

西普天間住宅地区 土壤汚染概況調査

報告書

平成 28 年 5 月

沖 縄 防 衛 局
日 本 工 営 株 式 会 社

目 次

第1章	調査内容	1
1.1.	調査対象地	1
1.2.	調査機関	2
1.3.	調査目的	4
1.4.	調査内容	4
1.5.	調査フロー	6
1.6.	調査期間	7
1.7.	使用図書および法規	7
1.8.	使用報告書	7
第2章	調査結果	8
2.1.	試料採取地点	8
2.2.	第一種特定有害物質	9
2.3.	第二種特定有害物質	10
2.4.	第三種特定有害物質	11
2.5.	油臭および油分調査	13
第3章	調査結果の評価	16
3.1.	基準不適合（鉛、砒素）	16
3.2.	土壌ガスの検出（ジクロロメタン）	21
3.3.	油臭および油分の確認	21
第4章	今後の調査計画	22
4.1.	第一種特定有害物質（ジクロロメタン）	22
4.2.	第二種特定有害物質	24
4.2.1.	鉛	24
4.2.2.	砒素	26
4.3.	油臭・油分	27
4.3.1.	概況追加調査	27
4.3.2.	ボーリング調査	29
4.4.	ダイオキシン類	31
4.5.	追加調査の共通事項	32

資 料 集

- 調査結果一覧

第1章 調査内容

1.1. 調査対象地

調査対象地：キャンプ瑞慶覧返還地内（西普天間住宅地区）

対象面積：約 50.8ha

本調査の対象地案内図を図 1-1 に示す。



図 1-1 対象地案内図

1.2. 調査機関

本調査は、調査対象地を 5 工区に分割して実施した。

実施体制を表 1-1 に、調査工区の区分を図 1-2 に示す。

表 1-1 実施体制

担当内容		実施機関 (指定調査機関番号)	分析機関
調査	その 1 工区	アジア航測株式会社 (2003-3-1094 号)	土壌ガス：株式会社ユーベック (千葉県知事登録 濃度 第 582 号) 土壌分析：株式会社住化分析センター 大分 事業所 (大分県知事登録 濃度 第 75 号)
	その 2 工区	株式会社コベルコ科研 (2003-5-1016 号)	土壌ガス：株式会社コベルコ科研 (兵庫県知事登録 濃度 第 53 号) 土壌分析：株式会社コベルコ科研 (兵庫県知事登録 濃度 第 53 号)
	その 3 工区	株式会社南西環境研究所 (2003-7-1001 号)	土壌ガス：株式会社南西環境研究所 (沖縄県知事登録 濃度 第 42 号) 土壌分析：株式会社南西環境研究所 (沖縄県知事登録 濃度 第 42 号)
	その 4 工区	株式会社南西環境研究所 (2003-7-1001 号)	土壌ガス：株式会社南西環境研究所 (沖縄県知事登録 濃度 第 42 号) 土壌分析：株式会社南西環境研究所 (沖縄県知事登録 濃度 第 42 号)
	その 5 工区	株式会社 沖縄環境保全研究所 (2003-47000-0001 号)	土壌ガス：株式会社沖縄環境保全研究所 (沖縄県知事登録 濃度 第 17 号) 土壌分析：株式会社沖縄環境保全研究所 (沖縄県知事登録 濃度 第 17 号)
調査結果 とりまとめ (本報告書作成)		日本工営株式会社 (2003-3-1026 号)	

1.3. 調査目的

本調査の目的は、西普天間住宅地区において跡地利用特措法及び返還実施計画に基づいて土壌調査を実施し、土壌汚染対策法に規定される特定有害物質による土壌汚染の有無、および土壌中の油臭・油分の状況を把握することとした。

1.4. 調査内容

- 調査方法：以下に示す土壌汚染対策法に準拠した方法
- 調査対象項目と分析方法：
 - 第一種特定有害物質：環境省告示第 16 号（土壌ガス調査）
 - 第二種特定有害物質：環境省告示第 18 号（土壌溶出量試験）
環境省告示第 19 号（土壌含有量試験）
 - 第三種特定有害物質：環境省告示第 18 号（土壌溶出量試験）
 - 油臭：油汚染対策ガイドラインに示される方法
 - 油分（ノルマルヘキサン抽出物）：環境庁告示第 64 号（重量法）
- 調査密度：過去に人為活動が認められた範囲、または形質変更が認められた範囲を、「土壌汚染のおそれが少ないと認められる土地」として、30m格子毎に調査を実施。
鉛については、平成 26 年に宜野湾市が実施した文化財試掘調査に伴い、ドラム缶が確認され、鉛の基準不適合が確認された区画（AN5-8）の周囲 8 区画を「土壌汚染のおそれが比較的多いと認められる土地」として、単位区画ごとに実施¹。
また、土壌汚染概況調査において基準不適合が確認された 30m格子では、単位区画ごとの追加調査を実施。（図 1-3 参照）
- 調査深度：地表 50cm
（土壌ガス調査は地表 0.8m、油分・油臭は原則 0.15mと 0.5mの 2 深度）

¹ 「旧嘉手納飛行場（26）土壌等確認調査（その 2）西普天間地区内（平成 26 年 12 月）」にて報告

• 判定基準

□ 土壌汚染対策法の基準

特定有害物質の種類	土壌ガスの 定量下限値 (volppm) ^{※1}	基準値	
		土壌溶出量 (mg/l)	
第一種 特定有害物質 (揮発性有機化合物)	四塩化炭素	0.1	0.002
	1,2-ジクロロエタン	0.1	0.004
	1,1-ジクロロエチレン	0.1	0.1
	cis-1,2-ジクロロエチレン	0.1	0.04
	1,3-ジクロロプロペン	0.1	0.002
	ジクロロメタン	0.1	0.02
	テトラクロロエチレン	0.1	0.01
	1,1,1-トリクロロエタン	0.1	1
	1,1,2-トリクロロエタン	0.1	0.0006
	トリクロロエチレン	0.1	0.03
	ベンゼン	0.05	0.01

※1本調査では土壌ガスの定量下限値と比較し、これを超過する場合に、後段調査で土壌溶出量を評価する。

特定有害物質の種類	基準値		
	土壌溶出量 (mg/l)	土壌含有量 (mg/kg)	
第二種 特定有害物質 (重金属等)	カドミウム	0.01	150
	六価クロム	0.05	250
	シアン	不検出	50
	水銀	0.0005 ^{※2}	15
	セレン	0.01	150
	鉛	0.01	150
	砒素	0.01	150
	ふっ素	0.8	4,000
	ほう素	1	4,000
	シマジン	0.003	-
	チオベンカルブ	0.02	-
第三種 特定有害物質 (農薬等)	チウラム	0.006	-
	ポリ塩化ビフェニル	不検出	-
	有機リン化合物	不検出	-

※2 水銀0.0005mg/lかつ、アルキル水銀が検出されないこと

□ 油汚染対策ガイドラインの判定基準

対象	判定基準	
油臭	0 無臭	対応不要
	1 やっと感知	対応実施
	2 弱い臭気	
	3 らくに感知	
	4 強い臭気	
5 強烈な臭気		

□ 自主的な参考基準

対象	調査参考基準値 (mg/kg)	
油分	50,000	産業廃棄物分類上、油分が5%以上含まれると汚泥と廃油の混合物として扱う
	500	追加調査等の要否判定の閾値としての設定事例あり

