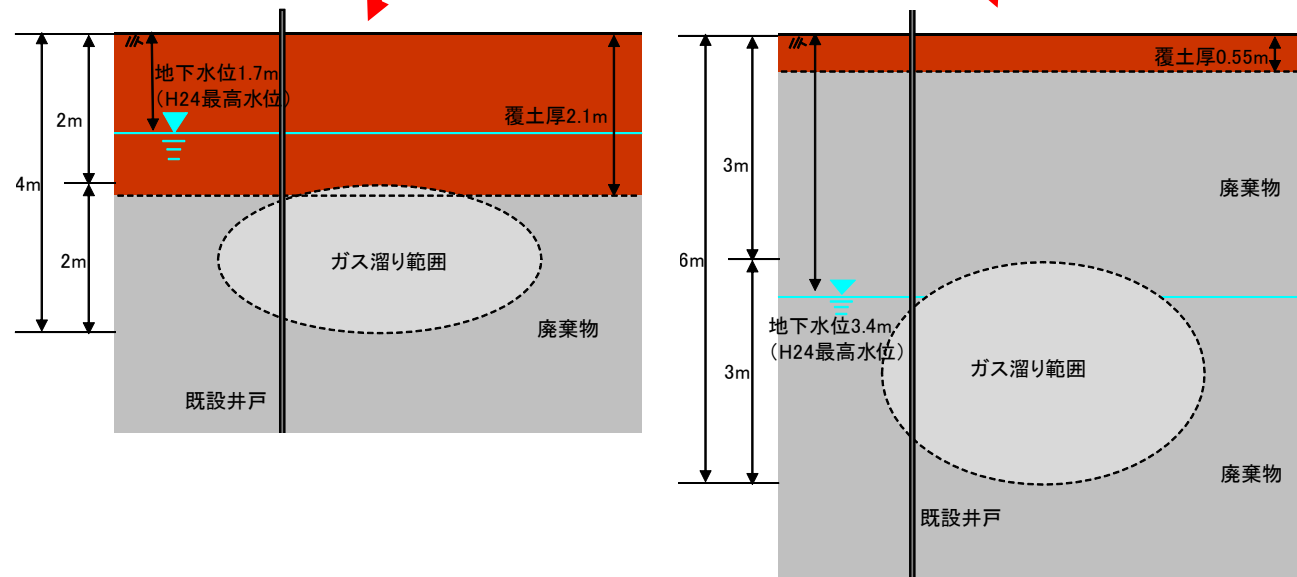
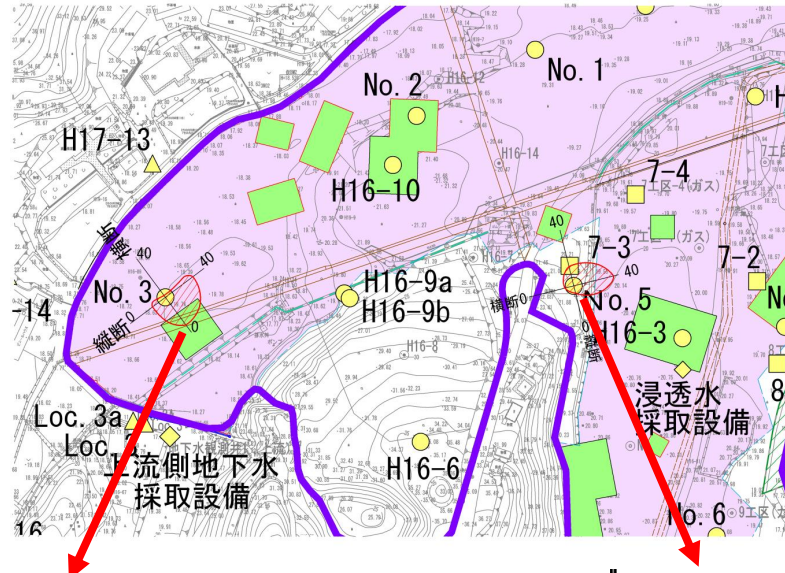


図8 No.3及びNo.5ガス溜り模式図

表1 ガス抜き方法比較検討表

工法の種類	①基本形式		②浅部追加対策	
	① 深部までガス抜き管1本	②-1 深部までの管1本 + 浅部までの管1本	②-2 ガス抜き管&トレンチ方式	
概念図	平面図			
	断面図			
対策の概要	ガス抜き管により廃棄物層に発生・滞留したガスを抜き、有害ガスを除去して大気放散する。 廃棄物層を貫くガス抜き管を1本設置して、廃棄物層全体(浅部～深部)のガス抜きを図る。	①に加えて、廃棄物層浅部のガス抜きを目的とするガス抜き管を設置する。	①に加えて、廃棄物層浅部のガス抜きを目的とするトレンチ(砕石等を充填)を設置する。	
対策の効果	○	○	○	
	△	◎	◎	
			△	
施工上の問題	○	○	△	
総合評価	△	◎	○	

