

## 第2回 新石垣空港建設工法モニタリング委員会 議事次第

日時：平成19年6月15日（金）

（現地視察）13：00～15：00

（委員会）15：30～17：30

場所：八重山支庁 第2会議室・研修室

### 1. 開会

### 2. 事業者挨拶

### 3. 議題

- 1) 第1回 建設工法モニタリング委員会の議事録確認
- 2) 第1回 建設工法モニタリング委員会の質疑に対する事務局説明
- 3) H18年度モニタリング調査報告について
- 4) 今年度（H19年度）のモニタリング調査内容について
- 5) 試験施工の結果について

### 4. その他（今後の予定等）

## 第2回 新石垣空港建設工法モニタリング委員会

### 配布資料一覧

資料番号	資料タイトル
資料-1	第1回 新石垣空港建設工法モニタリング委員会の質疑に対する事務局説明
資料-2	H18年度モニタリング調査報告について
資料-3	今年度（H19年度）のモニタリング調査内容について
資料-4	試験施工の結果について

## 第2回 新石垣空港建設工法モニタリング委員会

### 第1回 建設工法モニタリング委員会の質疑に対する事務局説明

日時：平成19年6月15日

場所：八重山支庁 第2会議室・研修室

## 目 次

1. 濁水対策の施工事例について.....	1
2. 轟川および海岸での濁水調査内容について.....	2
3. 海岸流の状況について.....	4
4. 実施設計における変更点について.....	8

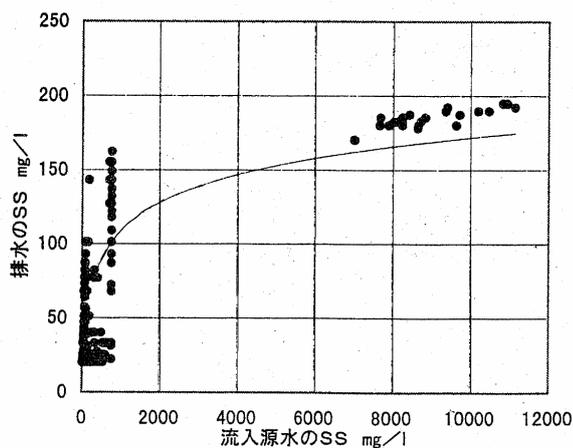
## 1. 濁水対策施設の施工事例について

本工事において、浸透ゾーンに流入する濁水のSS濃度は、200mg/Lとしている。  
機械処理によらない場合の濁水処理対策としては、一般的に、砂ろ過堤を用いたろ過・沈殿方式による処理方法が採用されている。



(屋部川実施状況、第6回沖縄県土木建築部研究発表会資料より)

不織布併用の砂ろ過堤の処理能力に関しては、過去の実施工事を集計した調査結果から、200mg/l 以下での処理が可能であることは確認されている。また、発生源対策を実施し、流入源水のSSを1,000mg/l程度以下とすることにより、処理後の排水は100mg/l以下に抑えられることがわかる。



ろ過・沈殿池の流入—排水SSの関係

(沖縄県土木建築部技術管理室が実施した調査結果より)

## 2. 轟川および海岸での濁水調査内容について

工事中の濁水の発生に関するパトロールは、次図に示すとおり実施する計画としている。観測は、轟川を含め、現状の水路として使用されている流域の各所で実施し、降雨時ごとに測定、観測を行う予定である。



### 3. 海岸流の状況について

新石垣空港の事業実施区域の周辺海域の潮流は、環境影響評価において調査しており、その概要を以下に示す。

(新石垣空港整備事業に係る環境影響評価書、平成17年9月沖縄県)

#### (3) 潮流

##### ① 調査概要

事業実施区域周辺海域における潮流調査は、平成元年度、平成8・9年度に沖縄県土木建築部が実施している。調査の概要は、調査項目等を表-3.1.2(2)に、調査地点を図-3.1.2(3)に示す。

表-3.1.2(2) 潮流調査の調査項目等

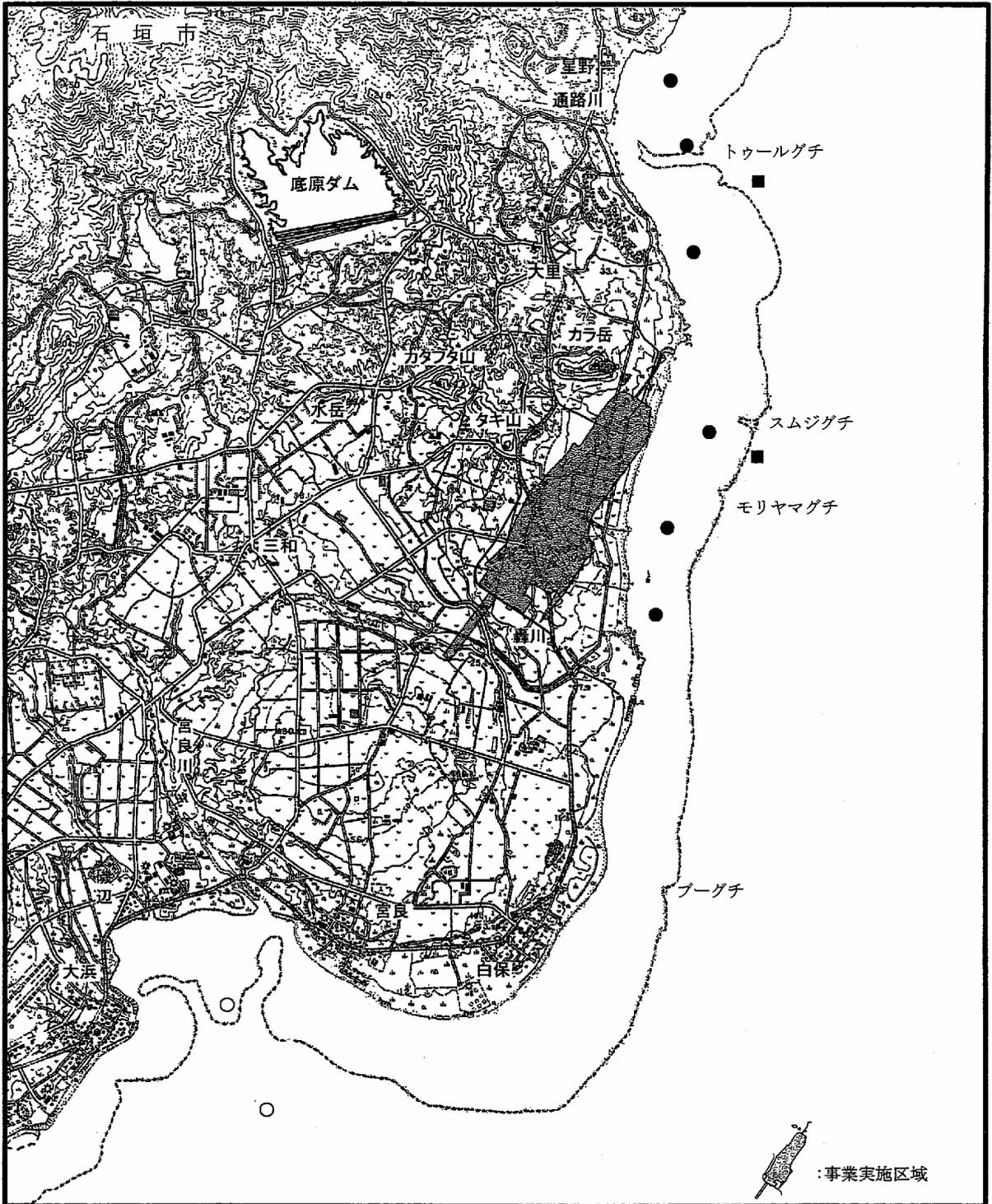
調査項目	調査地域	調査地点	調査時期
潮流 (ベルゲン流速計)	轟川河口付近からトゥールグチ北側まで	図-3.1.2(3)に示す8地点	平成元年8月17日～8月31日 平成元年12月11日～12月25日 (15昼夜連続観測)
潮流 (電磁流向・流速計、ベルゲン流速計)	宮良湾内	図-3.1.2(3)に示す2地点	平成9年2月13日～2月27日 平成9年7月20日～8月3日 (15昼夜連続観測)

##### ② 調査結果

平成元年度、平成8・9年度の調査結果は、図-3.1.2(4)に示すとおりである。

平成元年度に轟川河口付近からトゥールグチ北側で実施した調査では、トゥールグチまでのリーフ内では、上げ潮時、下げ潮時ともに主に北向きの流れが多くみられたが、カラ岳前面の調査地点では、下げ潮時にスムジグチ、モリヤマグチに向かう流れがみられた。リーフ外では、上げ潮時に北向き、下げ潮時に南向きの流れがみられた。リーフ内でみられた傾向は、夏季、冬季ともほぼ同じようにみられた。

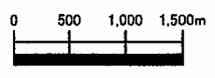
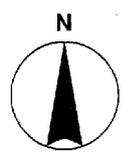
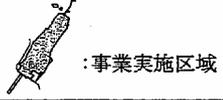
平成8・9年度に宮良湾内で実施した調査では、リーフ内が夏季の上げ潮時、下げ潮時ともに南西向きの流れがみられ、冬季には、上げ潮時に北向き、下げ潮時に南西向きの流れがみられた。リーフ外は、夏季、冬季ともに、上げ潮時に北西向き、下げ潮時に南東向きの流れがみられた。

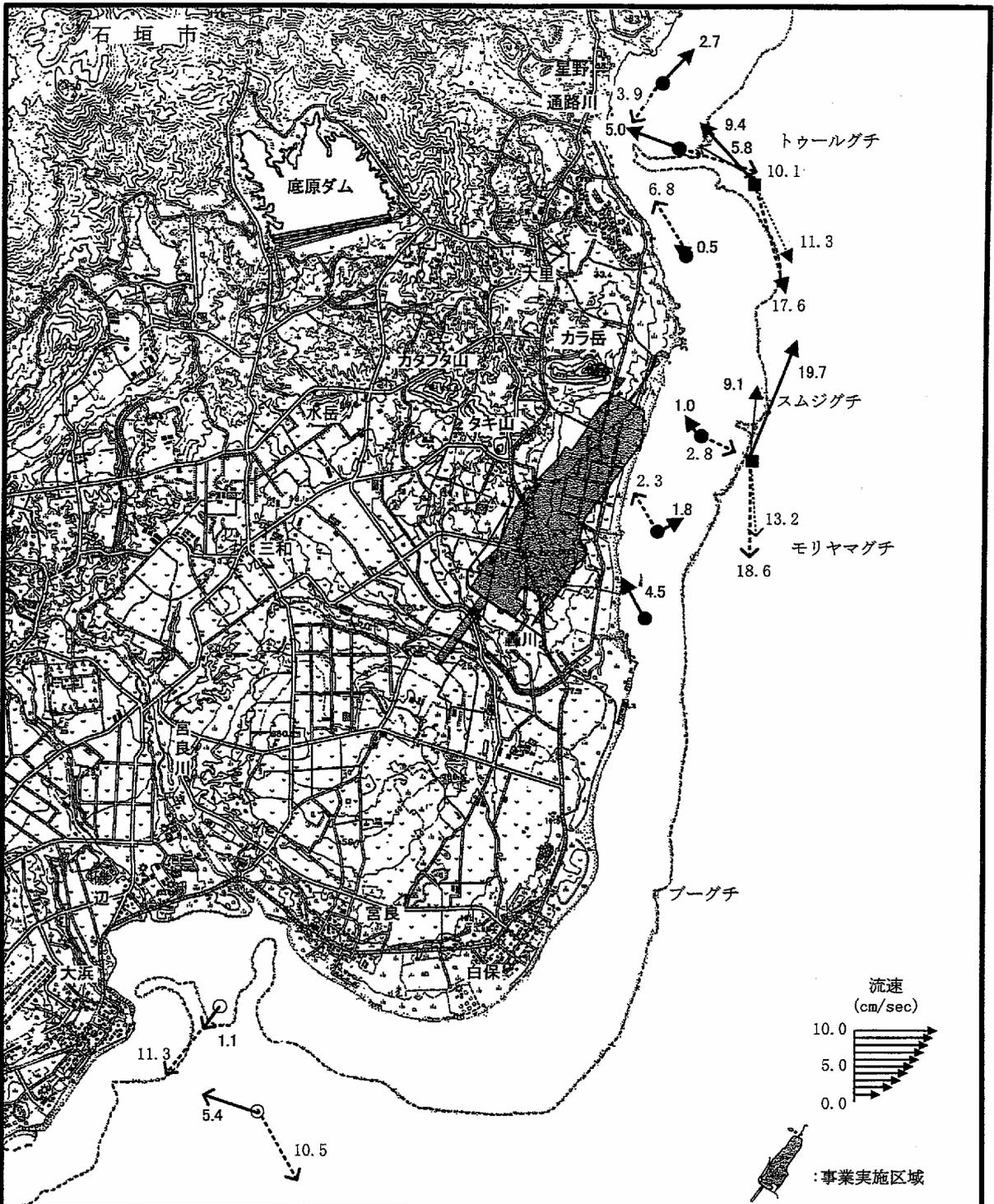


凡 例	
●	潮流調査地点 (上層のみ)
■	潮流調査地点 (上層・下層)
○	潮流調査地点 (上層のみ)

- 出典 1 : 「沖縄県土木建築部」 (平成2年1月)  
 2 : 「沖縄県土木建築部」 (平成2年3月)  
 3 : 「沖縄県土木建築部」 (平成9年9月)  
 4 : 「沖縄県土木建築部」 (平成10年2月)

図-3.1.2(3) 潮流調査地点 (平成元年度、平成8・9年度)





凡 例			
●	上層	↑	上層
■	上層・下層	→	下層
○	上層のみ	⋯→	上層
		⋯→	下層

出典 1 : 「沖縄県土木建築部」 (平成2年1月)  
 2 : 「沖縄県土木建築部」 (平成10年2月)

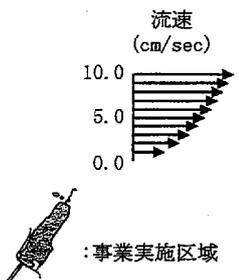
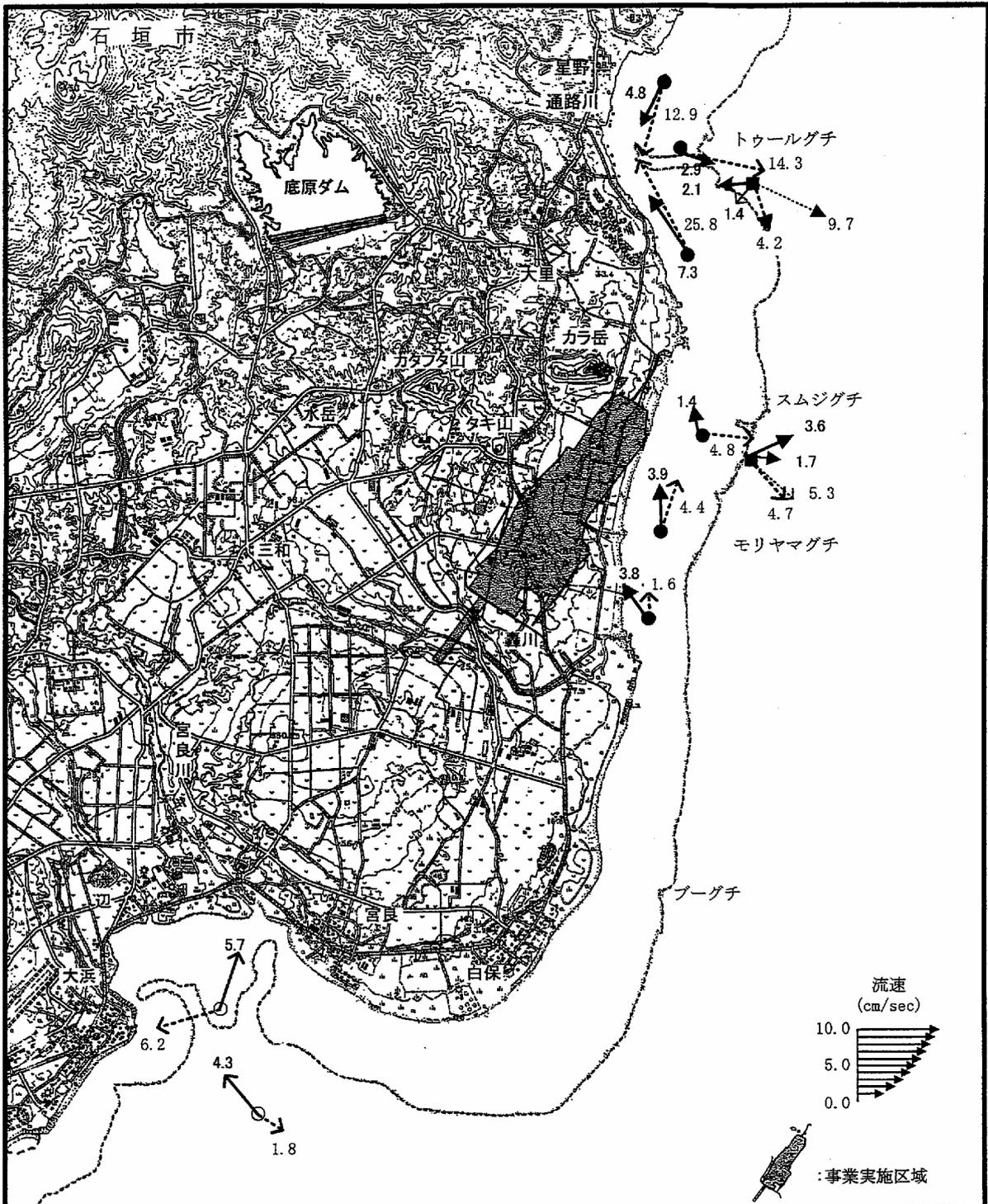


図-3.1.2(4) 平均大潮期流況 (夏季、平成元年、平成8・9年度) (その1)



凡 例			
●	上層	↑	上層
■	上層・下層		下層
○	上層のみ	↑	上層
		↑	下層

出典1 : 「沖縄県土木建築部」 (平成2年3月)  
 2 : 「沖縄県土木建築部」 (平成9年9月)

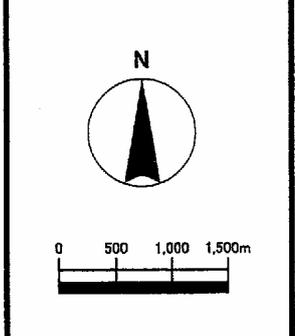


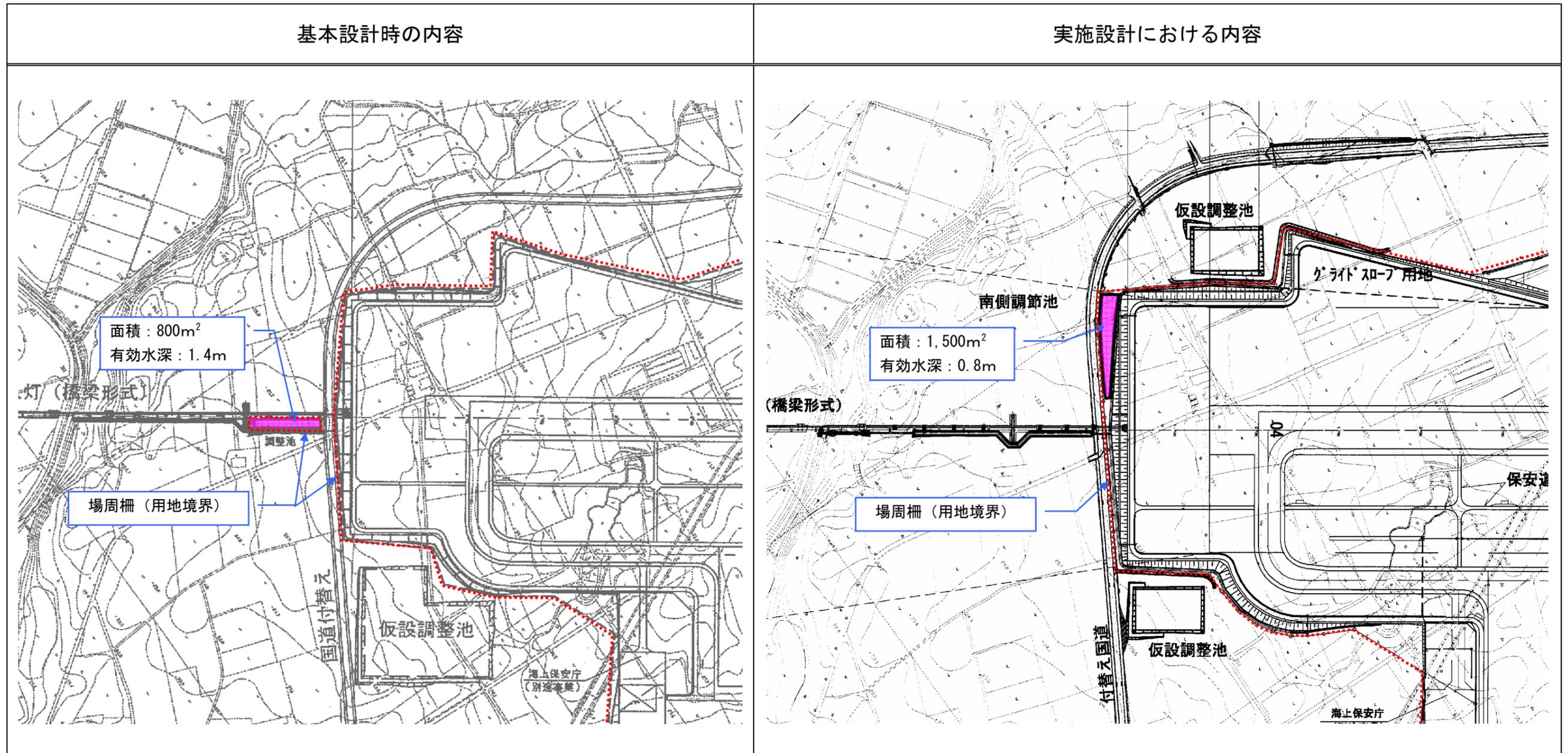
図-3.1.2(4) 平均大潮期流況 (冬季、平成元年、平成8・9年度) (その2)

#### 4. 実施設計における変更点について

排水処理等の計画については、現場状況に対する調整結果や、浸透能試験の追加調査結果の反映等を考慮し、実施設計の段階において若干の変更を行っている。

環境アセス時(基本設計時)における計画内容から変更となった内容について以下に示す。

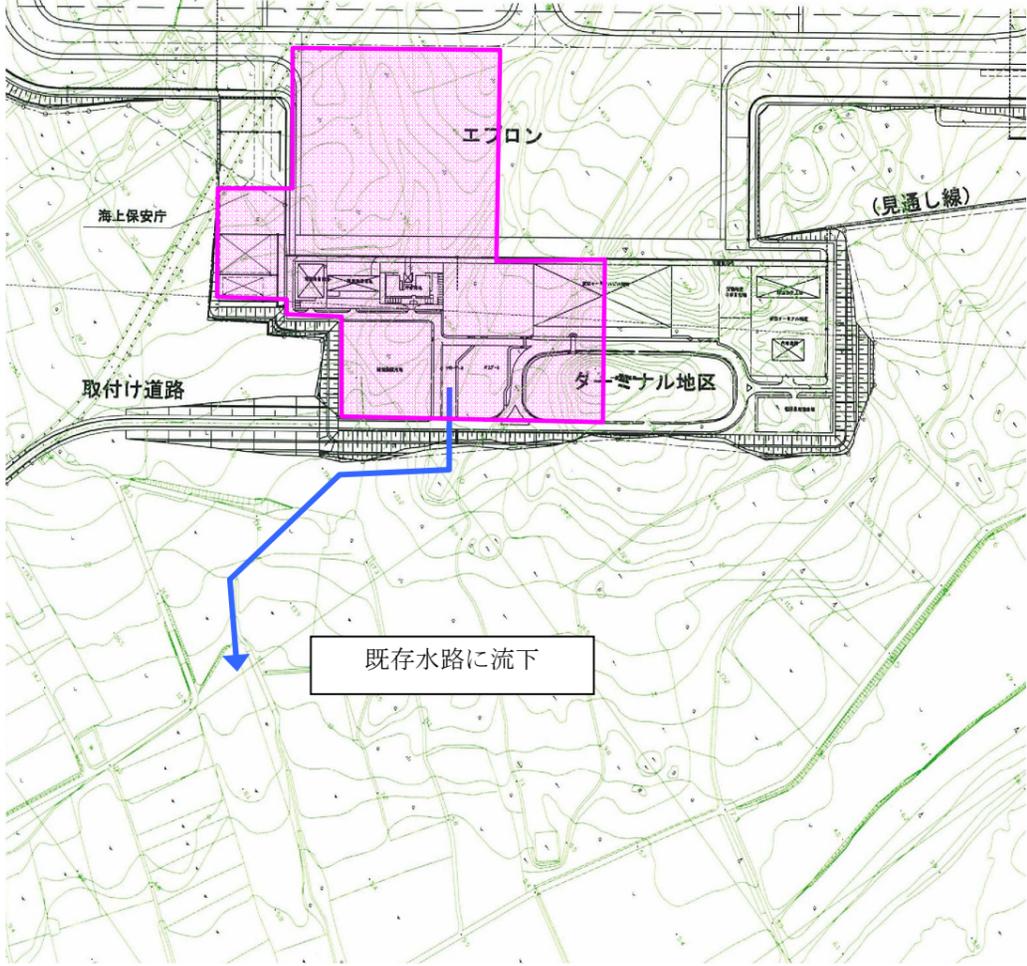
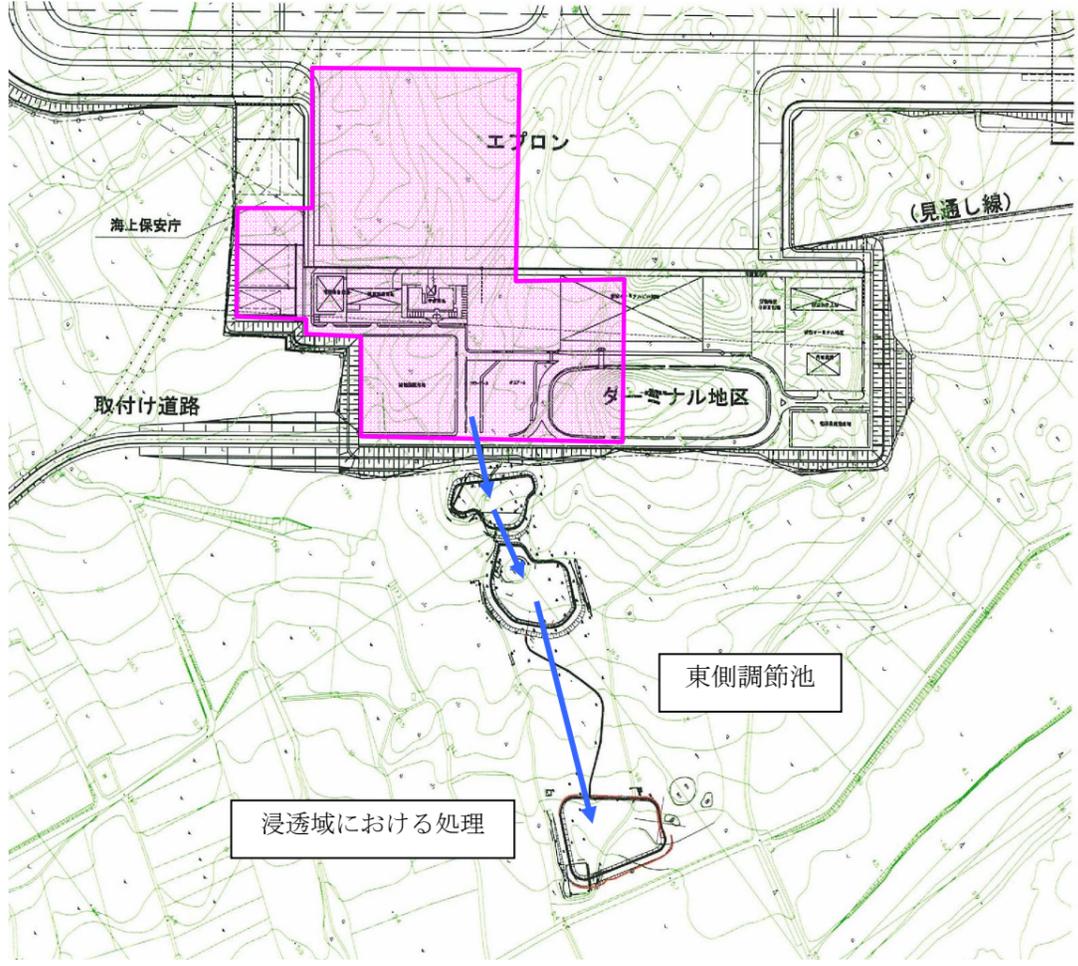
①南側調節池の位置の変更



【変更内容、変更理由】

- 実施設計時において、付替え国道と空港本体用地との間に残地が発生したため、これを有効活用する目的から、調節池を付替え国道と空港本体との間に変更した。
- また、空港本体と隣接して整備することにより、管理用地（場周柵に囲まれる範囲）の分断を避け、効率的な管理形状とした。

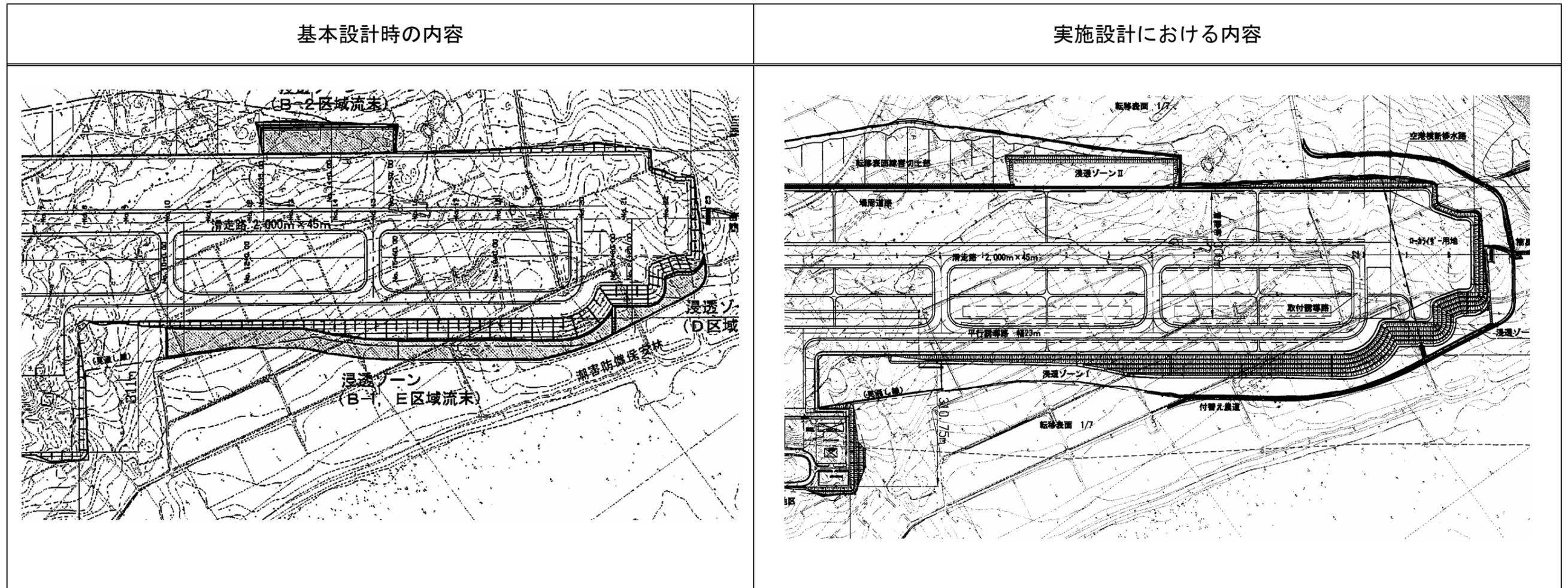
②ターミナル地区の排水処理方法の変更

基本設計時の内容	実施設計における内容
	

【変更内容、変更理由】

- 基本設計時においては、現状、海域に直接流出している流域面積分を既存水路に流下させることとしていたが、既存水路の流下能力が小さいため、ゴルフ場跡地に設けた東側調節池で浸透処理を行うこととした。
- これら調節池は、工事中においては濁水処理施設として使用することとしている。

③浸透池の規模及び容量の変更



【変更内容、変更理由】

- 詳細設計による形状の決定、現地での大型浸透試験（φ600mm）による透水係数の変更により、再度必要容量の計算の結果、以下のとおり必要容量、有効水深の変更を行った。
- 浸透ゾーンⅠにおいては、若干透水係数の低下となったため、面積は変更せずに、有効水深の増加で対応した。
- 浸透ゾーンⅢにおいては、トムル層の透水係数が低かったため、有効水深を増加させることや、透水性の高い砂層に置き換えることにより対応した。

