

5 廃棄物層内のガスの発生状況（影響検討）について

1. 廃棄物層内のガスの発生状況のまとめ

これまでに県及び栗東市が実施した調査及び改善工事の流れは、とりまとめて 108, 109 頁の別表 1 に示した。

(1) 硫化水素について

1) 処分場内

「処分場内（北側平坦部含む）」及び「西側平坦部」の調査では、後述する VOCs の測定と同時に概ね同一地点で硫化水素の測定が行われた。

「処分場内」の盛土部の 10mメッシュの調査において硫化水素は、o10, o8 及び o11 地点でそれぞれ 0.2, 1.5 及び 0.1ppm が検出されたが、その他は不検出であった。

硫化水素が検出された地点では、さらに各 10mメッシュを四分した 5mメッシュ毎の調査を行い、k5-4, o9-4, o10-3, o10-4 及び o11-3 でそれぞれ 0.3, 0.8, 0.2, 0.3 及び 0.2ppm が検出されたが、その他は不検出であった。

表 1.1 には、基準省令に定める最終処分場の廃止基準¹⁾を示し、次頁の表 1.2 にボーリング等掘削を行った調査地点における孔内温度の測定結果を示す。

表 1.1 最終処分場の廃止基準（埋立地からの発生ガスに係る部分を抜粋）

基準の内容	一般 廃棄物	産業廃棄物		
		安定型	管理型	遮断型
埋立地からのガスの発生がほとんど認められない、又はガスの発生量の増加が2年以上にわたり認められないこと。	○	○	○	×
埋立地の内部が周辺の地中温度に比して異常な高温になっていないこと。	○	○	○	×

地中温度について埋立地の中央東側にある KB-1 及び KB-2（平成 12 年測定）と H16-2（平成 18 年測定）を比較すると、平成 18 年のほうがわずかに温度が低い傾向にある（表 1.2 参照）。一方、埋立地の中央西側に位置する KB-3（平成 12 年測定）と H16-1 及び H16-5（平成 18 年測定）との比較では、平成 12 年と平成 18 年の地中温度に有意な差は認められない（表 1.2 参照）。

一般に地中温度は大気の年間平均気温に等しいといわれており、当該処分場に近い滋賀県東近江の観測所の結果では、平均気温は 14.3℃（2006 年）である。したがって、埋立内部の地中温度は平均気温の約 2～3 倍の値を示しており、埋立完了後 6 年間を経た現在も減少傾向は認められていない。したがって、埋め立てられた廃棄物の分解及び付随するガスの発生は継続していると判断されるため、廃止基準¹⁾にはまだ適合していないといえる。

¹⁾ 一般廃棄物の最終処分場及び産業廃棄物の最終処分場に係る技術上の基準を定める省令（昭和 52 年 3 月，総理府・厚生省令第 1 号）

以上の現状の結果と評価を踏まえ、当該処分場に埋立てた廃棄物が分解して安定化していく様子を、今後モニタリングしていく必要がある。

この埋立処分場内のガスの測定点は、50～100m程度のメッシュの交点に1点の配置割合で、測定頻度は年2回以上が望ましいとされている（表 1.3 参照）。また、測定する項目は、ガスの温度と発生流量及びガス組成（メタン、二酸化炭素、窒素、酸素、水素及び硫化水素）とし、測定結果は表 1.1 の廃止基準に照合していく必要がある。

表 1.2 処分場内ボーリング等掘削調査時の孔内（地中）温度測定結果一覧

地点 KB-1		地点 KB-2		地点 KB-3		地点 H16-1		地点 H16-2		地点 H16-5	
温度 [°C]	深度 [m]	温度 [°C]	深度 [m]	温度 [°C]	深度 [m]	温度 [°C]	深度 [m]	温度 [°C]	深度 [m]	温度 [°C]	深度 [m]
39.1	-9.0	26.0	-3.0	36.0	-1.0	23.8	-3.5	23.1	-3.5	28.9	-3.5
31.8	-12.0	30.6	-6.0	50.5	-2.0	36.8	-6.5	27.3	-6.5	39.0	-6.5
30.9	-15.0	32.6	-12.0	37.5	-4.0	46.5	-9.5	30.6	-9.5	42.8	-9.5
28.4	-15.9	31.1	-13.5	38.4	-5.0	44.3	-12.5	19.4	-12.5	44.5	-12.5
				31.4	-8.0	45.0	-15.5	34.6	-15.5	44.0	-15.5
				37.8	-10.9	41.8	-18.5	31.8	-17.5	44.3	-18.5
				49.8	-14.0	40.5	-19.2	31.6	-21.5	44.0	-19.5
				47.4	-17.0						
平均温度：32.6		平均温度：30.1		平均温度：41.1		平均温度：39.8		平均温度：28.3		平均温度：41.1	
測定：平成12年 1/15～1/20		測定：平成12年 1/15～1/21		測定：平成12年 7/26～8/03		測定：平成18年 3/02～3/09		測定：平成18年 3/15～3/21		測定：平成18年 3/17～3/23	

