

多機能性覆土の硫化水素吸着状況調査結果

多機能性覆土は、廃棄物層から発生した硫化水素等をガス捕捉材において吸着させ、大気中に硫化水素等を放出させない対策である。その効果については、生活環境影響調査において、硫化水素連続測定および多機能性覆土状況調査で継続的に調査されており、持続していることを確認している。今後、多機能性覆土のガス捕捉材がどれぐらい保持できるかを把握するため、現時点での多機能性覆土のガス捕捉材の吸着能力を把握することを目的とし、試料採取および吸着能試験を実施した。

1 多機能性覆土の設置状況

多機能性覆土は、ガス捕捉層、雨水制御層（バリア層）、植栽層からなり、廃棄物層から発生する有害ガス等をガス捕捉層において吸着させることにより大気中に硫化水素等のガスを放出させない構造となっている（図 1.1）。

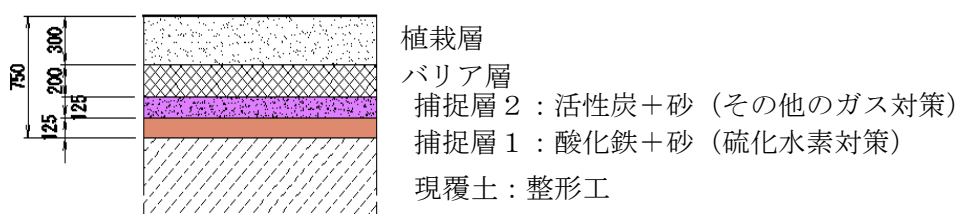


図 1.1 多機能性覆土の構造

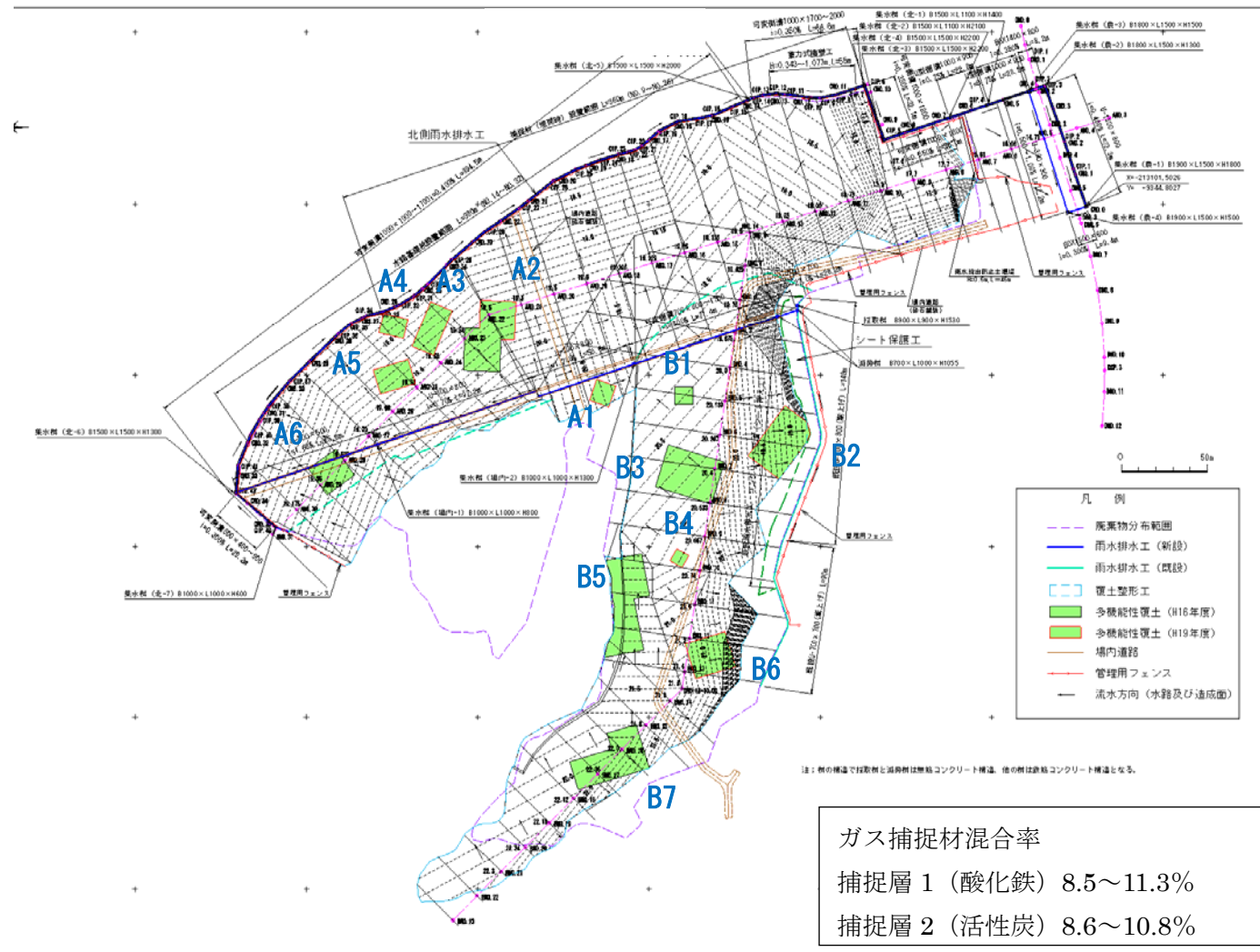
多機能性覆土の施工範囲は、表層ガス調査（平成 16 年度調査、平成 19 年度調査）により硫化水素等高濃度分布を把握し、硫化水素 100ppm を超過した範囲を対象に設置されている（図 1.2）。