1.5. 調査フロー

調査フローを図 1-3 に示す。

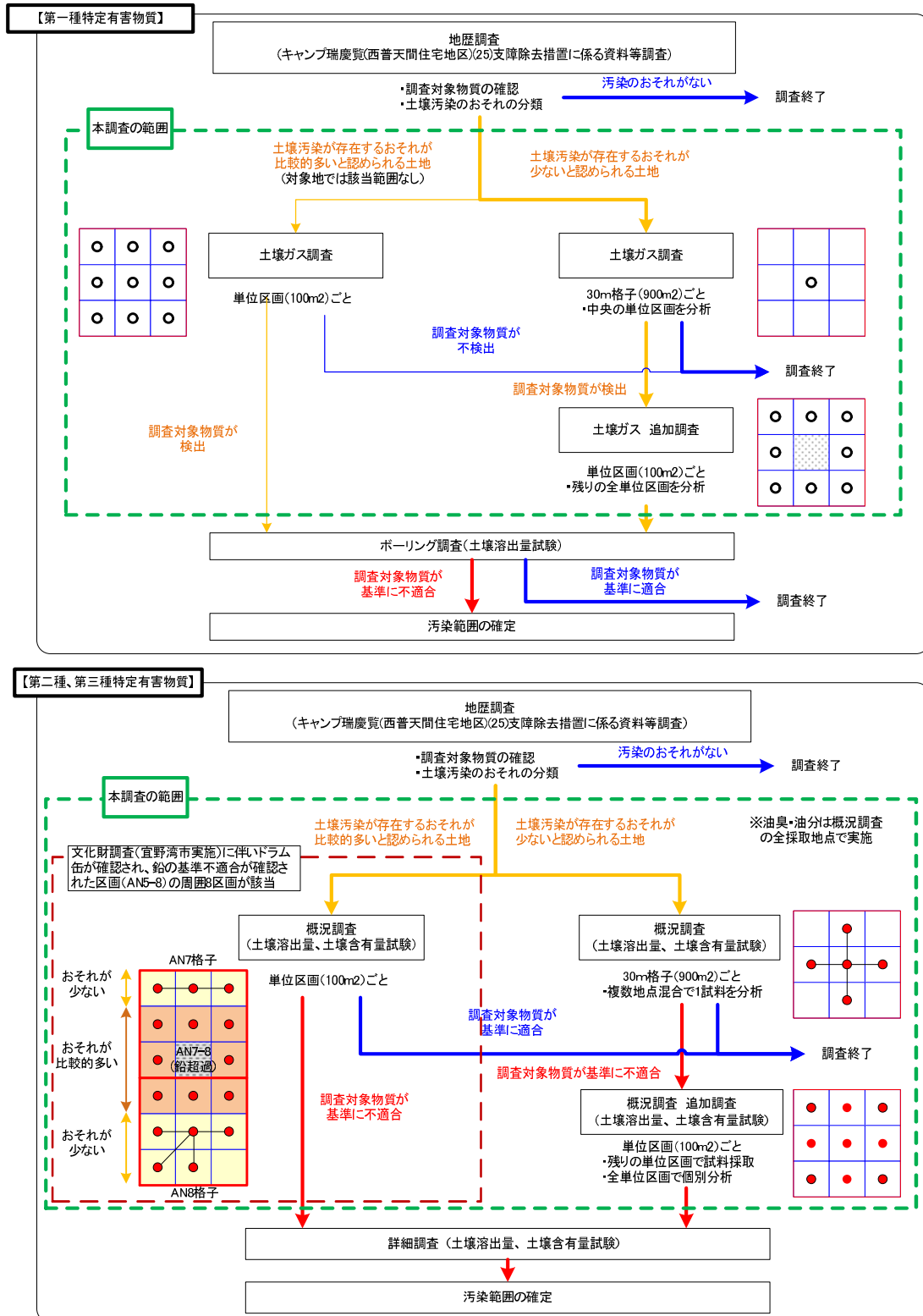


図 1-3 調査フロー

1.6. 調査期間

- 現地調査時期 : 平成 27 年 10 月 27 日～平成 28 年 1 月 5 日
- 分析期間 : 平成 27 年 11 月 10 日～平成 28 年 3 月 15 日

1.7. 使用図書および法規

- 土壤汚染対策法、土壤汚染対策法施行令、土壤汚染対策法施行規則
- 土壤汚染対策法に基づく調査及び措置に関するガイドライン（改訂第 2 版）
（平成 24 年 8 月 環境省 水・大気環境局 土壤環境課）
- 油汚染対策ガイドライン
（平成 18 年 3 月 中央環境審議会土壤農薬部会・土壤汚染技術基準等専門委員会）
- 建設工事で遭遇する廃棄物混じり土対応マニュアル（平成 21 年土木研究所）
- 建設工事で遭遇するダイオキシン類汚染土壤対策マニュアル（平成 17 年土木研究所）

1.8. 使用報告書

- キャンプ瑞慶覧（西普天間住宅地区）（2 5）支障除去措置に係る資料等調査
（平成 26 年 6 月）
- 旧嘉手納飛行場（2 6）土壤等確認調査（その 2）西普天間地区内（平成 26 年 12 月）
- 西普天間住宅地区（2 7）土壤調査（その 1）（平成 28 年 3 月）
- 西普天間住宅地区（2 7）土壤調査（その 2）（平成 28 年 3 月）
- 西普天間住宅地区（2 7）土壤調査（その 3）（平成 28 年 3 月）
- 西普天間住宅地区（2 7）土壤調査（その 4）（平成 28 年 3 月）
- 西普天間住宅地区（2 7）土壤調査（その 5）（平成 28 年 3 月）

第2章 調査結果

2.1. 試料採取地点

試料採取の実施地点を図 2-1 に示す。

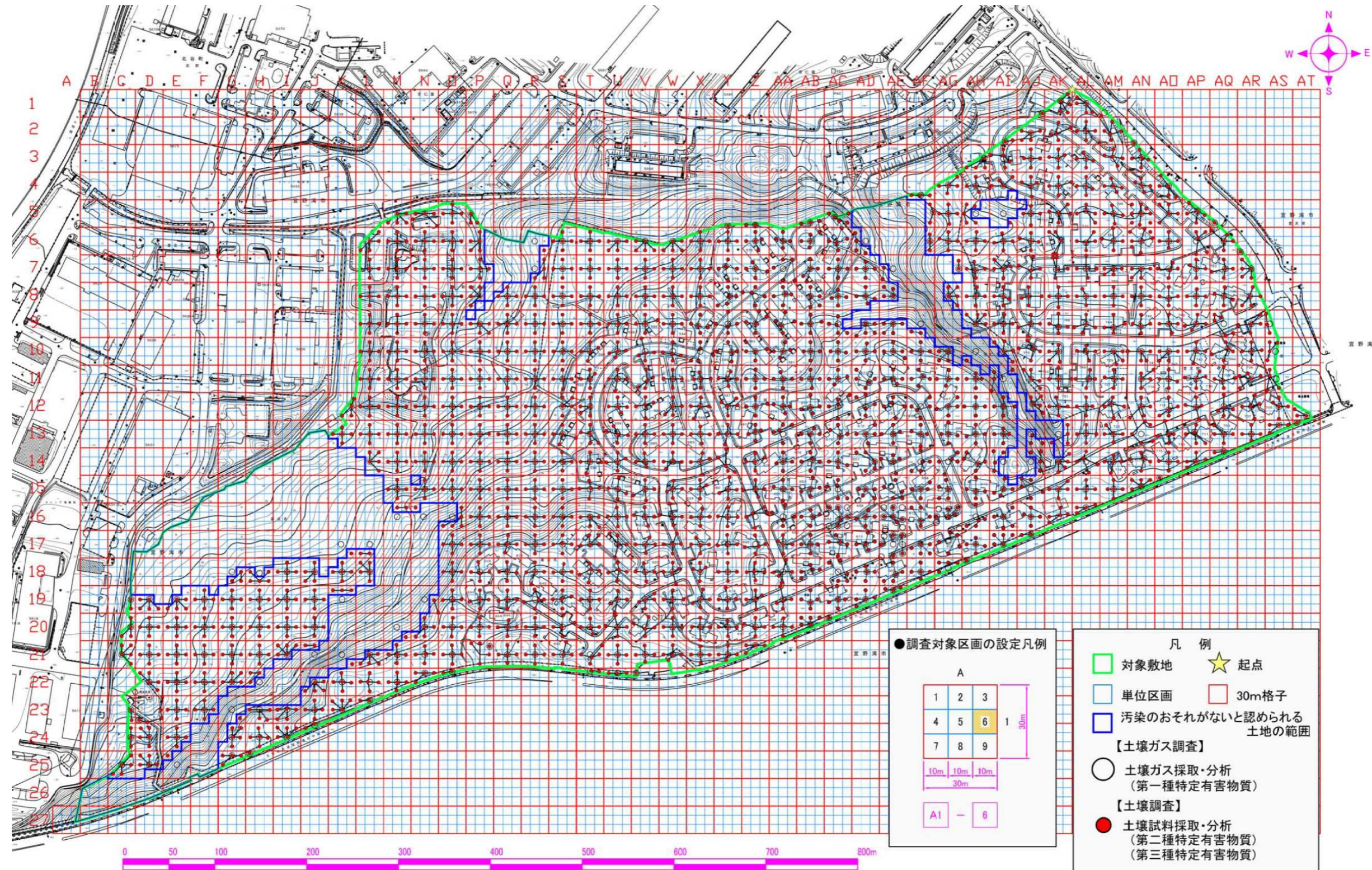


図 2-1 試料採取地点

2.2. 第一種特定有害物質

土壌ガス調査の結果を表 2-1 に示す。

検出された地点は、図 2-2 に示す。

表 2-1 第一種特定有害物質の調査結果

特定有害物質の種類	土壌汚染状況調査				土壌ガス 追加調査		合計	
	調査格子数	土壌ガス検出格子数	最大濃度 (volppm)	定量下限値 (volppm)	追加調査区画数	土壌ガス検出区画数	土壌ガス検出区画数	
第一種特定有害物質 (揮発性有機化合物)	四塩化炭素	563	0	< 0.1	0.1	-	-	0
	1,2-ジクロロエタン	563	0	< 0.1	0.1	-	-	0
	1,1-ジクロロエチレン	563	0	< 0.1	0.1	-	-	0
	cis-1,2-ジクロロエチレン	563	0	< 0.1	0.1	-	-	0
	1,3-ジクロロプロペン	563	0	< 0.1	0.1	-	-	0
	ジクロロメタン	563	4	0.3	0.1	32	0	4
	テトラクロロエチレン	563	0	< 0.1	0.1	-	-	0
	1,1,1-トリクロロエタン	563	0	< 0.1	0.1	-	-	0
	1,1,2-トリクロロエタン	563	0	< 0.1	0.1	-	-	0
	トリクロロエチレン	563	0	< 0.1	0.1	-	-	0
	ベンゼン	563	0	< 0.05	0.05	-	-	0

土壌ガス検出 (※土壌溶出量基準値との比較は、今後詳細調査にて実施する)

【検出区画】

<ジクロロメタン> AC16-5: 0.3ppmv、AE16-5: 0.1ppmv、AE17-5: 0.1ppmv、AG16-5: 0.1ppmv

【調査結果概要】

- ジクロロメタンが 4 区画において検出された
- ジクロロメタンの土壌ガス追加調査では、すべての追加調査地点で不検出であった
- ジクロロメタン以外の 10 項目は、全地点で不検出であった

2.3. 第二種特定有害物質

土壌溶出量試験、および土壌含有量試験の結果を表 2-2 に示す。

土壌溶出量基準および含有量基準の不適合が確認された地点は図 2-2 に示す。

表 2-2 第二種特定有害物質の調査結果

特定有害物質の種類	調査格子数	概況調査			概況追加調査				合計			最大濃度		基準値		
		基準不適合格子数			個別調査区画数	基準不適合区画数			基準不適合区画数			溶出量 (mg/l)	含有量 (mg/kg)	溶出量 (mg/l)	含有量 (mg/kg)	
		(計)	溶出量	含有量		(計)	溶出量	含有量	(計)	溶出量	含有量					
第二種特定有害物質 (重金属等)	カドミウム	563	0	0	0	-	-	-	-	0	0	0	0.002	< 15	0.01	150
	六価クロム	563	0	0	0	-	-	-	-	0	0	0	0.02	< 25	0.05	250
	シアン	563	0	0	0	-	-	-	-	0	0	0	< 0.1	< 5	不検出	50
	水銀	563	0	0	0	-	-	-	-	0	0	0	< 0.0005	< 1.5	0.0005	15
	セレン	563	0	0	0	-	-	-	-	0	0	0	0.003	< 10	0.01	150
	鉛	563	3	3	2	6	4	4	1	5	5	2	0.26	3200	0.01	150
	砒素	563	2	2	0	-*	-	-	-	2	2	0	0.046	< 10	0.01	150
	ふっ素	563	0	0	0	-	-	-	-	0	0	0	0.55	422	0.8	4,000
	ほう素	563	0	0	0	-	-	-	-	0	0	0	< 0.1	< 100	1	4,000

