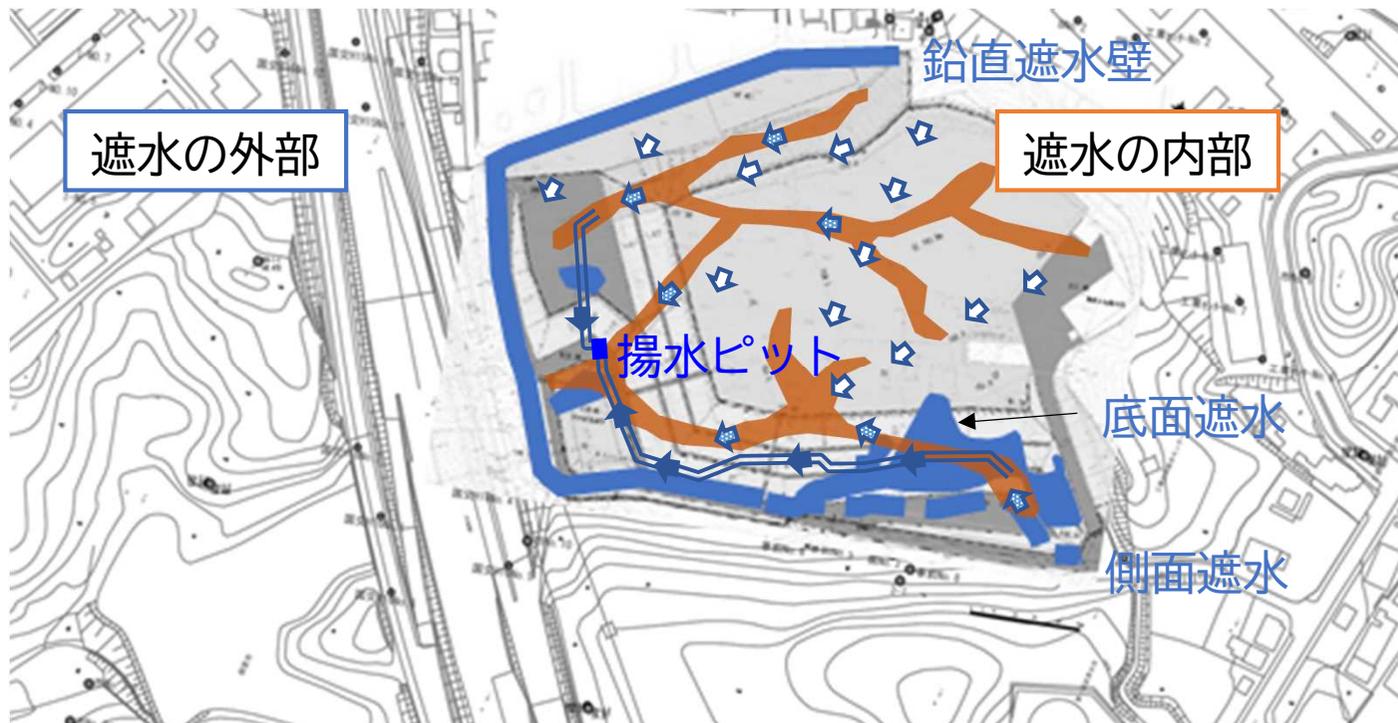


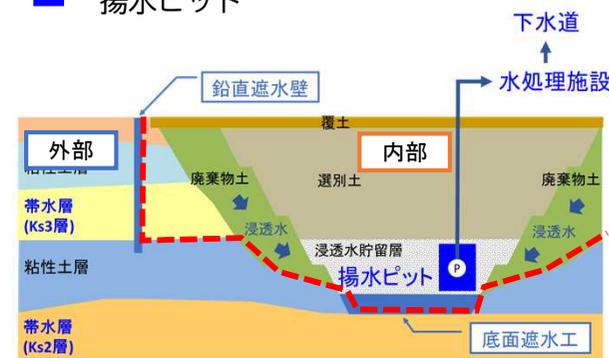
遮水内部の安定化へのプロセスの状況について

I 安定化の考え方とその指標について

1 対策事業の内容とその後の旧処分場の内部管理



- 地山の谷地形
- 浸透水上層流れ
- 浸透水底面流れ
- 浸透水底面排水管
- 揚水ピット



遮水の外部

対策工事で設置した構造物等※1が機能することで遮水の外部への影響を防止する。

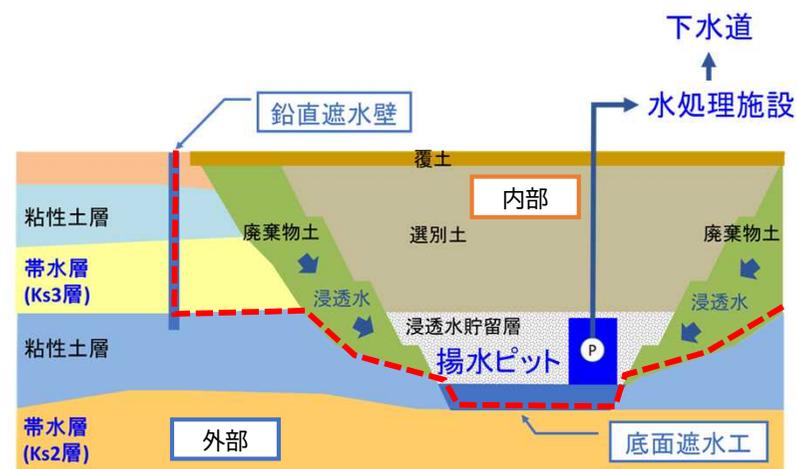
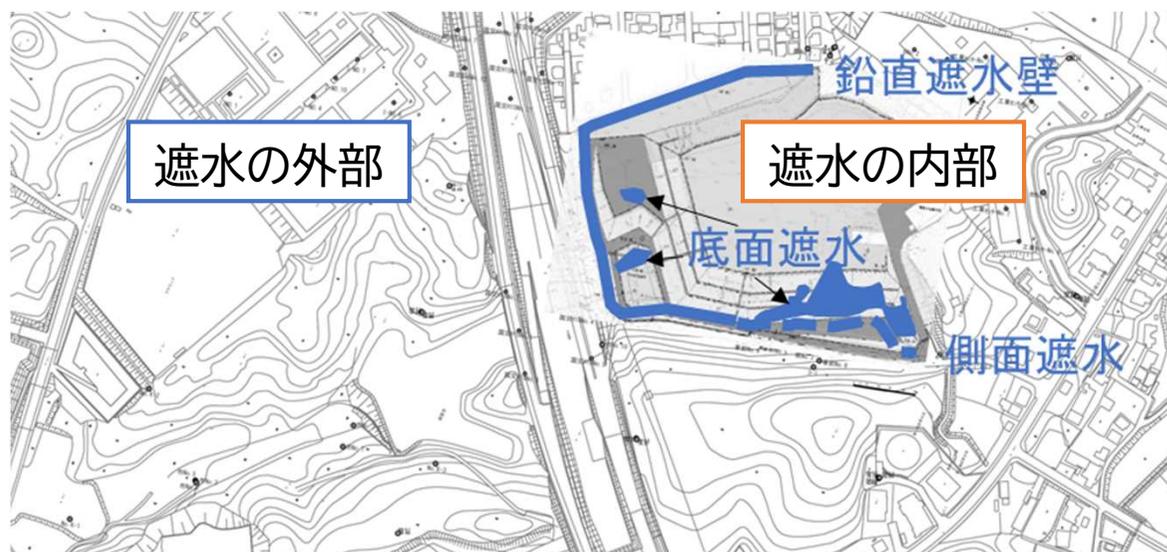
- ※1
- 覆土 ⇒ 廃棄物の飛散流出
 - 鉛直遮水壁、遮水工 ⇒ 地下水汚染拡散防止
 - 浸透水集排水管、貯留層、揚水ピット
 - 通気管 ⇒ 浸透水の流動状態の改善（臭気防止）