多機能性覆土の施工は、平成 20 年 3 月～平成 21 年 3 月に工事を実施している（13 箇所 約 6600m²）。

捕捉層として、表 1.1 に示す資材を用いている。

表 1.1 施工に用いた資材

材料	製造元	捕捉する対象
活性炭	ダイネン（株）社製	ベンゼン、塩化ビニル等
酸化鉄	（株）テツゲン社製	硫化水素
洗砂	（有）佐我建材	—



位置	面積 (m ²)
B1	108.16
B2	815.06
B3	878.08
B4	80.00
B5	990.09
B6	536.28
B7	910.74
A1	157.26
A2	924.86
A3	391.88
A4	174.04
A5	316.72
A6	358.72
計	6641.9

B4は、実施設計時に試験盛土として施工している。

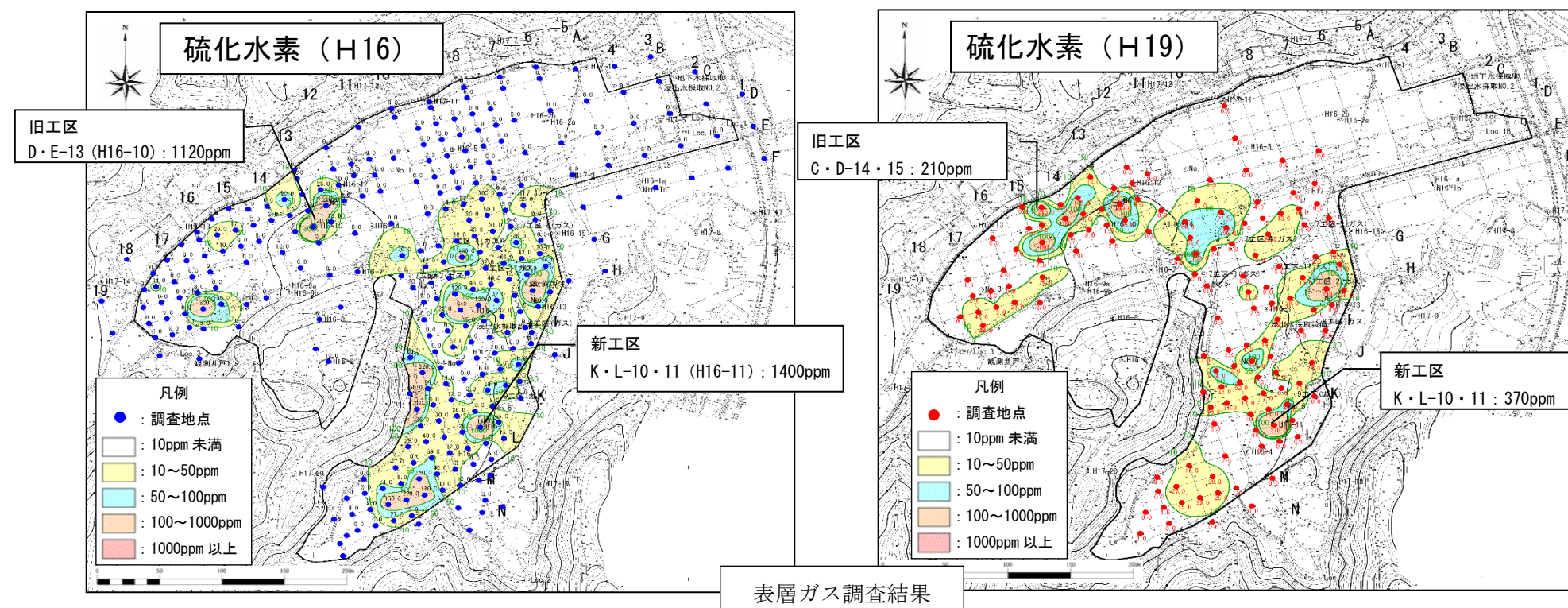


図 1.2 多機能性覆土施工範囲

2 調査内容

2.1 試料採取

採取は平成 28 年 6 月に実施した（施工後 87 ヶ月経過）。採取地点は、施工した 13 箇所のうち、表層ガス調査で特に高濃度であった 3 箇所（A-2,B-2,B-6）とした（図 2.2）。