基準不適合あり

※基準不適合格子は、混合を行わない格子のため個別分析は不要
(格子内で試料採取が必要な区画が1区画のみであった。図2-2参照)

(AN5-8の周囲8区画)

特定有害物質の種類	調査区画数	概況調査			概況追加調査				合計			最大濃度		基準値	
		基準不適合区画数				基準不適合区画数			基準不適合区画数			溶出量 (mg/l)	含有量 (mg/kg)	溶出量 (mg/l)	含有量 (mg/kg)
		(計)	溶出量	含有量		(計)	溶出量	含有量	(計)	溶出量	含有量				
鉛	8	0	0	0								< 0.005	70	0.01	150

【基準不適合区画】

<鉛>AG10-4:0.026mg/L、AG10-5:0.012mg/L、AG10-8:0.014mg/L、AH10-7:0.26mg/L、1500mg/kg、AG7-3:0.036mg/L、3200mg/kg
<砒素>K21-9:0.013mg/L、M20-9:0.046mg/L

【調査結果概要】

- 基準不適合は、鉛と砒素で確認された
- 鉛は、溶出量基準不適合が 5 区画、含有量基準不適合が 2 区画で確認された
- 砒素は、溶出量基準不適合が 2 区画で確認された
- 既往調査でドラム缶および鉛の基準不適合が確認された AN5-8 の周囲 8 区画では、鉛の基準適合が確認された
- 対策方法が制限される第二溶出量基準（鉛 0.3mg/L、砒素 0.3mg/L）の不適合は確認されなかった。

2.4. 第三種特定有害物質

土壌溶出量試験の結果を表 2-3 に示す。

表 2-3 第三種特定有害物質の調査結果

特定有害物質の種類		調査 格子数	基準 不適合 格子数	最大濃度	基準値
				溶出量 (mg/l)	溶出量 (mg/l)
特定 第三種 有害物 質 (農業等)	シマジン	563	0	< 0.0003	0.003
	チオベンカルブ	563	0	< 0.002	0.02
	チウラム	563	0	< 0.0006	0.006
	ポリ塩化ビフェニル	563	0	< 0.0005	不検出
	有機リン化合物	563	0	< 0.1	不検出

【調査結果概要】

- 5項目とも全地点で不検出であり、土壌汚染は確認されなかった。

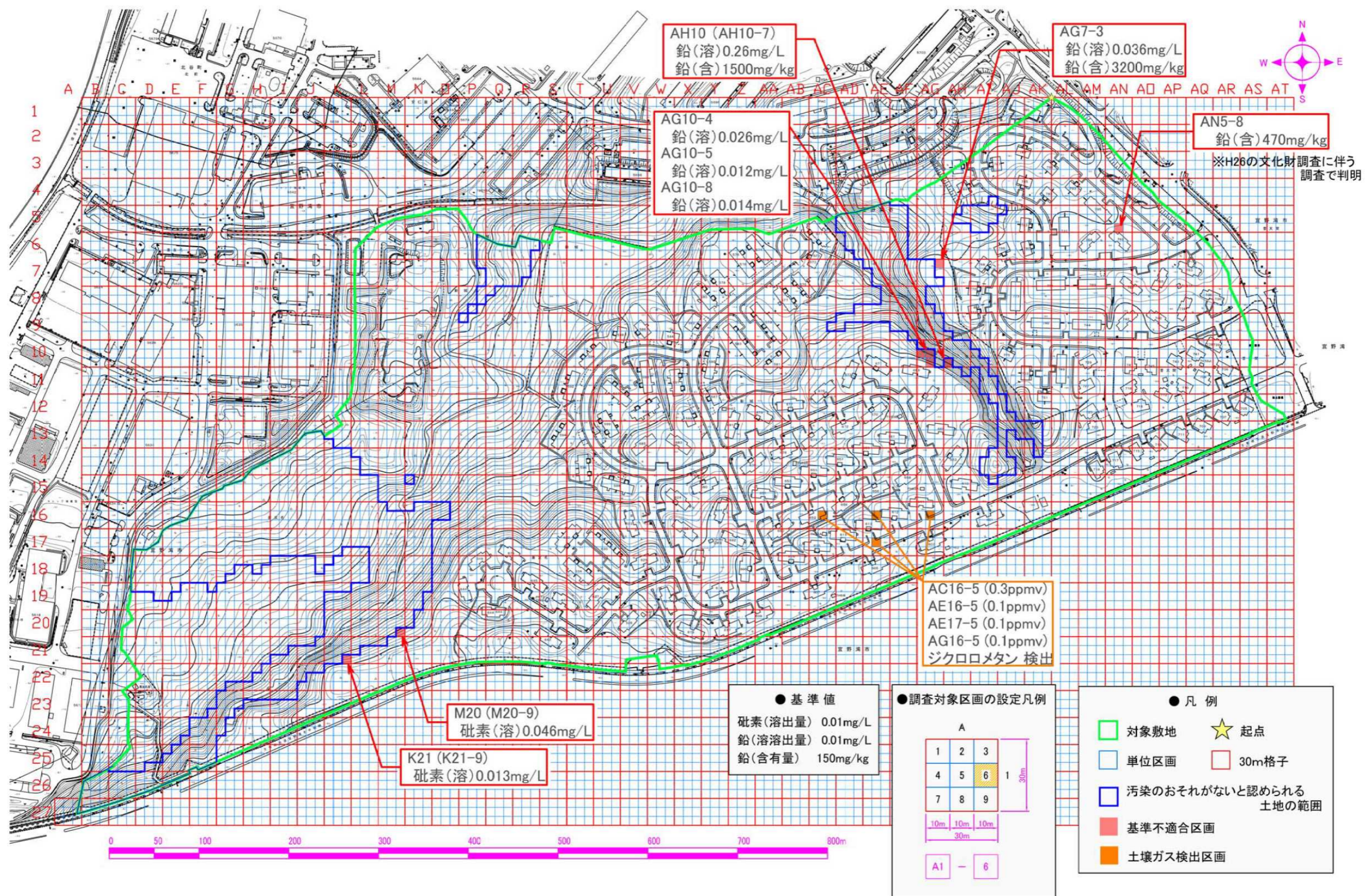


図 2-2 土壌ガスの検出および、基準不適合区画の分布

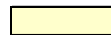
2.5. 油臭および油分調査

油臭および油分調査の結果を表 2-4 に示す。

油臭および油分が確認された地点は図 2-3 に示す。

表 2-4 油臭および油分の調査結果

対象	調査深度	調査 区画数	測定結果 区画数					
			0 無臭	1 やっと 感知	2 弱い 臭気	3 らくに 感知	4 強い 臭気	5 強烈な 臭気
油臭	①深度0.05~0.15m	2,632	2,627	0	2	2	0	1
	②深度0.15~0.5m		2,630	1	0	1	0	0

 油臭あり

対象	調査 区画数	①深度0.05~0.15m		②深度0.15~0.5m		調査参考 基準値 (mg/kg)	備考
		最大濃度 含有量 (mg/kg)	調査参考 基準値 超過区画数	最大濃度 含有量 (mg/kg)	調査参考 基準値 超過区画数		
油分	2,632	37,000	0	3,400	0	50,000	産業廃棄物分類上、油分が5%(50,000mg/kg) 以上含まれると汚泥と廃油の混合物として扱う
			51		23*		

※うち6区画は、0.05~0.5mにおいても調査参考基準値(500mg/kg)を超過

(油臭および油分が確認された区画の全データ)

調査区画	油臭		油分(mg/kg)	
	①深度0.05 ~0.15m	②深度0.15 ~0.5m	①深度0.05 ~0.15m	②深度0.15 ~0.5m
H21-4	0	0	600	< 100
I24-3	0	0	750	< 100
M10-6	0	0	130	640
M6-2	0	0	116	1,000
M6-4	0	0	1,400	< 100
N10-2	0	0	120	600
N21-2	0	0	490	750
N7-4	0	0	133	560
O10-8	0	0	1,000	< 100
O13-5	0	0	37,000	700
O18-6	0	0	500	< 100
P11-4	0	0	<100	800
R18-8	0	0	1,600	440
R19-2	0	0	1,100	210
T21-6	0	0	840	< 100
U21-4	0	0	630	< 100
V15-5	0	0	<100	530
X20-8	0	0	870	< 100
Y16-5	0	0	760	< 100
Y16-6	0	0	540	< 100
Z13-5	0	0	<100	730
Z14-8	0	0	590	< 100
Z18-5	0	0	1,600	< 100
Z18-8	0	0	1,100	< 100
AA13-2	0	0	960	< 100
AB14-8	0	0	13,000	< 100
AB15-2	0	0	620	220
AB18-2	0	0	750	< 100
AB9-8	0	0	6,120	< 100
AC14-4	0	0	640	210
AC14-5	0	0	520	170
AC18-2	0	0	590	140
AD13-3	0	0	610	380
AD13-4	0	0	580	420
AD6-4	0	0	370	530