遮水の内部

対策工事で部分的に取り入れた管理型処分場のシステム（洗い出しシステム）※2を機能させることで遮水の内部の安定化を促進させる。

- ※2
- シートの維持補修 ⇒ 雨水の浸透量の管理
 - 揚水ピットから浸透水の連続した汲み上げ ⇒ 洗い出しの促進

2 対策工事の有効性と旧処分場の安定化の考え方



遮水の外部

対策工で設置した構造物等の機能の確認
 → 廃棄物の飛散流出防止、地下水への汚染拡散防止、悪臭のおそれの防止

実施計画の目標達成

対策工事の有効性の確認

【考え方】 対策工事の目標が達成された状態（支障およびそのおそれが除去できた状態）が今後も継続し、支障等が再発しないことを確認する。

遮水の内部

工事完了後、部分的に取り入れた管理型処分場のシステムを機能させるための内部管理を実施
 → 連続した浸透水の揚水、シートの維持補修

★今回の説明内容★
 安定化へのプロセスの状況について

旧処分場の安定化へのプロセスの確認

【考え方】 雨水等の洗い出し作用による安定化へのプロセスを確認する。

旧処分場の安定化の確認

3 遮水の内部の安定化へのプロセスについて

(1) 安定化へのプロセスの確認の考え方

物理化学反応 雨水等による洗い出しと

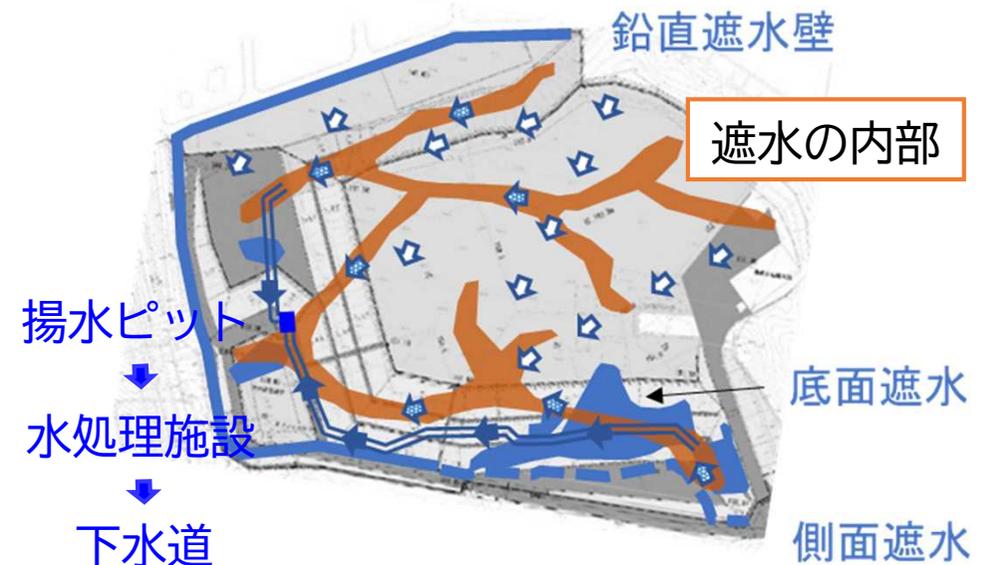
生物化学反応 廃棄物に含まれる有機物の分解による安定化へのプロセスを確認

(2) 安定化とは

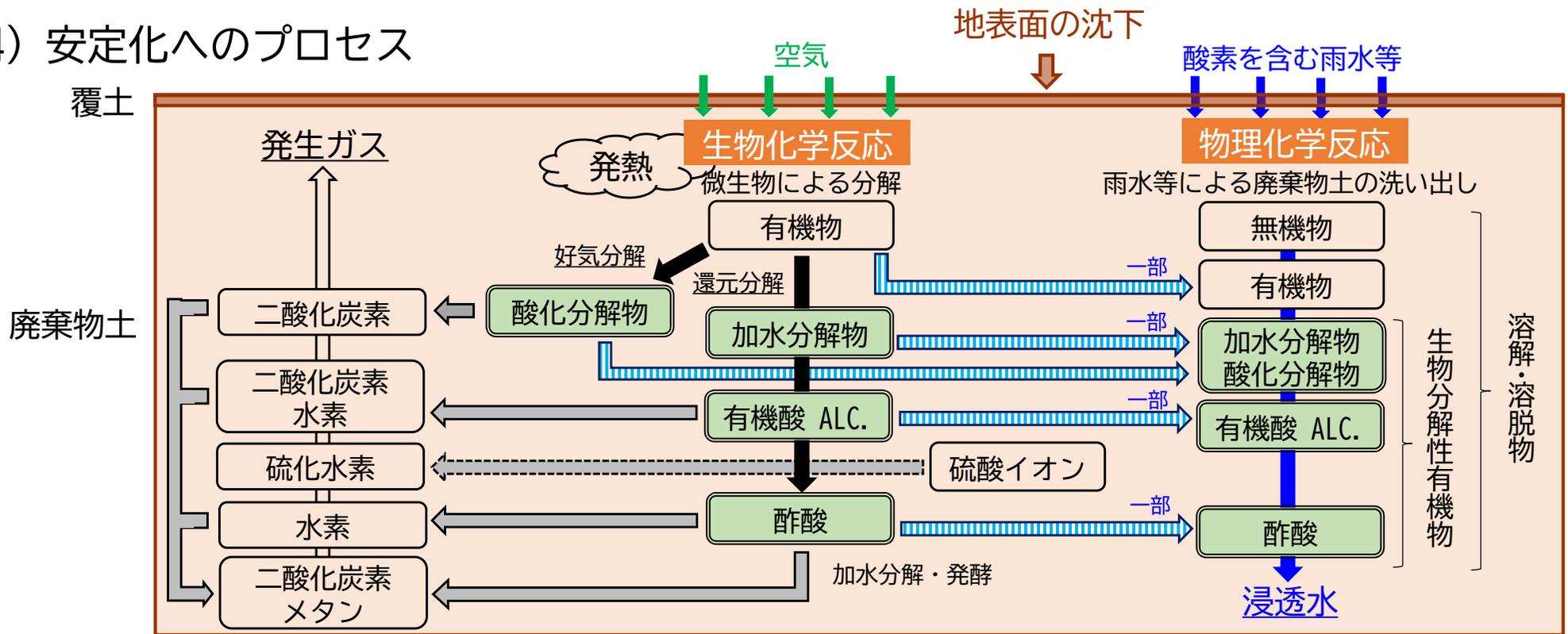
廃棄物が土中に留まっている限り外部に影響を与えない状態

(3) 旧処分場の安定化へのメカニズム

地山の地形を利用し、掘削箇所に管理型処分場の構造（浸透水集排水管や揚水ピット等）を取り入れ、集水した浸透水を連続して揚水することで流動性を改善し、遮水の内部全体の洗い出しシステムを機能させることで安定化を促進する。さらに、浸透水の流動性が改善することによって廃棄物に含まれる有機物の分解も促進される。