注) 深度の記載について：深度はいずれも各調査地点の調査時における地表からの深度を示す (GL-m)。

2) 敷地境界・周辺環境 (111 頁 別表 2 及び別図 2)

平成 14 年 7 月と 8 月の 2 回、発生源 2 箇所（硫化水素の処理施設等）で処理後の排出ガスにおける硫化水素の濃度を測定した結果、不検出であった。

また、同時に敷地境界（3 箇所）及び周辺地域（3 箇所）でも、大気中の硫化水素の濃度を測定したが、不検出であった。

以上より、処分場を発生源とする周辺環境における大気への支障は発生していないことを確認している。

表 1.3 埋立ガスモニタリングの考え方

廃棄物最終処分場整備の計画・設計要領, ^{社団法人}全国都市清掃会議, 2001, pp88

4) 埋立ガスモニタリング

埋立ガスの量や性状は、埋め立てられた廃棄物の分解進行状況や跡地利用の可能性を把握する上で指標となるもので、廃止基準では、ガスの発生がほとんど認められない、または2年以上にわたりガスの発生量の増加が認められないことを基準（表2.3-3）としており、これを定期的に測定することが必要である。

例えば、不燃性廃棄物主体の最終処分場であっても浸出水の濃度が異常に高かったり、可燃性のガスの発生があるような場合は、埋立廃棄物層内が嫌氣的になっている可能性があるため測定することが必要である。

あるいは埋立が終了して跡地利用を開始する場合、埋立ガスの性状と量は跡地利用方法の設定または特定の跡地利用目的を達成するために必要な対策を選定する上で重要な要素となる。したがって、埋立中から定期的に埋立ガスの測定を行い、その性状や量の経年的変化傾向を把握できるようにしておくことが必要である。

埋立ガスの量や性状の測定地点は、埋立年次と埋め立てられた廃棄物の種類を勘案して設定することが原則である。

最終処分場の埋立期間は、10年から15年程度であり、また埋立ガスの量などの変動が激しいことを勘案すると、1年ごとの埋立区域に測定地点を設ける必要性は少なく、埋立期間2年程度の場所ごとに1か所の測定地点を設けるのが良いと考えられる。ただし、年間の埋立廃棄物量が少なく埋立期間が長期にわたる最終処分場にあっては、測定地点が莫大な数になることも想定され、また埋立方法によっては埋立年次別に平均的な場所が区画できない場合もある。このような場合は、埋立地を50～100m程度のメッシュに分割して、メッシュの交点を測定地点とする方法もある。

この測定地点は、ガス抜き設備を利用できるものとするが、浸出水集排水管網を流通する空気の影響を除外できるように、少数でも浸出水集排水管に接続しない測定孔を設けておくことが望ましい。

埋立ガスの測定項目については、廃棄物最終処分場安定化監視マニュアル（平成元年 環境庁水質保全局企画課海洋汚染・廃棄物対策室）などを参考に設定するとよい。

埋立ガスの測定は、一般的に以下の項目について行われている。

- ① ガス温度（廃棄物層内温度、埋立深さによって変化する）
- ② 埋立ガス流量
- ③ 埋立ガス組成
 - メタン (CH₄)
 - 二酸化炭素 (CO₂)
 - 窒素 (N₂)
 - 酸素 (O₂)
 - 水素 (H₂)
 - 硫化水素 (H₂S)

また、測定頻度は少なくとも年2回以上とすることが望ましい。

(2) ベンゼン及びトリクロロエチレン等揮発性有機化合物 (VOCs) について

1) 処分場内

ア) VOCs が検出された範囲

○北尾側法面

「北尾側法面後退」工事に伴い事前及び事後の調査において、ベンゼン等揮発性有機化合物 (VOCs) が検出された。調査は北尾団地側では切土部と盛土部であるが VOCs は主に盛土部で検出された。

