

### 第3章 埋立ガス・地中温度測定

#### 1. 目的

処分場の閉鎖・廃止に向け、埋立地から発生するガス（埋立ガス）及び地表・地中温度をモニタリングを行い、廃棄物の安定化の状態を評価する必要がある。本調査では海面処分場の安定化の検証を行うためのデータを蓄積するために、埋立ガスのモニタリングについては、一定期間に複数回の埋立ガス濃度のモニタリングを行い、ガスの組成及びそれらの増減の様子を確認した。また、地表・地中温度をモニタリングについては、地表から埋立地底部までの深度方向の地中温度を一定期間に渡り、連続的に測定し、保有水位以深を含めた温度分布に変化がみられるかを確認した。

#### 2. 調査内容

##### (1) 調査項目

本調査のために新規に設置した観測孔から、埋立ガスを週1回採取し、ガス中のメタン、二酸化炭素、酸素、窒素及び一酸化炭素の濃度を測定した。あわせて地表・地中温度を測定した。

##### (2) 測定地点

埋立ガスは、5箇所において管理水位以浅の気相において測定した。調査地点を表3.2.1、表3.2.2及び図3.2.1に示す。測定地点は、過年度及び今年度の保有水水位及び水質測定との整合性を考慮し、水位観測孔(06B-1,06B-2,06-B3)付近に3点(08G-1～08G-3)設定した。08G-1～08G-3が埋立地の中央付近であることから、残りの2点については内水ポンドから離れた上流側（処分場北西側）地点に1点(08G-4)、下流側である内水ポンド直近（処分場南東側）に1点(08G-5)設定した。観測孔は今回の測定のために新たに設置した。また、地表・地中温度測定は06B-2直近に設定し、埋立ガス測定とは別の観測孔(08G-2-2)を新たに設けた。

表3.2.1 埋立ガス調査地点

番号	地点	陸化時期
08G-1	06B-1 付近	～1995年12月
08G-2	06B-2 付近	～1995年12月
08G-3	06B-3 付近	～1995年12月
08G-4	処分場西側	～1996年12月
08G-5	処分場東側（内水ポンド傍）	～1994年12月

表3.2.2 地表・地中温度調査地点

番号	地点	陸化時期
08G-2-2	06B-2 付近	～1995年12月

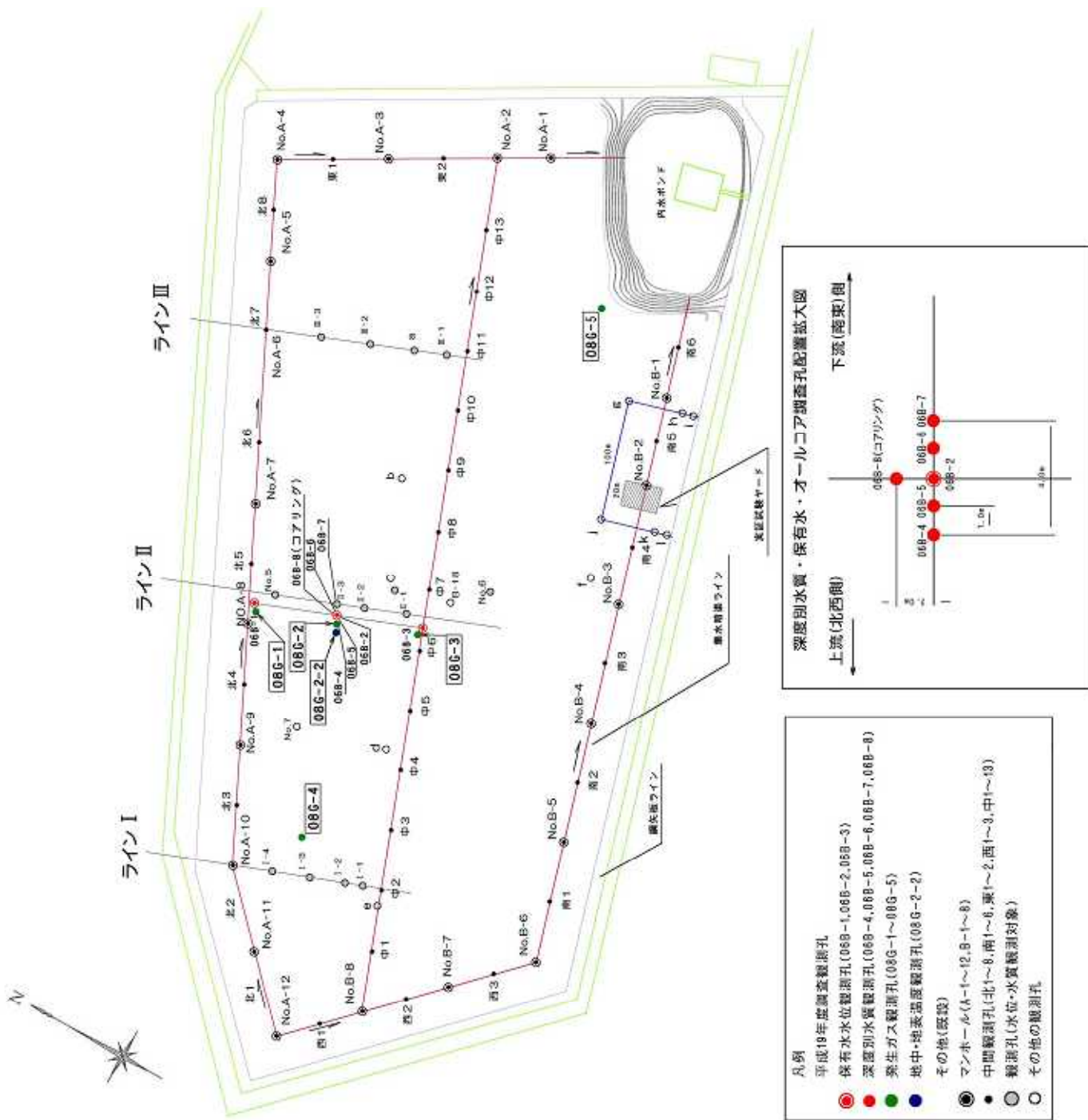
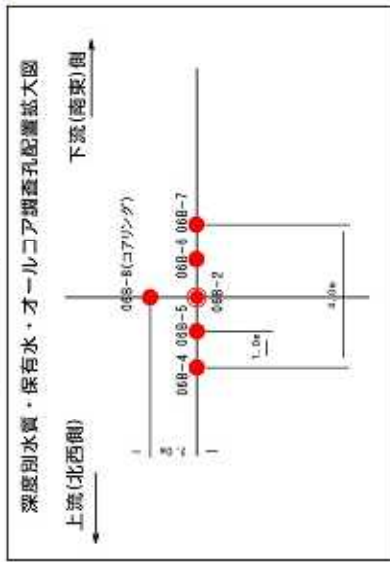


図 3.2.1 調査地点図

- 凡例
- 平成18年度調査観測孔
  - 保有水水位観測孔(06B-1,06B-2,06B-3)
  - 深層別水質観測孔(06B-4,06B-5,06B-6,06B-7,06B-8)
  - 発生ガス観測孔(08G-1~08G-5)
  - 地中・地表温度観測孔(08G-2~2)
  - その他(既設)
  - マンホール(A-1~12,B-1~8)
  - 中間観測孔(北1~8,南1~6,東1~2,西1~3,中1~13)
  - 観測孔(水位・水質観測対象)
  - その他の観測孔