（基本設計時の検討内容）

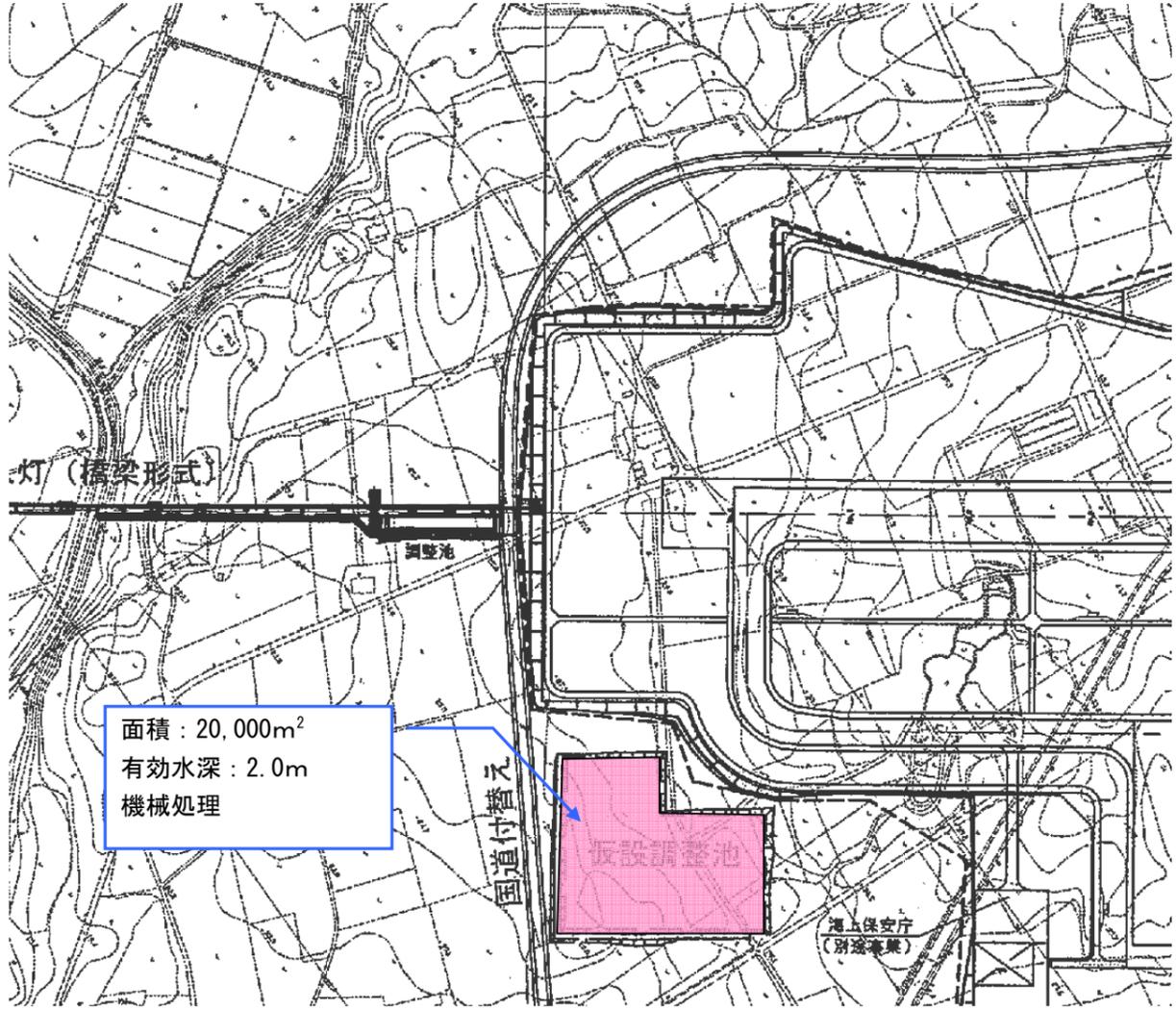
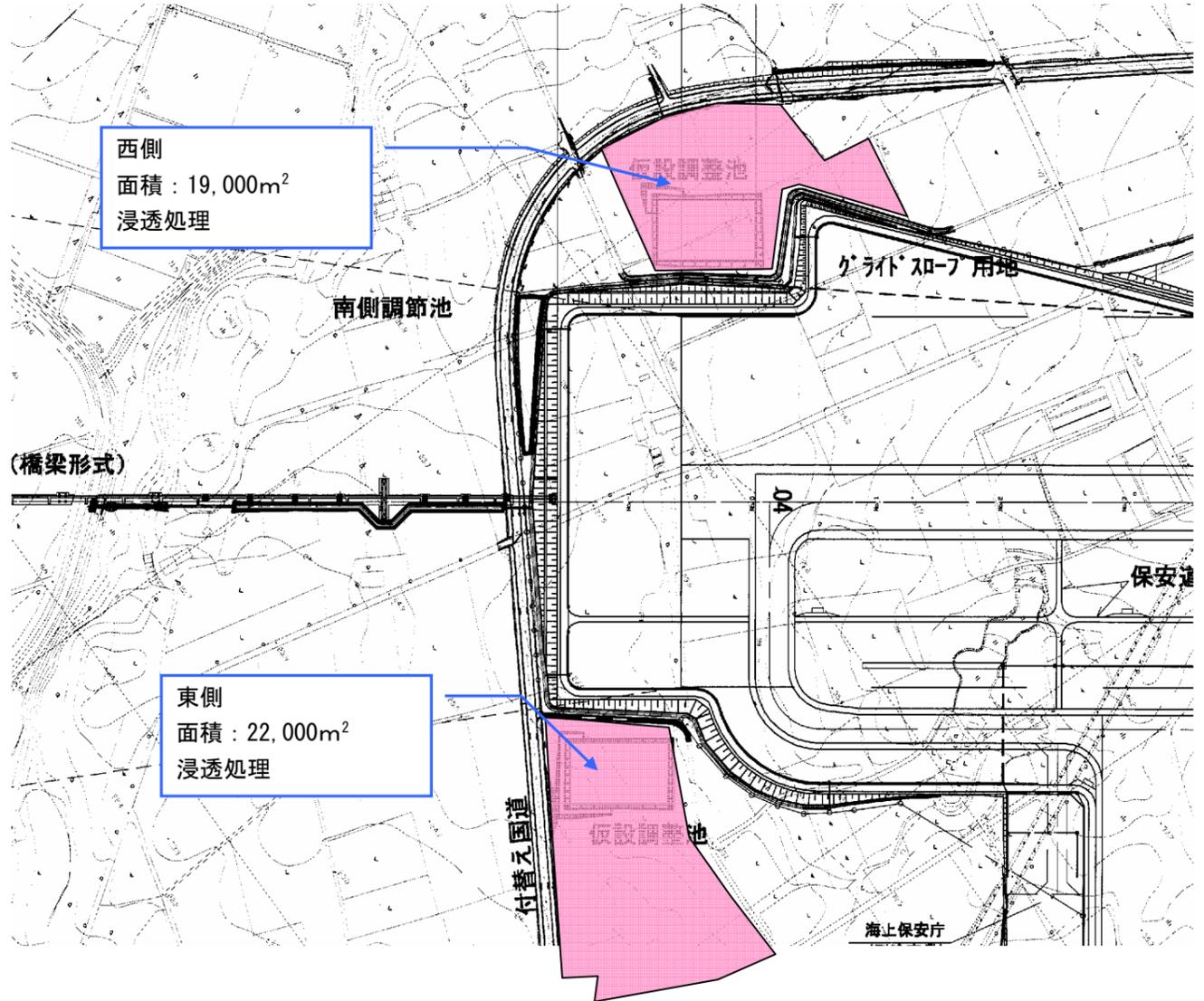
地点	採用透水係数	浸透面積 (m <sup>2</sup> )	必要容量 (m <sup>3</sup> )	有効水深 (m)
浸透ゾーンⅠ	$1.4 \times 10^{-2}$	45,600 (22,300)	7,524	0.4
浸透ゾーンⅡ	$3.6 \times 10^{-3}$	20,300	23,245	1.2
浸透ゾーンⅢ	$8.1 \times 10^{-3}$	6,300	4,128	0.7

（実施設計時の検討内容）

地点	採用透水係数	浸透面積 (m <sup>2</sup> )	必要容量 (m <sup>3</sup> )	有効水深 (m)
浸透ゾーンⅠ	$9.5 \times 10^{-3}$	45,900 (24,900)	13,197	0.6
浸透ゾーンⅡ	$3.5 \times 10^{-3}$	20,900	25,551	1.3
浸透ゾーンⅢ	$1.2 \times 10^{-2}$	4,870	3,855	0.8

※浸透ゾーンⅠの浸透面積における（ ）値は、貯留可能な面積を示す。

④仮設調整池の位置及び処理方法の変更

基本設計時の内容	実施設計における内容
	
<p>【変更内容、変更理由】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 用地造成勾配の関係より、東西に分けて設置する方が、施工上、効率的であり、柔軟性があるため、分割して設置することとした。</li> <li>• 広域な借地面積を利用することにより、浸透方式による濁水処理とした。(濁水処理施設に要する費用を軽減した。)</li> </ul>	

## 第2回 新石垣空港建設工法モニタリング委員会

H18年度モニタリング調査報告について

日時：平成19年6月15日

場所：八重山支庁 第2会議室・研修室

## 目 次

1. 平成18年度施工実績 .....	1-1
2. 赤土等流出防止対策におけるモニタリング報告について .....	2-1
2.1 赤土等流出防止対策の状況 .....	2-1
2.2 降雨時における稼働状況 .....	2-3
3. 地下水保全対策におけるモニタリング報告について .....	3-1
3.1 調査概要 .....	3-1
3.1.1 調査項目 .....	3-1
3.1.2 調査時期 .....	3-1
3.1.3 調査地点 .....	3-1
3.2 調査方法 .....	3-3
3.2.1 地下水位観測 .....	3-3
3.2.2 電気伝導度 .....	3-3
3.2.3 雨量観測 .....	3-3
3.2.4 地下水の水質分析 .....	3-4
3.3 地下水位観測結果 .....	3-6
3.4 電気伝導度測定結果 .....	3-13
3.5 水質分析結果 .....	3-21
3.6 雨量観測 .....	3-30
3.7 事後調査の結果と過年度調査結果の比較検討結果 .....	3-32

## 1. 平成18年度施工実績

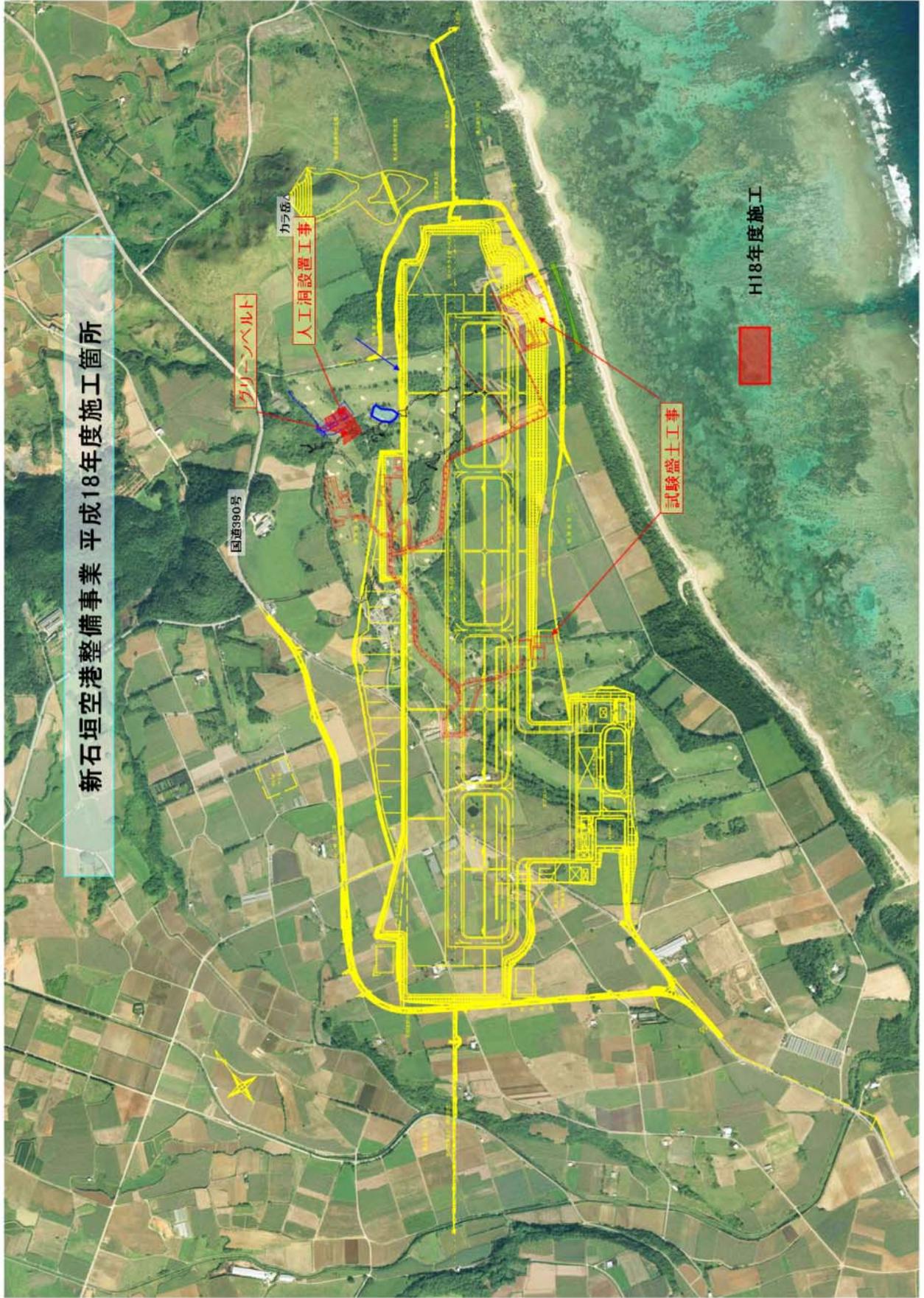
空港本体盛土に使用する機械の選定や諸数値を決定するため、67,000m<sup>3</sup>の切土及び34,000m<sup>3</sup>の盛土試験を実施した。また、小型コウモリ類の保全対策の一つである人工洞の設置を行い、採餌場・移動経路の植栽工事を実施した。

工事実施工程

表2.2.1 平成18年度施工実施工程

年度・月 項目	平成18年度					平成19年度			
	10月	11月	12月	1月	2月	3月	4月	5月	
試験盛土									
工事用道路	■								
試験盛土		■							
人工洞の設置									
人工洞本体									
土工事(掘削)	■								
本体工事		■							
土工事(盛土)						■			
人工洞の緑化									
盛土緑化									
採餌場・移動経路の植栽									
植栽工事	■	■	■	■	■	■			

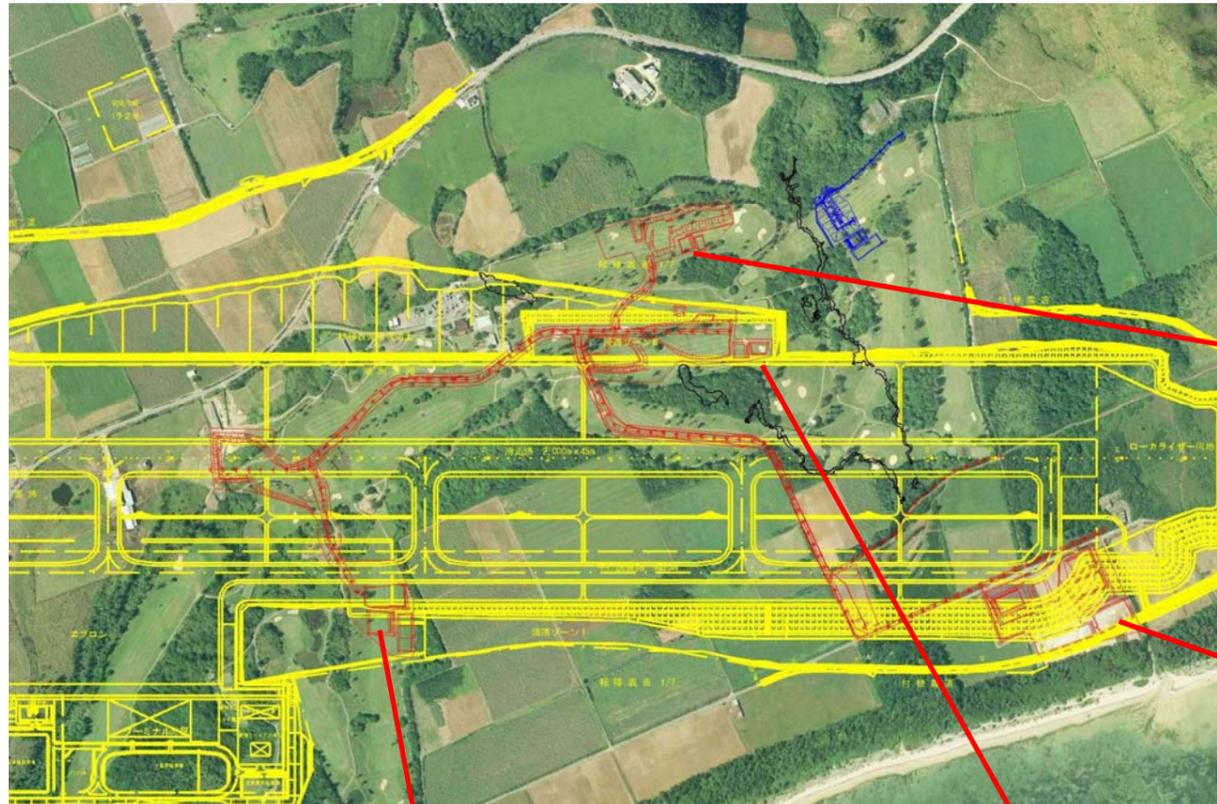
新石垣空港整備事業 平成18年度施工箇所



## 2. 赤土等流出防止対策におけるモニタリング報告について

### 2.1 赤土等流出防止対策の状況

#### (1) 試験盛土工事



(ろ過沈殿処理池、浸透池)



(ろ過沈殿処理池)



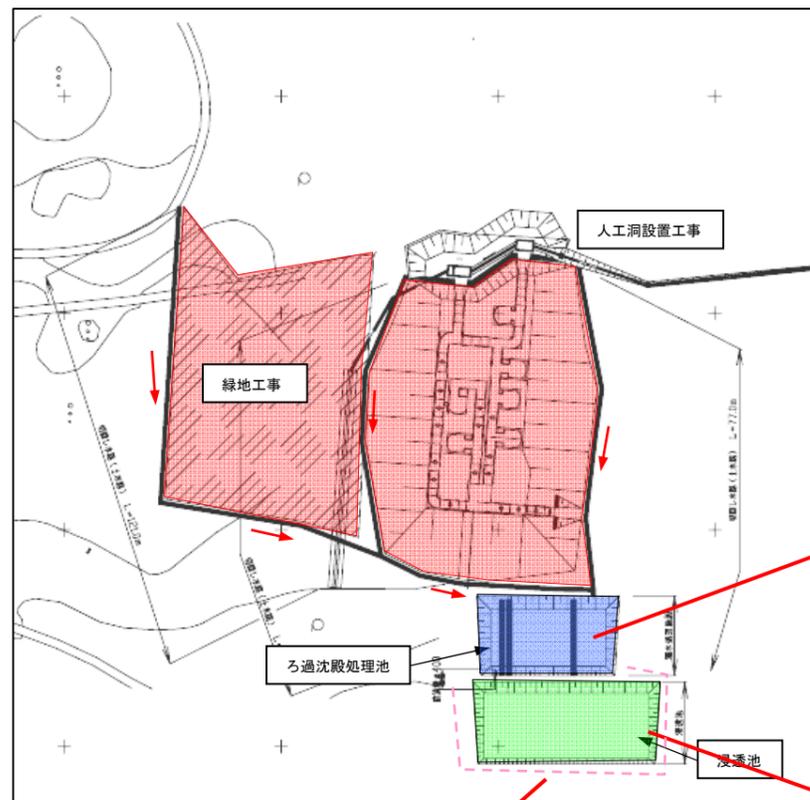
(ろ過沈殿処理池)



(浸透池)



(2)人工洞設置工事



(ろ過沈殿処理池)



(雨水切り回し柵)



(浸透池)



## 2.2 降雨時における稼働状況

### (1) 降雨の状況

平成 18 年度の工事期間中における降雨の状況は以下のとおりである。

当期間では、特に大きな降雨は見られず、最大でも 55mm/日（12 月 21 日）程度であった。

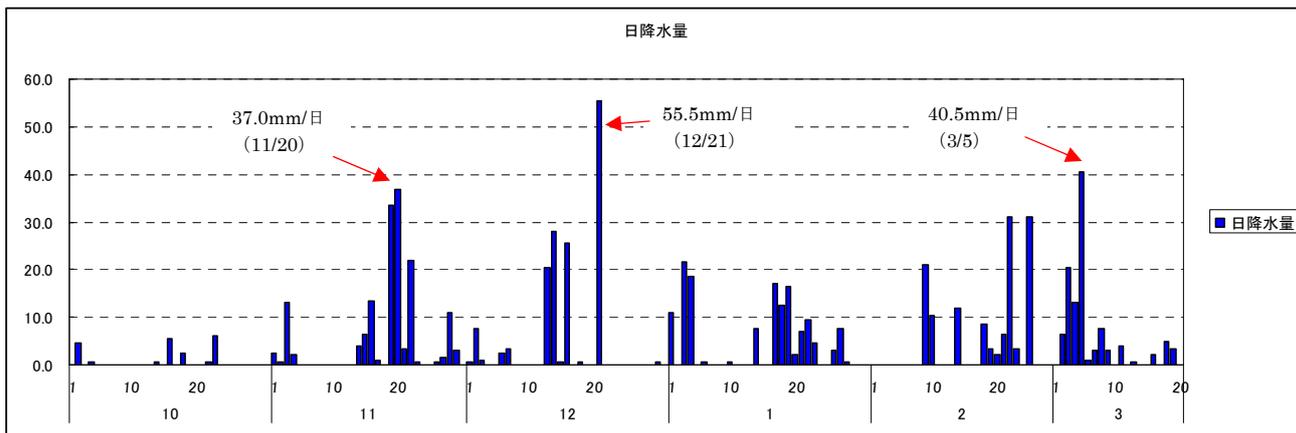


図 2-1 工事期間中における降水量（現地観測 R-1 データより）

### (2) 濁水観測の結果

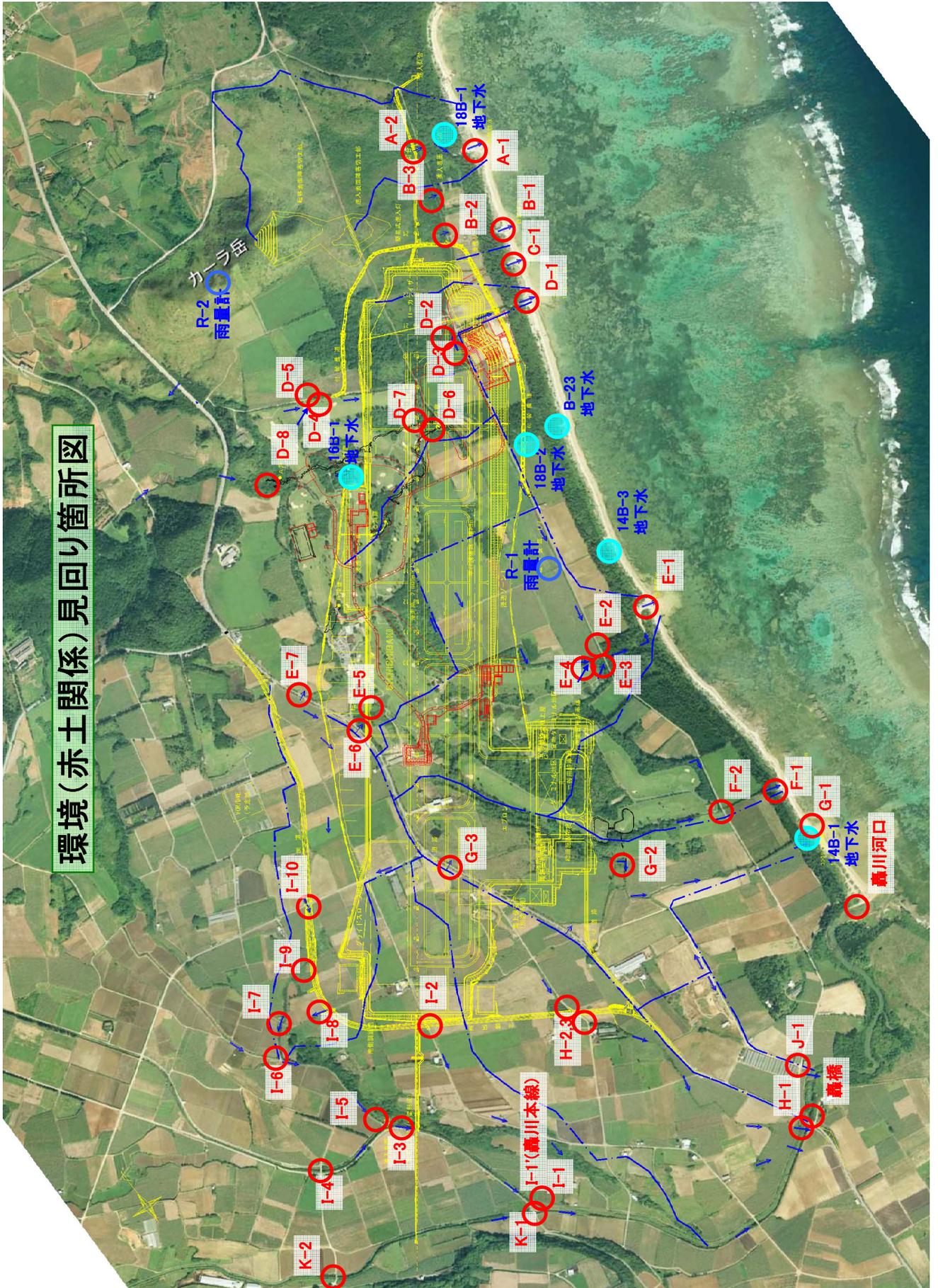
前述のとおり、平成 18 年度の工事期間中における降雨は比較的小さかったため、ろ過沈殿処理池や、浸透池に水が溜まることは無かった。

また、降雨時におけるパトロール点検の結果からも、濁水処理施設における異常は見られず、良好な状態であった。

なお、降雨時に実施している赤土関係のパトロールでは、工事の影響の無い区域（轟川上流域）において 700ppm を超える濁度が発生した箇所もあり、通常の降雨時でも赤土による影響が確認されている。

（測定日：H18.12.21、日雨量：55.5mm、時間最大雨量：23.5mm）

環境(赤土関係)見回り箇所図



# J-1 測定結果



No : J-1

透視度 : 1.5cm

SS : 706

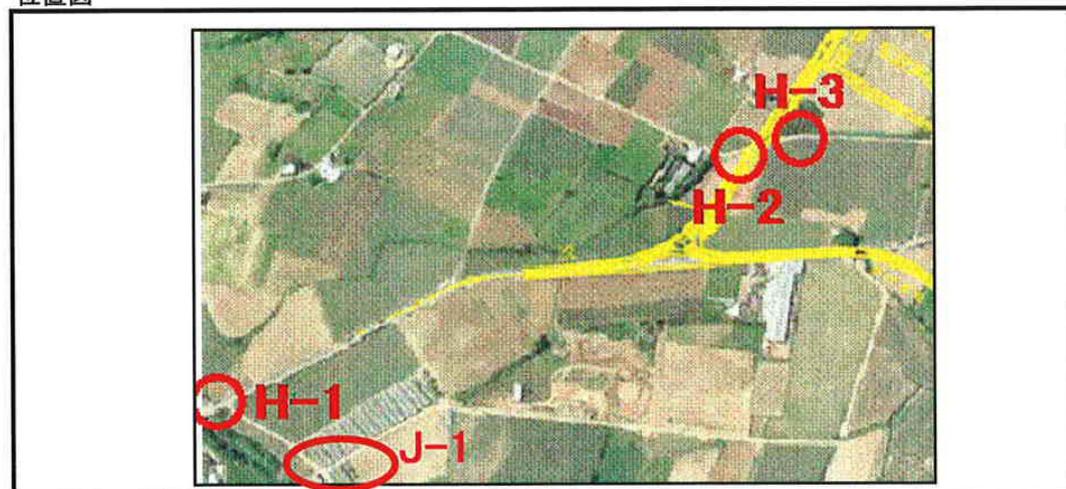
時間 : 9:23

測定者 : 宮良 善久

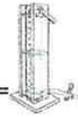
表流水 有 無



位置図



# I-7 測定結果



No : I-7

透視度 : 1.5

SS : 766

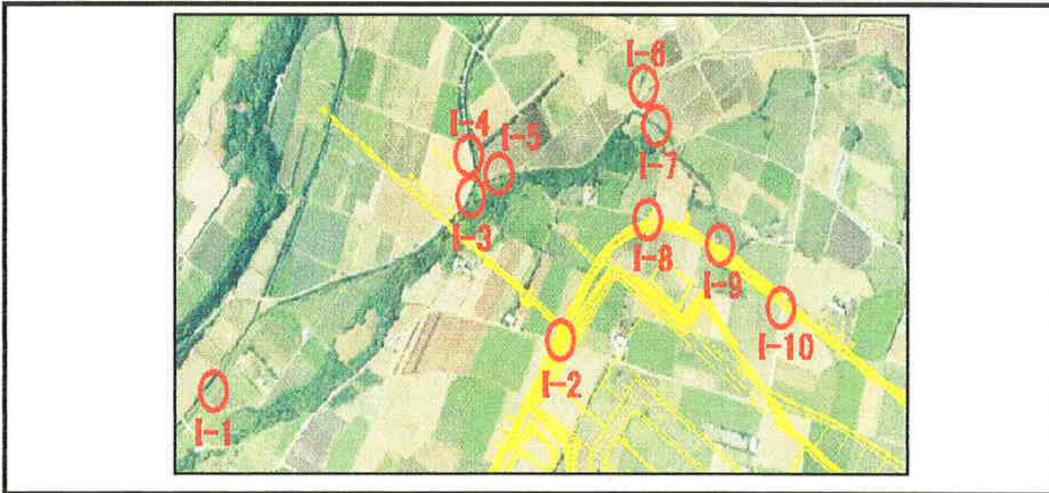
時間 : 10:00

測定者 : 新垣吉広

表流水 有 無



位置図



### 3. 地下水保全対策におけるモニタリング報告について

#### 3.1 調査概要

本業務は、「新石垣空港整備事業に係る環境影響評価書」に基づいて、空港建設工事による地下水環境（地下水位、水質、塩水化等）への影響を監視することを目的として実施するものである。

##### 3.1.1 調査項目

- 1) 地下水位観測
- 2) 電気電導度観測
- 3) 雨量観測
- 4) 水質分析

##### 3.1.2 調査時期

- 1) 地下水位観測・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・通年
- 2) 電気電導度観測・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・毎月1回
- 3) 雨量観測・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・通年
- 4) 水質分析・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・年4回（3ヶ月に1回程度）

##### 3.1.3 調査地点

調査地点は、図 3.1.1 に示すとおり、各地下水流域内に配置してある。

なお、観測地点 14B-7 地点は台風の波浪によって小河川の流路内に位置するようになったことから、2月からは観測地点を 18B-1 地点に移設した。

また、観測孔 14B-3 地点は観測孔内に樹根が侵入したことによって、観測・採水作業に不具合が生じたことから、14B-1、18B-1、B-23 地点も含め、採水専用の観測孔（φ76mm 仕上げ）を既存ボーリング地点の脇に設置した。また、浸透ゾーンからの濁水の影響を監視する目的で浸透ゾーン脇に新たな観測孔（18B-2）を設置した。



写-1 流路内に位置するようになった 14B-7 地点



写-2 観測孔内に侵入した樹根

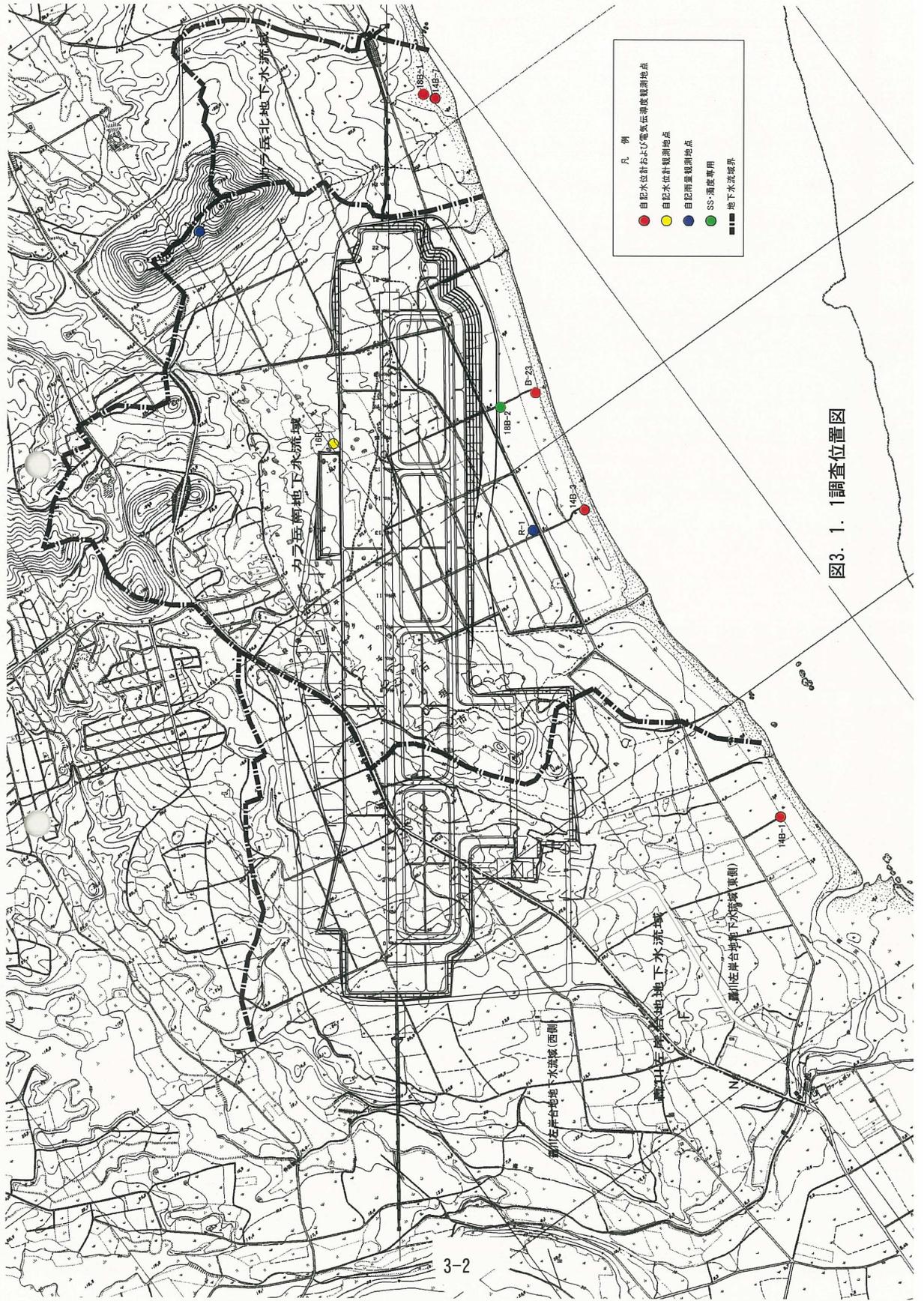


图3. 1. 調査位置図



### 3.2.4 地下水の水質分析

水質分析を行う検体の採水は、採取地点のボーリング孔の地下水中央部付近から次のアクリル製採水器（図 3.2.4）を使用して採水した。但し、平成 19 年 1 月からは、採水用ポンプ（図 3.2.5）を使用して採水した。