・切土部の調査

トリクロロエチレン、テトラクロロエチレン、シス-1,2-ジクロロエチレン及びベンゼンの4物質がガスで検出された。しかし、7地点の坪掘り調査による土壌溶出量試験では、1地点でテトラクロロエチレンが0.0006mg/L(基準以下)検出されたのみで、その他は不検出であった。

・盛土部の調査

10mの方形区(76区画)に対し、廃棄物層の表層(GL-0.8~1.0m)についてVOCモニターまたは検知管でガス濃度測定を実施し、17区画でVOCsが検出された。さらに、検出された各区画をそれぞれ四分して一辺5mの方形区でガス濃度測定を実施した後、坪掘りによって得た土壌試料により溶出量試験を実施した。

廃棄物層中のガスにVOCsの存在を確認したが溶出量は全て不検出であった。

○西側平坦部

西側平坦部の調査は当該地で「ドラム缶等」が発見されたことに伴い実施した。

当該範囲を12区画に区分し、それぞれの中央部でガス中のVOCsの濃度を測定した結果、全て不検出であった。また一部の区画において、VOCsについて土壌溶出量試験及び浸出水の測定を行った結果、ベンゼン、トリクロロエチレン及びシス-1,2-ジクロロエチレンが検出された。

○旧鴨ヶ池付近の土中ガス調査

一般廃棄物が埋め立てられている旧鴨ヶ池付近において廃棄物中のガスに含まれるVOCsの濃度を測定した。廃棄物層の上には砂質粘土の埋土がなされているが、本調査は廃棄物層にVOCsが含まれ埋土を通じて地表に向かって揮発、上昇してくるVOCsのガスを測定したものである。

土壌ガス中のVOCsの濃度は、汚染があることを目安値²⁾である、0.5ppm(ベンゼンのみは0.01ppm)を下回った。

²⁾ 土壌汚染対策法上の目安：土壌ガス調査に係る採取及び測定の方法(環境省告示第16号、平成15年3月)

イ) テトラクロロエチレン等の汚染機構

○当該物質による土壌・地下水の汚染の特徴

図 1.1 にテトラクロロエチレン等による土壌・地下水への汚染機構を示す。

当該物質が地表で漏洩または埋立などにより地盤に供給された場合、不飽和帯（浸透水や地下水で満たされていない層）では、一部は空隙内で揮発するためガスとして存在する。

また、テトラクロロエチレン等は水より重く、粘性が小さいために不飽和帯の粒子表面の吸着能力を上回る供給があると地下水面に達して、さらに帯水層を通過しつつ地下水中に拡散し、また流動とともに移動する。

