

6.8 地下水の水質

6.8 地下水の水質

6.8.1 調査

(1) 調査の概要

1) 文献その他の資料調査

文献その他の資料調査の概要は表-6.8.1.1 地下水に係る文献その他の資料調査の概要に示すとおりです。

表-6.8.1.1 地下水に係る文献その他の資料調査の概要

調査項目	調査位置	調査時期	
地下水の水質の状況	【環境庁による調査】		
	地質の状況	名護市、宜野座村	平成元年
地下水の利用状況	【沖縄県による調査】		
	地下水の水質の状況	名護市、宜野座村	昭和63年、平成19年
地質及び土壌の状況	地下水の利用状況	名護市、宜野座村	昭和63年
湧水の状況	地質及び土壌の状況	名護市、宜野座村	昭和63年、平成10年
	湧水の状況	名護市、宜野座村	昭和63年

2) 現地調査

現地調査の概要は表-6.8.1.2に、調査方法は、表-6.8.1.3に、調査位置は図-6.8.1.1に示すとおりです。

表-6.8.1.2 地下水に係る現地調査の概要

調査項目	調査位置	調査時期
<p>地下水の水質</p>	<p>図-6.8.1.1 に示す1地点</p>	<p>一般項目、健康項目は 平成20年12月 (冬季1回) 平成21年3月 (春季1回)</p> <p>水道水項目、ダイオキシン類は 平成20年12月 (冬季1回)</p>
<p>地下水の水位 の状況</p>	<p>地下水水位観測</p>	<p>平成20年8月～3月</p>
<p>地質及び土壌 の状況</p>	<p>地質ボーリング</p>	<p>平成20年8月</p>
	<p>電気探査</p>	<p>平成20年8月</p>
<p>湧水の状況</p>	<p>湧水の状況</p>	<p>平成20年8月</p>

表-6.8.1.3(1) 地下水に係る現地調査の調査方法

調査項目		調査方法																																																																																		
地下水の水質	一般項目	<table border="1"> <thead> <tr> <th>No.</th> <th>項目名</th> <th>試験方法</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>水温</td><td>JIS K 0102 7.2</td></tr> <tr><td>2</td><td>透視度</td><td>JIS K 0102 9</td></tr> <tr><td>3</td><td>水色</td><td>JIS K 0102 8</td></tr> <tr><td>4</td><td>臭気</td><td>JIS K 0102 10.1</td></tr> <tr><td>5</td><td>pH</td><td>水道水項目の同項目と同じ</td></tr> <tr><td>6</td><td>電気伝導度</td><td>JIS K 0102 13</td></tr> <tr><td>7</td><td>塩素イオン</td><td>JIS K 0102 35.3</td></tr> <tr><td>8</td><td>硫酸イオン</td><td>JIS K 0102 41.3</td></tr> <tr><td>9</td><td>リン酸イオン</td><td>JIS K 0102 46.1.1</td></tr> <tr><td>10</td><td>カリウム</td><td>JIS K 0102 49.2</td></tr> <tr><td>11</td><td>シリカ</td><td>河川水質試験方法(案)II.49</td></tr> </tbody> </table>			No.	項目名	試験方法	1	水温	JIS K 0102 7.2	2	透視度	JIS K 0102 9	3	水色	JIS K 0102 8	4	臭気	JIS K 0102 10.1	5	pH	水道水項目の同項目と同じ	6	電気伝導度	JIS K 0102 13	7	塩素イオン	JIS K 0102 35.3	8	硫酸イオン	JIS K 0102 41.3	9	リン酸イオン	JIS K 0102 46.1.1	10	カリウム	JIS K 0102 49.2	11	シリカ	河川水質試験方法(案)II.49																																												
	No.	項目名	試験方法																																																																																	
1	水温	JIS K 0102 7.2																																																																																		
2	透視度	JIS K 0102 9																																																																																		
3	水色	JIS K 0102 8																																																																																		
4	臭気	JIS K 0102 10.1																																																																																		
5	pH	水道水項目の同項目と同じ																																																																																		
6	電気伝導度	JIS K 0102 13																																																																																		
7	塩素イオン	JIS K 0102 35.3																																																																																		
8	硫酸イオン	JIS K 0102 41.3																																																																																		
9	リン酸イオン	JIS K 0102 46.1.1																																																																																		
10	カリウム	JIS K 0102 49.2																																																																																		
11	シリカ	河川水質試験方法(案)II.49																																																																																		
健康項目	<table border="1"> <thead> <tr> <th>No.</th> <th>項目名</th> <th>試験方法</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>全シアン</td><td>JIS K 0102 38.1.2</td></tr> <tr><td>2</td><td>カドミウム</td><td>水道水項目の同項目と同じ</td></tr> <tr><td>3</td><td>鉛</td><td>水道水項目の同項目と同じ</td></tr> <tr><td>4</td><td>六価クロム</td><td>水道水項目の同項目と同じ</td></tr> <tr><td>5</td><td>砒素</td><td>水道水項目の同項目と同じ</td></tr> <tr><td>6</td><td>総水銀</td><td>水道水項目の同項目と同じ</td></tr> <tr><td>7</td><td>アルキル水銀</td><td>昭和46年環告第59号 付表2</td></tr> <tr><td>8</td><td>PCB</td><td>昭和46年環告第59号 付表3</td></tr> <tr><td>9</td><td>ジクロロメタン</td><td>水道水項目の同項目と同じ</td></tr> <tr><td>10</td><td>四塩化炭素</td><td>水道水項目の同項目と同じ</td></tr> <tr><td>11</td><td>1,2-ジクロロエタン</td><td>JIS K 0125 5.1</td></tr> <tr><td>12</td><td>1,1-ジクロロエチレン</td><td>平成15年厚告261号 別表第14</td></tr> <tr><td>13</td><td>シス-1,2-ジクロロエチレン</td><td>水道水項目の同項目と同じ</td></tr> <tr><td>14</td><td>1,1,1-トリクロロエタン</td><td>JIS K 0125 5.1</td></tr> <tr><td>15</td><td>1,1,2-トリクロロエタン</td><td>JIS K 0125 5.1</td></tr> <tr><td>16</td><td>トリクロロエチレン</td><td>水道水項目の同項目と同じ</td></tr> <tr><td>17</td><td>テトラクロロエチレン</td><td>水道水項目の同項目と同じ</td></tr> <tr><td>18</td><td>1,3-ジクロロプロペン</td><td>JIS K 0125 5.1</td></tr> <tr><td>19</td><td>チウラム</td><td>昭和46年環告第59号 付表4</td></tr> <tr><td>20</td><td>シマジン</td><td>昭和46年環告第59号 付表5</td></tr> <tr><td>21</td><td>チオベンカルブ</td><td>昭和46年環告第59号 付表5</td></tr> <tr><td>22</td><td>ベンゼン</td><td>水道水項目の同項目と同じ</td></tr> <tr><td>23</td><td>セレン</td><td>水道水項目の同項目と同じ</td></tr> <tr><td>24</td><td>ふっ素</td><td>水道水項目の同項目と同じ</td></tr> <tr><td>25</td><td>ほう素</td><td>水道水項目の同項目と同じ</td></tr> <tr><td>26</td><td>硝酸性窒素及び亜硝酸性窒素</td><td>水道水項目の同項目と同じ</td></tr> </tbody> </table>			No.	項目名	試験方法	1	全シアン	JIS K 0102 38.1.2	2	カドミウム	水道水項目の同項目と同じ	3	鉛	水道水項目の同項目と同じ	4	六価クロム	水道水項目の同項目と同じ	5	砒素	水道水項目の同項目と同じ	6	総水銀	水道水項目の同項目と同じ	7	アルキル水銀	昭和46年環告第59号 付表2	8	PCB	昭和46年環告第59号 付表3	9	ジクロロメタン	水道水項目の同項目と同じ	10	四塩化炭素	水道水項目の同項目と同じ	11	1,2-ジクロロエタン	JIS K 0125 5.1	12	1,1-ジクロロエチレン	平成15年厚告261号 別表第14	13	シス-1,2-ジクロロエチレン	水道水項目の同項目と同じ	14	1,1,1-トリクロロエタン	JIS K 0125 5.1	15	1,1,2-トリクロロエタン	JIS K 0125 5.1	16	トリクロロエチレン	水道水項目の同項目と同じ	17	テトラクロロエチレン	水道水項目の同項目と同じ	18	1,3-ジクロロプロペン	JIS K 0125 5.1	19	チウラム	昭和46年環告第59号 付表4	20	シマジン	昭和46年環告第59号 付表5	21	チオベンカルブ	昭和46年環告第59号 付表5	22	ベンゼン	水道水項目の同項目と同じ	23	セレン	水道水項目の同項目と同じ	24	ふっ素	水道水項目の同項目と同じ	25	ほう素	水道水項目の同項目と同じ	26	硝酸性窒素及び亜硝酸性窒素	水道水項目の同項目と同じ
No.	項目名	試験方法																																																																																		
1	全シアン	JIS K 0102 38.1.2																																																																																		
2	カドミウム	水道水項目の同項目と同じ																																																																																		
3	鉛	水道水項目の同項目と同じ																																																																																		
4	六価クロム	水道水項目の同項目と同じ																																																																																		
5	砒素	水道水項目の同項目と同じ																																																																																		
6	総水銀	水道水項目の同項目と同じ																																																																																		
7	アルキル水銀	昭和46年環告第59号 付表2																																																																																		
8	PCB	昭和46年環告第59号 付表3																																																																																		
9	ジクロロメタン	水道水項目の同項目と同じ																																																																																		
10	四塩化炭素	水道水項目の同項目と同じ																																																																																		
11	1,2-ジクロロエタン	JIS K 0125 5.1																																																																																		
12	1,1-ジクロロエチレン	平成15年厚告261号 別表第14																																																																																		
13	シス-1,2-ジクロロエチレン	水道水項目の同項目と同じ																																																																																		
14	1,1,1-トリクロロエタン	JIS K 0125 5.1																																																																																		
15	1,1,2-トリクロロエタン	JIS K 0125 5.1																																																																																		
16	トリクロロエチレン	水道水項目の同項目と同じ																																																																																		
17	テトラクロロエチレン	水道水項目の同項目と同じ																																																																																		
18	1,3-ジクロロプロペン	JIS K 0125 5.1																																																																																		
19	チウラム	昭和46年環告第59号 付表4																																																																																		
20	シマジン	昭和46年環告第59号 付表5																																																																																		
21	チオベンカルブ	昭和46年環告第59号 付表5																																																																																		
22	ベンゼン	水道水項目の同項目と同じ																																																																																		
23	セレン	水道水項目の同項目と同じ																																																																																		
24	ふっ素	水道水項目の同項目と同じ																																																																																		
25	ほう素	水道水項目の同項目と同じ																																																																																		
26	硝酸性窒素及び亜硝酸性窒素	水道水項目の同項目と同じ																																																																																		

表-6.8.1.3(2) 地下水に係る現地調査の調査方法

調査項目		調査方法		
地下水の水質	水道水項目	No.	項目名	試験方法
		1	一般細菌	平成15年厚告261号 別表第1
		2	大腸菌	平成15年厚告261号 別表第2
		3	カドミウム及びその化合物	平成15年厚告261号 別表第3
		4	水銀及びその化合物	平成15年厚告261号 別表第7
		5	セレン及びその化合物	平成15年厚告261号 別表第3
		6	鉛及びその化合物	平成15年厚告261号 別表第3
		7	砒素及びその化合物	平成15年厚告261号 別表第3
		8	六価クロム化合物	平成15年厚告261号 別表第3
		9	シアン化物イオン及び塩化シアン	平成15年厚告261号 別表第12
		10	硝酸態窒素及び亜硝酸態窒素	平成15年厚告261号 別表第13
		11	ふっ素及びその化合物	平成15年厚告261号 別表第13
		12	ほう素及びその化合物	平成15年厚告261号 別表第5
		13	四塩化炭素	平成15年厚告261号 別表第14
		14	1,4-ジオキサン	平成15年厚告261号 別表第14
		15	シス-1,2-ジクロロエチレン	平成15年厚告261号 別表第14
		16	ジクロロメタン	平成15年厚告261号 別表第14
		17	テトラクロロエチレン	平成15年厚告261号 別表第14
		18	トリクロロエチレン	平成15年厚告261号 別表第14
		19	ベンゼン	平成15年厚告261号 別表第14
		20	亜鉛及びその化合物	平成15年厚告261号 別表第3
		21	アルミニウム及びその化合物	平成15年厚告261号 別表第3
		22	鉄及びその化合物	平成15年厚告261号 別表第3
		23	銅及びその化合物	平成15年厚告261号 別表第3
		24	ナトリウム及びその化合物	平成15年厚告261号 別表第3
		25	マンガン及びその化合物	平成15年厚告261号 別表第3
		26	塩化物イオン	平成15年厚告261号 別表第13
		27	カルシウム、マグネシウム等(硬度)	平成15年厚告261号 別表第5
		28	蒸発残留物	平成15年厚告261号 別表第23
		29	陰イオン界面活性剤	平成15年厚告261号 別表第24
		30	ジオオスミン	平成15年厚告261号 別表第25
		31	2-メチルイソボルネオール	平成15年厚告261号 別表第25
		32	非イオン界面活性剤	平成15年厚告261号 別表第28
		33	フェノール類	平成15年厚告261号 別表第29
		34	有機物(全有機炭素(TOC)の量)	平成15年厚告261号 別表第30
		35	pH	平成15年厚告261号 別表第31
		36	味	平成15年厚告261号 別表第33
		37	臭気	平成15年厚告261号 別表第34
		38	色度	平成15年厚告261号 別表第35
39	濁度	平成15年厚告261号 別表第38		
	ダイオキシン類	No.	項目名	試験方法
		1	ダイオキシン類	JIS K 0312