図 3.2.4 採水器

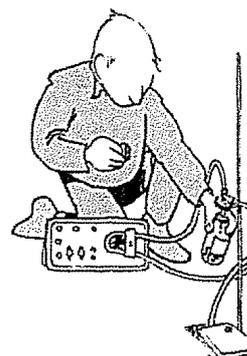
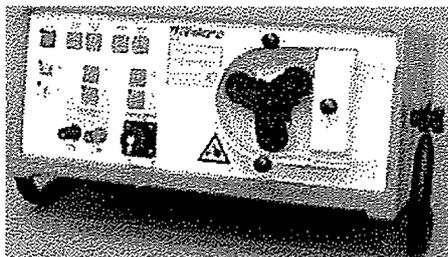


図 3.2.5 採水用ポンプ

分析項目（21項目）及び分析方法は表3.2.1に示すとおりである。

表3.2.1 分析項目

項目	分析の方法
水素イオン濃度	JIS K 0102 12.1 ガラス電極法
アンモニウムイオン	JIS K 0102 42.1 インドフェノール青吸光光度法
硝酸性窒素	JIS K 0102 43.2 銅・カドミウム還元・ナフチルジアミン吸光光度法
硝酸イオン	JIS K 0102 43.2 銅・カドミウム還元・ナフチルエチレンジアミン吸光光度法
ナトリウムイオン	JIS K 0102 48.2 フレーム原子吸光法
カリウムイオン	JIS K 0102 49.2 フレーム原子吸光法
カルシウムイオン	JIS K 0102 50.2 フレーム原子吸光法
マグネシウムイオン	JIS K 0102 51.2 フレーム原子吸光法
塩素イオン	JIS K 0102 35.3 イオンクロマトグラフ法
硫酸イオン	JIS K 0102 41.3 イオンクロマトグラフ法
重炭酸イオン	JIS K 0101 25 備考2による
電気伝導度	電気伝導計による方法
亜硝酸性窒素	JIS K 0102 43.1 ナフチルエチレンジアミン青吸光光度法
アンモニウム性窒素	JIS K 0102 42.1 インドフェノール青吸光光度法
全窒素	JIS K 0102 45.4 銅・カドミウム還元法
リン酸イオン	JIS K 0102 46.1.1 モリブデン青法
全リン	JIS K 0102 46.3 ペルオキシ二硫酸カリウム分解法
溶解性鉄	JIS K 0102 3.1.4(2), 57.1 フェナントリン吸光光度法
けい酸	JIS K 0101 44.1.2 モリブデン青吸光光度法
濁度	JIS K 0101 9.4 積分珠式測定法
SS	昭和46年度環境庁告示第59号 付表8に掲げる方法

### 3.3 地下水位観測結果

地下水位観測結果は図 3.3.1 および図 3.3.2 に示すとおりであり、事前調査（観測開始から平成 18 年 12 月 31 日まで）と、事後調査の各観測地点における水位の低いベスト 3 は次の表に示すとおりであった。この表に示すように、事後調査後の沿岸部 4 地点（14B-1、14B-3、B-23、14B-7）における水位は、事前調査の最低水位を下回ることにはなかった。

一方、内陸部の工事区域外に位置する 16B-1 地点においては、平成 19 年 2 月 22 日に EL=13.39m が観測され、過去最低水位より 0.24m ほど低い値が得られている。これは、この地点が工事区域外に位置し、かつ平成 18 年の年間総降水量が平年に比べ 172mm ほど少なかったことから、自然的要因によるものと考えられる。

表 3.3.1 地下水位観測結果

事前調査(観測開始～H.18年12月31日)				事後調査(H.19～)		
孔番	順位	水位	年月日	順位	水位	年月日
14B-1	1	0.20	H.17.12.25	1	0.27	H.19.1.29～30
	2	0.22	H.16.1.31、H.17.12.24	2	0.29	H.19.1.31
	3	0.24	H.16.2.1	3	0.30	H.19.2.1
14B-3	1	0.35	H.16.1.31	1	0.43	H.19.1.29
	2	0.36	H.16.2.1	2	0.44	H.19.1.30
	3	0.37	H.15.12.31、H.16.1.1～3 H.16.2.3	3	0.45	H.19.1.31
B-23	1	0.59	H.17.12.25	1	0.66	H.19.2.2
	2	0.61	H.17.12.23,12.24	2	0.67	H.19.1.29～2.1,H.19.2.3
	3	0.62	H.17.12.26、H.18.1.8	3	0.69	H.19.2.4～2.5
14B-7	1	0.11	H.15.1.25	1	0.15	H.19.1.29～1.30
	2	0.12	H.15.1.12	2	0.17	H.19.1.31
	3	0.13	H.15.1.13	3	0.20	H.19.1.28
16B-1	1	13.63	H.18.11.21	1	13.39	H.19.2.22
	2	13.99	H.18.7.31	2	13.41	H.19.2.15,2.19～.20
	3	14.23	H.18.7.15	3	13.42	H.19.2.16～18,H.19.2.21
18B-1				1	0.37	H.19.3.14
				2	0.39	H.19.3.13
				3	0.40	H.19.3.15

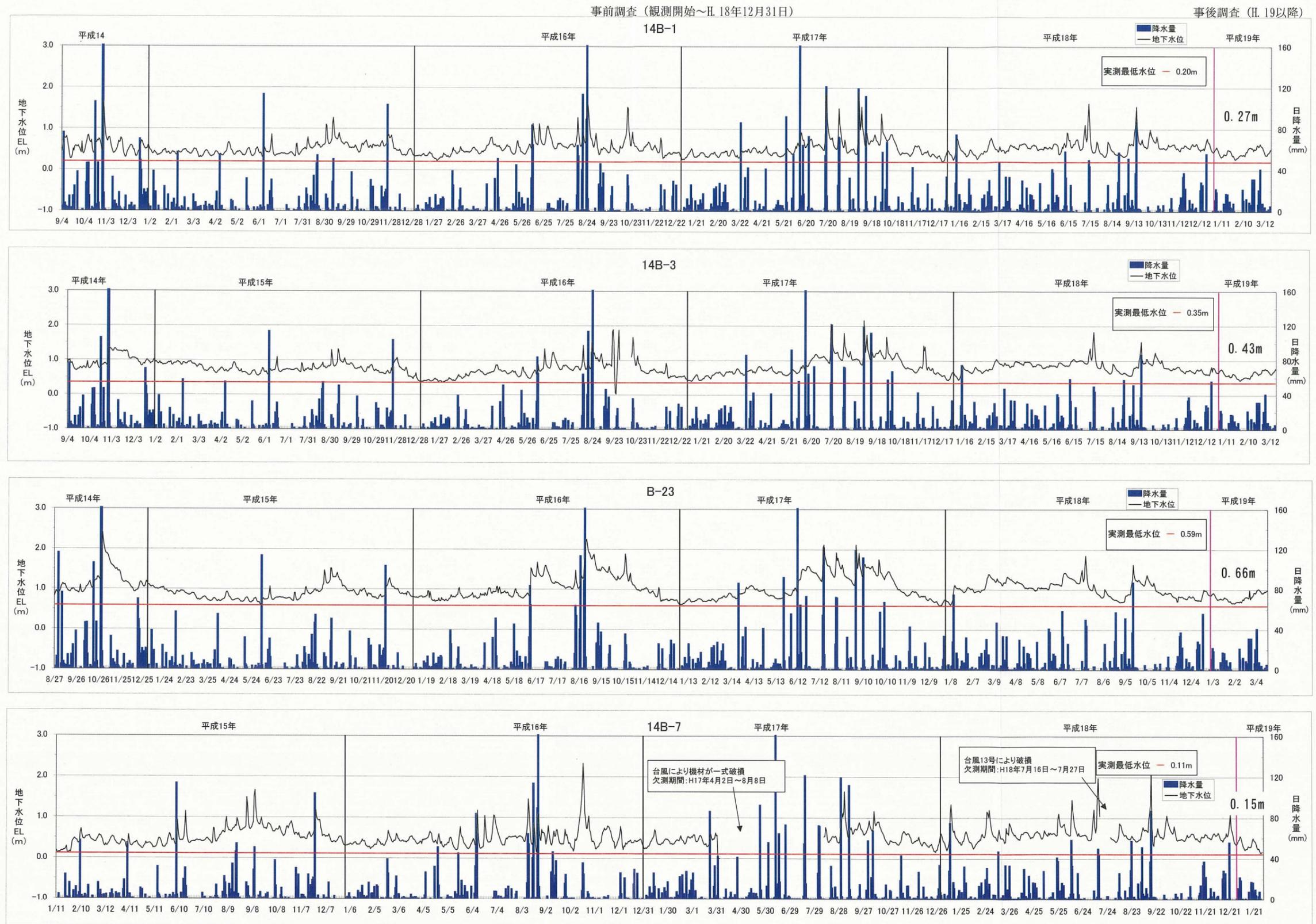


図3.3.1 日平均水位変動図(14B-1、14B-3、B-23、14B-7)

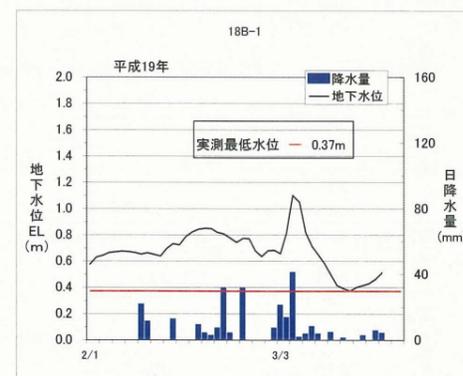
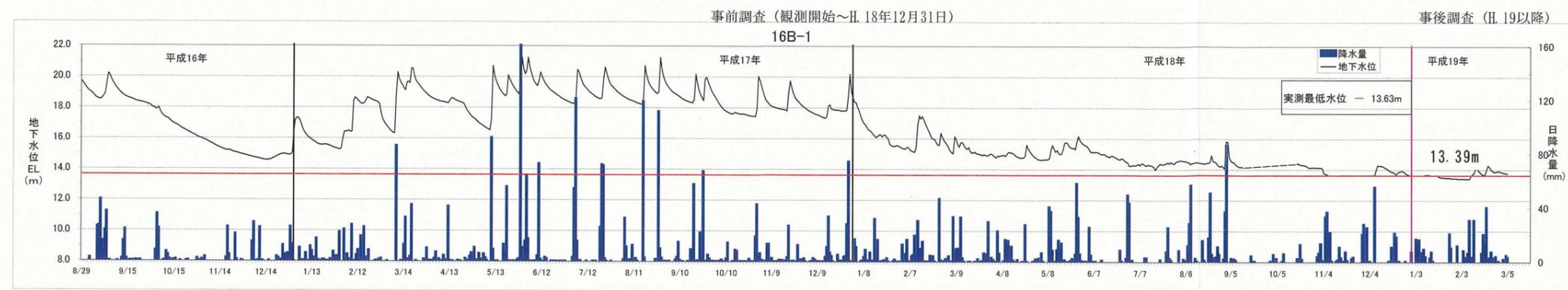


図3.3.2 日平均水位変動図(16B-1、18B-1)

○累積雨量および潮位と地下水位の関係

表 3.3.2 累積雨量と地下水位の関係

累積日数	1日	5日	7日	10日	14日	30日	40日	50日	55日	60日	65日	70日	75日	80日
14B-1	0.3291	0.4694	0.4554	0.433	0.432	0.3688	0.3722	0.3657		0.3604		0.3516		0.3501
14B-3			0.3259		0.4369	0.5696	0.6317	0.6896	0.705	0.7038	0.7052	0.6879		0.6525
B-23			0.4357		0.5837	0.7209	0.756	0.7586	0.7588	0.7623	0.7608	0.7344		6818
14B-7			0.3254		0.2642	0.2238	0.248	0.2538		0.2983	0.3387	0.3509	0.3327	0.3081
16B-1			0.3731		0.4917	0.5426	0.5689	0.5876		0.5896	0.5941	0.596	0.5908	0.5885

表 3.3.3 累積雨量および潮位と地下水位の相関係数

孔番	雨量	潮位
14B-1	0.4694	0.6292
14B-3	0.7052	0.5265
B-23	0.7608	0.4973
14B-7	0.3509	0.5689

- ・ 本地区の地下水位は 14B-1 を除いて 65 日から 70 日累積雨量との間で比較的高い相関を示している。
- ・ 14B-1 および 14B-7 地点は他の地点に比べ相関性は低い。両地点は背後地に不透水基盤台地が近接した地下水流域の狭い範囲に相当し、上流からの地下水の流下が少ない地域である。そのため、潮位の影響が強く、累積雨量との相関性が低くなったものと考えられる。
- ・ 表 3.3.3 は累積雨量および日平均潮位と日平均地下水位の相関係数を示したものであり、累積雨量との相関性が低い地点ほど、潮位との相関性が高くなっている。
- ・ 図 3.3.5 は 1 時間ごとの潮位と地下水位の変動を示した 1 例である。両者は、その変動幅は異なるが、波形はほぼ同じ形状を示しており、地下水位は潮汐の影響を受けていることを示している。また、14B-1 地点と 14B-7 地点は、全体的に高潮位と高地下水位は近似しているが、14B-3 地点と B-23 地点においては、その差は大きい。これが、前者と後者における潮位と地下水位の相関係数の差となって表れていると考えられる。また、この図は地下水位が低下すると、容易に海水が遡上することを示唆している。

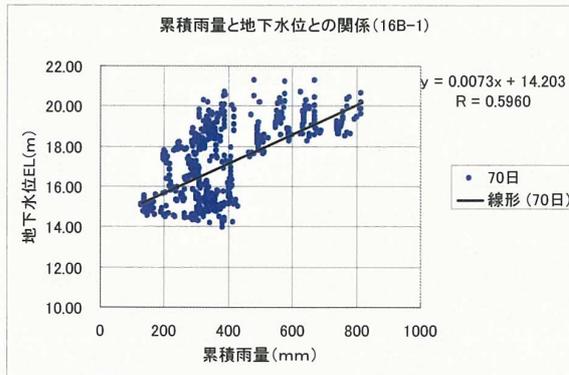
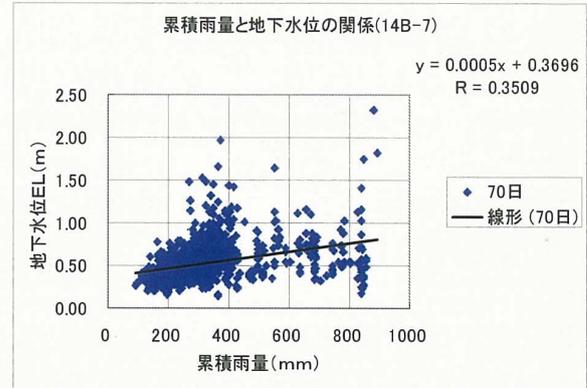
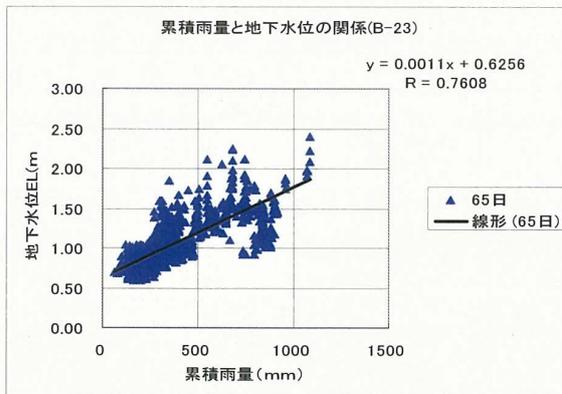
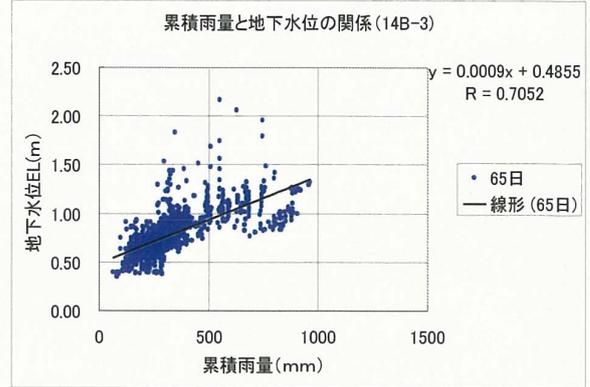
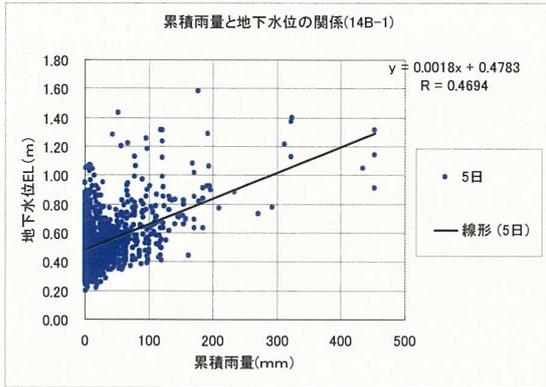


図 3.3.3 各観測孔における累積雨量と地下水位との相関図

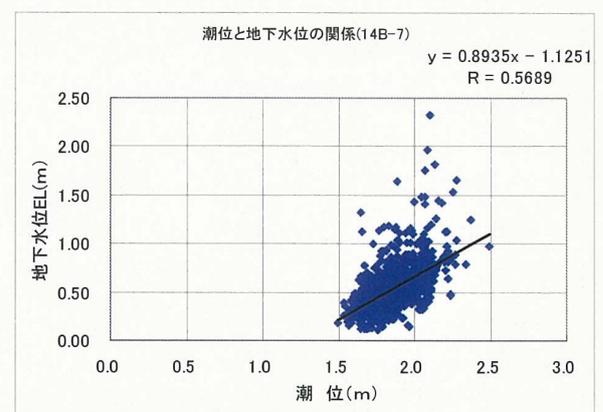
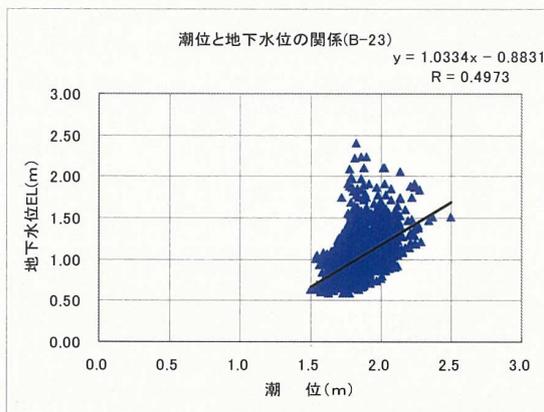
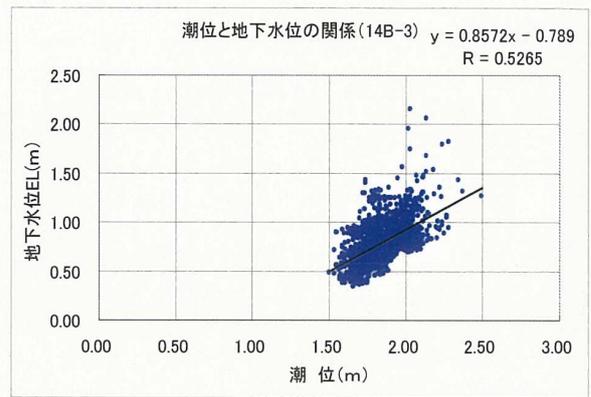
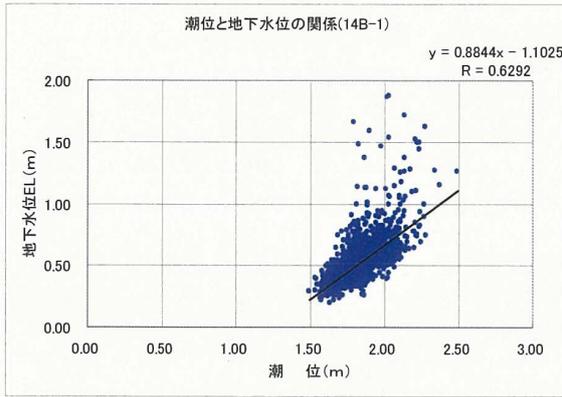


図 3.3.4 各観測孔における潮位と地下水位との相関図

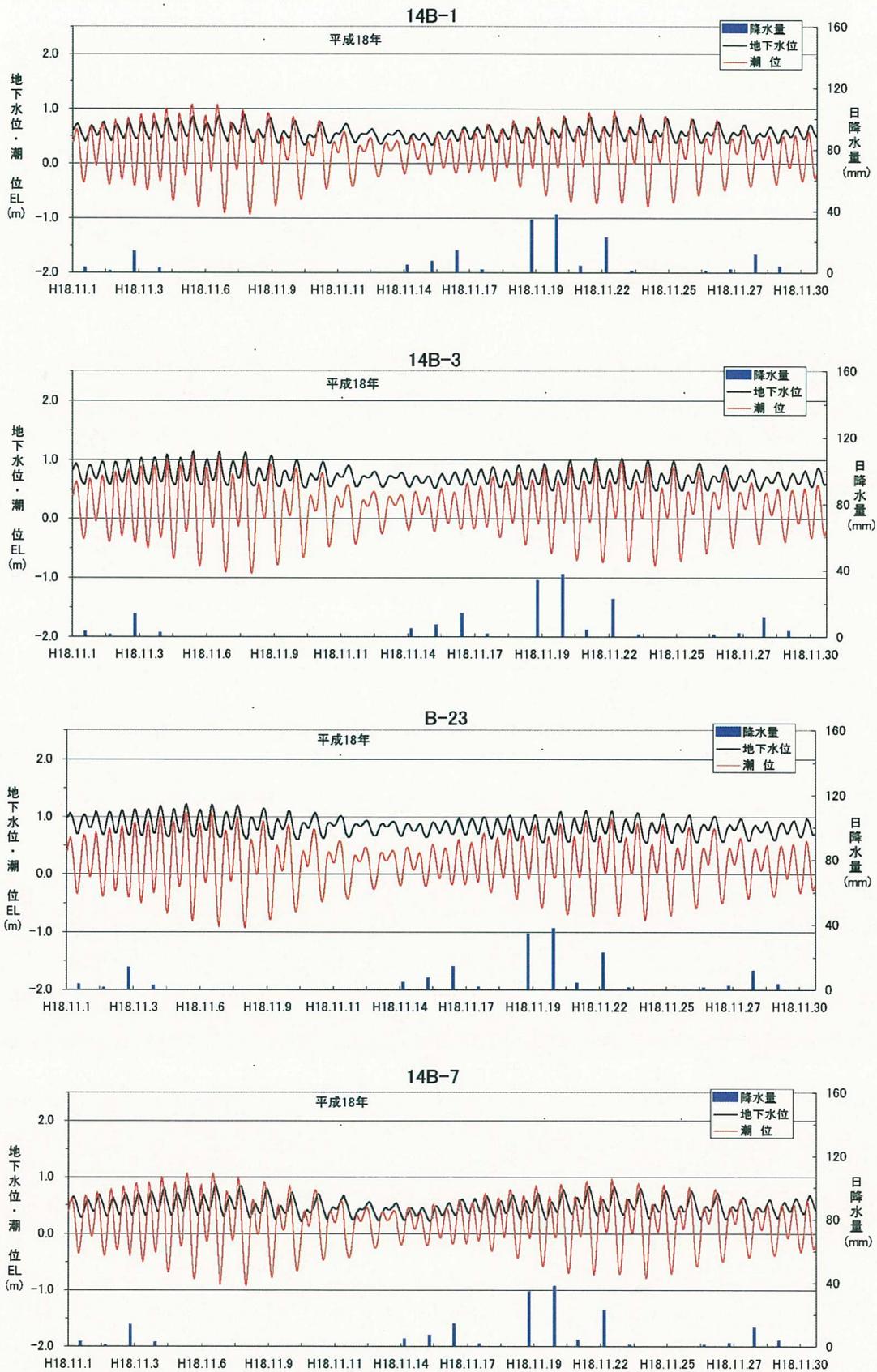


図 3.3.5 地下水位と潮位の変動図(例)

### 3.4 電気伝導度測定結果

電気伝導度は、地下水の塩水化を監視する目的で海岸沿いの沖積層(14B-1、14B-3、B-23、14B-7、18B-1)で実施した。

#### (1)14B-1

この地点の電気伝導度の分布状況は、図 3.4.1 に示すように測定時期により大きく変動し、地下水面より標高-15m 付近までは、1,000~3,000  $\mu\text{S}/\text{cm}$  間で分布する曲線と、1,000~45,000  $\mu\text{S}/\text{cm}$  と大きな範囲で深度方向に大きくなる曲線との間で分布している。これまでの観測結果、この地点の塩淡水境界深度の標高は-13.4m であった。

平成 19 年以降の観測結果は、赤い太線で表示しているように、過年度の分布範囲内にある。

#### (2)14B-3

この地点の電気伝導度の分布状況は、図 3.4.2 に示すように標高-20m 付近まではほぼ深度方向に一定の値を示しているが、それ以深は漸増傾向を示している。標高-26.8m 以深は深度方向にほぼ一定の値を示し、淡水域から漸移帯又は漸移帯から海水域への変化点になっていた。

平成 19 年以降の観測結果は、14B-1 地点同様に過年度の分布範囲内にある。

#### (3) B-23

この地点は最も地下水の豊富な「カラ岳南地下水流域」の中心部の最下流付近に位置している。電気伝導度の分布状況は図 3.4.3 に示すように測定深度内(EL=-30m まで)では平成 16 年 8 月 26 日の値を除いておおむね 500  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ~800  $\mu\text{S}/\text{cm}$  の範囲内で測定されており、全深度淡水の値を示していた。

なお、8 月 26 日の伝導度が一部 900  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ~1,000  $\mu\text{S}/\text{cm}$  を超える値が観測されているのは、平成 16 年 8 月 24 日に接近した台風 17 号による波しぶきの影響によるものと考えられる。

平成 19 年以降の観測結果は、前孔同様に過年度の分布範囲内にある。

#### (4)14B-7

この地点の電気伝導度の分布状況は、図 3.4.4 に示すように測定月日により大幅な範囲で分布し、概ね 300~28,000  $\mu\text{S}/\text{cm}$  程度での範囲で測定されていたが、深度方向への変化は緩やかな曲線を示していた。一時的に降雨により水位が上昇した場合(平成 18 年 2 月 26 日など)には 300~500  $\mu\text{S}/\text{cm}$  淡水域の値を示す時も見られるが、ほとんどの時期 5,000  $\mu\text{S}/\text{cm}$  以上の漸移帯(汽水)の値を示していた。

平成 19 年以降の観測結果は、前孔同様に過年度の分布範囲内にある。

#### (5)18B-1

この地点 14B-7 地点の代替地点であり、小河川の表流水が伏流する地点の下流側に位置している。電気伝導度の分布状況は図 3.4.5 に示すように全深度とも 600  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ~750  $\mu\text{S}/\text{cm}$  の範囲内で測定されており、淡水の値を示していた。

これまでの観測結果、各孔における淡水から海水に移行する深度は次表に示すとおりである。

表 3.4.1 塩淡水境界深度

孔 番	塩淡水境界深度
	EL(m)
14B-1	-13.4
14B-3	-26.8
B-23	-32m付近まで不明
14B-7	-1.2
18B-1	-11m付近まで不明

なお、図3.4.6は14B-1地点の観測結果を月ごとに整理したものである。この地点は、前述したように測定時期によって伝導度の分布状況は大きく変化するが、同時期のそれはほぼ同じような傾向を示している。すなわち、降雨量の少ない11月～3月にかけては、比較的浅い深度（標高-3m～-7m付近）に変曲点が現れ、伝導度は深度方向にじだいに増大していく傾向を示している。一方、降雨量の多い6月～10月にかけては、その変曲点はこれより深い深度（標高-9m～-15m付近）に移動し、伝導度は急激に増大している。その間の4月と5月は、降雨量の少ない時期は前者の、降雨量の多い時期は後者の伝導度分布状況をそれぞれ示している。このように、豊水期と渇水期によって伝導度の分布状況が変化することが明らかになった。

今後、他の観測孔においても同様な分析を行う予定である。

# 地下水の電導度分布

調査位置	石垣市	孔口標高	EL+4.95m
調査地点	14B-1	塩ビ管立上り	GL+0.66m

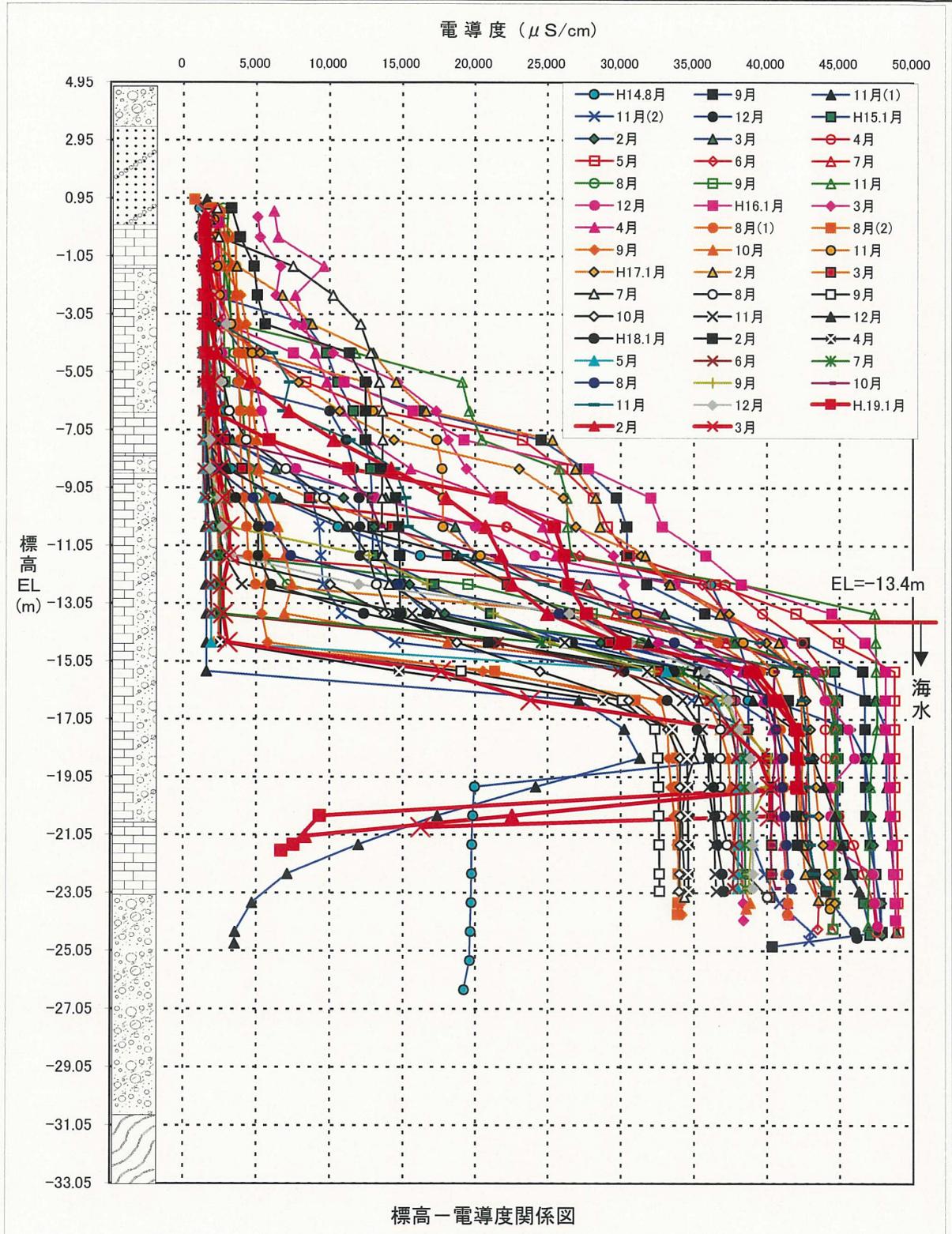


図 3.4.1 地下水の電導度分布(14B-1)