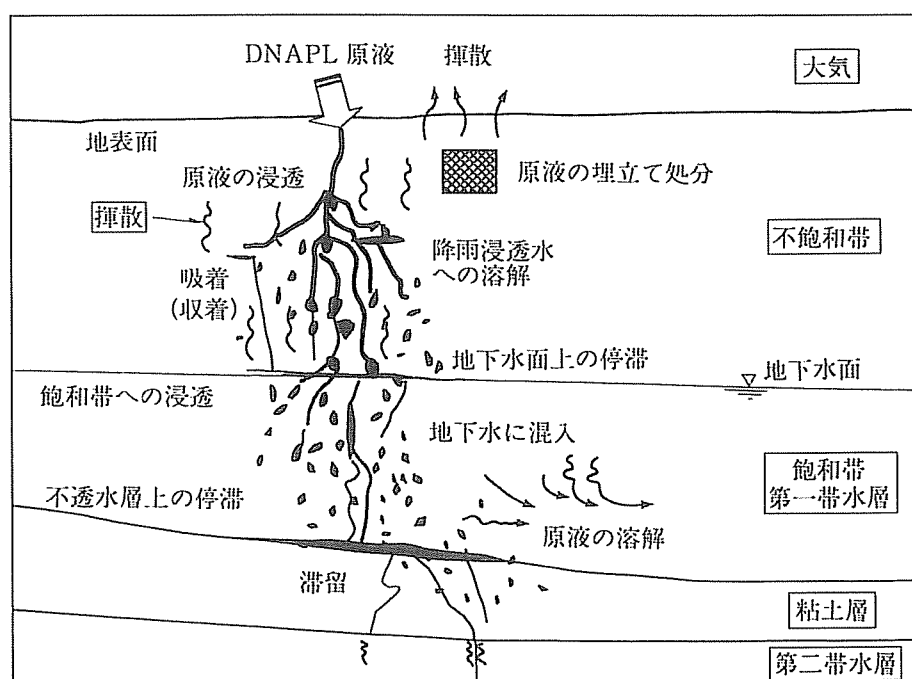


図 1.1 テトラクロロエチレン等による土壌・地下水汚染の機構概念図

(出典：社団法人 地盤工学会編：土壌・地下水汚染の調査・予測・対策，報光社，2002)

○シス-1, 2-ジクロロエチレンの検出について

テトラクロロエチレン等は図 1.2 のように還元状態でシス-1, 2-ジクロロエチレンに分解することが知られている。前頁の結果でシス-1, 2-ジクロロエチレンが検出されているのは、還元環境下でテトラクロロエチレン等より分解生成した可能性があり、これは、硫化水素の発生と同様、廃棄物層内部が還元環境にあることを示唆している。

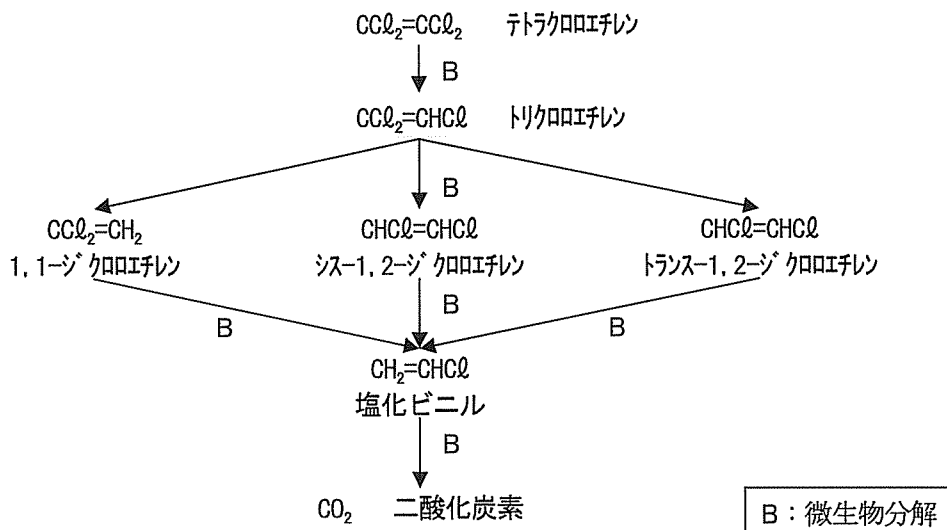


図 1.2 テトラクロロエチレン等の還元的脱塩素反応の経路

(出典：環境庁水質保全局水質管理課監修、平田健正編：土壌・地下水汚染と対策、丸善、1996)

土壌・地下水汚染の箇所では、土壌ガス中の当該物質の濃度から相対的に高いところを見出し、そこを汚染源と推定する方法が一般的である。しかし、埋立処分場などの場合は、必ずしも現地表面付近からの浸透ばかりでなく、埋立履歴の古い（すなわち深い）ところにすでに汚染が存在することも想定される。これは、シス 1,2-ジクロロエチレンの検出状況からも推測される。

このため、現地表面からのガス調査のみから、当該物質の浸透経路（汚染機構）を突き止めるには不十分と考えられる。

したがって、今後の調査で廃棄物の性状を把握する際には、埋立てられている廃棄物中に含まれる当該物質の濃度を直接測定することで当該物質の汚染源（汚染状況）を解明することを提案する。

2) 敷地境界・周辺環境について（111 頁 別表 2 及び別図 2）

平成 14 年 7 月と 8 月の 2 回、発生源 2 箇所（硫化水素の処理施設等）で処理後の排出ガスにおけるトリクロロエチレン、テトラクロロエチレン及びベンゼンの濃度を測定している。また、同時に敷地境界（3 箇所）及び周辺地域（3 箇所）でも、大気中のこれら 3 物質の濃度を測定したが、いずれにおいても大気環境基準を下回る結果であった。