(3) 調査日

観測孔の設置作業はボーリングを含め1月17日～19日の期間に行った。

埋立ガスの調査は1月24日～3月6日までの期間で、週1回のモニタリングを計7回行った。

(4) 観測孔及び地質状況

観測孔の概要

1) 観測孔の仕様と構造

観測孔の仕様を表3.2.3に、観測孔の構造を図3.2.2及び図3.2.3に示す。

ガス観測孔は、廃棄物層からの埋立ガスを採取できる構造とし、覆土箇所及びその直下の廃棄物層（計2m）は無孔管（VP50）、廃棄物層（非滞水領域）は有孔管（VP50）とした。観測孔底の開口部は、キャップを装着せず開放した。また、ガス観測孔の頂部は覆土層上面と同じ高さとし、採取管を備えたキャップ等を設置し、ガス採取を容易かつ適切に行える構造とした。

地中温度観測孔は、廃棄物層全体の地中温度測定が出来る構造とし、覆土箇所及びその直下の廃棄物層（計2m）は無孔管（VP50）、それ以深の廃棄物層（16m）は有孔管（VP50）とした。観測孔底の開口部は、ネジ式で密栓できるキャップを備え、観測孔の頂部は覆土層上面より約1m立ち上げ、キャップを設置した。

掘進時の孔壁保護にはケーシングパイプを用い、ベントナイト等の泥水循環材は使用していない。

また、掘進時は各孔において深度1mおきに標準貫入試験を実施した。

表 3.2.3 観測孔の仕様

番号	掘削径	仕様	ストレーナー長 (開孔率)
08G-1～08G-5	86mm	VP-50 外径 60mm 内径 51mm	3m (5%)
08G-2-2	86mm	VP-50 外径 60mm 内径 51mm	16m (5%)