# 地下水の電導度分布

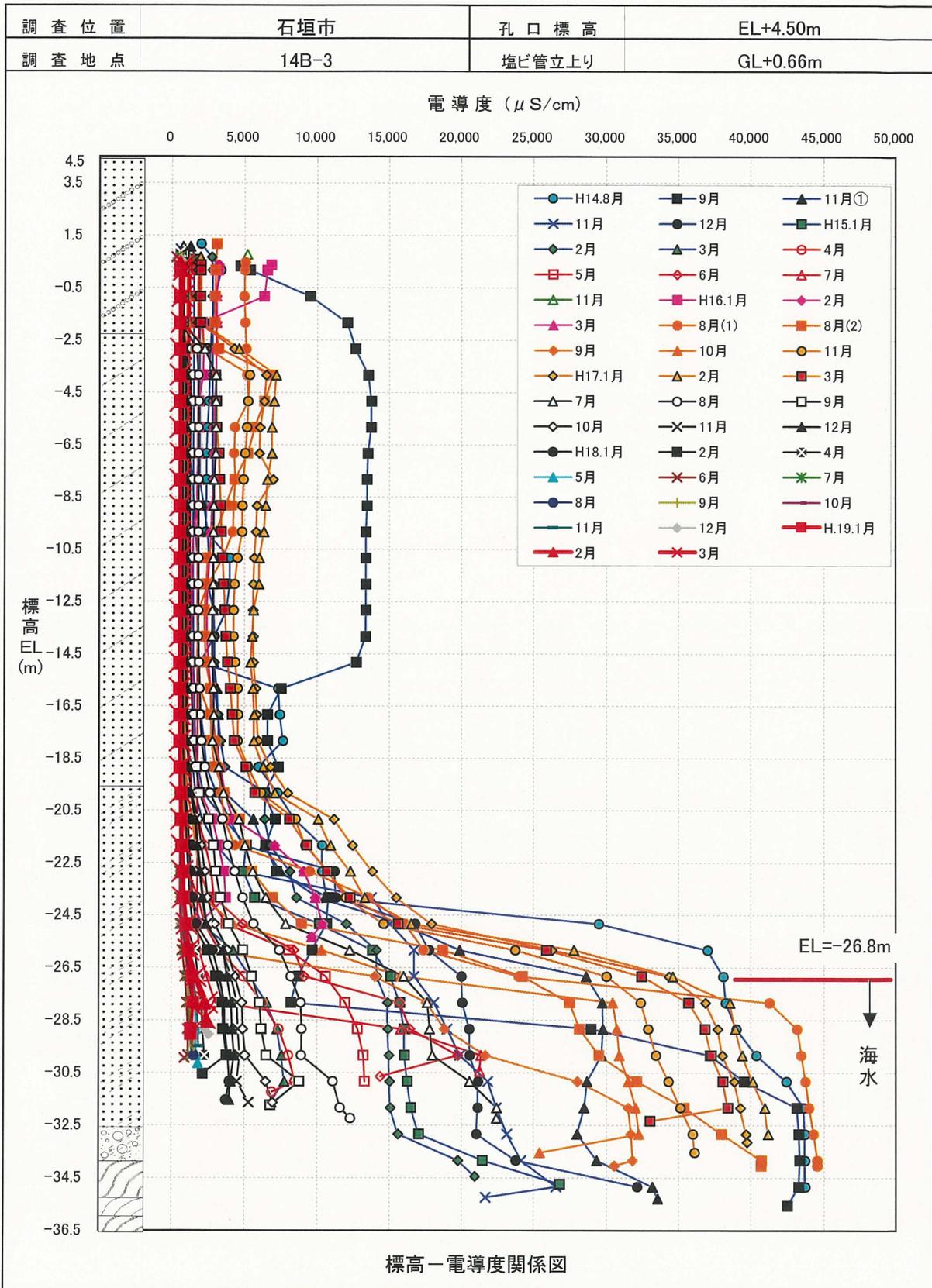


図 3.4.2 地下水の電導度分布(14B-3)

# 地下水の電導度分布

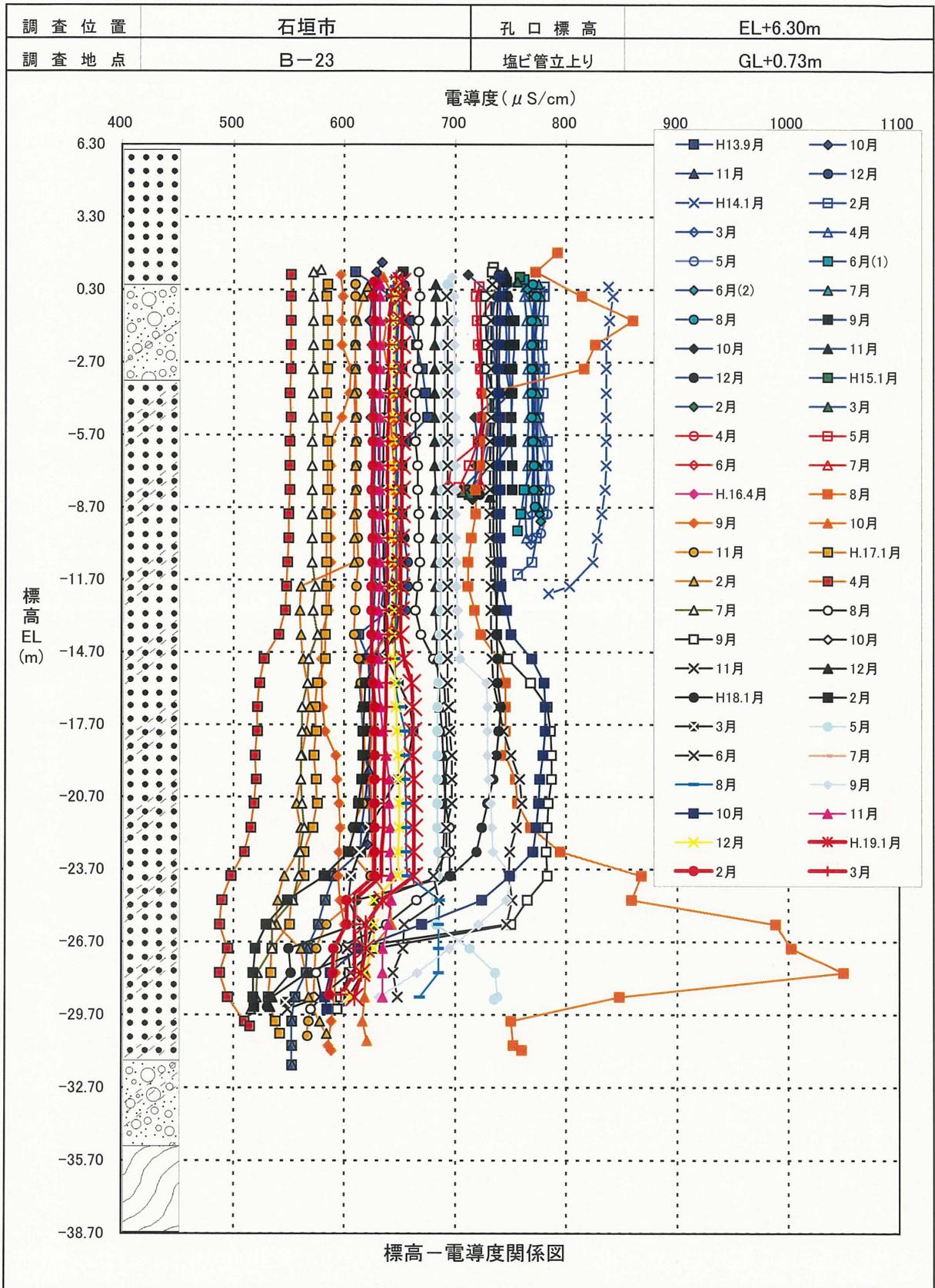
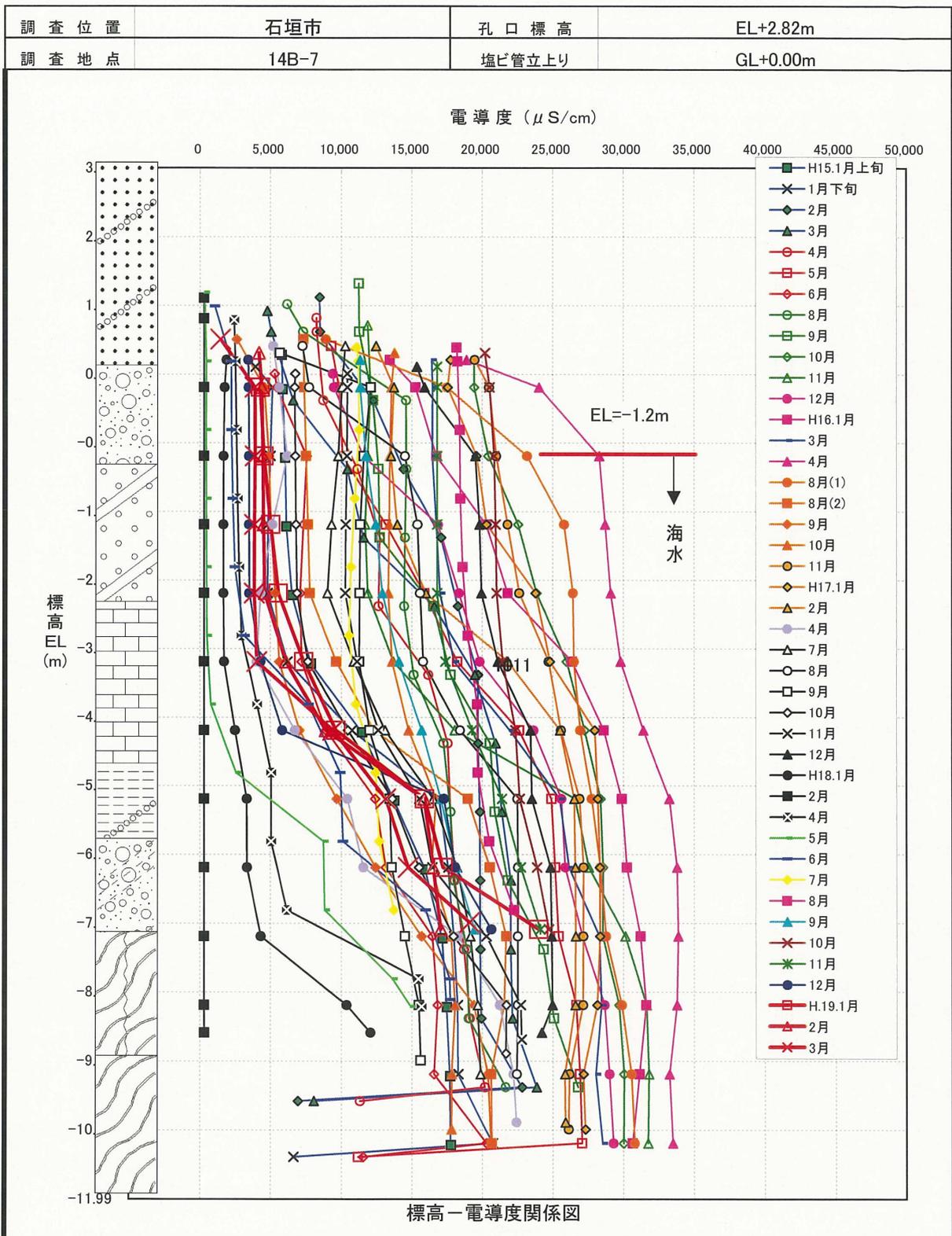


図 3.4.3 地下水の電導度分布(B-23)

# 地下水の電導度分布



# 地下水の電導度分布

調査位置	石垣市	孔口標高	EL+3.94m
調査地点	18B-1	塩ビ管立上り	GL+0.63m

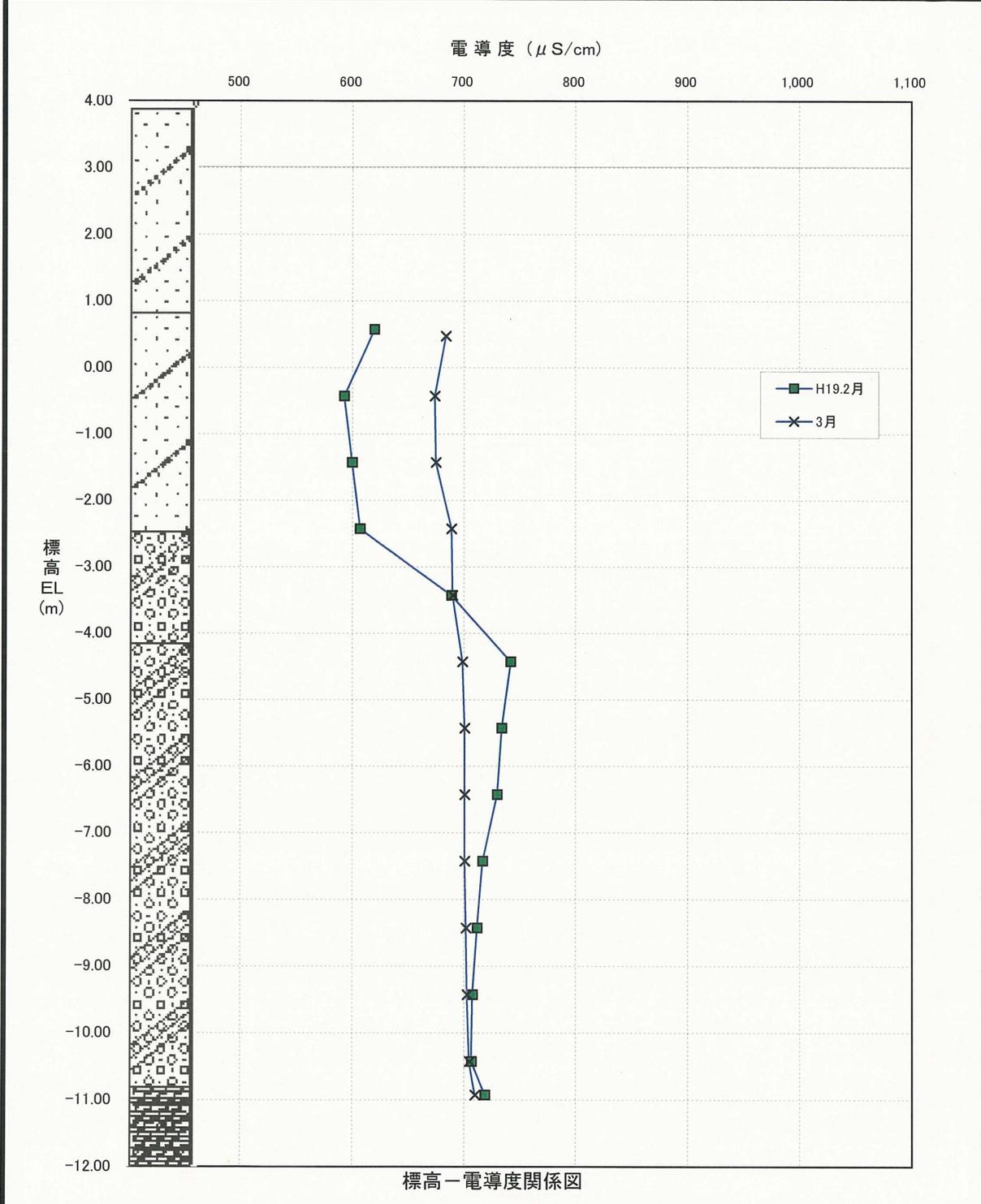


図 3.4.5 地下水の電導度分布(18B-1)

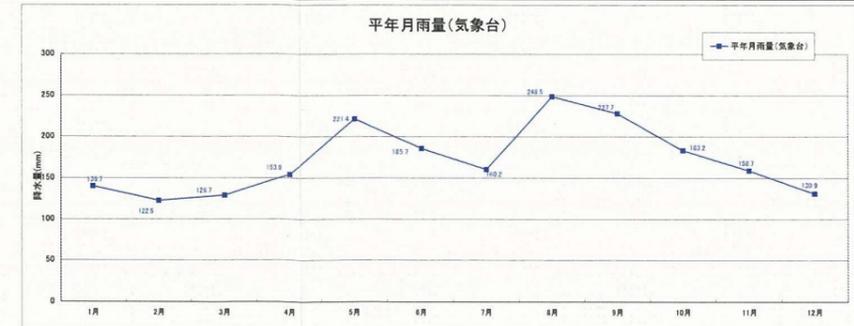
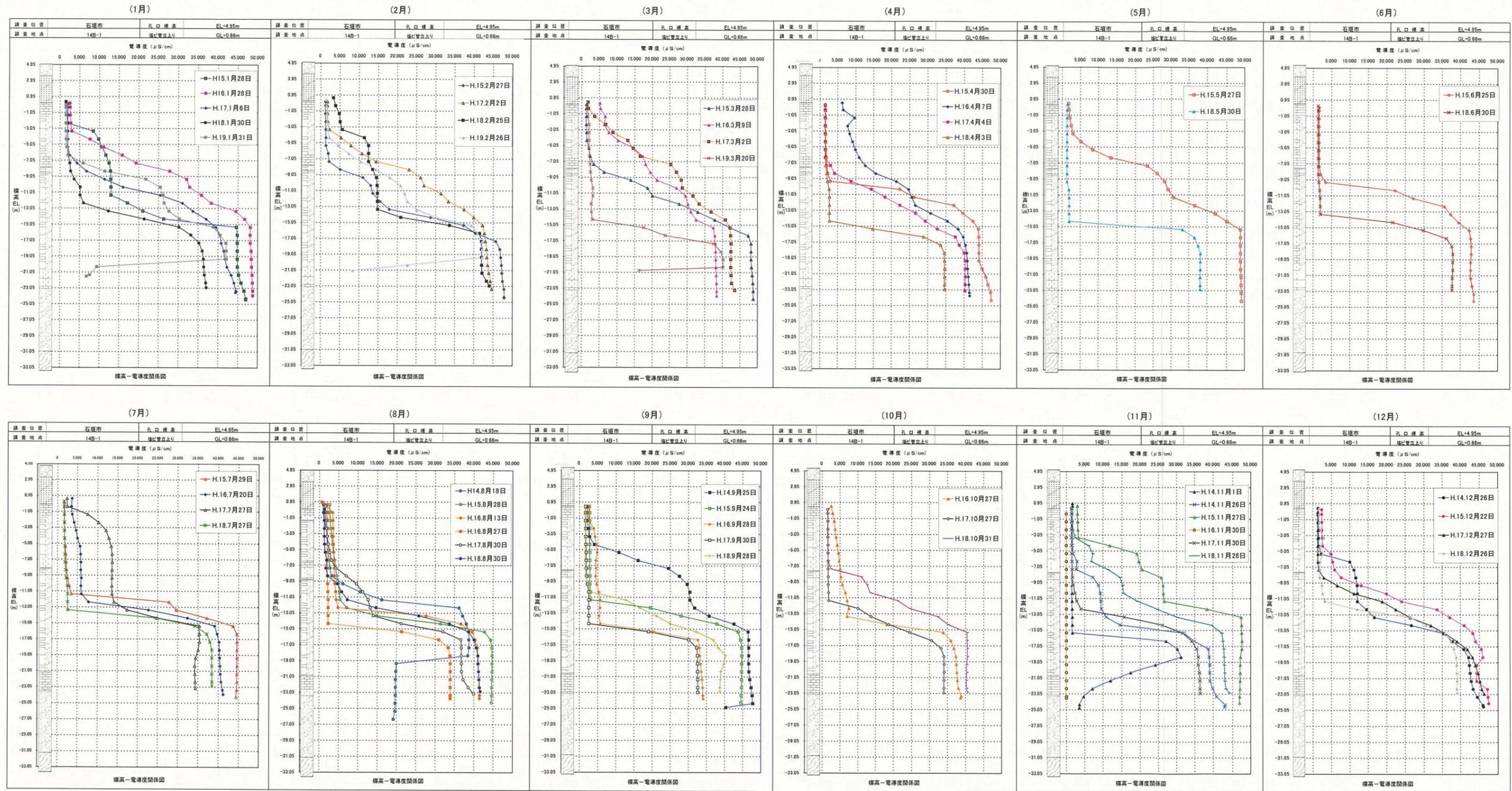


図 3.4.6 地下水の電導度分布(14B-1)

### 3.5 水質分析結果

水質分析結果は図 3.5.1～図 3.5.7 に示すとおりである。

#### (1) 浮遊物質 SS (mg/L)

浮遊物質 SS (mg/L) は水中に漂っているゴミや土粒子の量を示し、水の濁りの程度を表す指標である。分析結果によると、2006 年 7 月 27 日の極端に大きな値を除いて 11mg/L 以下であった。なお、2006 年 7 月 27 日採水時の値が極端に高いが、これは観測孔内に樹根が侵入したことなどにより、採水時に周辺土砂が流入したことによるものと考えられ、12 月の観測孔再設置後はおおむね元の値に戻っている。

#### (2) 濁度 (度)

濁度も SS 同様に、極端に高い値を除いて 10 度以下であった。

なお、各地点の水質状況は次のとおりである。

##### ・ 14B-1 地点

この地点の地下水は、海水の影響を受け、概ね汽水の状態にある（ナトリウム、カリウム、マグネシウム、塩素、硫酸イオン、および電気伝導度の各分析値が通常の地下水の値に比べ高い）。また、全窒素の含有量は調査地点で最も多い。これは周辺の土地利用状況から肥料に起因するものと考えられる。

##### ・ 14B-3 地点

この地点の地下水は、ほぼ淡水に近い状態にあるが、アンモニウム性窒素および亜硝酸性窒素が比較的高い値が検出される場合が見受けられており、この地点はアンモニウム性窒素および亜硝酸性窒素の発生し易い環境下にあるものと推察される。

なお、「2006.2.25」測定 of 亜硝酸性窒素が他の測定値に比べ高い値を示しているが、これは次の要因が考えられる。

○ アンモニアを含んだ水（調査地点の周辺状況から推察すると、肥料からの溶脱が考えられる）が地下浸透し、そのアンモニウム性窒素が酸化され、亜硝酸性窒素に変化したことが推察される。

これまでの、本地点におけるアンモニウム性窒素の経時変化状況をみると、比較的高い値が検出される場合が見受けられる（2003.11.26、2005.8.30）。その際、亜硝酸性窒素も検出されている。「2003.11.26、2005.8.30」調査時には、アンモニウム性窒素の比率が多い結果である。これより、14B-3 地点はアンモニウム性窒素および亜硝酸性窒素の発生し易い環境下にあるものと推察される。

一方、アンモニウム性窒素および亜硝酸性窒素は、水中の酸素状況や窒素形態に関与するバクテリアの繁殖状況によって、その形態以降の状況は変わってくる。「2006.2.25」調査については、アンモニウム性窒素が亜硝酸性窒素に変化したことが考えられる。

##### ・ B-23 地点

この地点の地下水は、海水の影響を受けていない、完全な淡水である。窒素化合物による影響は 14B-1 地点に次いで受けている。

##### ・ 14B-7 地点

この地点の地下水は、調査地点で最も海水の影響を受けている。

各分析値の最高値と最低値の値は、表 3.5.1 に示すとおりである。

表 3.5.1 分析結果

採水地点 分析項目	14B-1			14B-3			14B-7			B-23		
	最低値	最高値	平均値									
水素イオン濃度 pH	7.2	7.7	7.3	7.2	7.8	7.5	7.6	8.1	7.8	7.3	7.6	7.4
浮遊物質量 SS mg/l	<1	8	3	<1	6	4	<1	8	3	<1	5	3
濁度 度	<0.1	5.7	1.5	0.2	4.9	1.1	0.7	7.4	2.7	0.1	4.2	0.7
溶解性鉄 S-Fe mg/l	<0.05	0.08	0.07	<0.05	0.009	0.08	<0.05	0.23	0.15	<0.05	<0.05	<0.05
アンモニウム性窒素 NH <sub>4</sub> -N mg/l	<0.02	0.09	0.04	<0.02	0.22	0.06	<0.02	0.25	0.07	<0.02	0.08	0.04
アンモニウムイオン NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> mg/l	<0.03	0.06	0.05	<0.03	0.28	0.07	<0.03	0.32	0.09	<0.03	0.10	0.05
亜硝酸性窒素 NO <sub>2</sub> -N mg/l	<0.001	0.017	0.009	<0.001	0.303	0.032	<0.001	0.018	0.005	<0.001	0.005	0.005
硝酸性窒素 NO <sub>3</sub> -N mg/l	5.04	14.2	8.48	<0.02	3.05	1.05	<0.02	0.78	0.40	1.73	5.96	3.60
硝酸イオン NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> mg/l	22.3	62.9	37.6	<0.09	5.62	4.1	0.8	3.45	1.77	7.48	23.8	16.0
全窒素 T-N mg/l	5.41	16.5	9.39	0.33	2.31	1.25	0.29	1.46	0.73	1.95	6.46	3.95
磷酸態磷 PO <sub>4</sub> -P mg/l	0.006	0.087	0.025	0.009	0.345	0.087	0.004	0.139	0.053	0.009	0.071	0.032
全磷 T-P mg/l	0.017	0.128	0.058	0.043	1.05	0.192	0.02	0.223	0.108	0.021	0.138	0.051
ナトリウムイオン Na <sup>+</sup> mg/l	89.4	2420	558	35.6	724	235	677	4700	1882	23.8	164	53
カリウムイオン K <sup>+</sup> mg/l	5.58	85.8	20.4	2.61	23.3	6.2	23.7	133	69.56	0.62	2.45	1.69
カルシウムイオン Ca <sup>2+</sup> mg/l	114	259	146	38.6	299	125	55.6	254	124	38	216	104
マグネシウムイオン Mg <sup>2+</sup> mg/l	45.1	317	95.4	4.89	145	40.0	71.2	569	243.6	5.04	19.1	10.0
塩素イオン Cl <sup>-</sup> mg/l	176	4630	1014	33.7	1930	499	988	8240	3503	27.6	409	102
硫酸イオン SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> mg/l	58.3	660	172	16.0	243	72.0	166	947	467	16.1	34.4	19.9
炭酸水素イオン HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> mg/l	317	414	362	214	321	250	141	203	177	226	374	296
イオン状シリカ SiO <sub>2</sub> mg/l	7.5	16.8	8.4	11.2	28.1	13.7	10.6	26.2	12.7	11.6	30.6	13.8
電気伝導度 EC ms/m	121	1400	403	53.5	665	206	349	2550	1089	61.2	174	85

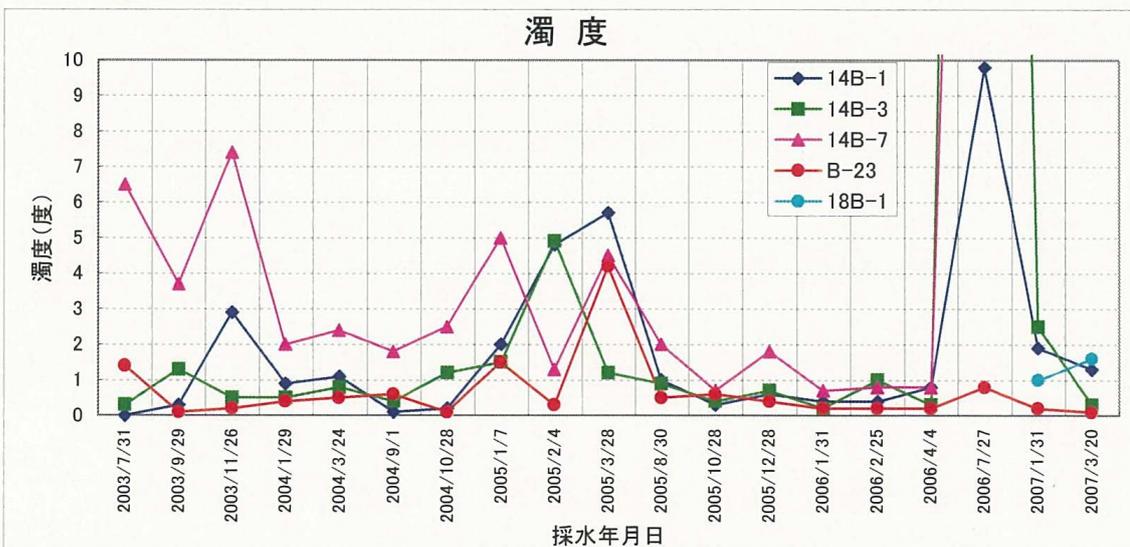
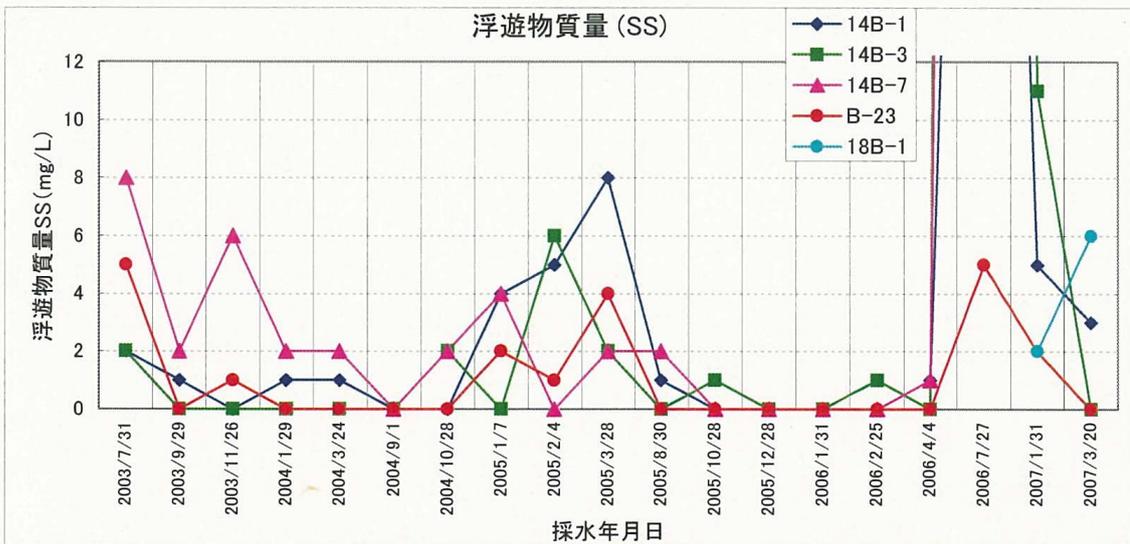
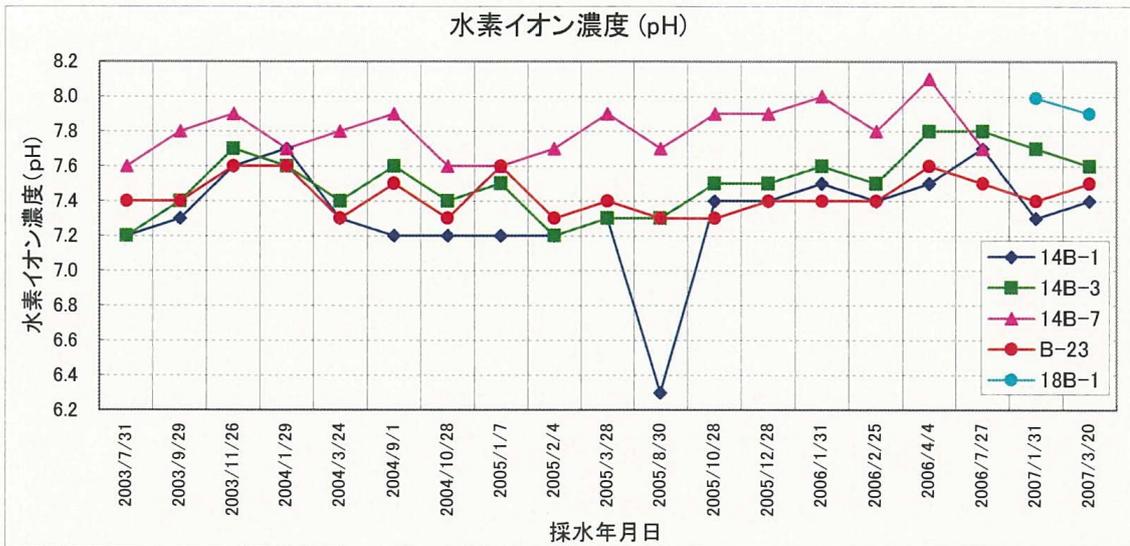


図 3.5.1 水質分析結果 (pH、SS、濁度)

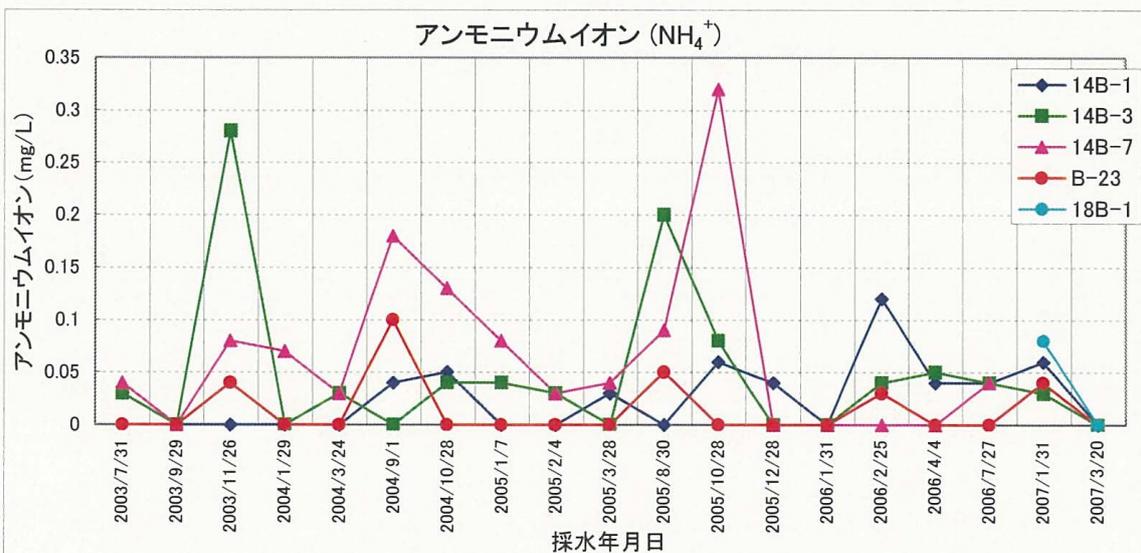
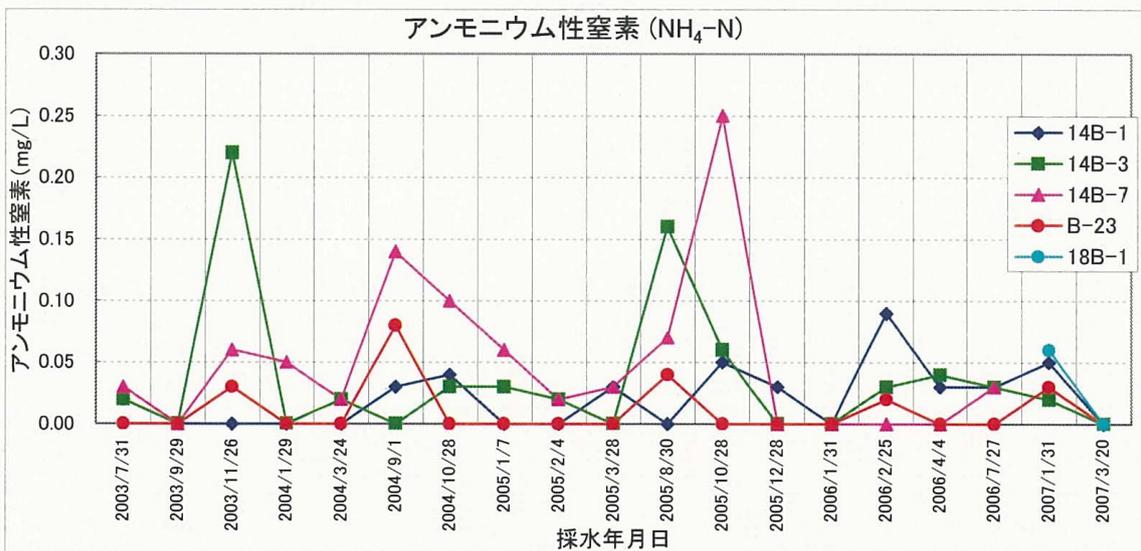
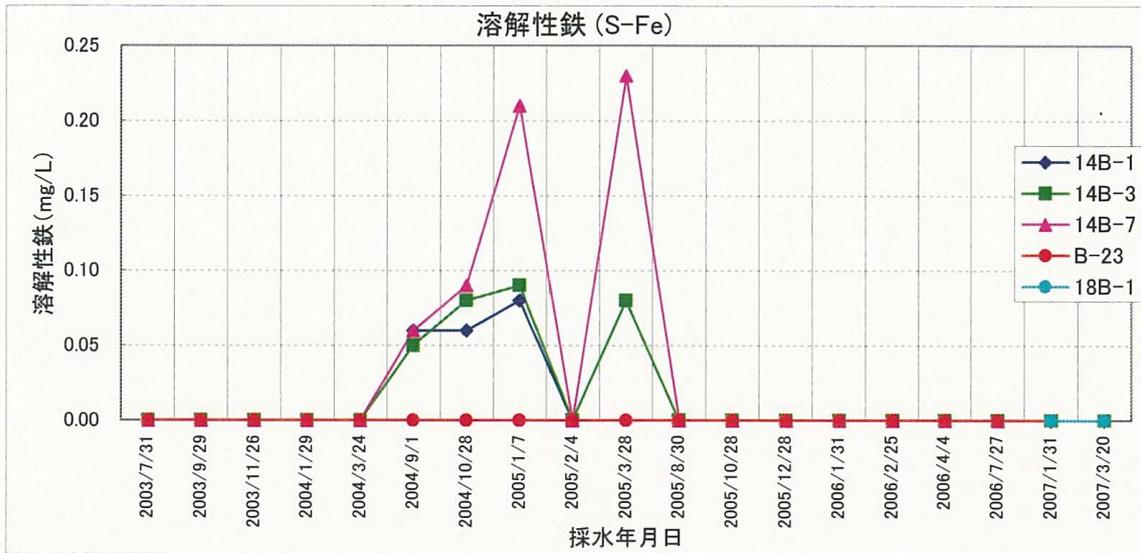