表-6.8.1.3(3) 地下水に係る現地調査の調査方法

調査項目		調査方法	備考
地下水の 水位の状況	地下水水位観測	埋立土砂発生区域内のボーリング孔にて、自記水位計による連続観測、または、埋立土砂発生区周辺にて、触針水位計による観測をおこないました。	地下水及び地質構造等の状況を面的、立体的に把握するため、辺野古美謝川下流方向を軸とした400mメッシュのグリッド交点を計画し、最終的に200mメッシュで下流側を密にするなど全体のバランスを考慮し、調査ボーリング地点を配置しました。また、辺野古ダム周辺の地帯帯水の地下水脈を断面的に調査するため、調査ボーリングと平行して二次元比抵抗電気探査(最深探査深度:-50m、電極間隔を5mで設定)をメッシュ測線に沿って実施することで、ボーリング調査地点間のデータを補完し、辺野古ダム周辺の地下水分布及び地質構造の現況を把握しました。
地質及び 土壌の状況	地質ボーリング	埋立土砂発生区域内にて、φ66mmのボーリングを実施しました。現地透水試験法は、ケーシング法とルジオン試験を併用して実施しました。	
	電気探査	埋立土砂発生区域内の調査側線にて、水平2次元探査法により実施しました。	
湧水の状況	湧水の状況	埋立土砂発生区周辺を踏査し、目視により湧水状況を調査しました。	

(2) 調査結果

1) 文献その他の資料調査結果

沖縄県等による地下水に係る文献その他の資料調査結果については、「第 3 章 3.1.2 水環境の状況、3.1.3 土壌及び地盤の状況、3.1.4 地形及び地質の状況」に記載しています。

2) 現地調査結果

(a) 地下水の水質の状況

冬季及び春季に実施した地下水の水質調査結果は、表-6.8.1.4に示すとおりです。冬季及び春季の水道水項目にてアルミニウム等の数項目が水道水質基準値を超過している他は、環境基準及び水道水質基準を満たしています。

なお、項目毎の調査結果は以下のとおりです。

a) 一般項目

冬季及び春季の水温は 21.8℃、21.9℃であり、季節別には特定の変化は確認できませんでした。また水色は冬季及び春季ともに黄白濁色であり、これはD-2地点の地質が国頭マージであることを反映したものと考えられます。また冬季及び春季ともに無臭でした。

b) 健康項目

冬季で鉛、ジクロロメタン、ふっ素及びほう素の 4 項目、春季で鉛、ほう素、硝酸性窒素及び亜硝酸性窒素の 3 項目で検出されていますが、環境基準値と比較して、概ね 1/10 程度であり極めて低濃度という結果でした。また、他項目はいずれも定量下限値以下でした。

c) 水道水項目

冬季で一般細菌、大腸菌、アルミニウム及びその化合物、マンガン及びその化合物、濁度の 5 項目で水道水基準値を超過する結果となっています。その他の項目については、水道水基準値以下であり、六価クロム化合物、砒素及びその化合物といった有害鉱物、四塩化炭素といった有機溶媒系の項目は、大半が定量下限値以下という結果でした。

d) ダイオキシン類

冬季で 0.046pg-TEQ/L と環境基準値と比較し、極めて低い濃度でした。

表-6.8.1.4(1) 地下水質調査結果（一般項目：冬季、春季）

調査項目		調査地点D-2 (冬季)	調査地点：D-2 (春季)	
一般項目	水温	℃	21.8	21.9
	透視度	cm	4.0	3.0
	水色		黄白濁色	黄白濁色
	臭気		なし	なし
	pH		6.0	5.6
	電気伝導度	mS/m	28.0	28.0
	塩素イオン	mg/L	69.7	67.3
	硫酸イオン	mg/L	7.8	8.5
	リン酸イオン	mg/L	0.048	0.154
	カリウム	mg/L	1.96	2.01
	シリカ	mg/L	27.6	32.0

表-6.8.1.4(2) 地下水質調査結果（健康項目：冬季、春季）

調査項目		調査地点D-2 (冬季)	調査地点：D-2 (春季)	地下水の水質汚濁 に係る環境基準	
健康項目	全シアン	mg/L	< 0.1	< 0.1	検出されないこと
	カドミウム	mg/L	< 0.001	< 0.001	0.003mg/L以下
	鉛	mg/L	0.001	0.005	0.01mg/L以下
	六価クロム	mg/L	< 0.005	< 0.005	0.05mg/L以下
	砒素	mg/L	< 0.001	< 0.001	0.01mg/L以下
	総水銀	mg/L	< 0.00005	< 0.00005	0.0005mg/L以下
	アルキル水銀	mg/L	< 0.0005	< 0.0005	検出されないこと
	PCB	mg/L	< 0.0005	< 0.0005	検出されないこと
	ジクロロメタン	mg/L	0.0002	< 0.0001	0.02mg/L以下
	四塩化炭素	mg/L	< 0.0001	< 0.0001	0.002mg/L以下
	1,2-ジクロロエタン	mg/L	< 0.0002	< 0.0002	0.004mg/L以下
	1,1-ジクロロエチレン	mg/L	< 0.0001	< 0.0001	0.02mg/L以下
	シス-1,2-ジクロロエチレン	mg/L	< 0.0001	< 0.0001	0.04mg/L以下
	1,1,1-トリクロロエタン	mg/L	< 0.0002	< 0.0002	1mg/L以下
	1,1,2-トリクロロエタン	mg/L	< 0.0002	< 0.0002	0.006mg/L以下
	トリクロロエチレン	mg/L	< 0.0001	< 0.0001	0.03mg/L以下
	テトラクロロエチレン	mg/L	< 0.0001	< 0.0001	0.01mg/L以下
	1,3-ジクロロプロペン	mg/L	< 0.0002	< 0.0002	0.002mg/L以下
	チウラム	mg/L	< 0.0006	< 0.0006	0.006mg/L以下
	シマジン	mg/L	< 0.0003	< 0.0003	0.003mg/L以下
	チオベンカルブ	mg/L	< 0.001	< 0.001	0.02mg/L以下
	ベンゼン	mg/L	< 0.0001	< 0.0001	0.01mg/L以下
	セレン	mg/L	< 0.001	< 0.001	0.01mg/L以下
	ふっ素	mg/L	0.1	< 0.05	0.8mg/L以下
	ほう素	mg/L	0.022	0.022	1mg/L以下
	硝酸性窒素及び亜硝酸性窒素	mg/L	< 0.03	0.09	10mg/L以下

表-6.8.1.4(3) 地下水質調査結果（水道水項目：冬季）

調査項目		調査地点：D-2 (冬季)	水道水水質基準	
水道水項目	一般細菌	個/mL	3900	100個/ml以下
	大腸菌	MPN/100mL	10	検出されないこと
	カドミウム及びその化合物	mg/L	< 0.001	0.003mg/1以下
	水銀及びその化合物	mg/L	< 0.00005	0.0005mg/1以下
	セレン及びその化合物	mg/L	< 0.001	0.01mg/1以下
	鉛及びその化合物	mg/L	0.001	0.01mg/1以下
	砒素及びその化合物	mg/L	< 0.001	0.01mg/1以下
	六価クロム化合物	mg/L	< 0.005	0.05mg/1以下
	シアン化物イオン及び塩化シアン	mg/L	< 0.001	0.01mg/1以下
	硝酸性窒素及び亜硝酸性窒素	mg/L	< 0.03	10mg/1以下
	ふっ素及びその化合物	mg/L	0.06	0.8mg/1以下
	ほう素及びその化合物	mg/L	0.022	1.0mg/1以下
	四塩化炭素	mg/L	< 0.0001	0.002mg/1以下
	1,4-ジオキサン	mg/L	< 0.005	0.05mg/1以下
	シス1,2-ジクロロエチレン	mg/L	< 0.0001	0.04mg/1以下
	ジクロロメタン	mg/L	0.0002	0.02mg/1以下
	テトラクロロエチレン	mg/L	< 0.0001	0.01mg/1以下
	トリクロロエチレン	mg/L	< 0.0001	0.01mg/1以下
	ベンゼン	mg/L	< 0.0001	0.01mg/1以下
	亜鉛及びその化合物	mg/L	0.015	1.0mg/1以下
	アルミニウム及びその化合物	mg/L	0.307	0.2mg/1以下
	鉄及びその化合物	mg/L	0.19	0.3mg/1以下
	銅及びその化合物	mg/L	0.002	1.0mg/1以下
	ナトリウム及びその化合物	mg/L	38.5	200mg/1以下
	マンガン及びその化合物	mg/L	0.069	0.05mg/1以下
	塩化物イオン	mg/L	50.1	200mg/1以下
	カルシウム・マグネシウム等（硬度）	mg/L	36.9	300mg/1以下
	蒸発残留物	mg/L	174	500mg/1以下
	陰イオン界面活性剤	mg/L	< 0.02	0.2mg/1以下
	ジェオスミン	mg/L	0.000001	0.00001mg/1以下
	2-メチルイソボネール	mg/L	< 0.000001	0.00001mg/1以下
	非イオン界面活性剤	mg/L	< 0.005	0.02mg/1以下
フェノール類	mg/L	< 0.0005	0.005mg/1以下	
有機物	mg/L	1.8	3mg/1以下	
pH		6.0	5.8以上8.6以下	
味		異常なし	異常でないこと	
臭気		異常なし	異常でないこと	
色度	度	2.9	5度以下	
濁度	度	4.8	2度以下	

表-6.8.1.4(4) 地下水質調査結果（ダイオキシン類：冬季）

調査項目	調査地点：D-2 (冬季)	環境基準
ダイオキシン類	0.046	1pg-TEQ/L以下

(b) 地下水の水位の状況

地下水位観測を実施した計 15 地点の調査結果は表-6.8.1.5に、一方、計 14 地点の水位連続観測結果は図-6.8.1.2に示します。また、地下水位等高線図は図-6.8.1.3に示します。

各地点の観測最高水位と観測最低水位の水位差は 0.29～1.94m程度となっています。図-6.8.1.3に示す地下水位等高線図からは、辺野古ダムに向かって地下水位が低くなる様子が読み取れます。

表-6.8.1.5 観測水位調査結果(連続観測計 14 地点)

孔番	地盤高	観測最高水位	観測最低水位	水位差
	EL(m)	EL(m)	EL(m)	(m)
A-3	56.98	30.05	28.85	1.2
A-5	71.43	40.72	39.81	0.91
B-2	45.42	25.18	23.48	1.7
B-7	85.79	55.54	54.3	1.24
C-1	33.44	16.53	15.77	0.76
C-3	53.48	18.21	17.88	0.33
C-5	48.64	31.83	31.54	0.29
D-2	46.31	23.31	21.37	1.94
D-7	55.6	36.05	35.56	0.49
E-1	48.04	19.9	19.56	0.34
E-3	51.66	38.07	37.33	0.74
E-5	51.2	28.06	27.64	0.42
辺野古ダム	18.39	15.12	14.4	0.72
辺野古区井戸	3.34	0.91	0.18	0.73
久志区井戸 ^{注)}	4.12	1.18	0.70	0.48

観測期間:平成 20 年 8 月 18 日～平成 21 年 3 月 2 日(連続観測)