調査区画	油臭		油分(mg/kg)	
	①深度0.05 ~0.15m	②深度0.15 ~0.5m	①深度0.05 ~0.15m	②深度0.15 ~0.5m
AD7-5	0	0	920	140
AD7-8	0	0	1,370	1,080
AE14-4	0	0	160	540
AE16-6	0	0	850	< 100
AE16-8	0	0	520	< 100
AE7-4	0	0	560	210
AF11-2	0	0	630	180
AF11-8	0	0	220	630
AF16-5	0	0	580	180
AF16-8	0	0	550	130
AF5-9	2	0	1,000	200
AG13-5	0	0	1,100	230
AH11-8	0	0	610	< 100
AH15-5	0	0	590	< 100
AH15-6	0	0	700	230
AH17-4	0	0	700	< 100
AI13-4	0	0	110	3,400
AI16-3	0	0	550	< 100
AJ11-6	3	3	21,000	11,000
AK14-5	0	0	700	1,200
AK7-1	2	0	400	< 100
AK7-2	5	0	23,000	< 100
AM3-6	0	0	200	600
AN10-9	0	0	1,000	< 100
AN3-8	3	0	4,700	500
AN6-8	0	0	< 100	800
AN9-6	0	0	700	< 100
AO12-2	0	0	600	300
AO4-4	0	0	500	400
AP10-2	0	0	< 100	500
AP10-8	0	0	500	500
AP14-6	0	0	< 100	2,100
AQ9-4	0	1	100	1,000
AS11-4	0	0	12,000	< 100

 油臭あり  油分500mg/kg以上

【調査結果概要】

- 油臭は、6区画において確認された。(1区画は2深度で確認)
- 油臭の最高値が確認された区画は、柱上変圧器の油漏れがあった地点であった(PCBを含有しない絶縁油)。なお、当該区画の土壌分析では、PCBは不検出であった。(当該区画は、ブルーシート養生により飛散防止を図っている。また、西普天間全域の柱上変圧器は、全て撤去済みである。)
- 油分は、産業廃棄物分類上の50,000mg/kgに対して超過区画がなく、調査参考基準値の500mg/kgに対して68区画(0.05~0.15m付近:51区画、0.15~0.5m:23区画、6区画は2深度で超過)の超過が確認された。

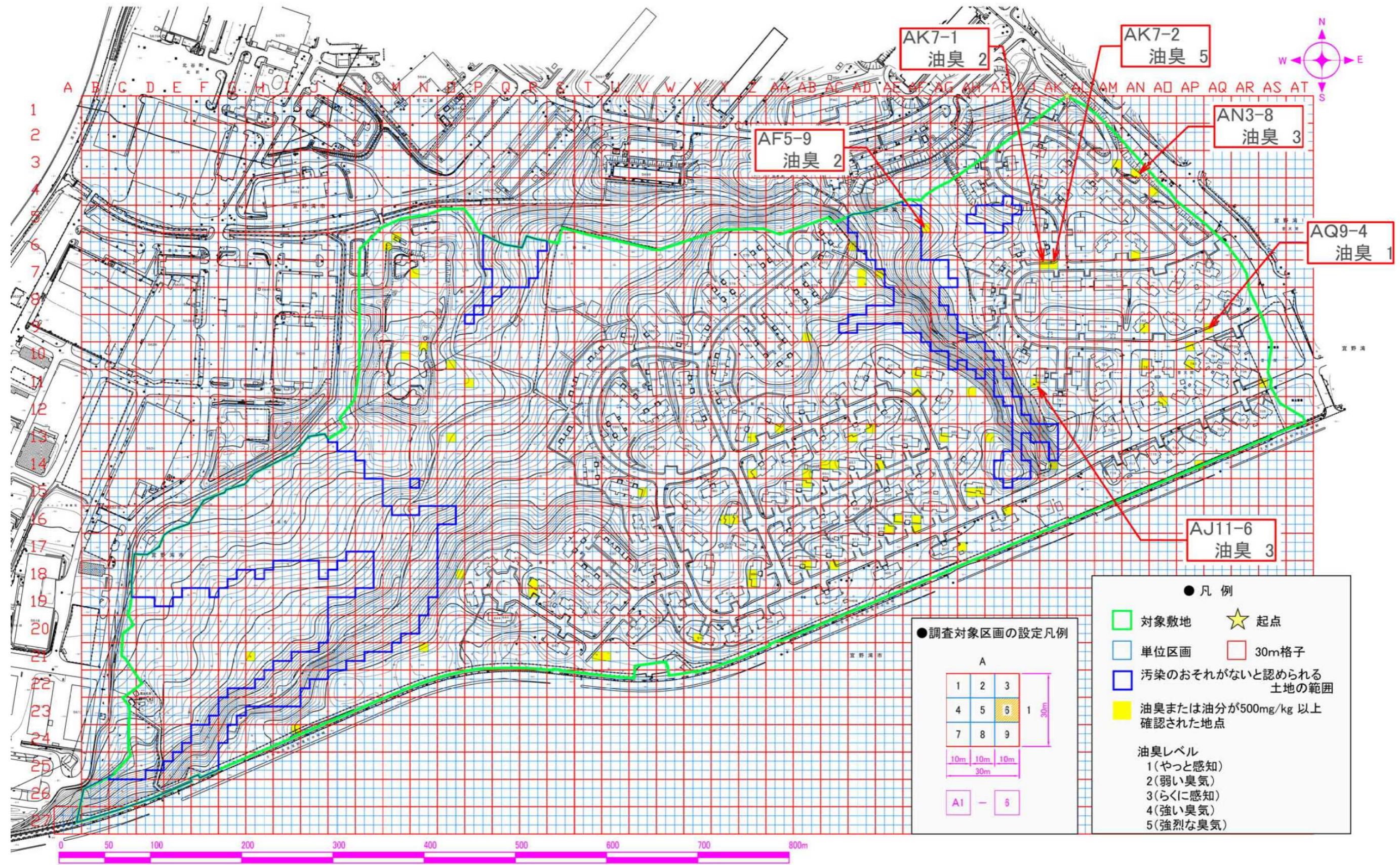


図 2-3 油分および油臭が確認された区画の分布

第3章 調査結果の評価

概況調査の結果、土壤汚染対策法で定める基準の不適合は、第二種特定有害物質の鉛と砒素について確認された。

第一種特定有害物質は、ジクロロメタンについて土壤ガスが検出されたため、今後の調査において、土壤分析を実施して、汚染の有無を判定する必要がある。

油臭および油分については、油臭が確認されたほか、油分も調査参考基準値の一部を超過する濃度が確認された。

また、これらの基準不適合や、土壤ガスの検出、油の確認区画は、重複しておらず、複合汚染は確認されなかった。

これらの調査結果の評価について、以下に示す。

3.1. 基準不適合（鉛、砒素）

（1）鉛

土壤溶出量基準の不適合区画は、今後実施する詳細調査において、基準不適合範囲を把握する。また、地下水への汚染物質の移行が懸念される場合には地下水調査を実施する。今後実施する詳細調査の結果を踏まえて、汚染状況を把握して対策を実施する。

土壤溶出量基準のみ超過する区画では、自然由来による基準不適合の可能性も検討（判定方法は4.2章に記載）する。

土壤含有量基準の不適合区画は、自然由来の汚染と判断する際の含有量の上限値の目安 140mg/kg^2 を上回っており、人為汚染と評価される。今後実施する詳細調査において、基準不適合範囲を把握する。なお、西普天間住宅地区は、関係者以外の立ち入りが制限されており、ただちに健康被害を発生させる状況ではない。（西普天間住宅地区の作業員に対しては、区画の明示と周知を行い、汚染土壤の曝露を防止する）

対象地における人為的な土壤汚染は、分布範囲を把握した後、掘削除去を行う計画としている。なお、自然由来による基準不適合土壤は、工事等で掘削・搬出する際には汚染土として扱う必要があるが、掘削等を行わない場合、旧来より自然に分布しているため、法的には対策を要するものではない。

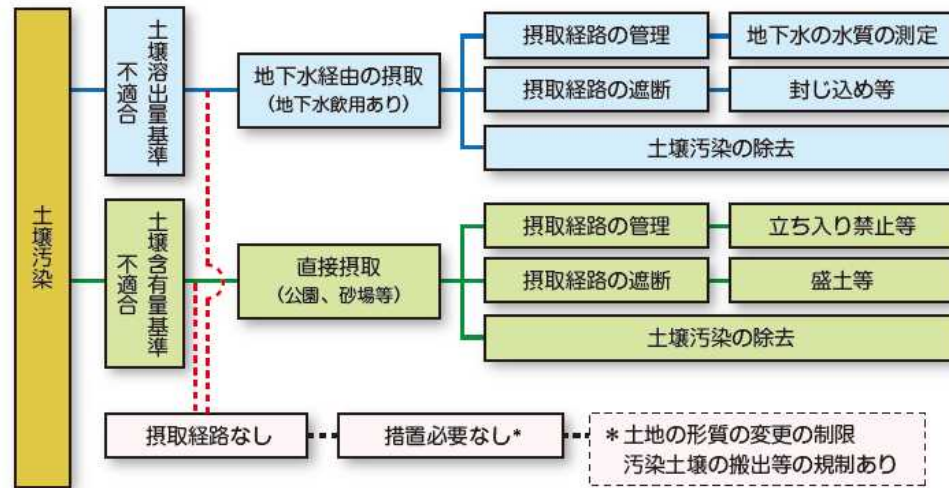
参考資料として、土壤汚染対策法における「摂取経路と対策」、および「汚染状態に関する基準の設定の考え方」に関する資料を図 3-1 に示す。

また、鉛に関する資料を図 3-2 に示す。

²土壤汚染対策法に基づく調査及び措置に関するガイドライン（改訂第2版）平成24年8月 環境省 Appendix-3 土地の土壤の特定有害物質による汚染状態が専ら自然に由来するかどうかの判定方法及びその解説

トピック1 土壤汚染対策法における摂取経路と対策

土壤汚染対策法（平成14年法律第53号）では、地下水経由の摂取と直接摂取の二つの摂取経路による健康被害を防止するため、摂取経路の管理、摂取経路の遮断又は土壤汚染の除去により措置がとられることとなっています。