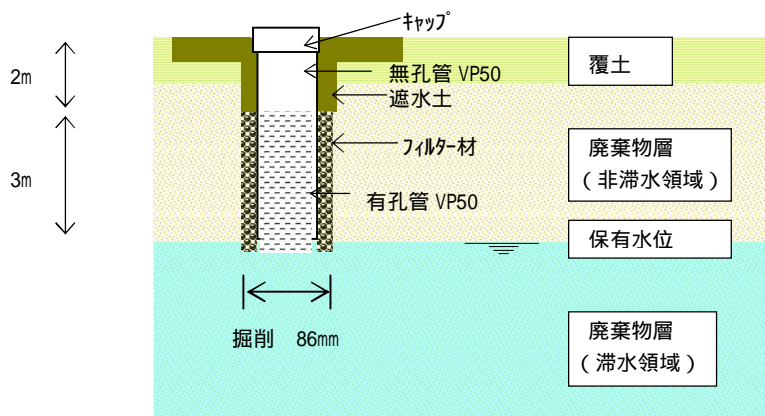


図 3.2.2 埋立ガス観測孔

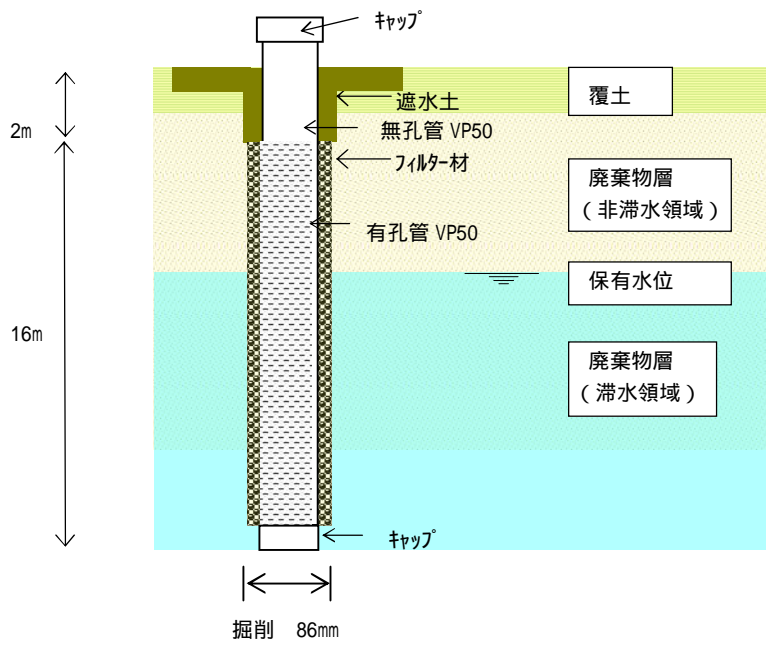


図 3.2.3 地中温度観測孔

2) 観測孔の写真



図 3.2.4 観測孔 08G-1



図 3.2.5 観測孔 08G-2 と 08G-2-2



図 3.2.6 観測孔 08G-3

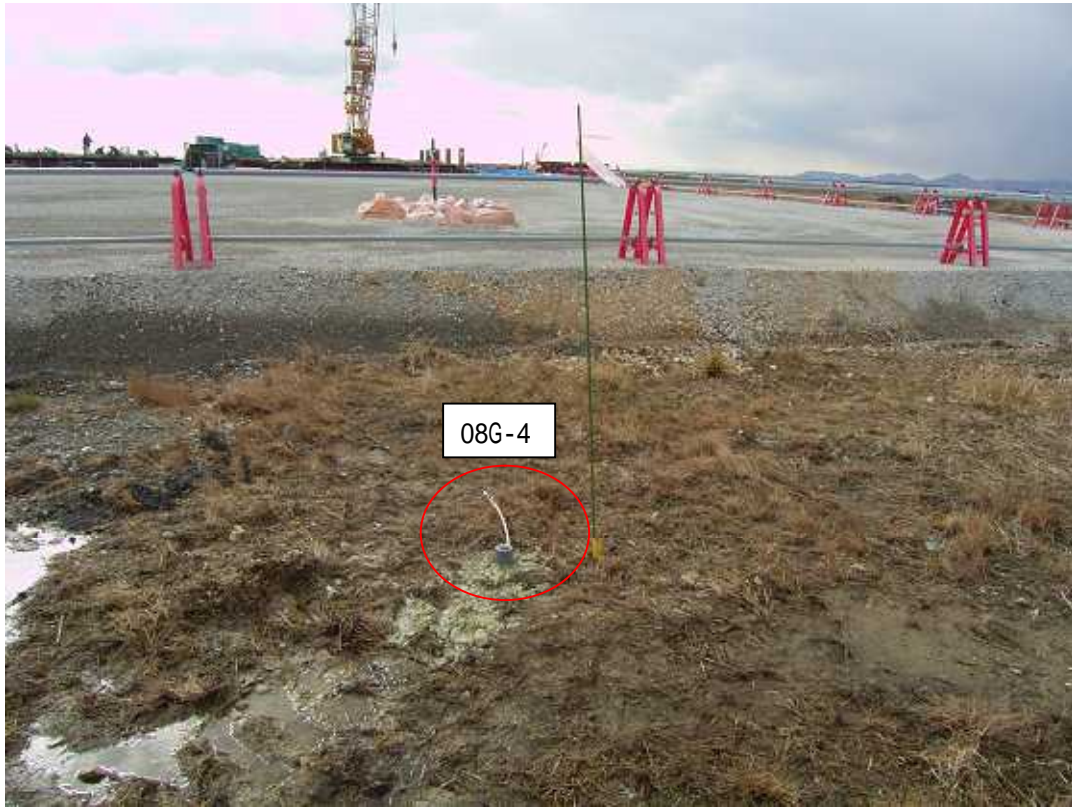


图 3.2.7 観測孔 08G-4



图 3.2.8 観測孔 08G-5

## 地質の特徴

### 1) 各調査孔におけるコア写真と地質

ボーリングによる掘削口径は 86mm 程度以上とした。ボーリングした全層のコアを可能な限り採取し、コア観察を行った。



図 3.2.9 08G-1 調査孔のコア写真

表 3.2.4 08G-1 調査孔の地質の特徴

深度(m)	土質	色調	相対密度	その他の特徴
0.00~1.15	礫混じり砂	黄褐色	緩い	覆土。中～粗砂主体。 2～20mmの礫混入。 水分は少ない。
1.15~4.00	シルト混じり砂礫	暗灰色		マトリックスは中～粗砂状。 2～30mmの角礫状及び亜角礫状焼却灰主体。 シルト状混入。水分は少ない。
4.00~4.75	砂礫	黒灰色		マトリックスは中～粗砂状。 2～20mmの礫状焼却灰主体。 水分は多い。
4.75~5.00	粘土混じり砂礫	暗灰色		マトリックスは中～粗砂状。 2～25mmの礫状焼却灰主体。 水分は少ない。

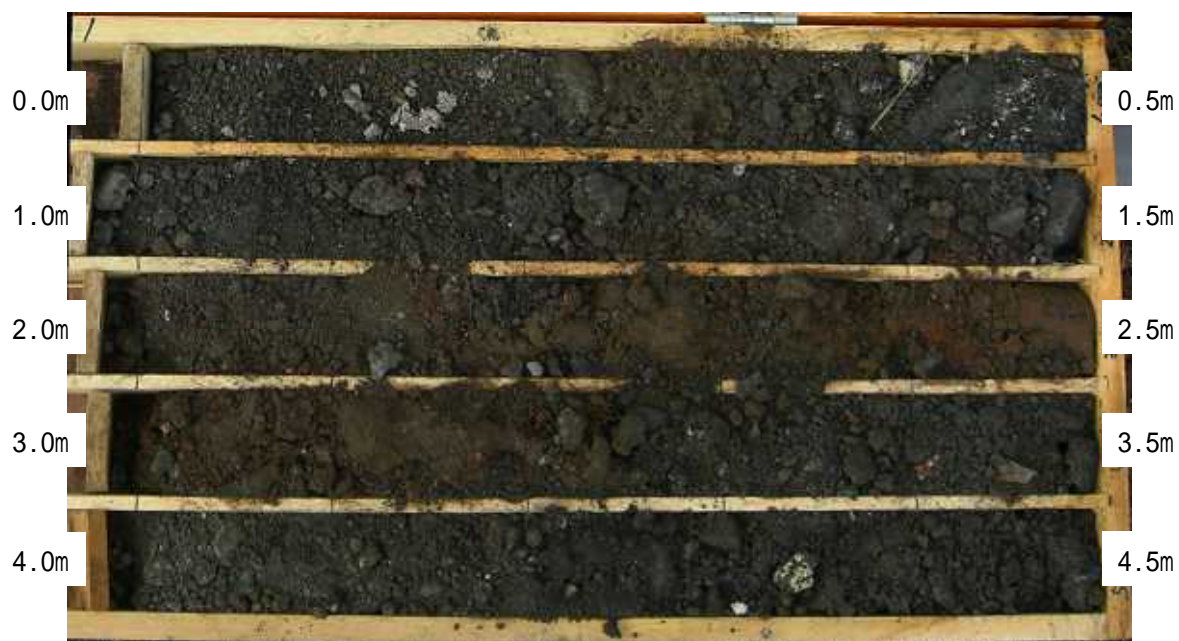


図 3.2.10 08G-2 調査孔のコア写真

表 3.2.5 08G-2 調査孔の地質の特徴

深度(m)	土質	色調	相対密度	その他の特徴
0.00 ~ 0.70	砂礫	淡褐灰色	中	覆土。 2 ~ 30mm の礫状および細 ~ 粗砂主体。 水分は少ない。
0.70 ~ 2.70	砂礫	暗褐色 ~ 暗褐灰色		細 ~ 粗砂状焼却灰主体。 2 ~ 40mm の礫状多量混入。 コンクリート片、鉄くず、ガラス片等混入。 水分は少ない。
2.70 ~ 3.70	シルト混じり砂礫	黒灰色 ~ 暗灰色		2 ~ 20mm の礫状および細 ~ 粗砂状焼却灰主体。 シルト状多く混入。水分は多い。
3.70 ~ 5.00	砂礫	黒灰色 ~ 暗灰色		2 ~ 30mm の礫状および細 ~ 粗砂状焼却灰主体。 GL-4.90m 付近より水分中程度。





図 3.2.11 08G-3 調査孔のコア写真

表 3.2.6 08G-3 調査孔の地質の特徴

深度 (m)	土質	色調	相対密度	その他の特徴
0.00 ~ 0.50	礫混じり砂	黄褐色	中	覆土。細～粗砂主体。 2～20mm の礫混入。水分は少ない。
0.50 ~ 5.00	粘土混じり砂礫	暗灰色		2～30mm の礫状焼却灰主体。マトリックスは細～中砂状。粘土状も混入。GL-3.50～4.00m に金属片およびスラグ混入。全体に水分は少ない。



図 3.2.12 08G-4 調査孔のコア写真

表 3.2.7 08G-4 調査孔の地質の特徴

深度(m)	土質	色調	相対密度	その他の特徴
0.00~0.35	礫混じり砂	黄褐色		覆土。粗砂主体。10~50mmの礫混入。 水分は少ない。
0.35~5.00	礫混じりシルト混 じり砂	暗灰色		細砂~シルト状焼却灰主体。 2~20mmの礫状多量混入。 部分的に固結している。 ビニール、金属片等混入。 水分は少ない。



図 3.2.13 08G-5 調査孔のコア写真

表 3.2.8 08G-5 調査孔の地質の特徴

深度(m)	土質	色調	相対密度	その他の特徴
0.00 ~ 0.50	シルト混じり砂	暗灰色	かなり 緩い	覆土。細砂主体。全体にシルト分混入。 水分は少ない。
0.50 ~ 5.00	粘土混じり砂礫	暗褐色 ~ 暗灰色		2 ~ 50mm の礫状焼却灰主体。 全体にシルト ~ 粘土状混入。 ガラス片、レンガ片、金属片混入。 GL-3.00 ~ -3.40m の水分は中程度。