採取方法は、打撃式簡易ボーリングマシンにより、オールコアで実施した（写真 1.1）。掘削深度は、ガス捕捉層の下位の覆土層等を 0.5m～1m 確認した時点とした。なお、掘削時において、孔内からの硫化水素の発生は、各地点とも確認*されなかった。

※ポータブルガス検知器（理研 GX2009 下限値 0.1ppm）による確認



写真 1.1 打撃式簡易ボーリングマシンによる掘削

2.2 調査内容

2.2.1 物理試験

(1) 含水比試験（JIS A 1203：2009 による方法）

採取試料には水分が付着しているが、試料毎に付着している水分量にばらつきがあるため、吸着試験時に供する秤取量は乾燥重量として統一する必要がある。秤取量を求めるため、含水比試験を実施した。

(2) 粒度試験（JIS A 1204：2009 による方法）

(3) 土粒子密度試験（JIS A 1202：2009 による方法）

ガス捕捉層 1 及び捕捉層 2 は、捕捉材（酸化鉄、活性炭）と砂を混合した状態で構成されており、混合割合は 10%として設計されている。施工においては、混合割合 10%を標準とするが、地点により混合率にばらつきが生じていることが予想される。混合割合を算出するため、粒度試験及び土粒子密度試験を実施した。

2.2.2 吸着試験

(1) 予備試験

吸着試験を実施するにあたり、吸着させる硫化水素濃度が低いと、短時間で吸着してしまい、静置時間による吸着量の差を確認できない。一方、吸着させる硫化水素濃度が高いと、試料とブランクの吸着量に違いが出ず、試験が成立しない。

そこで、適切な硫化水素濃度を検討するため、表 2.1 の条件で、吸着試験の予備試験を行った。その結果、硫化水素濃度が 10000ppm 以下の低濃度では 49%以上吸着してしまうことが確認された。また、50000ppm を越える高濃度では、硫化水素吸着量

が頭打ちになることが確認された。そのため、本試験では硫化水素濃度を 50000ppm として実施することとした (表 2.2)。

表 2.1 予備試験の試験条件

試料	酸化鉄+洗砂 (混合比 10%) 5.0g
静置時間	1 時間
硫化水素設定濃度	100, 1000, 10000, 50000, 100000ppm
硫化水素注入量	12L

表 2.2 予備試験結果

硫化水素 設定濃度	1 時間静置後の硫化水素濃度			
	試料(A)	ブランク(B)	吸着濃度(C) (B-A)	吸着率 (C/B×100)
	ppm	ppm	ppm	%
100 ppm	29	90	61	68
1000 ppm	390	1000	610	61
10000 ppm	5600	11000	5400	49
50000 ppm	34000	50000	16000	32
100000 ppm	1000000	110000	10000	9

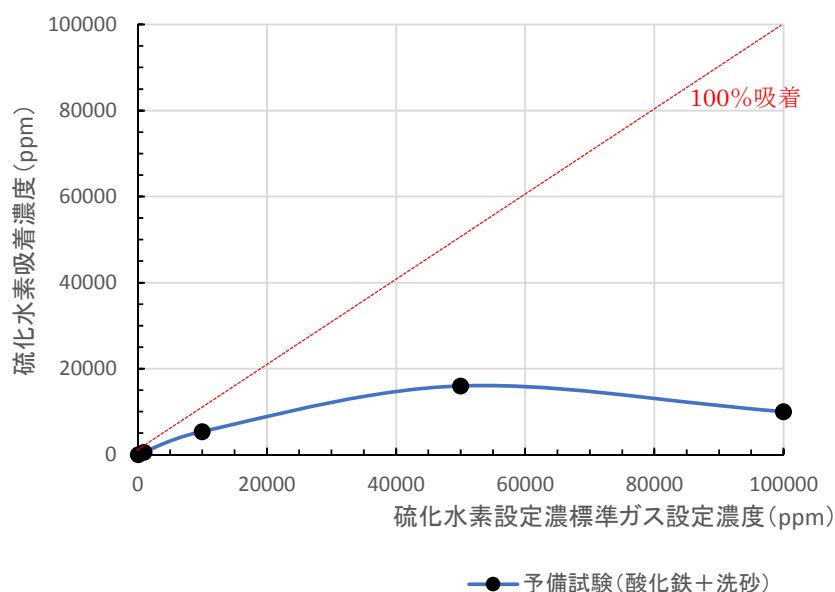


図 2.1 予備試験における硫化水素標準ガスに対する硫化水素吸着濃度

(2) 吸着試験

採取したガス捕捉層試料を用いて吸着試験を行った（図 2.3）。十分に標準ガスを吸着させる必要があることから、曝露時間を段階的に実施した。また、吸着試験に用いる採取試料は、各捕捉層を等量に混合したものとし、標準試料として、未使用の捕捉材（酸化鉄、活性炭）の吸着能力についても試験を実施した（表 2.3）。