2.1.2 比較検討結果

3案を比較検討し、最もガス抜き効果があり、かつ施工性に優れている「**深部ガス抜き管+浅部ガス抜き管**」を採用した。

以下に対策の詳細を示す。

➤ ガス抜き管の配置

「廃棄物最終処分場指針解説」において縦ガス抜き管の設置ピッチは 20m～40mとされているが、竹の内処分場は廃棄物層が地下水で満たされていることから、空気流通の範囲を 5m に設定し、まず、既設井戸の近傍に浅部から深部まで広くガス抜き効果がある「深部ガス抜き管」を設置し、そこから 10m 距離をとり、ガス抜き管の影響範囲がガス溜り範囲をカバーできるよう「浅部ガス抜き管」を配置することとした（図 9 及び図 13 参照）。

深部ガス抜き管の深さは岩盤まで（No.3：-2.5m、No.5：-1.6m）とし、浅部ガス抜き管の深さは空隙が比較的多い範囲まで（No.3：-4m、No.5：-6m）とした（図 12 及び図 16 参照）。

➤ ガス抜き管の構造

ガス抜き管は内外管の二重管構造として管と管の間に碎石を詰めて、下部は内管のみキャップして廃棄物の浸入を防ぐ。また、上部はガスが管を伝って噴出することがないようにセメント等で根固めを行う（図 10、図 11、図 14、図 15 参照）。

➤ ガス抜き管の口径・材質

「廃棄物最終処分場整備の計画・設計・管理要領」において跡地利用前のガス抜き設備の管径は、横方向 150mm 以上、縦方向 200mm 以上とされていることから、ガス抜き管の口径は深部管、浅部管ともに 200mm とし、使用する材料は、硬質塩化ビニル管（VU 管）の有孔タイプとする（図 10、図 11、図 14、図 15 参照）。