トピック2 土壤汚染対策法における「汚染状態に関する基準」設定の考え方

◆ 「汚染状態に関する基準」は、長期間の特定有害物質の摂取を想定して、健康被害の防止の観点から定められています（一生涯にわたり摂取しても健康に対する有害な影響が現れないと判断されるレベル又はリスク増分が10万分の1となるレベル）。また、一時的な特定有害物質の摂取を考慮して、急性影響の防止についても考慮されています。

地下水経由の摂取によるリスクに対する基準（土壤溶出量基準）

汚染土壤から特定有害物質が地下水に溶出し、その地下水を飲むことによる健康リスクに対して定められている基準で、一生涯（70年間）1日2Lの地下水を飲用し続けることを想定して設定されています。

直接摂取によるリスクに対する基準（土壤含有量基準）

特定有害物質が含まれる汚染土壤を直接摂取することによる健康リスクに対して定められている基準で、一生涯（70年間）汚染土壤のある土地に居住し、1日当たり子ども（6歳以下）200mg、大人100mgの土壤を摂食することを想定して設定されています。

（「事業者が行う土壤汚染リスクコミュニケーションのためのガイドライン（公益財団法人日本環境協会）」より引用）

図 3-1 土壤対策法に関する参考資料

物質名 No.17	鉛及びその化合物	CAS 番号	鉛：7439-92-1 一酸化鉛：1317-36-8 二酸化鉛：1309-60-0 硝酸鉛：10099-74-8
用途	<p>鉛は、鉄に比べて1.4倍重い元素で、青みを帯びた白色または銀灰色の光沢をもつ金属ですが、空気にふれると酸化されて鉛色（青灰色）に変色します。比較的柔らかく、加工が容易なため、古代エジプトの遺跡からは鉛のメダルが発見されています。ローマ遺跡でも鉛の水道管がみられます。また、その毒性も古くから知られ、医学の父と呼ばれるヒポクラテスは、紀元前370年頃に、金属精錬作業者の腹痛の原因が鉛中毒であることを指摘しています。このように鉛は、古代から人類と深くかかわってきた金属で、現在も鉛はその化合物とともに多方面で利用されています。</p> <p>鉛は、<u>主にバッテリー（蓄電池）</u>として使われています。バッテリーは、鉛と希硫酸の化学反応を利用して充電や放電を行います。この他、<u>はんだの原料</u>としても使われています。はんだは、鉛とスズの合金で、電子部品の接続材料の主流を占めています。このほか、鉛はガンマ線などの放射線の遮へいのためにも使われています。</p> <p>また、猟銃の弾丸や釣りの<u>錘</u>にも一部使われており、野生生物への影響や土壌汚染が問題となっています。鉛散弾による水鳥の中毒事故を防止するために、2000年度の猟期から、鉛散弾の使用を禁止する「鉛散弾規制地域」を都道府県が設定する制度が設けられています。</p> <p>なお、かつてはノッキングを起こりにくくするために、<u>自動車のガソリンに鉛の化合物が添加</u>されていましたが、現在ではレギュラーガソリン、ハイオクガソリンとも鉛の添加は禁止されています。</p> <p>鉛の化合物には、酸化鉛や硝酸鉛などがあります。 酸化鉛には一酸化鉛や二酸化鉛などがあります。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・一酸化鉛：赤色から黄色の固体で、屈折率を高めるためにガラスに加えられ、その含有率が24%以上のもはクリスタルガラスと呼ばれています。この他、蛍光灯やテレビのブラウン管、塩化ビニル樹脂の安定剤の原料などに使われています。 ・二酸化鉛：褐色の固体で、バッテリーの電極に使われるほか、サッシ用パテや建築用シーリング剤に利用されるプラスチックを製造する際の硬化剤としても使われます。 ・硝酸鉛：白色または透明の固体で、マッチや爆薬の原料として使われます。 		
環境中での動き	<p>土壌中の鉛は、鉱物表面や土壌中の有機物に吸着するため、鉛を吸着した土壌粒子が侵食されることによって、河川などに移動する可能性があります。河川では、鉛やその化合物の多くは水に溶けにくく、主に水中の粒子などに吸着した形で存在していると考えられます。大気中ではおもに粒子で存在し、風や雨とともに地表に降下すると考えられます。また、鉛の粒子は非常に小さいため、遠くまで運ばれることが報告されています。</p> <p>なお、鉛は地殻の表層部には重量比で0.0015%程度存在し、クラーク数で36番目に多い元素です。水や大気中から検出される鉛には、<u>人為的な排出のほかに地質に起因するもの</u>が含まれます。</p>		

（「事業者が行う土壌汚染リスクコミュニケーションのためのガイドライン（公益財団法人日本環境協会）」より引用。一部加筆）

図 3-2 鉛に関する参考資料

(2) 砒素

土壌溶出量基準の不適合は、土壌汚染対策法のガイドラインに示される以下の条件³から判定して、自然由来による可能性が考えられる。

- ① 砒素は自然由来の可能性が考えられる物質である（沖縄本島中南部においても分布することが確認されている）

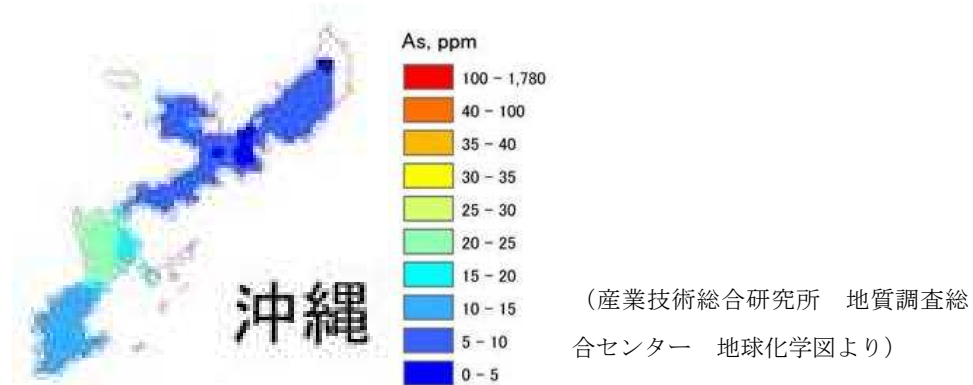


図 3-3 沖縄における砒素の濃度分布

- ② 溶出量が土壌溶出量基準の概ね 10 倍以内である
③ 含有量が自然由来の汚染と判断する際の含有量（全量分析）の上限値の目安 39mg/kg 以内となる可能性が高い

自然由来による基準不適合土壌は、工事等で掘削・搬出する際には汚染土として扱う必要があるが、掘削等を行わない場合、旧来より自然に分布しているため、法的に対策を要するものではない。

そのため今後は、自然由来の判定を行う追加調査を実施して、対策の要否を検討する。

³ 土壌汚染対策法に基づく調査及び措置に関するガイドライン（改訂第 2 版）平成 24 年 8 月 環境省 Appendix-3 土地の土壌の特定有害物質による汚染状態が専ら自然に由来するかどうかの判定方法及びその解説

物質名 No.18	砒素及びその化合物	CAS 番号	砒素：7440-38-2 酸化砒素 (V)：1303-28-2 三酸化砒素：1327-53-3 アルシン：7784-42-1
用途	<p>砒素は、天然の硫砒鉄鉱から得られる物質で、金属と非金属の両方の性質をもつため、半金属元素と呼ばれています。砒素にはさまざまな化合物があります。化合物には炭素を含まない無機砒素化合物と、炭素を含む有機砒素化合物があります。PRTR制度の対象となっているのは砒素とその無機化合物です。</p> <p>砒素は、金属光沢のあるもろい灰色の固体で、二硫化砒素（花火の着色剤、塗料用の顔料）の原料に使われたり、硬さを高めるために合金（銅など）に添加されるなどの用途があります。また、ガリウム、インジウム、アルミニウムとの化合物は、半導体の原料としてすぐれ、半導体レーザーや赤色の発光ダイオードの原料などとして利用されています。</p> <p>代表的な無機化合物は三酸化砒素（以下「亜砒酸」と表記します）です。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・亜砒酸：無味無臭の白色の固体で、ガラスの製造過程で気泡を消したり脱色するために用いられたり、ガス脱硫剤、木材の防腐剤、砒素や他の砒素化合物の原料、歯科医療で歯の神経を抜く際に使われる亜ヒ酸ペースト、シロアリ駆除などに使われています。 ・アルシン：ニンニクに似た臭いをもつ無色透明の気体で、半導体の原料ガスとして使われています。 <p>なお、1998年までに、すべての砒素系農薬は農薬としての登録が失効されていますが、作物残留性が認められることから、食品衛生法に基づいて残留農薬基準が定められています。</p>		
環境中での動き	<p>砒素の大気中への排出量の1/3は天然由来であると見積もられており、なかでも火山活動が主要な発生源となっています。大気中へ排出された砒素は、主に亜砒酸の形で粒子状物質に吸着して存在しますが、降雨などによって土壌や河川に降下すると考えられます。</p> <p>水中へは、この他、鉱物から溶出したり、鉱泉、鉱山排水などに含まれて排出される可能性があります。砒素は、十分に酸素が含まれている水中や水底の泥の中では、五価（砒酸塩）の状態が存在し、深い湖の堆積物や地下水など、酸素の少ない状態では、主として三価（亜砒酸塩）の状態が存在します。また、多くの砒素化合物は、土壌に吸着しやすい性質があります。</p> <p>なお、砒素は、地殻の表層部には重量比で0.0005%存在し、クラーク数で49番目に多い元素です。<u>水中や土壌中、岩石、大気中に広く存在しています。</u></p>		

（「事業者が行う土壌汚染リスクコミュニケーションのためのガイドライン（公益財団法人日本環境協会）」より引用。一部加筆）

図 3-4 砒素に関する参考資料

3.2. 土壌ガスの検出（ジクロロメタン）

土壌ガス調査によりジクロロメタンが検出されたため、今後のボーリング調査で土壌分析を実施して、汚染の有無を判定する。土壌汚染が確認された場合、地下水調査を含めて対応を検討する。