(4) 安定化へのプロセス



生物化学反応 ※ 局所的な廃棄物塊での有機物の分解プロセスについて

- ① 廃棄物土に含まれる有機物は、酸素 O_2 を利用する微生物により分解され、その過程で二酸化炭素 CO_2 が発生し、覆土から浸入した酸素や雨水等に含まれる酸素が消費され還元状態が進む。
- ② 還元状態が進むと、酸素を利用しない微生物によって有機物はより低分子に段階的に分解され、最終的にはメタン CH_4 と二酸化炭素 CO_2 が発生する。また、分解途中の生物分解性有機物は雨水等により洗い流され、浸透水に含まれる形で排出されるものもある。なお、還元状態が進む中で、浸透水に硫酸イオン SO_4^{2-} が含まれる場合には、微生物が有機物を利用して硫酸イオンを還元し硫化水素 H_2S が発生する。
- ③ 易分解性有機物がなくなると、難分解性有機物の分解に移行する。
- ④ 廃棄物土中の有機物が少なくなり、ガスの発生が微弱になる。

物理化学反応

- ① 雨水等が廃棄物土を洗い出すと、無機物（塩類等）や有機物（生物分解性を含む）は浸透水に溶解・溶脱する。
- ② 洗い出しが進むと、塩類等の濃度（≒電気伝導度）は低下していくが、強降雨時には雨水等の浸透状況が変化し、塩類等が新たに溶解・溶脱する場合がある。
- ③ この繰り返しで塩類等の濃度は増減しながら低下し、遮水内部は安定化していく。⇒速度は違うが他の物質も同様に安定化

(5) 安定化へのプロセスを確認するための指標

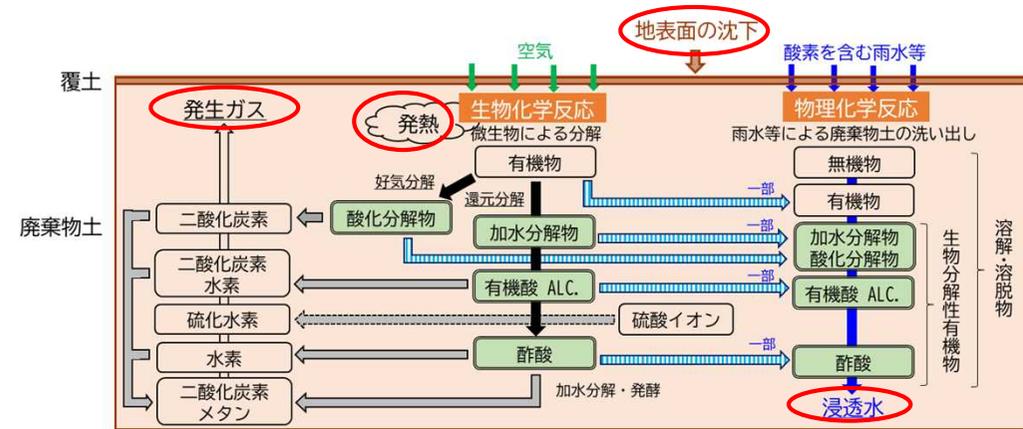
① 遮水の内部の廃棄物土の状況

- ア 浸透水の水質 ● 廃棄物土から洗い出された溶解・溶脱物や生物分解性有機物が含まれ、内部全体の廃棄物土の状況を総合的に表す。

② 廃棄物土に含まれる有機物の分解の進行状況

有機物の分解のプロセスについては、外部の独立条件である気象の影響（大気圧の変動等）を受けやすい発生ガスだけではなく、廃棄物土を洗い出した浸透水に含まれる生物分解性有機物および微生物の活性状況を示す内部温度から総合的に判断する必要がある。

- ア 浸透水の水質 ● 廃棄物土を洗い出した生物分解性有機物等が含まれる。
⇒項目：pH、BOD、COD、全窒素
- イ 発生ガス ● 好気性での有機物の分解で二酸化炭素 (CO₂) が、還元状態が進むとメタン (CH₄) と二酸化炭素 (CO₂) が発生する。
※発生ガスの量や濃度は気象条件（大気圧の変動等）の影響を受ける
- ウ 内部温度 ● 微生物による有機物の分解は発熱反応で、その温度は微生物の活性状況を示す。
- エ 地表面の変化 ● 微生物が有機物を分解することにより生じた空隙が崩れ、地表面が沈下する。