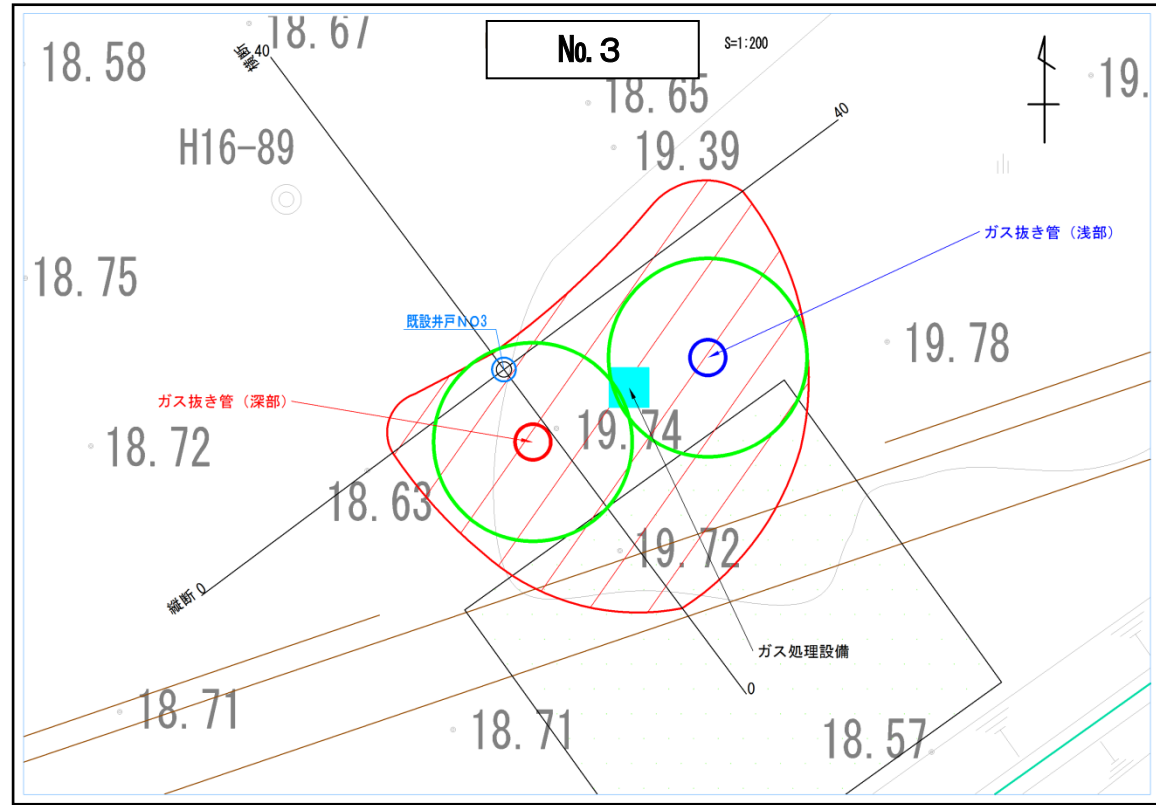


図9 No.3におけるガス抜き管配置図

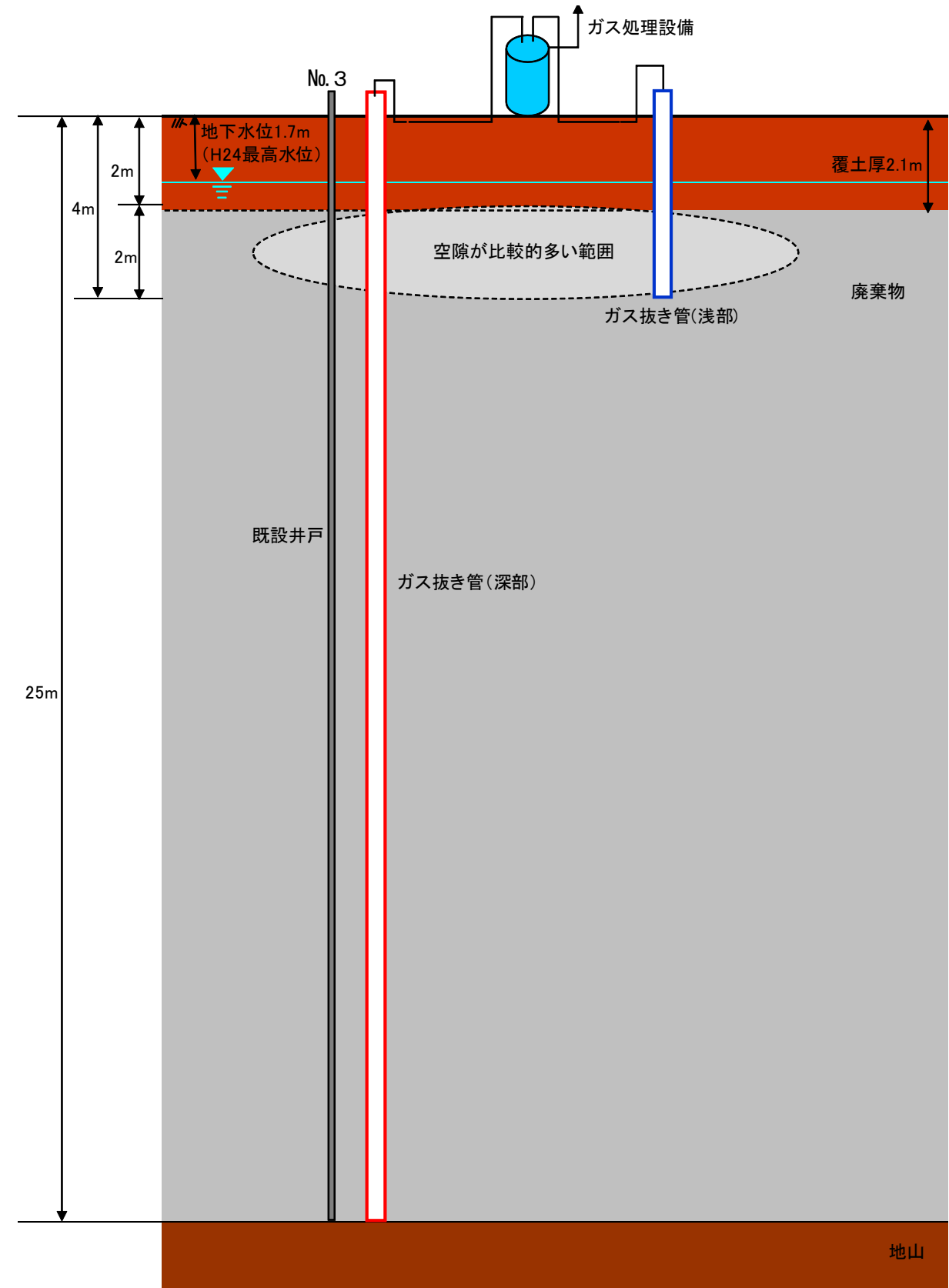


図12 No.3におけるガス抜き管設置断面図

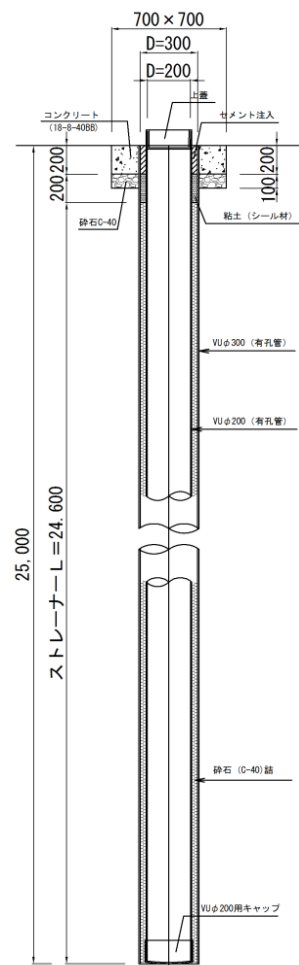


図10 No.3 深部ガス抜き管構造図

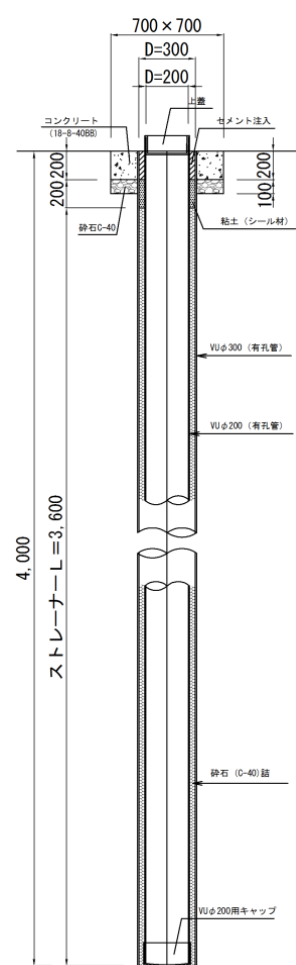


図11 No.3 浅部ガス抜き管構造図

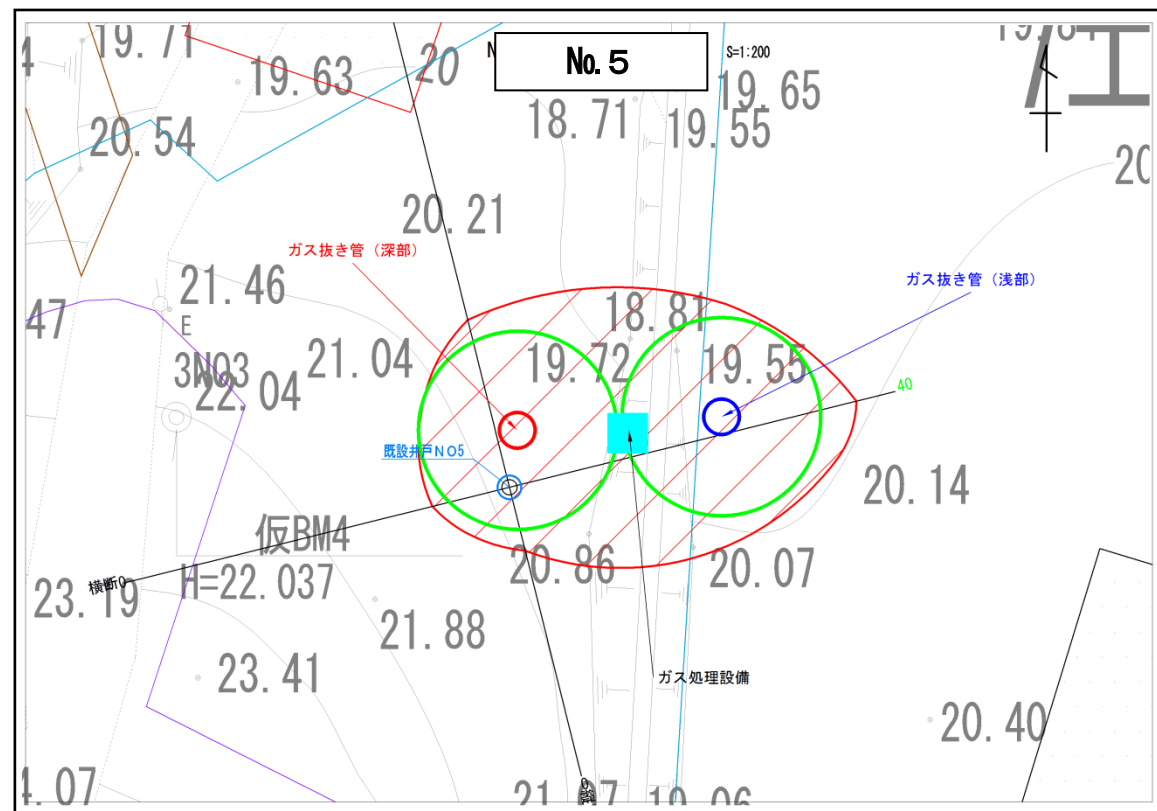


図 13 No. 5におけるガス抜き管配置図

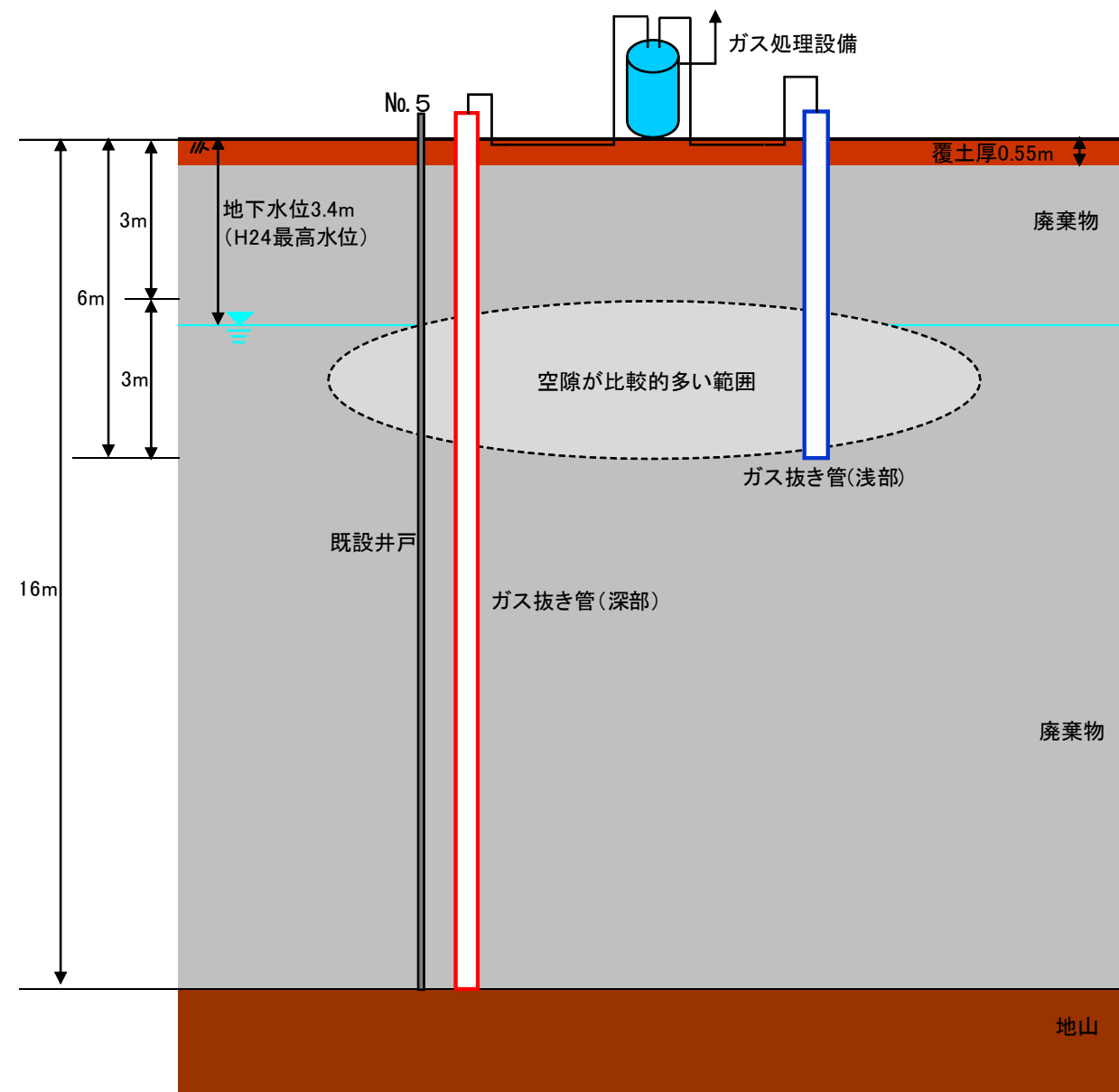