注)久志区井戸は触針水位計による月 1 回観測

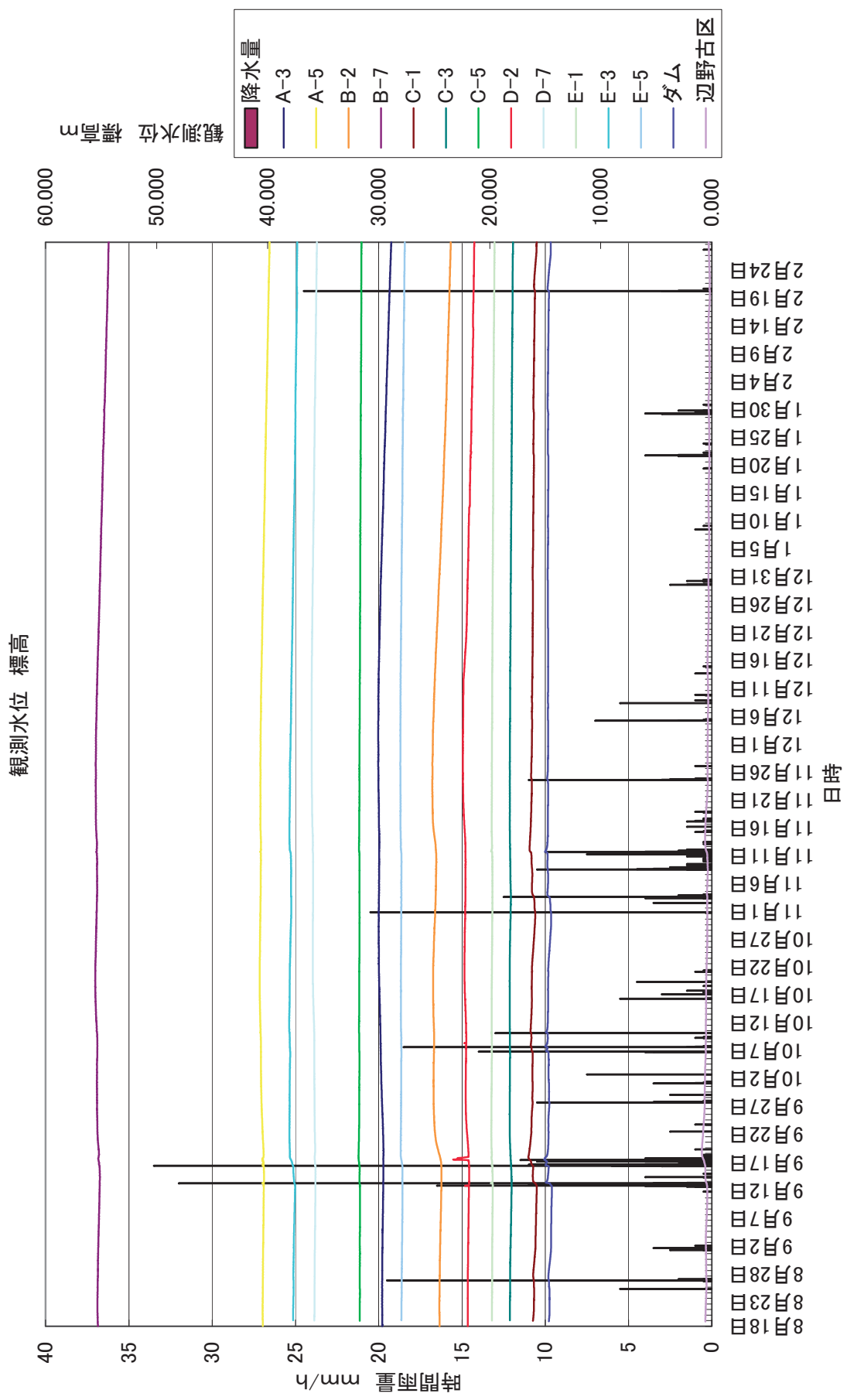


図-6.8.1.2 地下水水位観測結果（連続観測の計14地点）

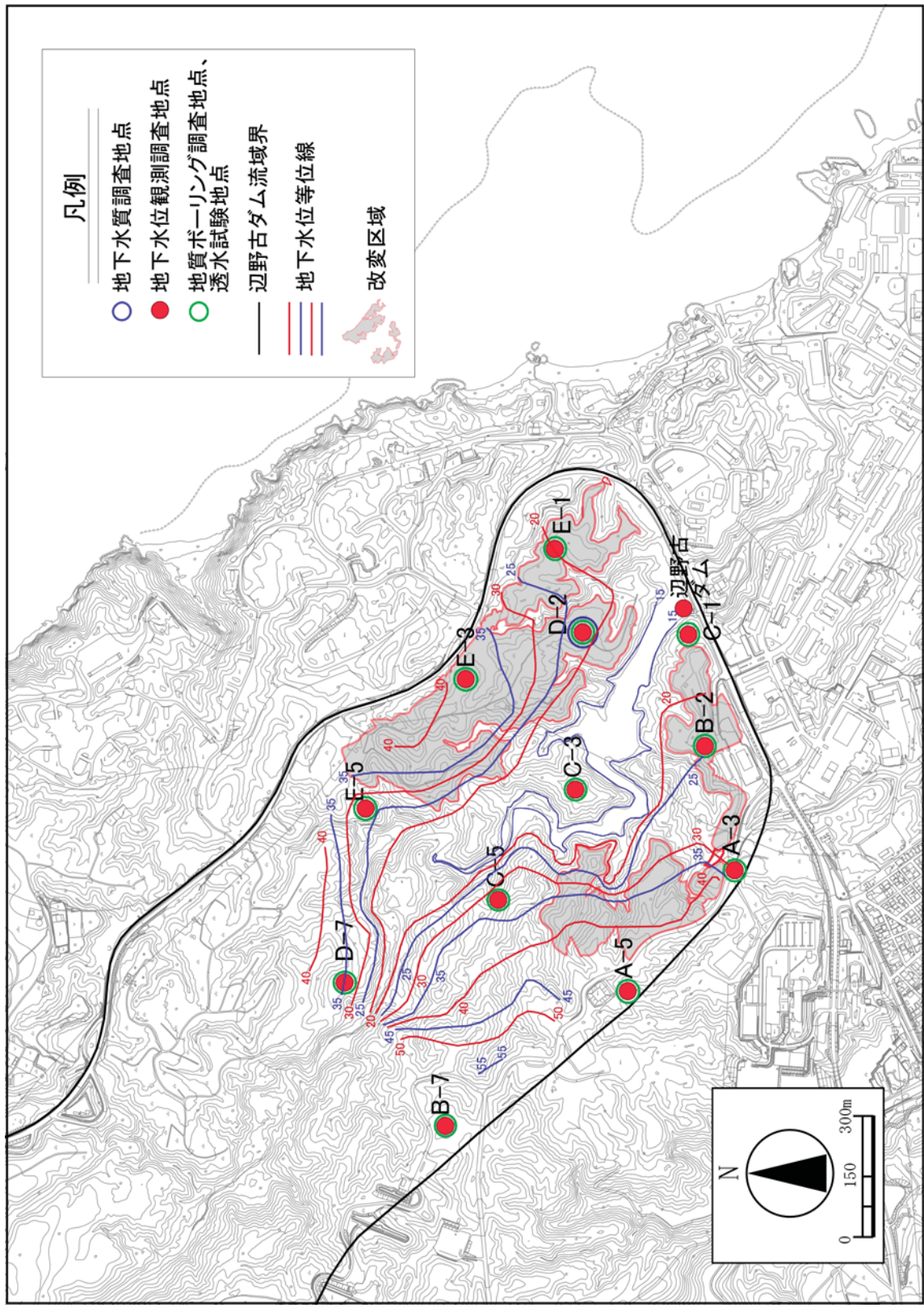


図-6.8.1.3 地下水位等高線図

(c) 地質、土壌の状況

a) 地質

埋立土砂発生区域では、計 12 地点で地質ボーリングを実施しており、結果概要を表-6.8.1.6に示します。また、以下に地質層序の上位層より地質状況を記述します。

表-6.8.1.6 地質ボーリング結果概要(計 12 地点)

地質時代	地質区分		地層区分と層厚(m)	記号	記 事	
第 四 紀	完 新 世	人 工 造 成 土		埋土・盛土 1m	fm	道路建設及び土地造成時の盛土。
		沖 積 層		河床堆積物 1m～数 m	ar	土砂及び軟弱な有機質粘土。
第 四 紀	更 新 世	琉 球 層 群	国 頭 礫 層	粘 性 土 最大 15m	kg-c	石英粒子を含有する褐色粘土及び粘性土からなり、国頭マージと総称。
				砂 質 土 数 m～10m	kg-s	淘汰の悪い石英質砂～砂質土。
				礫 質 土 最大 20m	kg-g	基盤岩起源の腐り礫を含む砂礫、礫質土。基盤の谷を埋めるように局所的に分布。
古 第 三 紀	始 新 世	国 頭 層 群	嘉 陽 層	強 風 化 岩 2～10m	wh-Kk	母岩の組織構造を留めるが風化が著しく、指圧で容易に砕ける。[D級岩盤相当]
				中 風 化 岩 5m～10m	wm-Kk	指圧やハンマーの軽打で砕ける程度。[D級～C _L 級岩盤相当]
				弱 風 化 岩 40m	wl-Kk	片状～棒状コアとして採取。ハンマーの軽打～中打で砕ける。[C _L 級岩盤相当]
				新 鮮 岩	Kk	コアは暗青灰～暗灰色を呈し非常に堅硬。[C _L ～C _M 級岩盤相当]

(ア) 盛土 (fm)

ボーリングではほとんど確認されていませんが、道路建設時の盛土や造成時の盛土と考えられます。いくつかの既存ボーリング資料によると、現地発生の基盤岩や国頭礫層起源の土砂が使用されています。

(イ) 沖積層 (ar)

沖積層は、辺野古美謝川流路の河床部分や、その枝谷がつくる幅の狭い平坦面(湿地)にわずかに分布しています。非常に軟弱な粘性土や有機質土で構成されており、層厚は谷部で1～2 m程度、河床部でも数m程度と考えられます。

(ウ) 国頭礫層

国頭礫層は、調査地全域の地表面を層厚数m～10数mで広く覆っている更新世の堆積物です。局所的には層厚25～35mの箇所も認められます。ほとんどが、赤褐色～褐色の粘土、粘性土からなります。基盤岩起源の腐り礫を含みますが、風化の進行が遅い石英粒子が残存しており、それが粗砂～細礫（～中礫）となって褐色粘性土中に点在しています。

・粘性土層 (kg-c)

基盤岩の風化残積土を含め、方言で、「国頭マージ」と呼ばれる赤色土壌で、 $\phi 5\sim 10\text{mm}$ 程度の石英を主とした円礫～亜円礫を含んだ赤褐色～黄褐色を呈する粘土及び粘性土です。砂岩及び粘板岩の礫も含まれますが、硬い石英礫以外は指圧で容易に潰すことができます。層厚は数m～10m程度で、最大15m位を示します。

・砂質土層 (kg-s)

黄褐色の砂質土層で、粘土～シルト分に富んだ粒子の不均一な砂からなります。全体に $\phi 5\sim 20\text{mm}$ 程度の石英を主とする基盤岩起源の円礫～亜角礫が含まれます。また、下部にしたがい粗礫～粗石大の腐り礫も含むようになります。主に、礫質土層の上に層厚数m～10m程度で分布します。

・礫質土層 (kg-g)

基盤岩起源の腐り礫が多量に混じる砂礫で、基盤の谷を埋めるように分布します。また、C-3及びC-5地点において国頭礫層礫質土が確認されています。

層相は、粘土～シルト分に富んだ泥質な砂礫で、礫は石英や砂岩、粘板岩など基盤岩起源の円礫～亜円礫（ $\phi \leq 20\text{mm}$ 程度）を主体としています（亜角礫も多く認められます）。所々に指圧やハンマーの軽打で容易に砕ける程度の腐り礫（粗礫～粗石大）が含まれます。特に下部では粗石から巨石大の腐り礫の混入が目立ちます。層厚は、最大20m程度（C-3地点）が認められます。

なお、礫質土層の基底面標高は河川の上流～下流に向かって50mから15mまで低下しますが、測線3より下流層では25m前後を示しており、ダム湖を横断する断層の存在を示唆しています。

(エ) 嘉陽層

基盤岩を構成する嘉陽層は砂岩～砂岩優勢頁岩互層の砂質岩を主体に分布しています。千枚岩や礫岩も確認されますが、目立つ程ではありません。風化は深部にまで達しており、新鮮岩が確認される箇所は一部です。

・強風化岩層 (wh-Kk)

強風化部はD級岩盤相当層で、N値30以下を示します。ボーリング・コアは、母岩の組織構造を残すが風化が著しく、指圧で容易に砕け、つぶすと砂質シル

ト～シルト質砂状となります。

本層が分布する標高及び層厚は辺野古美謝川右岸側と左岸側では異なり、その最下部面における標高と、最下部面までの層厚は次のとおりです。

- 右岸側 標高 (EL) 35m～65m……層厚 5～10m (最大 13m)
- 左岸側 標高 (EL) 30m～45m……層厚 2～5m (最大 6m)

・中風化岩層 (wm-Kk)

中風化岩層は D 級～CL 級岩盤相当層で土砂状を呈し、N 値は 30～60 を示します。コアは指圧またはハンマーによる軽打で粉碎し、つぶすとシルト質砂状～砂状を呈します。

本層の前述河川右岸及び左岸における最下部面の標高及び、その最下部面までの層厚は、次に示すとおりです。

- 右岸側 標高 (EL) 20m～55m……層厚 5～10m (最大 14m)
- 左岸側 標高 (EL) 25m～35m……層厚 5～10m (最大 12m)

・弱風化岩層 (w1-Kk)

弱風化岩層は CL 級岩盤相当層で、N 値は 60 以上を示します。採取されたコアは片状～棒状を呈するが、ハンマーによる軽打～中打で砕けます。分布する標高は、上記の中風化岩層の最下部面標高以下で、前述した河川の右岸側では非常に厚く、今回のボーリング A-5 地点では 40m 以上の厚さの弱風化帯が続いています。

・新鮮岩層 (Kk)

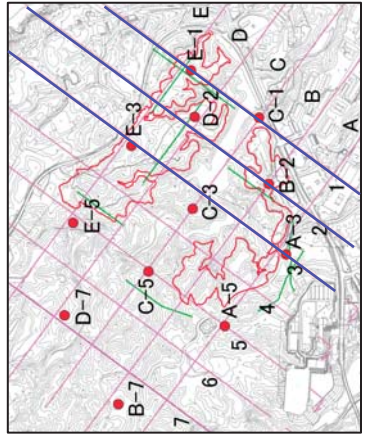
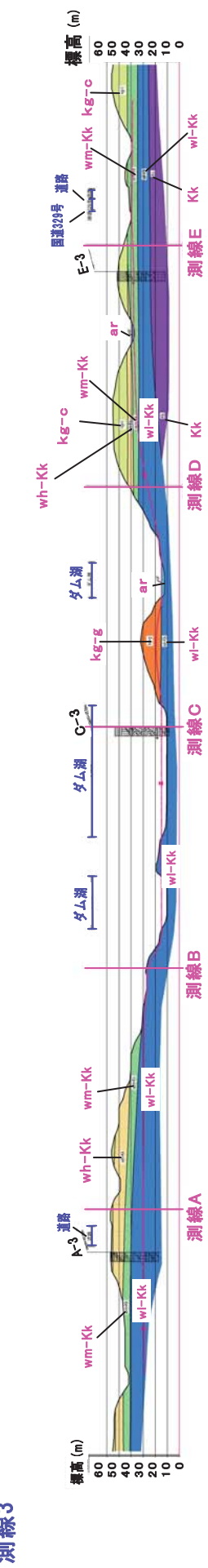
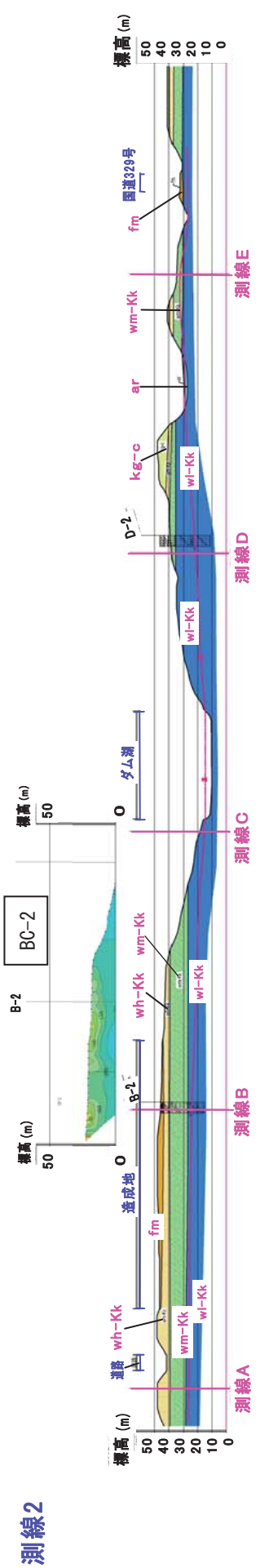
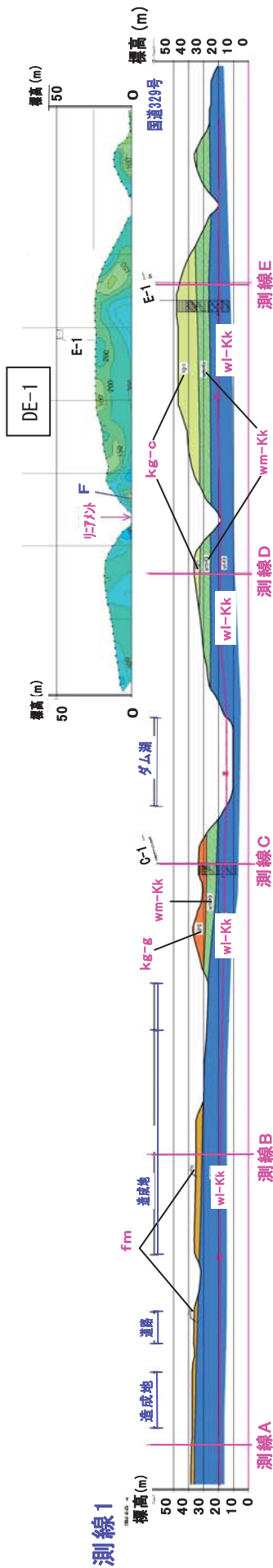
新鮮岩層は CL 級～CM 級岩盤相当層です。コアは暗青灰～暗灰色を呈し、非常に硬質で、概ね棒状に採取されます。本調査地域における新鮮岩は左岸側の標高 25～15m 付近に分布していますが、右岸側におけるボーリング調査の結果からは、まだ確認されていません。

b) 電気探査(比抵抗二次元電気探査)