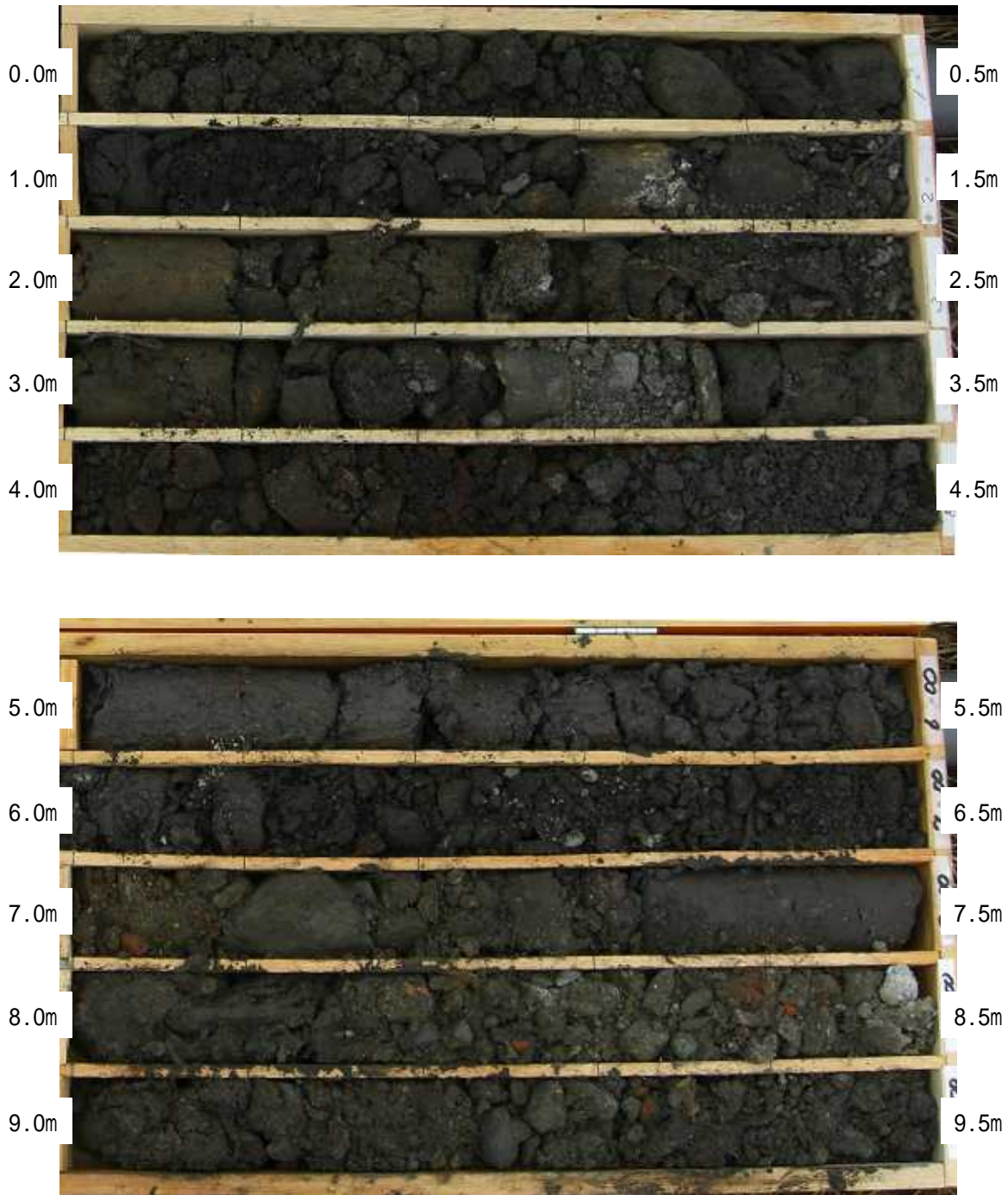


図 3.2.14 08G-2-2 調査孔のコア写真(1)



図 3.2.15 08G-2-2 調査孔のコア写真(2)

表 3.2.9 08G-2-2 調査孔の地質の特徴

深度(m)	土質	色調	相対密度	その他の特徴
0.00 ~ 0.40	礫混じり砂	淡褐色		覆土。細～粗砂主体。 2～20mmの礫混入。 水分は少ない。
0.40 ~ 15.60	砂礫	黒灰色		2～30mmの礫状および中～粗砂状焼却灰主体。全体に金属片、木片等を多く混入。レンガ片、ガラス片、コンクリート片点在。 GL-10.55～10.75mにコンクリート GL-11.50m以深で所々にシルト状が多量混入。 地下水位以深水分多く、非常に緩い。
15.60 ~ 16.50	砂	暗灰色		細砂主体。 シルトシーム状に挟む。 水分は多い。
16.50 ~ 17.70	礫混じり砂	暗灰色～灰色		粗砂主体。砂礫混入。 水分は多い。
17.70 ~ 18.50	砂	灰色		細～粗砂主体。 貝殻片混入。水分は多い。

## 2) 標準貫入試験

試験は質量 63.5kg のハンマーを 76cm の高さから自由落下させて、ボーリングロッド頭部に取り付けたノッキングブロックを打撃し、ボーリングロッドの先端に取り付けられた標準貫入試験用サンプラーのシューを 30cm 貫入させるのに必要な打撃回数をカウントすることで行った。

試験結果を表 3.2.10 に示す。

表 3.2.10 標準貫入試験結果

観測孔	試験区間深度 (m)	10cm 毎の打撃回数			打撃回数 /貫入量 (cm)	N 値
		0~10	10~20	20~30		
08G-1	0.15~0.45	2	4	3	9/30	9
	1.15~1.45	2	2	2	6/30	6
	2.15~2.45	5	6	7	18/30	18
	3.15~3.45	3	5	8	16/30	16
	4.15~4.45	2	3	3	8/30	8
08G-2	0.15~0.45	3	3	8	14/30	14
	1.15~1.45	8	8	10	26/30	26
	2.15~2.45	4	3	3	10/30	10
	3.15~3.45	1	1		2/30	2
	4.15~4.45	6	5	7	18/30	18
08G-3	0.15~0.45	3	6	6	15/30	15
	1.15~1.45	4	6	6	16/30	16
	2.15~2.45	3	4	4	11/30	11
	3.15~3.45	5	6	13	24/30	24
	4.15~4.45	15	20	24	59/30	59
08G-4	0.15~0.45	3	2	11	16/30	16
	1.15~1.45	8	7	7	22/30	22
	2.15~2.45	6	13	40	59/30	59
	3.15~3.45	6	3	2	11/30	11
	4.15~4.45	13	27	20	60/30	60
08G-5	0.15~0.45	1	1	1	3/30	3
	1.15~1.45	10	13	14	37/30	37
	2.15~2.45	3	7	6	16/30	16
	3.15~3.45	4	6	5	15/30	15
	4.15~4.45	3	5	6	14/30	14
08G-2-2	0.15~0.45	2	3	4	9/30	9
	1.15~1.45	5	8	8	21/30	21
	2.15~2.45	7	6	6	19/30	19
	3.15~3.45	3	4	4	11/30	11
	4.15~4.45	16	8	7	31/30	31
	5.15~5.45	5	4	4	13/30	13
	6.15~6.38	8	26	26(3cm)	60/30	60
	7.15~7.45	7	6	5	18/30	18
	8.15~8.45	6	12	10	28/30	28
	9.15~9.45	5	4	5	14/30	14
	10.15~10.45	6	25	12	43/30	43
	11.15~11.45	4	3	2	9/30	9
	12.15~12.45	2	3	2	7/30	7
	13.15~13.49	3	2(12cm)	2(12cm)	7/30	7
	14.15~14.45	3	4	3	10/30	10
	15.15~15.45	2	1	2	5/30	5
16.15~16.45	2	2	2	6/30	6	
17.15~17.45	4	4	4	12/30	12	
18.15~18.45	4	3	3	10/30	10	