図 3.5.2 水質分析結果 (S-Fe、NH<sub>4</sub>-N、NH<sub>4</sub><sup>+</sup>)

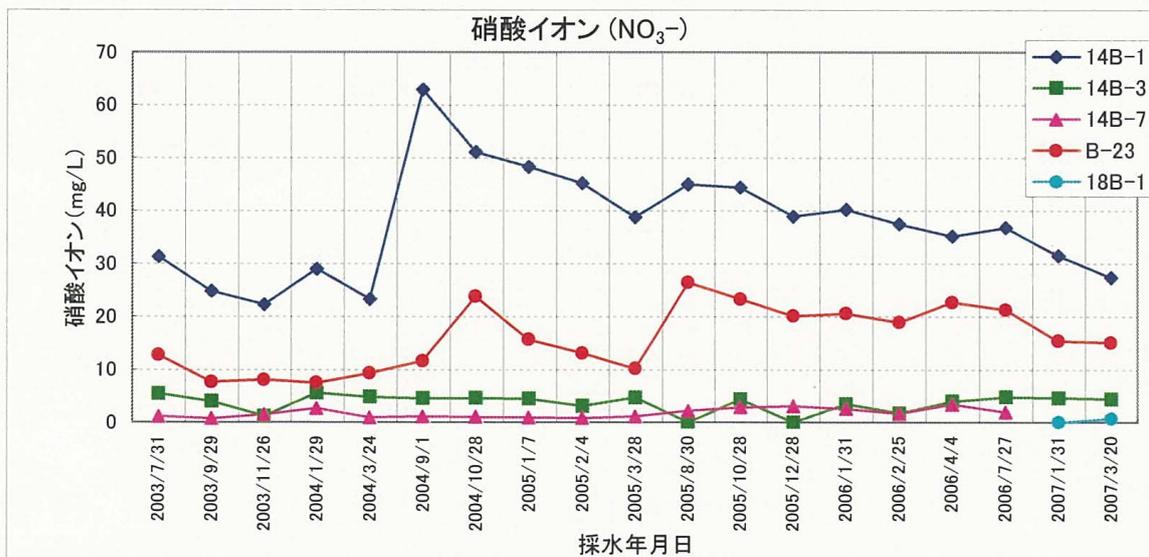
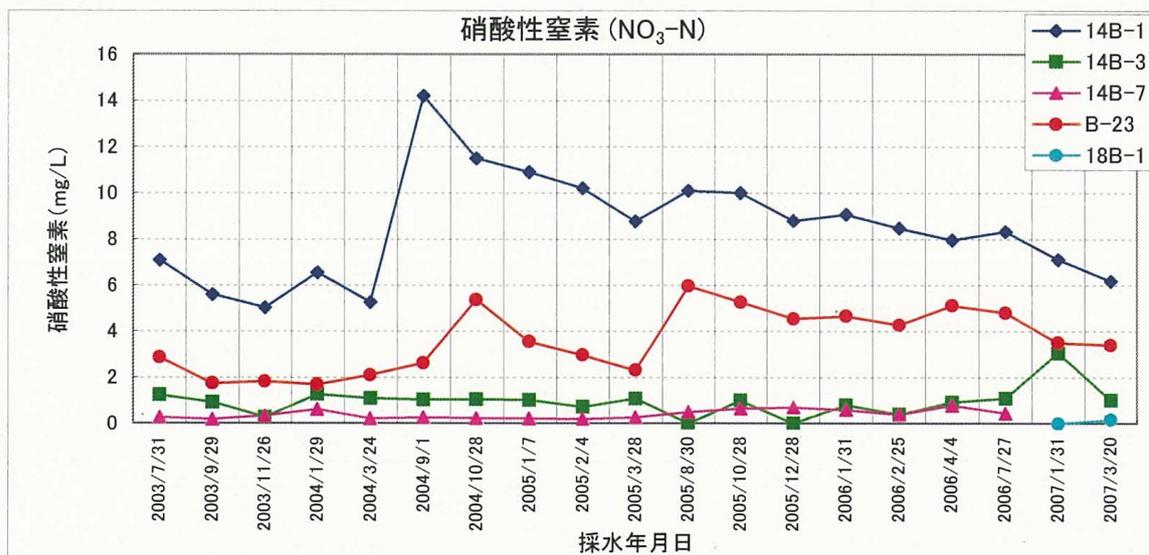
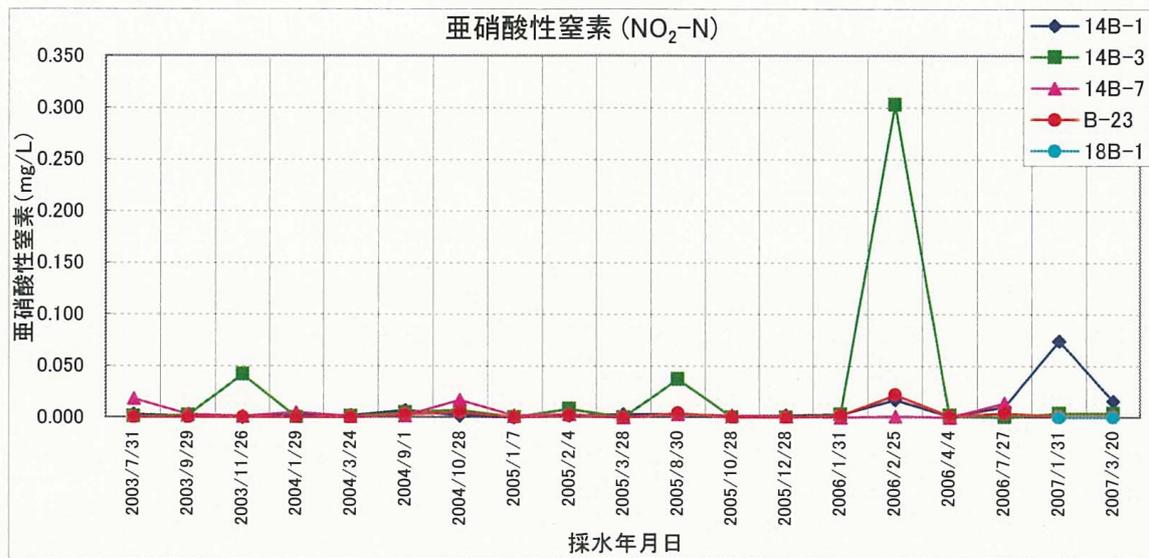


図 3.5.3 水質分析結果 (NO<sub>2</sub>-N、NO<sub>3</sub>-N、NO<sub>3</sub><sup>-</sup>)

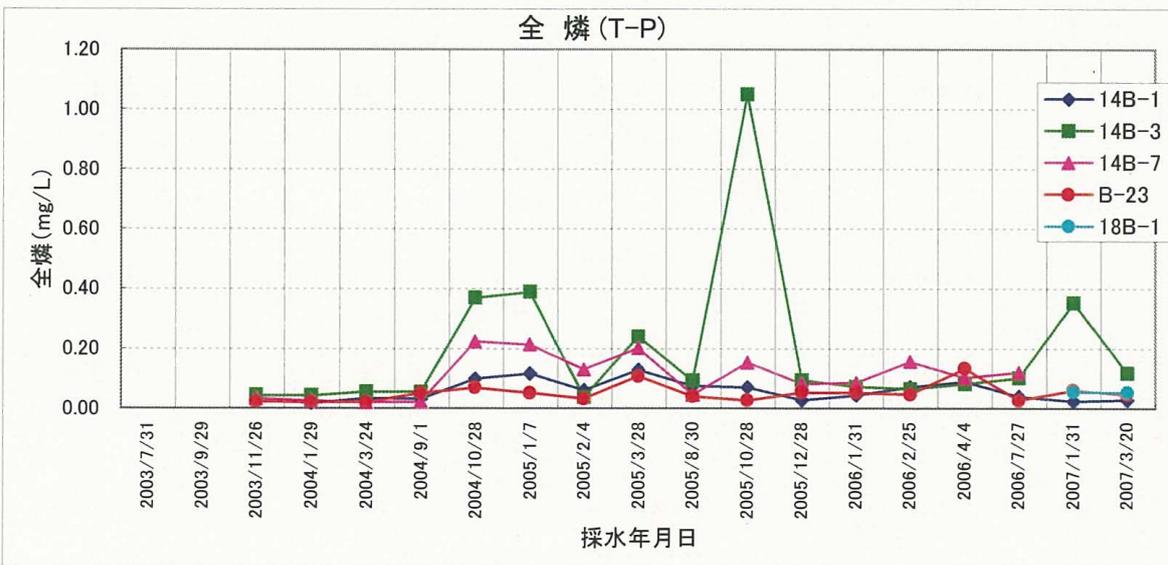
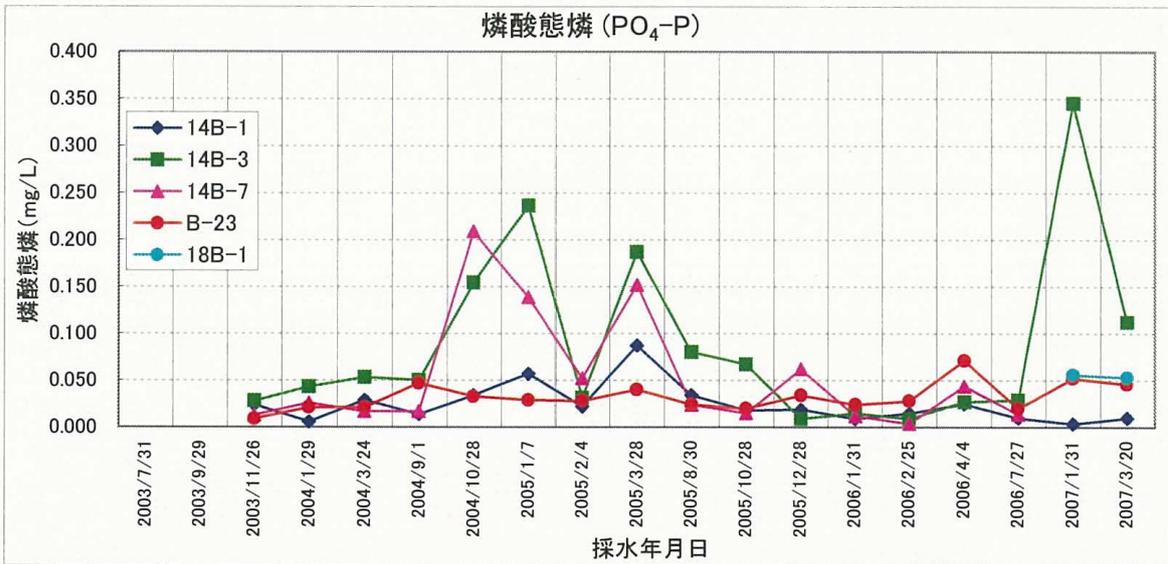
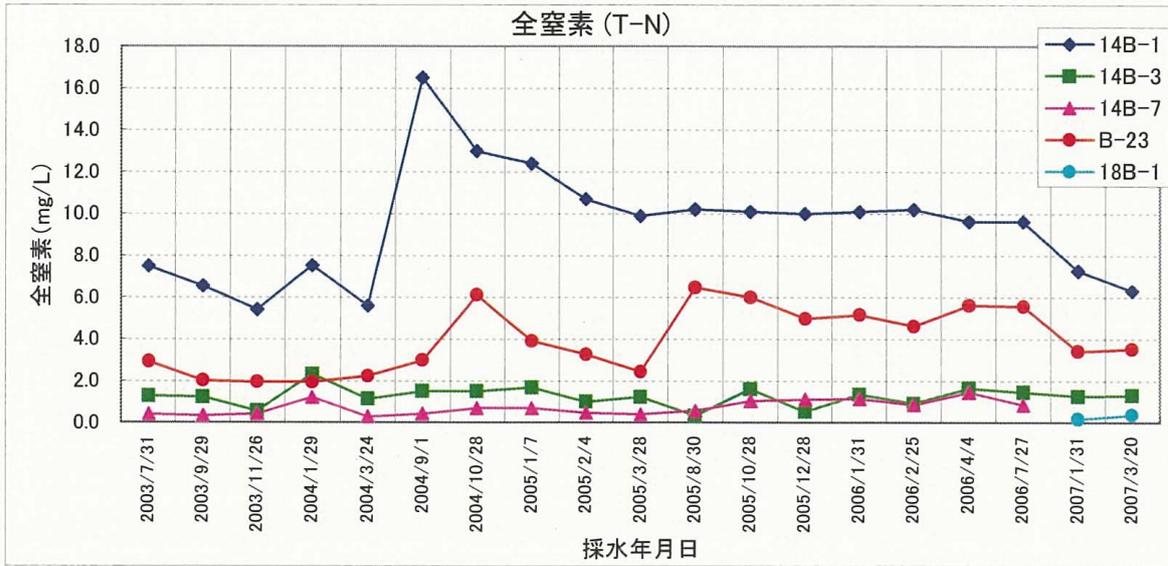


圖 3.5.4 水質分析結果 (T-N、PO<sub>4</sub>-P、T-P)

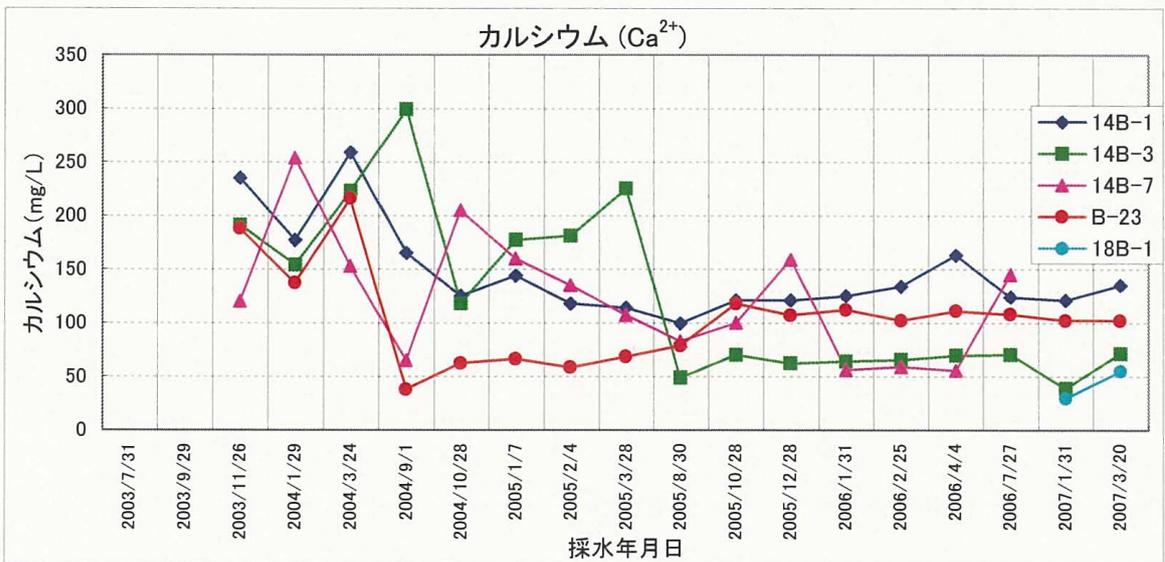
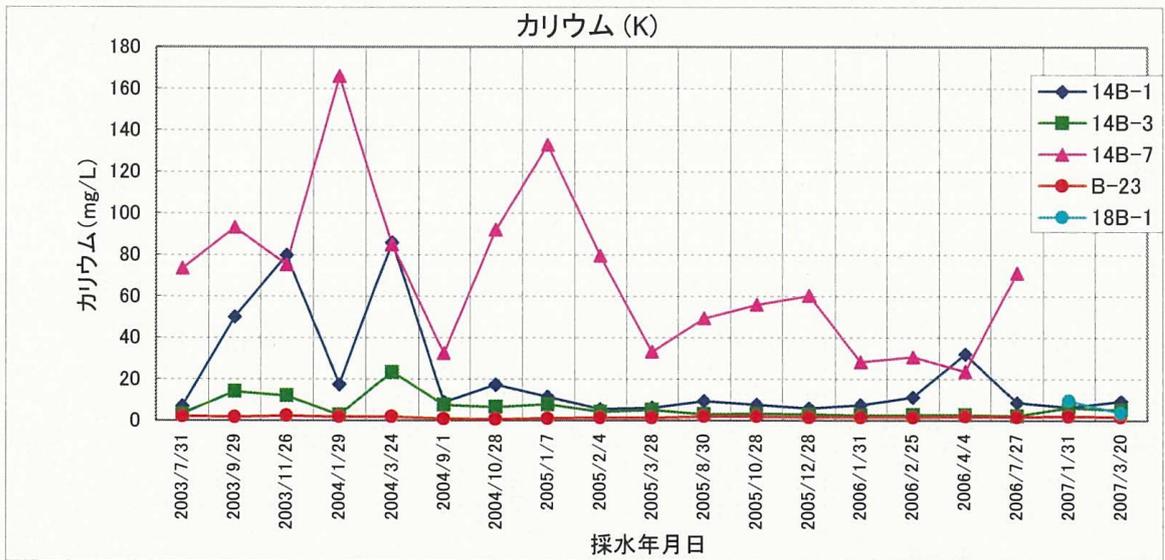
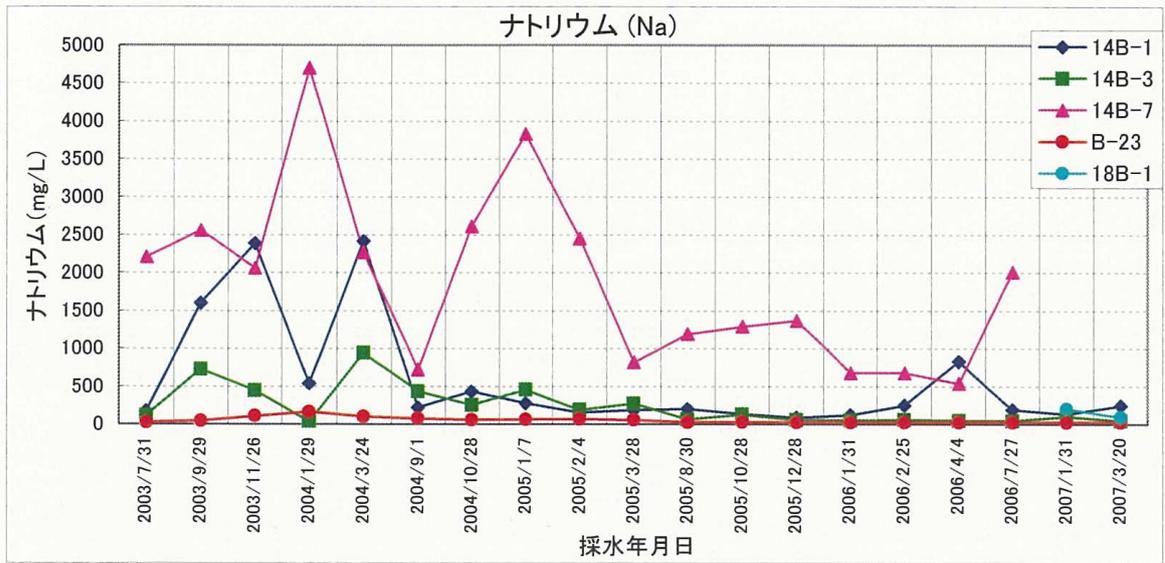


図 3.5.5 水質分析結果 (Na、K、Ca<sup>2+</sup>)

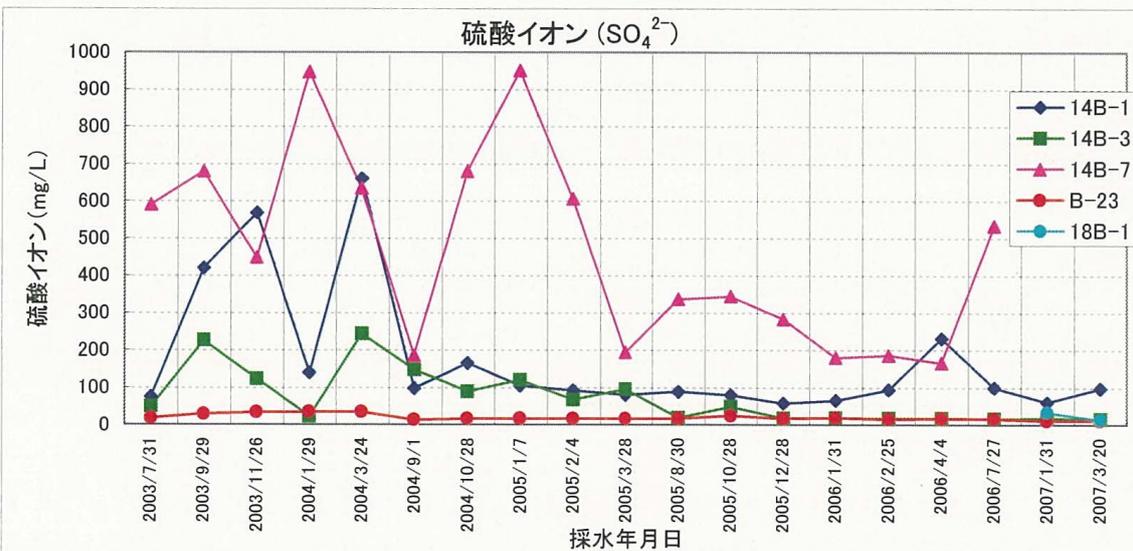
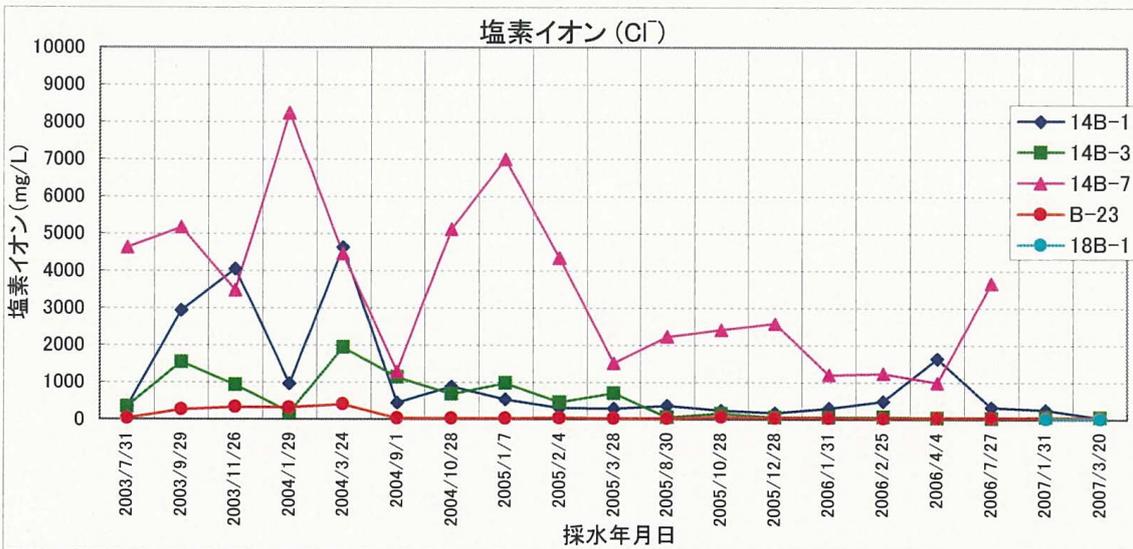
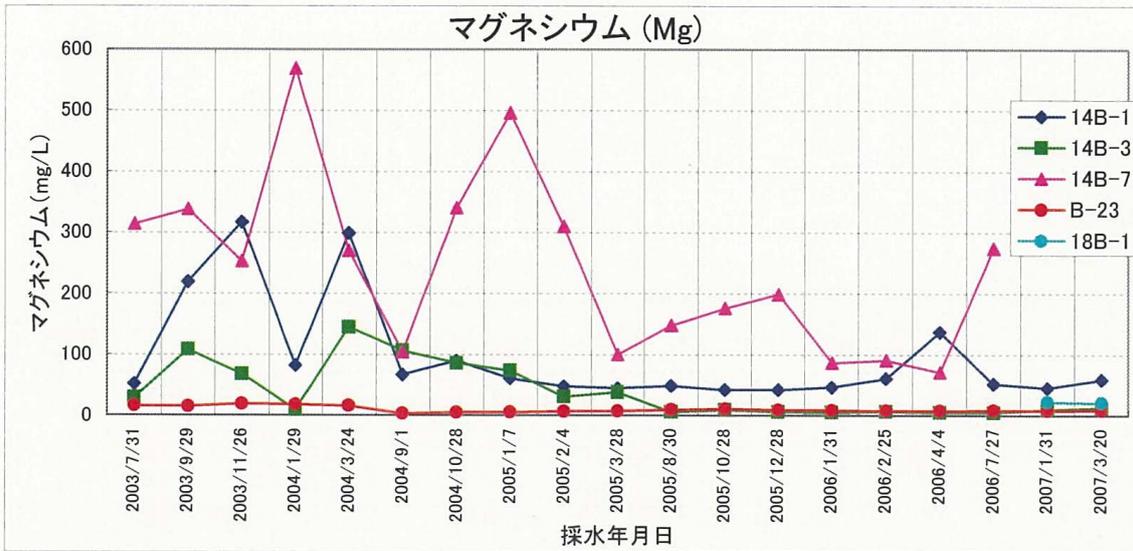


図 3.5.6 水質分析結果 (Mg, Cl<sup>-</sup>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>)

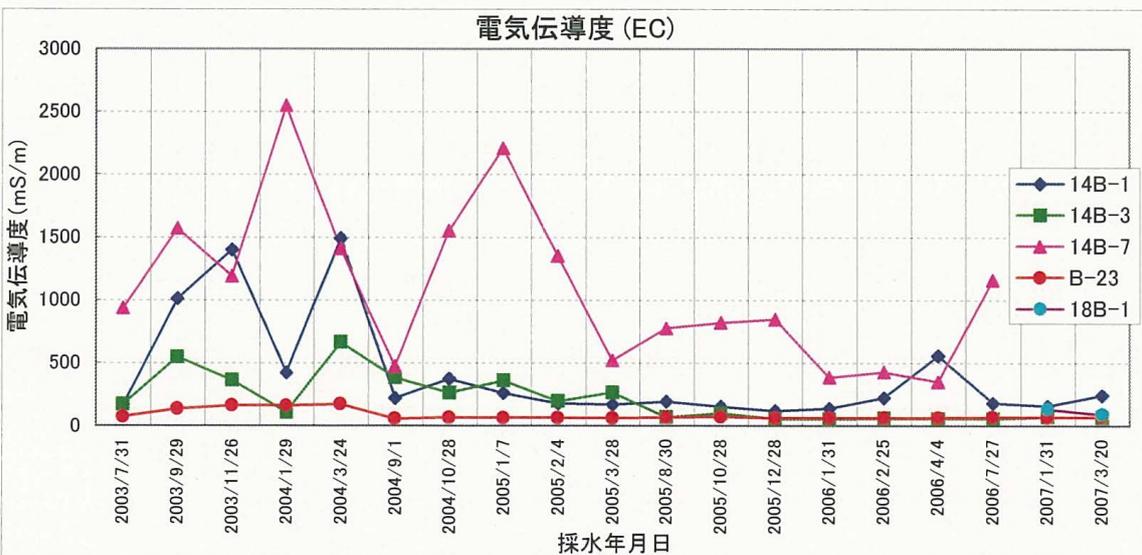
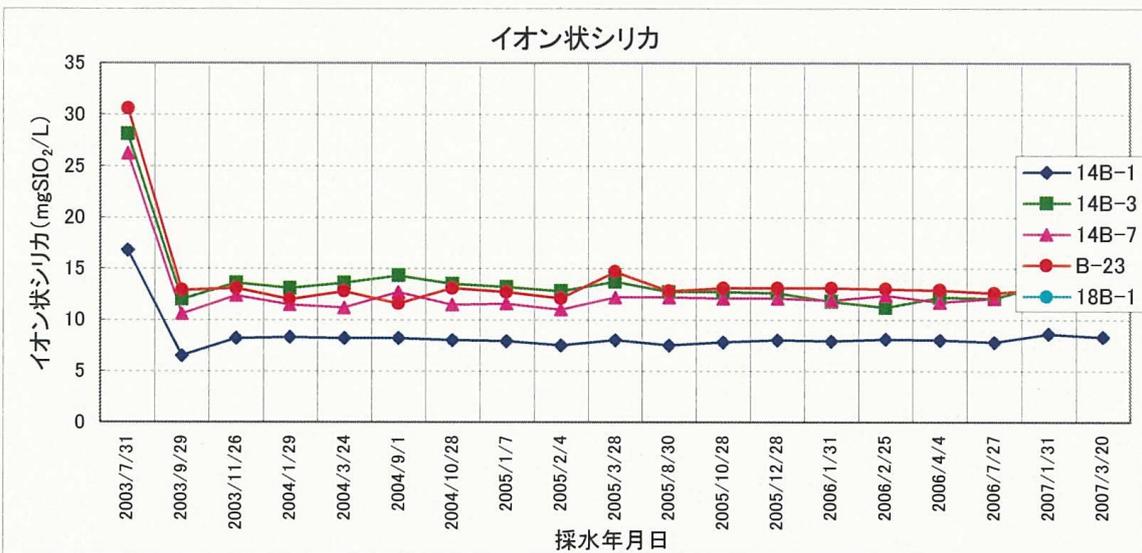
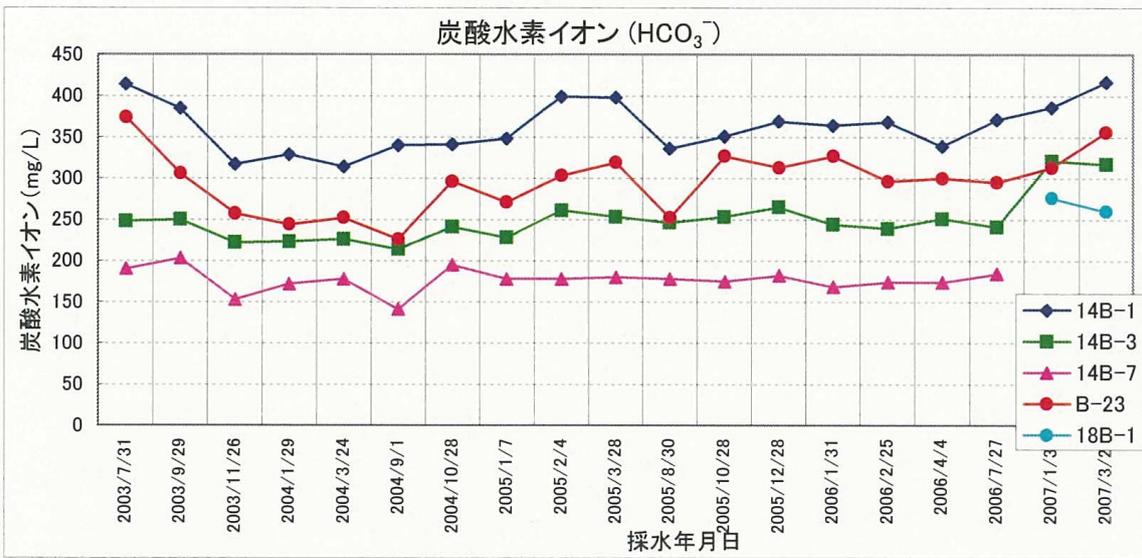


図 3.5.7 水質分析結果(HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>、イオン状シリカ、EC)