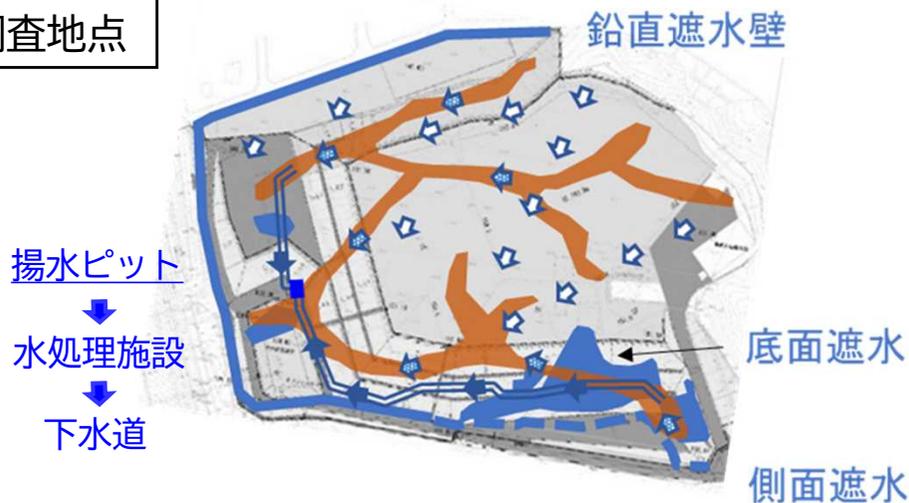


Ⅱ 安定化へのプロセスの状況について

(i) 廃棄物を洗い出した浸透水の水質について

1 廃棄物土を洗い出した浸透水（揚水ピット）の状況

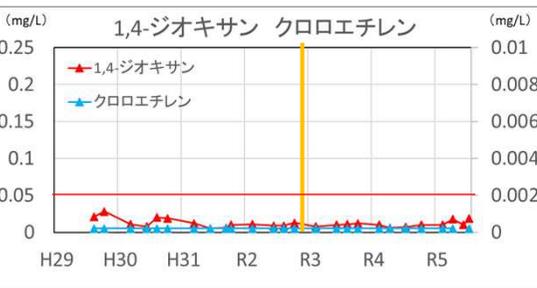
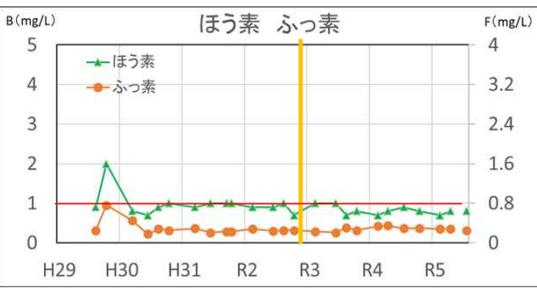
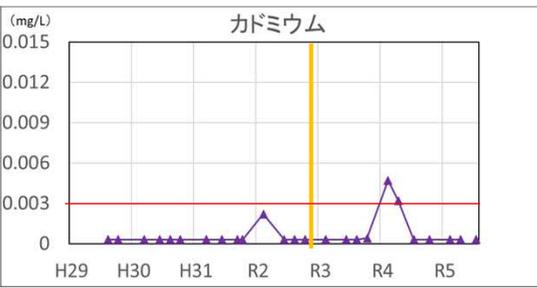
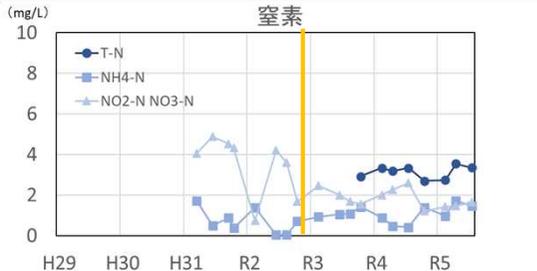
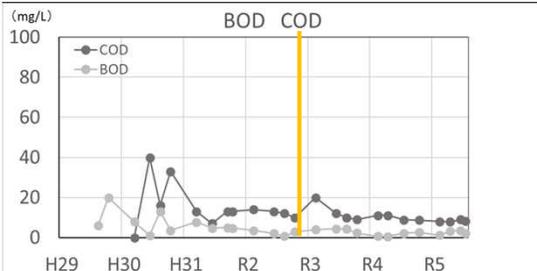
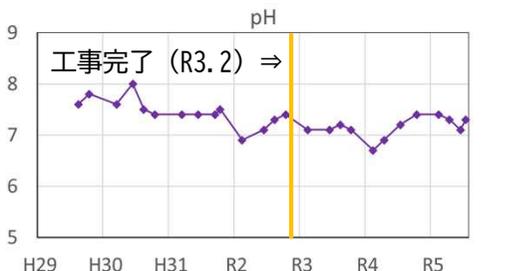
調査地点



- 旧処分場の内部管理により洗い出しシステムを機能させている対策工事完了（令和3年2月）後の経年変化から、安定化へのプロセスを確認する。
- 揚水ピットの浸透水は、その水位が下端になるまで毎日揚水しきっている。

調査結果 調査頻度：年4回 [第45回連絡協議会 資料4から]

- pHは、工事完了後は7.0程度で推移しており、洗い出された生物分解性有機物（有機酸等）の影響を受けていないと考えられる。
- BODは低く、令和5年度は2.0mg/L程度で、有機物が盛んに分解され、その分解生成物が洗い出される段階を過ぎていると考えられる。
- 電気伝導度は、浸透水の処理水量（≒揚水ピットに集まってくる浸透水量）が多い時期に値が一時的に上昇しており、この浸透水量に応じて塩類が洗い出されていると考えられる。令和5年度は110mS/m程度で推移している。また、CODも同様の傾向がみられ、BODが低いことを踏まえると、難分解性有機物の分解生成物が洗い出されていると考えられる。
- 工事前の平成24年度第1回の浸透水の調査で地下水環境基準を超過した項目はほう素と1,4-ジオキサンであったが、工事完了後も低下傾向で令和5年度は基準に適合している。また、工事完了後に、カドミウムが基準を超過して2回検出されているが、継続して検出される状況にはないことから、分解されにくい無機質は（重金属類は土壤に吸着しながら）薄く洗い出されていると考えられる。
- テトラクロロエチレン、トリクロロエチレン、1,2-ジクロロエチレンは、平成24年度の調査で環境基準以下であり、平成28年度以降の調査で不検出であることから既に洗い出されたと考えられる。



2 洗い出しによる安定化へのプロセスの状況について

(1) 安定化へのプロセスについて（アドバイザーのご意見）

- 安定化には時間がかかるということと、短期間でも低減化の傾向があるということは安定化へのプロセスである。ただ、大雨で廃棄物土層が乱されたりすると、一時的に高く出ることはある。（令和5年1月樋口委員）
- 廃棄物の洗い出し作用が進むと浸透水の塩類濃度が低下するが、強降雨時には一時的に値が高くなることがある。このように値が増減しながら安定化するため、長期的に判断することが必要である。（令和5年1月小野委員、令和4年12月大東委員・大嶺委員）
- 無機質とか分解しにくいものは長期的に安定化していかないといけない。よって、遮水内部の安定化の考え方としては、雨水等により無機質とか分解しにくいものを限りなく薄く洗い出して、少しずつ外部に排出していくのはやむを得ないし、見ていく必要がある。（令和5年1月梶山委員）

(2) まとめ

- 現在、揚水ピットに集まってくる浸透水を毎日揚水しきっており、この浸透水量が多い期間に電気伝導度やCODの値が上昇していることから、浸透水量に応じて塩類や有機物等が洗い出されていると考えられる。また、この電気伝導度やCODの値の一時的な上昇に伴う振幅幅が減少する傾向がみられることから、洗い出しシステムは機能していると考えられる。
- 工事前に環境基準を超過していた項目は基準に適合するようになり、カドミウムは対策工事完了後に継続して検出される状況にはない。よって、分解されにくい無機質は薄く洗い出されていると考えられる。
- 有機物が盛んに分解され、分解生成物が洗い出される段階を過ぎていると考えられる。
- 以上の状況を踏まえると、洗い出しによる安定化へのプロセスは進んでいると考えられる。
- なお、対策工事の掘削に伴い、廃棄物土が空気に接触することで浸透水のpHや酸化還元電位等の内部環境の変化が繰り返し生じ、スポット的にカドミウムが基準を超過したと考えられることから、引き続き状況を見る。