写真 2.2 吸着試験状況

表 2.3 本試験の試験条件

試料	採取試料	地点 B-6 (H28-1)	ガス捕捉層 1	2.5g	5.0g
			ガス捕捉層 2	2.5g	
		地点 B-2 (H28-2)	ガス捕捉層 1	2.5g	5.0g
			ガス捕捉層 2	2.5g	
		地点 A-2 (H28-3)	ガス捕捉層 1	2.5g	5.0g
			ガス捕捉層 2	2.5g	
	標準試料	酸化鉄+洗砂（混合比 10%）			5.0g
		活性炭+洗砂（混合比 10%）			5.0g
静置時間	1, 8, 24, 48 時間				
硫化水素濃度	50000ppm				
硫化水素注入量	12L				

重量は、乾燥重量

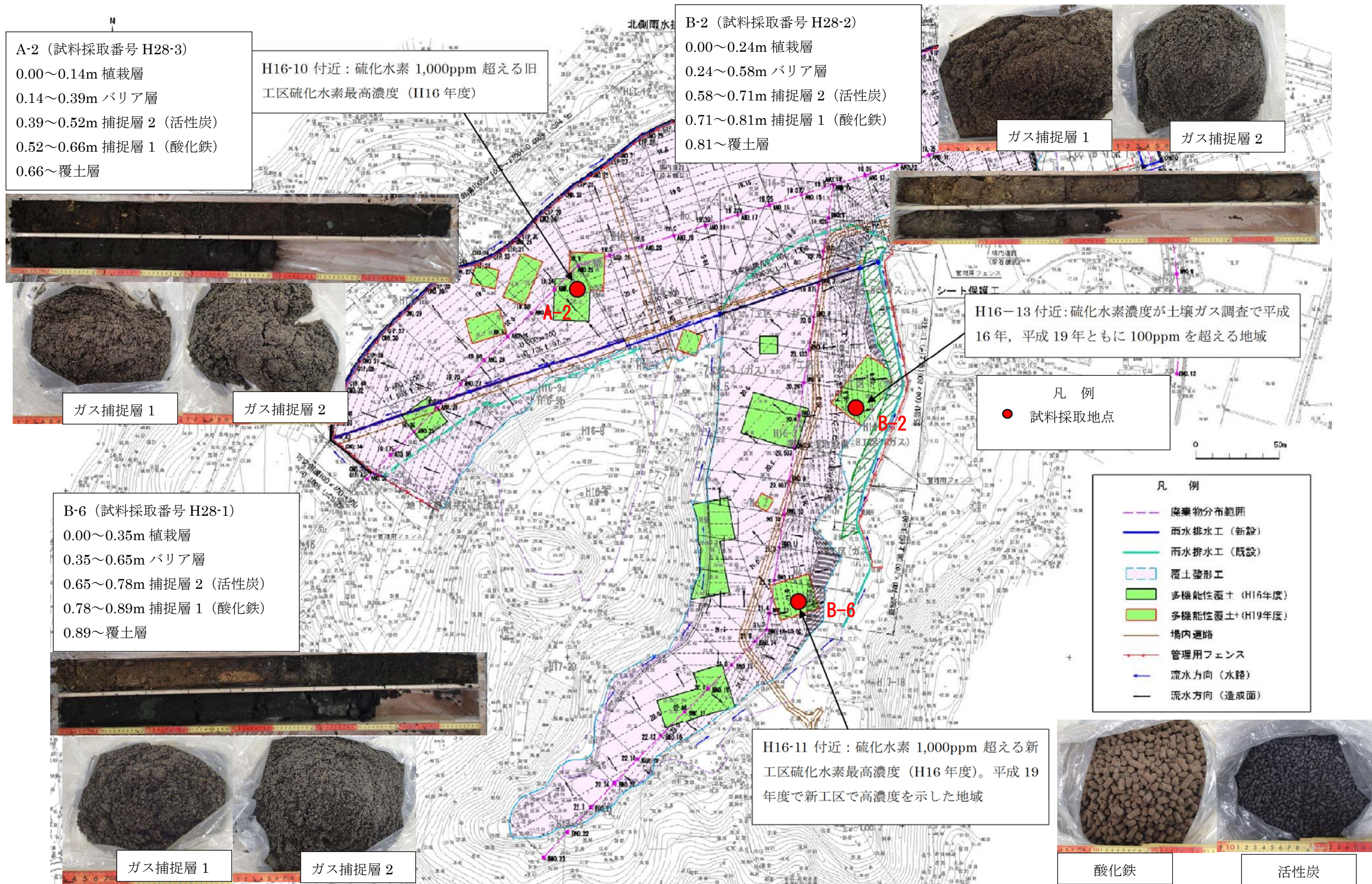


図 2.2 試料採取地点

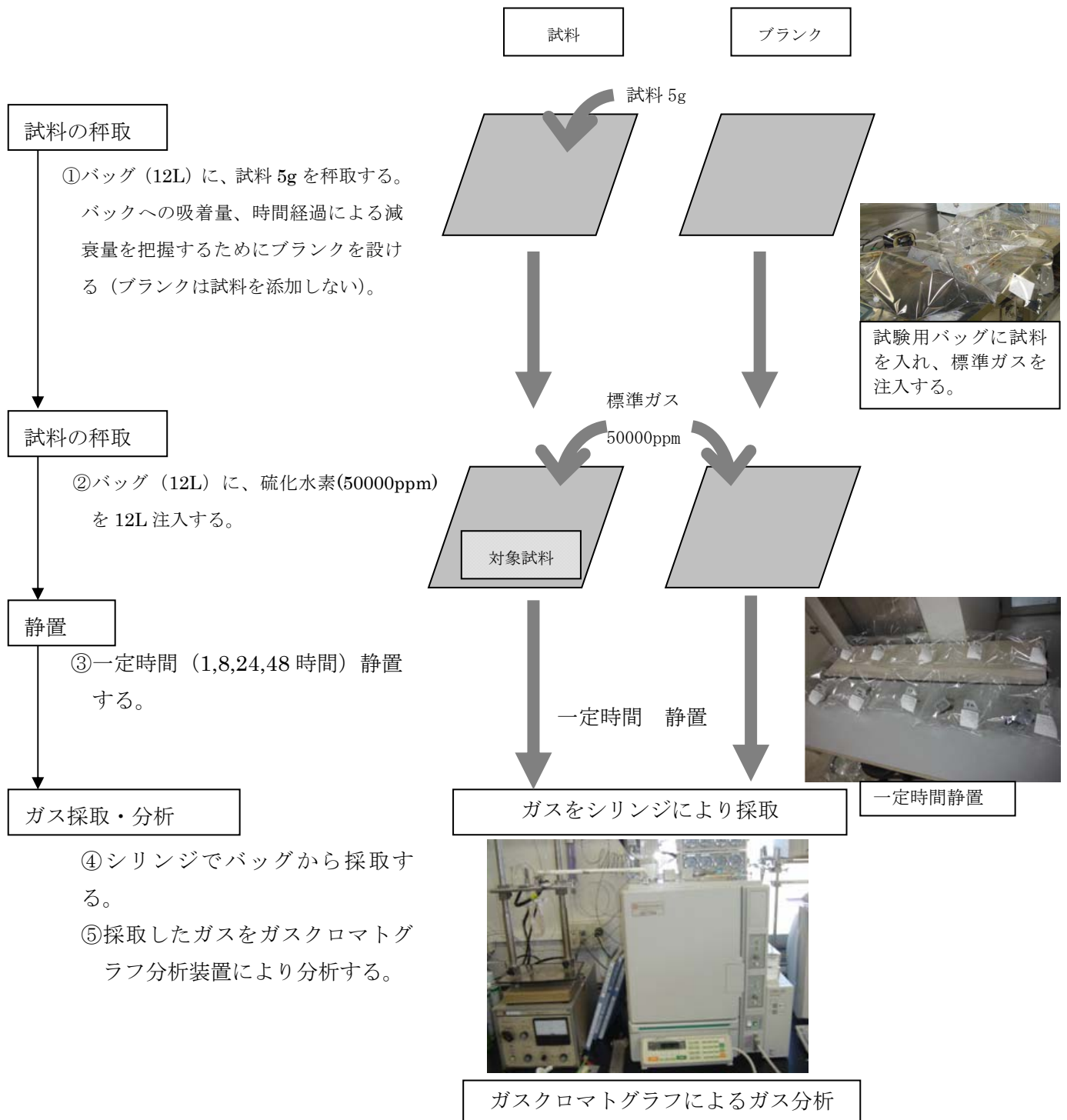


図 2.3 吸着試験方法

3 調査結果

3.1 現地調査結果

試料採取時に実施した現地調査結果を表 3.1 に示す。

表 3.1 現地調査結果および乾燥密度一覧

地点名	試料名	捕捉層	体積 (cm^3)	重量 (g)	湿潤密度 (g/cm^3)	含水比 (%)	乾燥密度 (g/cm^3)