(5) 調査方法

ガスの採取方法

観測孔上部のガス採取用のテフロン管を通じ、観測孔内に溜まった埋立ガスを吸引によりバックに 3L～10L 採取し、試料とした。採取用の吸引ポンプは図 3.2.16 に示すようにフレックスポンプ DC1-N 型(近江オドエアサービス(株))を使用した。このポンプは持ち運びに便利で、電池で駆動するため、電源の確保が難しい処分場内での使用に適している。使用限界温度は 80 であり、ほとんどの埋立ガスの採取には使用できると思われる。また、採取用バックにはテドラーバックを使用した。このバックはポリフッ化ビニル製であり、各種のガス・有機溶剤蒸気に優れた耐性を示し、持ち運びも容易である。ただし、光に分解されやすいガス(硫化水素など)を測定対象ガスとする場合、アルミコーティングしたバックの使用が必要である。

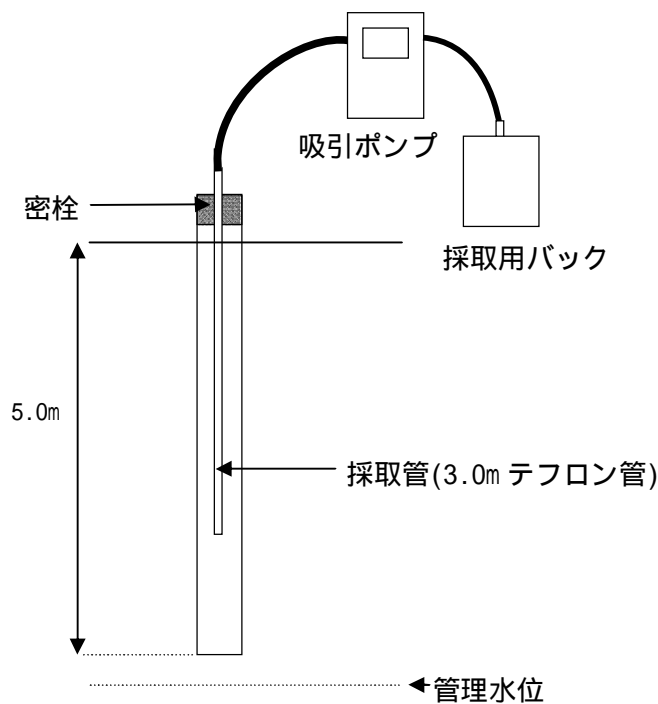


図 3.2.16 埋立ガス採取の概略図





図 3.2.17 埋立ガス採取の様子

#### 試料ガスの分析

試料ガス中の各成分の分析法を表 3.2.11 に、使用したパッドカラムを表 3.2.12 に示す。各成分ともガスクロマトグラフィー-熱伝導度検出器(GC-TCD)にて分析を行ったが、メタン、二酸化炭素、一酸化炭素については、濃度が低く GC-TCD では検出されない場合、メタナイザー付のガスクロマトグラフィー-水素炎イオン化検出器(GC-FID)にて分析を行うこととした。また、表 3.2.13 及び表 3.2.14 に分析機器別の定量下限値を示す。

表 3.2.11 試料中の各成分の分析方法

項目	分析方法
メタン	GC-TCD または GC-FID (メタナイザー処理)
二酸化炭素	GC-TCD または GC-FID (メタナイザー処理)
一酸化炭素	GC-TCD または GC-FID (メタナイザー処理)
酸素	GC-TCD
窒素	GC-TCD

表 3.2.12 使用するパッドカラム

項目	定量下限値
メタン、酸素、窒素、 一酸化炭素	Molecular Sieve 5A
二酸化炭素	Porapak Q

表 3.2.13 定量下限値(GC-TCD)

項目	定量下限値
メタン	0.1%(10000ppm)
二酸化炭素	0.01%(1000ppm)
酸素	0.1%(10000ppm)
窒素	0.1%(10000ppm)
一酸化炭素	0.1%(10000ppm)

表 3.2.14 定量下限値(メタナイザー処理 GC-FID)

項目	定量下限値
メタン	1ppm
二酸化炭素	1ppm
一酸化炭素	1ppm

#### 地表・地中温度測定方法

地表・地中温度の測定は地表から廃棄物層底部である地上-18mの範囲で行った。測定は1月31日より開始し、1月31日～2月9日は10m以浅の測定にはセンサー付き温度ロガーを、10m以深ではボタン型温度ロガーを利用したが、2月9日以降の測定では10m以深の測定についてもセンサー付き温度ロガーを使用した。



図 3.2.18 使用温度ロガーと温度ロガー設置状況

### 3. 測定結果

#### (1) 埋立ガス

##### 酸素

埋立ガス中の酸素濃度の測定結果を図 3.3.1 に示す。酸素濃度は調査開始時（観測孔設置後約 1 週間）の 1 月 24 日は 5% 程度であったが、その後徐々に減少し、観測孔を設置してから約 3 週後の 2 月 7 日調査以降は 1~3% となっており、ほぼ横ばいで安定して推移している。

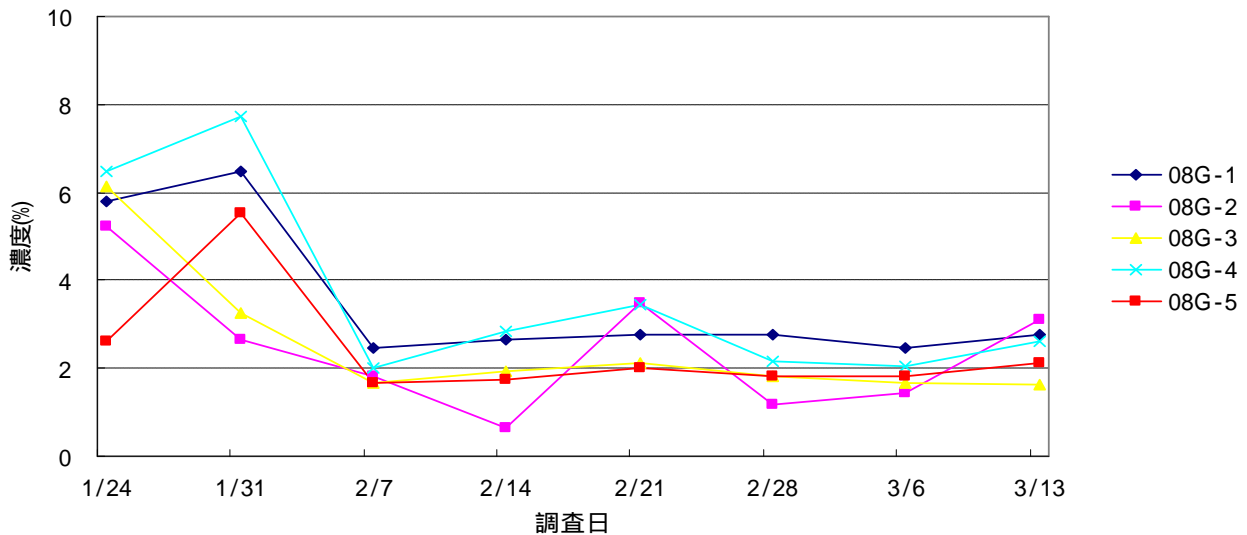


図 3.3.1 埋立ガス中の酸素濃度の変化

##### 窒素

埋立ガス中の窒素濃度の測定結果を図 3.3.2 に示す。窒素濃度は調査開始時の 1 月 24 日に 70~85% 程度であった。その後、地点により窒素濃度に差が生じたが 1, 2 週間を経て、ほぼ横ばいで推移している。