図-6.8.1.4～図-6.8.1.7 の中に、計 8 測線で実施した電気探査結果を示します。ダム湖東側測線 DE-1、D2-3、E1-2 及びダム湖西側の測線 BC-2 は、いずれも表層部において比較的低い値の比抵抗値を示しています。ところが、深部においては、水色～青色で示す数百 Ωm 以上の高い比抵抗値を示します。そして、これらの比抵抗値の性状は、いずれの測線部においても類似しています。

一方、ダム湖北側の測線 BC-5 及び DE-4 では表層部が水色～青色で示す数百 Ωm 以上の高い比抵抗値を示し、逆に深部においては緑色～黄色で示す数百 Ωm 以下の低い抵抗値を示しています。

なお、地質ボーリング調査及び電気探査結果等に基づき作成した推定地質断面図は、図-6.8.1.4～図-6.8.1.7 に示すとおりです。

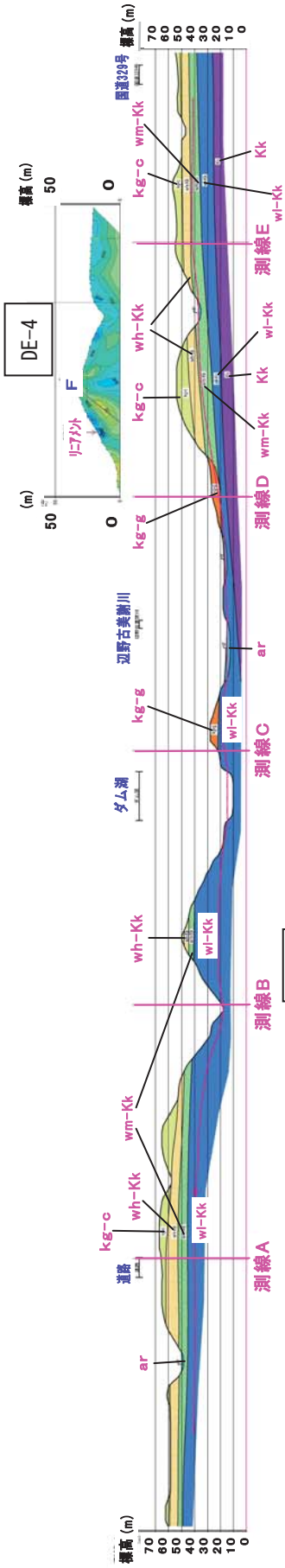


地質時代	地層区分	記号	記事	地質時代	地層区分	記号	記事
第四紀	人口造粘土	fm	道路建設及び土地造成時の盛土。	新第三紀	強風化岩	wf-Kk	母岩の組織は認めるが風化が著しく、指圧で容易に砕ける。〔礫岩盛相当〕
	河床堆積物	ar	土砂及び脆弱な有機質粘土。		中風化岩	wm-Kk	指圧やハンマーの軽打で砕ける程度。〔礫～礫岩盛相当〕
	琉球層群	kg-c	石英粘土を含有する緑色粘土及び粘性土からなり、国頭マージと略称。		弱風化岩	wl-Kk	片状～棒状コアとして採取。ハンマーの軽打～中打で砕ける。〔礫岩盛相当〕
更新世	琉球層群	kg-s	陶次の重い石英質砂～砂質土。	国頭層群	新緑岩	Kk	コアは暗青灰～暗灰色を呈し非常に要領。〔礫線～礫岩盛相当〕
	琉球層群	kg-g	基盤岩起源の腐り際を含む砂礫、砂質土。基盤の谷を埋めるように分布。		素蒸陽層		
				国頭層群			
				始新世			
				古第三紀			

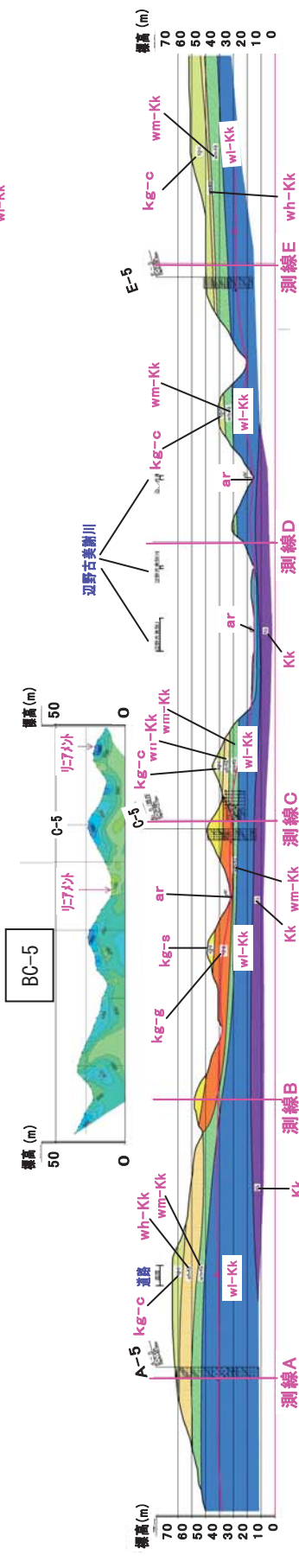
— 地下水位線
 — 電気探査測線

図-6.8.1.4 推定地質断面図 測線1、2、3

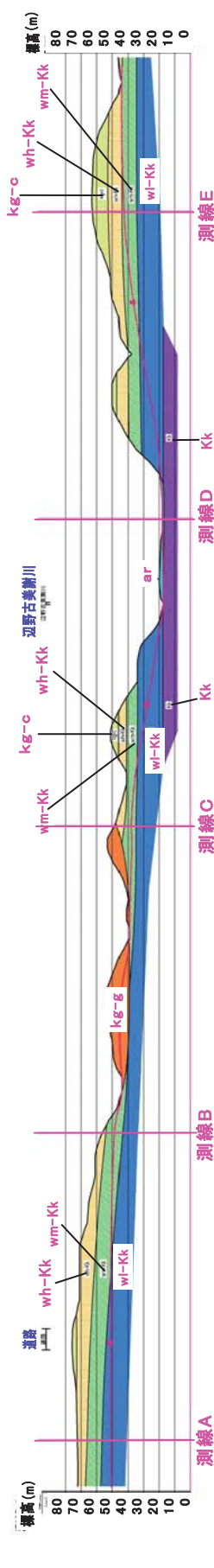
測線4



測線5



測線6



地質時代		地質区分		地質時代		地質区分		地質時代		地質区分		地質時代		地質区分		地質時代		地質区分	
第四紀	更新世	人口造成土	埋土・盛土	古第三紀	始新世	国頭層群	嘉陽層	新第三紀	中風北岩	中風北岩	新第三紀	弱風北岩	弱風北岩	新第三紀	弱風北岩	弱風北岩	新第三紀	弱風北岩	弱風北岩
	更新世	河床堆積物	河床堆積物		国頭層群	嘉陽層	中風北岩		中風北岩	弱風北岩		弱風北岩	弱風北岩		弱風北岩	弱風北岩		弱風北岩	弱風北岩
	更新世	粘土	粘性土	始新世	始新世	国頭層群	嘉陽層	中風北岩	中風北岩	弱風北岩	弱風北岩	弱風北岩	弱風北岩	弱風北岩	弱風北岩	弱風北岩	弱風北岩	弱風北岩	弱風北岩
	更新世	砂質土	砂質土	始新世	始新世	国頭層群	嘉陽層	中風北岩	中風北岩	弱風北岩	弱風北岩	弱風北岩	弱風北岩	弱風北岩	弱風北岩	弱風北岩	弱風北岩	弱風北岩	弱風北岩
更新世	礫質土	礫質土	始新世	始新世	国頭層群	嘉陽層	中風北岩	中風北岩	弱風北岩	弱風北岩	弱風北岩	弱風北岩	弱風北岩	弱風北岩	弱風北岩	弱風北岩	弱風北岩	弱風北岩	弱風北岩
		埋土・盛土				嘉陽層		中風北岩		弱風北岩		弱風北岩		弱風北岩		弱風北岩		弱風北岩	
		河床堆積物				国頭層群		中風北岩		弱風北岩		弱風北岩		弱風北岩		弱風北岩		弱風北岩	
		粘性土				国頭層群		中風北岩		弱風北岩		弱風北岩		弱風北岩		弱風北岩		弱風北岩	
		砂質土				国頭層群		中風北岩		弱風北岩		弱風北岩		弱風北岩		弱風北岩		弱風北岩	
		礫質土				国頭層群		中風北岩		弱風北岩		弱風北岩		弱風北岩		弱風北岩		弱風北岩	
		埋土・盛土				嘉陽層		中風北岩		弱風北岩		弱風北岩		弱風北岩		弱風北岩		弱風北岩	
		河床堆積物				国頭層群		中風北岩		弱風北岩		弱風北岩		弱風北岩		弱風北岩		弱風北岩	
		粘性土				国頭層群		中風北岩		弱風北岩		弱風北岩		弱風北岩		弱風北岩		弱風北岩	
		砂質土				国頭層群		中風北岩		弱風北岩		弱風北岩		弱風北岩		弱風北岩		弱風北岩	
		礫質土				国頭層群		中風北岩		弱風北岩		弱風北岩		弱風北岩		弱風北岩		弱風北岩	

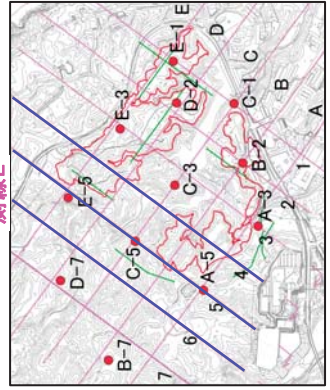
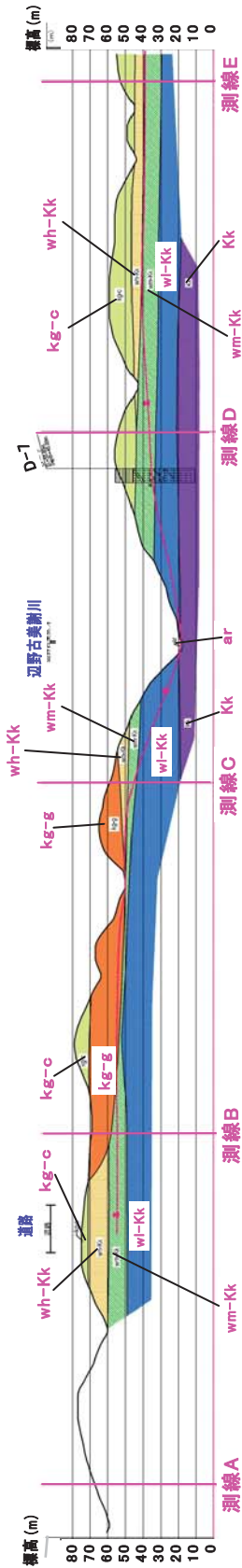
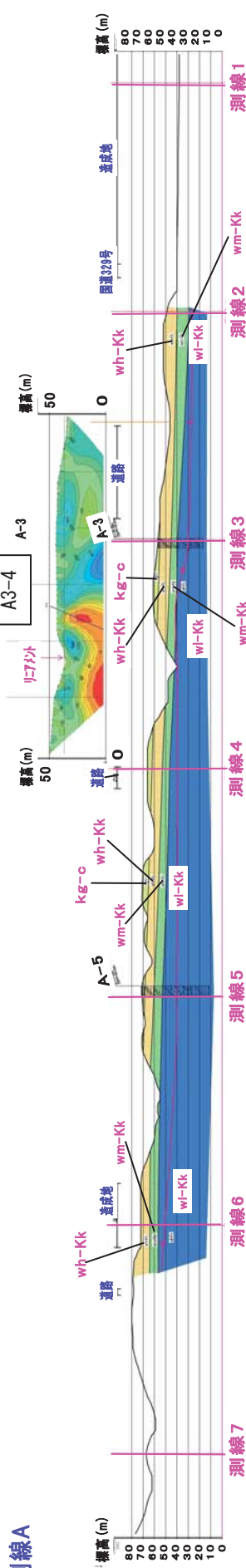