B-6	H28-1	捕捉層1(酸化鉄+洗砂)	376	610	1.62	15.6	1.40
		捕捉層2(活性炭+洗砂)	445	1070	2.41	14.7	2.10
B-2	H28-2	捕捉層1(酸化鉄+洗砂)	342	920	2.69	14.5	2.35
		捕捉層2(活性炭+洗砂)	445	920	2.07	17.1	1.77
A-2	H28-3	捕捉層1(酸化鉄+洗砂)	479	920	1.92	19.1	1.61
		捕捉層2(活性炭+洗砂)	445	1100	2.47	19.8	2.07

3.2 物理試験結果

(1) 秤取量 (含水比試験)

含水比試験の結果から、吸着試験の試料の秤取量を算出した (表 3.2)。

表 3.2 含水比試験結果

地点名	試料名	捕捉層	含水比 (%)	秤取量 (g)
B-6	H28-1	捕捉層1(酸化鉄+洗砂)	15.6	2.89
		捕捉層2(活性炭+洗砂)	14.7	2.87
B-2	H28-2	捕捉層1(酸化鉄+洗砂)	14.5	2.86
		捕捉層2(活性炭+洗砂)	17.1	2.93
A-2	H28-3	捕捉層1(酸化鉄+洗砂)	19.1	2.98
		捕捉層2(活性炭+洗砂)	19.8	3.00