図 16 No. 5におけるガス抜き管設置断面図

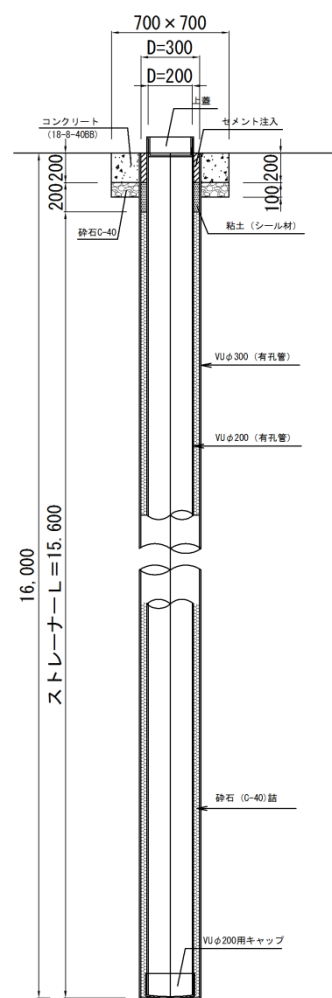


図 14 No. 5 深部ガス抜き管構造図

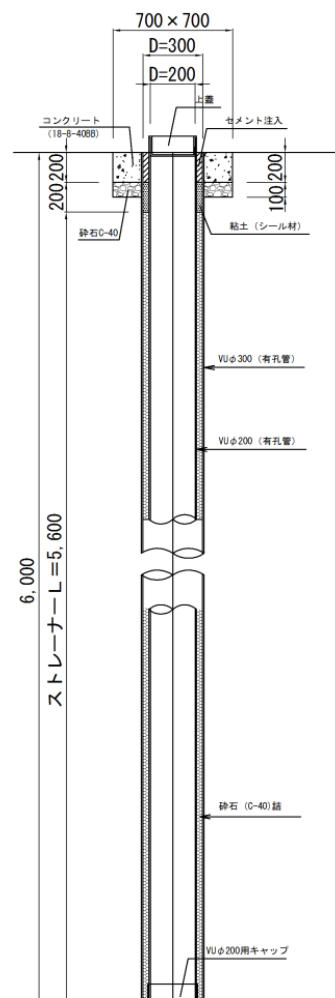


図 15 No. 5 浅部ガス抜き管構造図

2.2 ガス処理方法

2.2.1 観測井戸におけるガス発生量

これまでの観測井戸におけるガス発生量（月1回測定）は、H16-5では最大8.4L/分、他の観測井戸より比較的多いH16-6及びH16-11では1.0L/分前後を示しており、No.3では最大0.23L/分、No.5では最大0.25L/分を示している。

2.2.2 ガス処理量の設定

ガス処理は硫化水素ガスの拡散防止および浄化の観点から吸引によるガス処理を行うものとする。