### 3. 6. 雨量観測

#### 1) 月別総降水量

図 3. 6. 1 は、H17 年 1 月～H18 年 12 月までの R-1 および R-2 の自記雨量計における月別総降水量の図である。同図には、石垣島測候所における 1971 年～2000 年の 30 年間の平年月雨量（月別）と同年月の月総雨量も併記してある。観測結果は以下のとおりであった。

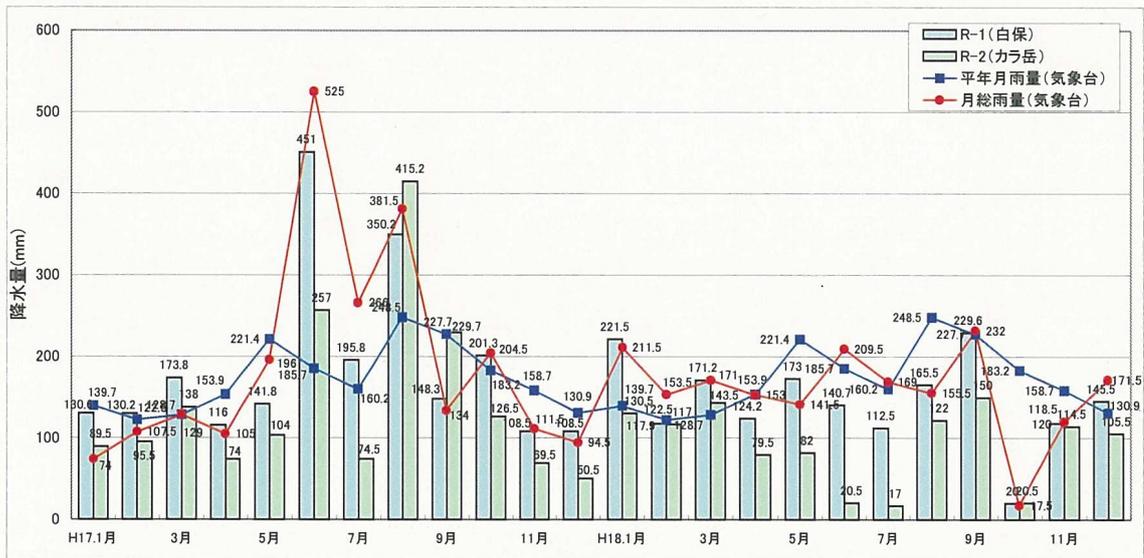


図 3. 6. 1 月別総降水量(自記雨量計)

- (1) 平成 18 年の月別降水量は、平年に比べ 1 月から 3 月にかけては多雨傾向にあったが、4 月以降は 9 月と 12 月が平年並みでその他の月は軒並み平年雨量を下回った。特に 10 月においては、平年雨量が 183.2mm であるのに対し、僅か 20mm であった。
- (2) 一方、平成 17 年月別降水量は、6 月と 10 月を除いてほぼ平年並みであったが、6 月では R-1 で 451mm が記録され、平年月雨量(185.7mm)の約 2.4 倍、また、8 月においても、平年月雨量(248.5mm)の約 1.7 倍の降水量が観測されている。

なお、石垣島測候所調べの 6 月の総降水量は 525mm で、過去 36 年間中の 6 月の総降水量としては歴代 1 位となっている。

## 2) 年間総降水量

図 3. 6. 2 は、1970 年～2006 年の過去 37 年分（石垣島測候所データ）の年間総降水量を示したものである。

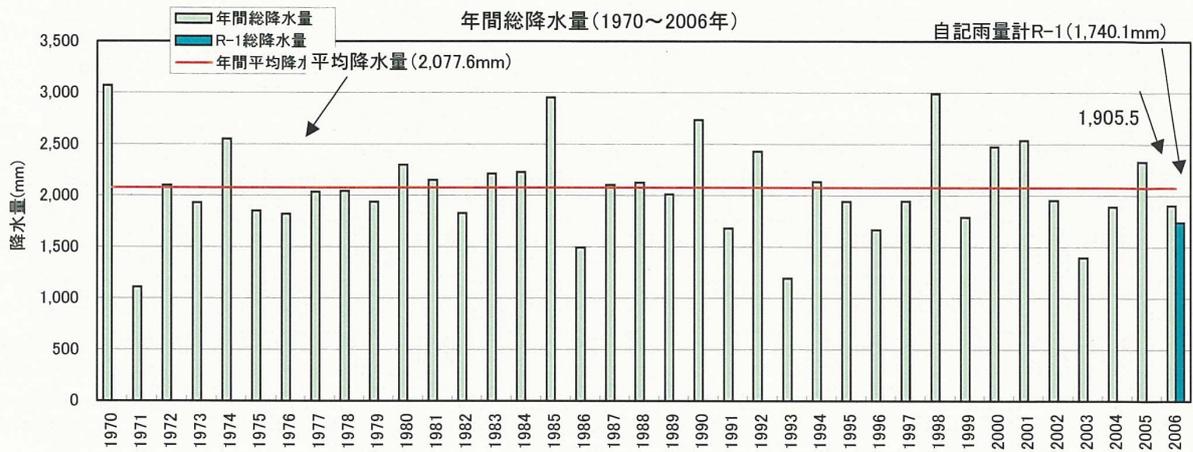


図 3. 6. 2 年間総降水量(石垣島測候所観測)

(1) 平成 18 年（2006 年）年間総降水量は、R-1 で 1740.1mm（石垣島測候所で 1905.5mm）あり、年平均降水量（2077.6mm）を 172.1mm 下回った。

(2) 一方、平成 17 年（2005 年）の年間総降水量は、R-1 で 2256mm（石垣島測候所 2,328.5mm）であり、4 年振りに平均降水量 2,082.3mm（過去 36 年平均）を 246.2mm 上回る豊水年であった。

(3) 平成 17 年の降水量の特徴としては、平均降水量を上回るのが 5 ヶ月だけで、昨年の平成 16 年の 4 ヶ月と大差はないが、6 月の梅雨前線に伴う観測史上 1 位となるほどの大雨や雨雲を連れた大型台風の数度の接近に伴う 7 月、8 月の大雨が平均降水量を上回る要因となった。

(4) 逆に、平成 15 年（2003 年）の年間総降水量は、R-1 で 1386.2mm（石垣島測候所 1,395mm）で、1970 年以降の年間総降水量としては 3 番目に少ない雨量であった。

### 3.7 事後調査の結果と過年度調査結果の比較検討結果

#### (1) 地下水の水位

事後調査における沿岸部の4地点(14B-1、14B-3、B-23、14B-7)の地下水位は、事前調査の最低水位を下回ることはなかった。一方、内陸部の工事区域外に位置する16B-1地点においては、平成19年2月22日にEL=13.39mが観測され、過去最低水位より0.24mほど低い値が得られた。これは、この地点が工事区域外に位置し、かつ平成18年の年間総降水量が平年に比べ172mmほど少なかったことから、自然的要因によるものと考えられる。

#### (2) 地下水のSS

樹根の影響等によって採水時に観測孔内で濁りが発生し、高いSS濃度が観測された以外はほぼ過年度の範囲内で測定された。

#### (3) 電気伝導度

電気伝導度は全地点とも過年度調査の範囲内で分布していた。

#### (4) 雨量観測

本地域の平成18年の年総降水量は1740.1mmで昨年に比べ515mmほど少なく、また、年平均降水量と比較しても172mmほど少なかった。

#### (5) 水質分析

14B-1の亜硝酸性窒素、14B-3の硝酸性窒素および磷酸態磷を除いては、各地点および各項目とも過年度調査結果の範囲内にあって、特別な変化は認められなかった。

第2回 新石垣空港建設工法モニタリング委員会  
今年度（H19年度）の赤土等流出防止対策、地下水保全対策  
におけるモニタリング内容について

日時：平成19年6月15日

場所：八重山支庁 第2会議室・研修室

## 目 次

<b>1. 本年度工事の概要について</b> .....	<b>1-1</b>
1.1 工事実施概要 .....	1-1
1.2 工事工程 .....	1-1
1.3 用地造成工事 .....	1-2
1.4 付替国道 .....	1-4
1.5 付替農道 .....	1-5
1.6 採餌場・移動経路の植栽工事（グリーンベルト） .....	1-6
<b>2. 各工事区域における赤土等流出防止対策について</b> .....	<b>2-1</b>
2.1 本体用地造成工事 .....	2-1
2.2 付替国道・農道工事 .....	2-6
2.3 ビオトープ工事及びグリーンベルト植栽工事 .....	2-6
<b>3. 本年度の地下水保全対策に関するモニタリング内容</b> .....	<b>3-1</b>
3.1 調査項目 .....	3-1
3.2 調査内容 .....	3-1
<b>4. 高盛土工に係る動態観測について</b> .....	<b>4-1</b>
4.1 目的および概要 .....	4-1
4.2 観測内容 .....	4-2

## 1. 本年度工事の概要について

### 1.1 工事実施概要

平成19年度は、平成18年度に行った試験盛土工事の結果を用いて本格的な造成工事を行うとともに、付替国道、付替農道、小型コウモリ類の保全措置の一つである採餌場・移動経路の植栽工事（グリーンベルト）を実施する予定である。

これらの工事のうち、特に造成工事については、小型コウモリ類の飛翔経路を分断しないように工事用道路を設置し、切土、盛土位置についても同様な配慮を行うよう計画している。また、小型コウモリ類の餌場でもある植栽工事を早期に実施し採餌場・移動経路を確保する計画としている。

### 1.2 工事工程

平成19年度の施工計画として想定している工事工程は、表1.2-1に示すとおりである。

表 1.2-1 平成19年度施工計画

	平成19年度											
	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月		
用地造成												
土工												
地盤改良工												
カルバート工												
付替国道												
国道工事												
付替農道												
農道工事												
採餌場・移動経路の植栽												
植栽工事												

注. 上記の工程は、現時点における工程であり、実施の際には変更されることがある。

### 1.3 用地造成工事

#### (1) 設置位置

用地造成工事等の施工位置については下図に示すとおりである。



図 1.3-1 平成19年度工事予定箇所

## (2)施工計画

切土については、土量約 110 万 m<sup>3</sup>、面積 26 万 2 千 m<sup>2</sup>、高さ 0～18.5m であり、その岩を用いて行う盛土は、土量 120 万 m<sup>3</sup>、面積 16 万 7 千 m<sup>2</sup>、高さ 0～13.8m である。

施工は、最初に昨年度設置した赤土等流出防止対策施設を、今年度の施工面積に対応した施設へ拡張し、次に工事中道路を設置する。

その後に切土箇所において掘削機械を使用して掘削し、盛土箇所へ運搬して締固め、盛土する。

## 1.4 付替国道

### (1) 施工位置

付替国道の施工位置は、現国道よりも轟川よりに位置し、空港本体を迂回する線形である。今年度施工する部分は、現国道のターミナル側の分岐点から約 1,200m である。

国道の位置は図 1.3-1 に示すとおりである。

### (2) 施工計画

付替国道平面図及び標準断面図は下図に示すとおりである。

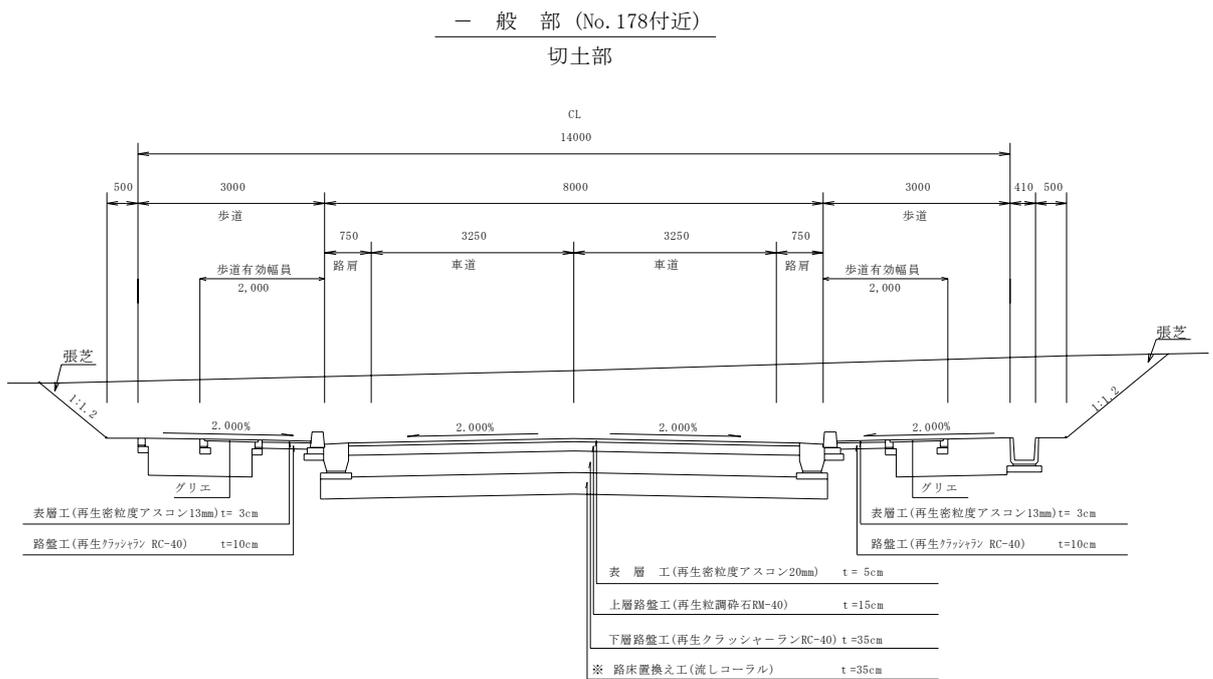


図 1.4-1 付替国道標準断面図

## 1.5 付替農道

### (1)設置位置

付替国道の施工位置は、現農道よりも海側に位置し、空港本体を迂回する線形である。今年度施工する部分は、現農道の分岐点から約 910mである。付替農道の位置は図 1.3-1に示すとおりである。

### (2)施工計画

付替農道平面図及び標準断面図は示すとおりである。

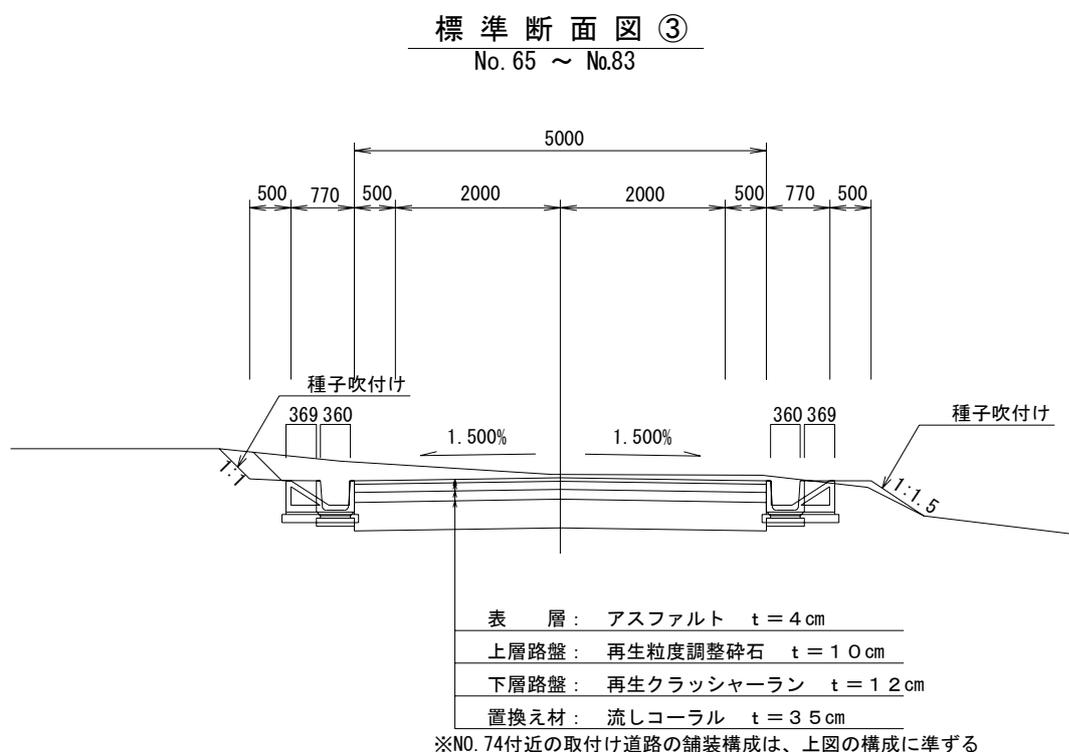


図 1.5-1 付替農道標準断面図

## 1.6 採餌場・移動経路の植栽工事（グリーンベルト）

### (1)設置位置

採餌場・移動経路の植栽位置は図 1.3-1に示すとおりである。

### (2)施工計画

採餌場・移動経路の植栽（グリーンベルト）の全体計画については、植栽樹種、植栽ピッチ等をこれまでの実施設計業務に決定している。植栽樹種についての基本的な考え方を図 1.6-1に示す。

グリーンベルトへの植栽は、空港本体区域及び周辺に現存する種を基本とし、小型コウモリ類専門家による候補樹種かつ旧ゴルフ場に存在する樹種を選定した。

ただし、外来種、繁殖力の強い種、自然侵入が期待できる草本類は、選定から除いた。ヤシ類は、外来種であるが小型コウモリ類の飛翔経路を早期に形成するために選定している。

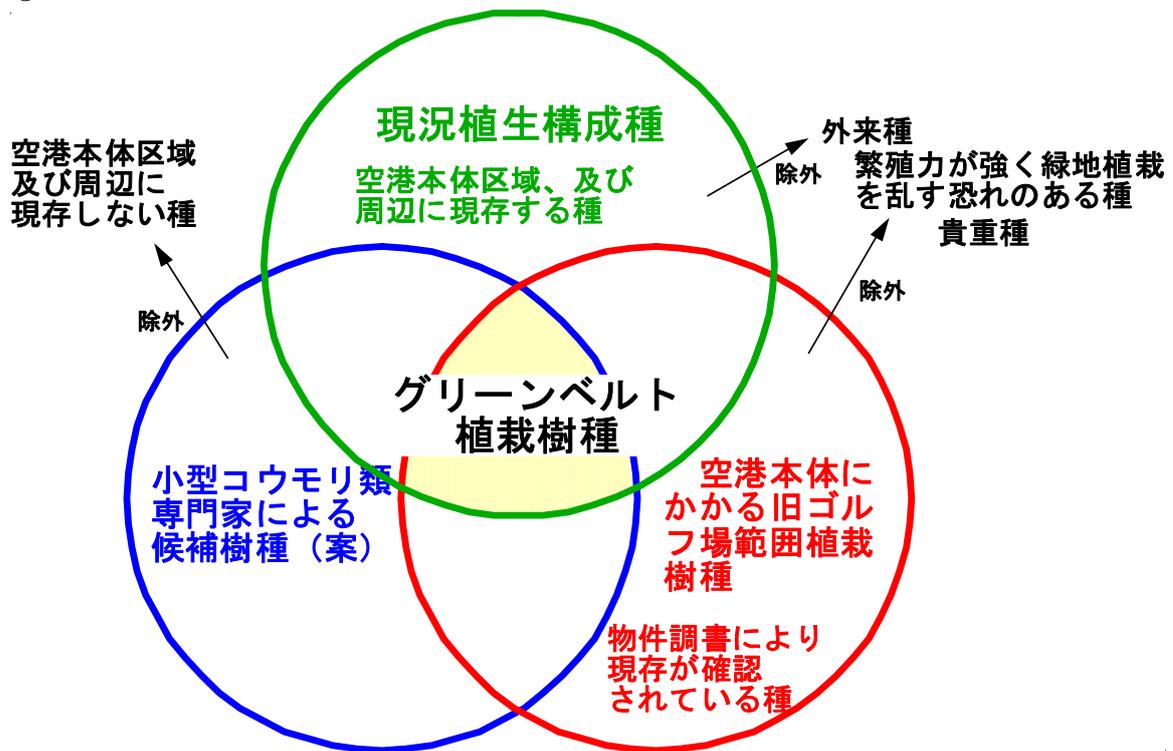


図 1.6-1 植栽樹種の考え方

小型コウモリ類専門家により選ばれた候補種 71 種のうち、52 種を植栽樹種として選定した。植栽に当たっては、小型コウモリ類の移動経路を確保するように順次植栽を行う予定である。

今年度の植栽全体数量は、約 33,000 m<sup>2</sup>で植栽本数（木本類）は、約 3,000 本である。

## 2. 各工事区域における赤土等流出防止対策について

### 2.1 本体用地造成工事

#### (1) 盛土部における対策

立坑を設置し、そこである程度の濁度低減を図り、ろ過沈殿処理池に導き 200mg/L 以下となるようろ過処理し、浸透ゾーンで処理を行う。

また、工事区域外からの雨水の流入を防ぐため、切り回し水路を設置する。

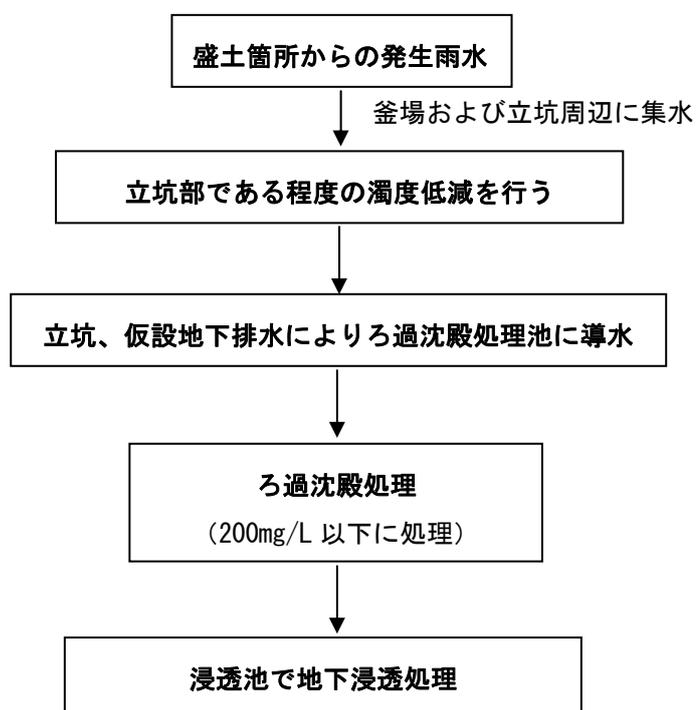


図 2.1-1 盛土箇所の濁水処理フロー

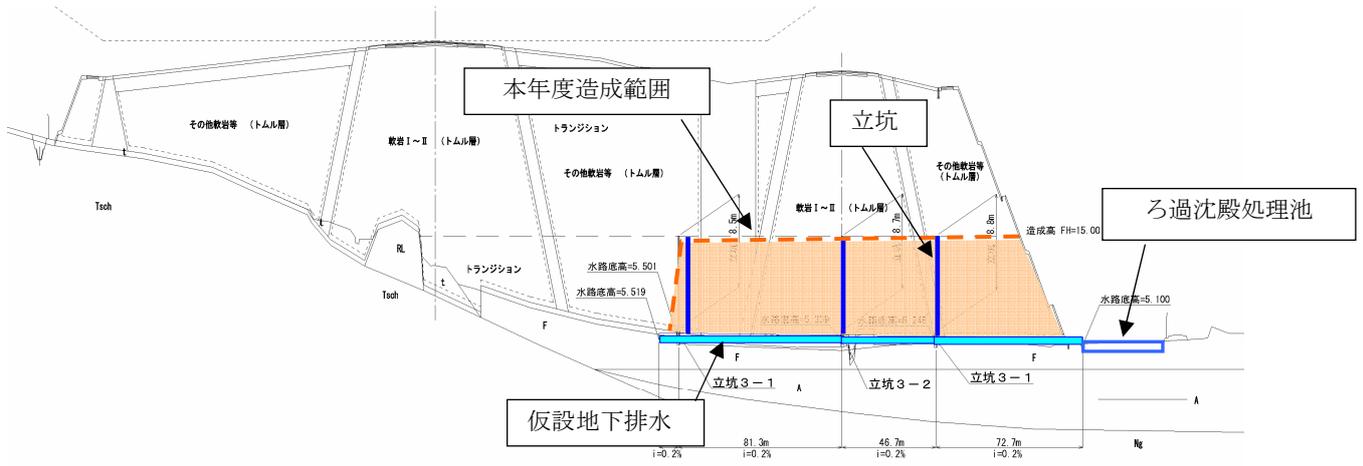


図 2.1-2 立坑設置断面図

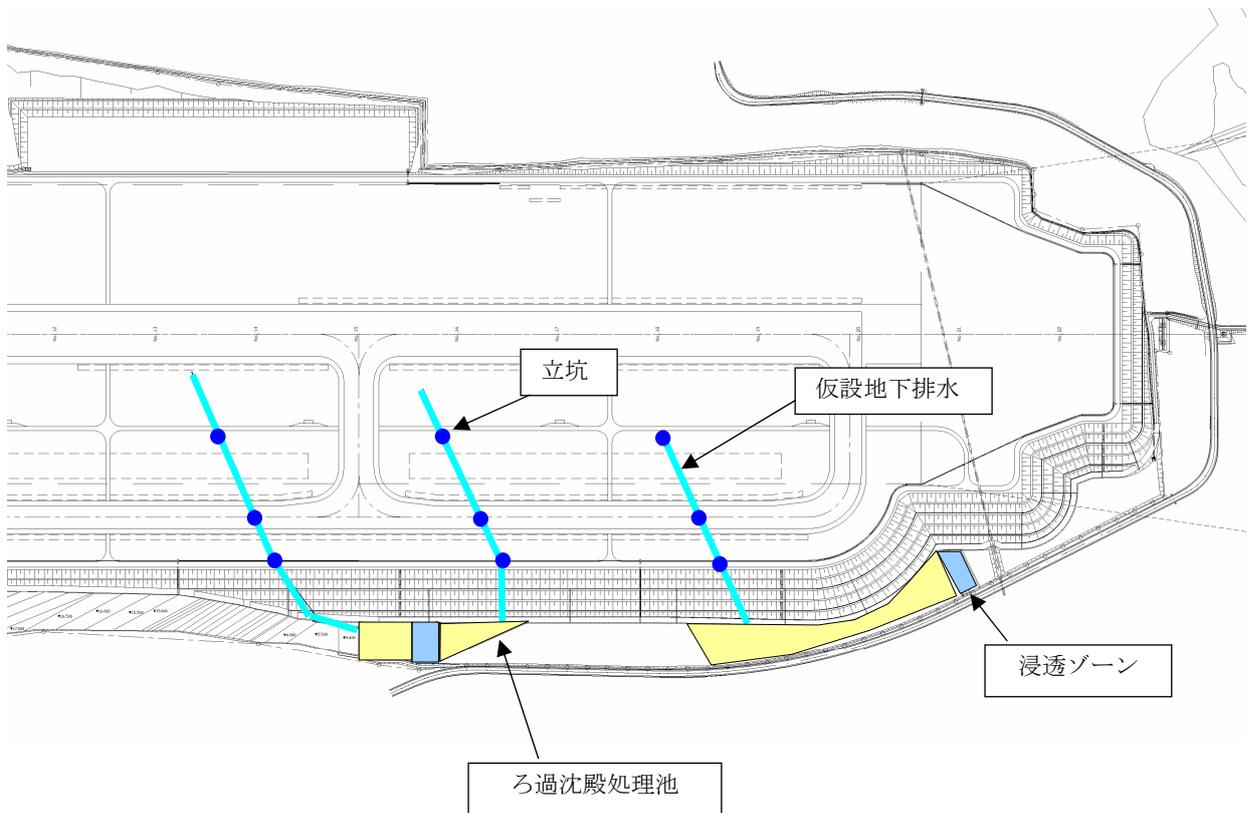


図 2.1-3 立坑、仮設地下排水設置平面図

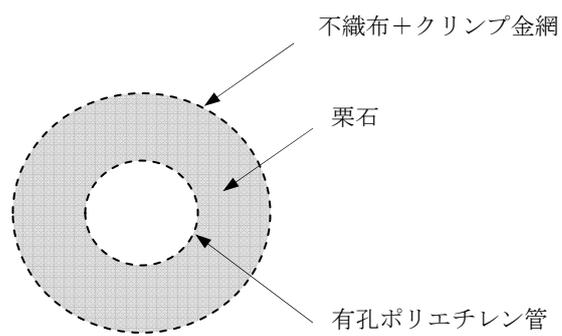
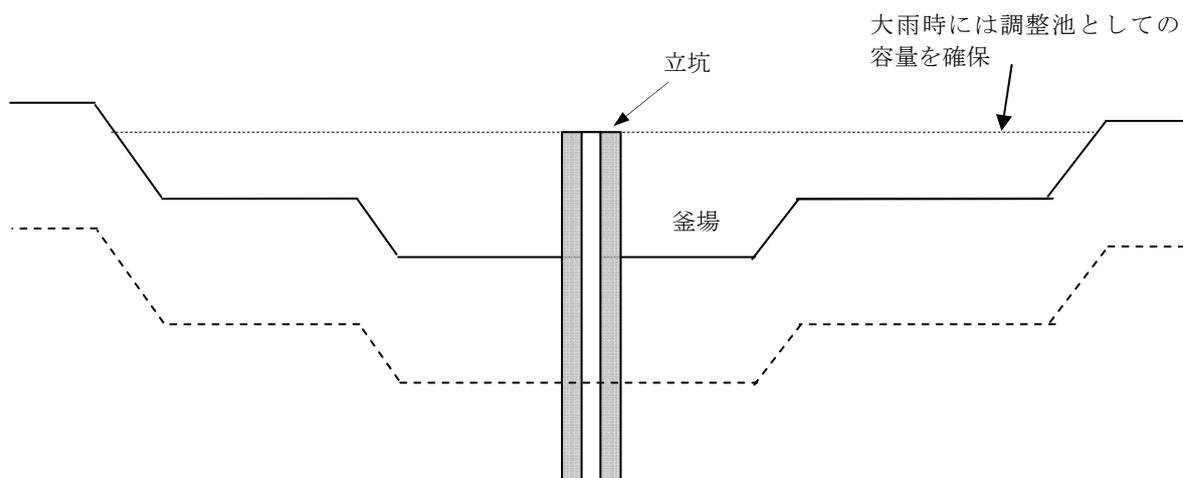


図 2.1-4 立坑構造図

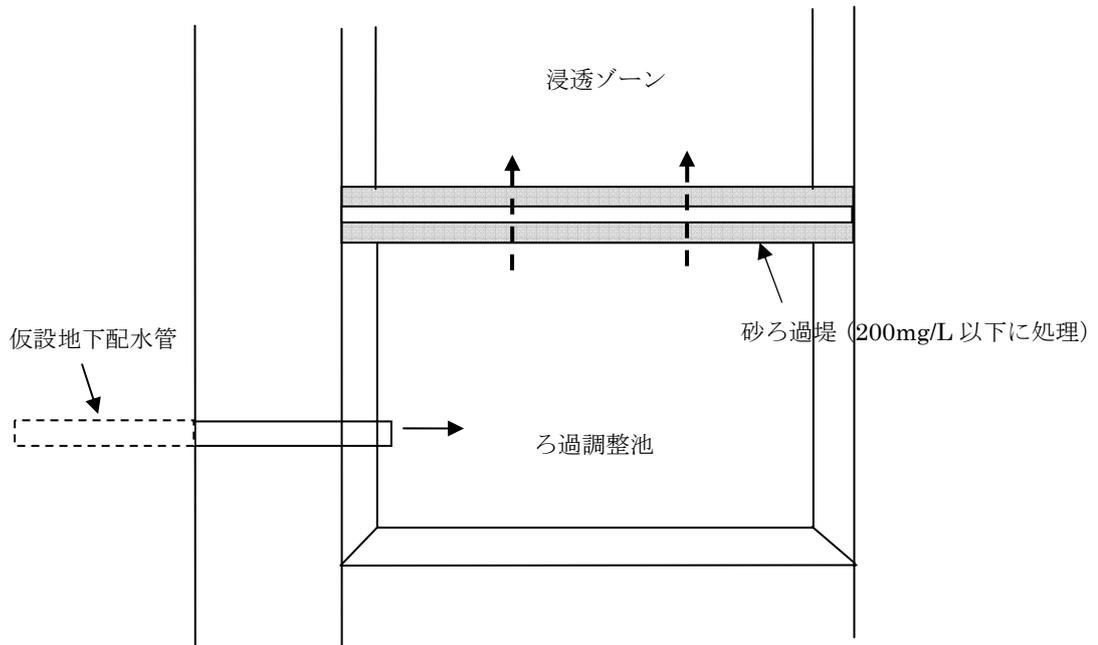
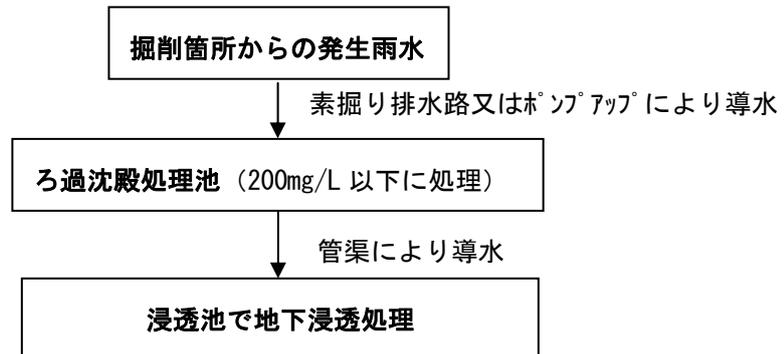


図 2.1-5 ろ過沈殿処理池

(2)切土部における対策

切土箇所の濁水対策は、掘削箇所から発生する雨水を素掘排水、もしくはポンプアップにより調節池・ろ過沈殿処理池に導き 200mg/L 以下となるようろ過処理をした後、浸透池で地下浸透処理を行う。