*乾燥重量2.5gとして秤取量を算出した。

(2) 捕捉材含有割合 (粒度試験, 土粒子密度試験)

粒度試験結果を図 3.1, 土粒子密度試験結果を表 3.2 に示す。これらの結果から、ガス捕捉層 1 に含まれる酸化鉄は、9.4~14.1%, ガス捕捉層 2 に含まれる活性炭は 10.7~17.2% 含有していることがわかった。

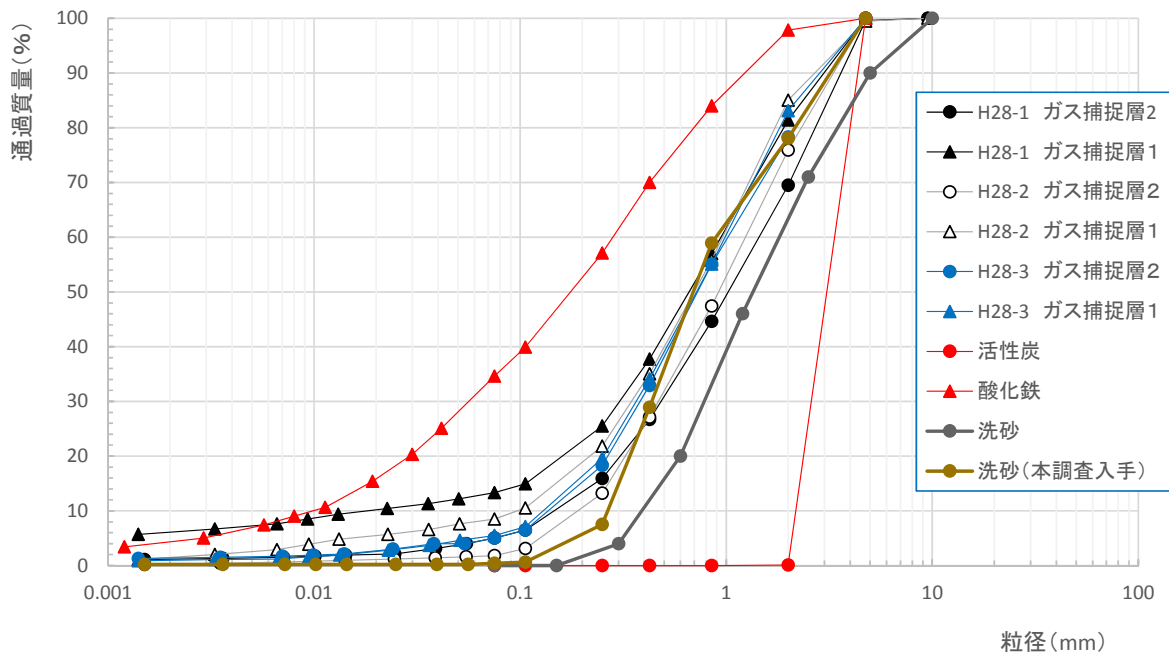


図 3.1 粒度試験結果

表 3.3 物理試験結果（土粒子密度試験）と想定される捕捉材混合割合

ガス捕捉層1

地点名	試料名	土粒子密度(g/cm ³)			ガス捕捉材混合割合 (%)
		酸化鉄+洗砂	酸化鉄*	洗砂**	
B-6	H28-1	2.834	3.425	2.773	9.4
B-2	H28-2	2.853			12.3
A-2	H28-3	2.865			14.1

*: メーカーより施工に使用した捕捉材を取り寄せ、試験実施した。

** : ガス捕捉層2の洗砂の土粒子密度(平均値)を採用した。

ガス捕捉材混合割合: 酸化鉄と洗砂の土粒子密度から試料の土粒子密度となる配合割合を算出

ガス捕捉層2

地点名	試料名	土粒子密度(g/cm ³)			ガス捕捉材混合割合 (%)
		活性炭+洗砂	活性炭*	洗砂**	
B-6	H28-1	2.655	1.953	2.748	11.7
B-2	H28-2	2.686			10.7
A-2	H28-3	2.651			17.2

*: メーカーより施工に使用した捕捉材を取り寄せ、試験実施した。

** : 試料を篩い分け、洗砂のみを選別し、土粒子密度を測定した。

ガス捕捉材混合割合: 活性炭と洗砂の土粒子密度から試料の土粒子密度となる配合割合を算出

3.3 吸着試験結果

吸着試験結果を表 3.4, 図 3.2 に示す。本試験の結果, 24~48 時間で, 硫化水素吸着量は平衡濃度に達することが確認された。

表 3.4 吸着試験結果一覧

試料名	ガス捕捉層								
	B-6(H28-1)			B-2(H28-2)			A-2(H28-3)		
	試料	ブランク	吸着濃度	試料	ブランク	吸着濃度	試料	ブランク	吸着濃度
1時間	45000	51000	6000	47000	51000	4000	46000	50000	4000
8時間	30000	52000	22000	27000	51000	24000	35000	50000	15000
24時間	6000	50000	44000	6000	51000	45000	6300	50000	43700
48時間	11000	51000	40000	2400	49000	46600	7100	49000	41900