ポンプは各ガス抜き管からの吸引量を一定にするために各1台設置する。

また、吸引ポンプ能力は「ガス発生量<吸引ポンプ能力」となるように設定する必要がある。ガス発生量は各井戸により変動はあるが過去の最大値8.4L/分程度を鑑み、安全側の値としてガス処理量は13.5L/分に設定した。

2.2.3 ガス処理設備の設計

硫化水素ガス処理濃度はH16-11における平成21年度以降の最大値を参考に400ppmとし、処理方法は、臭気、VOD、他の悪臭物質の吸着が期待できる活性炭吸着処理として必要量及び交換頻度を求めた。

(1) 処理条件

- ①ガス処理量 : 真空ポンプ2台 : 13.5 L/min×2=27.0L/min (=4.5×10⁻⁴m³/s)
- ②流入ガス濃度 : 400ppm (硫化水素ガス濃度)
- ③空塔速度 : 0.03m/s以下 (汚泥再生処理センター施設整備の等計画設計要領の活性炭吸着 (0.3~0.5m/s) の1/10)
- ④活性炭充填密度 : 500kg/m³

(2) 活性炭吸着塔

①必要面積

$A_c = Q / S V = 4.5 \times 10^{-4} / 0.03 = 0.015 \text{ m}^2 \rightarrow$ 直径 0.070m以上 \rightarrow 直径 0.3mとする。(現状吸着塔と同等とする。)

②硫化水素発生量

1日あたりの硫化水素の発生量Aは、以下の式で表すことができる。

$$A = C \times M \times Q / R \times T$$

C : 濃度 (mL/m³=ppm)、M : 分子量(kg/mol)、Q : 風量 (m³/d)

R : 1molのガス量 (=22,400mL)