以上より、処分場を発生源とする周辺環境における大気への支障は発生していないことを確認している。

2. 処分場内の硫化水素濃度 <既往調査>

図 2.1 に処分場内表層 (GL-0.8~1.0m) のガスにおける硫化水素の濃度分布を示した。

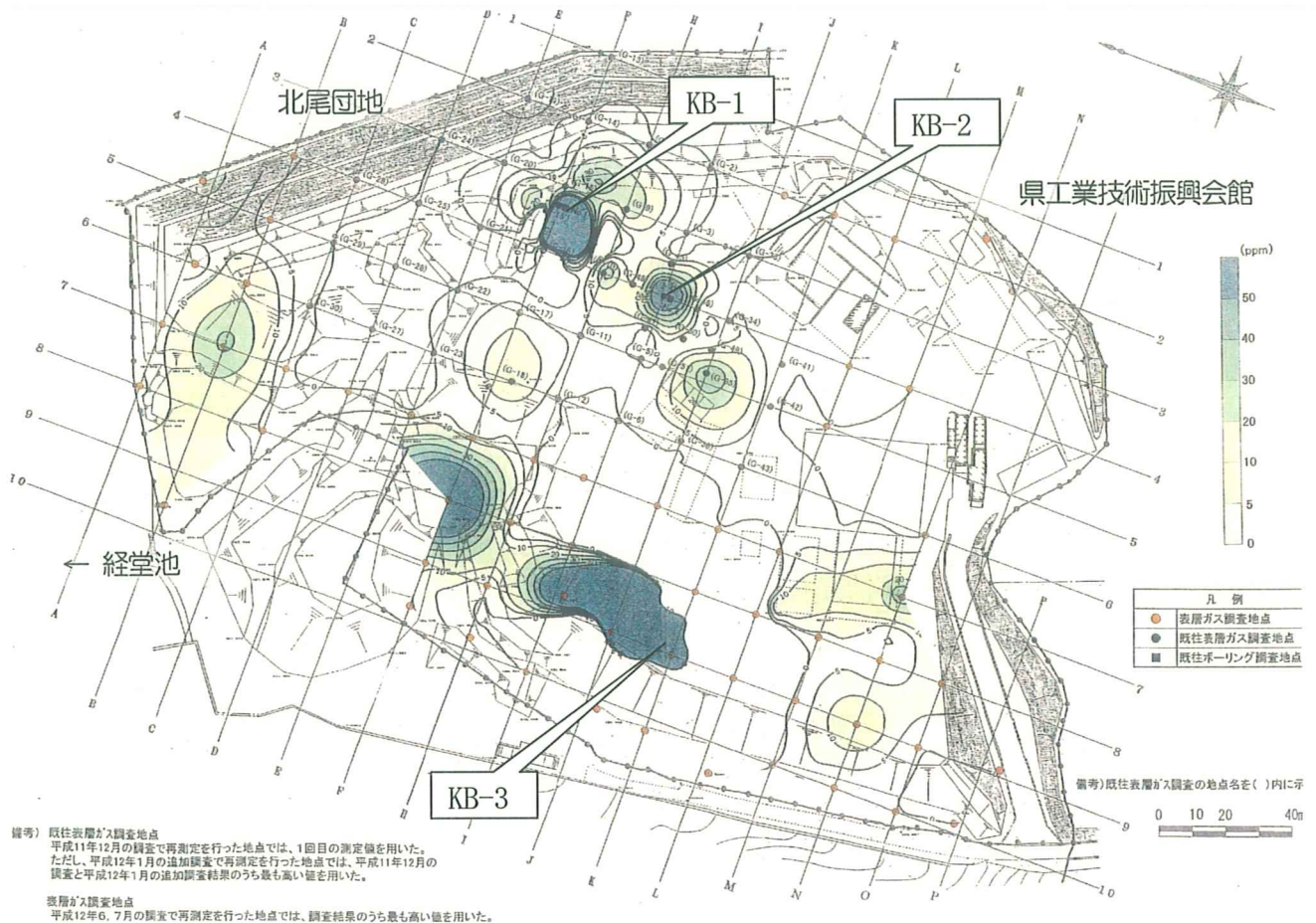


図 2.1 表層ガス中の硫化水素濃度の等濃度線図 (平成 11 年 11 月~平成 12 年 1 月測定)