窒素濃度が高い地点では、相対的にメタン濃度が低く、両成分の合計は 71.0~98.3% であった (表 3.3.1)。

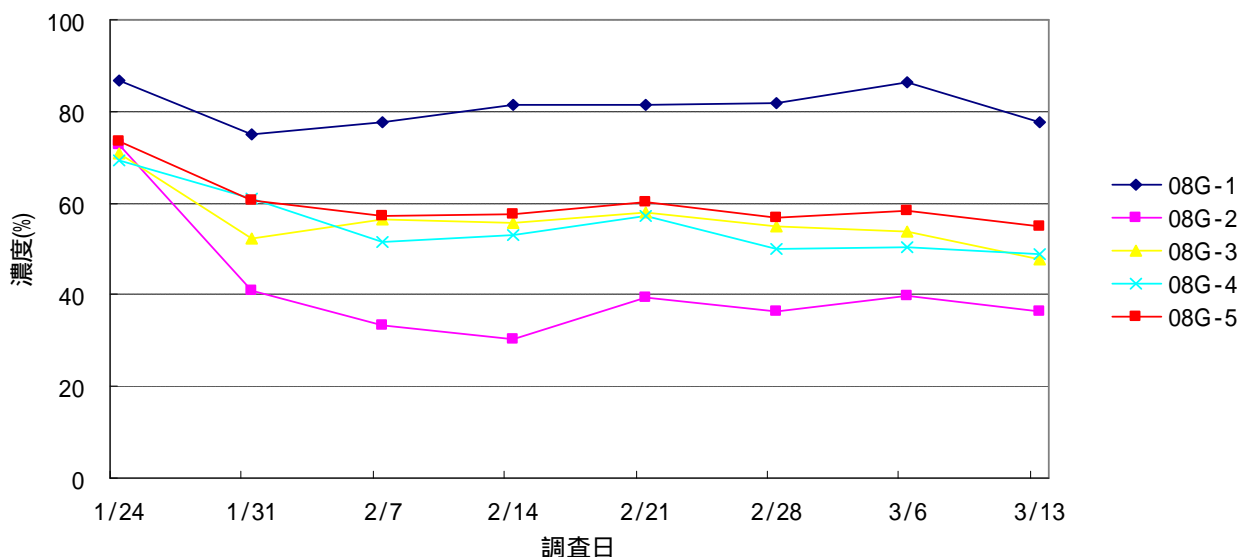


図 3.3.2 埋立ガス中の窒素濃度の変化

## メタン

埋立ガス中のメタン濃度の測定結果を図 3.3.3 に示す。メタン濃度は測定開始時より 2 週間目まで増加し続けた後、08G-2 ~ 08G-5 では 30 ~ 45% 程度で推移している。

08G-1 でのメタン濃度は 2 月 14 日の測定より若干減少傾向にあり、3 月 6 日の測定では約 10% となった。

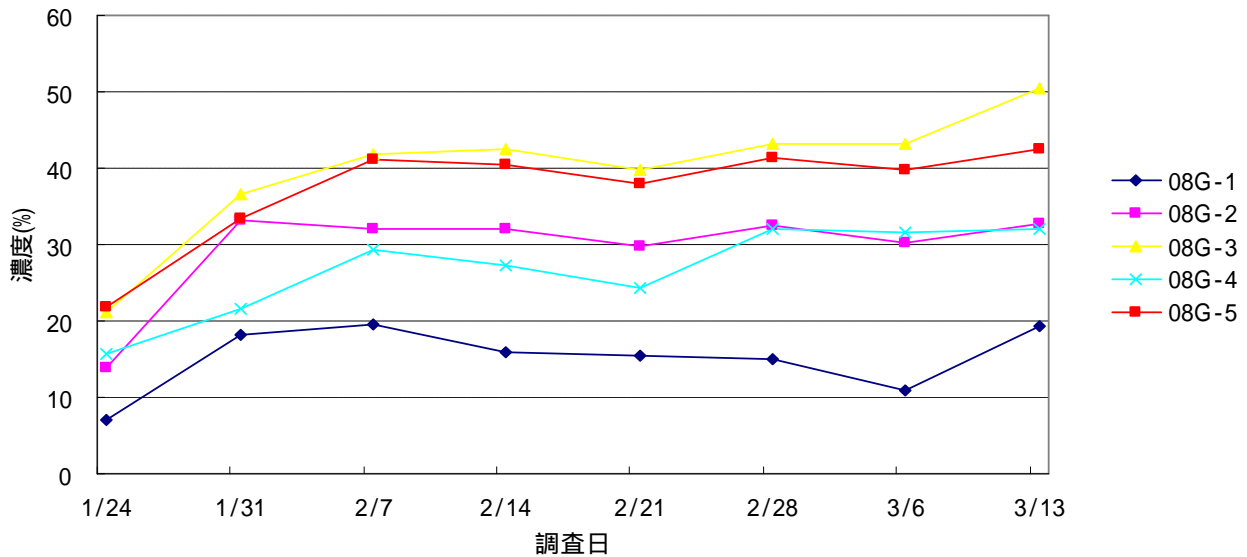


図 3.3.3 埋立ガス中のメタン濃度の変化

## 二酸化炭素

埋立ガス中の二酸化炭素濃度の測定結果を図 3.3.4 に示す。08G-1 での二酸化炭素濃度は徐々に増加し、3 月 6 日の測定では約 1,600ppm となった。3 月 13 日の測定では 550ppm に減少した。

メタン濃度が数十%程度存在することに対して、二酸化炭素濃度は総じて低い値であった。

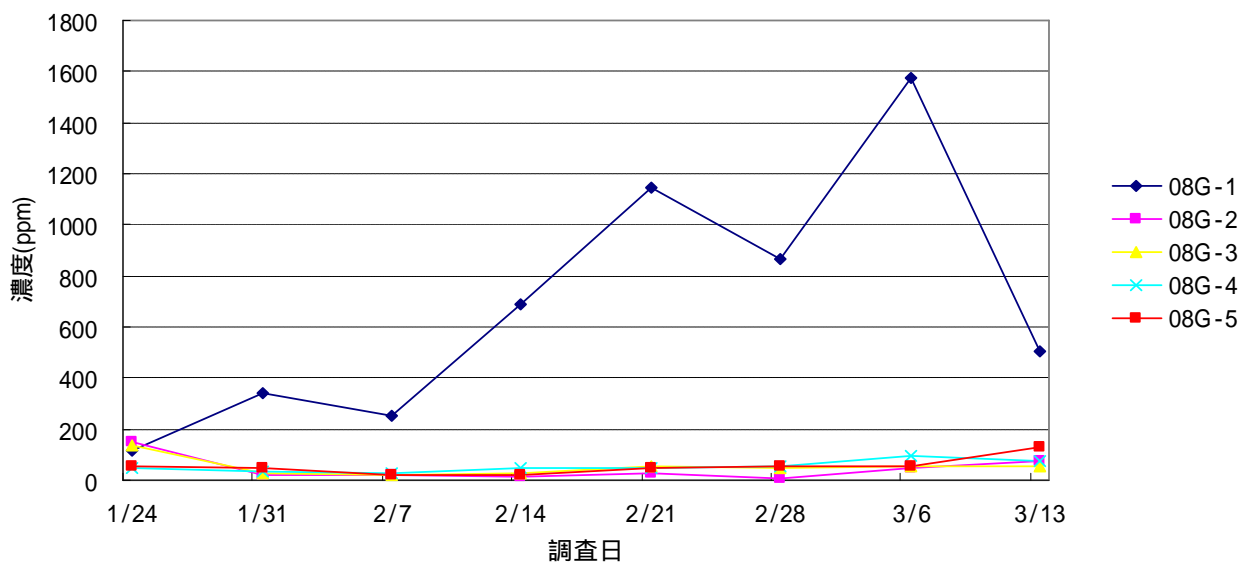


図 3.3.4 埋立ガス中の二酸化炭素濃度の変化

## 一酸化炭素

埋立ガス中の一酸化炭素濃度の測定結果を図 3.3.5 に示す。調査開始時に数十 ppm 程度の値で検出されていたが、それ以降はほとんど検出下限未満(1ppm)であった。