図-6.8.1.5 推定地質断面図 測線4、5、6

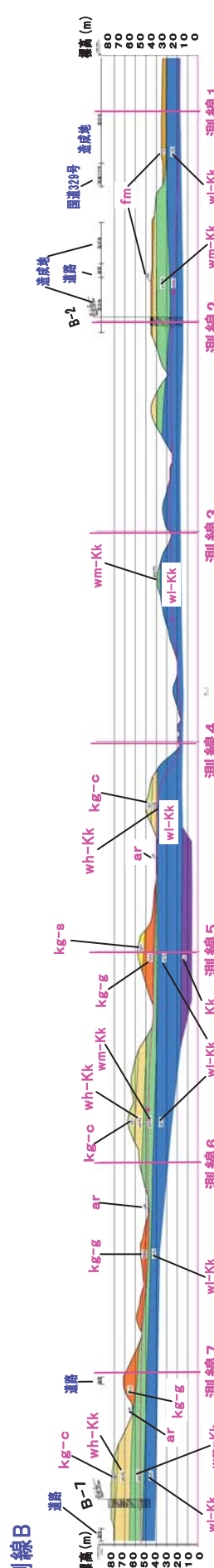
測線7



測線A



測線B



地質時代	地質区分	記号	地質区分	記号	記事
第四紀	人工造成土	埋土・盛土	fm	強風北岩	母岩の層理は認めるが風化が著しく、指圧で容易に碎ける。(D線岩盤相当)
	河床堆積物	河床堆積物	ar	中国北岩	指圧やハンマーの軽打で碎ける程度。(D線~C線岩盤相当)
	粘性土	粘性土	kg-c	弱風北岩	片状~棒状コアとして採取、ハンマーの軽打~中打で砕ける。(C線~M線岩盤相当)
	砂質土	砂質土	kg-g	新緑岩	コアは暗青灰~暗灰色を呈し非常に堅硬。(C線~M線岩盤相当)
	国頭礫層	国頭礫層	Kk	地下水位線	電気探査測線
	国頭層群	国頭層群			
	始新世	始新世			
	古第三紀	古第三紀			

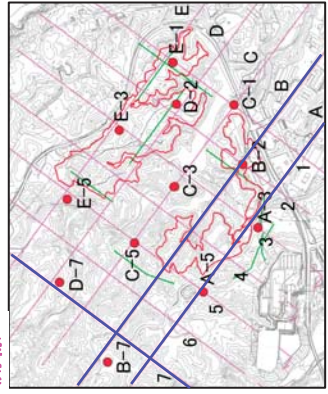
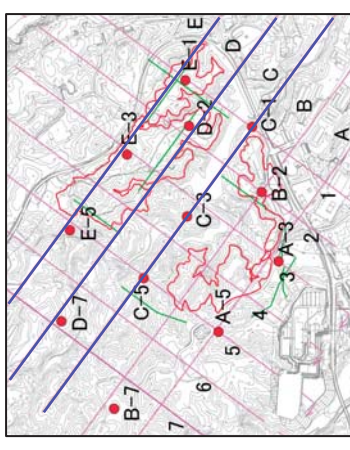
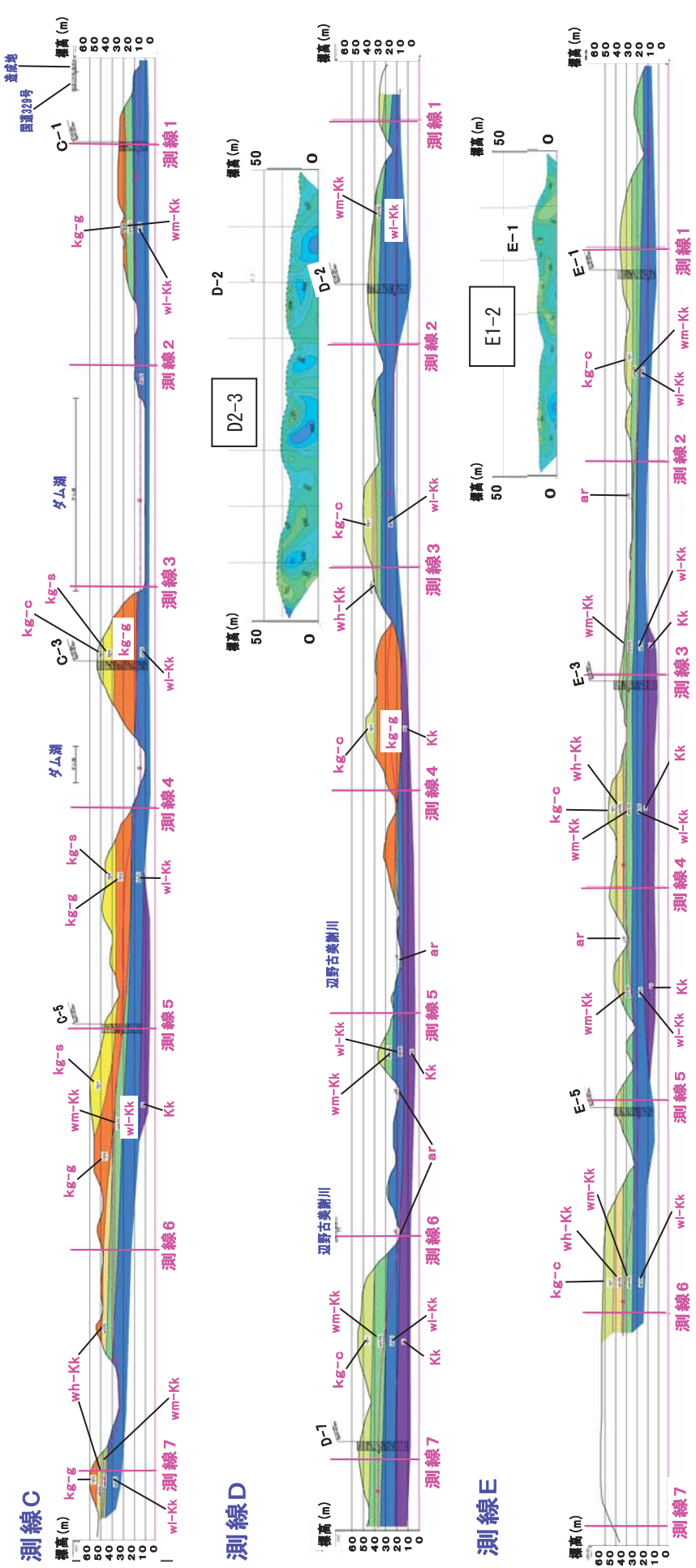


図-6.8.1.6 推定地質断面図 測線7、A、B



地質時代	地質区分	記号	地質時代	地質区分	記号	記事
第四紀	埋土・盛土	fm	古第三紀	弱風化岩	wh-Kk	母岩の組織は認めるが風化が著しく、指圧で容易に碎ける。〔0線岩盤相当〕
	河床堆積物	ar	国頭層群	中風化岩	wm-Kk	
更新世	国頭礫層	kg-c	始新世	弱風化岩	wh-Kk	指圧やハンマーの軽打で砕ける程度。〔0線～0L線岩盤相当〕
	琉球層群	kg-s	古第三紀	新鮮岩	Kk	片状～棒状コアとして採取、ハンマーの軽打～中打で砕ける。〔0L線～0線岩盤相当〕
	礫質土	kg-g				コアは暗青灰～暗灰色を呈し非常に堅硬。〔0L線～0線岩盤相当〕
	礫質土	kg-g				基盤岩起源の腐り礫を含む砂礫、砂質土、基盤の谷を埋めるように分布。
						地下水位線 ———— 電気探査測線

図-6.8.1.7 推定地質断面図 測線C、D、E

c) 透水性

現場透水試験は、計 12 地点について概ね 5m 間隔で実施しました。未固結地盤に対してはケーシング法による現場透水試験を、また岩盤部に対しては基盤岩を対象にルジオン試験法によりを実施しました。

ケーシング法、ルジオン試験法、室内土質試験のそれぞれについて、試験結果を表-6.8.1.7～表-6.8.1.10 に示します。

地盤全体としては、ほとんどが 1×10^{-4} cm/sec のオーダーを示す低い透水性地盤であり、かつ局所的に 1×10^{-5} cm/sec オーダーの低い透水係数も存在する結果となっています。

表-6.8.1.7 地盤の透水性に関する検討結果のまとめ

地層名		透水係数の概略値 k (cm/sec)	備 考
国頭 礫層	粘性土	$3 \times 10^{-5} \sim 2 \times 10^{-4}$	一部 1×10^{-3} オーダー
	砂質土	$7 \times 10^{-5} \sim 1.5 \times 10^{-2}$	バラツキ大
	礫質土	$5 \times 10^{-5} \sim 2 \times 10^{-4}$	粘土～シルトを多く含有する礫質土のため透水係数が小さい
嘉陽層	強風化岩	$8 \times 10^{-5} \sim 2.5 \times 10^{-4}$	一部に 1×10^{-5} オーダーの箇所も認められるが、大部分は 1×10^{-4} オーダーを示す (ルジオン試験結果では 2.6×10^{-4} 以上の箇所が 35%) 砂岩以外に砂岩・頁岩互層、礫岩、千枚岩等も含まれるが透水係数の差異は認められない
	中風化岩	$5 \times 10^{-5} \sim 2.6 \times 10^{-4}$ 以上	
	弱風化岩	$5 \times 10^{-5} \sim 2.6 \times 10^{-4}$ 以上	
	新鮮岩	2.6×10^{-4} 以上	

表-6.8.1.8 ケーシング法による透水試験結果一覧

孔番	試験深度 (m)	対象土質	透水係数 k (cm/sec)	備考
C-1	1.00～5.00	国頭礫層砂質土	6.73×10^{-5}	
E-1	1.00～5.00	国頭礫層粘性土	4.42×10^{-5}	
	5.00～10.00	国頭礫層粘性土	1.07×10^{-4}	
	10.00～15.00	国頭粘性土～中風化砂岩	1.50×10^{-4}	国頭粘性土部主体
B-2	2.00～5.00	強風化砂岩	4.64×10^{-4}	
D-2	1.00～5.00	国頭粘性土～強風化砂岩	1.24×10^{-4}	
	5.00～10.00	強風化砂岩～中風化砂岩	8.88×10^{-5}	
A-3	1.00～5.00	強風化砂岩頁岩互層	1.33×10^{-4}	
	5.00～10.00	強風化砂岩頁岩互層	9.32×10^{-5}	
C-3	1.00～5.00	国頭礫層粘性土	1.80×10^{-4}	
	5.00～10.00	国頭礫層粘性土～砂質土	7.22×10^{-5}	砂質部が主体
	10.00～15.00	国頭礫層砂質土～粘性土	4.44×10^{-4}	
	15.00～20.00	国頭礫層礫質土	6.31×10^{-5}	
	20.00～25.00	国頭礫層礫質土～砂質土	4.59×10^{-5}	
	25.00～30.00	国頭礫層礫質土	5.50×10^{-5}	
E-3	1.00～5.00	頭礫層粘性土	3.33×10^{-5}	
	5.00～10.00	国頭礫層粘性土～砂質土	2.86×10^{-5}	一部, 強風化砂岩
A-5	1.00～5.00	国頭粘性土～強風化砂岩	2.08×10^{-4}	
	5.00～10.00	強風化砂岩	8.75×10^{-5}	
C-5	1.00～5.00	国頭礫層砂質土	1.21×10^{-3}	
	5.00～10.00	国頭礫層砂質土	1.44×10^{-3}	
	10.00～15.00	国頭砂質土～粘性土～礫質土	1.91×10^{-4}	
E-5	1.00～5.00	国頭礫層粘性土	5.18×10^{-5}	
	5.00～10.00	強風化砂岩～中風化砂岩	8.02×10^{-5}	一部, 国頭粘性土
B-7	1.00～5.00	国頭礫層粘性土	9.71×10^{-6}	
	5.00～10.00	強風化砂岩	2.47×10^{-4}	
	10.00～15.00	強風化砂岩～同砂岩頁岩互層	2.47×10^{-4}	
	15.00～20.00	強風化礫岩～中風化砂岩	1.13×10^{-2}	
D-7	1.00～5.00	国頭礫層粘性土	8.16×10^{-3}	
	5.00～10.00	国頭礫層粘性土	1.94×10^{-4}	