試料名	標準試料					
	酸化鉄+洗砂			活性炭+洗砂		
	試料	ブランク	吸着濃度	試料	ブランク	吸着濃度
1時間	41000	51000	10000	49000	49000	0
8時間	16000	49000	33000	50000	52000	2000
24時間	1600	50000	48400	20000	51000	31000
48時間	750	49000	48250	21000	49000	28000

単位 : ppm

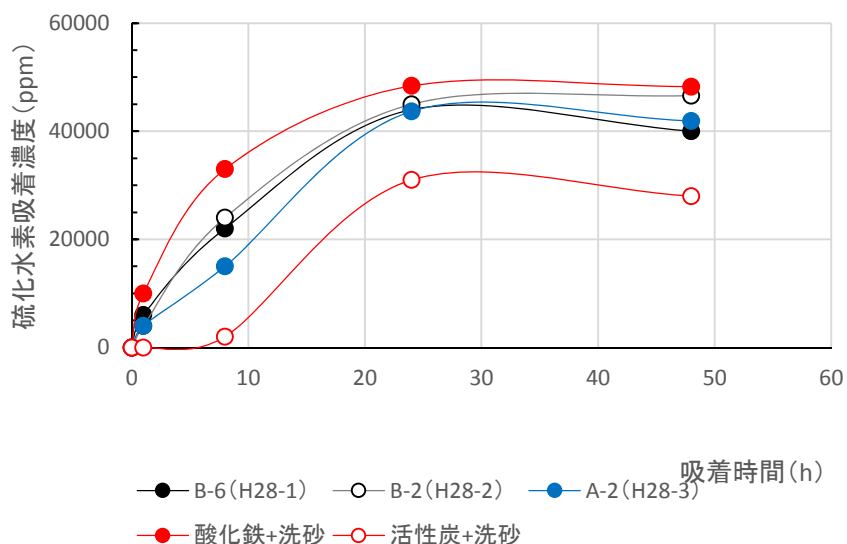


図 3.2 硫化水素吸着量の変化 (各試料 5.0g ガス 12L)

4 多機能性覆土の吸着能力について

各ガス捕捉層の硫化水素を吸着する能力について、表 4.1 に示した。現時点（施工後 87 ヶ月経過）において、各地点のガス捕捉層 1g 当たりの硫化水素吸着量は、B-6 で 96cm³、B-2 で 110cm³、A-2 で 100cm³の硫化水素吸着能力があることが確認された。

表 4.1 各試料の硫化水素吸着量

項目	B-6 (H28-1)	B-2 (H28-2)	A-2 (H28-3)	酸化鉄+洗砂	活性炭+洗砂
吸着濃度 (5g当たり) (ppm)	40000	46600	41900	48250	28000
吸着量 (5g当たり) (cm ³)	480.0	559.2	502.8	579.0	336.0
試料 1g 当たりの吸着可能量 (cm ³)	96.0	111.8	100.6	115.8	67.2

吸着濃度：48 時間後の吸着濃度を採用した。

吸着量：試験では、硫化水素ガスを 12L 使用していることから、算出した。

施工直後の硫化水素吸着量について、表 4.2 のとおり算出した。その結果、B-6 では、ガス捕捉層 1g 当たり 94cm³、B-2 で 110cm³、A-2 で 140cm³の硫化水素を吸着できる能力を施工当時に有していたものと考えられる。

表 4.2 施工直後の多機能性覆土のガス吸着可能量

項目		B-6 (H28-1)	B-2 (H28-2)	A-2 (H28-3)	酸化鉄+洗砂	活性炭+洗砂	
ガス捕捉材混合量	捕捉材混合割合 (%)	ガス捕捉層1	9.4	12.3	14.1	—	—
		ガス捕捉層2	11.7	10.7	17.2	—	—
	試料 1g 当たりのガス捕捉材混合量 (g)	酸化鉄	0.047	0.061	0.071	0.10	—
		活性炭	0.058	0.054	0.086	—	0.10
施工直後の吸着可能量 (cm ³ /g)	ガス捕捉層1	54.2	71.0	81.7	—	—	
	ガス捕捉層2	39.3	36.0	57.8	—	—	
	合計	93.5	107.1	139.5	—	—	

ガス捕捉材混合量：物理試験結果（表 3.3）で得られた混合割合から、ガス捕捉層試料 1g 当たりの混合量を算出した。

施工直後の吸着可能量：各地点のガス捕捉材混合量に混合標準試料の吸着量を乗じ、算出した。

施工直後から現時点までに吸着した硫化水素量について、表 4.3 に示した。A-2 (H28-3) では、施工後 87 ヶ月で硫化水素がガス捕捉層 1g あたり 39cm³吸着している結果となった。一方、B-6 (H28-1)、B-2 (H28-2) では、計算上、施工直後より現時点での吸着可能量が大きいという結果になり、硫化水素は吸着していない結果となった。