なお、沖縄県が実施する公共用水域水質測定結果では、直近10年（平成17年～26年）において、ジクロロメタンによる地下水汚染は確認されていない。

参考まで、ジクロロメタンに関する資料を図3-5に示す。

物質名 No.6	ジクロロメタン (別名 塩化メチレン、メチレンクロライド、 メチレンジクロライド、二塩化メチレン)	CAS 番号	75-09-2
用途	ジクロロメタンは、塩素を含む有機化合物で、常温で無色透明の、水に溶けやすい液体です。不燃性で、ものをよく溶かし、しかも沸点が40℃と低く、揮発しやすい性質があります。このため、約半分が、フロン113などに代わる洗浄剤として、金属部品や電子部品の加工段階で用いた油の除去などに使われています。この他、医薬品や農薬を製造する際の溶剤として使われたり、エアゾール噴射剤、塗装はく離剤、ポリカーボネート樹脂を重合する際の溶媒、ウレタンフォームの発泡助剤などに使われています。		
環境中での動き	ジクロロメタンは、環境中では分解されにくい物質で、大気中では化学反応によって分解されますが、半分の濃度になるには2～4か月かかると計算されています。大気中のジクロロメタンの2～2.5%が成層圏に入りますが、オゾン層は破壊しないと考えられています。水中へ入った場合は、微生物分解はされにくく、大気中へ揮発されることによって失われると考えられます。土壌中に原液のまま排出された場合、土壌への吸着性が弱いため地下浸透して地下水を汚染し、長い間、残留する可能性があります。		

（「事業者が行う土壌汚染リスクコミュニケーションのためのガイドライン（公益財団法人日本環境協会）」より引用）

図 3-5 ジクロロメタンに関する参考資料

3.3. 油臭および油分の確認

油の対策に関しては、油汚染対策ガイドライン（平成18年3月環境省）において、油臭（大人が立った状態で認識するかどうか）や油膜による生活環境保全上の支障を生じさせていることを油汚染問題として、対策の考え方を示している。現状、地表面において油臭は確認されず、油汚染問題が生じている状況ではないと判断される。また、油分の分布状況は、深度0.15m付近に比べて深度0.5m付近の濃度が大きく低下し、地表付近に留まる地点が多いことが確認された。また、ベンゼンについては、全地点で不検出であり、油に起因する複合汚染は確認されなかった。

そのため、現状で応急的な対応は不要と判断され、今後、追加調査により油の分布状況を把握して、対策を検討することとする。なお、土壌中の油に関する法的規定がないため、今後関係機関と対策レベルについて協議を行う。

第4章 今後の調査計画

今後の調査は、土壌溶出量基準、土壌含有量基準の不適合区画における詳細調査、土壌ガス調査における検出地点におけるボーリング調査、油臭および油分が確認された地点における追加調査を実施する。

4.1. 第一種特定有害物質（ジクロロメタン）

(1) 調査方針

第一種特定有害物質は、概況調査で土壌ガスが検出され、今後土壌汚染の有無について判定を行う。

ボーリング深度は、10mが基本となるが、琉球石灰岩の上位に難透水層が分布する可能性が考えられるため、この手前まで実施する。浸透性の高いジクロロメタンが難透水層の上位に滞留している場合、ボーリングにより汚染を拡散させるおそれがあるため、難透水層を貫通させないこととする。なお、調査区画周辺では、既往調査において深度 4.1m 付近で琉球石灰岩が確認されている。

(2) 調査地点

土壌ガス（ジクロロメタン）が検出された区画 **4 地点**（オレンジのハッチング）

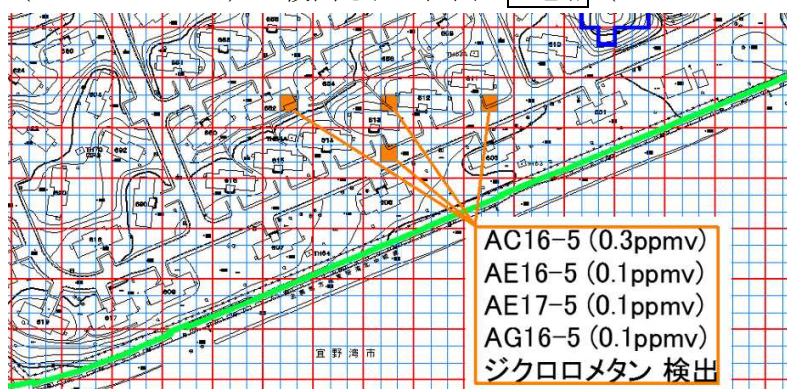


図 4-1 ジクロロメタンのボーリング調査地点

(3) 調査手順

- ① 深度 4m（琉球石灰岩の手前）までボーリングを行う。掘削途中で琉球石灰岩が確認される場合は、掘削を止め、迅速に止水材で閉塞する。
- ② 分析は、上記の深度まで 1 m おきに一斉に分析する。
- ③ 汚染深度が確定しない場合、関係機関等と協議し、対応する。

(4) 分析方法と基準

分析項目	分析方法	基準
ジクロロメタン（溶出量）	環境省告示第 18 号	0.02 mg/L 以下

(5) 結果の評価

- 汚染の深さは、2 深度連続で基準適合が確認された場合、最初に基準適合が認められた深度までとする。
- 全深度で基準適合の場合、汚染なしと判断する。

4.2. 第二種特定有害物質

4.2.1. 鉛

(1) 調査方針

鉛の含有量基準の不適合地点 (AH10-7、AG7-3、AN5-8) では人為汚染が考えられ、汚染深度を判定する詳細調査を行う。

溶出量基準のみ不適合の地点 (AG10-4、AG10-5、AG10-8) では、汚染深度を判定する詳細調査を実施する。調査結果から自然由来の可能性を判定する。また、鉛が土壌から地下水へ移行する可能性を評価して、地下水調査の要否を判定する。

これらの調査地点周辺は、既往の地質調査から、深度 1~3m 程度で琉球石灰岩 (土壌汚染対策法では測定対象外となる岩盤に相当) が分布すると想定されるが、汚染物質の溶出による地下水への移行の可能性を把握するため、岩盤も含めて必要深度まで調査を実施する。

(2) 調査地点

鉛：鉛の基準不適合の区画 **6 地点** (赤のハッチング)

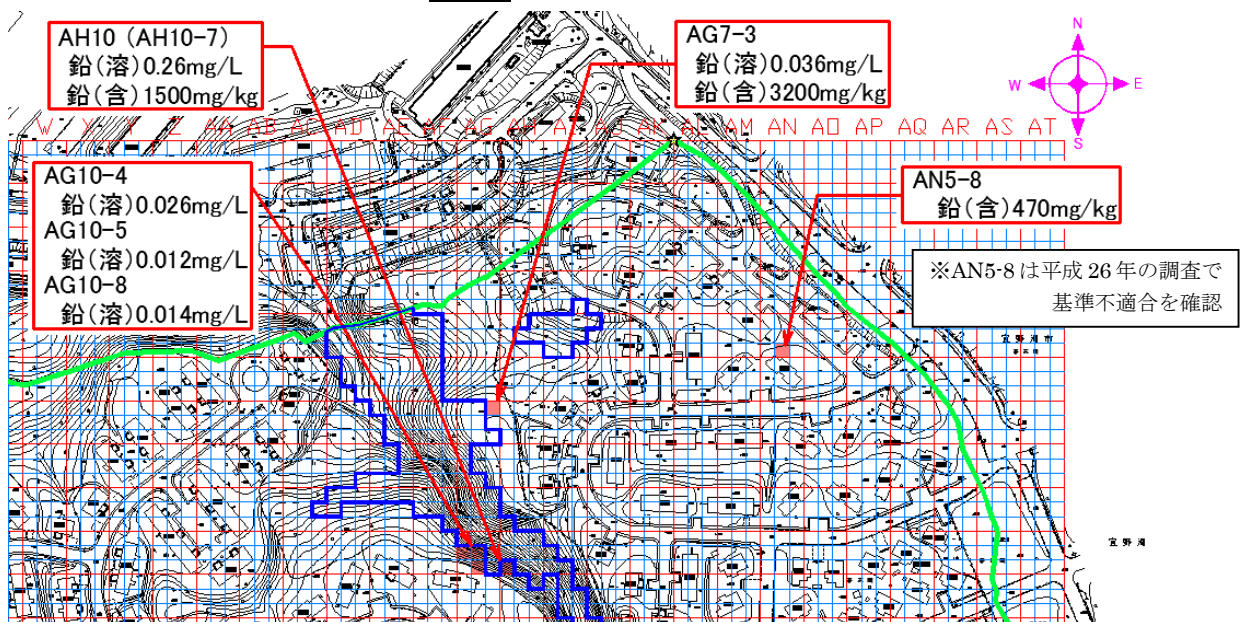


図 4-2 鉛の詳細調査地点

(3) 調査手順

- ① 深度 5m (留意点参照) までボーリングを実施する。
- ② 分析は、1mおきに実施する。分析項目は、概況調査で基準不適合が確認された項目とする (溶出量の基準不適合地点は、溶出量のみ分析対象とする)。
- ③ 2 深度連続で基準適合が確認された場合、最初に汚染が認められなかった深度までを汚染の深さと判定する。

- ④ 汚染深度が確定せず、基準不適合の原因が自然由来と想定される場合、全含有量試験を実施して、自然由来の判定を実施する。
- ⑤ 人為汚染による基準不適合と判定され、かつ汚染深度が確定しない場合は、2 深度連続で基準適合が確認されるまで追加調査を実施する。また、土壌溶出量基準の不適合が続く場合、地下水調査の方法について、関係機関と協議する。