表-6.8.1.9 ルジオン試験結果一覧

孔番	試験深度 (m)	対象地質	最大注水圧力 P (MPa)	ルジオン値		限界圧力 $P_{e,r}$ (MPa)	透水係数 k (cm/sec)	備考
				L_u	換算値 $L_{u'}$			
C-1	7.00~10.00	中風化砂岩	1.00	>20		—	$>2.6 \times 10^{-4}$	
	10.00~15.00	中~弱風化砂岩	1.00	>20		—	$>2.6 \times 10^{-4}$	
	15.00~20.00	弱風化砂岩	0.80	>20		—	$>2.6 \times 10^{-4}$	
	20.00~25.00	弱風化砂岩	1.00	>20		—	$>2.6 \times 10^{-4}$	
E-1	15.00~20.00	中風化砂岩	0.50		4.40	0.20	5.72×10^{-5}	
	20.00~25.00	中風化砂岩~弱風化礫岩	1.00	14.50		0.80	1.89×10^{-4}	
	25.00~30.00	弱風化礫岩~礫岩	1.00	17.00		0.60	2.21×10^{-4}	
	30.00~35.00	弱風化砂岩	1.00	11.50		0.79	1.50×10^{-4}	
B-2	7.00~10.00	中風化砂岩	1.00		11.20	0.45	1.46×10^{-4}	
	10.00~15.00	中風化砂岩	1.00		17.90	0.70	2.33×10^{-4}	
	15.00~20.00	中~弱風化砂岩	1.00	>20		—	$>2.6 \times 10^{-4}$	
	20.00~25.00	弱風化砂岩	1.00	>20		—	$>2.6 \times 10^{-4}$	
D-2	25.00~30.00	中風化砂岩	1.00	>20		—	$>2.6 \times 10^{-4}$	
	10.00~15.00	弱風化砂岩	0.80		14.30	0.20	1.86×10^{-4}	
	15.00~20.00	弱風化砂岩	1.00		5.05	—	6.57×10^{-5}	
	20.00~25.00	弱風化砂岩	1.00		1.47	0.68	1.91×10^{-5}	破砕部挟む
A-3	25.00~30.00	弱風化砂岩	1.00		3.45	—	4.49×10^{-5}	
	30.00~35.00	弱風化砂岩	0.56		1.28	—	1.66×10^{-5}	
	10.00~15.00	強風化砂岩互層~中風化砂岩	0.60		12.10	0.40	1.57×10^{-4}	
	15.00~20.00	中~弱風化砂岩	0.70		15.10	0.57	1.96×10^{-4}	
	21.00~25.00	弱風化砂岩	1.00		5.90	0.78	7.67×10^{-5}	
C-3	25.00~30.00	千枚岩~弱風化千枚岩	1.00		8.30	—	1.08×10^{-4}	
	31.00~35.00	弱風化砂岩頁岩互層	1.00		7.80	—	1.01×10^{-4}	
	35.00~40.00	弱風化砂岩頁岩互層~同砂岩	1.00		8.10	—	1.05×10^{-4}	
	36.00~40.00	弱風化砂岩頁岩互層	1.00		0.90	0.94	1.17×10^{-5}	
	40.00~45.00	弱風化砂岩頁岩互層~同砂岩	1.00	0.98		—	1.27×10^{-5}	
E-3	11.00~15.00	中風化砂岩	0.60	>20		—	$>2.6 \times 10^{-4}$	
	15.00~20.00	中~弱風化砂岩	0.70		11.40	0.38	1.48×10^{-4}	下部は破砕部
	20.00~25.00	弱風化砂岩	0.50	>20		—	$>2.6 \times 10^{-4}$	破砕部挟む
	26.00~30.00	弱風化砂岩~礫岩	0.60	>20		—	$>2.6 \times 10^{-4}$	
	30.00~35.00	礫岩~砂岩	0.70	>20		—	$>2.6 \times 10^{-4}$	
	35.00~40.00	砂岩	1.00	>20		—	$>2.6 \times 10^{-4}$	
A-5	10.00~15.00	強~中風化砂岩	0.80		≥ 20	0.37	$\geq 2.6 \times 10^{-4}$	
	15.00~20.00	中~弱風化砂岩	1.00		11.70	0.57	1.52×10^{-4}	
	20.00~25.00	弱風化砂岩	1.00	16.60		0.74	2.16×10^{-4}	
	25.00~30.00	弱風化砂岩~同礫岩	1.00	13.60		0.75	1.77×10^{-4}	
	30.00~35.00	弱風化礫岩	1.00	17.70		—	2.30×10^{-4}	
	35.00~40.00	弱風化礫岩~同砂岩	1.00	5.95		—	7.74×10^{-5}	
	40.00~45.00	弱風化砂岩~同礫岩	1.00	2.32		—	3.02×10^{-5}	
	45.00~50.00	弱風化砂岩	1.00	3.60		1.01	4.68×10^{-5}	
	50.00~55.00	弱風化砂岩	1.00	7.90		0.91	1.03×10^{-4}	
	55.00~60.00	弱風化砂岩	1.00	9.50		0.91	1.24×10^{-4}	
C-5	16.00~20.00	中風化砂岩	1.00	>20		—	$>2.6 \times 10^{-4}$	
	20.00~25.00	弱~中風化砂岩	1.00	6.14		—	7.98×10^{-5}	下部は破砕部
	25.00~30.00	中風化砂岩	1.00	>20		—	$>2.6 \times 10^{-4}$	破砕部
	32.00~35.00	弱風化砂岩~砂岩	1.00	10.60		0.77	1.38×10^{-4}	
E-5	12.00~15.00	中風化砂岩頁岩互層	0.80	>20		—	$>2.6 \times 10^{-4}$	
	15.00~20.00	中~弱風化砂岩頁岩互層	1.00	>20		—	$>2.6 \times 10^{-4}$	
	20.00~25.00	弱風化砂岩頁岩互層~同砂岩	1.00	>20		—	$>2.6 \times 10^{-4}$	
	25.00~30.00	弱風化砂岩	1.00		8.87	0.88	1.15×10^{-4}	
B-7	30.00~35.00	弱風化砂岩	1.00		13.40	—	1.74×10^{-4}	破砕部挟む
	20.00~25.00	中風化砂岩	1.00	>20		—	$>2.6 \times 10^{-4}$	
	25.00~30.00	中風化砂岩	1.00	>20		—	$>2.6 \times 10^{-4}$	
	30.00~35.00	中~弱風化砂岩	1.00	8.85		0.85	1.15×10^{-4}	
D-7	35.00~40.00	中~弱風化砂岩	1.00	7.00		0.89	9.10×10^{-5}	上部は破砕部
	11.00~15.00	中風化砂岩	0.40		12.25	0.17	1.59×10^{-4}	
	15.00~20.00	中風化砂岩~同礫岩	0.66		3.87	0.35	5.03×10^{-5}	
	20.00~25.00	中風化礫岩~弱風化砂岩	1.00		1.80	—	2.34×10^{-5}	
	25.00~30.00	中風化礫岩~弱風化砂岩	0.80		9.50	0.33	1.24×10^{-4}	
	30.00~35.00	弱風化砂岩~砂岩	0.56	>20		—	$>2.6 \times 10^{-4}$	
D-7	35.00~40.00	砂岩	0.25	>20		—	$>2.6 \times 10^{-4}$	
	40.00~45.00	砂岩	0.25	>20		—	$>2.6 \times 10^{-4}$	

表-6.8.1.10 室内土質試験から観た地盤の透水性に関する検討結果一覧

孔番	試験深度(m)	土質名	均等係数 U _c	Creagerによる透水係数	
				20%粒径 D ₂₀ (mm)	推定値 k(cm/sec)
C-1	1.00～2.00	国頭礫層砂質土	—	0.0055	3.6×10 ⁻⁶
	4.00～5.00	国頭礫層砂質土	—	0.0036	<3.0×10 ⁻⁶
	6.00～7.00	中風化砂岩	909	0.08	9.0×10 ⁻⁴
	8.00～9.00	中風化砂岩	588	0.09	1.4×10 ⁻³
E-1	3.00～4.00	国頭礫層粘性土	—	—	—
	9.00～10.00	国頭礫層粘性土	—	0.0034	<3.0×10 ⁻⁶
	14.00～15.00	中風化砂岩	109	0.0065	4.9×10 ⁻⁶
	18.00～19.00	中風化砂岩	421	0.085	1.1×10 ⁻³
B-2	2.00～3.00	強風化砂岩	63	0.0038	<3.0×10 ⁻⁶
	5.00～6.00	強風化砂岩	46	0.013	1.7×10 ⁻⁵
	9.00～10.00	中風化砂岩	243	0.08	9.0×10 ⁻⁴
	13.00～14.00	中風化砂岩	345	0.095	1.5×10 ⁻³
D-2	1.00～2.00	国頭礫層粘性土	—	—	—
	4.00～5.00	強風化砂岩	27	0.015	2.6×10 ⁻⁵
	6.00～7.00	中風化砂岩	354	0.36	3.4×10 ⁻²
	9.00～10.00	中風化砂岩	697	0.19	7.6×10 ⁻³
A-3	0.00～0.95	国頭礫層粘性土	—	—	—
	4.00～5.00	強風化砂岩頁岩互層	100	0.016	2.6×10 ⁻⁵
	10.00～11.00	強風化砂岩頁岩互層	131	0.1	1.8×10 ⁻³
	16.00～17.00	中風化砂岩	90	0.021	4.4×10 ⁻⁵
C-3	3.00～4.00	国頭礫層粘性土	—	—	—
	9.00～10.00	国頭礫層砂質土	318	0.017	4.4×10 ⁻⁵
	18.00～19.00	国頭礫層礫質土	727	0.048	2.5×10 ⁻⁴
	29.00～30.00	国頭礫層礫質土	609	0.027	7.3×10 ⁻⁵
E-3	3.00～4.00	国頭礫層粘性土	—	—	—
	7.00～8.00	国頭礫層砂質土	245	0.0057	3.8×10 ⁻⁶
	9.25～10.00	強風化砂岩	71	0.015	2.3×10 ⁻⁵
A-5	1.00～2.00	国頭礫層粘性土	—	—	—
	5.00～6.00	強風化砂岩	76	0.0068	5.3×10 ⁻⁶
	9.00～10.00	強風化砂岩	69	0.016	2.6×10 ⁻⁵
	14.00～15.00	中風化砂岩	158	0.011	1.3×10 ⁻⁵
C-5	2.00～3.00	国頭礫層砂質土	136	0.037	1.4×10 ⁻⁴
	7.00～8.00	国頭礫層砂質土	467	0.014	2.0×10 ⁻⁵
	13.00～14.00	国頭礫層礫質土	306	0.02	4.0×10 ⁻⁵
	15.00～16.00	中風化砂岩	250	0.2	8.9×10 ⁻³
E-5	1.00～2.00	国頭礫層粘性土	—	—	—
	4.00～5.00	国頭礫層粘性土	—	—	—
	7.00～8.00	強風化砂岩	—	0.007	5.6×10 ⁻⁶
	10.00～11.00	中風化砂岩	553	0.009	8.8×10 ⁻⁶
B-7	2.00～3.00	国頭礫層粘性土	—	—	—
	8.00～9.00	強風化砂岩	39	0.0047	<3.0×10 ⁻⁶
	16.00～17.00	強風化礫岩	—	0.0026	<3.0×10 ⁻⁶
	22.00～23.00	中風化砂岩	339	0.18	6.9×10 ⁻³
D-7	3.00～4.00	国頭礫層粘性土	—	—	—
	8.00～9.00	国頭礫層粘性土	—	—	—
	11.00～12.00	中風化砂岩	602	0.08	9.0×10 ⁻⁴
	15.00～16.00	中風化砂岩	129	0.17	5.9×10 ⁻³

(d) 湧水の状況

埋立土砂発生区域周辺では、地質ボーリング調査を行う際にボーリング位置を選定するための現地踏査を実施しています。

現地踏査を行った際に、埋立土砂発生区域周辺において湧水の存在は確認できませんでした。

6.8.2 予測

6.8.2.1 工事の実施

(1) 予測の概要

工事の実施時における影響の予測について、表-6.8.2.1.1に示す地下水に係る予測の概要のとおり予測しました。

表-6.8.2.1.1 地下水に係る予測の概要(工事の実施)

項目	内容
予測項目	地下水の水質
影響要因	・埋立ての工事 埋立土砂発生区域における土砂の採取
予測地点・予測範囲	地下水の水質・水位にかかる環境影響評価を行うための観測孔 15 地点（ボーリング調査 12 地点、辺野古ダム地点、辺野古区井戸、久志区井戸）、水質分析等として 1 地点としました。
予測対象時期	埋立土砂を採取する時期としました。
予測の手法	ボーリング調査結果、地下水位観測結果、水質分析結果等を踏まえて地下水質・水位にあたる影響を定性的に予測しました。

(2) 予測方法

1) 埋立土砂発生区域における土砂の採取に伴う影響

ボーリング孔から採水した現状の水質の状況、施工計画による埋立土砂採取の方法及び湧出地点についての地下水流動量の定量的な計算結果等を踏まえて地下水質及び地下水位にあたる影響を定性的に予測しました。

以下に、地下水流動量の計算式を示します。

【地下水流動量計算式】

$$Q = (i \times k / n) \times A$$

Q : 地下水流動量 (m³/日)

n : 有効空隙率 (%)

i : 動水勾配

k : 透水係数 (cm/sec)

A : 地層の断面積 (m²)

(3) 予測結果

1) 埋立土砂発生区域における土砂の採取に伴う影響

(a) 地下水位

辺野古ダム流域周辺の地下水位等高線は、辺野古ダム周辺で E. L55m～E. L40m と最も高く、ダム湖面に向かって低くなっており、E. L55m～E. L16m の範囲において地下水が確認されています。また、通常、陸域に降った雨は、河川水または地下水として海域へ流出しており、ダムに集水された表流水及び地下水の一部は伏流水として海域へ流出していると考えられます。

一般的に地下水位の低下を引き起こす要因としては、上水等に利用するために地下水を直接採取する行為、透水性の高い地盤構造で地下水が豊富にある地形・地質の改変を行う場合、工事を行う場合の掘削深度が地下水位のある位置に達する場合などがあげられます。

ここで、図-6.8.2.1.1 に示す掘削深度と地下水位等との関連模式図において、地下水位が示す標高の最も高い位置を比較すると、E-3 地点を除く全ての地点で掘削深度が地下水位の位置に達していません。また、A-3、C-3、C-5、D-2 及び E-1 地点は掘削深度より下位に不透水層が存在していることから、地下水がその不透水層を浸透して下流域に与える影響はほとんどありません。

その一方で、A-5、B-2 及び E-5 地点については、地盤の透水係数が平均 $3 \times 10^{-4} \text{ cm/sec}$ であることから、雨水は 0.26 m/日 の浸透速度で1ヶ月程度をかけて地下に浸透し、地下水となる可能性があります。