硫化水素 3 つの測定点周辺 (図中 ■ の範囲は 100ppm を超える高濃度箇所) で 100ppm を超え、中でも K-9-5 (KB3) では 22,000ppm が検出された。

これら 3 つの測定点周辺ではボーリング等によって深度方向の濃度分布が確認され、これより、嫌気性菌が水溶性有機物を利用して石膏ボードに含まれる硫酸イオンを還元し、硫化水素を発生させていることが明らかにされた (図 2.2 参照)。

その後、これらの箇所では廃棄物層中で発生する硫化水素を吸引・処理する対策を実施している。

表 2.1(1) ボーリング孔内ガス測定結果一覧表

・ ボーリングKB1

測定日	測定時刻		深度 (GL m)	孔内温度 (°C)	硫化水素 (ppm)	メタン (%)	酸素 (%)	備考
	孔内温度	ガス						
平成12年1月15日	10:00	10:36	-3.0	33.0	2.5	53	1.5	掘進翌朝測定 ※1
1月17日	8:45	9:11	-6.0	39.6	8,200	59	0.9	掘進翌朝測定 ※1
1月17日	14:42	14:58	-9.0	39.1	15,200	63	0.8	掘進終了直後測定
1月18日	8:44	9:08	-10.0	32.5	3,600	71	0.9	掘進翌朝測定
1月18日	11:04	11:55	-12.0	31.8	0	84	0.7	掘進終了直後測定
1月18日	14:52	15:26	-15.0	30.9	27.5	72	1.0	掘進終了直後測定
1月19日	8:25	8:58	-16.0	28.5	0	16	16.0	掘進翌朝測定
1月20日	8:49	9:06	-15.9	28.4	0	0.05	15.6	地下水位(GL-16.13m)直上約20cmで測定 ※2

・ ボーリングKB2

測定日	測定時刻		深度 (GL m)	孔内温度 (°C)	硫化水素 (ppm)	メタン (%)	酸素 (%)	備考
	孔内温度	ガス						
平成12年1月15日	13:31	13:33	-3.0	26.0	0	0.45	1.3	掘進終了直後測定
1月17日	9:34	9:55	-5.0	27.8	0	0	0.5	掘進翌朝測定
1月17日	12:17	12:42	-6.0	30.6	0	3	10.7	掘進終了直後測定
1月18日	8:06	8:28	-9.0	31.9	6.0	0	0.4	掘進翌朝測定 ※1
1月18日	13:18	13:55	-12.0	32.6	15.5	0	0.6	掘進終了直後測定
1月19日	8:45	9:37	-13.0	29.7	19.0	0	0.4	掘進翌朝測定
1月20日	9:15	9:30	-13.5	31.6	19.5	1	0.4	掘進翌朝測定
1月21日	8:24	8:40	-13.5	31.1	0	0	3.5	地下水位(GL-13.67m)直上約20cmで測定 ※2

※1 同一深度を2日間にわたって測定した場合は、高い値を採用した。

※2 ケーシング(孔壁保護管)下端が、地下水面下にある状態のため参考値である。

表 2.1(2) ボーリング孔内ガス測定結果一覧表

・ ボーリングKB3

測定日	測定時刻		深度 (GL m)	孔内温度 (°C)	硫化水素 (ppm)	メタン (%)	酸素 (%)	備考
	孔内温度	ガス						
平成12年7月26日	12:35	12:45	-1.0	36.0	0	3.75	16.2	掘進終了直後測定
7月26日	15:08	15:17	-2.0	50.5	15,000	13.5	0.3	掘進終了直後測定
7月27日	8:40	8:52	-3.0	31.4	74	11.5	0.1	掘進翌朝測定
7月27日	9:55	10:07	-4.0	37.5	1	7.0	2.2	掘進終了直後測定
7月27日	11:02	11:09	-5.0	38.4	68	6.9	0.1	掘進終了直後測定
7月28日	14:44	14:15	-8.0	31.4	0	4.0	3.9	掘進終了直後測定
7月29日	14:18	14:28	-10.95	37.8	0	1.8	5.5	掘進終了直後測定
7月31日	13:45	13:20	-14.0	49.8	0	3.8	0.2	掘進終了直後測定
8月1日	13:30	13:15	-17.0	47.4	22	3.3	0.3	掘進終了直後測定
8月3日	8:39	9:00	-20.0	47.7	54	0.1	6.9	掘進翌朝測定
8月3日	—	13:05	-20.08	—	0	0	20.9	地下水位(GL-20.18m)直上約10cmで測定 ※1