Ⅱ 安定化へのプロセスの状況について

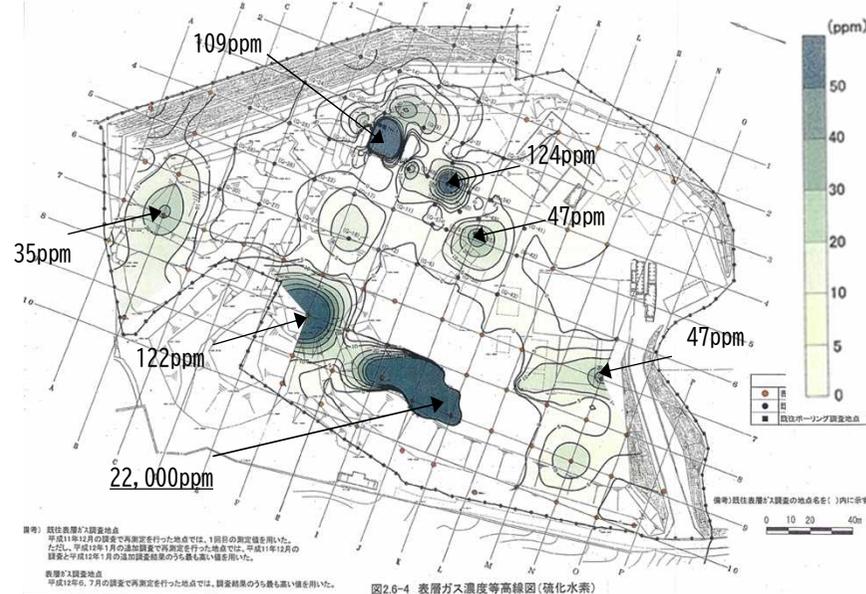
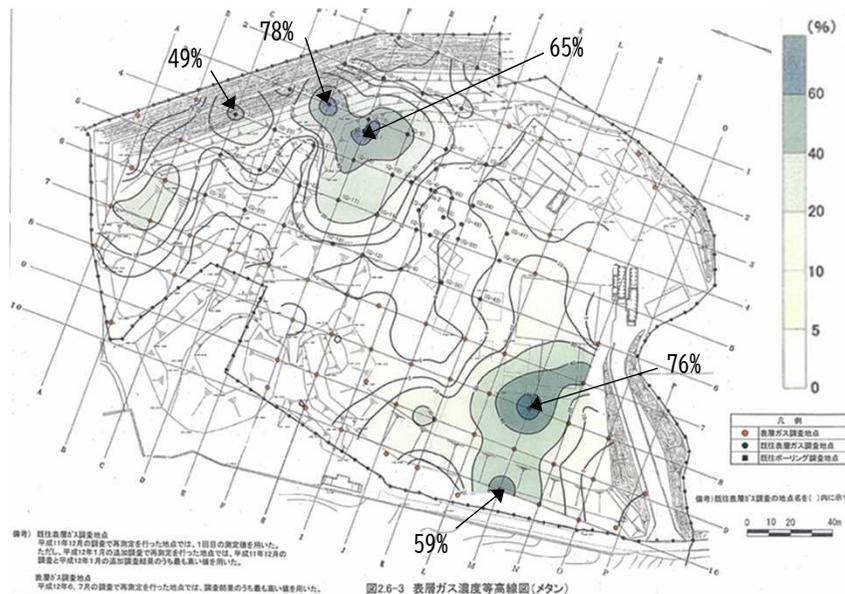
(ii) 有機物の分解により発生するガスについて

1 既往の発生ガスの測定結果（平成11年度、平成22年度）

(1) 平成11年11月～平成12年7月 表層ガス測定（測定深さ：約GL-2.0m）

ア メタン 40～60%が2箇所 60%以上が3箇所

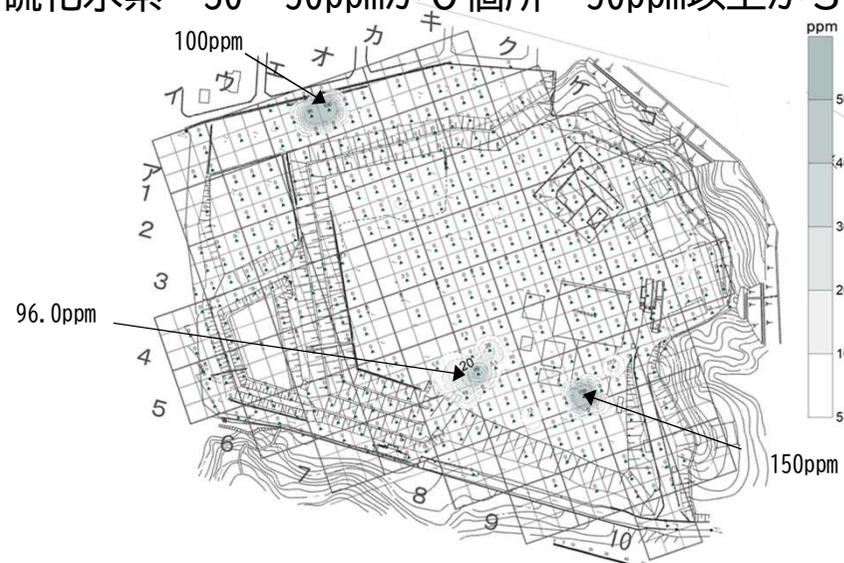
イ 硫化水素 30～50ppmが3箇所 50ppm以上が3箇所



(2) 平成22年11月～平成23年1月 表層ガス測定（測定深さ：約GL-1.0m）

ア メタン 40～60%がQ箇所 60%以上が2箇所

イ 硫化水素 30～50ppmが0箇所 50ppm以上が3箇所



2 発生ガスの測定結果（令和5年度）

測定地点 7地点（測定深さ：GL-1m 覆土下）

測定結果 測定頻度：年2回 [第45回連絡協議会 資料4から]

[上段：7月 下段：10月]

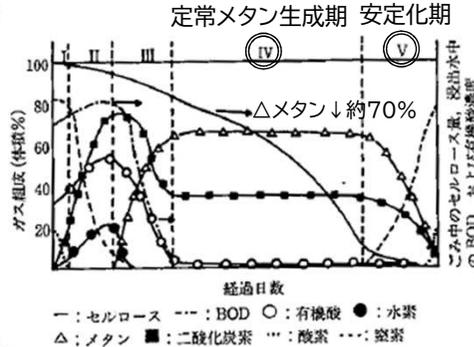


図 埋立地における局所的な廃棄物塊での有機物の分解過程におけるガス組成などの時間的推移 (田中信壽:環境安全な廃棄物埋立処分場の建設と管理)

地点	気圧 (hPa)	気温 (°C)	水位 (EL -m)	量		濃度			
				流速 (m/s)	CH ₄ (%)	CO ₂ (%)	CH ₄ +CO ₂ (%)	H ₂ S (ppm)	
東側	H22-オ-1 (2)	1001	34.0	134.481	0.0	14.6	2.3	16.9	0.0
		1007	24.0	133.861	0.0	19.2	2.2	21.4	0.0
	C-1	1001	37.0	139.297	0.0	0.1	0.2	0.3	0.0
		1007	25.0	138.897	0.0	0.6	0.3	0.9	0.0
北側	旧揚水井戸3	1002	34.5	125.662	0.0	0.0	7.3	7.3	0.0
		1008	21.5	125.522	0.0	0.1	0.7	0.8	0.0
天端部	E-2	1000	38.0	141.400	0.0	0.0	4.7	4.7	0.0
		1004	18.5	140.490	0.0	0.0	1.5	1.5	0.0
	D-3	1000	37.0	130.625	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
		1004	19.0	130.925	0.0	0.6	2.7	3.3	0.0
	H22-エ-5	1000	37.0	130.809	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
		1005	26.0	131.189	0.0	10.8	3.4	14.2	1.0
西側	H16-No.5	1000	35.0	129.973	0.0	0.3	4.3	4.6	0.0
		1005	21.0	130.173	0.0	0.0	5.9	5.9	0.0
安定化への現状				安定	安定化期に入ると考えられる大気圧の変動の影響や微生物の働きは複雑で続いて状況を見る				安定

□ CH₄ 30%※1以下 H₂S 5ppm※2以下

※ 水位は同月の内部温度の測定時の数値

※1 定常メタン生成期の濃度の約半分の水準

※2 日本産業衛生学会が勧告しているほぼすべての労働者に健康上の悪い影響が見られないと判断される許容濃度

- 測定結果は各地点周辺一帯の総合的な状況を示している。なお、各地点の廃棄物の埋立状況や浸透水の流動状況等が異なるため、相対的な評価は難しい。
- 廃止基準では発生ガスの量により確認するとされており、微生物による有機物の分解のプロセスの段階を把握するためにも濃度を測定している。
- 発生ガスの量や濃度は、外部の独立条件である大気圧の変動等の影響を受ける。