「埋立土砂発生区域の掘削深度と地下水位等との関連模式図」に加え、地下水が湧出する位置と、影響が考えられる幅について平面図と断面図を用いて解析したところ、E-3 地点近傍については、掘削深度が地下水位に達し（約 3m 程度）、地下水の湧出が生じることになり、影響が考えられる最大幅は約 220m と計測されました（図-6.8.2.1.2 参照）。透水係数については、ボーリング調査結果から、掘削後は $1 \sim 3 \times 10^{-4}$ となっていることから、概ね平均値となる 2.0×10^{-4} の値を地下水湧出量算定の条件として採用しました。湧出する流量は、表-6.8.2.1.2 に示すとおり、地下水面勾配、地層の透水係数、空隙率等を用いて算出した結果、 $0.43 \text{ m}^3/\text{日}$ （1m幅単位当たり）となり、影響が考えられる最大幅（約 220m）を乗じると湧出量は、下式から、約 $95 \text{ m}^3/\text{日}$ 程度と予測しました。

$$\begin{aligned} \text{地下水湧出量 (m}^3\text{)} &= (\text{動水勾配} \times \text{透水係数 (cm/sec)} / \text{有効空隙率 (\%)}) \times 864 \times \text{深度 (m)} \times \text{幅 (m)} \\ &= (0.083 \times 2 \times 10^{-4} / 0.1) \times 864 \times 3 \times 220 \\ &= 95 \text{ m}^3/\text{日} \end{aligned}$$

表-6.8.2.1.2 地下水流動量（E-3 地点近傍の地下水湧出量）

地点	有効空隙率 (%)	動水勾配	透水係数 (cm/sec)	流速 (m/日)	深度 (m ²)	地下水湧出量 (m ³ /日)
E-3	10	0.083	2×10^{-4}	0.14	3	95

注 1) 地下水湧出量は $0.43 \text{ m}^3/\text{日} \times 220 \text{ m}$ 幅で算定。

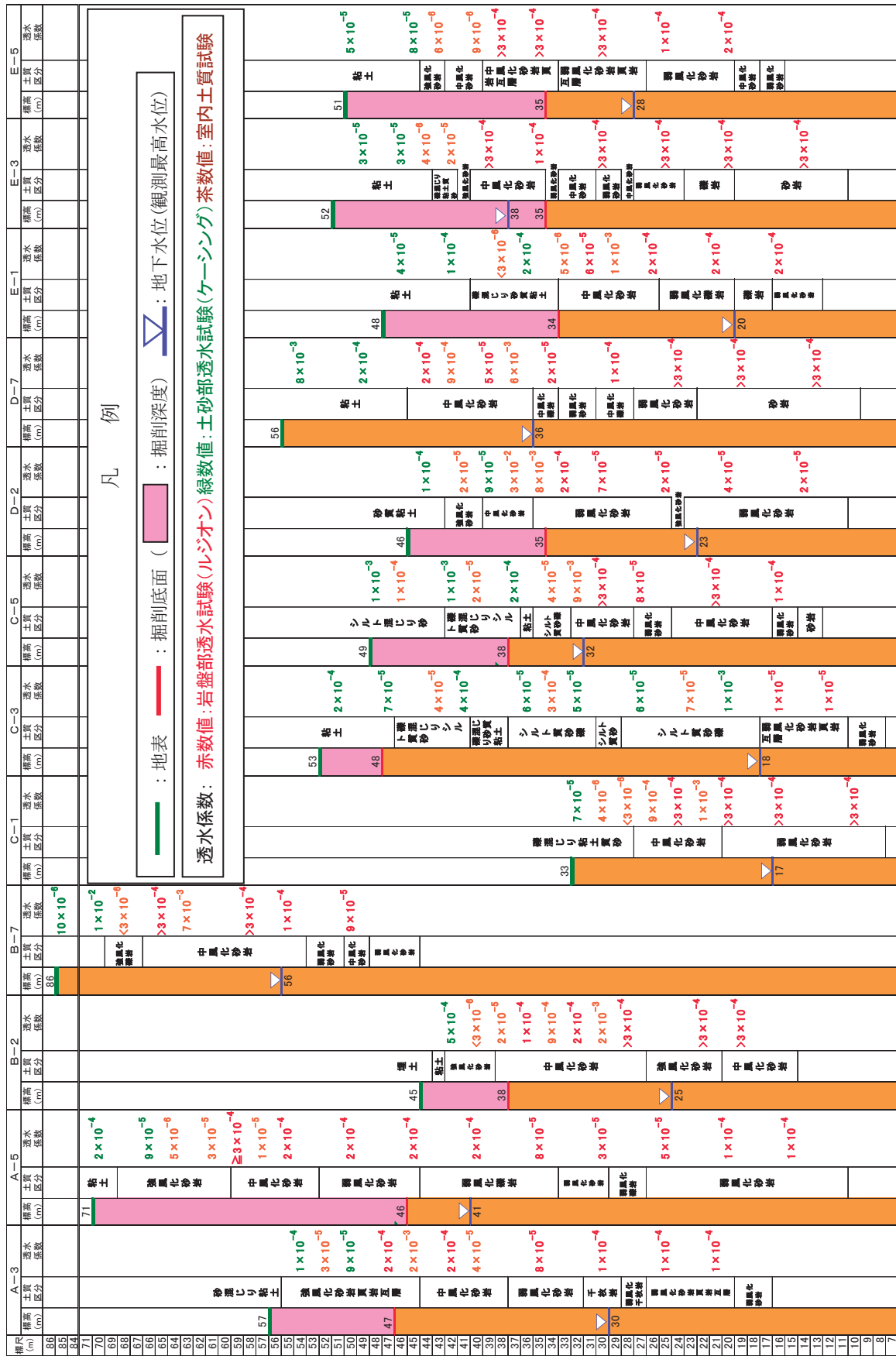


図-6.8.2.1.1 埋立土砂発生区域周辺の掘削深度と地下水位等との関連模式図

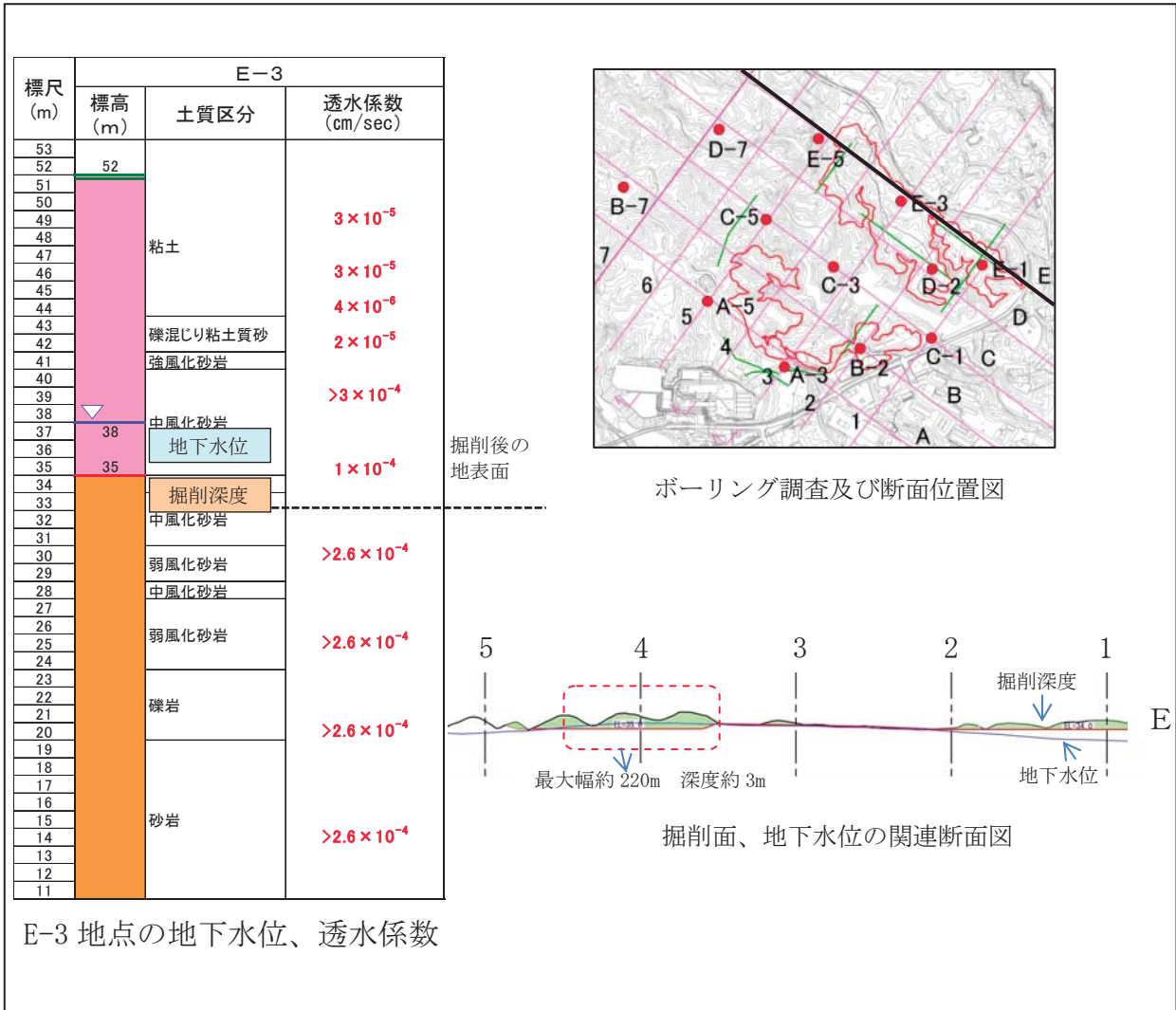


図-6.8.2.1.2 掘削面、地下水位の関連断面図

(b) 地下水質

本調査区域においてはボーリング孔内の水質調査を実施しており、現状の地下水の水質分析結果は全ての環境基準項目が「地下水の水質汚濁に係る環境基準」を満たしており、汚染等を受けていない良好な水質を保っていると考えられます。

本事業の施工計画において埋立土砂発生区域については、埋立土砂の採取を目的とし、バックホウやブルドーザ等で地形の掘削及び土砂の採取を行います。

したがって、工事により地下水質に影響を及ぼすような工法等は採用しないため、地下水等の水質は現況とほぼ同程度に保たれていると予測しました。

6.8.2.2 施設等の存在及び供用

(1) 予測の概要

施設等の存在及び供用時における影響の予測について、表-6.8.2.2.1に示す地下水に係る予測の概要のとおり予測しました。

表-6.8.2.2.1 地下水の予測概要（施設等の存在及び供用）

項目	内容
予測項目	地下水の水質
影響要因	・埋立地の存在 埋立土砂発生区域の存在
予測地点・予測範囲	地下水の水質・水位にかかる環境影響評価を行うための観測孔15地点（ボーリング調査12地点、辺野古ダム地点、辺野古区井戸、久志区井戸）、水質分析等として1地点としました。
予測対象時期	地質特性及び地下水水質変化等の特性を踏まえ、供用開始後の定常状態で、環境変化が適切に予測可能な時期としました。
予測の手法	ボーリング調査結果、地下水位観測結果、水質分析結果等を踏まえて地下水質・水位にあたる影響を定性的に予測しました。

(2) 予測方法

1) 埋立て土砂発生区域における土砂の採取に伴う地下水位への影響

地下水の低下の有無は、地質ボーリング調査による地下水位分布の状況、電気探査等による水理地質構造と地下水の流動分布の状況、地質ボーリング調査孔を利用した地下水位変動の結果等について予測しました。

また、地下水質については、現況の地下水水質分析結果の状況及び本区域の供用時における水質汚濁負荷源の状況等を踏まえて予測しました。

(3) 予測結果

1) 埋立て土砂発生区域における土砂の採取に伴う影響

(a) 地下水の水質

a) 地下涵養

辺野古ダムでは流域面積の約 97%が緑地で覆われています。その流域では地盤の表層約 1m から下層の 5m にかけて、 10^{-4} cm/sec オーダーの透水性の低い土壌から 10^{-5} cm/sec 以下の不透水基盤へと遷移しています。

これらのこと考慮すると、本地域においてはわずかな表層土と、それを覆っている緑地が水源涵養機能を担っていると考えられます。

表-6.8.2.2.2 に示す降雨時の地表流出係数を参考にすると、樹林地においては降雨量全体の約 75%が表面流出することから、残りの 25%が地下浸透もしくは蒸発散することになります。

地下浸透水は、表土及び緑地で涵養され、多くが中間流として河川等へ流出し、残った僅かな水が上層から下層に向かって 1 ヶ月間程度をかけて地下浸透し地下水となります。また、これらの表流水、中間流、下層の地下水は最終的にダム湖に集水されます。

本施工計画では、表-6.8.2.2.2に示すとおり、辺野古ダム流域の緑地面積約 5,080,000 m^2 に対して、埋立土砂発生区域から約 6%となる 303,500 m^2 の緑地を改変します。

上記を踏まえると、土砂掘削による涵養機能への影響範囲は、流域内の表層土及び緑地となり、流域内での地下涵養変化量 (%) は、

$$\text{緑地改変面積}(m^2) / \text{流域面積}(m^2) = 303,500 / 5,080,000 \times 100 = 6\%$$

と考えられます。

埋立土砂発生区域では掘削後、緑地の原状回復を目的として表土の埋戻し、草地、樹木等による緑化を行います。ケーシング法による透水試験結果によると、埋立土砂発生区域の表層地盤の透水係数は、 10^{-4} cm/sec \sim 10^{-5} cm/sec オーダーの低い透水性の地盤となっていることから、地下水涵養は緑地表層土であると考えられます（図-6.8.2.2.1、表-6.8.2.2.3 参照）。したがって、辺野古ダム流域 5,080,000 m^2 に対する埋立土砂発生区域 303,500 m^2 の割合は 6%であるため、土砂掘削による涵養機能の影響は緑地表層土面積の 6%となります。また、施工後は速やかに現況と同程度の表土の埋め戻しと樹木等による緑化を行います。上述を踏まえると本流域は透水性の低い地盤特性であること、地下涵養機能の変化量は、表土の約 6%の範囲内であること、流域面積は変化しないこと等から、供用開始後の定常状態において地下涵養は現況と同程度になると予測しました。

表-6.8.2.2.2 現況の地表分類別の面積

地表分類 面積及び流出係数	種別				
	湖面	裸地	道路、屋根等	草地	樹林地
面積 (m ²)	約51,000	約15,000	約33,000	約62,000	約4,919,000
割合 (%)	1.0	0.3	0.6	1.2	96.8
流出係数	1.00	0.80	0.85	0.15	0.75