表 4.3 現在までに吸着した硫化水素量

項目	B-6 (H28-1)	B-2 (H28-2)	A-2 (H28-3)
施工直後の吸着可能量 (cm ³ /g)	93.5	107.1	139.5
現時点 (施工後87ヶ月経過) の吸着可能量 (cm ³ /g)	96.0	111.8	100.6
現時点 (施工後87ヶ月経過) までに吸着した硫化水素量 (cm ³ /g)	0*	0*	38.9
1年間あたりの平均硫化水素吸着量 (cm ³ /g)	—	—	5.4

現時点までに吸着した硫化水素量：施工直後から現時点までの硫化水素吸着可能量を差し引いた。

*：B-6 (H28-1) は、-2.5cm³、B-2 (H28-2) は-4.8cm³のため、0として表記した。

1年間あたりの平均硫化水素吸着量：87ヶ月経過 (平成 21 年 4 月～平成 28 年 6 月) として計算

A-2 (施工面積 925m²) における多機能性覆土について、硫化水素が捕捉材 1g 当たり年間 5.4cm³吸着する (表 4.3) と仮定した場合、今後概ね 10 年間は吸着効果が持続する結果となった (表 4.4)。

表 4.4 多機能性覆土 (A-2) の硫化水素ガス吸着可能量および耐用年数

地点	ガス捕捉層吸着可能量				硫化水素吸着量			
	施工面積 (m ²)	ガス捕捉層厚(m)	容積(m ³)	捕捉層(t)	施工時硫化水素吸 着可能量(m ³)	すでに吸着した硫 化水素量(m ³)	今後吸着できる 硫化水素量(m ³)	
A-2 (H28-3)	924.9	ガス捕捉層1	0.125	115.6	187	38,918	16,560	22,359
		ガス捕捉層2	0.125	115.6	239			
地点	今後発生(吸着)する硫化水素量		耐用年数					
	(cm ³ /g/年)	(m ³ /年)						
A-2 (H28-3)	5.4	2297	9.7					

ガス捕捉層厚：設計時の層厚

捕捉層(t)：容積に乾燥密度を乗じた。

施工時硫化水素吸着量(m³)：捕捉層(t)に標準試料結果から想定される施工直後の吸着可能量91.5cm³/g(捕捉材混合率10%で計算)を乗じた。

今後発生(吸着)する硫化水素量：硫化水素が捕捉層に吸着する量を5.4cm³/g/年とし、捕捉層(t)を乗じた。

耐用年数：今後吸着できる硫化水素量(m³)に今後発生する硫化水素量を除した。

5 まとめ

平成 20 年度に施工した多機能性覆土 13 箇所のうち、平成 16 年度及び平成 19 年度に実施した表層ガス調査で硫化水素濃度が比較的高かった 3 箇所(A-2, B-2, B-6)を選定して、各箇所 1 地点で多機能性覆土を採取して硫化水素吸着能試験を実施した。その結果は以下のとおりである。

- (1) 多機能性覆土は、捕捉層 1 が層厚 125mm、酸化鉄 10%添加、捕捉層 2 が層厚 125mm、活性炭 10%添加で設計しているが、今回の調査では、各地点とも設計と実際の層厚(10~14cm)、添加率(9.4~17%)に若干のばらつきが認められたが設計値を大きく下回る結果はなかった。
- (2) 多機能性覆土に実際に使用された酸化鉄及び活性炭を用いて吸着試験を行ったところ、硫化水素吸着可能量は、酸化鉄(洗砂に 10%添加)は 1 g 当たり 120cm³、活性炭(洗砂に 10%添加)は同 67cm³であった。
- (3) 3 地点の捕捉層を用いて吸着試験を行ったところ、硫化水素吸着可能量は、B-6 は 1 g 当たり 96cm³、B-2 は同 110cm³、A-2 は同 100cm³であった。
なお、試験は、捕捉層 1 と捕捉層 2 を等量混合した試料を用いて行った。
- (4) 上述の結果から調査時点(施工後 87 ヶ月)における多機能性覆土の硫化水素吸着量を求めると、3 地点のうち、A-2 地点は捕捉層 1 g 当たり 39cm³の硫化水素が吸着し、他の 2 地点(B-2, B-6)は硫化水素が吸着していない結果となった。
- (5) B-2 及び B-6 地点で硫化水素が吸着していない結果となった理由としては、調査地点付近における廃棄物層の硫化水素発生量が少ないこと等が考えられる。
- (6) A-2 地点の 1 年間当たりの平均硫化水素吸着量(捕捉層 1 g 当たり 5.4cm³)を用いて、A-2(施工面積 924.9m²)における耐用年数(硫化水素吸着効果持続年数)を算出したところ、9.7 年となり、今後 10 年程度の間は硫化水素を吸着できる結果となった。
なお、捕捉層の層厚、酸化鉄及び活性炭の添加率は、設計値を用いて算出した。