- ガス量について、令和5年度は全地点で確認できなかった。
- メタンについて、既往の測定結果で濃度が高かったのはH22-オ-1(2)地点周辺であり、平成11年度が49%、22年度が60%であったが、令和5年度は14.6%、19.2%と低下している。また、図のグラフのように局所的な埋立廃棄物塊での有機物の分解プロセスを想定した場合、令和5年度は全7地点で定常メタン生成期の濃度（約70%）の半分以下の水準であり、うち6地点は1.0%未満であることから、安定化期に入っていると考えられる。
- 硫化水素について、既往の測定結果で濃度が高かったのはH16-No.5地点周辺であり、平成11年度が22,000ppm、22年度が20ppmであったが、令和5年度は0.0ppm、0.0ppmと低下している。また、令和5年度は全地点で日本産業衛生学会が勧告している許容濃度以下である。

3 発生ガスからみた安定化へのプロセスについて

(1) 安定化へのプロセスについて（アドバイザーのご意見）

- 内部の安定度を見るためには、敷地境界のガス測定と並行して管の出口で測定し、各地点における状態を評価することが大事である。（令和5年1月梶山委員）
- 硫化水素だけではなくメタンや二酸化炭素を含めて継続的に測定すると、内部の安定度を見るためのよいデータが出ると思う。（令和4年7月梶山委員）

(2) まとめ

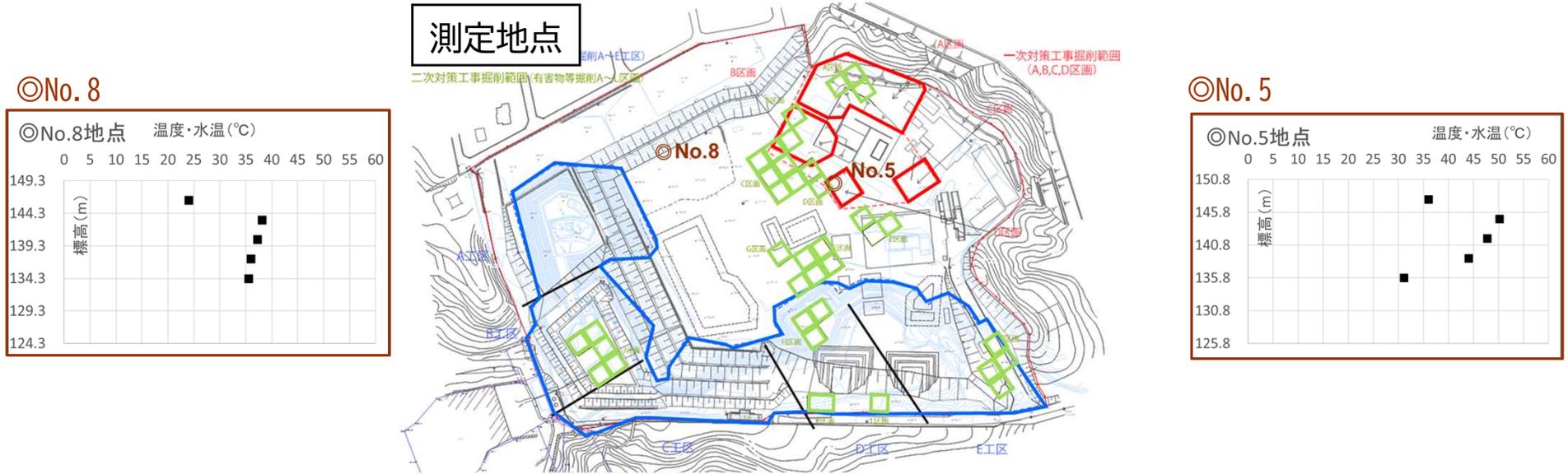
- 対策工事前（平成22年度）の時点で、局所的な埋立廃棄物塊での有機物の分解プロセスを想定した場合、硫酸塩還元菌による反応が活発な段階からメタン生成菌による反応が定常的な段階へ移行していたと考えられる。
- 令和5年度は、全地点で確認できないガス量であり、全7地点で定常メタン生成期のメタンの濃度（約70%）の半分以下の水準（うち6地点は1.0%未満）であることから、微生物による有機物の分解プロセスは安定化期に入っていると考えられる。
- なお、大気圧の変動はガスの移動に影響し、光合成によって微生物が地中に固定化した有機物がメタンの基質（生成源）になるなど、微生物の活動はガスの生成に対して複雑に影響することから、引き続き状況を見る。

Ⅱ 安定化へのプロセスの状況について

(iii) 微生物の活性状況を示す内部温度について

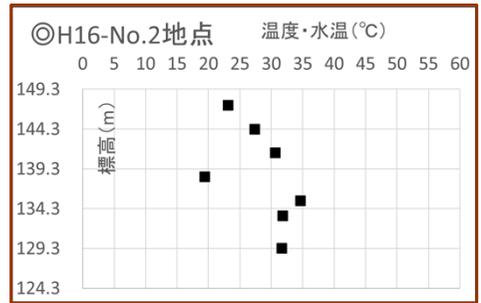
1 既往の内部温度の測定結果（平成11年度、平成17年度）

(1) 平成12年2月（高濃度硫化水素検出時）

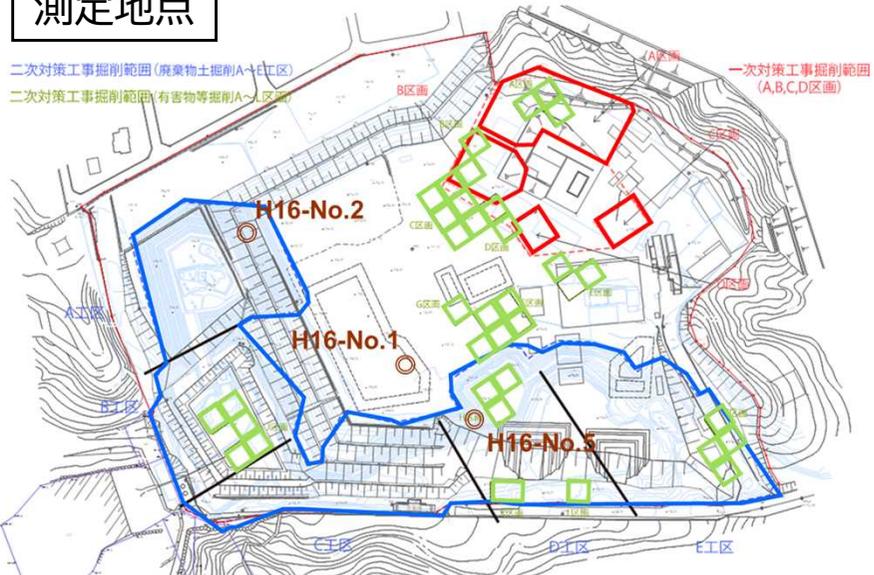


(2) 平成18年3月(中央部廃棄物埋立状況等調査時)

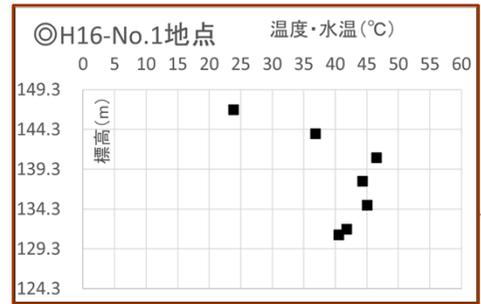
◎H16-No. 2



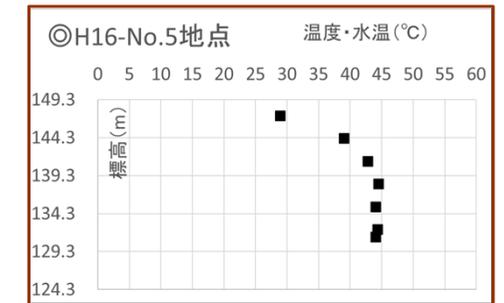
測定地点



◎H16-No. 1



◎H16-No. 5 (※現存)