資料:「沖縄県県土保全条例関係集」平成元年3月、沖縄県企画開発部土地利用対策課を参考

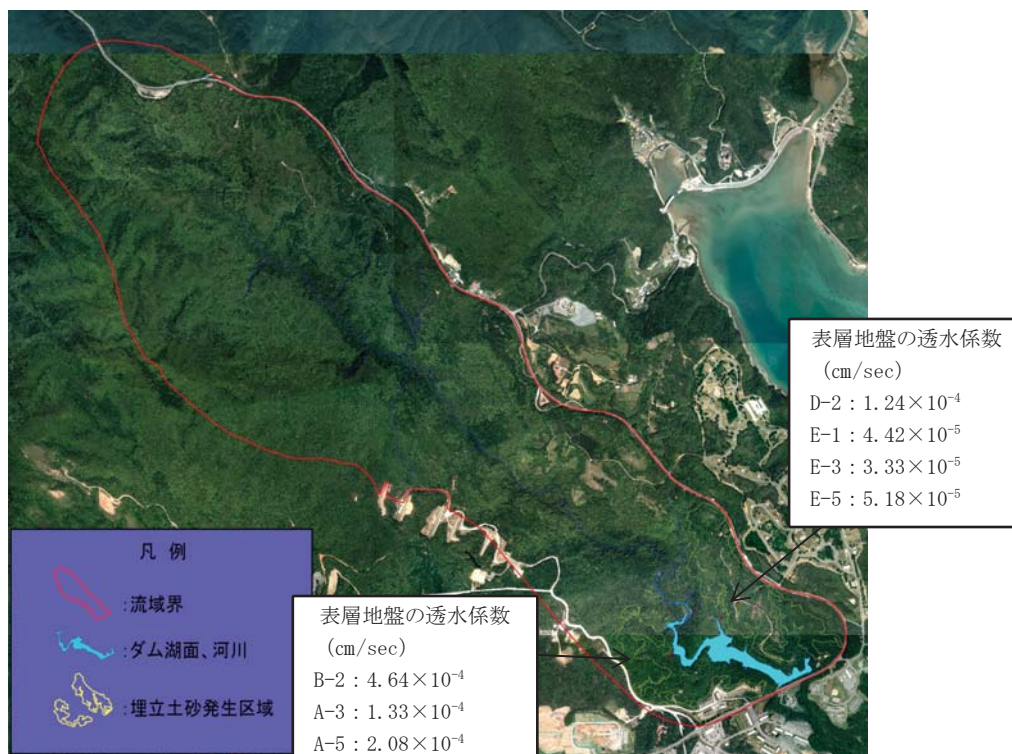


図-6.8.2.2.1 辺野古ダム流域の位置及び埋立土砂発生区域の透水係数

表-6.8.2.2.3 埋立土砂発生区域の透水係数 (ケーシング法による透水試験結果)

孔番	試験深度(m)	対象土質	透水係数 $k(\text{cm/sec})$	備考
E-1	1.00~ 5.00	国頭礫層粘性土	4.42×10^{-5}	
	5.00~10.00	国頭礫層粘性土	1.07×10^{-4}	
	10.00~15.00	国頭粘性土~中風化砂岩	1.50×10^{-4}	国頭粘性土部主体
B-2	2.00~ 5.00	強風化砂岩	4.64×10^{-4}	
D-2	1.00~ 5.00	国頭粘性土~強風化砂岩	1.24×10^{-4}	
	5.00~10.00	強風化砂岩~中風化砂岩	8.88×10^{-5}	
A-3	1.00~ 5.00	強風化砂岩頁岩互層	1.33×10^{-4}	
	5.00~10.00	強風化砂岩頁岩互層	9.32×10^{-5}	
E-3	1.00~ 5.00	頭礫層粘性土	3.33×10^{-5}	
	5.00~10.00	国頭礫層粘性土~砂質土	2.86×10^{-5}	一部, 強風化砂岩
A-5	1.00~ 5.00	国頭粘性土~強風化砂岩	2.08×10^{-4}	
	5.00~10.00	強風化砂岩	8.75×10^{-5}	
E-5	1.00~ 5.00	国頭礫層粘性土	5.18×10^{-5}	
	5.00~10.00	強風化砂岩~中風化砂岩	8.02×10^{-5}	一部, 国頭粘性土

b) 地下水質

本区域のボーリング孔内の水質調査結果では、地下水質の全ての環境基準項目が「地下水の水質汚濁に係る環境基準」を満たしていることから、汚染等を受けていない良好な水質を保っていると考えられます。

埋立土砂発生区域については、地形の掘削及び土砂の採取を行い工事後、緑地の原状回復を目的として表土の埋戻し、草地、樹木等による緑化を行い早期に地下水涵養機能の回復に努めます。

したがって、本区域における工事後の地下水位の変化（低下及び上昇）は生じないことから、海水による影響等は考えられず地下水の水質も現況と同程度と予測しました。

6.8.3 評価

6.8.3.1 工事の実施

(1) 環境影響の回避・低減に係る評価

1) 環境保全措置の検討

工事の実施においては、既に以下に示す環境保全措置を講じることとしています。

- ・施工性、作業効率、地形等を考慮し、埋立土砂発生区域の改変面積を可能な限り抑えることとしました。

さらに、以下に示す環境保全措置を講じることによって、地下水に及ぼす影響を低減する効果が期待できます。

- ・地下水の湧出する場所は、E-3 地点周辺で、湧出量は動水勾配、透水係数、断面積等から定量的に算出すると、約 95m³/日となります。地下水等高線によると E-3 地点での地下水の流向は、ダム湖内に向かって流れていることが確認できます（図-6.8.3.1.1 参照）。したがって、地下水位及び水質への影響は生じませんが、環境保全措置として地下水が湧出する区域へ透水管等を設置（図-6.8.3.1.2 参照）することにより、湧出水をダム湖等の下流域に戻すなど地下水の水収支が変化しないよう配慮します。

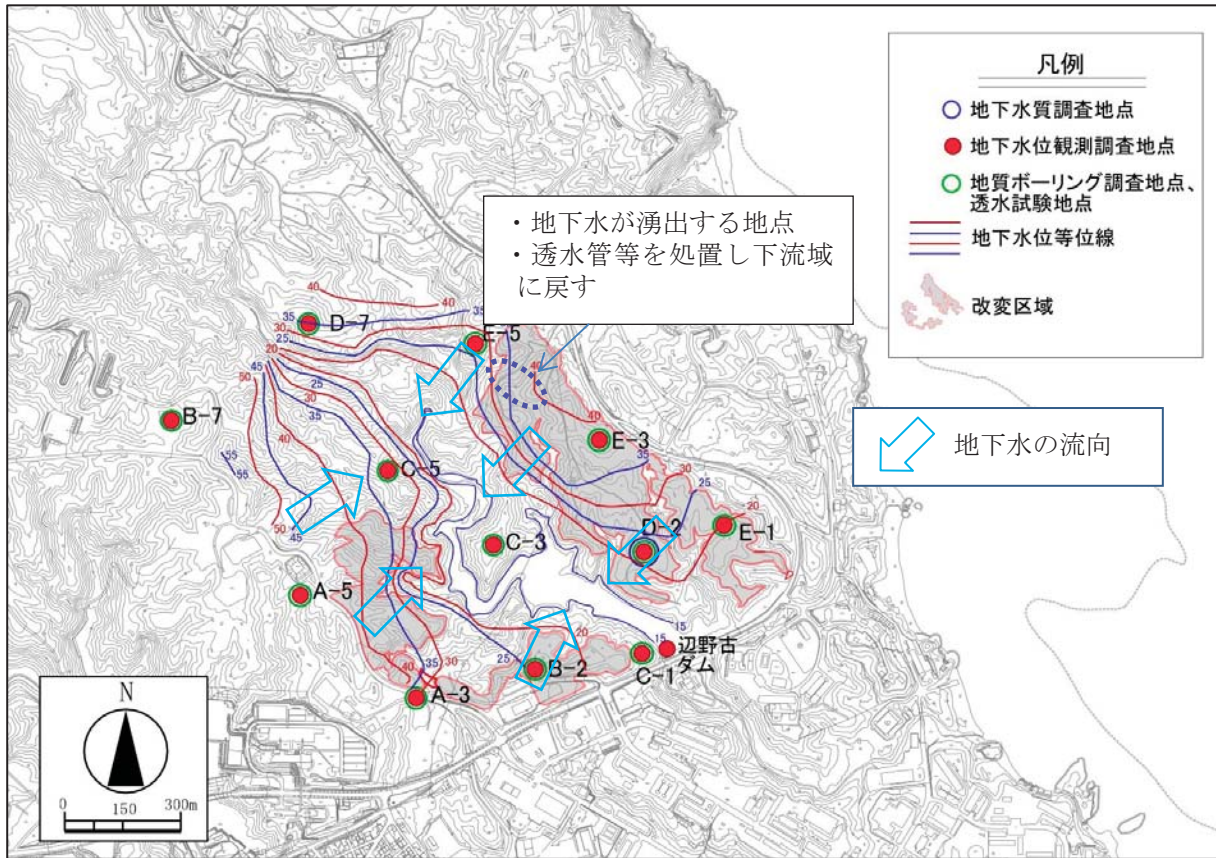


図-6.8.3.1.1 地下水位等高線図及び地下水の流向

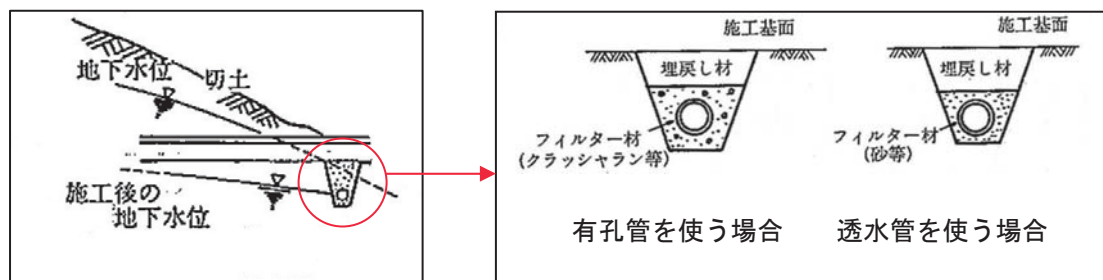


図-6.8.3.1.2 透水管等設置のイメージ

2) 環境影響の回避・低減の検討

調査及び予測の結果、並びに環境保全措置の検討結果を踏まえると、以下に示すとおり、工事の実施による地下水に及ぼす影響については、事業者の実行可能な範囲内で最大限の回避・低減が図られているものと評価しました。

- ・ 埋立土砂発生区域について改変面積を可能な限り抑えることにより、掘削による地下水の湧出は、E-3 地点近傍域に限られ最大で $95\text{m}^3/\text{日}$ となります。流域の地下水賦存量が、

$$\begin{aligned} & \text{流域面積}(\text{m}^2) \times \text{地下水平均深度}(\text{m}) \times \text{有効空隙率}(\%) \\ & = 5,080,000 \times 8.1 \times 0.1 = 4,114,800 \end{aligned}$$

となり、地下水湧出量に対する割合は約 0.002% 程度となることから、地下水位の変化（低下及び増加）がなく、かつ、地下水質に及ぼす影響要因はないものと考えています。

- ・ また、前述を踏まえるとダム下流域から海域にかけての地下水位についても変化しないことになり、海岸への湧水・浸みだしに与える影響は生じないものと考えています。
- ・ 湧出する区域に透水管等を設置し、湧出水を下流域に戻すなどの対策を講じることから地下水の水収支の影響を回避できるものと考えています。

(2) 国又は地方公共団体による環境保全の基準又は目標との整合性に係る評価

1) 環境保全の基準又は目標

環境基本法（平成 5 年法律第 91 号）第 16 号の規定に基づく水質汚濁に係る環境上の条件のうち、地下水の水質汚濁に係る環境基準については、健康項目の 26 項目について基準が設定されています。

2) 環境保全の基準又は目標との整合性

調査及び予測の結果を踏まえると、地下水の水質に及ぼす影響は、最小限にとどめるよう十分配慮されていると考えられることから、環境保全の目標との整合性は図られているものと評価しました。

6.8.3.2 施設等の存在及び供用

(1) 環境影響の回避・低減に係る評価

1) 環境保全措置の検討

施設等の存在及び供用時においては、既に以下に示す環境保全措置を講じることとしています。

- ・埋立土砂発生区域の改変面積を可能な限り抑えることとしました。
- ・埋立土砂発生区域では、緑地の原状回復を目的として表土の埋戻し、草地及び樹木等による緑化を行い、表面流出抑制・地下水涵養機能の回復を図ります。

2) 環境影響の回避・低減の検討

調査及び予測の結果、並びに環境保全措置の検討結果を踏まえると、埋立土砂発生区域の改変面積を可能な限り抑えること、施工後の緑化等により速やかに表面流出抑制・地下水涵養機能の回復を図ること等により、地下水涵養は現況と同程度になることから、施設等の存在及び供用による地下水の水質への影響については、事業者の実行可能な範囲内で最大限の低減が図られているものと評価しました。

(2) 国又は地方公共団体による環境保全の基準又は目標との整合性に係る評価

1) 環境保全の基準又は目標

沖縄県環境基本計画（平成 15 年 4 月 1 日策定）では、環境の保全・創造のための施策として「健全な水循環系の構築」を掲げており、主要な対策として水源涵養機能の保全向上を推進しています。

また、環境基本法（平成 5 年法律第 91 号）第 16 号の規定に基づく水質汚濁に係る環境上の条件のうち、地下水の水質汚濁に係る環境基準については、健康項目の 26 項目について基準が設定されています。

2) 環境保全の基準又は目標との整合性

調査及び予測の結果、並びに環境保全措置の検討結果を踏まえると、存在及び供用による地下水の水質に及ぼす影響については、最小限にとどめるよう十分配慮されていると考えられることから、環境保全の目標との整合は図られているものと評価しました。