● 留意点

- ▶ 土壌汚染対策法では岩盤は測定対象外とされている。琉球石灰岩は、指圧程度で土粒子に分離できない状態とされており、岩盤に該当するが、透水性があるため、汚染の浸透が否定できず、分析の対象とする。
- ▶ 詳細調査の深度は、対象地では深度数メートルで、法の対象外となる岩盤が分布するため、必ずしも土壌汚染対策法で定める 10m まで掘削しなくて良いとの沖縄県環境部の意見を踏まえ、「土壌・地下水汚染に係る調査・対策指針及び同運用基準（平成 6 年環境庁）」で示される深度 5m を採用する。
- ▶ 対象地点の地下水位は、既往地質調査において深度 10～30m と想定されるが、掘削中に地下水が確認される場合は、地下水を採取して鉛の分析を実施する。（土壌溶出量基準の不適合地点を対象とする）

(4) 分析方法と基準

分析項目	分析方法	基準
鉛（溶出量）	環境省告示第 18 号	0.01 mg/L 以下
鉛（含有量）	環境省告示第 19 号	150 mg/kg 以下
鉛（全含有量）	底質調査方法Ⅱ.5.2 （平成 24 年 8 月、環境省）	— （目安値 140mg/kg）

(5) 結果の評価

- 汚染の深さは、2 深度連続で基準適合が確認された場合、最初に基準適合が認められた深度までとする。
- 原則、深度 5m（分析試料のうち最も深い試料）で土壌溶出量基準の適合が確認され、かつ地下水位が確認されなければ、汚染物質の地下水への移行はなく、地下水汚染がないものと判断する。
- 自然由来の判定は、土壌汚染対策法のガイドラインに従い、以下の条件を満たす場合に認めることとする。
 - ① 全含有量が 140mg/kg 以下であること
 - ② 溶出量が 0.10mg/L 以下であること
 - ③ 全含有量または溶出量について、同一地層内で明らかな深度方向の濃度低下が認められないこと

4.2.2. 砒素

(1) 調査方針

砒素の基準不適合は、濃度と地域の特性から判定して、自然由来の可能性が考えられる。基準不適合区画周辺では深度 50cm 程度で琉球石灰岩が出ることも踏まえて、表層土壌における砒素の平面分布を追加調査して、自然由来の判定を実施する。

(2) 調査地点

砒素：基準不適合区画、および同区画周囲の格子内の中央地点

2+8 地点 (赤および水色のハッチング)

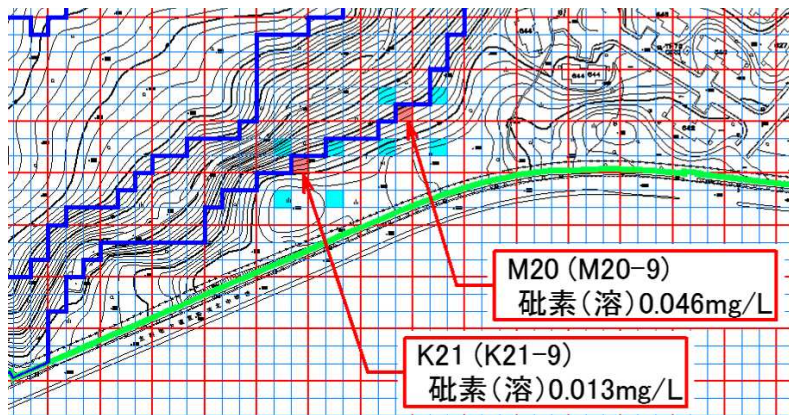


図 4-3 砒素の追加調査地点

(3) 調査手順

- ① 概況調査で砒素の溶出量基準不適合が確認された 2 区画では、土壌試料を再採取して、砒素の全含有量を分析する。
- ② 2 区画周囲の格子の中央地点で試料を採取し、砒素の溶出量と全含有量を分析する。

(4) 結果の評価

分析項目	分析方法	基準
砒素 (溶出量)	環境省告示第 18 号	0.01 mg/L 以下
砒素 (全含有量)	底質調査方法Ⅱ.5.9 (平成 24 年 8 月、環境省)	— (目安値 39mg/kg)

(5) 結果の評価

- 自然由来の判定は、土壤汚染対策法のガイドラインに従い、以下の条件を満たす場合に認めることとする。
 - ① 全含有量が 39mg/kg 以下であること
 - ② 溶出量が 0.10mg/L 以下であること
 - ③ 全含有量の分布で、局在性が認められないこと

4.3. 油臭・油分

4.3.1. 概況追加調査

(1) 調査方針

油臭・油分が確認された区画の周辺は、油分が拡がっている可能性が否定できないため、隣接する未調査の区画について、調査を実施する。

(2) 調査地点

概況調査で、油分が 500mg/kg 以上、または油臭が確認された区画の周囲 8 区画のうち、未調査の区画 **216 地点** (ピンクのハッチング) (図 4-4 参照)

(3) 調査手順

- ① 採取深度は、概況調査と同様、0.15m と 0.5m の 2 深度を基本とする。
- ② 採取時に油分が多く確認される深度があれば、その深度を追加採取する。
- ③ 採取した試料について、油臭と油分の測定を実施する。

(4) 測定方法と基準

測定項目	分析方法	調査参考基準等
油臭	油汚染対策ガイドラインに示される方法	油臭が確認されないこと
油分 (ノルマルヘキサン抽出物 [※])	昭和 49 年環境庁告示第 64 号 (重量法)	・ 50,000 mg/kg 未満 (産業廃棄物分類) ・ 500mg/kg 未満 (追加調査の要否判定の閾値として設定事例あり)

※ノルマルヘキサン抽出物：油汚染対策ガイドラインで示される油分の測定方法の 1 つ (溶媒であるノルマルヘキサンにより抽出される不揮発性物質 (界面活性剤や石鹸、アルコール、農薬や染料等))

(5) 結果の評価

- 2 深度で測定した結果、深い深度において、油分の基準不適合が確認された場合、詳細調査を実施する。
- 2 深度のうち浅い深度で基準不適合、深い深度で基準適合の場合には、詳細調査の対象外とする。

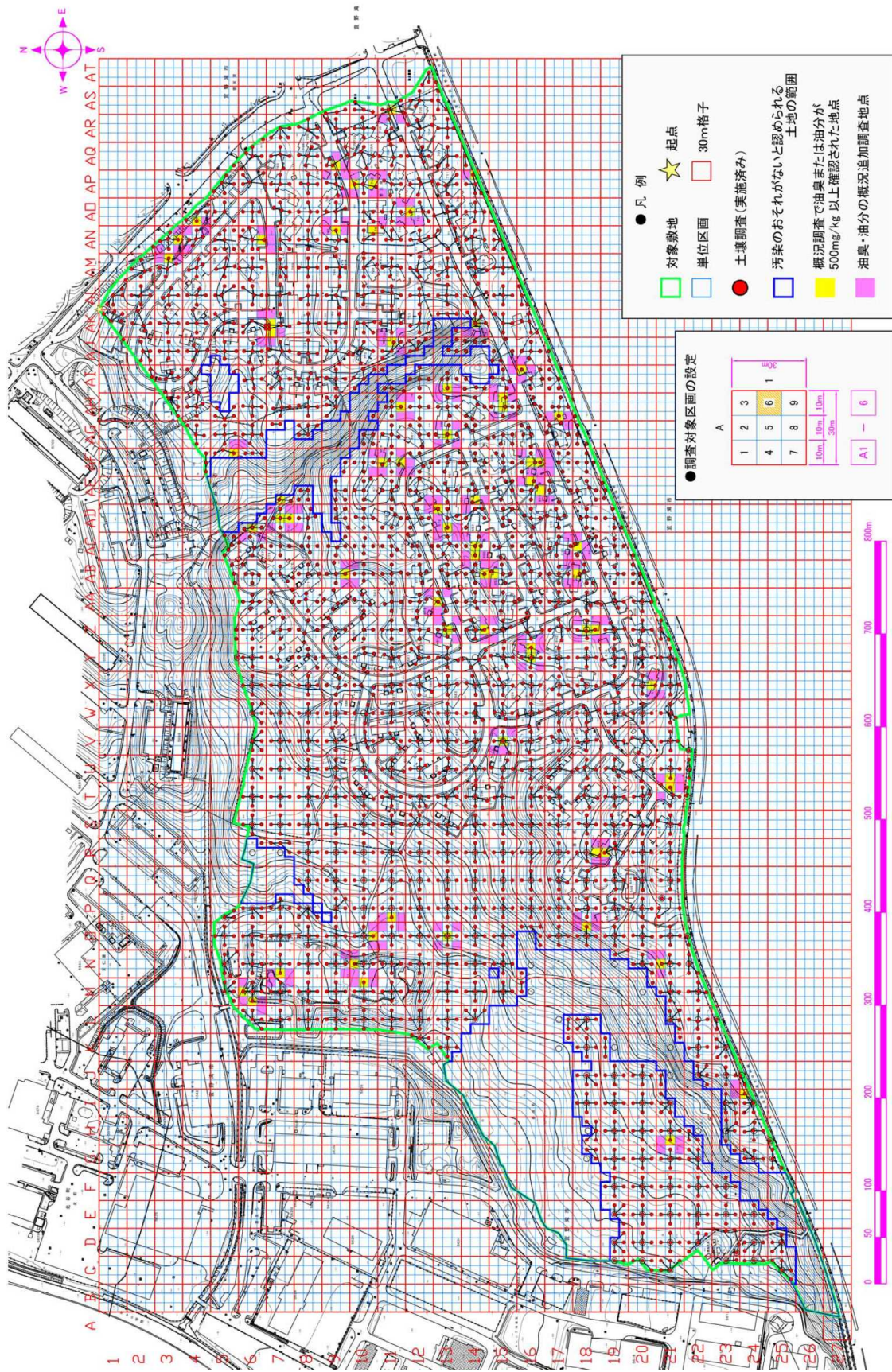


図 4-4 油臭・油分の概況追加調査地点

4.3.2. ボーリング調査

(1) 調査方針

油臭・油分の分布範囲を確定させるためのボーリング調査とする。調査深度は、まずは琉球石灰岩より浅い範囲を対象とする。

(2) 調査地点

概況調査および概況追加調査の結果、2 深度（0.15mと 0.5mを基本）のうち深い深度において、油分の調査参考基準値の超過（500mg/kg 以上、または油臭あり）が確認された区画（図 4-5 参照）