また、工事区域外からの雨水の流入を防ぐため、切り回し水路を設置する。



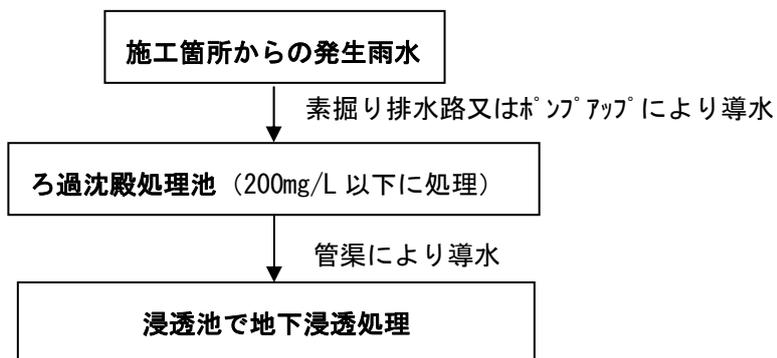
土取場箇所の濁水処理

## 2.2 付替国道・農道工事

付替国道の工事においては、掘削箇所から発生する雨水を素掘排水により、もしくは掘削箇所に滞水した雨水をポンプアップにより、南側の2箇所に設置する調節池・ろ過沈殿処理池に導く。ここで、200mg/L以下となるようろ過処理を行い、浸透池で地下浸透処理を行う。

付替農道工事においては、昨年度、試験盛土工事で設置したろ過沈殿地・浸透池において同様の処理を行う。

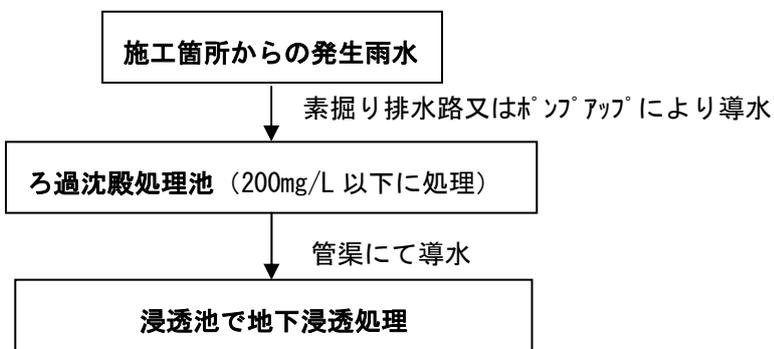
また、工事区域外からの雨水の流入を防ぐため、切り回し水路を設置する。



## 2.3 ビオトープ工事及びグリーンベルト植栽工事

植栽工事（グリーンベルト）の濁水対策についても、基本的に同様であり、施工箇所から発生する雨水を素掘排水またはポンプアップ排水によりろ過沈殿地に導く。ここで200mg/L以下となるようろ過処理を行い、管渠にて浸透池に導き地下浸透処理を行う。ビオトープ工事においては、昨年度、試験盛土工事で設置したろ過沈殿地・浸透池において同様の処理を行う。

また、工事区域外からの雨水の流入を防ぐため、切り回し水路を設置する。



平成19年度 赤土等流出防止対策施設 施工箇所



### 3. 本年度の地下水保全対策に関するモニタリング内容

#### 3.1 調査項目

本年度のモニタリング調査は、H18 年度と同様の項目について実施する。

環境監視項目に示される地下水の水位観測、地下水の濁り測定以外に、基礎的資料となる水質分析、電気電導度観測、雨量観測も合わせて実施する。

- ①地下水水位観測
- ②地下水の濁りの測定
- ③水質分析
- ④電気電導度観測
- ⑤雨量観測

#### 3.2 調査内容

##### 1)地下水水位観測

地下水水位観測は、過年度より観測を実施している海岸沿いの 4 箇所ならびに空港建設予定地の工区外に位置する 1 箇所の計 5 箇所において、自動水位計により継続的に観測を行っている。

- 観測地点：B-23、14B-1、14B-3、18B-1（旧 14B-7）、16B-1
- 測定間隔：1 時間ごと

##### 2)地下水の濁りの測定

地下水の濁りの測定は、年間 4 回（6 月、9 月、12 月、3 月）の水質分析と合わせて濁度、SS 濃度の測定を実施する。

また、18B-2 地点では、浸透ゾーン設置後の初期の段階において、大雨により浸透ゾーンに濁水の流入があった場合、地下水の濁りについて追加観測を実施する。

- 観測地点：B-23、14B-1、14B-3、18B-1（旧 14B-7）、18B-2
- 測定時期：（定期観測）年 4 回（6 月、9 月、12 月、3 月）  
（追加観測）浸透ゾーンに大雨による濁水の流入が確認された時点（18B-2 のみ）

### 3)水質分析

採水地点は、地下水が直接海岸へ流出する代表的な流域の海側に配置されたボーリング地点 4 箇所とし、各ボーリング孔における地下水の中央部付近で採水を実施する。分析項目は、地下水に含まれる主要な化学成分を網羅する 21 項目とした。

- 採水地点 : B-23、14B-1、14B-3、18B-1 (旧 14B-7)
- 測定回数 : 各地点で年 4 回 (6 月、9 月、12 月、3 月)
- 分析項目 : ナトリウムイオン、カリウムイオン、カルシウムイオン、マグネシウムイオン、アンモニウムイオン、塩素イオン、重炭酸イオン、硫酸イオン、硝酸イオン、硝酸性窒素、亜硝酸性窒素、アンモニア性窒素、全窒素、リン酸イオン、全リン、電気伝導度、水素イオン濃度、溶解性鉄、けい酸、濁度、SS 濃度

また、上記 4 地点の下流側沿岸海域で干潮時に採水し、下記の項目を分析する。

- 採水地点 : K-1、K-2、K-3、K-4
- 測定回数 : 各地点で年 4 回 (6 月、9 月、12 月、3 月)
- 分析項目 : SS 濃度、全磷、全窒素、化学的酸素消費量、塩素イオン

### 4)電気電導度観測

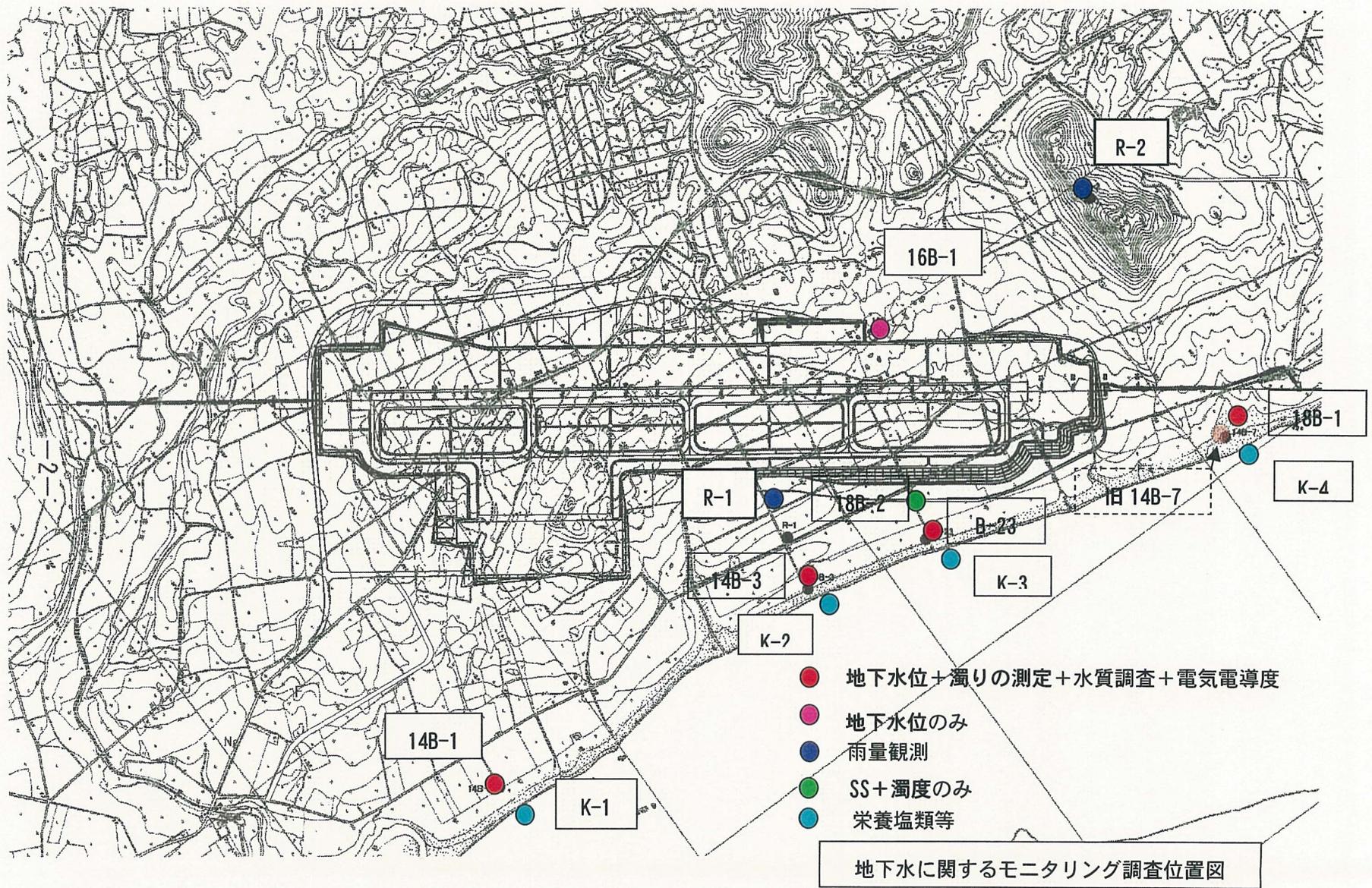
観測地点は、海岸沿いに位置する下記の地点において実施する。各地下水流域を代表する沿岸部の沖積低地中に配置する。

- 観測地点 : B-23、14B-1、14B-3、18B-1 (旧 14B-7)
- 測定回数 : 各地点で月 1 回

### 5)雨量観測

観測地点は、過年度より観測を実施している白保側の R-1 とカラ岳頂上付近に設置されている R-2 の 2 箇所において自記雨量計により継続観測を行う。なお、観測地点の選定に関しては、工事期間中も同一地点で観測できるよう配置されている。

- 観測地点 : R-1、R-2



## 4. 高盛土工に係る動態観測について

### 4.1 目的および概要

盛土量 650 万 m<sup>3</sup> 以上の大規模土工を含む最大盛土高 20m 以上となる新石垣空港用地造成工事にあたっては、施工中及び施工後について、盛土体の安定・沈下等を観測し、安全性の高い施工を行うことが非常に重要となってくる。

動態観測を行うことで、施工中には、

- ① 施工中の品質管理（沈下）
- ② 施工中の安定管理（変位）
- ③ 盛土による軟弱層の変位

等を把握し、その結果を盛土の工程変更や工事中の設計変更等に反映する必要がある。

施工後には、

- ① 施工後の沈下・変位管理
- ② 地震時の変位管理
- ③ ドレーン層及びフィルター層の透水性機能管理

等、盛土体の安全性を監視する必要がある。

そのため、盛土体の施工中及び施工後の安定状況を把握することを目的として動態観測を行う。

## 4.2 観測内容

### (1) 観測項目

盛土体の動態観測は、沈下・変位・水圧・水位等を観測する目的から、層別沈下計、挿入式傾斜計、変位杭、間隙水圧計、水位計、土圧計等の種々の計器を盛土体に設置し、観測・データ収集・解析業務を行う。

新石垣空港での盛土体観測に必要な観測項目と目的、計器名について表 4.2-1 に示す。

表 4.2-1 観測目的と計器名

観測項目	観測目的	計器名
層別沈下	盛土体各層ごとの沈下量の測定 (盛土体内の圧密状況の把握、盛土速度のコントロール)	層別沈下計
地中変位	盛土や構造物の傾斜量の測定 (すべり破壊の予知、安定・傾斜状況の把握)	挿入式傾斜計
地表面変位	地表面の水平方向移動、法尻部の沈下隆起測定 (すべり破壊・側方流動等を観測し、盛土作業の安全性の確保)	変位杭
間隙水圧	盛土荷重による間隙水圧の増減の測定 (間隙水圧の増減により、対策工の効果、沈下状態の確認)	間隙水圧計
水 位	フィルター層、ドレーン層の透水性の測定 (透水機能の観測・把握)	水位計
土 圧	盛土過重による深さ方向の増加土圧を測定 (盛土体内部応力の把握)	土圧計

### (2) 観測位置

動態観測を行う位置は、沖積層が分布し、盛土高が最大(20m以上)となる東側斜面で行う計画とし、観測断面としては、施工が比較的難しく(転圧不良)、盛土体の弱部となる(応力が集中しやすい)盛土部コーナー部分とする。

計画配置平面位置を図 4.2-1 に、計画配置断面図を図 4.2-2 に示す。

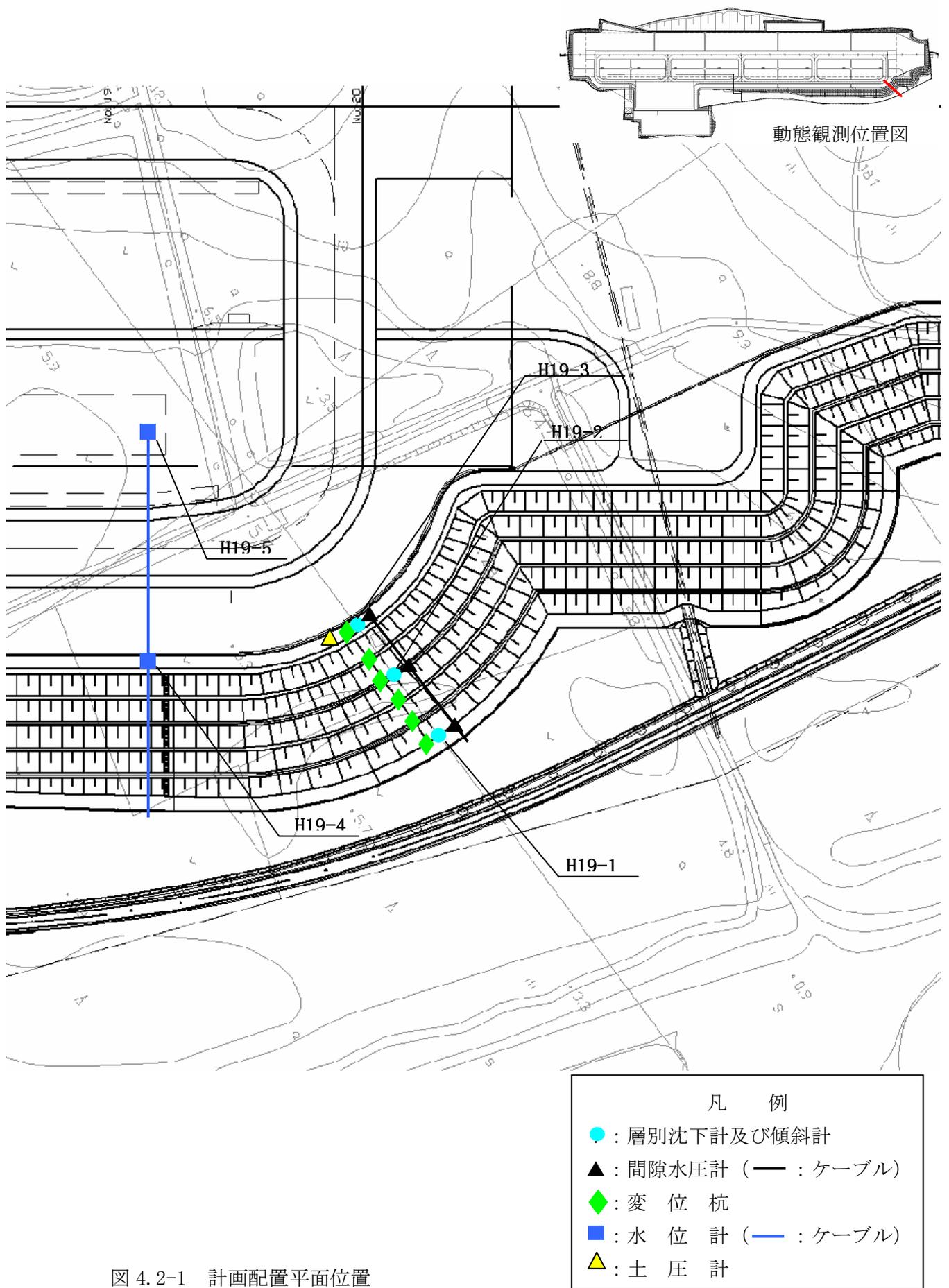


図 4.2-1 計画配置平面位置



### (3) 観測頻度

動態観測の観測頻度は、他空港の事例等から、施工中及び施工後について表 4.2-2 に示す頻度で実施する。

表 4.2-2 観測頻度

観測項目	計器名	観測頻度	
		施工中	施工後
層別沈下	層別沈下計	1 回/週	1 回/月
地中変位	挿入式傾斜計	1 回/週	1 回/月
地表面変位	変位杭	1 回/週	1 回/月
間隙水圧	間隙水圧計	1 回/週	1 回/月
水位	水位計	1 回/週	1 回/月
土 圧	土圧計	1 回/週	1 回/月

### (4) データ収集・解析

観測データの収集は、上記頻度にて必ず実施することとする。

また、測定結果は、観測データ収集後、すぐに沈下量及び変位量等についてデータ解析を行い、異常の有無を確認する。

なお、測定値に異常があった場合は、直ちに施工（工事）を中止し、原因について分析を行う。

第2回 新石垣空港建設工法モニタリング委員会  
試験盛土調査結果

日時:平成 19 年 6 月 15 日

場所:八重山支庁 第2会議室・研修室

<目 次>

1. 試験盛土の概要	1
1.1 試験盛土の目的	1
1.2 試験盛土のフロー	1
2. 転圧試験調査	2
2.1 試験仕様	2
2.2 締固め基準密度の設定	3
2.3 締固め工法の検討	3
2.3.1 土質的評価	4
2.3.2 施工性評価	5
2.3.3 経済性評価	6
2.4 転圧試験結果	7
3. トランジション材について	
3.1 トランジション材の役割	8
3.2 トランジション粒径について	9
4. 現地浸透能試験結果	
4.1 調査概要	14
4.2 試験結果	15
4.3 透水係数の結果検討と対応	17
4.3.1 ドレーン層の透水係数管理	17
4.3.2 透水能力向上の対応策案	19

# 1. 試験盛土の概要

## 1.1 試験盛土の目的

試験盛土は、各種盛土材（粘性土、礫質土、トムル層：軟岩Ⅰ、トムル層：軟岩Ⅱ、琉球石灰岩）について、本格的な用地造成工事に先立ち、以下に示す目的により実施した。

- ① 本体工事は約650万m<sup>3</sup>という大規模土工事であるため、工期及び工事費の設定において、掘削工・転圧工に対して、適切な機種・施工方法を選定する。
- ② 空港東側の一部分では、最大高さ20mの高盛土となることから、盛土体の安定や沈下の観点から十分な管理計画を作成する。
- ③ コスト縮減目標のため、離島空港での施工に実現可能な大型重機を含めた施工機械を選定する。

## 1.2 試験盛土のフロー

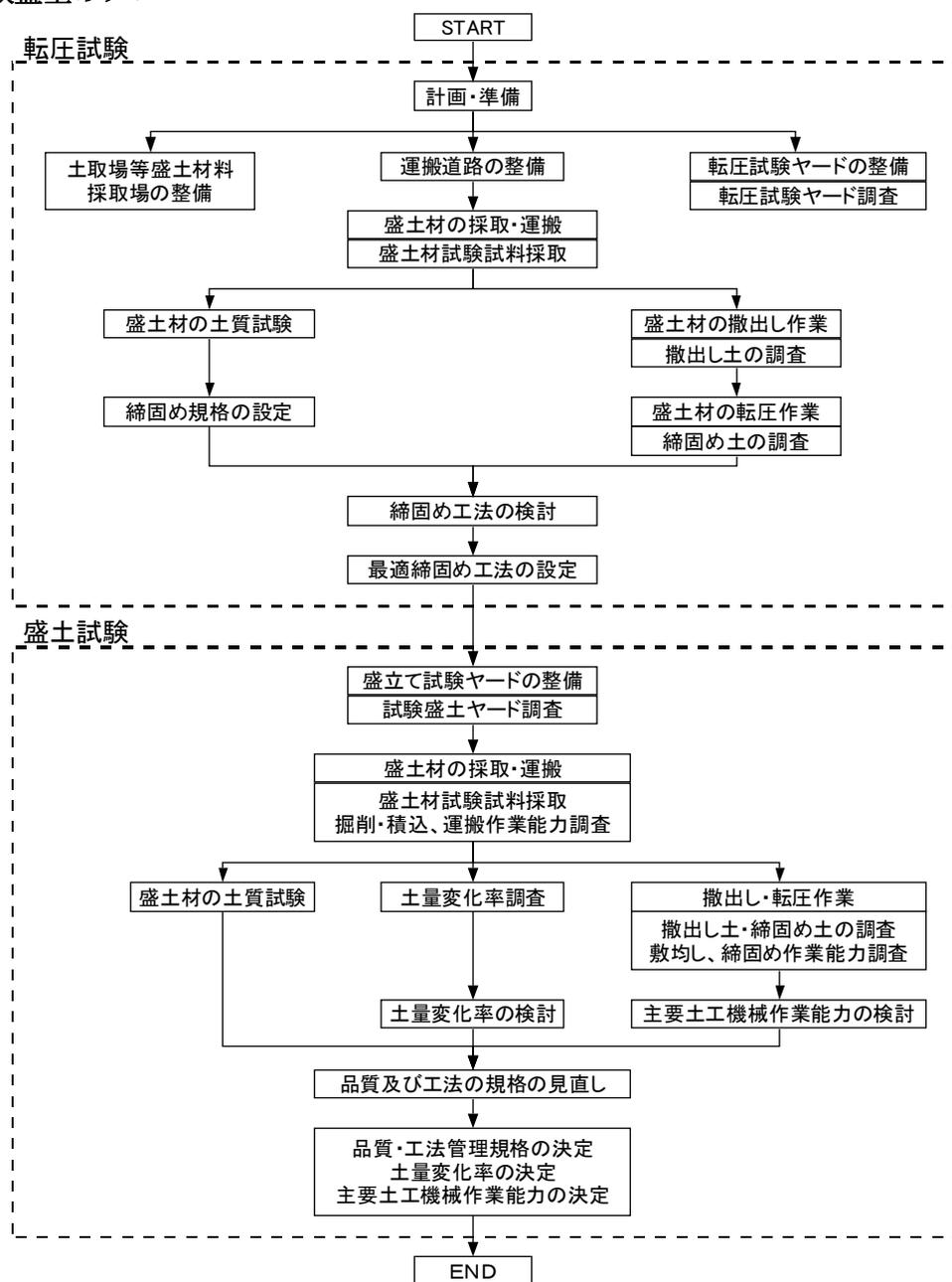


図-1.1 試験盛土調査解析業務の流れ

## 2. 転圧試験調査

### 2.1 試験仕様

転圧試験は、所要の締固め密度（D値 90%）が効果的かつ経済的に得られる転圧工法（締固め工法）を設定することを目的とし、以下に示す試験仕様に基づき実施した。

表-2.1 転圧試験仕様

転圧材料	転圧機械	規格	敷均し厚 (cm)	層数	転 圧 回 数									
					0	4	6	8	10	12	14	16	18	
粘性土	タイヤローラ	8~20 t 級	30	1	●	●	●	●	●	●				
礫質土	タイヤローラ	8~20 t 級	30	2	●	●	●	●	●	●				
	リッパ付ブルドーザ	32 t 級	30 40	2 2	● ●	● ●	● ●	● ●	● ●	● ●				
	振動ローラ	19t 級	40 50 60	2 2 2	● ● ●	● ● ●	● ● ●	● ● ●	● ● ●	● ● ●	●			
軟岩 I	リッパ付ブルドーザ	32 t 級	60 70	2 2	● ●		● ●	● ●	● ●	● ●	● ●		●	●
	振動ローラ	19t 級	50 60 70	2 2 2	● ● ●		● ● ●	● ● ●	● ● ●	● ● ●	● ● ●		●	●
	振動タンピングローラ	20t 級	50 60 70	2 2 2	● ● ●		● ● ●	● ● ●	● ● ●	● ● ●	● ● ●		●	●
軟岩 II	振動ローラ	19t 級	60 70 80	2 2 2	● ● ●			● ● ●	● ● ●	● ● ●	● ● ●		● ● ●	● ● ●
	振動タンピングローラ	20t 級	60 70 80	2 2 2	● ● ●			● ● ●	● ● ●	● ● ●	● ● ●		● ● ●	● ● ●
	リッパ付ブルドーザ	32 t 級	50 60 80	1 2 1	● ● ●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
石灰岩	振動ローラ	19t 級	50 60 70 80	1 2 2 1	● ● ● ●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
	振動タンピングローラ	20 t 級	50 60 70 80	1 2 2 1	● ● ● ●	●	●	●	●	●	●	●	●	●

## 2.2 締固め基準密度の設定

締固め基準密度は締固め試験結果に基づいて設定した。その結果を表-2.2に示す。

表-2.2 各材料の基準密度

材料	$\rho_{dmax}$ 最大乾燥密度 (g/cm <sup>3</sup> )	Wopt 最適含水比 (%)	$\rho_{d90}$ 基準密度 (g/cm <sup>3</sup> )	備考
粘性土	1.735	15.9	1.561	
礫質土	2.002	7.7	1.802	
軟岩Ⅰ	2.287	5.6	2.058	
軟岩Ⅱ	2.347	4.4	2.112	
石灰岩	2.071	9.3	1.864	

## 2.3 締固め工法の検討

空港土工（盛土工事）の品質管理は、一般に締固めた土の密度（締固め度）で判定することを最終的な目標（または、品質管理の主体）としている。転圧試験においても、締固め工法の選定は締固め度の評価によって行うことを原則としていることから、締固め基準密度を満足する締固め条件に基づき、最適転圧工法を選定するための検討を、以下の選定手順で行った。

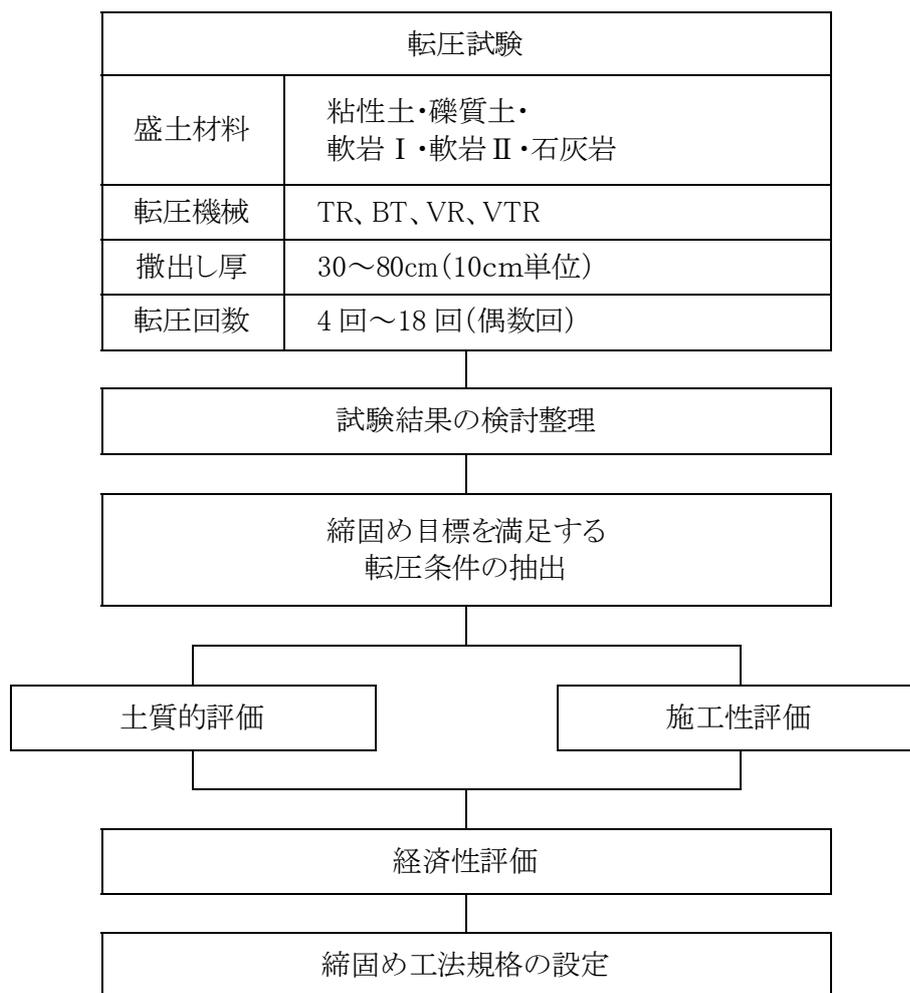


図-2.1 最適転圧工法の選定手順

### 2.3.1 土質的評価

土質的評価は、締固め土の密度がD値90%に設定した品質管理規格値を全て満足する転圧条件について評価し、最適な転圧条件を設定するものである。なお、評価の基準は、転圧層（撒出し層）全体の締り具合や試験値のばらつき、転圧回数増加と密度の増加との相関などであり、これに基づく各盛土材の評価結果は、表-2.3に示すとおりである。

表-2.3 D値90%を満足した転圧条件の土質的評価

材料	仕上り厚 (cm)	締固め機械	転圧回数	締固め特性の評価	判定
粘性土	30	8~20t級 タイヤローラ	10	試験結果のばらつきが少なく、平均的な締固めが期待できる。	○
礫質土	30	32t級 ブルドーザ	12	試験結果のばらつきが少なく、平均的な締固めが期待できる。	○
	50	19t級 振動ローラ	12	上層、下層いずれも適切な密度が得られ均一な締固めが期待できる。また、仕上り厚を厚くすることが可能。	◎
軟岩 I	50	19t級 振動ローラ	10	転圧回数の増加によりばらつきも収束する傾向にある。転圧回数10回以上で安定した結果を示す	○
	60		12	試験結果のばらつきが最も少ない。平均的な締固めが期待できる。	◎
	70		18	転圧回数の増加によりばらつきも収束する傾向にあるが、下部の密度は上部の下限值より低い値を示す。	△
軟岩 II	60	19t級 振動ローラ	12	若干のばらつきはあるが、平均的な締固めが期待できる。	○
		20t級 振動タンピングローラ	12	若干の試験値のばらつきはあるが、概ね平均的な締固めが期待できる。	○
	70	19t級 振動ローラ	14	試験値のばらつきが少なく、転圧回数と密度との相関も最も良い	◎
		20t級 振動タンピングローラ	14	試験値のばらつきが少なく、平均的な締固めが期待できる。	◎
	80	19t級 振動ローラ	18	試験値にばらつきがあり、上限値は10回以降で増加しなくなる	△
		20t級 振動タンピングローラ	18	若干の試験値のばらつきはあるが、概ね平均的な締固めが期待できる。	○
石灰岩	50	19t級 振動ローラ	10	試験結果のばらつきが少なく、平均的な締固めが期待できる。	○
		20t級 振動タンピングローラ	12	試験値のばらつきが少なく、平均的な締固めが期待できる。	○
	60	19t級 振動ローラ	12	上限値にばらつきがある。概ね平均的な締固めが期待できる。	△
		20t級 振動タンピングローラ	12	試験値のばらつきはあるが、転圧回数6回以上では概ね安定した結果を示す	△
	70	19t級 振動ローラ	14	仕上がり厚を厚くすることができ、試験値のばらつきが少なく、転圧回数と密度との相関も良い	◎
		20t級 振動タンピングローラ	14	ばらつきは少ないが、14回以降では下限値は増加傾向にない。	△

### 2.3.2 施工性評価

施工性評価は、盛土材料の土質特性に基づく転圧機械の走行性と構造上の特徴に対する検討結果から、盛土材料に適した締固め機械を選定するものである。

表-2.4 土質特性を考慮した施工性評価

材料	締固め機械	走行性に対する評価	構造上の特徴に対する評価	判定
粘性土	8～20 t 級 タイヤローラ	① 含水比が高い場合には、わだち堀れが形成され易くなり、走行性の低下を招く場合がある。 ② 中程度の含水比の場合は良好。	① 表層近くは良く締固まるが、撒出し厚さが厚くなると深さ方向へ締固め効果が弱くなる。30cm 程度の撒き出し厚に対しては効果的である。	○
礫質土	32t 級 ブルドーザ	① 高含水比に対する走行性は比較する機械の中で最も高い。但し、繰り返して走行を行うと、こね返しにより走行性が低下する。	① 含水比が高くなるとクローラによるわだち堀れが発生する。これに伴い一度締固めた部分のこね返しが見られ所要の締固めの確保が難しくなる。	△
	19 t 級 振動ローラ	① 含水比が高くなった場合には、後輪のタイヤがスリップして走行性の低下を招き易くなる。 ② 前輪の荷重が重いことから、後進の走行性がやや不安定である。 ③ 中程度の含水比の場合は良好。	① 撒出し圧が薄い場合には振動による締固めエネルギーが大きすぎ材料を乱す場合がある。 ② 材料によっては深さ方向への振動伝播が少なくねり、下部の締固め度合いが低下する場合がある。 当該材料では仕上がり厚 50 cm に適性があると考えられる	○
軟岩 I 軟岩 II 石灰岩	19 t 級 振動ローラ	上記と同様であるが、当該材料はより傾向が顕著である	① 当該材料では振動による締固めエネルギーが土中深くまで伝播し、厚い撒出しに有利である。 ② 含水比が高くなった場合には、進行方向へのウェーブ現象によって応力分散が生じる場合がある。	○
	20 t 級 振動タンピング ローラ	① 振動ローラと同様に後進の走行性にやや安定性を欠くが、前輪のタンピングフットによるグリップ効果がタイヤのスリップ抑止効果を発揮する。しかし、これによるこね返しにより走行性が低下する場合もある。	① 前輪のタンピングフット先端に荷重が集中するため、土中深くまで締め固めエネルギーが伝播し、厚い撒出しにも効果を発揮する構造である。但し、材料に強度がない場合には締固めにムラが生じる場合がある。	△

### 2.3.3 経済性評価

経済性評価は、先の土質的評価及び施工性評価に加え、締固め目標値（D値 90%）を満足する締固め工法として抽出した転圧条件について、経済性評価を行ったものであり、評価結果は次の通りである。