※1 ケーシング(孔壁保護管)下端が、地下水面下にある状態のため参考値である。

埋立処分場からの硫化水素発生メカニズム

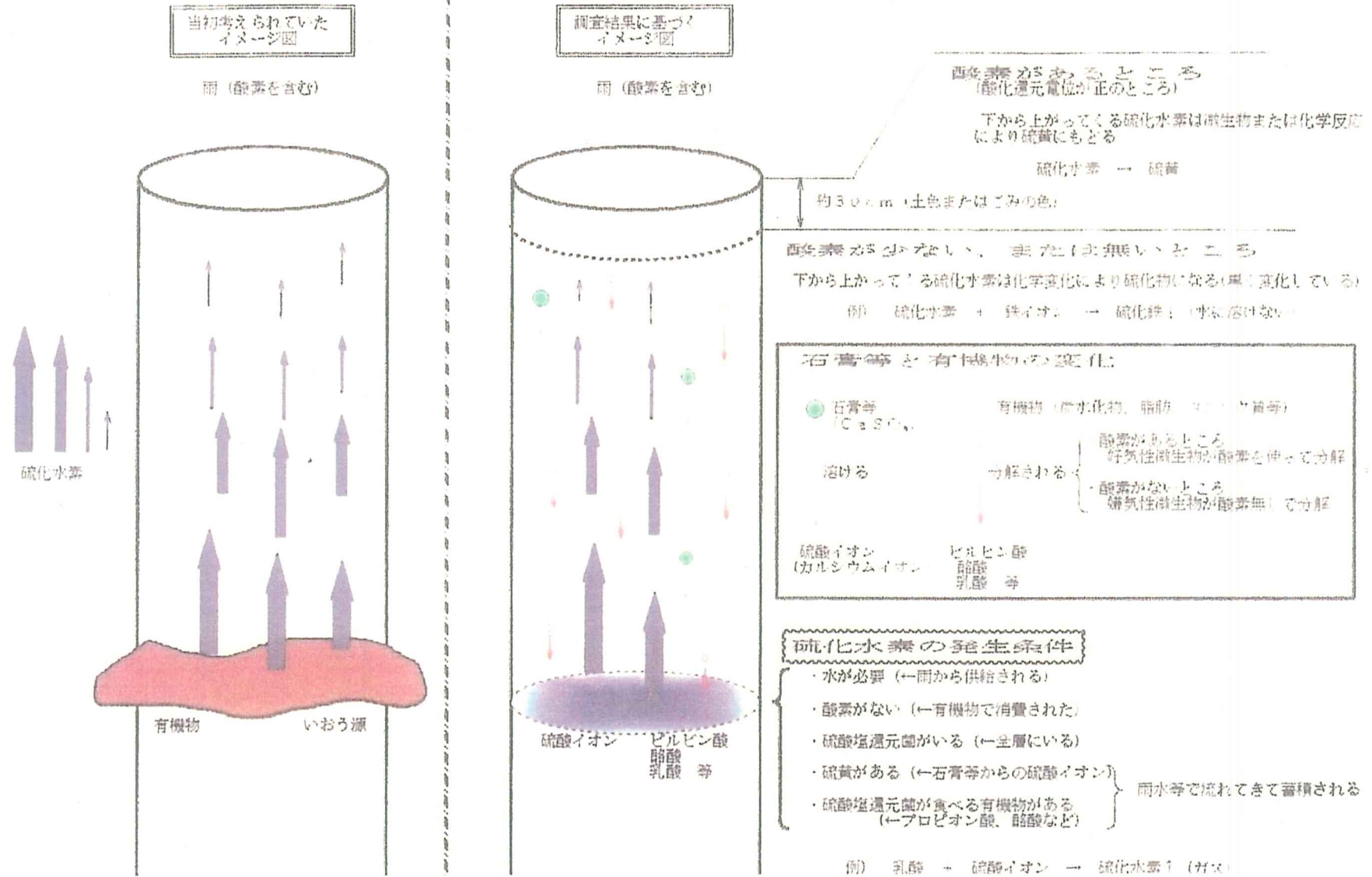


図 2.2 硫化水素発生メカニズム