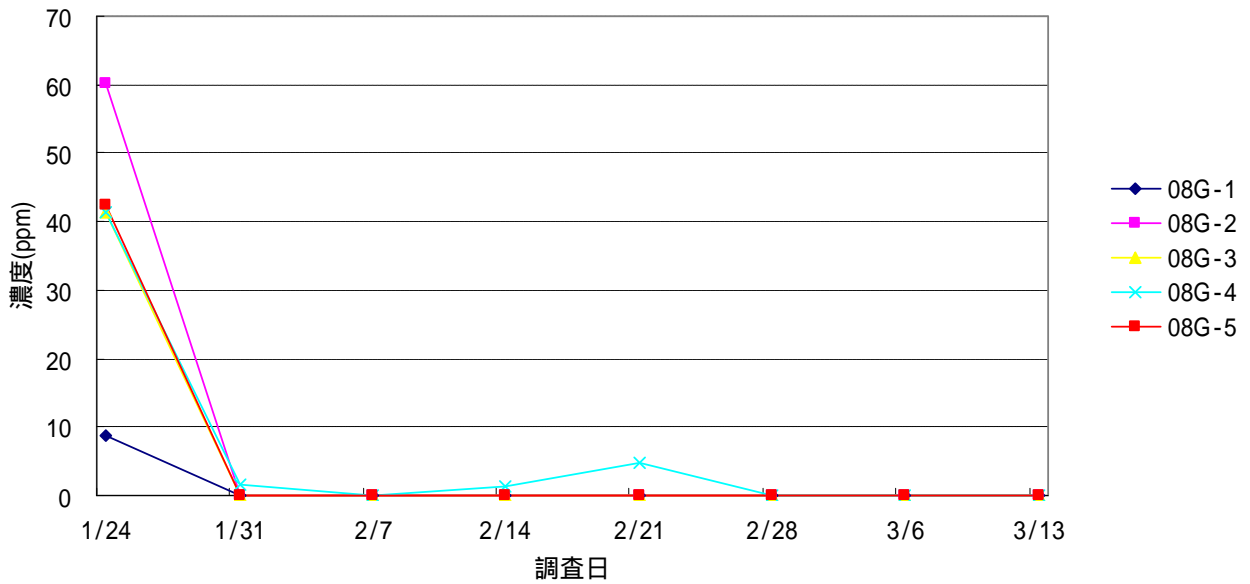


図 3.3.5 埋立ガス中の二酸化炭素濃度の変化

表 3.3.1 埋立ガス測定結果 (全測定平均値)

項 目		08G-1	08G-2	08G-3	08G-4	08G-5
酸素	%	3.5	2.4	2.5	3.7	2.4
窒素	%	81.0	41.1	56.2	55.2	59.9
二酸化炭素	ppm	685.4	46.2	53.4	53.3	54.3
一酸化炭素	ppm	1.1	7.5	5.2	6.2	5.3
メタン	%	15.2	29.5	39.8	26.8	37.3
窒素 + メタン	%	96.2	70.6	96.0	82.0	97.2

本調査結果においては、埋立ガス濃度と陸化時期に大きな関連性は認められなかった。

08G-1 を除くと、観測孔の設置後、2,3 週間程度以降にガス濃度がほぼ横ばい推移している。観測孔を設置することによって、埋立地内部のガスが一時的に攪乱され、その状態が解消されるために、同程度の時間を要するものと考えられた。

## (2) 地中・地表温度

測定結果を図 3.3.6～3.3.9 に示す。地表面の温度は昼夜で変動が認められ、日中の気温の変化を受けていると考えられた。地表より-2mの観測点では大きな日変動はみられなかったが、細かく変動しているため、この観測点の上部と下部の両方の温度に影響を受けていると考えられる。ただし、地表面の温度の上昇が始まった 3 月以降においても-2mの観測点の温度は下降傾向にあった (図 3.3.7)。

地表より-4m以深の温度の変動はほとんど見られず、特異な温度の上昇点は確認されなかったが、中層 (GL-12m) 付近がわずかであるが全層中で最も温度が高かった (図 3.3.9)。

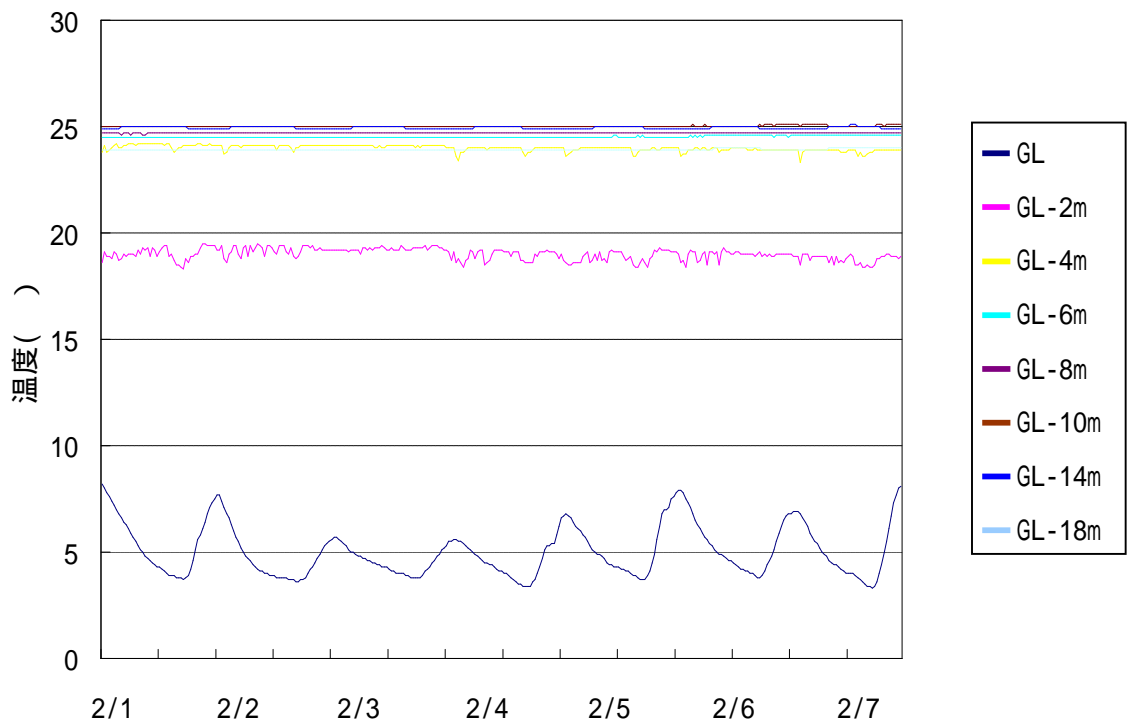


図 3.3.6 深度別温度の連続測定結果 (1/31～2/7)