23 地点+α（紫のハッチング）

（下図の 23 地点は概況調査結果からボーリング調査の実施が確定。それ以外は、概況追加調査の結果に基づいて追加する）

(3) 調査手順

- ① 深度 5m または琉球石灰岩が確認されるまでボーリングを行う。
- ② 測定は、1 mおきに一斉に分析する。測定項目は、油臭と油分（ノルマルヘキサン抽出物）の両方とする。
- ③ 分析の結果、油臭が無く油分が調査参考基準値（500mg/kg）を超えない深度を把握する。また、汚染深度が確定しない場合には、追加ボーリングを実施し、深度 5 m以深、または、琉球石灰岩より更に深部を採取して、調査参考基準値の超過深度が確定するまで測定する。

(4) 測定方法と基準

測定項目	分析方法	調査参考基準等
油臭	油汚染対策法に示される方法	油臭が確認されないこと
油分 （ノルマルヘキサン抽出物）	昭和 49 年環境庁告示第 64 号（重量法）	・ 50,000 mg/kg 未満 （産業廃棄物分類） ・ 500mg/kg 未満 （追加調査の要否判定の閾値として設定事例あり）

(5) 結果の評価

- 油臭が確認されず、かつ油分が 500mg/kg 未満の深度が確認された場合、同深度までを調査参考基準値の超過深度とする。
- 油汚染対策ガイドラインでは、「地下水位付近より深いところでは、2 深度以上連続して基準適合となるまで調査」としているが、既往地質調査の結果から、調査深度は地下水位以浅と想定されるため、1 深度基準適合を確認すれば、調査参考基準値の超過深度を確定する。

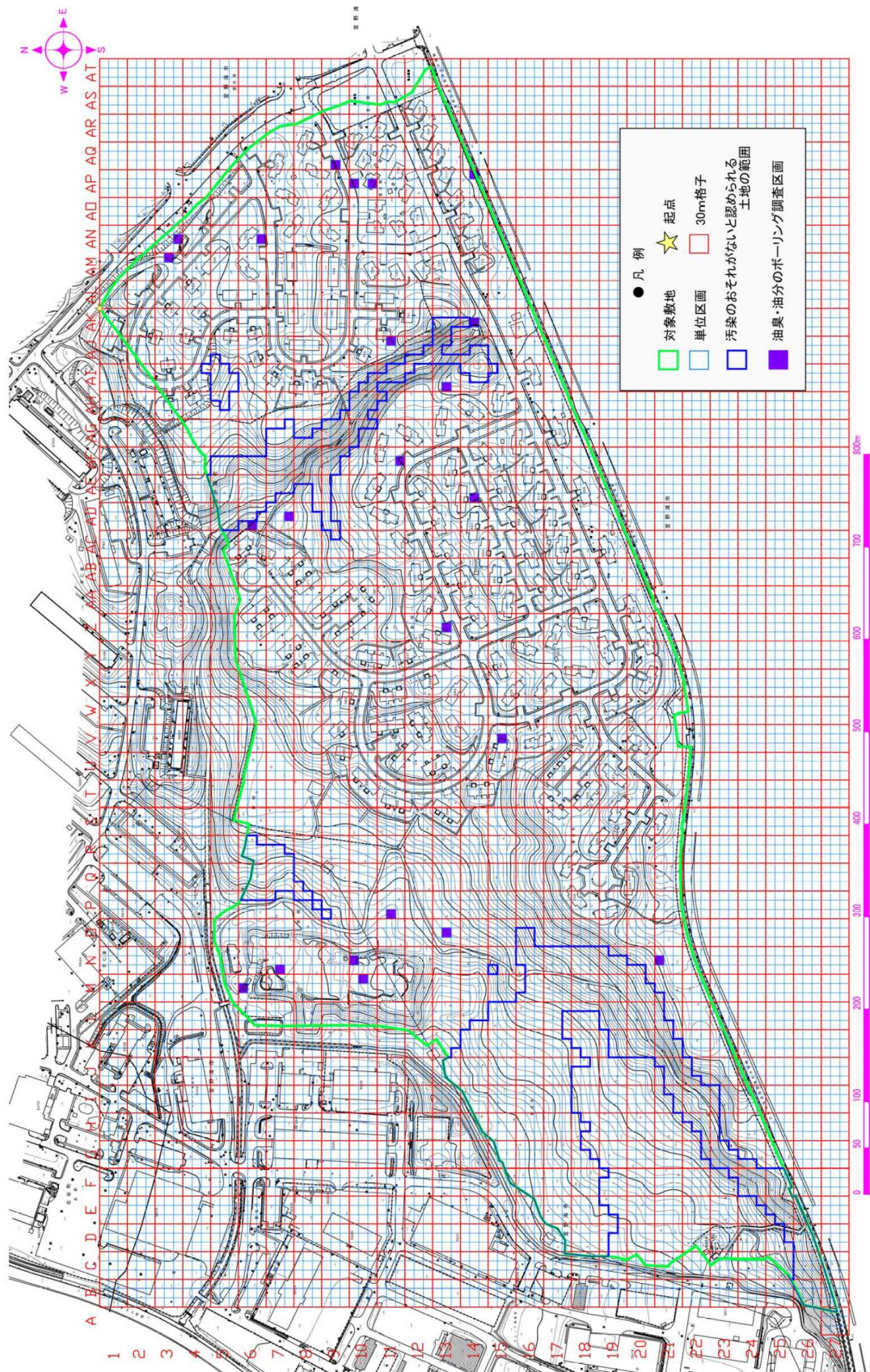


図 4-5 油臭・油分のボーリング調査地点

4.4. ダイオキシン類

(1) 調査方針

以下のケースにおいて、調査を実施することとする。

- 追加調査の結果から判断して、特定有害物質による基準不適合が人為汚染であり、汚染原因が不明でダイオキシン類の混入が否定できない場合
- 追加調査において、廃棄物混じり土の層が確認された場合

(2) 調査地点

人為汚染が推測される鉛の含有量基準不適合の区画 **3 地点**

※4.1～4.3 章の追加調査で廃棄物混じり土層が確認されれば、調査地点を追加する

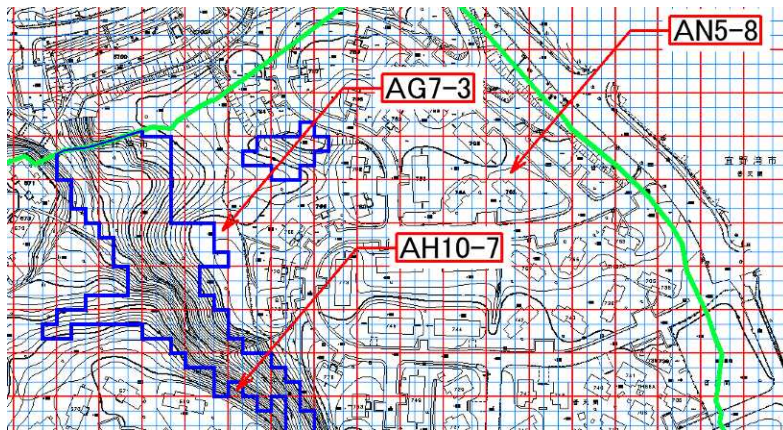


図 4-6 ダイオキシン類の調査地点

(3) 調査手順

- ① 追加調査で採取したボーリングコアについて、コア観察を実施し、人工物等の混入が多く確認される深度から、分析試料を採取する。人工物等の混入が確認されない場合、鉛の分析結果から汚染リスクがある深度を判定して分析試料を採取する。
- ② ダイオキシン類の基準不適合が確認された場合は、ダイオキシン類の平面と深度分布、および原因推定（異性体分析）の追加調査を計画する。
- ③ 上記調査は、「ダイオキシン類に係る土壤調査測定マニュアル」および「建設工事で遭遇するダイオキシン類汚染土壌対策マニュアル」に基づいて計画する。

(4) 測定方法と基準

対象物	測定項目	分析方法	基準
土壌	ダイオキシン類	ダイオキシン類に係る土壤調査測定マニュアル（平成 21 年 3 月、環境省）	1000pg-TEQ/g
廃棄物混じり土（汚泥等）	ダイオキシン類	特別管理一般廃棄物及び特別管理産業廃棄物に係る基準の検定方法（平成 4 年 7 月、厚生省告示第 192 号）	3000pg-TEQ/g

※人工物の混入が確認されなければ、土壌の基準を適用する

4.5. 追加調査の共通事項

(1) 廃棄物混じり土

- 追加調査の結果、地中に廃棄物混じり土の層が確認される場合は、「建設工事で遭遇する廃棄物混じり土対応マニュアル」に基づき、試料を採取し、廃棄物の処理及び清掃に関する法律に基づく調査を実施する。
- 廃棄物が確認された場合、廃棄物混じり土層の深度を確認するため、廃棄物が確認されなくなるまでボーリングを実施する。更に、廃棄物混じり土の下層の元地盤の汚染の有無を確認するため、廃棄物混じり土の層の 1m 下の元地盤において試料を採取する。試料について、土対法に定められている 25 項目及びダイオキシン類（土対法）の分析を実施する。
- 廃棄物混じり土の平面範囲の調査は、関係機関と調整の上、対応を検討する。

(2) ほか

- ボーリング調査、詳細調査は、安全性を確認するため鉛直探査を実施したのちに実施する。
- 調査孔は、ベントナイトペレット等の止水材を用いて閉塞し、汚染の拡散防止を図る。
- 自然由来による基準不適合土壌は、工事等で掘削・搬出する際には汚染土として扱う必要があるが、掘削等を行わない場合、旧来より自然に分布しているため、法的には対策を要するものではなく、判定結果を踏まえて沖縄県環境部と対応を協議する。

以上