2 内部温度の測定結果 (令和4、5年度)

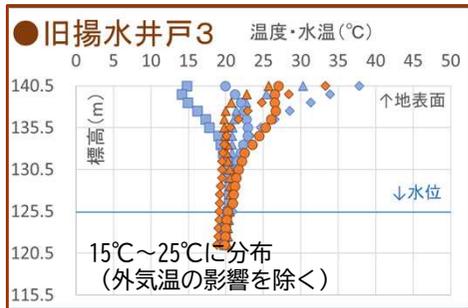
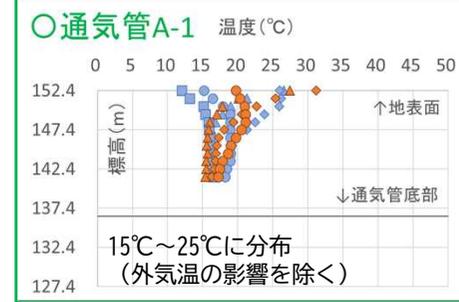
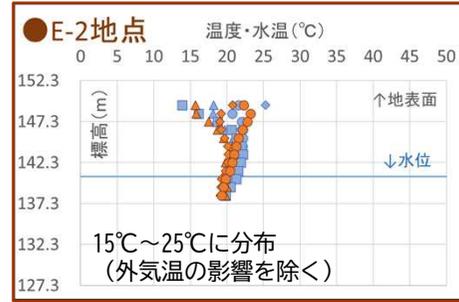
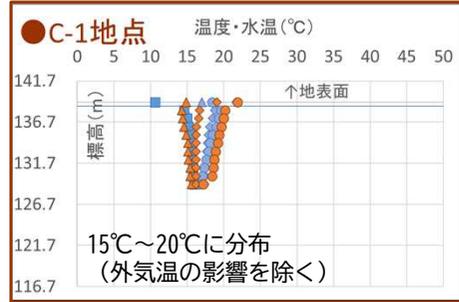
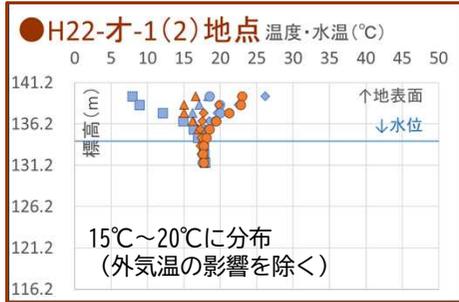
- 図の縦軸の上端は地表面の標高
- 廃棄物土層の深度で測定
- 通気管には傾斜がありセンサーを下ろせなくなる深度まで測定

測定頻度：年2回

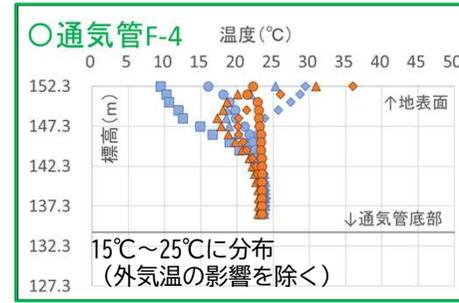
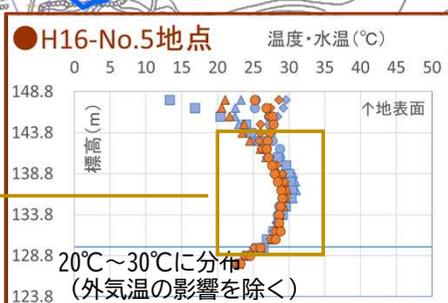
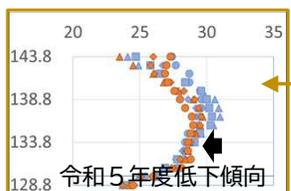
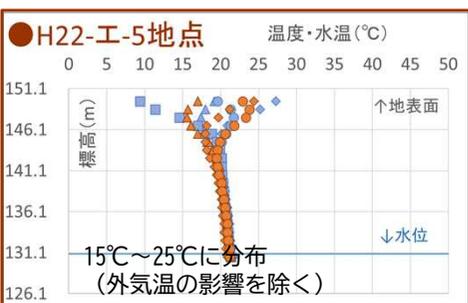
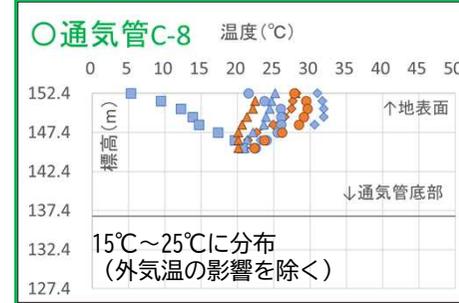
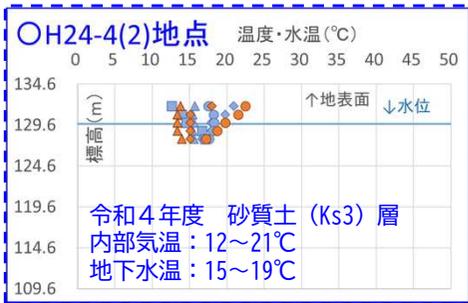
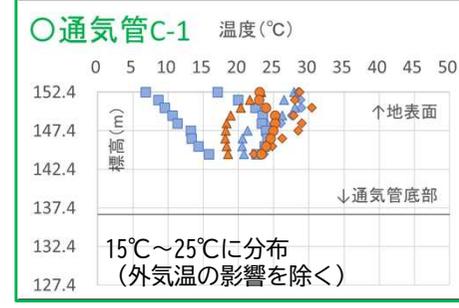
[第45回連絡協議会 資料4から]

- H16-No. 5地点以外は15~25℃で周辺の砂質土層の内部温度と同程度
- H16-No. 5地点は30℃前後の深度が一部あったが、令和5年度の内部温度の最高値は30℃未滿となり低下傾向

- ▲ R4.5
- ◆ R4.8
- R4.11
- R5.2
- ▲ R5.5
- ◆ R5.7
- R5.10



測定地点 11地点



3 微生物活性を示す内部温度からみた安定化へのプロセスについて

(1) 安定化へのプロセスについて（アドバイザーのご意見）

- 内部温度は、地表から深さ5m程度まで外気温の影響を受け、10mより下がってくると外気温の影響をほとんど受けない。（令和3年12月小野委員）
- 旧処分場周辺のH24-2(2)地点の砂質土（Ks3）層の内部気温または地下水温と比較しても、H22-オ-1(2)地点は十分安定している。（令和5年7月小野委員）
- 最終処分場の技術上の基準を定める運用に伴う留意事項で、異常な高温ではないとされる周辺の地中の温度との差は20℃未満である。このことから、内部温度が40℃以上になっている地点は要監視として確認するとよい。（令和5年7月小野委員）