#### 1) 粘性土

D値 90%を満足する条件は、「タイヤローラ：仕上り厚 30cm：10 回転圧」の 1 条件であることから、これを選定する。

#### 2) 礫質土

D値 90%を満足する条件は、「ブルドーザ：仕上り厚 30cm：12 回転圧」と「振動ローラ：仕上り厚 50cm：12 回転圧」を用いた場合である。  
振動ローラは締固め幅がブルドーザの倍以上あり、仕上り厚も 1.5 倍以上の施工が可能である。よって、経済的には「**振動ローラ：仕上り厚 50cm：12 回転圧**」が優位となる。

#### 3) 軟岩 I

D値 90%を満足する条件は、振動ローラによる転圧の 3 条件で「仕上り厚 50cm：10 回転圧」「仕上り厚 60cm：12 回転圧」「仕上り厚 70cm：18 回転圧」である。  
仕上り厚 10cm 当たりの転圧回数は、2 回、2 回、2.6 回となり、2 回のうち仕上り厚の厚い「**振動ローラ：仕上り厚 60cm：12 回転**」が経済的に優位となる。

#### 4) 軟岩 II

D値 90%を満足する条件は、振動ローラと振動タンピングローラともに「仕上り厚 60cm：12 回転圧」「仕上り厚 70cm：14 回転圧」「仕上り厚 80cm：18 回転圧」である。  
機種比較では振動ローラの方が機械の本体価格が安価であるため、機械損料も振動ローラに優位性がある。  
又、仕上り厚 10cm 当たりの転圧回数は、2 回、2 回、2.3 回となり、この 2 回のうち撒き出し厚の厚い「**振動ローラ：仕上り厚 70cm：14 回転**」が経済的に優位となる。

#### 5) 石灰岩

D値 90%を満足する条件は、仕上り厚 50cm では「振動ローラ 10 回」と「振動タンピングローラ 12 回」、仕上り厚 60cm ではともに「12 回転圧」、仕上り厚 70cm においてもともに「14 回転圧」である。  
機種比較では前述のとおり振動ローラに優位性があるため、振動ローラの「仕上り厚 50cm：10 回転圧」「仕上り厚 60cm：12 回転圧」「仕上り厚 70cm：14 回転圧」の比較となる。仕上り厚 10cm 当たりの転圧回数は全てが 2 回であるため、最も仕上り厚の厚い「**振動ローラ：撒出し厚 70cm：14 回転**」が経済的に優位となる。

## 2.4 転圧試験調査結果

土質的評価、施工性評価及び経済性評価の結果から、各盛土材の最適工法として表-2.5 に示した仕様を選定した。なお、選定した工法は、施工における締固め工法管理規格（転圧仕様）として提案するものである。

表-2.5 最適転圧工法

材 料	転圧機械	仕上り厚 (cm)	転圧回数 (回)
粘性土	8~20 t 級 タイヤローラ	30	10
礫質土	19t 級 振動ローラ	50	12
軟岩 I	19t 級 振動ローラ	60	12
軟岩 II	19t 級 振動ローラ	70	14
石灰岩	19t 級 振動ローラ	70	14

### 3. トランジッション材について

#### 3.1 トランジッション材の役割

トランジッションは、一般的に粒径の異なる盛土材料が隣り合うゾーニングの境界部に設置し、浸透水の影響を受けて起こる土粒子の移動防止層としてフィルター層及びドレーン層の境界部に設置されている。

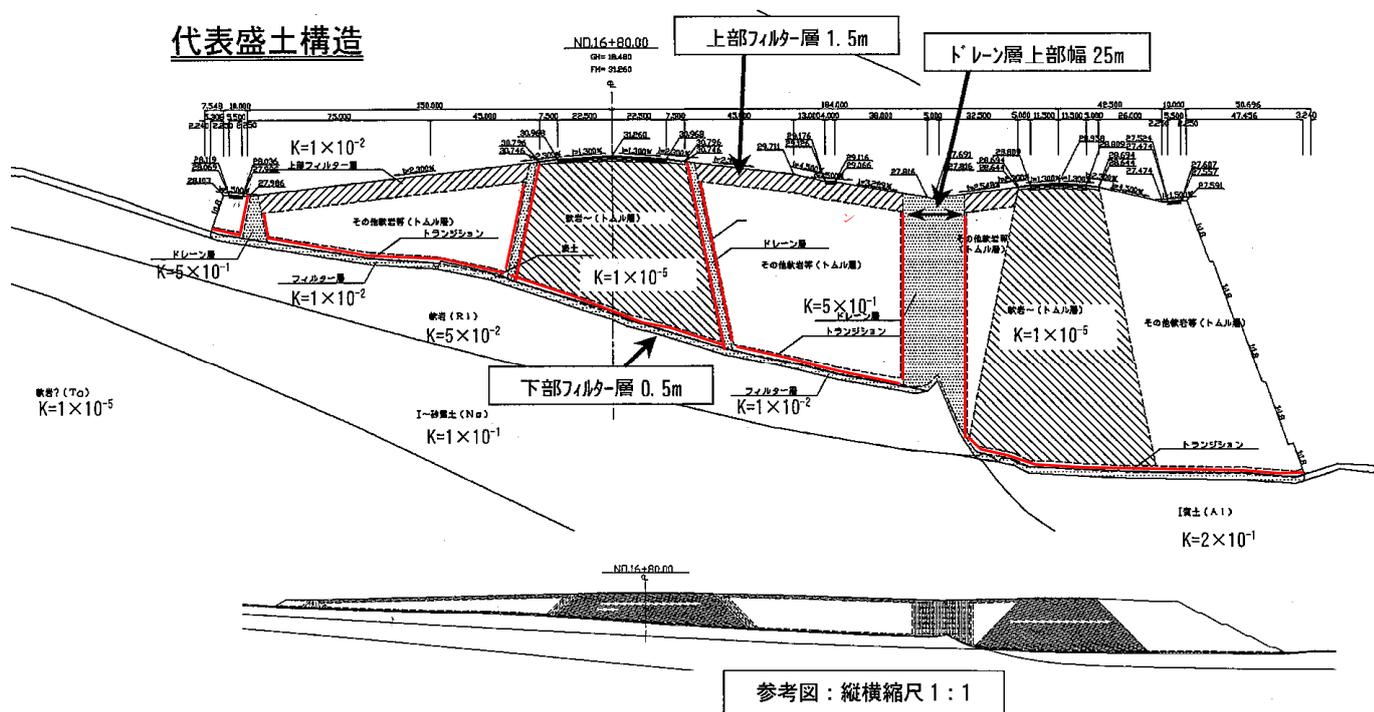


図 3.1 盛土部における標準断面図 (縦：横=5：1)

本空港建設地内の切土箇所に出現するトムル層の透水性は風化変質の程度によって変化するが、室内試験結果より琉球石灰岩の透水性とは顕著な差が認められることからゾーニングに際してはこの点に留意する必要があるとあり、フィルター層およびドレーン層の境界部にトランジッションを設ける必要があるものと考えし計画を行った。

今回の試験盛土において、トムル層の軟岩Ⅰ、軟岩Ⅱ、琉球石灰岩の転圧試験面にて透水試験を行い、また、トムル層及び琉球石灰岩の転圧後における粒度試験を行い粒度の変化特性を把握しトランジッションの材質と粒度を決めることとした。

### 3.2 トランジション粒径について

トランジションの材質については、トムル層軟岩 I、軟岩 II および石灰岩の盛土試験（転圧面）において透水係数等から判断するが、土木学会編による「ダムの地質調査」では、トランジション材は粒度が適正で、細粒分や過大寸法の粒子や岩塊が少ないものが望まれ、0.074mm 以下の細粒分が 10～20%程度のものが適当とされる。また、所要の遮水性が得られ極度に風化したり、固結度の低い岩石、重機械による細粒化を起しやすい材料は十分注意が必要であるとされている。

下図は、フィルダムのトランジションおよびフィルター材料の粒度分布例である。

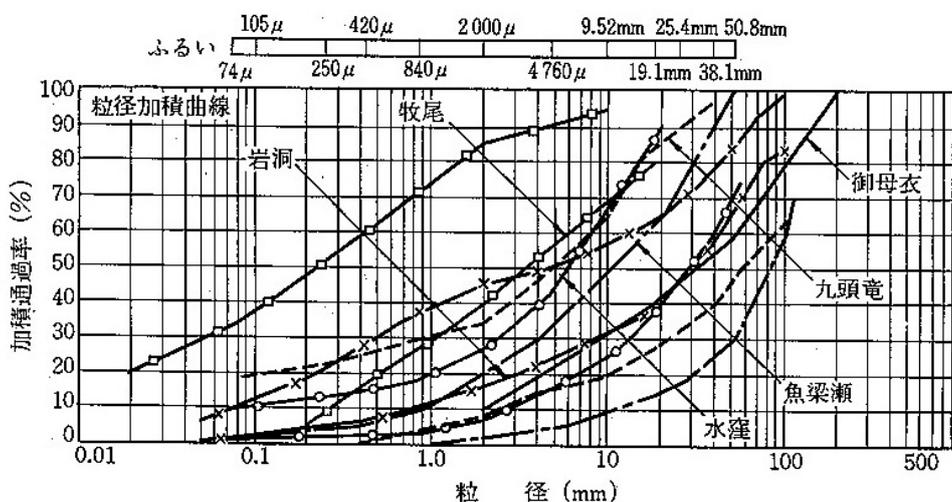


図 3.2 国内フィルダムのトランジション材料の粒度分布例

下図は、トムル層軟岩 I の転圧後の粒度分布を示したものであり、これらは上図の粒度分布の範囲内にあり、トランジション材として別段問題はないと言える。

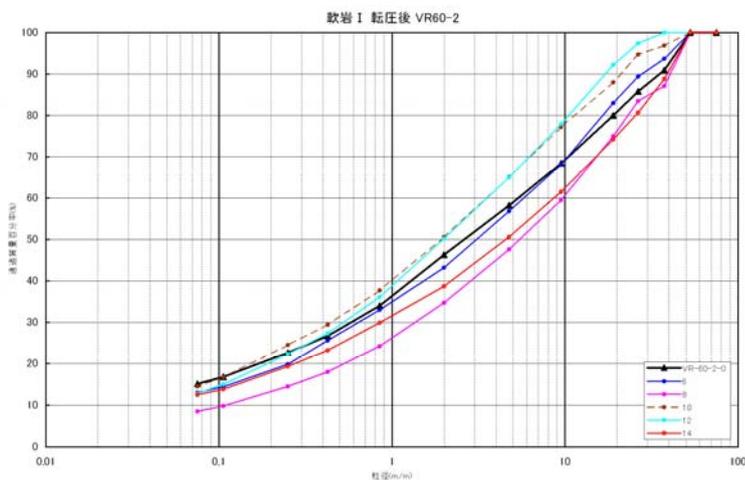


図 軟岩 I 転圧後 VR60-2 粒径加積曲線変化図

道路土工の排水工指針では、フィルター材料が路床から流入してくる微粒子によって目詰まり防止の条件として

$$\frac{D_{15} \text{ (フィルター材料)}}{D_{85} \text{ (路床土)}} < 5 \dots\dots\dots \text{排水工指針 P.103}$$

建設省河川砂防技術基準(案)同解説「フィルダムの設計」  
(排水性確保の条件)

$$\frac{\text{フィルター材料の 15\% 粒径}}{\text{排水される材料の 85\% 粒径}} < 5 \dots\dots \text{技術基準 P.219}$$

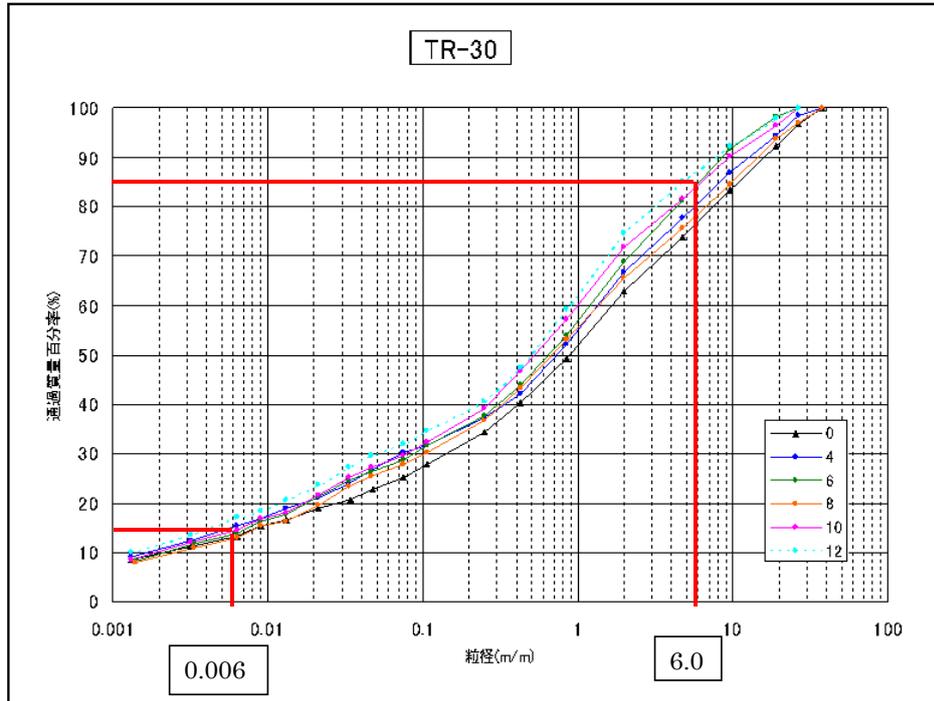
(目詰まり防止の条件)

$$\frac{\text{フィルター材料の 15\% 粒径}}{\text{排水される材料の 15\% 粒径}} > 5 \dots\dots \text{技術基準 P.219}$$

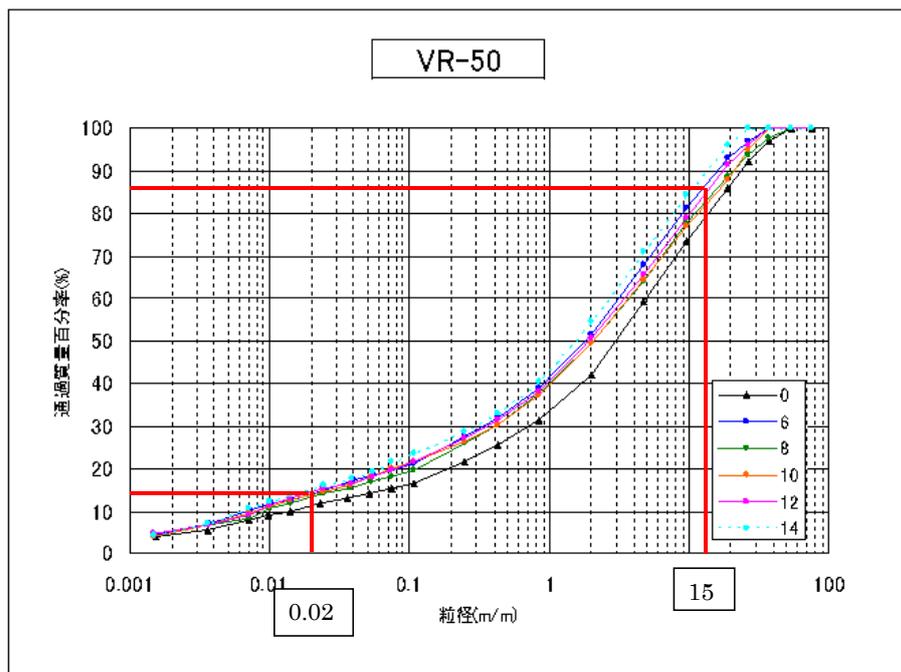
を満足するのがのぞましいと言われている。

なお、 $D_{15}$ 、 $D_{85}$  はそれぞれ、粒径加積曲線において通過重量百分率の 15%、85%に相当する粒径である。

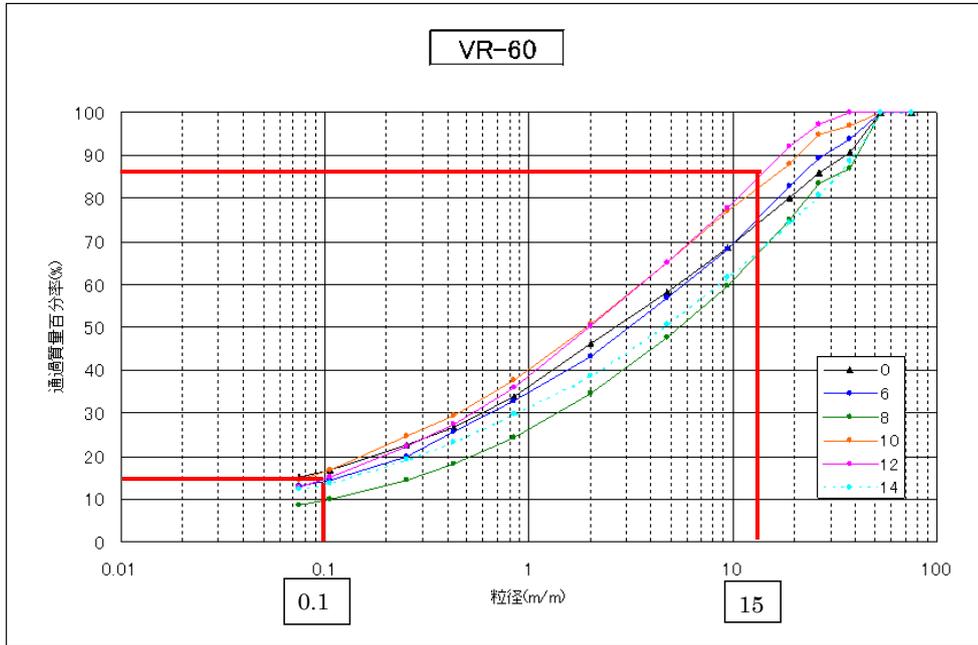
### 粘性土



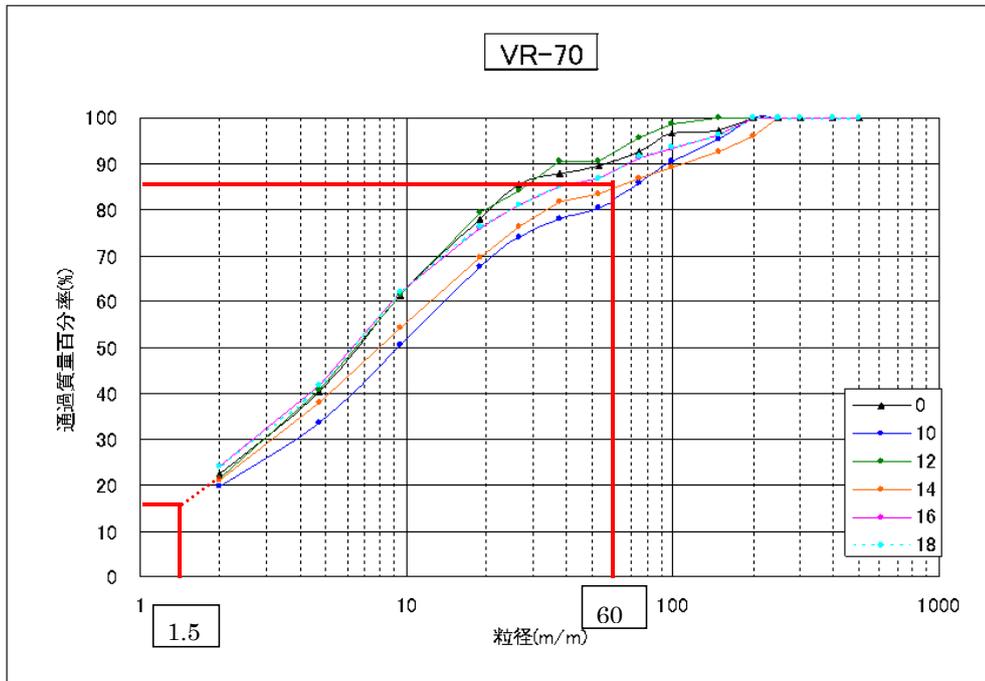
### 礫質土



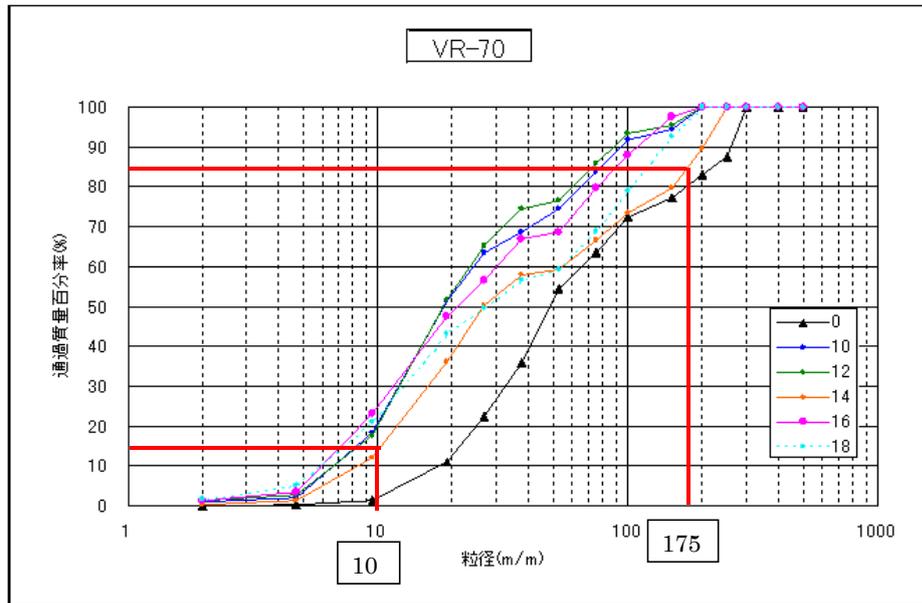
### 軟岩 I



### 軟岩 II



## 石灰岩



転圧後の粒度加積曲線より、トランジション材料適合性判定を行い、その結果を下表に示す。

表 5.1 トランジション材料適合性判定一覧表

石灰岩を対象にし、隣接する各土質ごとの判定。

NO	土質名	$D_{15}$	$D_{85}$	対象	$F_{15}/B_{85} < 5$ (透水性)	対象	$T_{15}/B_{15} > 5$ (目詰り防止)
1	粘性土	0.006	6.0	5	$10.0 / 6.0 = 1.83$	5	$10.0 / 0.006 = 1,666$
2	礫質土	0.02	15.0	5	$10.0 / 15.0 = 0.73$	5	$10.0 / 0.02 = 500$
3	軟岩 I	0.10	15.0	5	$10.0 / 15.0 = 0.73$	5	$10.0 / 0.10 = 100$
4	軟岩 II	1.50	60.0	5	$10.0 / 60.0 = 0.18$	5	$10.0 / 1.50 = 6.67$
5	石灰岩	10.0	175.0		—		—

※ $B_{15}=2\text{mm}$  以下及び  $B_{85}=2\text{mm}$  以上の材料については適合する。

よって、各盛土材料と石灰岩との間では条件等を満足し、目詰まりしないことからトランジション材を省略することとした。

## 4. 現場浸透能試験

### 4.1 調査概要

#### 1) 調査の目的

今調査は、地下水涵養のため設置されるドレーン層の盛土材において、転圧後の透水係数が適切な（実施設計時）値を示すか、現地浸透能試験を実施して、その結果における比較検討を行う事を目的とした。なお、浸透能試験は、転圧後の各盛土材（琉球石灰岩、トムル層・軟岩 I、II）において土研法（円筒型底面浸透）を用いて実施した。

#### 2) 試験対象の盛土材

試験の対象となった盛土材としては、最も透水能力に期待ができる「琉球石灰岩」を使用しているドレーン部とフィルターおよびトランジション部で計 11 箇所。路体において使用されるトムル層の軟岩 I、軟岩 II で計 4 箇所。浸透ゾーンでは、客土層の粘土質砂礫において計 2 箇所で浸透能試験を行った。

## 4.2 試験結果

現地浸透能試験結果を以下の一覧表に示し、各盛土材における試験結果の特筆すべき点をまとめた。

表 2.1 試験結果一覧表

項目	盛土材	ゾーン	番号	透水係数(清水) k(cm/s)	平均透水係数 k(cm/s)	透水係数(設計時) k(cm/s)	備考 試験法・浸透面
①	トムル層(軟岩I)	路体	S-1	8.86E-05	8.04E-05	1.00E-05	定常法 孔底のみ(転圧面)
			S-2	7.22E-05			
②	トムル層(軟岩II)	路体	S-1	2.70E-04	2.87E-04	1.00E-05	定常法 孔底のみ(転圧面)
			S-2	3.04E-04			
③	琉球石灰岩 (シルト混り砂礫)	フィルター層	S-1	3.15E-04	3.15E-04	1.00E-02	定常法
		トランジション	S-2	2.73E-03	2.73E-03	4.00E-01	孔底のみ(転圧面)
④	琉球石灰岩 (粘土混り砂礫)	ドレーン層	S-1	6.90E-04	5.66E-04	5.00E-01	定常法 孔底のみ (転圧面)
			S-2	4.95E-04			
			S-3	5.12E-04			
⑤	琉球石灰岩 (粘土混り砂礫)	ドレーン層	S-4	7.23E-04	2.84E-02	5.00E-01	定常法 孔底+側壁 φ=30cm h=30cm
			S-5	8.12E-02			
			S-6	3.17E-03			
⑥	琉球石灰岩 (粘土混り砂礫)	ドレーン層	S-7	7.40E-02	2.43E-02	5.00E-01	定常法 孔底のみ (転圧面を少し削る)
			S-8	2.70E-02			
			S-9	2.15E-02			
⑦	客土層 (粘土質砂礫)	浸透ゾーン	S-1	3.94E-03	3.95E-03	7.20E-03	定常法 孔底のみ(転圧面)
			S-2	3.95E-03			

試験の結果は次のようにまとめられる。

- 1) トムル層の軟岩 I では、 $7.22\sim 8.86\times 10^{-5}$  c m/s が測定され、平均値は  $8.04\times 10^{-5}$  c m/s が得られた。この値は室内試験の結果 ( $1.51\times 10^{-5}$  c m/s) と同じオーダーを示しており、概ね問題の無い範囲と判断される。設計では  $k = 1.00\times 10^{-5}$  c m/s が採用されている。
- 2) トムル層の軟岩 II では、 $2.70\sim 3.04\times 10^{-4}$  c m/s が測定され、平均値は  $2.87\times 10^{-4}$  c m/s が得られた。室内試験の結果では  $6.0\times 10^{-3}$  c m/s が得られており、室内試験に比べ 1 オーダーほど小さい値を示している。設計ではトムル層の軟岩 I~II として  $k = 1.00\times 10^{-5}$  c m/s が採用されている。
- 3) 琉球石灰岩層では試験面の状況によりかなり大きな変化が認められた。転圧面に直に浸透させた場合の透水係数は  $4.95\sim 6.90\times 10^{-4}$  c m/s が測定され、平均値は  $5.66\times 10^{-4}$  c m/s が得られた。一方、試験面の転圧面を少し削った場合の透水係数は  $2.07\sim 7.40$

$\times 10^{-2} \text{ c m/s}$  が測定され、平均値は  $2.43 \times 10^{-2} \text{ c m/s}$  が得られた。このように試験面の状況により透水係数が大きく異なることは、転圧面においては空隙が細粒土により埋められて、目詰まりを起こした状態になっていることが大きな要因と考えられる。なお、室内試験の結果では  $1.7 \times 10^{-2} \text{ c m/s} \sim 6 \times 10^{-1} \text{ c m/s}$  が得られている。設計ではドレーン層で  $k = 5.00 \times 10^{-1} \text{ c m/s}$ 、フィルター層で  $k = 1.00 \times 10^{-2} \text{ c m/s}$  が採用されている。

- 4) また、浸透面が  $\phi = 30\text{cm}$  の孔底と  $h = 30\text{cm}$  の側壁の場合には、透水係数は  $7.23 \times 10^{-4} \text{ c m/s} \sim 8.12 \times 10^{-2} \text{ c m/s}$  とかなりばらついた値が測定された。これは、地盤の不均質性（締固め密度、粒度組成）に起因するものであろう。平均値は  $2.84 \times 10^{-2} \text{ c m/s}$  が得られた。
- 5) 客土層の粘土質砂礫では  $3.94 \sim 3.95 \times 10^{-3} \text{ c m/s}$  が測定され、平均値は  $3.95 \times 10^{-3} \text{ c m/s}$  が得られた。同層におけるこれまでの試験結果では  $1.02 \times 10^{-2} \sim 4.38 \times 10^{-3} \text{ c m/s}$  が得られており、客土層の透水係数は  $10^{-3}$  オーダーは期待できそうである。

以上の試験結果から、特にドレーン層の透水係数が設計定数に比べ 1 オーダー以上小さい値が得られた点、豪雨時における雨水の地下浸透能力不足が懸念されることが想定されることから、何らかの対策を講じる必要があると考えられる。

### 4.3 透水係数の結果検討と対応

今回実施した現地浸透能試験結果から石灰岩の盛土材が、設計時に用いられた透水係数よりも下回ったことに関しては、転圧時に発生した石粉（細粒分）による目詰まりではないかと推測される。

ここでは、如何に転圧による盛土材の細粒化を防ぐことが出来るかを検討し、その対応を勘案してみる。

#### 4.3.1 ドレーン層の透水係数管理

ドレーン層に使用する透水性材料（石灰岩）の排水性については、一般に問題となることは少ないがシルト分を数%以上含む場合、または、破碎されて細粒になりやすい場合には、透水係数が小さくなり、自由な排水が阻害される恐れがある。このような材料を用いる場合には盛立試験、あるいは大型の供試体により透水性を推定しておくことが必要であることから、平成 13 年度に室内試験より  $1.7 \times 10^{-2} \text{cm/s}$ 、平成 15 年において石灰岩の溶出試験より  $5 \times 10^{-1} \text{cm/s}$  の結果を得て、 $5 \times 10^{-1} \text{cm/s}$  にて浸透流解析を行い空港内雨水を浸透させる計画としてきた。

今回、試験盛土においてフィルター層、トランジション層、ドレーン層の転圧面にて現地浸透能試験を実施した結果、19 t 級振動ローラーの転圧により破碎されて細粒化し、転圧面は目詰まり状態となって、透水係数の平均値は  $5.66 \times 10^{-4} \text{cm/s}$  と浸透能力不足が懸念される結果となった。

一方、建設省河川砂防技術基準(案)同解説「フィルダムの設計」においては、透水性材料は下表のように考えられている。

岩種からみた透水性材料の一般的適合性

適合すると思うる岩種	使用にあたって注意すべき岩種
深成岩 花崗岩、閃緑岩、斑れい岩など	超塩基性岩 蛇紋岩など
半深成岩 石英斑岩、ひん岩、輝緑岩など	変成岩 片理の発達した結晶片岩、片麻岩など
火山岩 流紋岩、安山岩、玄武岩など	火山岩 温泉作用を受けた岩石、溶岩自破碎部
中生代以前の堆積岩 頁岩、粘板岩など層理が密な岩石を除く 砂岩、輝緑凝灰岩、石灰岩、チャートなど	堆積岩 頁岩、粘板岩、新第三紀以後の凝灰岩、新第三紀以後の砂岩および隆起サンゴ礁石灰岩など

また、半透水性材料は次に示すようなフィルターに関する基準を満足する必要がある。

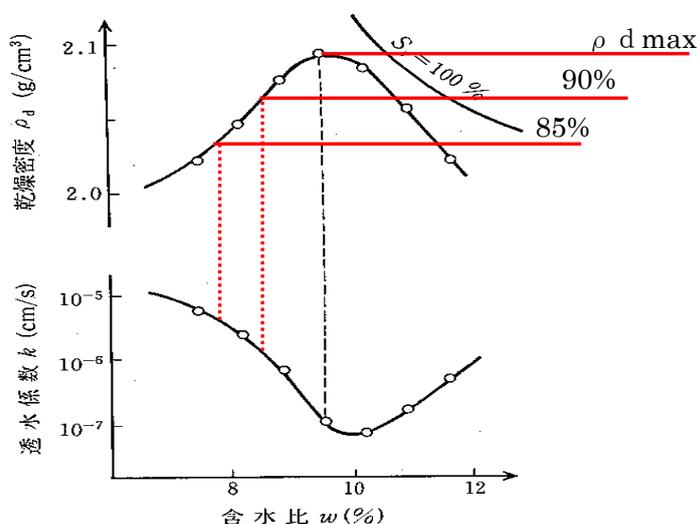
1. フィルター材料の粒度曲線は、保護される材料の粒度曲線とほぼ並行であることが望ましい。
2. フィルターで保護される材料が粗粒材料を含む場合は、その材料の粒径 25mm 以下の部分について判定する。
3. フィルター材料は粘着性のないものとし、0.074mm 以下の細粒分を 5%以上含んではない。

次頁には、浸透能力の向上を考慮した対応策案を締固め密度の管理をはじめ、4つ述べる。

### 4.3.2 透水能力向上の対応策案

- 1) 転圧管理基準による締め固め密度 90% (転圧回数 14 回) におけるドレーン層の透水係数は、転圧時において空隙が細粒土により埋められ目詰まり起こし、その結果透水性が低下したと考えられることから、透水性を考慮した密度管理 85% 等 (新青森空港 80%) の設定も必要になる。締め固め密度を 85% (転圧回数 8 回) にすることで透水係数の向上をはかることができる。

下図は、乾燥密度の変化による透水係数の変化を測定した例を示す。



- 2) 浸透量の増加を図るためには、ドレーン層幅 (25m) を広げる等の処置が考えられるが、石灰岩の切土量が限られているため、搬入土及び購入土が必要となる。
- 3) 立孔等を設置して排水することも考えられが、この場合、浸透流解析を行い立孔の設置数量を決定する必要がある。
- 4) 粒度調整を行い、透水係数  $10^{-1}$ 、 $10^{-2}$  c m/ s を確保する。この場合、ヤードと時間を要する。

浸透能試験の結果を考慮し、各層の転圧面を少し削り  $10^{-2}$  c m/ s を確保しながら安全側を考え、立孔等も設置し対応していく予定である。