T : 温度 (=273/(273+t))、t : 気温 15°C

$$A = 400 \times 34 \times 10^{-3} \times 39 / 22,400 \times 273 / (273+15)$$

$$= 0.022 \text{ kg/d}$$

③活性炭交換頻度

- ・ 1日当たりの硫化水素の発生量 : 0.022 kg/d (=8.0kg/年)
- ・ 充填活性炭中の硫化水素吸着量 : 30%

- ・ 活性炭充填容量 : $\phi 0.3 \times H1.0 \text{ m} \times 2 \text{ 本} = 0.14 \text{ m}^3$

\rightarrow 充填重量 70 kg (=0.14m³×500kg/m³)

よって交換頻度は、

$$\text{充填重量} \times \text{充填重量中の吸着量} / \text{年発生量} = 70 \text{ kg} \times 0.3 / 8.0 \text{ kg/年} = 2.63 \text{ 年}$$

2.2.4 ガス抜き設備とガス処理設備の接続

設備間の配管は、土中埋設すると維持管理に土工事が発生する為、今後の維持管理等のやり易さにより配管設置箇所が判断できるように、トラフを下図のように設置する。また、雨水排水の阻害にならないように、トラフ蓋の天端を地盤高に併せて設置する。トラフ工の断面図を図17、ガス処理設備の施工概念図を図18に示す。

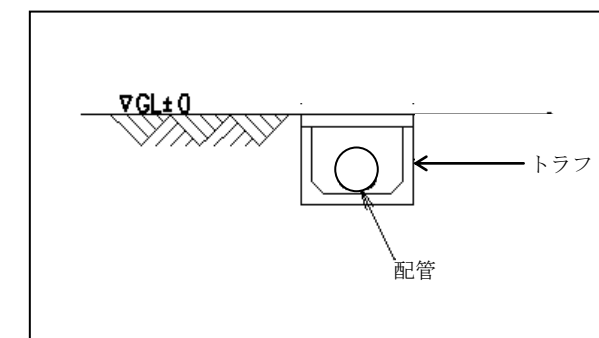


図17 ガス処理設備配管トラフ工断面図

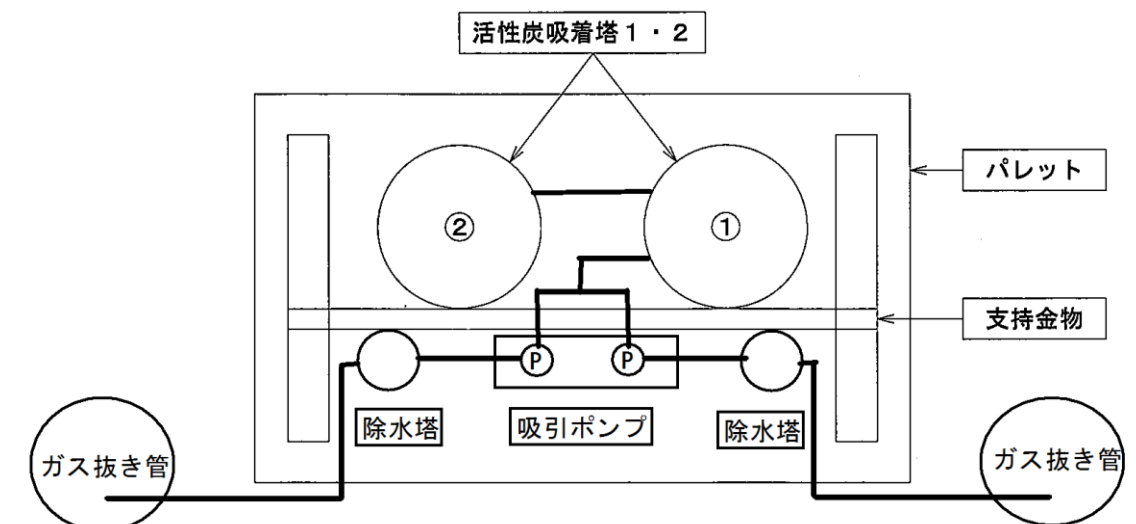


図18 ガス処理設備概略図

2.3 工事数量

項目	単位	数量
No. 3		
ガス抜き管設置(深部)		
φ350 ボーリング掘削	m	25
φ200φ300VU ケーシング	m	25
産廃処理費	m ³	3
ガス抜き管設置(浅部)		
φ350 ボーリング掘削	m	4
φ200φ300VU ケーシング	m	4
産廃処理費	m ³	0.5
ガス処理設備 (真空ポンプ 2 台)	式	1
電気トラフ	m	100
配管トラフ	m	10
No. 5		
ガス抜き管設置(深部)		
φ350 ボーリング掘削	m	16
φ200φ300VU ケーシング	m	16
産廃処理費	m ³	2
ガス抜き管設置(浅部)		
φ350 ボーリング掘削	m	6
φ200φ300VU ケーシング	m	6
産廃処理費	m ³	1.5
ガス処理設備 (真空ポンプ 2 台)	式	1
配管トラフ	m	15
概算工事費		12,000千円