(2) まとめ

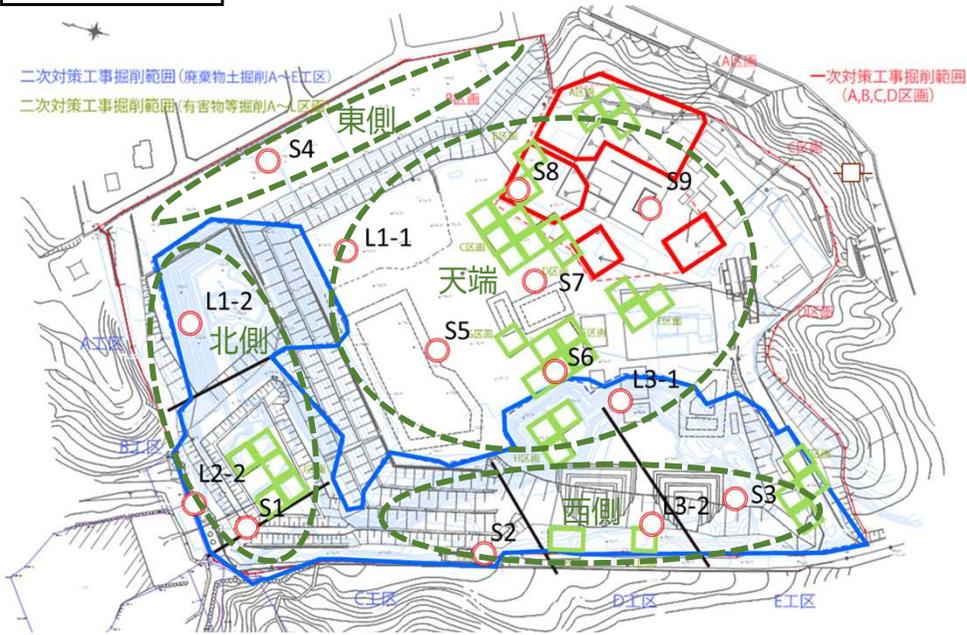
- 平成11年度（高濃度硫化水素検出時）、内部温度が50℃を超える地点があった。
- 令和4年度以降、H16-No.5地点以外では、外気温の影響を除くと内部温度が15～25℃の範囲に分布しており、微生物による有機物の分解反応は不活発であると考えられる。
- H16-No.5地点は、外気温の影響を除くと平成17年度の内部温度の最高値が46.5℃（140.7m）で要監視であったが、令和4年度の内部温度の最高値が31.0℃となり、令和5年度は30℃（135.8～139.8m）を下回ったことから、分解反応は不活発な段階に入っていると考えられる。
- 以上の結果を踏まえると、微生物による有機物の分解反応は内部全体で不活発な段階に入っていると考えられる。

Ⅱ 安定化へのプロセスの状況について

(iv) 地表面の変化について

1 地表面の標高の測量結果と変化の状況（令和2～5年度）

測量地点 15測点



- 地表面の沈下の要因は、「微生物が有機物を分解することにより生じた空隙」または「廃棄物土や覆土の自重」である。
- 有機物の分解による沈下は、他の地盤沈下と比較して沈下速度が早く、沈下量も大きい。

- 対策工事完了（令和3年2月）後の各地点の標高の累積変位は2.0cm未満であり、管理型最終処分場の累積沈下量が数十cm以上（第4回跡地利用協議会 資料3から）である状況を踏まえると十分に小さい。
- 現在、浸透水の水質や内部温度の測定結果から、微生物の有機物の分解反応はほぼ不活発であること、局所的な沈下も見られないことから、有機物の分解による沈下の影響はほぼないと考えられる。

測量結果

測量頻度：年1回（令和5年6月連絡協議会資料より）

位置	地点	令和2年度 標高(m)	標高の対前年度変位 (cm)			累積 変位 (cm)
			R3.12	R5.1	R5.10	
東側	S4	141.108	-1.2	-0.5	0.9	-0.8
北側	L1-2	140.450	-0.1	-0.5	1.0	0.4
	L2-2	130.271	-0.2	-0.6	1.0	0.2
	S1	129.026	-0.9	-0.7	1.3	-0.3
天端	S9	152.479	-0.1	-0.7	-0.2	-1.0
	S8	152.452	-0.2	-0.6	-0.2	-1.0
	S7	152.442	0.1	-0.4	-0.2	-0.5
	L3-1	152.006	-0.9	-0.6	-0.1	-1.6
	S6	152.300	-0.4	-0.3	0.0	-0.7
	L1-1	151.736	1.0	-0.2	0.1	0.9
	S5	151.900	0.0	0.1	0.0	0.1
西側	L2-1	151.350	-0.1	-0.2	-0.1	-0.4
	S3	135.613	-0.7	-0.3	0.4	-0.6
	L3-2	135.111	-0.3	-0.3	0.5	-0.1
	S2	133.824	-0.1	-0.2	0.6	0.3

2 地表面の変化からみた安定化へのプロセスについて

(1) 安定化へのプロセスについて（アドバイザーのご意見）

- この旧処分場の沈下の場合には物理的な圧密によって全体的にじわじわ下がってそれが収束していくというイメージをいただいていたら良い。（令和5年1月樋口委員）

(2) まとめ

- 微生物による有機物の分解反応は不活発な段階に入っていることから、管理型最終処分場の累積沈下量の状況を踏まえると、物理的な圧密により全体的に僅かずつ沈下していると考えられる。

Ⅱ 安定化へのプロセスの状況について

(v) 全指標の総括

1 安定化へのプロセスの状況について（全指標の総括）

(1) 遮水の内部の廃棄物土の状況

- ア 浸透水の水質 ● 揚水ピットに集まってくる浸透水の揚水量に応じて塩類や有機物が洗い出されていると考えられる。また、揚水量の多い時期にこれらの濃度が一時的に上昇しているが、その振幅幅が減少する傾向がみられることから、洗い出しによる安定化が進んでいると考えられる。

(2) 廃棄物土に含まれる有機物の分解の進行状況

- ア 浸透水の水質 ● BODは低く、有機物が盛んに分解されその分解生成物が洗い出されている段階を過ぎていると考えられる。また、還元状態でメタンが生成される際に有機酸が中間生成されるが、pHは7.0程度で、有機酸の影響もみられないことから、還元状態でのメタン生成能は低くなっていると考えられる。
- イ 発生ガス ● 令和5年度は、全地点でガス量は確認できない。
● 硫化水素を発生させる硫酸塩還元菌が活発な段階は過ぎ、メタンは定常メタン生成期の濃度の半分以下の水準（全7地点のうち6地点は1.0%以下）であることから、有機物の分解のプロセスは安定化期入っていると考えられる。
- ウ 内部温度 ● H16-No.5地点を除いて微生物による有機物の分解反応は不活発であり、H16-No.5地点も低下傾向で令和5年度は30℃を下回ったことから、微生物の活動は全体でも不活発な段階に入っていると考えられる。
- エ 地表面の変化 ● 令和5年度までの累積沈下量が2.0cm以下であり管理型処分場と比較して十分小さく、物理的な圧密により全体的に僅かずつ沈下していると考えられる。

現在のところ、安定化へのプロセスは、廃棄物土の洗い出しおよび有機物の分解のプロセスを踏まえると、安定化に近い状態まで来ていると考えられる。なお、浸透水の水質については対策工事の掘削に伴う内部環境の変化の影響がみられたこと、ガスについては大気圧等の変動や微生物の活動が複雑に影響することから、引き続き安定化へのプロセスを見る。