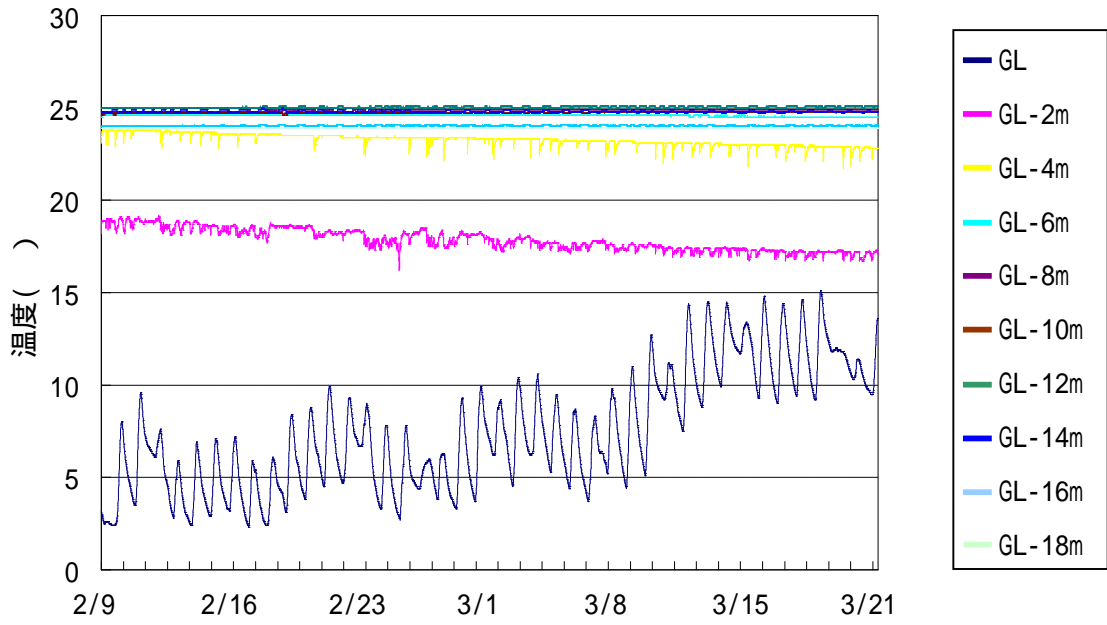


図 3.3.7 深度別温度の連続測定結果 (2/9 以降)

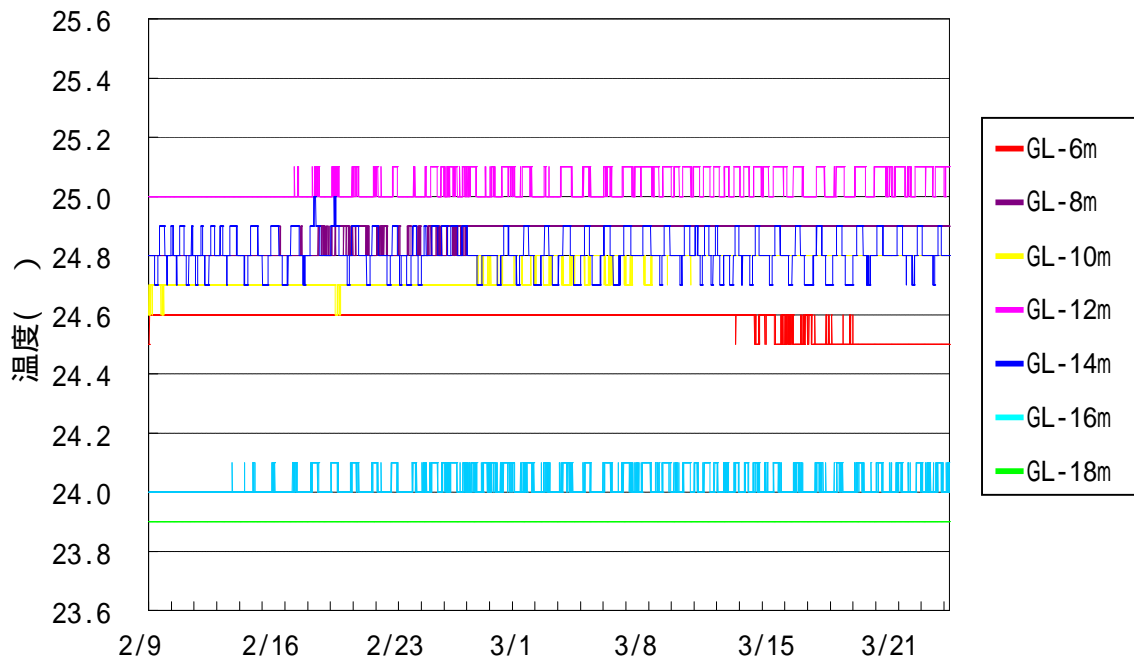


図 3.3.8 深度別温度の連続測定結果 (2/9 以降 GL-8m ~ GL-18m 拡大)

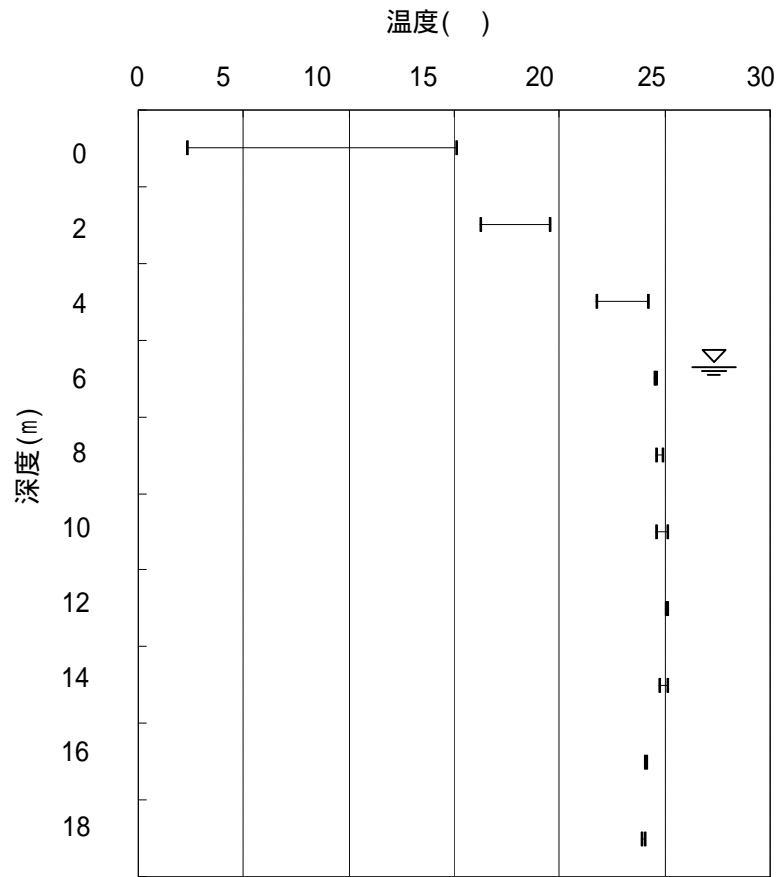


图 3.3.9 深度別温度分布