2.4 作業工程

	1月目						2月目						3月目					
	5	10	15	20	25	30	5	10	15	20	25	30	5	10	15	20	25	30
準備工	■	■	■															
ガス抜き管設置工																		
ボーリング掘削工				■	■	■	■	■	■									
ケーシング設置工										■	■	■						
ガス処理設備工																		
機器製作				■	■	■	■	■	■									
据付工										■	■	■						
接続工(配管・電気)																■	■	■
電気工(引き込み)																		
片付け工																■	■	■

2.5 環境配慮事項

2.5.1 発生ガス対策

廃棄物層を掘削する場合はガス発生の有無を随時確認する。

硫化水素、酸素、一酸化炭素、可燃性ガス(メタンガス)、ベンゼンの発生ガスは、各作業場において、作業環境保全のため、ポータブルガス検知器等で常時観測する。

第2管理基準値を超過する場合は、北側敷地境界および風下敷地境界において、硫化水素、可燃性ガス(メタンガス)、ベンゼンの調査を行い、周辺環境に対して影響がないことを確認する。

2.5.2 騒音・振動対策

騒音・振動対策として以下の対策を行うこととする。

- ① 工事に使用する重機は、低騒音型・低振動型とする
- ② 場内及び北側町道を重機が走行する場合は、低速走行を行う

表2 管理基準値と測定方法

番号	項目	管理基準値		第1と第2管理基準値の根拠 (第2管理基準値:法・規則等で定められた数値)	測定方法と頻度
		第1管理レベル (作業環境改善)	第2管理レベル (作業中止)		
1	硫化水素	2.5ppm 未満	5.0ppm 未満	第2管理レベル:作業環境評価基準の基準値 5ppm 未満 ^{※1} 第1管理レベル:第2管理レベルの1/2	作業(掘削)場所において、ガス検知器により常時測定する 作業(掘削)場所において、作業中(午前、午後1回)にガス検知管により測定する。
2	酸素	19.5%未満	18.0%未満	第2管理レベル:酸素欠乏症等防止規則の基準値の18%未満 第1管理レベル:一般的に酸素欠乏環境とされる19.5%未満より	
3	一酸化炭素	25ppm 未満	50ppm 未満	第2管理レベル:日本産業衛生学会許容濃度等の勧告値 50ppm 未満 第1管理レベル:第2管理レベルの1/2	
4	メタンガス	2.5%未満 (50%LEL ^{※2})	5.0%未満 (100%LEL ^{※2})	第2管理レベル:日本産業衛生学会許容濃度等の勧告値 5%未満 第1管理レベル:第2管理レベルの1/2	
5	ベンゼン	0.5ppm 未満	1.0ppm 未満	第2管理レベル:作業環境評価基準の基準値 1ppm 未満 ^{※1} 第1管理レベル:第2管理レベルの1/2	

各管理基準値超過時の対応方法:

- 1) 第1管理レベル以下:作業続行
 - 2) 第1管理レベル超過時(第2管理レベル未満):再測定を行い、第1管理レベルを満足するときはそのまま作業再開する。超過するときは速やかに監督員に連絡し、覆土や捕捉材等により発生ガスの放散を抑制するとともに強制換気を行い、第1管理レベル以下まで作業環境を改善して作業を再開する。
 - 3) 第2管理レベル超過時:作業を中止して速やかに監督員に連絡する。作業エリアでは覆土や捕捉材等により発生ガス放散を抑制し立入禁止等の安全処置を施し、作業エリアから待避するとともに強制換気により第1管理レベル以下まで作業環境の改善を図る。作業は再びガスが噴出する可能性があるため、監督員と協議の上、作業環境、周辺環境の保全対策(送風機設置により民家側へのガス拡散防止対策等)を施した後再開する。
- また、発生ガスによる周辺環境への影響を把握するため、北側敷地境界と風下敷地境界にて大気環境調査を実施する。

※1:平成17年4月の労働安全衛生法における特定化学物質等障害予防規則の一部を改正する省令により管理基準値変更
 ※2:%LELとは、爆発下限界(Low Explosion Limit)というもので、メタンの爆発下限値である5%という濃度に対して、どれだけの割合にあたるかを%で表すもの